

令和 6（2024）年度ムシガレイ日本海南西部系群の資源評価

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（佐藤信彦・飯田真也・佐久間啓・
吉川 茜・白川北斗・木下 董）

参画機関：鳥取県栽培漁業センター、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター

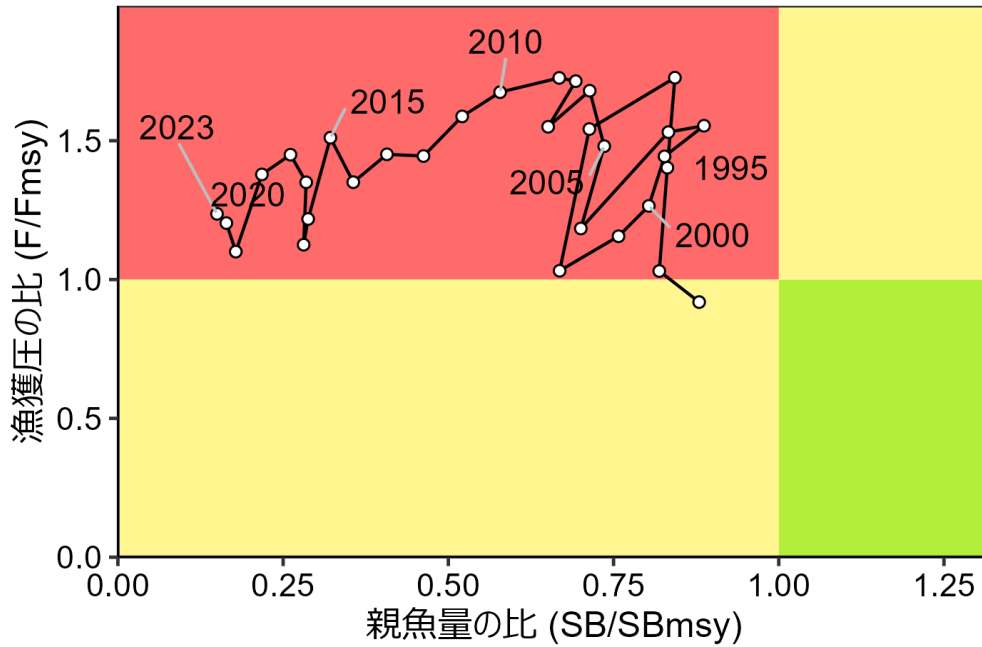
要 約

本系群の資源量について、コホート解析の一種である Virtual Population Analysis (VPA) により推定した。本系群の漁獲量は、1970 年代末の約 5,000 トンをピークとし、その後増減を伴いながら 1990 年代後半には約 1,000 トンにまで減少した。2009 年以降はさらに減少しており、2023 年の漁獲量は 275 トンであった。資源量は 2009 年までは 4,000～5,500 トンで推移していたが、その後減少し、2015 年には 2,000 トンを下回った。2016 年から 2018 年までは 1,600 トン付近で推移していたが、再び減少傾向となり、2023 年は 819 トンとなった。親魚量も資源量と概ね同様の推移を示しており、2023 年の親魚量は 600 トンと推定された。

令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量 (MSY) を実現できる水準の親魚量 (SBmsy) は 4.0 千トンである。この基準に従うと、本系群の 2023 年の親魚量は、MSY を実現する水準を大きく下回る。また、本系群に対する 2023 年の漁獲圧は SBmsy を維持する水準の漁獲圧 (Fmsy) を上回る。親魚量の動向は直近 5 年間 (2019～2023 年) の推移から「減少」と判断される。

本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した。

要 約 図 表



| 最大持続生産量 (MSY) 、親魚量の水準と動向、および ABC | |
|---|-------------------|
| MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy) | 40 百トン |
| 2023 年の親魚量の水準 | MSY を実現する水準を下回る |
| 2023 年の漁獲圧の水準 | SBmsy を維持する水準を上回る |
| 2023 年の親魚量の動向 | 減少 |
| MSY | 15 百トン |
| 2025 年の ABC | - |
| コメント： ・ ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・ 近年の漁獲圧は高く、親魚量は減少傾向を示している。 | |

| 直近5年と将来2年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合 | | | | | |
|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------|-------------|
| 年 | 資源量 (百トン) | 親魚量 (百トン) | 漁獲量 (百トン) | F/Fmsy | 漁獲割合 (%) |
| 2019 | 14.5 | 10.5 | 5.3 | 1.45 | 37 |
| 2020 | 11.9 | 8.7 | 4.4 | 1.38 | 37 |
| 2021 | 9.8 | 7.1 | 3.1 | 1.10 | 31 |
| 2022 | 9.1 | 6.6 | 2.9 | 1.20 | 32 |
| 2023 | 8.2 | 6.0 | 2.8 | 1.24 | 34 |
| 2024 | 7.1 | 5.2 | 2.4 | 1.22 | 34 |
| 2025 | 6.6 | 4.6 | — | — | — |

・2024、2025年の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

| データセット | 基礎情報、関係調査等 |
|-------------------|---|
| 漁獲量 年齢別・年別漁獲尾数 | 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 主要港水揚げ量（山口県、島根県、鳥取県） 市場測定（島根県） |
| 漁獲努力量、資源量指数 | 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 小型底びき網漁業漁獲成績報告書（島根県） |
| 自然死亡係数（M） | 年当たり $M = 0.35$ を仮定（田中 1960） |

2. 生態

(1) 分布・回遊

ムシガレイは日本近海の大陸棚暖水域に分布する。日本海側では青森県～対馬までの広範囲に分布するが、山口県および島根県沖の日本海南西海域（東経 135°以西）が主分布域である（図 2-1、今岡・三栖 1969）。本種は韓国でも漁獲されているが詳細が不明であるため、本評価では日本海南西海域において日本漁船によって漁獲される群を評価対象として取り扱っている。対馬以東では、秋に対馬北東から見島北西の海域に分布が集中するが、他の時期には分散し、対馬以西では、春～夏に対馬西海域に滞留して秋には南西へ回遊、越冬する（三栖ほか 1973）。幼魚は浅海に生息し、成長にともない沖合へ移動する（今岡 1977）。

(2) 年齢・成長

全長は雌雄それぞれ 1 歳で 10.9 cm、11.4 cm、2 歳で 16.5 cm、17.2 cm、3 歳で 21.2 cm、21.4 cm、4 歳で 25.2 cm、24.5 cm となる。5 歳以降は雌雄差が大きくなり、5 歳で雌雄それぞれ 28.6 cm、26.9 cm、6 歳で 31.6 cm、28.6 cm、7 歳で 34.1 cm、29.8 cm となる（図 2-2、今井・宮崎 2005）。寿命は 7 歳程度と推察される。

(3) 成熟・産卵

成熟開始年齢は雄 2 歳、雌 3 歳である。産卵盛期は、対馬以西では 1 月下旬～2 月下旬、対馬以東では 2 月上旬～3 月上旬である（今岡 1971）。親魚量の計算では、2 歳の成熟割合を 0.4、3 歳以上の成熟率を 1 とした。

(4) 被捕食関係

全長約 12 cm までは小型甲殻類を主要な餌とし、約 12 cm 以上ではエビ・カニ類、イカ類などを捕食する。さらに全長約 18 cm から魚類を捕食する（今岡 1972）。島根県の漁獲物を対象とした精密測定・胃内容物観察では、エンコウガニ類、エビジャコ類が高い頻度で出現している（島根県水産技術センター 未発表）。被食については不明である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

日本海南西海域におけるムシガレイの漁獲の殆どは底びき網（1 そうびきおよび2 そうびき沖合底びき網（以下、「沖底」とする）と小型底びき網（以下、「小底」とする））によるものであり、漁場は対馬南西海域から隠岐諸島周辺に及ぶ。底びき網以外では、刺し網、釣りおよびはえ縄等でも漁獲される。底びき網では浜田漁港と下関港を根拠地とする2 そうびき沖底（浜田以西）の漁獲が多く、漁業種類別統計が整備された1986年以降では、総漁獲量の47～78%を占める（図3-1、表3-1）。

(2) 漁獲量の推移

2 そうびき沖底（浜田以西）の漁獲量は、1970年代末の約5,000トン进行ピークとし、1980年代の前半に約2,500トン、後半には約1,000トンにまで減少した。2009年以降、さらに減少しており、2023年の漁獲量は137トンであった（図3-1、表3-1）。小底の漁獲量は、1986年以降2004年（197トン）を除き300～600トンで推移していたが、2011年からは減少傾向にあり、2023年は91トンであった。2023年の系群全体の漁獲量は、前年を約14トン下回る275トンであった。2023年の系群漁獲量に占める2 そうびき沖底、1 そうびき沖底、小底の割合はそれぞれ50%、17%、33%であり、小底の割合が上昇している（補足資料10）。

1993年から2023年までの年別年齢別漁獲尾数の推移を図3-2に、年別年齢別漁獲量の推移を図3-3にそれぞれ示した。1993～2023年の漁獲尾数の変動には、3回のピークがみられる（図3-2、補足表2-1）。近年では、2009年以降、減少傾向にあり、2023年の漁獲尾数は過去最少の267万尾であった。年齢別では例年、1、2歳魚が漁獲物の主体となっているが、全漁獲尾数に占めるそれら合計の割合は2007年の80%から2021年の49%に低下し、2023年では53%であった。若齢魚の漁獲尾数が少ない状況が続いており、漁獲量に占める3歳魚と4歳魚の割合は2008年以降、漸増傾向にある（図3-3、補足表2-1）。

(3) 漁獲努力量

2 そうびき沖底（浜田以西）の有効漁獲努力量（補足資料8）は、1970年代後半の約80,000網をピークに減少傾向が続き、2010年には21,102網となった（図3-4、表3-2）。その後は20,000網前後で安定していたが、2014年以降再び減少し続けており、2023年は9,608網であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

日本海南西海域で操業する1 そうびきおよび2 そうびき沖底と、山口県、島根県、鳥取県の小底について、1966年以降の漁獲情報を収集した。統計資料が整備されている2 そうびき沖底（浜田以西）について、日別・漁船別の漁業データが詳細に整理されている1993年以降について標準化CPUEを算出した（補足資料9）。

2 そうびき沖底のデータをもとに漁獲量全体について1993年以降の年齢別漁獲尾数を求めた上でコホート解析の一種であるVirtual Population Analysis (VPA)により、年別の年

年齢別資源尾数、資源量、親魚量を推定した。なお、資源量と親魚量を過大に、漁獲係数を過小に推定するレトロスペクティブバイアスが見られたため、VPAにおける2そうびき沖底の標準化CPUEを用いたチューニングは行わなかった(詳細は補足資料12を参照)。

(2) 資源量指標値の推移

2そうびき沖底の標準化CPUE(kg/網)は、1998年の10.3から2008年の29.2にかけて増加した(図4-1、表3-2)。2009年以降は減少に転じ、2016年には9.8まで減少した。その後、2020年にかけて微増した後、再び減少に転じて2023年は過去最低の6.9となった。

長期的な資源量指標値の推移として、1966年以降の2そうびき沖底による資源量指数の推移を図4-2に示す。資源量指数は、1960年代後半～1970年代には50,000を超えた年もみられたが、1980年代に減少し、1990年以降は9,000～25,000で推移した(図4-2、表3-2)。2011～2015年は16,000前後で推移していたが、2016年以降さらに減少し、2023年は5,528であった。

(3) 資源量と漁獲量の推移

VPAにより推定された年齢別資源量を図4-3および補足表2-1に示す。資源量は2001年に5,463トンでピークとなり、2004年にかけて減少した後、2008年まで約4,500トンで横ばいであった。その後、2010年には3,000トン台、2012年には2,000トン台、2015年には1,000トン台と大きく減少し、2021年には1,000トンを下回り、2023年は819トンと推定された(表4-1)。

1歳魚の資源尾数を加入量とし、その経年変化を親魚量とともに図4-4および表4-1に示す。加入量は2008年までは30百万尾以上で変動していたが、2009年(2008年級)以降は30百万尾を下回り、そのまま減少傾向は続き2023年(2022年級)の加入量は4.4百万尾と過去最も低い値で推定された。

親魚量は、2003年までは3,000トン前後で比較的安定していたが、2009年(2,774トン)以降は減少傾向を示し、2020年には1,000トンを下回り2023年の親魚量は600トンと推定された。

VPAに使用した自然死亡係数(M)の値が資源計算に与える影響をみるために、Mを変化させた場合の2023年の資源量、親魚量、加入量を図4-5に示す。Mを基準値である0.35から0.1増減させたときに生じる資源量、親魚量の増減は30%以下であったが、加入量はM=0.45の値がM=0.35と比較して33%の増加となり、加入量に与えるMの不確実性の影響が他の推定値よりもやや大きい傾向が見られた。

年齢別漁獲係数Fの推移を図4-6および補足表2-1に示す。各年齢のFの単純平均は、長期的には概ね0.3～0.6で変動しているが、近年では2009年の0.59をピークとして、2014年の0.50にかけて緩やかに低下した。2015年に0.53とやや上昇したが、その後は再び低下傾向にあり、2023年のFは0.45であった。現状のFは2020～2022年のFの平均値(0.43)とした。

漁獲割合は2009年の39%から2014年の34%に緩やかに低下した後、2015年の36%に一旦上昇した。その後、2017年の29%にかけて低下した。近年では31~37%の間を推移している（図4-7、表4-1）。

(4) 加入量当たり漁獲量（YPR）、加入量当たり親魚量（SPR）および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図4-8に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合（%SPR）の推移を示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPRは2008年の17%から2017年の28%まで概ね上昇傾向にあり、以降20%台で推移し2023年には26%となった。

現状の漁獲圧に対するYPRと%SPRの関係を図4-9に示す。ここで、Fの選択率としては令和3年10月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量MSYを実現するF（F_{msy}）の推定に用いた値（八木ほか2021b）を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についてもF_{msy}算出時の値を使用した。F_{msy}は%SPRに換算すると31%に相当する。F_{msy}は現状の漁獲圧（F₂₀₂₀₋₂₀₂₂）を下回っている。

(5) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図4-10に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはホッケー・スティック型再生産関係が適用されている（八木ほか2021b）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは令和2（2020）年度の資源評価（八木ほか2021a）に基づく1993~2018年の親魚量と翌年（1994~2019年）の加入量（1歳魚資源尾数）とした。最適化方法には最小二乗法を用い、加入量の残差の自己相関を考慮した。再生産関係式の各パラメータを補足表6-1に示す。

(6) 現在の環境下においてMSYを実現する水準

現在の環境下（1993年以降）において最大持続生産量MSYを実現する親魚量（SB_{msy}）およびSB_{msy}を維持する漁獲量として上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値（八木ほか2021b）を補足表6-2に示す。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSYを実現する親魚量とSB_{msy}を維持する漁獲圧を基準にした神戸プロットを図4-11に示す。また、2023年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表6-3に示した。本系群における2023年の親魚量はMSYを実現する親魚量（SB_{msy}）を下回っており、2023年の親魚量はSB_{msy}の0.15倍である。

また、2023年の漁獲圧は、SB_{msy}を維持する漁獲圧（F_{msy}）を上回っており、2023年の漁獲圧はSB_{msy}を維持する漁獲圧の1.24倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/F_{msy}）とは、各年のFの選択率の下でF_{msy}の漁獲圧を与えるFを%SPR換算

して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、直近 5 年間（2019～2023 年）の推移から減少と判断される。

5. 資源評価のまとめ

親魚量は 2009 年から減少傾向にあり、2023 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を下回った。当系群に対する漁獲圧は近年低下傾向にあるが、2023 年は SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を上回っている。資源量は減少傾向にあると判断される。

6. その他

年齢別漁獲尾数は 1～2 歳魚の割合が高く（図 3-2）、単価の安い小型魚が多く漁獲されている。また、商品サイズ以下の小型魚が投棄されている可能性があり（石川県水産総合センターほか 1994）、今後、小型魚の保護を目的とした資源管理方策について検討する必要がある。

本系群では例年、浜田以西の 2 そうびき沖底の標準化 CPUE を指標値としたチューニング VPA をもとに資源計算を行なっていたが、レトロスペクティブバイアスによる資源量と親魚量の過大推定、漁獲係数の過小推定が指摘されており、実際の資源状態に則していない楽観的な評価になっている可能性が指摘されていた（詳細は補足資料 12）。レトロスペクティブバイアスの改善に向けていくつかの課題を検討中である。まず、Age-length key の見直しである。本系群の年齢別漁獲の計算に用いている Age-length key は 1990 年代の測定結果に基づく数値であり、特に大型個体の情報が不足していた。次に、年齢分解の見直しである。VPA では漁獲係数が一定になる年齢でプラスグループを設けることが理想であり、本系群では 1 歳から 4+歳の 4 段階で年齢分解をしている。しかし、本種の寿命は 7 歳程度であり、漁獲に占める 3・4+歳の割合は高く、4+歳以降も漁獲係数が変化している可能性がある。さらに、系群漁獲量に占める小底の割合が増加している点（補足資料 10）も留意が必要である。本系群の資源評価は 2 そうびき沖底（浜田以西）の情報によるところが大きく、年齢別漁獲計算や標準化 CPUE は全て 2 そうびき沖底（浜田以西）の漁獲情報・生物測定の結果に基づいている（補足資料 2）。2010 年代までは系群漁獲量に占める 2 そうびき沖底（浜田以西）の割合は 7-8 割と高かったが、2021 年から 5-6 割に減少している。一方で、島根県の小底の漁獲割合は 2-3 割まで増加しており、小底についても漁獲物のサイズ・年齢構成等の漁獲実態や操業状況に関する情報を整備し、資源計算に組み込むことも重要と考えられる。これらの課題は単年の調査・解析で賅える内容ではなく、本系群の現状の年齢分解を考慮すると 5 年以上の複数年の情報を収集・蓄積する必要がある。

リッジ VPA（Okamura et al. 2017）の適用によるレトロスペクティブバイアスの改善も試みたが期待した結果は得られず（補足資料 12）、従来の評価手法を踏襲すると資源状態に則していないと思われる楽観的な評価を続けざるをえない状況であった。そこで今年度から楽観的な評価に依らないように、チューニングをしない単純 VPA による推定値をもとにした評価結果を示した。単純 VPA をもとにした結果では、直近年の漁獲係数が高くなっていること（図 4-6）と本系群を狙い魚種とした操業が衰退している実態が合致しておらず、悲観的な評価になっている可能性があることは否めないが、資源が減少して

いる疑いが高い本系群を評価していく上で、従来の手法に拘らず今後も引き続き評価手法の改善を進めていく必要がある。

7. 引用文献

- 今井千文・宮崎義信 (2005) 耳石解析によるムシガレイ日本海西部群の成長モデルの再検討. 水大研報, **53**, 21-34.
- 今岡要二郎 (1971) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究-II. 成熟と産卵について. 西水研報, **39**, 51-63.
- 今岡要二郎 (1972) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究-III. 食性について. 西水研報, **42**, 77-89.
- 今岡要二郎 (1977) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究(昭和47年度)ムシガレイ幼魚の生息域について. 島根水試事報, 昭和47-48年度, 297-299.
- 今岡要二郎・三栖 寛 (1969) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究第1報. 年令と生長について. 西水研報, **37**, 51-70.
- 石川県水産総合センター・福井水産試験場・兵庫県但馬水産事務所・鳥取県水産試験場・島根県水産試験場 (1994) 平成3~5年度水産関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書(重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究), 118 pp.
- 三栖 寛・今岡要二郎・末島富治・花淵信夫・小嶋喜久雄・花淵靖子 (1973) 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究-IV. 標識放流結果からみた分布と回遊について. 西水研報, **43**, 23-36.
- 八木佑太・藤原邦浩・飯田真也・佐久間啓・吉川 茜・白川北斗 (2021a) 令和2(2020)年度ムシガレイ日本海南西部系群の資源評価. 水産研究・教育機構. 1-27. FRA-SA2020-RC05-6. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2020/details_2020_65.pdf (last accessed 13 August 2022)
- 八木佑太・藤原邦浩・飯田真也・佐久間啓・吉川 茜・白川北斗 (2021b) 令和3(2021)年度ムシガレイ日本海南西部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-22. FRA-SA2021-BRP12-2. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211026/doc_mushigarei_japansea-sw_RIM.pdf (last accessed 13 August 2022)



図 2-1. ムシガレイ日本海南西部系群の分布

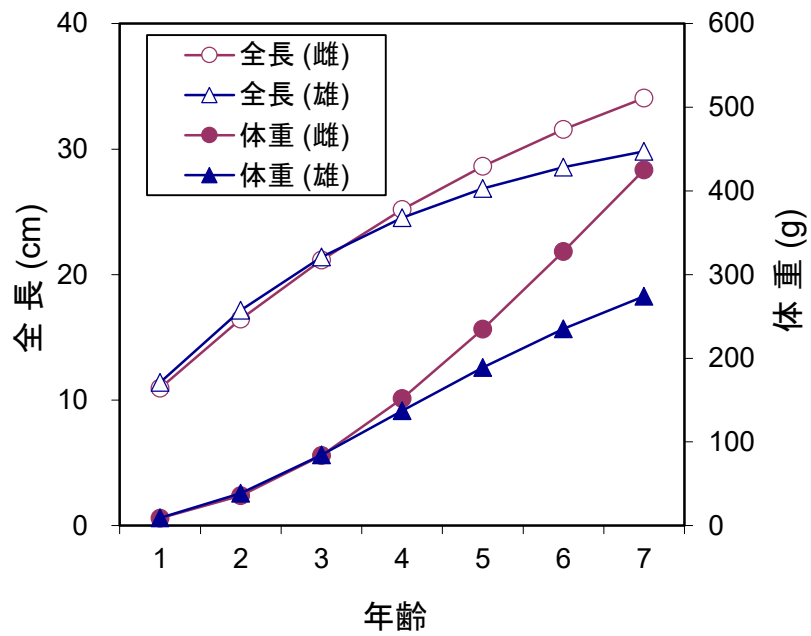


図 2-2. 年齢と成長

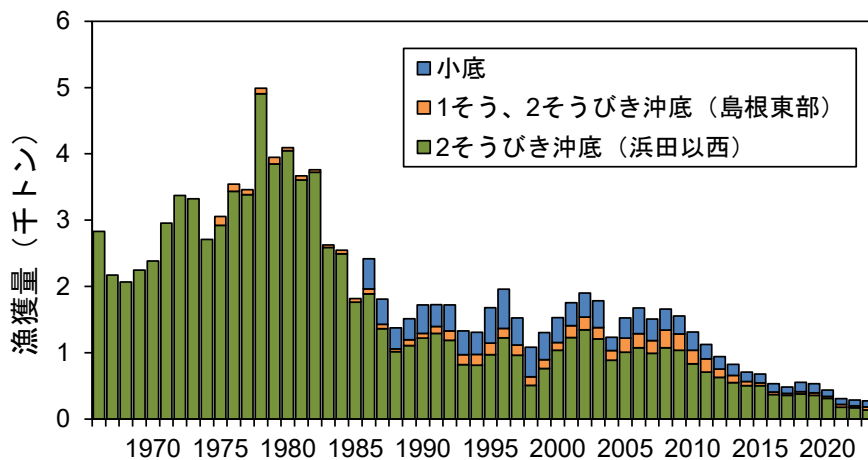


図 3-1. 漁業種類別漁獲量の推移 (1985 年以前の小底のデータは無い)

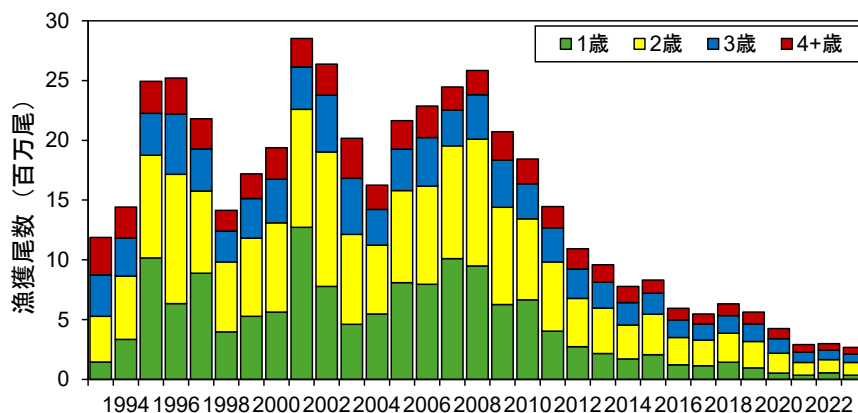


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

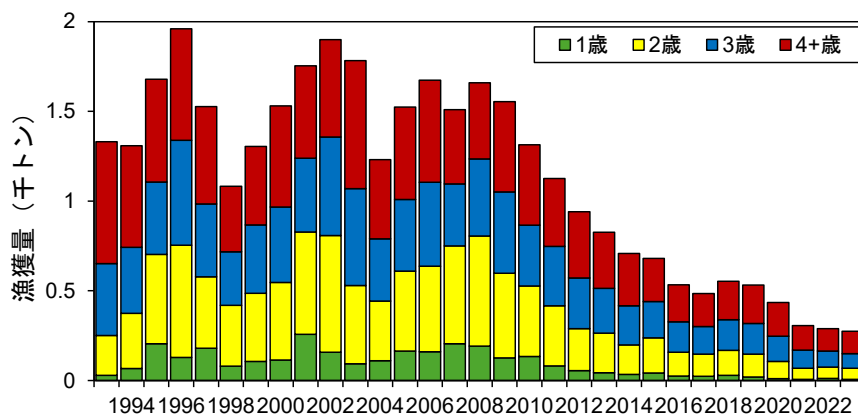


図 3-3. 年齢別漁獲量の推移

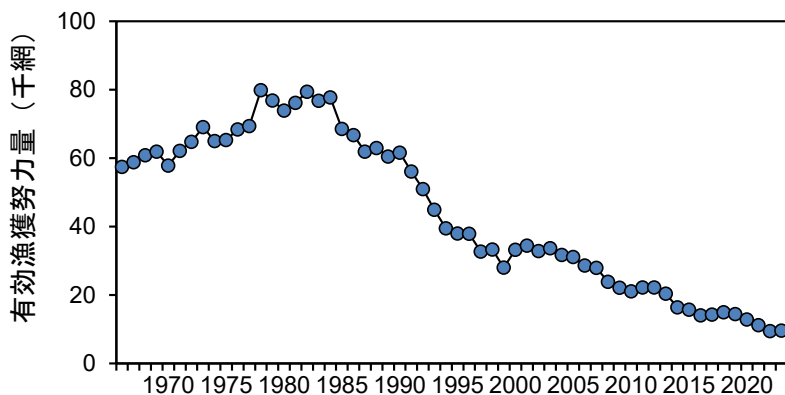


図 3-4. 有効漁獲努力量 (2 そうびき沖底、浜田以西) の推移

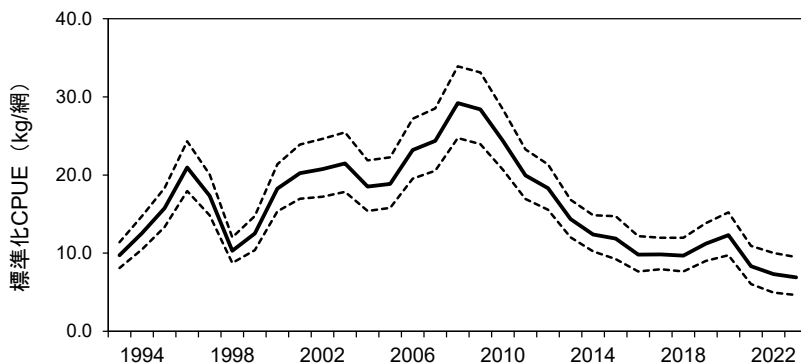


図 4-1. 標準化 CPUE (2 そうびき沖底、浜田以西) の推移 破線は 95%信頼区間。

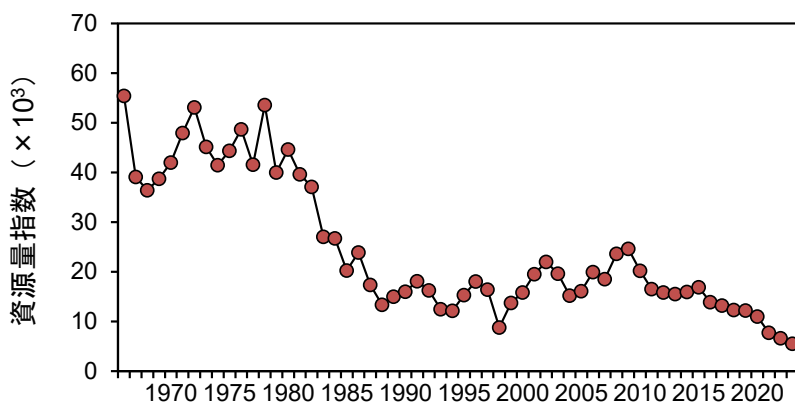


図 4-2. 資源量指数 (2 そうびき沖底、浜田以西に基づく) の推移

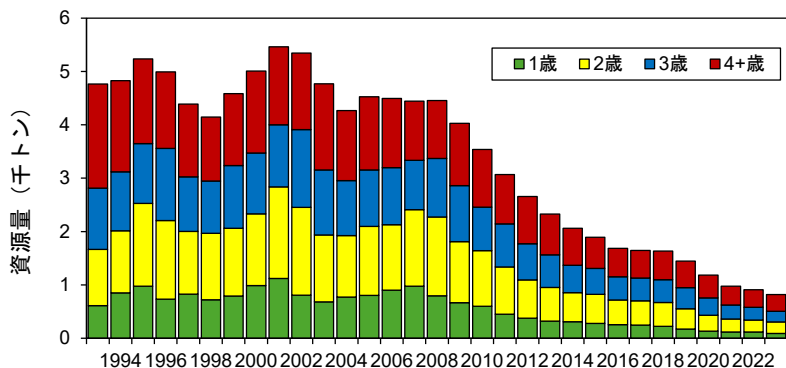


図 4-3. 年齢別資源量の推移

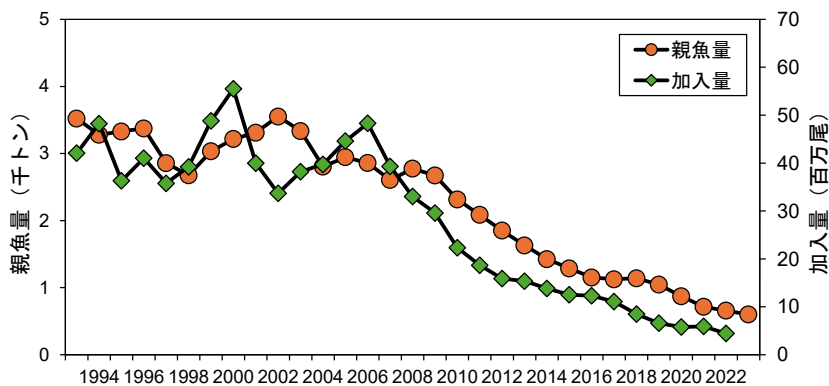


図 4-4. 親魚量および加入量（1歳魚資源尾数）の推移 横軸は産卵年を示す。

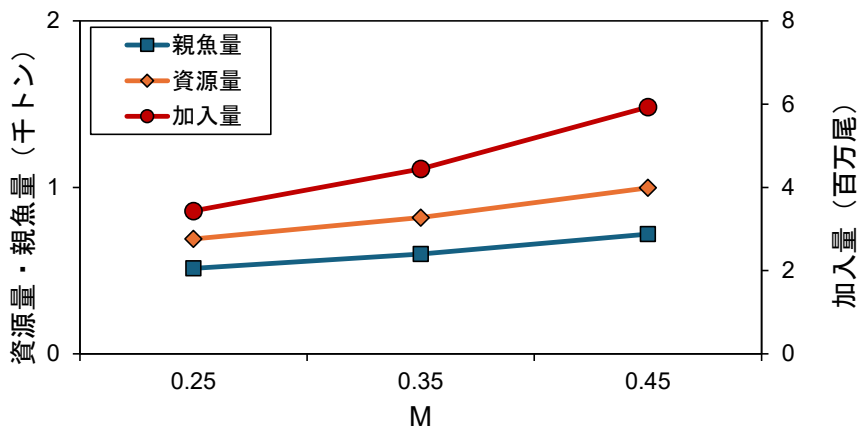


図 4-5. 自然死亡係数 (M) と 2023 年の資源量、親魚量、加入量の関係

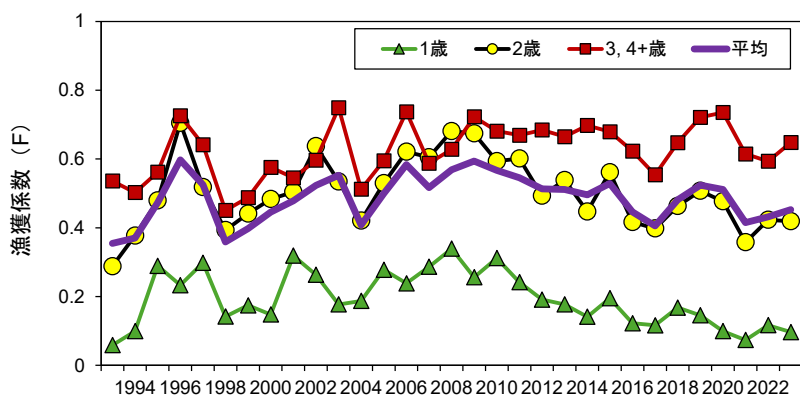


図 4-6. 年齢別漁獲係数 F の推移

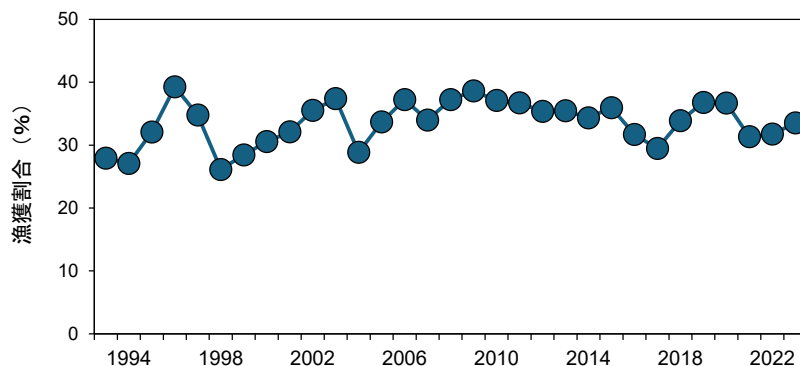


図 4-7. 漁獲割合の推移

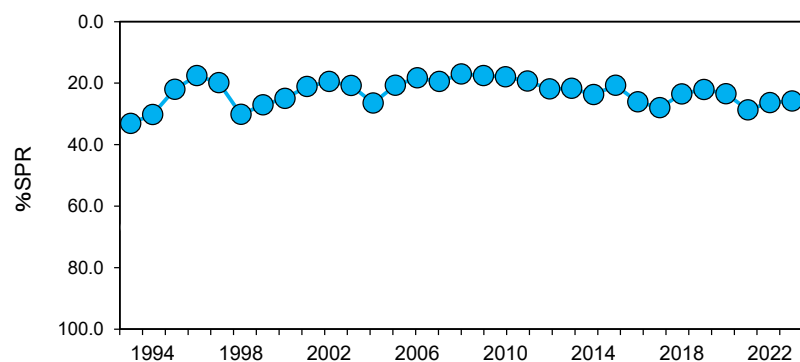


図 4-8. %SPR の推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い (低い) と %SPR は小さく (大きく) なる。

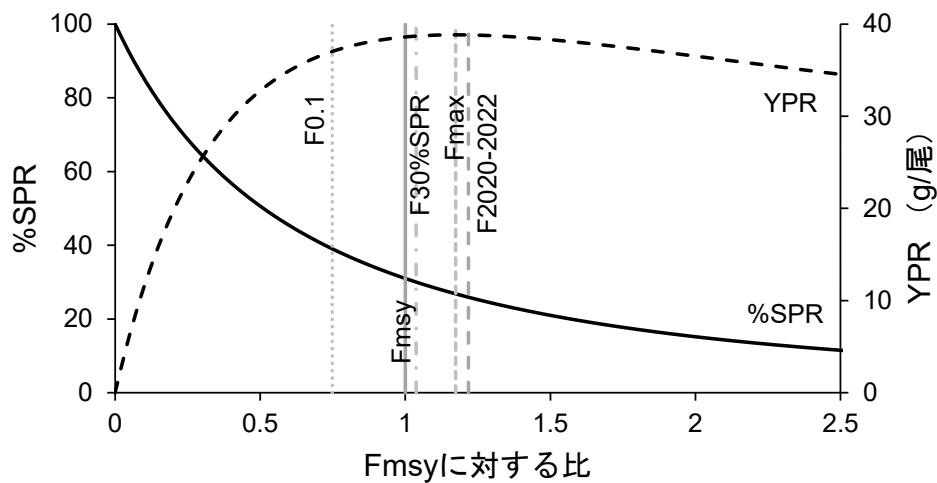


図 4-9. Fmsy に対する YPR、%SPR の関係

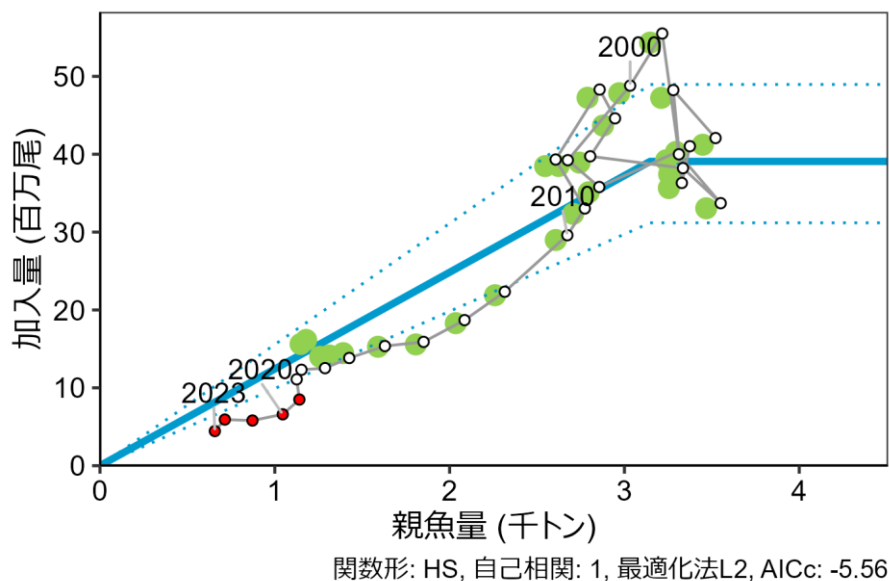


図 4-10. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

再生産関係には自己相関を考慮したホッカー・スティック（HS）型再生産関係式を用い、最小二乗法によりパラメータ推定を行った。緑色丸印は再生産関係の分析に使用した令和2年度評価時の1993～2018年の親魚量と翌年（1994～2019年）の1歳魚時点の加入量を示す。図中の数字は加入した年を示す。図中の再生産関係式（青実線）の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの90%が含まれると推定される範囲である。白抜丸印は本年度評価における1993～2018年の親魚量と加入量、赤色丸印は直近5年間（2019～2023年）の親魚量と加入量を示す。

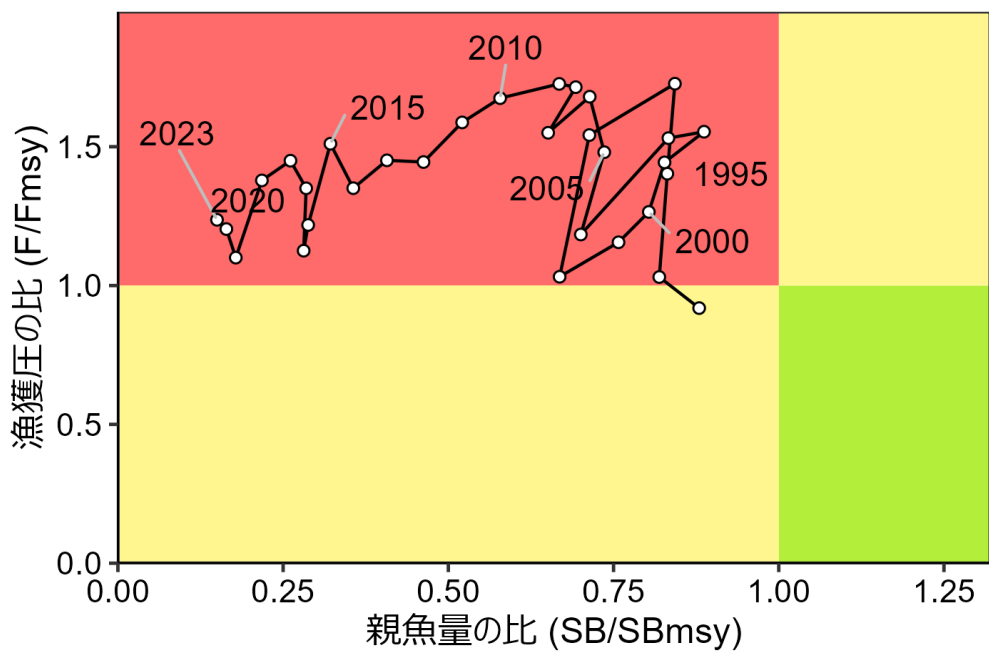


図 4-11. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

表 3-1. ムシガレイ日本海南西部系群における漁業種類別漁獲量（トン）

| 年 | 2そうびき沖底 | | 1そうびき沖底 | 小底 | 計 |
|-------|---------|------|---------|-----|-------|
| | 浜田以西 | 島根東部 | 日本海西部 | | |
| 1966 | 2,829 | | | | 2,829 |
| 1967 | 2,169 | | | | 2,169 |
| 1968 | 2,069 | | | | 2,069 |
| 1969 | 2,247 | | | | 2,247 |
| 1970 | 2,384 | | | | 2,384 |
| 1971 | 2,954 | | | | 2,954 |
| 1972 | 3,371 | | | | 3,371 |
| 1973 | 3,322 | | | | 3,322 |
| 1974 | 2,711 | | | | 2,711 |
| 1975 | 2,920 | 137 | | | 3,057 |
| 1976 | 3,436 | 109 | | | 3,545 |
| 1977 | 3,384 | 75 | | | 3,460 |
| 1978 | 4,906 | 86 | | | 4,991 |
| 1979 | 3,848 | 100 | | | 3,948 |
| 1980 | 4,048 | 46 | | | 4,094 |
| 1981 | 3,604 | 64 | | | 3,668 |
| 1982 | 3,721 | 38 | 2 | | 3,761 |
| 1983 | 2,588 | 27 | 11 | | 2,625 |
| 1984 | 2,490 | 50 | 6 | | 2,546 |
| 1985 | 1,764 | 49 | 4 | | 1,817 |
| 1986 | 1,887 | 72 | 2 | 456 | 2,417 |
| 1987 | 1,364 | 61 | 4 | 379 | 1,808 |
| 1988 | 1,017 | 40 | 1 | 314 | 1,373 |
| 1989 | 1,107 | 89 | 1 | 317 | 1,514 |
| 1990 | 1,221 | 68 | 5 | 428 | 1,722 |
| 1991 | 1,292 | 101 | 3 | 331 | 1,726 |
| 1992 | 1,187 | 139 | 2 | 393 | 1,722 |
| 1993 | 821 | 141 | 6 | 362 | 1,330 |
| 1994 | 814 | 157 | 5 | 333 | 1,308 |
| 1995 | 970 | 175 | 2 | 531 | 1,678 |
| 1996 | 1,225 | 140 | 2 | 593 | 1,960 |
| 1997 | 960 | 126 | 31 | 408 | 1,526 |
| 1998 | 507 | 115 | 17 | 444 | 1,083 |
| 1999 | 763 | 110 | 22 | 411 | 1,305 |
| 2000 | 1,037 | 107 | 10 | 377 | 1,531 |
| 2001 | 1,228 | 161 | 18 | 347 | 1,754 |
| 2002 | 1,346 | 179 | 12 | 362 | 1,899 |
| 2003 | 1,210 | 151 | 16 | 406 | 1,783 |
| 2004 | 887 | 110 | 37 | 197 | 1,231 |
| 2005 | 1,007 | 199 | 15 | 303 | 1,524 |
| 2006 | 1,076 | 191 | 22 | 385 | 1,674 |
| 2007 | 990 | 164 | 29 | 326 | 1,509 |
| 2008 | 1,074 | 243 | 24 | 318 | 1,659 |
| 2009 | 1,037 | 236 | 11 | 270 | 1,554 |
| 2010 | 833 | 172 | 32 | 276 | 1,313 |
| 2011 | 710 | 174 | 22 | 220 | 1,126 |
| 2012 | 630 | 96 | 28 | 187 | 940 |
| 2013 | 551 | 68 | 37 | 169 | 826 |
| 2014 | 502 | 23 | 40 | 143 | 708 |
| 2015 | 502 | 8 | 34 | 137 | 681 |
| 2016 | 369 | 3 | 34 | 128 | 534 |
| 2017 | 356 | 2 | 30 | 97 | 485 |
| 2018 | 377 | 2 | 32 | 142 | 553 |
| 2019 | 357 | 1 | 38 | 137 | 532 |
| 2020 | 313 | 1 | 27 | 93 | 435 |
| 2021 | 179 | 0 | 41 | 86 | 306 |
| 2022 | 170 | 0 | 30 | 89 | 289 |
| 2023* | 137 | 0 | 47 | 91 | 275 |

*暫定値。

表 3-2. 2 そうびき沖底（浜田以西）によるムシガレイの漁獲動向

| 年 | 漁獲量(トン) | 有効漁獲努力量* ¹ | 有漁漁区数* ¹ | 資源量指数* ¹ | 標準化CPUE* ² |
|--------------------|---------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 1966 | 2,829 | 57,426 | 1,125 | 55,430 | |
| 1967 | 2,169 | 58,805 | 1,059 | 39,069 | |
| 1968 | 2,069 | 60,832 | 1,070 | 36,385 | |
| 1969 | 2,247 | 61,894 | 1,066 | 38,703 | |
| 1970 | 2,384 | 57,777 | 1,018 | 42,010 | |
| 1971 | 2,954 | 62,139 | 1,008 | 47,926 | |
| 1972 | 3,371 | 64,747 | 1,020 | 53,104 | |
| 1973 | 3,322 | 69,069 | 939 | 45,160 | |
| 1974 | 2,711 | 64,965 | 993 | 41,436 | |
| 1975 | 2,920 | 65,281 | 992 | 44,372 | |
| 1976 | 3,436 | 68,379 | 968 | 48,643 | |
| 1977 | 3,384 | 69,365 | 852 | 41,571 | |
| 1978 | 4,906 | 79,841 | 872 | 53,580 | |
| 1979 | 3,848 | 76,802 | 798 | 39,979 | |
| 1980 | 4,048 | 73,844 | 814 | 44,621 | |
| 1981 | 3,604 | 76,131 | 837 | 39,622 | |
| 1982 | 3,721 | 79,403 | 791 | 37,071 | |
| 1983 | 2,588 | 76,750 | 802 | 27,040 | |
| 1984 | 2,490 | 77,753 | 835 | 26,745 | |
| 1985 | 1,764 | 68,513 | 786 | 20,236 | |
| 1986 | 1,887 | 66,718 | 844 | 23,867 | |
| 1987 | 1,364 | 61,896 | 787 | 17,348 | |
| 1988 | 1,017 | 62,958 | 827 | 13,360 | |
| 1989 | 1,107 | 60,453 | 819 | 14,997 | |
| 1990 | 1,221 | 61,599 | 806 | 15,973 | |
| 1991 | 1,292 | 56,045 | 784 | 18,069 | |
| 1992 | 1,187 | 50,931 | 696 | 16,227 | |
| 1993 | 821 | 44,873 | 682 | 12,480 | 9.7 |
| 1994 | 814 | 39,444 | 589 | 12,151 | 12.6 |
| 1995 | 970 | 37,970 | 600 | 15,322 | 15.8 |
| 1996 | 1,225 | 37,928 | 558 | 18,019 | 21.0 |
| 1997 | 960 | 32,672 | 558 | 16,402 | 17.3 |
| 1998 | 507 | 33,267 | 577 | 8,793 | 10.3 |
| 1999 | 763 | 27,996 | 504 | 13,728 | 12.5 |
| 2000 | 1,037 | 33,189 | 506 | 15,806 | 18.3 |
| 2001 | 1,228 | 34,420 | 547 | 19,510 | 20.2 |
| 2002 | 1,346 | 32,815 | 536 | 21,985 | 20.7 |
| 2003 | 1,210 | 33,635 | 546 | 19,640 | 21.5 |
| 2004 | 887 | 31,692 | 543 | 15,194 | 18.5 |
| 2005 | 1,007 | 31,130 | 498 | 16,114 | 18.9 |
| 2006 | 1,076 | 28,621 | 530 | 19,926 | 23.2 |
| 2007 | 990 | 27,949 | 522 | 18,494 | 24.4 |
| 2008 | 1,074 | 23,852 | 524 | 23,593 | 29.2 |
| 2009 | 1,037 | 22,102 | 525 | 24,633 | 28.4 |
| 2010 | 833 | 21,102 | 511 | 20,182 | 24.4 |
| 2011 | 710 | 22,173 | 515 | 16,488 | 20.0 |
| 2012 | 630 | 22,204 | 559 | 15,849 | 18.3 |
| 2013 | 551 | 20,393 | 573 | 15,490 | 14.4 |
| 2014 | 502 | 16,373 | 519 | 15,921 | 12.4 |
| 2015 | 502 | 15,747 | 530 | 16,892 | 11.9 |
| 2016 | 369 | 14,021 | 528 | 13,904 | 9.8 |
| 2017 | 356 | 14,316 | 530 | 13,186 | 9.8 |
| 2018 | 377 | 14,968 | 490 | 12,325 | 9.7 |
| 2019 | 357 | 14,400 | 492 | 12,202 | 11.2 |
| 2020 | 313 | 12,878 | 492 | 10,988 | 12.3 |
| 2021 | 179 | 11,191 | 379 | 7,707 | 8.3 |
| 2022 | 170 | 9,466 | 370 | 6,632 | 7.3 |
| 2023* ³ | 137 | 9,608 | 387 | 5,528 | 6.9 |

沖合底びき網統計による。

*¹各項目については、補足資料8を参照。

*²補足資料9を参照。

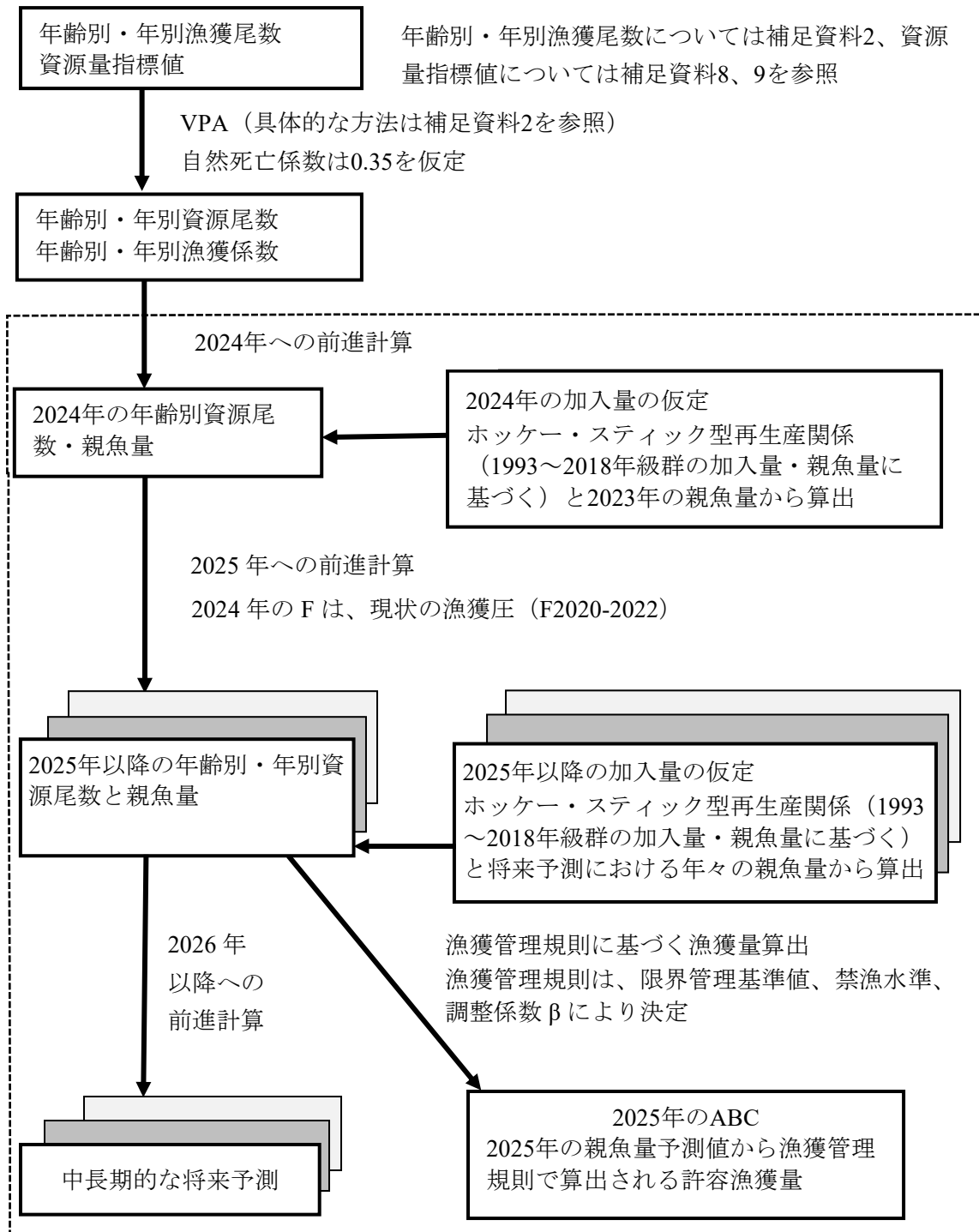
*³暫定値。

表 4-1. ムシガレイ日本海南西部系群の資源解析結果

| 年 | 漁獲量 (トン) | 資源量 (トン) | 親魚量 (トン) | 加入尾数 (千尾) | 漁獲割合 (%) | %SPR | F/Fmsy |
|------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------|--------|
| 1993 | 1,330 | 4,764 | 3,521 | 42,080 | 28 | 33 | 0.92 |
| 1994 | 1,308 | 4,827 | 3,280 | 48,237 | 27 | 30 | 1.03 |
| 1995 | 1,678 | 5,236 | 3,328 | 36,313 | 32 | 22 | 1.40 |
| 1996 | 1,960 | 4,992 | 3,374 | 41,028 | 39 | 18 | 1.73 |
| 1997 | 1,526 | 4,389 | 2,856 | 35,791 | 35 | 20 | 1.54 |
| 1998 | 1,083 | 4,144 | 2,676 | 39,238 | 26 | 30 | 1.03 |
| 1999 | 1,305 | 4,586 | 3,033 | 48,811 | 28 | 27 | 1.16 |
| 2000 | 1,531 | 5,009 | 3,216 | 55,502 | 31 | 25 | 1.27 |
| 2001 | 1,754 | 5,463 | 3,312 | 39,992 | 32 | 21 | 1.44 |
| 2002 | 1,899 | 5,346 | 3,551 | 33,713 | 36 | 19 | 1.55 |
| 2003 | 1,783 | 4,768 | 3,335 | 38,215 | 37 | 21 | 1.53 |
| 2004 | 1,231 | 4,268 | 2,804 | 39,732 | 29 | 26 | 1.18 |
| 2005 | 1,524 | 4,525 | 2,946 | 44,608 | 34 | 21 | 1.48 |
| 2006 | 1,674 | 4,496 | 2,858 | 48,307 | 37 | 18 | 1.68 |
| 2007 | 1,509 | 4,443 | 2,606 | 39,319 | 34 | 19 | 1.55 |
| 2008 | 1,659 | 4,456 | 2,774 | 33,034 | 37 | 17 | 1.71 |
| 2009 | 1,554 | 4,027 | 2,674 | 29,600 | 39 | 18 | 1.73 |
| 2010 | 1,313 | 3,539 | 2,316 | 22,342 | 37 | 18 | 1.67 |
| 2011 | 1,126 | 3,067 | 2,086 | 18,696 | 37 | 19 | 1.59 |
| 2012 | 940 | 2,658 | 1,851 | 15,900 | 35 | 22 | 1.44 |
| 2013 | 826 | 2,329 | 1,630 | 15,365 | 35 | 22 | 1.45 |
| 2014 | 708 | 2,062 | 1,426 | 13,829 | 34 | 24 | 1.35 |
| 2015 | 681 | 1,893 | 1,287 | 12,528 | 36 | 21 | 1.51 |
| 2016 | 534 | 1,684 | 1,152 | 12,321 | 32 | 26 | 1.22 |
| 2017 | 485 | 1,645 | 1,125 | 11,094 | 29 | 28 | 1.13 |
| 2018 | 553 | 1,633 | 1,140 | 8,496 | 34 | 23 | 1.35 |
| 2019 | 532 | 1,447 | 1,045 | 6,597 | 37 | 22 | 1.45 |
| 2020 | 435 | 1,185 | 872 | 5,802 | 37 | 23 | 1.38 |
| 2021 | 306 | 978 | 714 | 5,926 | 31 | 29 | 1.10 |
| 2022 | 289 | 909 | 657 | 4,446 | 32 | 26 | 1.20 |
| 2023 | 275 | 819 | 600 | — | 34 | 26 | 1.24 |

加入尾数: 対象年に発生し、1歳時における尾数。

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。

補足資料 2 計算方法

(1) 年齢別漁獲尾数

1993～2023 年に島根県浜田漁港において、2 そうびき沖底により水揚げされたムシガレイの年齢別漁獲尾数をベースに、評価対象資源全体の年齢別漁獲尾数を求めた。

1. 浜田漁港の全長組成

島根県浜田漁港における 2 そうびき沖底の水揚げ物には、サイズ依存性のある入り数銘柄、散銘柄および他の銘柄がある。入り数銘柄について、2002 年 3 月～2023 年 12 月の市場調査データを基に、雌雄込みの銘柄別全長組成（箱内尾数）変換表を作成した。散銘柄については、2002 年 3 月～2016 年 5 月、2016 年 9 月～2023 年 12 月の市場調査データに基づきそれぞれ雌雄込みの銘柄別全長組成（箱内尾数）変換表を作成した。1993～2023 年の各月において、島根県浜田漁港に 2 そうびき沖底により水揚げされたムシガレイの全長組成（漁獲尾数）を算出した。

2. 年齢分解

1989～2003 年に日本海南西海域における試験操業による採集物ならびに市場で購入した水揚げ物のムシガレイ 1,708 個体の耳石標本（山口県水産研究センター、島根県水産試験場（現・島根県水産技術センター）および西海区水産研究所（現・水産機構長崎庁舎）保有）の年齢査定結果に基づく、3～5 月、6～8 月、9～11 月、および 12 月～翌年 2 月における年齢体長相関表（上田 2006）を用い、浜田漁港における 2 そうびき沖底により入り数・散銘柄として水揚げされたムシガレイの各月の年齢別漁獲尾数を算出した。なお、用いた年齢体長相関表では、年齢起算日を 3 月 1 日としているため、1 月と 2 月の各年齢群は+1 歳群として扱った。

3. 全体への引き延ばし

入り数・散銘柄として水揚げされたムシガレイの各月の年齢別漁獲尾数を、浜田 2 そうびき沖底全体の年齢別漁獲尾数に各月で引き延ばした。さらに、各月の年齢別漁獲尾数を 3～5 月、6～8 月、9～11 月、12 月および 1～2 月の期間で合算し、各期間における本系群の総漁獲量を用いて、本系群全体の年齢別漁獲尾数に引き延ばした。これらの総和を、各年（暦年）における評価対象の年齢別漁獲尾数とし、VPA に用いた。

(2) 資源計算方法（VPA）

0 歳魚は漁獲されないため、1 歳魚以上の漁獲対象資源について、最高年齢群は 4 歳以上とした（以下、4+と表す）。用いた各年齢の体重と成熟率は下表に示す。1993～2023 年の 4+の体重は、各年の 4 歳と 5 歳以上の割合で重み付けした平均値を用いた。自然死亡係数 M は、田内・田中の式（田中 1960）により、寿命を 7 歳として求めた（ $M=2.5 \div 7 \approx 0.35$ ）。

| 年齢 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5+ |
|----|---|---|---|---|----|
|----|---|---|---|---|----|

| | | | | | |
|---------|----|----|-----|-----|-----|
| 体重 (g) | 20 | 58 | 115 | 188 | 331 |
| 成熟率 (%) | 0 | 40 | 100 | 100 | 100 |

年齢別資源尾数の推定には Pope の式を用い、最高年齢 4+ と 3 歳の各年の漁獲係数 F は等しいとした。

1～2 歳の資源尾数は以下の式(1)より計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad \dots \quad (1)$$

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 a は年齢、 y は年。3 歳魚は(2)式、4+は(3)式により計算した。

$$N_{3,y} = \frac{C_{3,y}}{C_{4+,y} + C_{3,y}} N_{4+,y+1} \exp(M) + C_{3,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad \dots \quad (2)$$

$$N_{4+,y} = \frac{C_{4+,y}}{C_{3,y}} N_{3,y} = \frac{C_{4+,y}}{C_{4+,y} + C_{3,y}} N_{4+,y+1} \exp(M) + C_{4+,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad \dots \quad (3)$$

最近年については全年齢の資源尾数を(4)式により、漁獲係数を(5)式により計算した。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}}{1 - \exp(-F_{a,y})} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad \dots \quad (4)$$

$$F_{a,y} = \frac{1}{3} \sum_{y=2020}^{2022} F_{a,y} \quad \dots \quad (5)$$

最後に $F_{4+,y} = F_{3,y}$ となるように $F_{4+,y}$ を探索的に求め、年齢別の資源尾数を推定した。

(3) モデル診断結果

「令和 6 (2024) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2024-ABCWG02-03.」(水産研究・教育機構 2024) に従い、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。レトロスペクティブ解析では、データの追加・更新が行われることによる資源量と資源尾数、1 歳魚資源尾数(加入量)、親魚量には大きな変化は見られず、漁獲係数には若干の変化が見られた(補図 2-1)。

引用文献

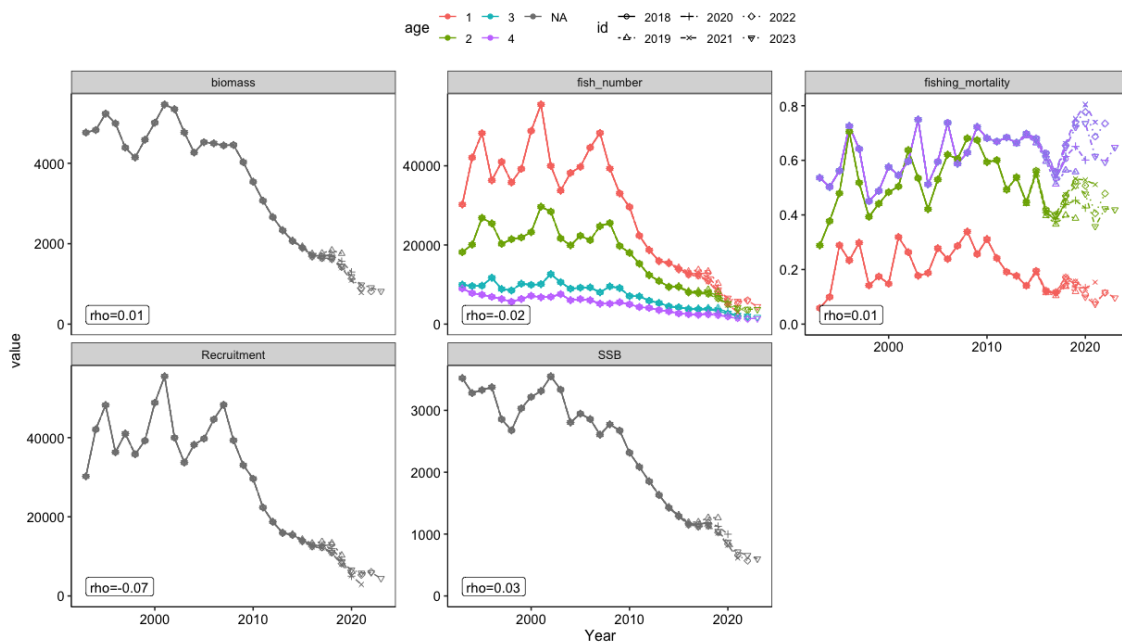
水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2024-ABCWG02-03, 水産研究・教育機構,

横浜, 13pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-03.pdf (last accessed 9 August, 2024)

田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.

上田幸男 (2006) 平成 17 年ムシガレイ日本海系群の資源評価. 平成 17 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 3 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 1232-1249.

平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—, 日本水産資源保護協会, 104-128.



補足図 2-4. 資源量 (biomass)、資源尾数 (fish_number)、漁獲係数 (fishing_mortality)、1 歳資源尾数 (Recruitment)、親魚量 (SSB) のレトロスペクティブ解析結果

補足表 2-1. 資源解析結果 (1993～2003 年)

| 年齢別漁獲尾数(千尾) | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 年 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| 1歳 | 1,446 | 3,341 | 10,169 | 6,339 | 8,882 | 3,974 | 5,272 | 5,632 | 12,723 | 7,773 | 4,596 |
| 2歳 | 3,825 | 5,300 | 8,583 | 10,811 | 6,881 | 5,853 | 6,555 | 7,474 | 9,864 | 11,250 | 7,528 |
| 3歳 | 3,476 | 3,188 | 3,501 | 5,074 | 3,523 | 2,590 | 3,309 | 3,646 | 3,561 | 4,762 | 4,689 |
| 4歳以上 | 3,137 | 2,596 | 2,682 | 2,983 | 2,522 | 1,718 | 2,060 | 2,633 | 2,388 | 2,597 | 3,353 |
| 計 | 11,884 | 14,424 | 24,935 | 25,208 | 21,808 | 14,135 | 17,195 | 19,384 | 28,536 | 26,382 | 20,165 |

| 年齢別漁獲量(トン) | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| 1歳 | 29 | 67 | 205 | 128 | 179 | 80 | 106 | 114 | 257 | 157 | 93 |
| 2歳 | 221 | 307 | 497 | 626 | 398 | 339 | 380 | 433 | 571 | 651 | 436 |
| 3歳 | 400 | 367 | 403 | 585 | 406 | 298 | 381 | 420 | 410 | 549 | 540 |
| 4歳以上 | 679 | 566 | 573 | 622 | 543 | 365 | 438 | 564 | 516 | 542 | 714 |
| 計 | 1,331 | 1,308 | 1,679 | 1,960 | 1,527 | 1,083 | 1,305 | 1,531 | 1,754 | 1,899 | 1,783 |

| 年齢別漁獲係数 | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| 1歳 | 0.06 | 0.10 | 0.29 | 0.23 | 0.30 | 0.14 | 0.17 | 0.15 | 0.32 | 0.26 | 0.18 |
| 2歳 | 0.29 | 0.38 | 0.48 | 0.71 | 0.52 | 0.39 | 0.44 | 0.48 | 0.50 | 0.64 | 0.53 |
| 3歳 | 0.54 | 0.50 | 0.56 | 0.73 | 0.64 | 0.45 | 0.49 | 0.58 | 0.55 | 0.60 | 0.75 |
| 4歳以上 | 0.54 | 0.50 | 0.56 | 0.73 | 0.64 | 0.45 | 0.49 | 0.58 | 0.55 | 0.60 | 0.75 |
| 単純平均 | 0.35 | 0.37 | 0.47 | 0.60 | 0.52 | 0.36 | 0.40 | 0.45 | 0.48 | 0.52 | 0.55 |

| 年齢別資源尾数(千尾) | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| 年 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| 1歳 | 30,224 | 42,080 | 48,237 | 36,313 | 41,028 | 35,791 | 39,238 | 48,811 | 55,502 | 39,992 | 33,713 |
| 2歳 | 18,196 | 20,085 | 26,848 | 25,456 | 20,267 | 21,456 | 21,885 | 23,225 | 29,668 | 28,431 | 21,657 |
| 3歳 | 9,980 | 9,612 | 9,705 | 11,715 | 8,863 | 8,506 | 10,206 | 9,919 | 10,093 | 12,627 | 10,591 |
| 4歳以上 | 9,005 | 7,827 | 7,434 | 6,887 | 6,344 | 5,642 | 6,353 | 7,163 | 6,767 | 6,887 | 7,574 |
| 計 | 67,405 | 79,603 | 92,224 | 80,370 | 76,503 | 71,394 | 77,683 | 89,118 | 102,031 | 87,938 | 73,535 |

| 年齢別資源量(トン) | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| 1歳 | 611 | 850 | 974 | 734 | 829 | 723 | 793 | 986 | 1,121 | 808 | 681 |
| 2歳 | 1,054 | 1,163 | 1,555 | 1,474 | 1,173 | 1,242 | 1,267 | 1,345 | 1,718 | 1,646 | 1,254 |
| 3歳 | 1,150 | 1,107 | 1,118 | 1,350 | 1,021 | 980 | 1,176 | 1,143 | 1,163 | 1,455 | 1,220 |
| 4歳以上 | 1,950 | 1,707 | 1,589 | 1,435 | 1,366 | 1,199 | 1,350 | 1,536 | 1,462 | 1,438 | 1,613 |
| 計 | 4,764 | 4,827 | 5,236 | 4,992 | 4,389 | 4,144 | 4,586 | 5,009 | 5,463 | 5,346 | 4,768 |

| 年齢別親魚量(トン) | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
| 1歳 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2歳 | 421 | 465 | 622 | 590 | 469 | 497 | 507 | 538 | 687 | 658 | 502 |
| 3歳 | 1,150 | 1,107 | 1,118 | 1,350 | 1,021 | 980 | 1,176 | 1,143 | 1,163 | 1,455 | 1,220 |
| 4歳以上 | 1,950 | 1,707 | 1,589 | 1,435 | 1,366 | 1,199 | 1,350 | 1,536 | 1,462 | 1,438 | 1,613 |
| 計 | 3,521 | 3,280 | 3,328 | 3,374 | 2,856 | 2,676 | 3,033 | 3,216 | 3,312 | 3,551 | 3,335 |

補足表 2-1. (続き) 資源解析結果 (2004~2013 年)

| 年齢別漁獲尾数(千尾) | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 年 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2003 |
| 1歳 | 5,477 | 8,095 | 7,945 | 10,108 | 9,494 | 6,268 | 6,654 | 4,029 | 2,732 | 2,167 | 4,596 |
| 2歳 | 5,739 | 7,708 | 8,235 | 9,438 | 10,597 | 8,126 | 6,771 | 5,793 | 4,039 | 3,805 | 7,528 |
| 3歳 | 3,008 | 3,466 | 4,058 | 2,996 | 3,731 | 3,937 | 2,939 | 2,872 | 2,454 | 2,170 | 4,689 |
| 4歳以上 | 2,036 | 2,383 | 2,644 | 1,925 | 2,021 | 2,387 | 2,076 | 1,766 | 1,700 | 1,448 | 3,353 |
| 計 | 16,259 | 21,652 | 22,882 | 24,466 | 25,842 | 20,717 | 18,441 | 14,459 | 10,926 | 9,589 | 20,165 |

| 年齢別漁獲量(トン) | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 年 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2003 |
| 1歳 | 111 | 164 | 160 | 204 | 192 | 127 | 134 | 81 | 55 | 44 | 93 |
| 2歳 | 332 | 446 | 477 | 546 | 614 | 470 | 392 | 335 | 234 | 220 | 436 |
| 3歳 | 347 | 399 | 467 | 345 | 430 | 454 | 339 | 331 | 283 | 250 | 540 |
| 4歳以上 | 442 | 515 | 569 | 413 | 424 | 504 | 449 | 378 | 368 | 312 | 714 |
| 計 | 1,231 | 1,524 | 1,674 | 1,509 | 1,659 | 1,555 | 1,314 | 1,126 | 940 | 826 | 1,783 |

| 年齢別漁獲係数 | | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2003 |
| 1歳 | 0.19 | 0.28 | 0.24 | 0.29 | 0.34 | 0.26 | 0.31 | 0.24 | 0.19 | 0.18 | 0.18 |
| 2歳 | 0.42 | 0.53 | 0.62 | 0.61 | 0.68 | 0.67 | 0.59 | 0.60 | 0.49 | 0.54 | 0.53 |
| 3歳 | 0.51 | 0.60 | 0.74 | 0.59 | 0.63 | 0.72 | 0.68 | 0.67 | 0.68 | 0.67 | 0.75 |
| 4歳以上 | 0.51 | 0.60 | 0.74 | 0.59 | 0.63 | 0.72 | 0.68 | 0.67 | 0.68 | 0.67 | 0.75 |
| 単純平均 | 0.41 | 0.50 | 0.58 | 0.52 | 0.57 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.51 | 0.51 | 0.55 |

| 年齢別資源尾数(千尾) | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 年 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2003 |
| 1歳 | 38,215 | 39,732 | 44,608 | 48,307 | 39,319 | 33,034 | 29,600 | 22,342 | 18,696 | 15,900 | 33,713 |
| 2歳 | 19,899 | 22,332 | 21,204 | 24,765 | 25,557 | 19,739 | 18,017 | 15,273 | 12,362 | 10,882 | 21,657 |
| 3歳 | 8,942 | 9,205 | 9,266 | 8,029 | 9,529 | 9,114 | 7,088 | 7,012 | 5,900 | 5,321 | 10,591 |
| 4歳以上 | 6,050 | 6,331 | 6,038 | 5,159 | 5,163 | 5,525 | 5,007 | 4,313 | 4,087 | 3,550 | 7,574 |
| 計 | 73,106 | 77,600 | 81,116 | 86,260 | 79,568 | 67,411 | 59,712 | 48,941 | 41,046 | 35,653 | 73,535 |

| 年齢別資源量(トン) | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2003 |
| 1歳 | 772 | 803 | 901 | 976 | 794 | 667 | 598 | 451 | 378 | 321 | 681 |
| 2歳 | 1,152 | 1,293 | 1,228 | 1,434 | 1,480 | 1,143 | 1,043 | 884 | 716 | 630 | 1,254 |
| 3歳 | 1,030 | 1,060 | 1,067 | 925 | 1,098 | 1,050 | 817 | 808 | 680 | 613 | 1,220 |
| 4歳以上 | 1,313 | 1,369 | 1,300 | 1,108 | 1,084 | 1,166 | 1,082 | 924 | 885 | 765 | 1,613 |
| 計 | 4,268 | 4,525 | 4,496 | 4,443 | 4,456 | 4,027 | 3,539 | 3,067 | 2,658 | 2,329 | 4,768 |

| 年齢別親魚量(トン) | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2003 |
| 1歳 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2歳 | 461 | 517 | 491 | 574 | 592 | 457 | 417 | 354 | 286 | 252 | 502 |
| 3歳 | 1,030 | 1,060 | 1,067 | 925 | 1,098 | 1,050 | 817 | 808 | 680 | 613 | 1,220 |
| 4歳以上 | 1,313 | 1,369 | 1,300 | 1,108 | 1,084 | 1,166 | 1,082 | 924 | 885 | 765 | 1,613 |
| 計 | 2,804 | 2,946 | 2,858 | 2,606 | 2,774 | 2,674 | 2,316 | 2,086 | 1,851 | 1,630 | 3,335 |

補足表 2-1. (続き) 資源解析結果 (2014~2023 年)

| 年齢別漁獲尾数(千尾) | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1歳 | 1,699 | 2,059 | 1,211 | 1,136 | 1,440 | 966 | 524 | 345 | 549 | 344 |
| 2歳 | 2,841 | 3,391 | 2,294 | 2,152 | 2,407 | 2,208 | 1,648 | 1,063 | 1,100 | 1,068 |
| 3歳 | 1,886 | 1,750 | 1,471 | 1,329 | 1,480 | 1,478 | 1,225 | 873 | 779 | 702 |
| 4歳以上 | 1,355 | 1,116 | 963 | 844 | 987 | 980 | 853 | 619 | 554 | 553 |
| 計 | 7,782 | 8,316 | 5,939 | 5,462 | 6,313 | 5,632 | 4,250 | 2,901 | 2,982 | 2,667 |

| 年齢別漁獲量(トン) | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1歳 | 34 | 42 | 24 | 23 | 29 | 20 | 11 | 7 | 11 | 7 |
| 2歳 | 164 | 196 | 133 | 125 | 139 | 128 | 95 | 62 | 64 | 62 |
| 3歳 | 217 | 202 | 169 | 153 | 170 | 170 | 141 | 101 | 90 | 81 |
| 4歳以上 | 292 | 241 | 207 | 184 | 214 | 215 | 188 | 137 | 124 | 125 |
| 計 | 708 | 681 | 534 | 485 | 553 | 532 | 435 | 306 | 289 | 275 |

| 年齢別漁獲係数 | | | | | | | | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1歳 | 0.14 | 0.20 | 0.12 | 0.12 | 0.17 | 0.15 | 0.10 | 0.07 | 0.12 | 0.10 |
| 2歳 | 0.45 | 0.56 | 0.42 | 0.40 | 0.46 | 0.51 | 0.48 | 0.36 | 0.42 | 0.42 |
| 3歳 | 0.70 | 0.68 | 0.62 | 0.55 | 0.65 | 0.72 | 0.74 | 0.61 | 0.59 | 0.65 |
| 4歳以上 | 0.70 | 0.68 | 0.62 | 0.55 | 0.65 | 0.72 | 0.74 | 0.61 | 0.59 | 0.65 |
| 単純平均 | 0.50 | 0.53 | 0.45 | 0.41 | 0.48 | 0.52 | 0.51 | 0.42 | 0.43 | 0.45 |

| 年齢別資源尾数(千尾) | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1歳 | 15,365 | 13,829 | 12,528 | 12,321 | 11,094 | 8,496 | 6,597 | 5,802 | 5,926 | 4,446 |
| 2歳 | 9,386 | 9,402 | 8,017 | 7,812 | 7,729 | 6,610 | 5,176 | 4,209 | 3,799 | 3,715 |
| 3歳 | 4,475 | 4,229 | 3,779 | 3,724 | 3,698 | 3,426 | 2,804 | 2,264 | 2,074 | 1,754 |
| 4歳以上 | 3,215 | 2,697 | 2,474 | 2,363 | 2,465 | 2,273 | 1,952 | 1,607 | 1,475 | 1,381 |
| 計 | 32,440 | 30,157 | 26,798 | 26,220 | 24,986 | 20,805 | 16,530 | 13,882 | 13,273 | 11,296 |

| 年齢別資源量(トン) | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1歳 | 310 | 279 | 253 | 249 | 224 | 172 | 133 | 117 | 120 | 90 |
| 2歳 | 543 | 544 | 464 | 452 | 447 | 383 | 300 | 244 | 220 | 215 |
| 3歳 | 515 | 487 | 435 | 429 | 426 | 395 | 323 | 261 | 239 | 202 |
| 4歳以上 | 693 | 582 | 531 | 515 | 535 | 498 | 429 | 356 | 330 | 312 |
| 計 | 2,062 | 1,893 | 1,684 | 1,645 | 1,633 | 1,447 | 1,185 | 978 | 909 | 819 |

| 年齢別親魚量(トン) | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1歳 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2歳 | 217 | 218 | 186 | 181 | 179 | 153 | 120 | 97 | 88 | 86 |
| 3歳 | 515 | 487 | 435 | 429 | 426 | 395 | 323 | 261 | 239 | 202 |
| 4歳以上 | 693 | 582 | 531 | 515 | 535 | 498 | 429 | 356 | 330 | 312 |
| 計 | 1,426 | 1,287 | 1,152 | 1,125 | 1,140 | 1,045 | 872 | 714 | 657 | 600 |

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 40 百トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 19 百トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 3 百トン) を用いることが提案されている (八木ほか 2021、補足表 6-2)。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。VPA により推定された 2023 年の親魚量 (SB2023 : 6 百トン) は目標管理基準値案と限界管理基準値案を下回る。2023 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧を上回っている (補足図 3-1、補足表 6-3)。

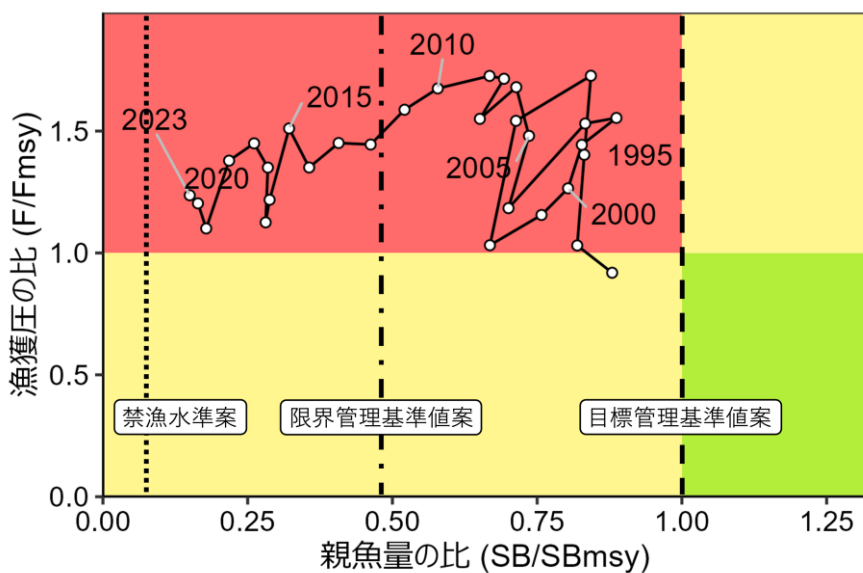
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。親魚量が SBlimit 以下では 1~3 歳魚が多くを占めるが、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられ、SBmsy 達成時においては 3 歳以上の漁獲が主体となると推測された。

引用文献

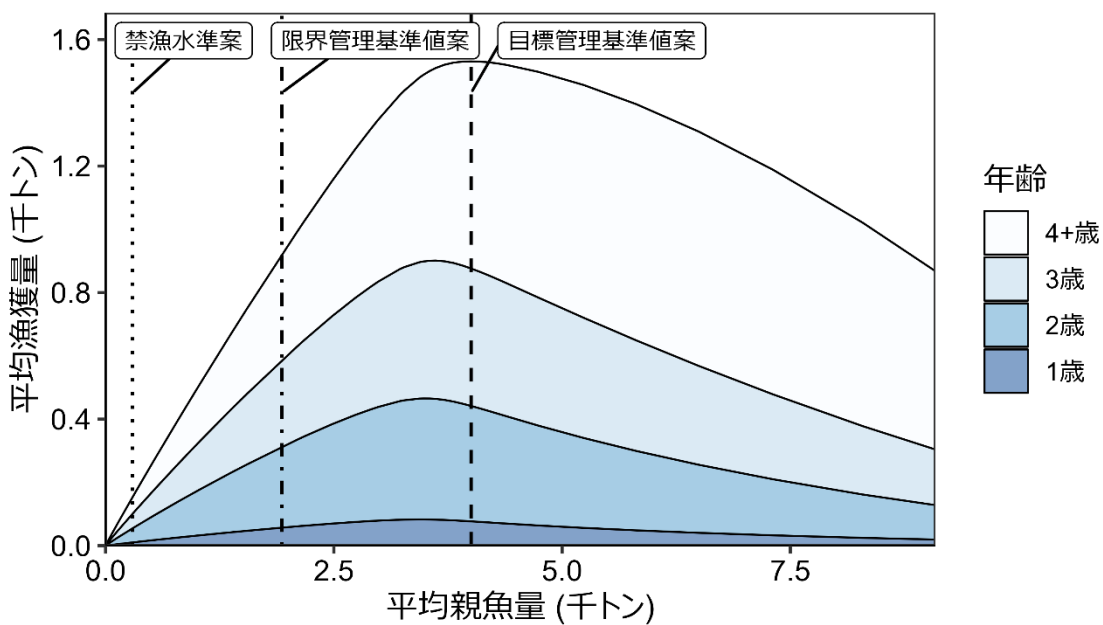
八木佑太・藤原邦浩・飯田真也・佐久間啓・吉川 茜・白川北斗 (2021) 令和 3 (2021) 年度ムシガレイ日本海南西部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-22. FRA-SA2021-BRP12-2.

http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-

1/20211026/doc_mushigarei_japansea-sw_RIM.pdf (last accessed 9 August, 2024)



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



補足図 3-2. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係 (漁獲量曲線)

補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2023 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024～2055 年までの将来予測計算を行った（補足資料 5）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、1,000 回の繰り返し計算を行った。2024 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2021-2023）から仮定し、生物パラメータ（平均体重等）は管理基準値案を算出した時と同じ条件とした。2025 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では「親魚量が限界管理基準値を下回るリスクは低いが、本資源は資源評価対象期間が短く再生産関係等に不確実性が懸念されるため、 β は標準値である 0.8 以下にすることが望ましい。」とされている。

(3) 2025 年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された 2025 年の平均漁獲量は、 β を 0.8 とした場合には 17 トン、 β を 1.0 とした場合は 21 トンであった（補足表 6-4）。2025 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を下回り、おおよそ 4.6 百トンと見込まれた（補足表 4-3）。この親魚量は限界管理基準値未満であるため、2025 年の漁獲圧は親魚量に応じた係数を乗じて $\gamma(SB_t) \times \beta F_{msy}$ として求めた。ここで 2025 年の $\gamma(SB_t)$ は「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則に基づき、下式により 0.10 と計算された。

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

(4) 2026 年以降の予測

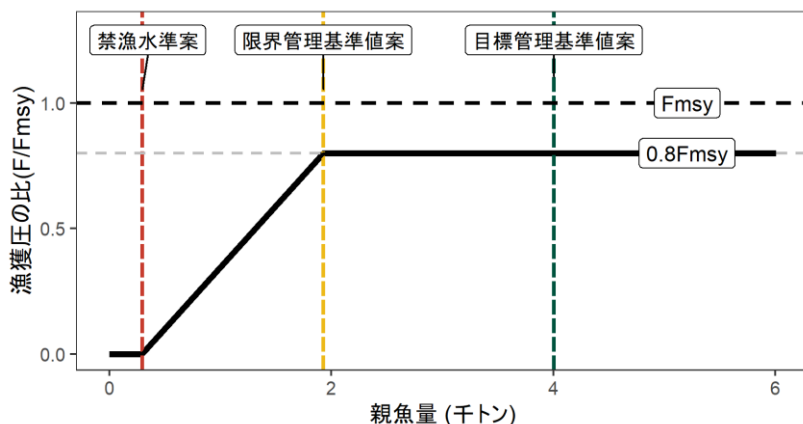
2026 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1～4-2 に示す。

漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2035 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には平均 26 百トン（90%予測区間は 18 百～36 百トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 21 百トン（90%予測区間は 16 百～28 百トン）である（補足表 6-

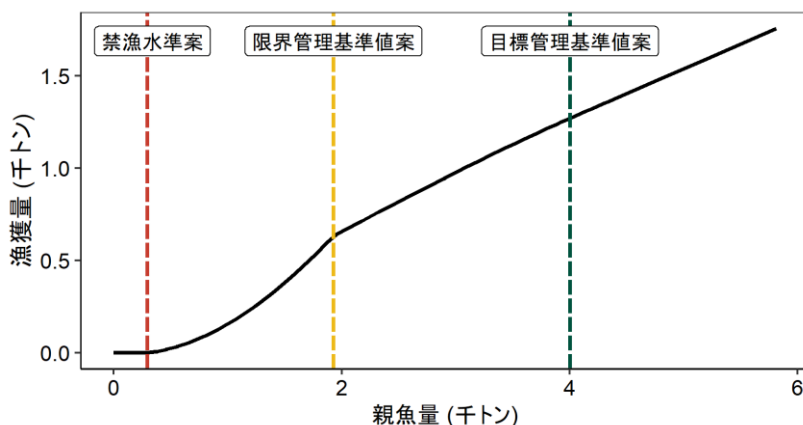
5)。2035年の親魚量の予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が0.4以下で50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率はいずれの β においても50%を上回る。現状の漁獲圧（F2020-2022）を継続した場合の2035年の親魚量の予測値は平均5百トン（90%予測区間は2百～8百トン）であり、目標管理基準値案を上回る確率は0%、限界管理基準値案を上回る確率も0%である。

漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標管理基準値案を50%以上の確率で上回る年は、 β を0.8とした場合には2045年以降となると予測された（補足表6-5）。また、限界管理基準値案を50%以上の確率で上回る年は、2033年と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（ $\beta=0$ ）、親魚量が目標管理基準値案を50%以上の確率で上回るのは2033年になると予測された。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合

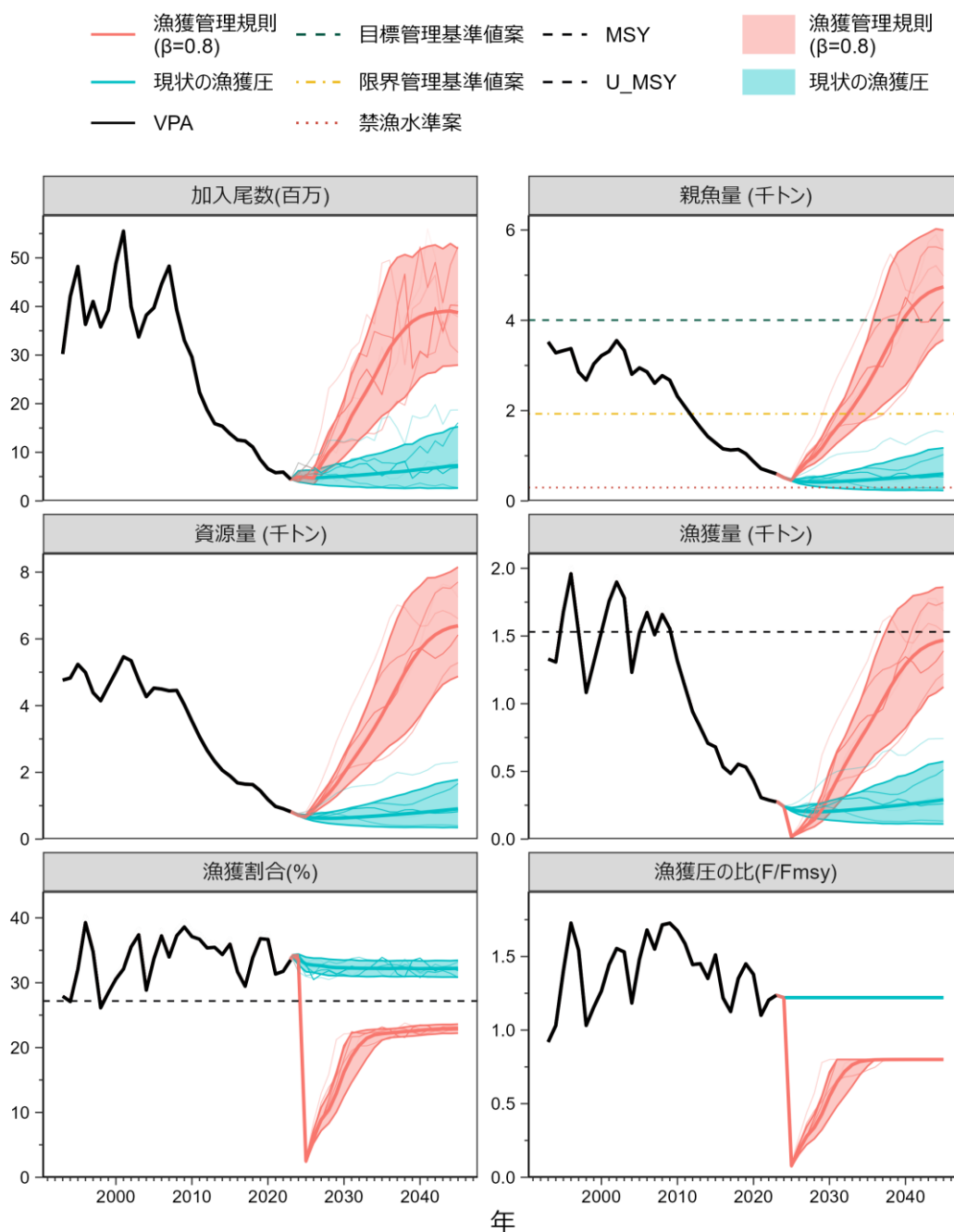


b) 縦軸を漁獲量にした場合



補足図 4-1. 漁獲管理規則（HCR）案 目標管理基準値（SBtarget）案は HS 型再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案（SBlimit）および禁漁水準案（SBban）には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である0.8を用いた。黒破線は Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、黒太線は HCR、赤点線は禁漁水準案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) について

は、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



補足図 4-2. 漁獲管理規則案に従って漁獲を続けた場合（赤線）と現状の漁獲圧（F2021-2023）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値案を維持する

漁獲割合の水準 (Umsy) 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。
2025 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 4-1）に従うものとした。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

| β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2045 | 2055 | | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|---|
| 1.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 42 | | |
| 0.9 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 60 | 68 | |
| 0.8 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 85 | 87 | |
| 0.7 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 96 | 97 | |
| 0.6 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 20 | 100 | 100 | |
| 0.5 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 17 | 40 | 100 | 100 | |
| 0.4 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 9 | 33 | 65 | 100 | 100 | |
| 0.3 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 22 | 56 | 83 | 100 | 100 | |
| 0.2 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 40 | 77 | 94 | 100 | 100 | |
| 0.1 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 18 | 60 | 90 | 99 | 100 | 100 | |
| 0.0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 36 | 80 | 97 | 100 | 100 | 100 | |
| 現状の漁獲圧 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

| β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2045 | 2055 | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| 1.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 10 | 29 | 47 | 63 | 99 | 100 | | |
| 0.9 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 19 | 43 | 67 | 80 | 100 | 100 | |
| 0.8 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 33 | 62 | 81 | 91 | 100 | 100 | |
| 0.7 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 18 | 49 | 77 | 91 | 97 | 100 | 100 | |
| 0.6 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 31 | 66 | 89 | 97 | 99 | 100 | 100 | |
| 0.5 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 46 | 80 | 95 | 99 | 100 | 100 | 100 | |
| 0.4 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 61 | 90 | 98 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0.3 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 75 | 96 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0.2 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 38 | 86 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0.1 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 50 | 92 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 0.0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 64 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 現状の漁獲圧 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2020-2022) から予測される 240 トンとし、2025 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 (F2020-2022) 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案による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 4-2. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移。

a) 親魚量の平均値の推移 (百トン)

| β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2045 | 2055 | | |
|---------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-----|
| 1.0 | 600 | 516 | 456 | 674 | 843 | 947 | 1,111 | 1,323 | 1,489 | 1,639 | 1,798 | 1,947 | 2,088 | 3,581 | 3,912 | | |
| 0.9 | | | 456 | 676 | 853 | 966 | 1,140 | 1,369 | 1,557 | 1,728 | 1,917 | 2,108 | 2,302 | 2,576 | 4,186 | 4,341 | |
| 0.8 | | | 456 | 679 | 863 | 986 | 1,172 | 1,420 | 1,632 | 1,832 | 2,060 | 2,309 | 2,576 | 2,921 | 4,742 | 4,773 | |
| 0.7 | | | 456 | 682 | 873 | 1,007 | 1,206 | 1,476 | 1,717 | 1,954 | 2,237 | 2,561 | 2,921 | 3,258 | 5,287 | 5,265 | |
| 0.6 | | | 456 | 684 | 884 | 1,029 | 1,243 | 1,538 | 1,815 | 2,099 | 2,453 | 2,874 | 3,349 | 3,872 | 5,882 | 5,838 | |
| 0.5 | | | 456 | 687 | 895 | 1,052 | 1,283 | 1,606 | 1,926 | 2,273 | 2,717 | 3,258 | 3,872 | 4,499 | 6,564 | 6,512 | |
| 0.4 | | | 456 | 689 | 906 | 1,076 | 1,326 | 1,683 | 2,055 | 2,481 | 3,037 | 3,723 | 4,499 | 5,237 | 7,371 | 7,316 | |
| 0.3 | | | 456 | 692 | 917 | 1,102 | 1,373 | 1,768 | 2,206 | 2,730 | 3,420 | 4,280 | 5,237 | 6,096 | 8,340 | 8,288 | |
| 0.2 | | | 456 | 695 | 929 | 1,129 | 1,424 | 1,865 | 2,382 | 3,024 | 3,877 | 4,942 | 6,096 | 7,087 | 9,522 | 9,479 | |
| 0.1 | | | 456 | 697 | 941 | 1,158 | 1,480 | 1,975 | 2,588 | 3,370 | 4,418 | 5,721 | 7,087 | 8,224 | 10,987 | 10,970 | |
| 0.0 | | | 456 | 700 | 953 | 1,189 | 1,542 | 2,101 | 2,828 | 3,777 | 5,057 | 6,630 | 8,224 | 9,522 | 12,839 | 12,879 | |
| 現状の漁獲圧 | | | | | 456 | 431 | 424 | 417 | 417 | 422 | 429 | 436 | 446 | 455 | 466 | 597 | 746 |

b) 漁獲量の平均値の推移 (百トン)

| β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2045 | 2055 | | |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-----|
| 1.0 | 275 | 240 | 21 | 67 | 118 | 162 | 237 | 345 | 445 | 544 | 642 | 725 | 796 | 1,379 | 1,498 | | |
| 0.9 | | | 19 | 61 | 110 | 154 | 228 | 338 | 444 | 546 | 645 | 733 | 812 | 882 | 1,455 | 1,502 | |
| 0.8 | | | 17 | 55 | 101 | 144 | 217 | 329 | 439 | 542 | 641 | 734 | 825 | 916 | 1,470 | 1,477 | |
| 0.7 | | | 15 | 49 | 92 | 134 | 205 | 316 | 427 | 530 | 628 | 727 | 831 | 930 | 1,442 | 1,434 | |
| 0.6 | | | 13 | 43 | 81 | 121 | 189 | 298 | 408 | 506 | 604 | 711 | 827 | 934 | 1,384 | 1,373 | |
| 0.5 | | | 10 | 36 | 70 | 107 | 171 | 275 | 378 | 470 | 568 | 680 | 804 | 929 | 1,297 | 1,286 | |
| 0.4 | | | 8 | 29 | 58 | 91 | 149 | 244 | 335 | 420 | 516 | 629 | 753 | 882 | 1,175 | 1,166 | |
| 0.3 | | | 6 | 22 | 46 | 73 | 122 | 203 | 279 | 353 | 442 | 548 | 661 | 782 | 1,006 | 999 | |
| 0.2 | | | 4 | 15 | 32 | 52 | 89 | 149 | 206 | 265 | 338 | 426 | 516 | 616 | 773 | 770 | |
| 0.1 | | | 2 | 8 | 16 | 28 | 49 | 83 | 114 | 150 | 195 | 248 | 302 | 362 | 451 | 450 | |
| 0.0 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 現状の漁獲圧 | | | | | 218 | 207 | 204 | 201 | 202 | 205 | 208 | 212 | 216 | 221 | 226 | 290 | 362 |

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2020-2022) から予測される 2.4 百トンとし、2025 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 (F2020-2022) 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案による管理開始から 10 年後を示す。

補足資料 5 将来予測の方法

将来予測は、「令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2024-ABCWG02-02)」水産研究・教育機構 (2024a) の 1 系資源の管理規則に従い、令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた再生産関係 (八木ほか 2021) と、補足表 5-1 に示した各種設定 (自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧) を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には、「令和 6 (2024) 年度 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (FRA-SA2024-ABCWG02-04)」水産研究・教育機構 (2024b) に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.3.1) および計算パッケージ frasyr (version 2.4.0.0) を用いた。

将来予測における 2~3 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1} - F_{a-1,y-1}) \quad (a = 2, 3) \quad (7)$$

4 歳魚以上のプラスグループの資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{4+,y} = N_{3,y-1} \exp(-M_{3,y-1} - F_{3,y-1}) + N_{4+,y-1} \exp(-M_{4+,y-1} - F_{4+,y-1}) \quad (8)$$

また、各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (9)$$

将来予測における資源量および漁獲量は、ここで求めた資源尾数または漁獲尾数に補足表 5-1 の平均体重を乗じて求め、親魚量はこの資源量に成熟割合を乗じて算出した。

引用文献

- 水産研究・教育機構 (2024a) 令和 6 (2024) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2024-ABCWG02-02, 水産研究・教育機構, 横浜, 11pp.
https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-02.pdf (last accessed 9 August, 2024)
- 水産研究・教育機構 (2024b) 令和 6 (2024) 年度 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA2024-ABCWG02-04, 水産研究・教育機構, 横浜, 15pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-04.pdf (last accessed 9 August, 2024)
- 八木佑太・藤原邦浩・飯田真也・佐久間啓・吉川 茜・白川北斗 (2021) 令和 3 (2021) 年度ムシガレイ日本海南西部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-22. FRA-SA2021-BRP12-2.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211026/doc_mushigarei_japansea-sw_RIM.pdf (last accessed 9 August, 2024)

補足表 5-1. 将来予測のパラメータ

| 年齢 | 選択率 (注 1) | Fmsy (注 2) | F2020-2022 (注 3) | 平均 体重 (g) | 自然 死亡 係数 | 成熟 割合 |
|-------|--------------|---------------|---------------------|-----------------|----------------|----------|
| 1 歳 | 0.27 | 0.12 | 0.10 | 20 | 0.35 | 0 |
| 2 歳 | 0.79 | 0.36 | 0.42 | 58 | 0.35 | 0.4 |
| 3 歳 | 1.00 | 0.46 | 0.65 | 115 | 0.35 | 1.0 |
| 4 歳以上 | 1.00 | 0.46 | 0.65 | 226 | 0.35 | 1.0 |

注 1：令和 3 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 2 年度資源評価での $F_{current}$ の選択率）。

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

注 3：本系群では 2020～2022 年の F の平均値を現状の漁獲圧としており、この F 値を 2023 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 6 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 再生産関係式のパラメータ

| 再生産関係式 | 最適化法 | 自己相関 | a | b | S.D. | ρ |
|-------------|-------|------|--------|-------|-------|--------|
| ホッケー・ステイック型 | 最小二乗法 | 有 | 12.419 | 3,147 | 0.137 | 0.675 |

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

補足表 6-2. 管理基準値案と MSY

| 項目 | 値 | 説明 |
|-------------|--|---|
| SBtarget 案 | 40 百トン | 目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) |
| SBlimit 案 | 19 百トン | 限界管理基準値案。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy) |
| SBban 案 | 3 百トン | 禁漁水準案。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy) |
| Fmsy | SBmsy を実現する漁獲圧 (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) = (0.12, 0.36, 0.46, 0.46) | |
| %SPR (Fmsy) | 31% | Fmsy に対応する %SPR |
| MSY | 15 百トン | 最大持続生産量 |

補足表 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

| 項目 | 値 | 説明 |
|-------------------------------|--|--|
| SB2023 | 6 百トン | 2023 年の親魚量 |
| F2023 | 2023 年の漁獲圧（漁獲係数 F）（1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上） = (0.10, 0.42, 0.65, 0.65) | |
| U2023 | 34% | 2023 年の漁獲割合 |
| %SPR (F2023) | 26% | 2023 年の%SPR |
| %SPR (F2021-2023) | 26% | 現状 (2021~2023 年) の漁獲圧に対応する%SPR* |
| 管理基準値案との比較 | | |
| SB2023/ SBmsy (SBtarget 案) | 0.15 | 最大持続生産量を実現する親魚量（目標管理基準値案）に対する 2023 年の親魚量の比 |
| F2023/ Fmsy | 1.24 | SBmsy を維持する漁獲圧に対する 2023 年の漁獲圧の比* |
| 親魚量の水準 | MSY を実現する水準を下回る | |
| 漁獲圧の水準 | SBmsy を維持する水準を上回る | |
| 親魚量の動向 | 減少 | |

* 2020~2022 年の F の平均値を 2024 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足表 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

| 2025年の親魚量（予測平均値）：456 トン | | | |
|--|-------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 項目 | 2025年の 平均漁獲量 (トン) | 現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022) | 2025年の 漁獲割合 (%) |
| 管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β （標準値） | | | |
| $\beta=0.8$ | 17 | 0.08 | 3 |
| 上記と異なる β を使用した場合 | | | |
| $\beta=1.0$ | 21 | 0.10 | 3 |
| $\beta=0.6$ | 13 | 0.06 | 2 |
| $\beta=0.4$ | 8 | 0.04 | 1 |
| $\beta=0.2$ | 4 | 0.02 | 1 |
| $\beta=0.0$ | 0 | 0.00 | 0 |
| F2020-2022 | 218 | 1.00 | 33 |

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

| 考慮している不確実性：加入量 | | | | | |
|--|------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--------------|------------|
| 項目 | 2035年 の平均親魚 量 (百トン) | 90% 予測区間 (トン) | 2035年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率 (%) | | |
| | | | SBtarget 案 | SBlimit 案 | SBban 案 |
| 管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β （標準値） | | | | | |
| $\beta=0.8$ | 26 | 18 - 36 | 2 | 91 | 100 |
| 上記と異なる β を使用した場合 | | | | | |
| $\beta=1.0$ | 21 | 16 - 28 | 0 | 63 | 100 |
| $\beta=0.6$ | 33 | 22 - 48 | 20 | 99 | 100 |
| $\beta=0.4$ | 45 | 28 - 64 | 65 | 100 | 100 |
| $\beta=0.2$ | 61 | 39 - 85 | 94 | 100 | 100 |
| $\beta=0.0$ | 82 | 55 - 111 | 100 | 100 | 100 |
| F2020-2022 | 5 | 2 - 8 | 0 | 0 | 88 |

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果 (つづき)

| 考慮している不確実性：加入量 | | | |
|--|---------------------------|-----------|---------|
| | 親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年 | | |
| | SBtarget 案 | SBlimit 案 | SBban 案 |
| 管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値) | | | |
| $\beta=0.8$ | 2045 年 | 2033 年 | 2023 年 |
| 上記と異なる β を使用した場合 | | | |
| $\beta=1.0$ | 2056 年以降 | 2035 年 | 2023 年 |
| $\beta=0.6$ | 2045 年 | 2032 年 | 2023 年 |
| $\beta=0.4$ | 2035 年 | 2031 年 | 2023 年 |
| $\beta=0.2$ | 2034 年 | 2031 年 | 2023 年 |
| $\beta=0.0$ | 2033 年 | 2030 年 | 2023 年 |
| F2020-2022 | 2055 年以降 | 2055 年以降 | 2023 年 |

補足資料 7 調査結果の概要

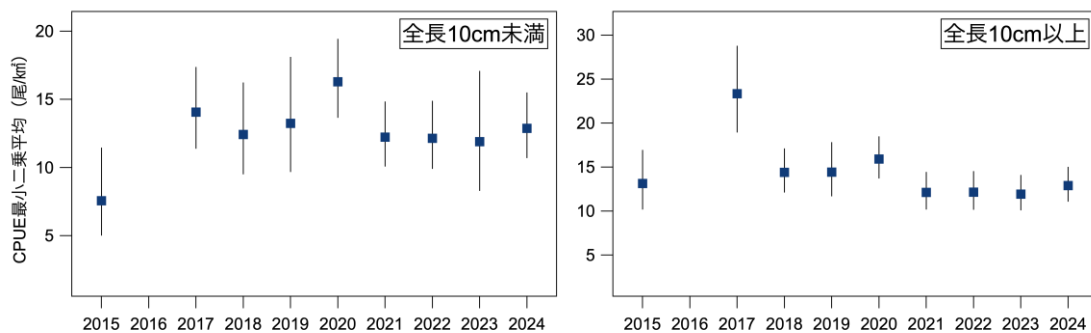
山口県水産研究センターでは、対馬東方海域において漁業調査船かいせいにより幅 4.5 m の桁網を用いた新規加入量調査を実施している。調査海域におけるムシガレイ（全長 10 cm 未満および 10 cm 以上に区分）の出現状況と調査年の関係を調べるため、6～8 月に実施された調査結果に基づき CPUE-LogNormal モデル（庄野 2004）を構築した。ゼロキャッチに対応するため、微小値（0.1）を加えたムシガレイの採集尾数を曳網距離で除し、その自然対数を目的変数とした。調査年、調査月、水深、水温を説明変数とし、それら 4 変数の交互作用を含むフルモデルを構築した。説明変数の有無を変えて Akaike's Information Criterion による総当たりモデル選択を行った結果、全長 10 cm 未満では調査年と調査月および水深を含むモデル、全長 10 cm 以上では調査年と水深および水温を含むモデルがベストモデルとして選ばれた。CPUE の年トレンドを抽出するため、ベストモデルにおける調査年効果の最小二乗平均（Grafen and Hails 2002）を求めた。当歳魚主体とみられる全長 10 cm 未満の CPUE 最小二乗平均は調査期間内において増減を繰り返しており（補足図 7-1）、2021 年以降は概ね横ばいで推移していた。全長 10 cm 以上の CPUE 最小二乗平均は 2017 年に高い値となり、2018 年から 2020 年まで横ばい、2021 年に減少した後、最新年まで概ね横ばいで推移していた。

鳥取県栽培漁業センターでは、沿岸性異体類の当歳魚分布量の把握を目的として、例年 4～9 月にビーム長 5 m のビームトロールを用いた漁船用船調査を実施している。本調査におけるムシガレイ当歳魚の主な出現時期および水深帯である 5～7 月の水深 120 m における分布密度を補足図 7-2 に示す。当歳魚の分布密度（千尾/km²）は、2013 年以降 6 月もしくは 7 月に比較的高い値を示したが、2017 年はいずれの月も低い値であった。2018 年の分布密度は 6 月に 66 と突出して高い値を示した。2020 年の 5 月には採集されず、6 月と 7 月については過去の平均値とほぼ同等の値であった。直近 3 年間の傾向は、2021 年についてはいずれの月も低い分布密度であり、2022 年では 5 月には採集されず、6 月も極めて低い値、2023 年は 6 月と 7 月に低い分布密度ながらも採集された。

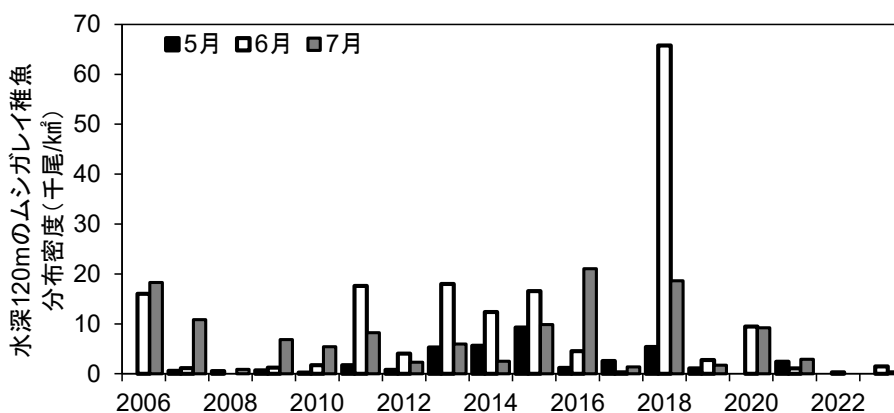
引用文献

Grafen, A., R. Hails (2002) Modern statistics for the life sciences. Oxford University Press, Oxford, 345 pp.

庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチ. 水産海洋研究, **68**, 106-120.



補足図 7-1. 山口県対馬東方海域におけるムシガレイの CPUE-LogNormal モデルの CPUE 最小二乗平均の推移。モデルの構造は本文参照のこと。黒線は 95%信頼区間を示す。2016 年は 10 月と 12 月に調査が実施されたため解析データに含めなかった。



補足図 7-2. 鳥取県中部沖におけるムシガレイ当歳魚の分布密度の月別推移
2022 年の 7 月は欠測。

補足資料 8 2 そうびき沖底の漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

2 そうびき沖底の漁獲成績報告書では、月別漁区（10 分柘目）別の漁獲量と網数が集計されている。これらより、月 i 漁区 j における CPUE（ U ）は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）をそれぞれ示す。

集計単位（月または小海区）における資源量指数（ P ）は CPUE の合計として次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量（ X' ）と漁獲量（ C ）、資源量指数（ P ）の関係は次式のように表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数である。

広がりのある漁場内では魚群の密度は濃淡があるのが通常であり、魚群密度が高いところに漁船が集中して操業した場合、総漁獲量を総網数で割った CPUE は高い方に偏る。そこで漁場を 10 分柘目の漁区に細分し、漁区内での密度は一様と仮定して、魚群や努力量の偏りを補正し、資源量を指数化したのが資源量指数である。

2 そうびき沖底のように有漁漁区数が減少した場合、漁船の漁区を選択性が資源量指数に影響を与える。底びき網は複数の魚種を対象とし、魚種によって分布密度が高い場所が異なるため、有漁漁区数の減少は漁獲の主対象となる魚種の分布密度が高い漁区に操業が集中することが考えられる。このような場合、資源量指数は密度が低い漁区のデータが無いのでその分だけ過小となる。

補足資料 9 標準化 CPUE の計算方法

1993～2023 年における 2 そうびき沖底の漁獲成績報告書に基づき、緯度経度 10 分漁区解像度の日別・漁船別漁獲量と網数をデータとして用いた。海洋環境データとしては、ETOPO1 global relief model (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>) から水深を切り出して用いた。今回使用したデータはゼロキャッチ（操業しているが漁獲量は 0）を含む連続値のため、標準化モデルには delta-GLM (Lo et al. 1992) を用いた。このモデルは、有漁となる確率を予測するモデル（有漁確率モデル）と有漁時の CPUE（自然対数値）を予測するモデル（有漁 CPUE モデル）の 2 つを別々に解析するものであり、それぞれのモデルの誤差分布には二項分布と正規分布を設定した。各モデルにおいて最も複雑な候補モデル（フルモデル）の説明変数には、年、季節、海区、水深、漁船 ID の固定効果（すべてカテゴリカル変数）と、年と海区の交互作用を設定した。海区は、2 そうびき沖底における漁場の変遷、ムシガレイの CPUE 分布などを考慮し、東経 130 度の東西で 2 つに分割した。各モデルにおいて、説明変数の有無を変えて、赤池情報量規準（AIC）による総当たりのモデル選択を行った結果、以下のフルモデルがベストモデルに選ばれた。ベストモデルにおいて、有漁か否かの判別性能は十分であり、有漁 CPUE の残差の正規性・等分散性にも問題がないことが確認されたため、これらのモデルを用いて標準化 CPUE を計算した（補足図 9-1）。

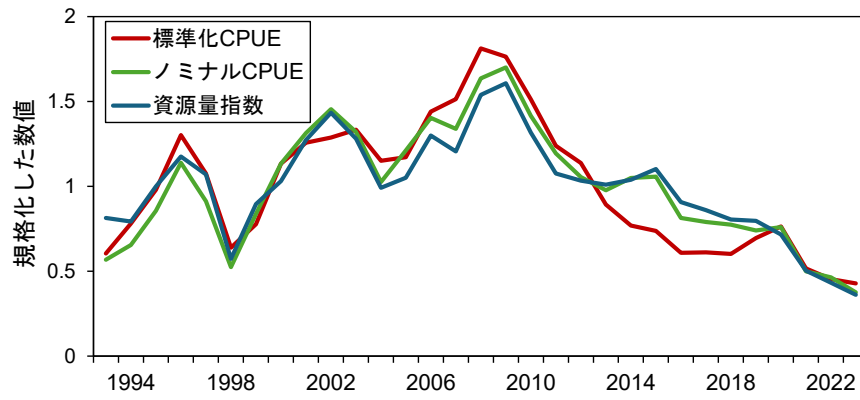
有漁確率モデル：有漁確率～切片+年+季節+海区+水深+漁船 ID+年:海区

有漁 CPUE モデル：ln(CPUE)～切片+年+季節+海区+水深+漁船 ID+年:海区

なお、モデル構築、標準化 CPUE の予測およびモデル診断の詳細を別途説明文書（FRA-SA2024-SC03-0901）に示す。

引用文献

Lo, N. C. H., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on Delta-lognormal models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2515-2526.



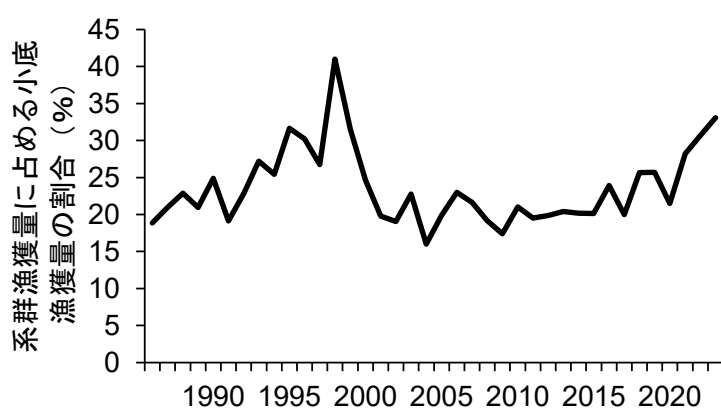
補足図 9-1. 標準化 CPUE、ノミナル CPUE、資源量指数の推移

補足資料 10 島根県における小底による漁獲状況

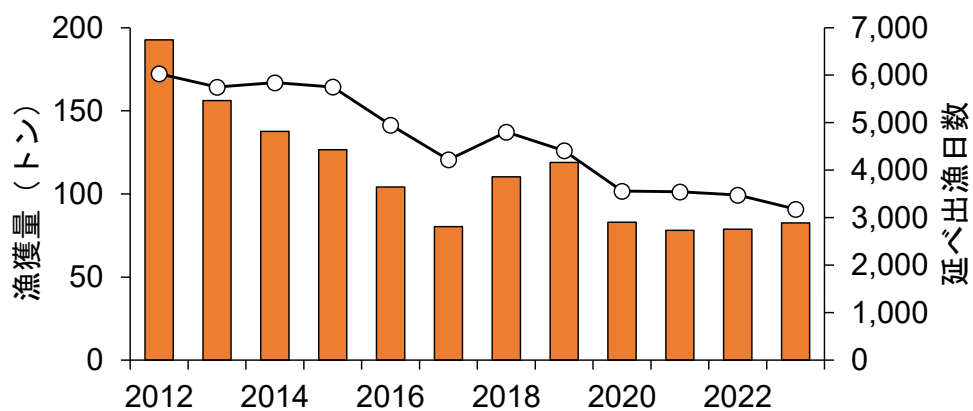
本系群の資源評価は、2 そうびき沖底（浜田以西）の漁獲情報によるところが大きい（補足資料 2）。小底においてもムシガレイは重要な漁獲対象資源であるが、小底の操業状況や漁獲実態に関する情報は乏しい。系群全体の漁獲量に占める小底漁獲量の割合は、1991 年の 19%から 1998 年の 41%にかけて上昇したが、1999 年以降、2004 年の 16%にかけて低下した。その後の割合は変動を伴いながらも上昇しており、2023 年では 33%となっている（補足図 10-1）。本系群の資源状態をより多角的に検討するため、参照可能であった 2012 年以降の島根県における小底による漁獲状況を整理することとした。

小底漁績については、漁区や網数が記載されていないレコードが大部分を占めていた。そのため、漁獲努力量を年間の延べ出漁隻数（隻・日）とし、漁績の年間漁獲量をこれ除以して各年の CPUE（kg/隻・日）を算出した。

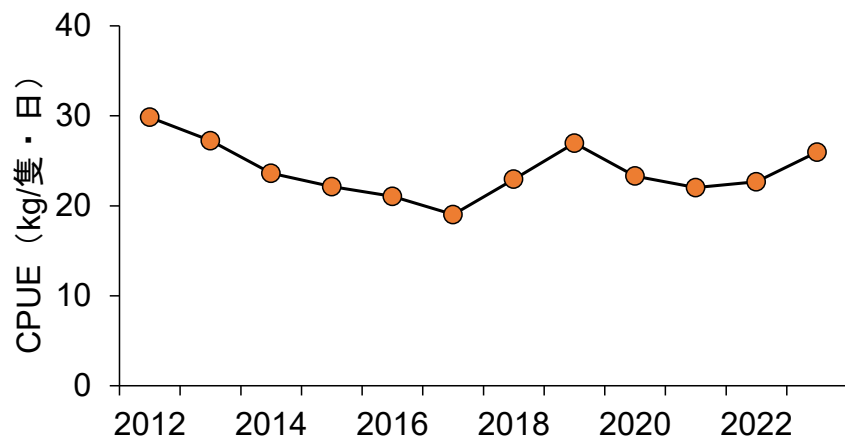
島根県の小底漁績に記載のあった隻数は、2012 年の 52 から 2022 年の 35 にかけてほぼ一貫して減少した。延べ出漁日数については、2012 年の 6,031 から 2017 年の 4,220 にかけて減少した後、2018 年の 4,803 に一旦増加したが、以降は 2023 年の 3,180 まで減少した（補足図 10-2）。漁獲量は 2012 年の 193 トンから 2017 年の 80 トンにかけて減少した後、2 年連続で増加したが、2020 年に再び減少し、以降は横ばい傾向を示した。小底 CPUE（kg/隻・日）は、2012 年の 30 から 2017 年の 19 にかけて減少した後、2019 年の 27 に増加した。その後は 23 前後で推移しており、参照可能であった期間を通じて大きな増減は認められなかった（補足図 10-3）。小底 CPUE と 2 そうびき沖底（浜田以西）の標準化 CPUE の年推移（図 4-1）を比較すると、2012 年から 2017 年までの減少傾向し、以降 2～3 年で増加に転じている点は一致していた。一方で、2021 年以降の推移は小底と沖底で異なっており、小底は増加、沖底は減少している。今後、小底においても漁獲物のサイズ・年齢構成等の漁獲実態や操業状況に関する情報を整備し、資源計算に組み込むことが資源評価の精度向上に向けて重要と考えられる。



補足図 10-1. 系群漁獲量に占める小底漁獲量の割合の推移



補足図 10-2. 島根県における小底漁獲量（棒）と延べ出漁日数（折れ線）の推移



補足図 10-3. 島根県における小底 CPUE の推移

補足資料 11 代替漁獲管理規則（上限下限ルール）の検討

令和 6 年度の資源評価に基づく MSY を目標とした漁獲管理規則案では、 $\beta=0.8$ の場合、2025 年の平均漁獲量は 17 トンであり、前年（2024 年、240 トン）の 7%まで大幅に減少する。そこで、令和 6 年度における資源評価結果について、前年の漁獲量に対する変動幅に制限を設けた代替漁獲管理規則（上限下限ルール）を検討した。なお、代替漁獲管理規則に関するガイドラインは FRA-SA2024-ABCWG02-06 にまとめられている。

C_t を t 年の漁獲量、 L を下限制限係数、 U を上限制限係数として、 C_t の制限は前年の漁獲量 C_{t-1} に制限係数を掛ける形で次のように表される。

$$C_{t-1} \times L \leq C_t \leq C_{t-1} \times U$$

C_t の制限期間は 2025 年から 10 年間（10y）を設定し、それ以降は通常の漁獲管理規則に従う管理を検討した。漁獲量の変動幅については、前年比 $\pm 10\%$ 以内（CV10: $U=1.1, L=0.9$ ）、 $\pm 20\%$ 以内（CV20: $U=1.2, L=0.8$ ）、 $\pm 30\%$ 以内（CV30: $U=1.3, L=0.7$ ）の 3 通りを検討した。また、同時に β もを 0.4 から 0.8 の範囲で可変させて将来予測のシミュレーションを行い、基本的漁獲管理規則の結果と比較した。

代替漁獲管理規則に関するガイドラインに従うと 10 年後の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率が 50%を超える管理規則の提案が推奨されている。 $\beta=0.8$ とした場合、 $\pm 10\sim 30\%$ 以内いずれの漁獲量の変動幅でも 10 年後の平均親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は 50%を下回っていた（4~36%）。 $\beta=0.5$ として変動幅 $\pm 30\%$ 以内の場合、10 年後の平均親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は 50%を上回った。そのため、 $\beta=0.5$ における漁業管理規則案（基本ルール）と上限下限ルールの変動幅 $\pm 30\%$ および参考として変動幅 $\pm 20\%$ の 3 つの将来予測の結果を補足図 11-1 に示した。また、管理開始当初（2025 年）、管理中盤（2026~2029 年）、および管理終盤（2030~2034 年）の漁獲量の期間中の平均値を基本的魚管理規則の $\beta=0.5$ 、変動幅 $\pm 30\%$ 以内とした代替漁獲管理規則（10y_CV30）および $\pm 20\%$ （10y_CV20）の三者で比較した（補足表 11-1）。変動幅 $\pm 30\%$ 以内の場合、管理 1 年目の平均漁獲量は漁獲管理規則を $\beta=0.5$ で適用した場合より多く、管理中盤以降では少なくなった。資源の持続性を示す指標として、管理開始から 5 年後（2030 年）と 10 年後（2035 年）の平均親魚量を比較した（補足表 11-1）。平均親魚量は $\beta=0.5 \cdot$ 変動幅 $\pm 30\%$ 以内の場合、 $\beta=0.5$ の基本的漁獲管理規則の値を 2034 年から上回った。

基本的漁獲管理規則を適用した場合の 10 年後の平均親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は $\beta=0.5$ で 40%であったが、変動幅 $\pm 30\%$ 以内に制限した場合には 50%となった（補足表 11-1）。これは上限を設けたことで親魚量と資源量が回復傾向に移った後の漁獲圧を抑える効果が働いているためである。また、資源が望ましくない状態に陥るリスクの指標として、管理規則が導入された 10 年間で 1 度でも限界管理基準値案、禁漁水準案を下回る確率を比較したところ、親魚量は現状ではすでに限界管理基準値を下回っている状態であるが、禁漁水準を下回る確率はいずれも 0%であった。

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

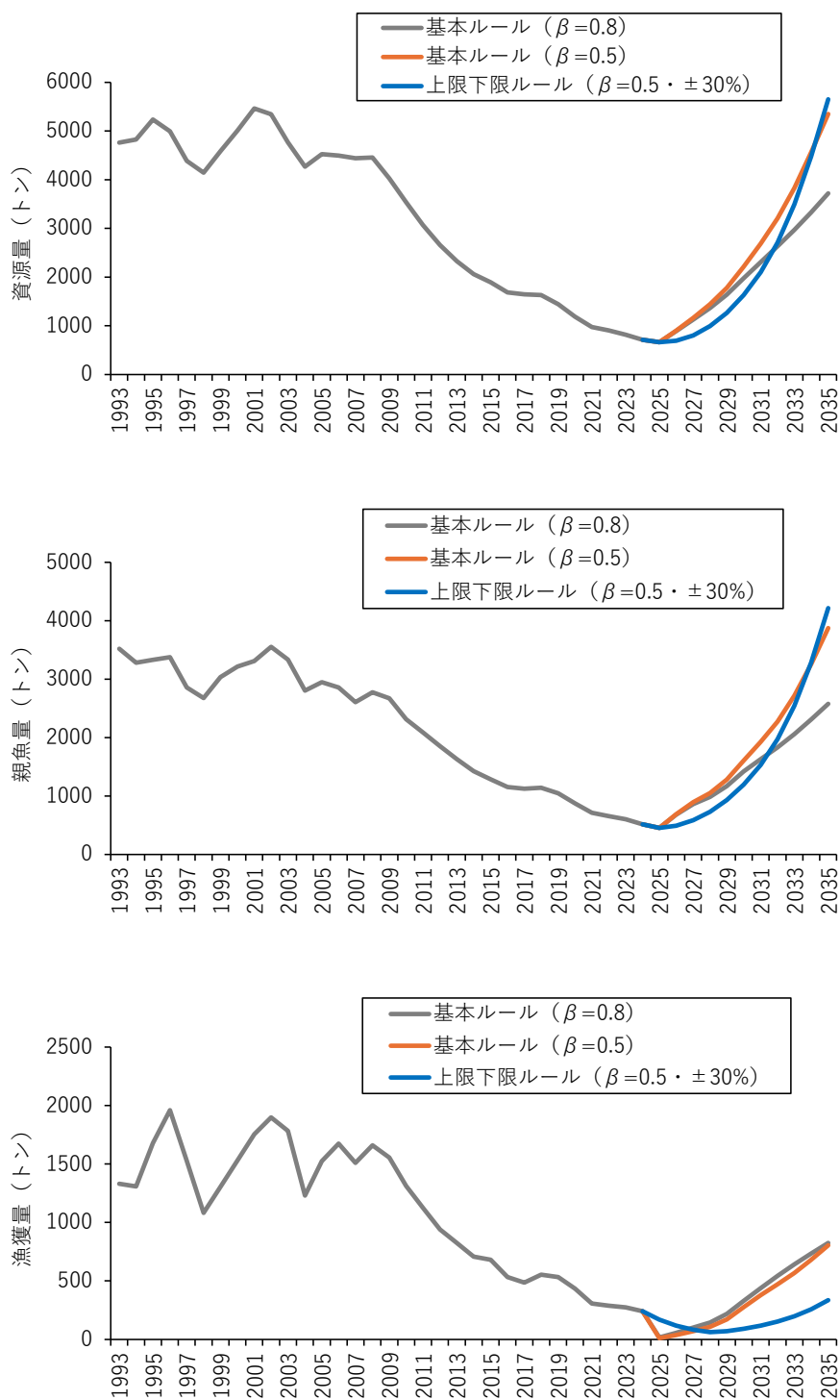
depletion ratio)、最低漁獲量 (MinC: minimum catch) を各漁獲管理規則の間で比較したところ、AAV は基本的漁獲管理規則では 0.68 であるのに対し、10y_CV30 では 0.29 であった。ADR は 10y_CV30 の代替漁獲管理規則では-0.29 であった。また、MDR は基本的漁獲管理規則では 0.00 であるのに対し、代替漁獲管理規則では-0.20~-0.30 であった。さらに、MinC は基本的漁獲管理規則で 10 トンであるのに対し、10y_CV30 の代替漁獲管理規則では 57 トンと多くなった。

将来予測の結果から、代替漁獲管理規則を適用した場合でも 10 年後の資源量や親魚量が現状より増加することが示された (補足図 11-1)。

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-SA2024-ABCWG02-06) にもとづき代替漁獲管理規則のカテゴリ分けを行った。 $\beta=0.5$ で前年比 $\pm 30\%$ 以内を 10 年間行う規則 (10y_CV30) の場合、カテゴリ 2 (目標達成確率が 50%以上かつリスクが 1_Base50%の値以下) と判断された。

引用文献

水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 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. 水産研究・教育機構, 4 pp. FRA-SA2024-ABCWG02-06.



補足図 11-1. CV を 10 年間固定した場合(10y)の将来予測結果

$\beta=0.8$ と 0.5 の基本的漁獲管理規則 (基本ルール)、 $\beta=0.5$ の代替漁獲管理規則 (上限下限ルール・変動幅 $\pm 30\%$ 以内) の 3 パターンに分けて推移を比較した。

補足表11-1. 代替漁獲管理規則（上限下限ルール）のパフォーマンス評価

| カテゴリー | 漁獲管理方策 | 予測平均漁獲量（トン） | | | | | 予測平均親魚量（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（2025~2034年）で予測される漁獲量の変動 | | | | | | |
|-------|-------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------|-------------|------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1年目 2025年 | 2~5年目 平均 2026~ 2029年 | 6~10年目 平均 2030~ 2034年 | 5年後 2030年 | 10年後 2035年 | | | | 10年後に 目標管理 基準値案 を上回る 確率 | 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※ |
| 0 | 基本ルール | 17 | 130 | 537 | 1,420 | 2,576 | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0.61 | -0.02 | 0.00 | 17 |
| 0 | 基本ルール | 10 | 96 | 474 | 1,606 | 3,872 | 40% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0.68 | - | 0.00 | 10 |
| 2 | 上限下限ルール (±30%) | 168 | 83 | 163 | 1,193 | 4,215 | 50% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0.29 | -0.29 | -0.30 | 57 |

※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) 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、最大値を取ったものがMDRである。MinC (minimum catch) はシミュレーションの中で観測された最低漁獲量である。

| 漁業管理規則案 | β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | |
|---------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 基本ルール | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | |
| 基本ルール | 0.5 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 17 | 40 |
| 上限下限ルール ($\pm 30\%$) | 0.5 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 22 | 50 |

補足表 11-2. 基本的漁獲管理規則案（基本ルール）および上限下限ルール（ $\beta=0.5 \cdot \pm 30\%$ ）を適用した場合における将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

| 漁業管理規則案 | β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | |
|---------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 基本ルール | 0.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 33 | 62 | 81 | 91 | |
| 基本ルール | 0.5 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 46 | 80 | 95 | 99 | 100 |
| 上限下限ルール ($\pm 30\%$) | 0.5 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 14 | 47 | 79 | 94 | 99 |

補足表 11-3. 基本的漁獲管理規則案（基本ルール）および上限下限ルール（ $\beta=0.5 \cdot \pm 30\%$ ）を適用した場合における将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

| 漁業管理規則案 | β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
|---------------------------|---------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 基本ルール | 0.8 | 600 | 516 | 456 | 679 | 863 | 986 | 1,172 | 1,420 | 1,632 | 1,832 | 2,060 | 2,309 | 2,576 |
| 基本ルール | 0.5 | | | 456 | 687 | 895 | 1,052 | 1,283 | 1,606 | 1,926 | 2,273 | 2,717 | 3,258 | 3,872 |
| 上限下限ルール ($\pm 30\%$) | 0.5 | | | 456 | 490 | 587 | 729 | 930 | 1,193 | 1,532 | 1,972 | 2,546 | 3,285 | 4,215 |

補足表 11-4. 基本的漁獲管理規則案（基本ルール）および上限下限ルール（ $\beta=0.5 \cdot \pm 30\%$ ）を適用した場合における将来の親魚量（トン）の平均値

| 漁業管理規則案 | β | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 |
|---------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 基本ルール | 0.8 | 275 | 240 | 17 | 55 | 101 | 144 | 217 | 329 | 439 | 542 | 641 | 734 | 825 |
| 基本ルール | 0.5 | | | 10 | 36 | 70 | 107 | 171 | 275 | 378 | 470 | 568 | 680 | 804 |
| 上限下限ルール ($\pm 30\%$) | 0.5 | | | 168 | 118 | 82 | 62 | 70 | 90 | 117 | 153 | 198 | 258 | 335 |

補足表 11-5. 基本的漁獲管理規則案（基本ルール）および上限下限ルール（ $\beta=0.5 \cdot \pm 30\%$ ）を適用した場合における将来の漁獲量（トン）の平均値

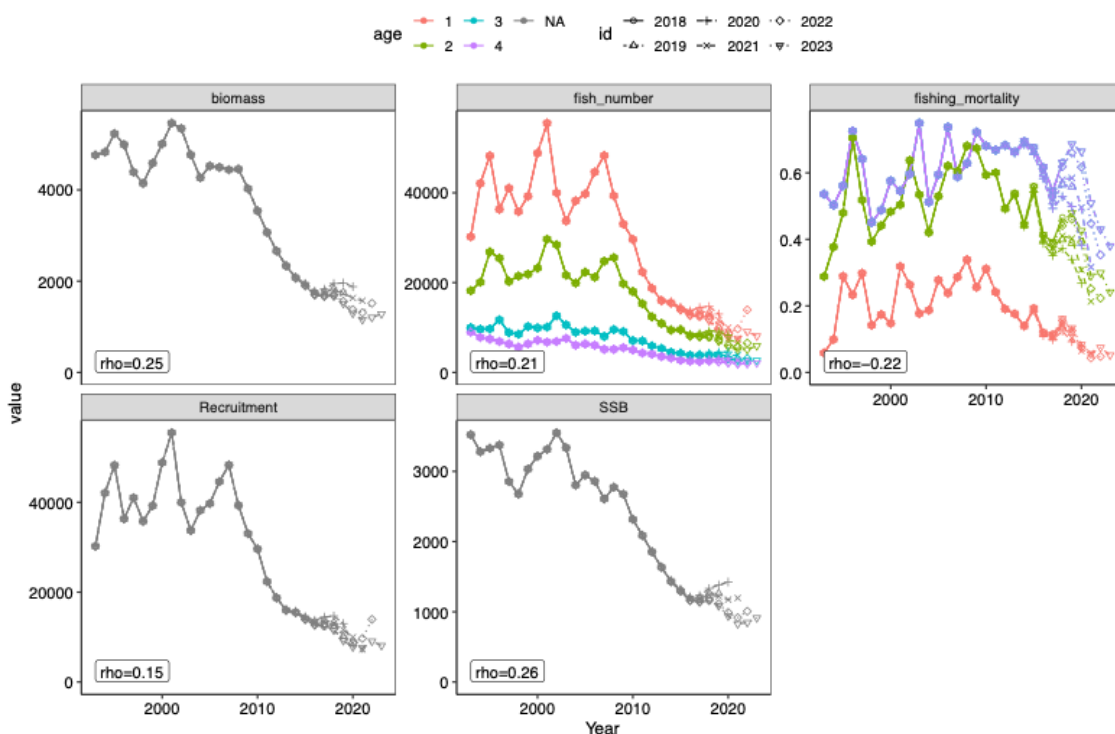
補足資料 12 VPA でチューニングをした場合のレトロスペクティブバイアス

令和 5 (2023) 年度までの本系群の資源評価では、主たる漁業である 2 そうびき沖底の標準化 CPUE をチューニングに用いた VPA で資源量等の数値を推定していた。資源計算のモデル診断として行った 5 年遡りのレトロスペクティブ解析の結果では、データの追加・更新が行われることで資源量と親魚量を過大に、漁獲係数を過小に推定する傾向が認められており (補足表 12-1)、最新年のデータを追加・更新した令和 6 (2024) 年度の資源評価においても同様にレトロスペクティブバイアスが見られた (補足図 12-1)。例年、レトロスペクティブバイアスのため将来予測は楽観的な結果を示す傾向が続いており、神戸プロットにおいてデータの追加・更新に伴い過去のプロット位置がイエローゾーンからレッドゾーンに修正されていた (補足図 12-2)。そこで、漁獲係数の推定値を安定化させるため、F 値の大きさに応じてペナルティを課すリッジ VPA (Okamura et al. 2017) を適用し、レトロスペクティブバイアスの改善を試みた。

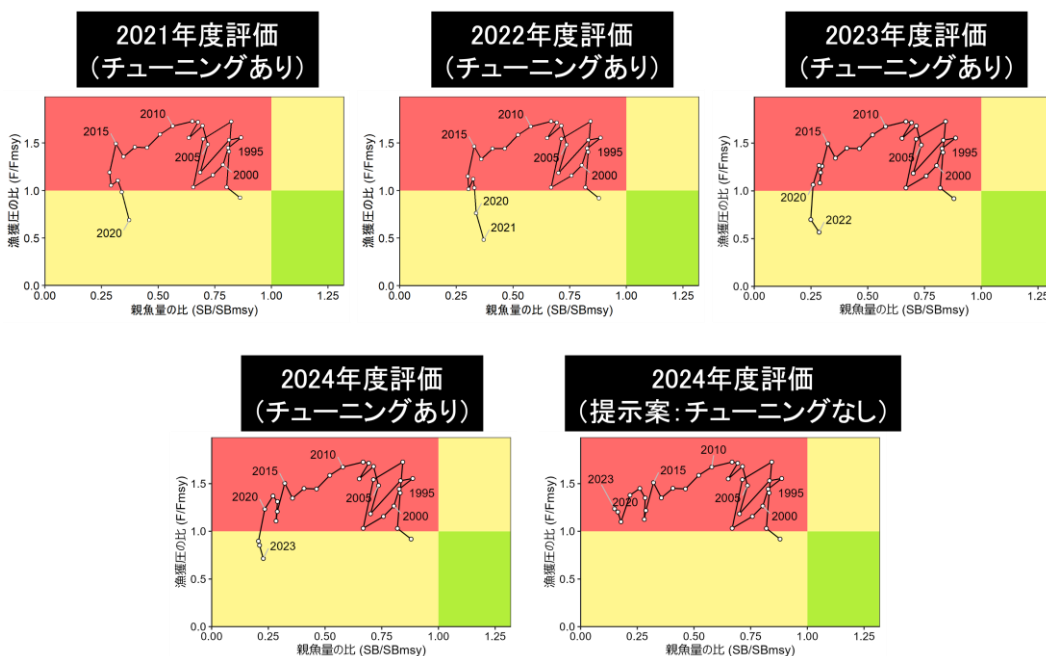
ペナルティの重さとなる λ を 0 から 1 の範囲で可変させ、VPA の各推定値と Mohn's ρ の挙動を見ると、漁獲係数は λ の増加に伴い減少し、Mohn's ρ は負の方向に増加した (i.e. 漁獲係数の過小推定が強まった)。資源量と親魚量は λ の増加に伴い増加し、Mohn's ρ は正の方向に増加した (i.e. 過大推定が強まった) (補足図 12-3、12-4)。リッジ VPA は最新年の漁獲係数が過大に推定されている場合にペナルティによって抑制することでレトロスペクティブバイアスを解消する効果があるが、本系群の場合は漁獲係数が過小に推定されていることが問題であるため、ペナルティを課すことで却ってレトロスペクティブバイアスが強まる結果となった。次年度以降は、前述の Age-length key の更新や小底の漁獲割合の増加に応じた年齢別漁獲計算の見直し、年齢分解の再検討といった資源計算に用いる数値の見直しに取り組み続けると共に、漁獲係数以外の資源推定値にペナルティを課した VPA の検討など、本系群のレトロスペクティブバイアスおよび楽観的な評価の改善を進めていく必要があると考えられる。

引用文献

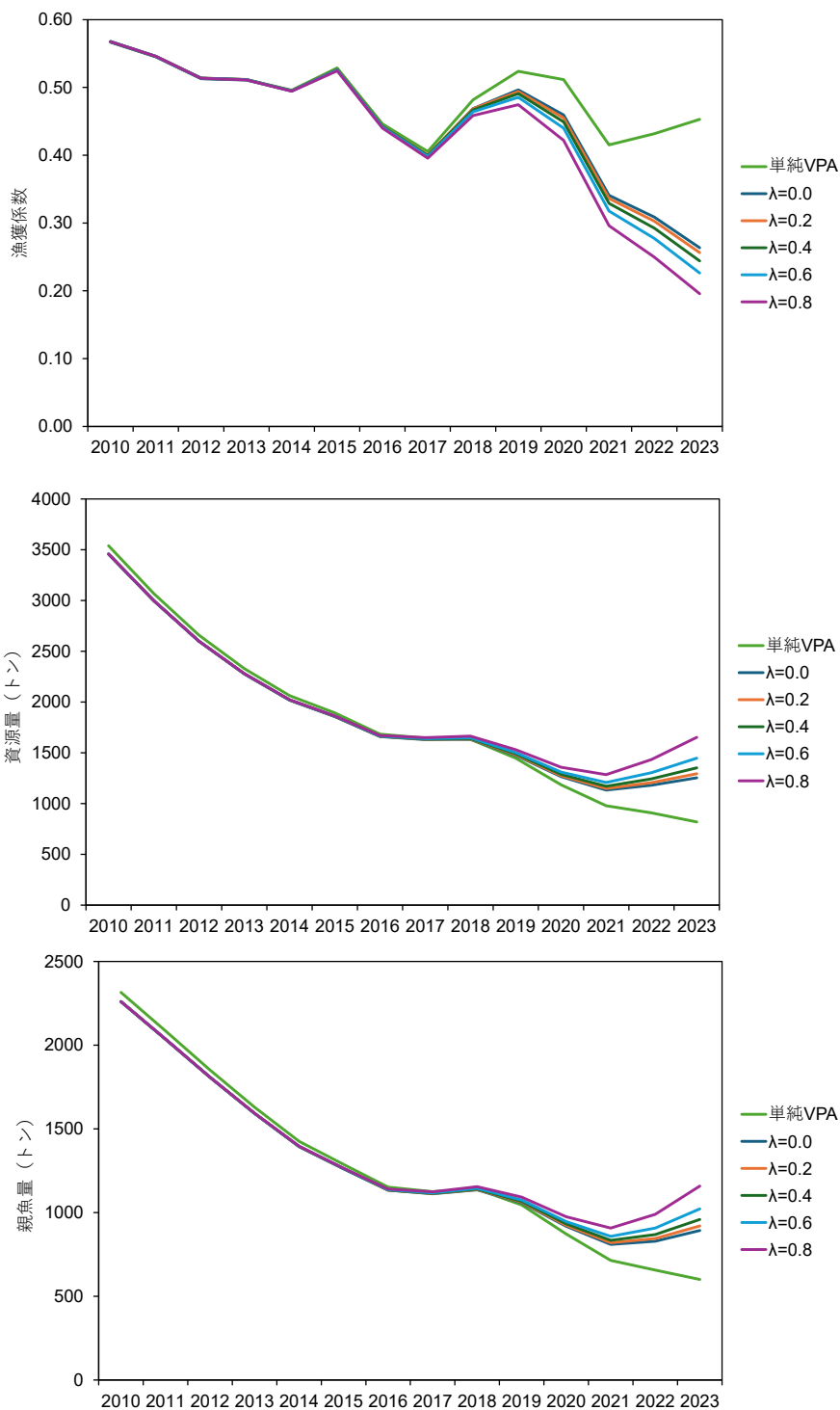
Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., 74, 2427-2436.



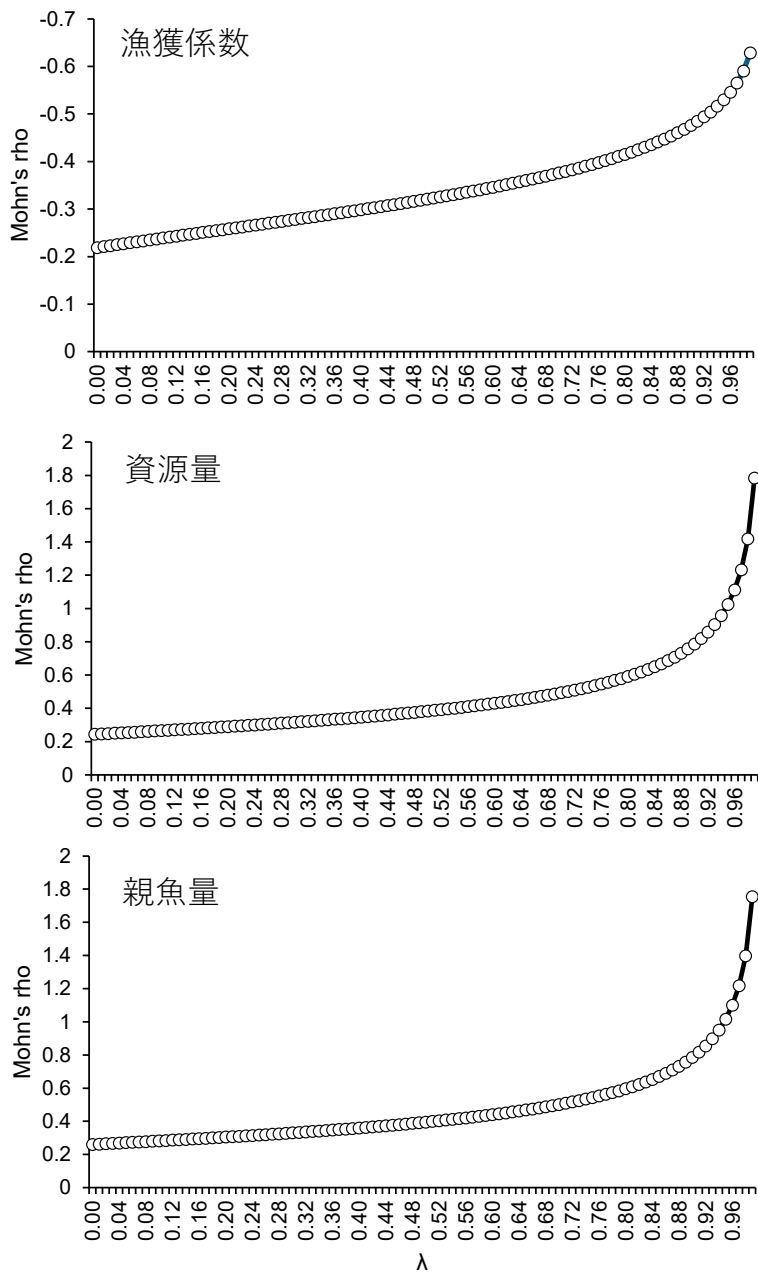
補足図 12-1. 標準化 CPUE をチューニングに用いた場合の資源量 (biomass)、資源尾数 (fish_number)、漁獲係数 (fishing_mortality)、加入量 (Recruitment)、親魚量 (SSB) のレトロスペクティブ解析結果



補足図 12-2. 過去 3 年 (2021~2023 年度) の本系群の資源評価における神戸プロットと標準化 CPUE によるチューニングを行った場合と行わなかった場合の本年度の神戸プロット



補足図 12-3. リッジ VPA の適用による漁獲係数と資源量、親魚量の推定値の挙動



補足図 12-4. 漁獲係数と資源量、親魚量のペナルティλに対する Mohn's ρの挙動

補足表 12-1. チューニングをしない VPA (単純 VPA) とチューニング VPA の推定値 (資源量と親魚量、漁獲係数) の比較。チューニング VPA については、過去 5 年に遡り推定値を示した。各年は評価を行った年度を表す。推定値が大きく変わる直近 10 年分の数値を示した。

資源量(トン)

| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 単純 VPA_2024 | 2,062 | 1,893 | 1,684 | 1,645 | 1,633 | 1,447 | 1,185 | 978 | 909 | 819 |
| TVPA_2024 | 2,066 | 1,900 | 1,696 | 1,666 | 1,669 | 1,509 | 1,292 | 1,155 | 1,205 | 1,282 |
| TVPA_2023 | 2,071 | 1,910 | 1,713 | 1,697 | 1,723 | 1,603 | 1,453 | 1,439 | 1,739 | — |
| TVPA_2022 | 2,088 | 1,940 | 1,767 | 1,794 | 1,893 | 1,896 | 1,902 | 1,968 | — | — |
| TVPA_2021 | 2,015 | 1,870 | 1,713 | 1,780 | 1,919 | 2,024 | 2,335 | — | — | — |
| TVPA_2020 | 2,018 | 1,876 | 1,724 | 1,800 | 1,971 | 2,046 | — | — | — | — |

親魚量(トン)

| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 単純 VPA_2024 | 1,426 | 1,287 | 1,152 | 1,125 | 1,140 | 1,045 | 872 | 714 | 657 | 600 |
| TVPA_2024 | 1,428 | 1,291 | 1,159 | 1,138 | 1,162 | 1,084 | 938 | 827 | 846 | 913 |
| TVPA_2023 | 1,431 | 1,297 | 1,170 | 1,156 | 1,195 | 1,141 | 1,038 | 997 | 1,143 | — |
| TVPA_2022 | 1,441 | 1,315 | 1,202 | 1,214 | 1,298 | 1,321 | 1,349 | 1,485 | — | — |
| TVPA_2021 | 1,389 | 1,256 | 1,141 | 1,167 | 1,291 | 1,361 | 1,488 | — | — | — |
| TVPA_2020 | 1,391 | 1,259 | 1,147 | 1,179 | 1,312 | 1,412 | — | — | — | — |

漁獲係数(1, 2, 3, 4 歳以上の単純平均)

| 年 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 単純 VPA_2024 | 0.50 | 0.53 | 0.45 | 0.41 | 0.48 | 0.52 | 0.51 | 0.42 | 0.43 | 0.45 |
| TVPA_2024 | 0.49 | 0.53 | 0.44 | 0.40 | 0.47 | 0.50 | 0.46 | 0.34 | 0.31 | 0.26 |
| TVPA_2023 | 0.49 | 0.52 | 0.44 | 0.39 | 0.45 | 0.46 | 0.40 | 0.27 | 0.21 | — |
| TVPA_2022 | 0.49 | 0.51 | 0.42 | 0.37 | 0.40 | 0.38 | 0.29 | 0.18 | — | — |
| TVPA_2021 | 0.50 | 0.53 | 0.43 | 0.37 | 0.39 | 0.35 | 0.24 | — | — | — |
| TVPA_2020 | 0.50 | 0.52 | 0.43 | 0.37 | 0.38 | 0.34 | — | — | — | — |