

令和 8（2026）年度マダラ本州日本海北部系群の 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

水産資源研究所 水産資源研究センター（佐久間啓・藤原弘貴・内藤大河・
木下 堇・佐藤信彦・飯田真也・白川北斗）

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産技術振興センター、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター

提 案

管理基準値

- 目標管理基準値は、MSY を実現する親魚量（SBmsy）で 9,855 トン
- 限界管理基準値は、MSY の 60% を実現する親魚量（SB0.6msy）で 3,729 トン
- 禁漁水準は、MSY の 10% を実現する親魚量（SB0.1msy）で 538 トン

漁獲管理規則

- 親魚量が限界管理基準値を下回ると漁獲圧を下げる規則を適用する。
- 漁獲圧の上限は SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）に調整係数 β を乗じたものとする。

調整係数 β

- β が 0.6 以下であれば 10 年後の親魚量は目標管理基準値を 50% 以上の確率で上回ると推定され、漁獲管理規則として、 β は 0.6 以下に抑えることが望ましい。
- β が 1.0 以下であれば親魚量の限界管理基準値以下への減少は 96% 以上の確率で避けられると推定された。

提案に用いた管理規則

- 「令和 8（2026）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2026-ABCWG02-01）」（水産研究・教育機構 2026）で示された 1A 資源の管理規則

提案に用いた再生産関係

- 再生産関係式には自己相関を考慮しないホッケー・スティック型関係式を適用し、パラメータ推定には最小絶対値法を用いた。

その他

- 本系群の漁期年は 4 月から翌年 3 月である。
- SBmsy は直近年（2025 年）の親魚量の 3.08 倍である。SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）は現状の漁獲圧（2025 年の値）の 2.87 倍である。

English title (authors)

Scientific meeting report on reference points for the management for Pacific Cod of Sea of Japan
Honshu stock (fiscal year 2026).

(Kay Sakuma, Hiroki Fujiwara, Taiga Naito, Sumire Kinoshita, Nobuhiko Sato, Masaya Iida,
Hokuto Shirakawa)

1. 再生産関係

1-1) 使用するデータセット

本資源の再生産関係式の設定は「令和 8（2026）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2026-ABCWG02-01）」（水産研究・教育機構 2026a）に従い、以下のデータセットを使用して実施した。解析には R パッケージ `frasyr`（コミット番号:2edf950）を用いた。`frasyr` で用いた式の詳細は「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（令和 8 年度研究機関会議版）（FRA2026-ABCWG02-04）」（水産研究・教育機構 2026b）を参照のこと。

データセット	基礎情報、関係調査等
資源量・親魚量	令和 8 年度マダラ本州日本海北部系群の資源評価（水産機構）

1-2) 再生産関係の検討

本資源の管理基準値の算出および将来予測計算に使用する再生産関係（補足資料 1）として、ホッカー・スティック（HS）型再生産関係、リッカー（RI）型再生産関係、およびベバートン・ホルト（BH）型再生産関係を仮定した場合について検討した。最適化方法として、最小二乗法および最小絶対値法を候補とした。なお、後述のように、加入量の残差の自己相関は本系群では考慮しなかった。再生産関係の検討は、資源評価で推定された 2000～2021 年の親魚量（漁期当初の親魚資源量）および 2003～2024 年の加入量（漁期当初の 3 歳魚資源尾数）に基づき、直近の 2025 年漁期の加入量の推定結果は、不確実性が高いと考えられることから使用しなかった。再生産関係の検討候補を表 1a に示す。なお、本系群では令和 5 年に開催された管理基準値等に関する研究機関会議資料（佐久間ほか 2021）においてホッカー・スティック（HS）型再生産関係が提案されている。

あてはめられたモデルを補正赤池情報量規準（AICc）に基づいて比較すると、AICc は HS 型を当てはめた場合のほうが RI 型を当てはめた場合よりも小さく、最小絶対値法を用いた場合の方が最小二乗法を用いた場合よりも小さくなった。また、いずれの場合も BH 型はパラメータの推定に問題が生じ、加入量が親魚量によらず一定となったため、検討から除外した。本系群では加入量と海洋環境の変動に関連が指摘されており、一定水準以上の親魚量に対してランダムな加入を見込む HS 型の選択が合理的である。また、本系群の再生産関係の予測値と観測値の残差には大きな外れ値が含まれたことから、最適化手法には最小絶対値法を用いるのが妥当と考えられる。

なお、RI 型を仮定した場合は、HS 型を仮定した場合と比べて親魚量が少ない場合に高い加入量が予測された。親魚量が少ない時に高い加入量を予測値として与えることは、将来予測に基づき適切な資源利用を図る上ではリスクとなる。そのため、本資源の再生産関係の候補としては HS 型再生産関係式を用いることが適当と考えられる。

いずれの再生産関係をあてはめた場合も自己相関プロットに加入残差に自己相関が認められたが、これは近年、豊度の低い年級群が連続したためと考えられる。一方、新規加入量調査から、2025 年級群（2028 年漁期加入）は豊度が高いことが示唆されており、低い加入が連続しておこったあとでも高豊度年級が発生しうること、また、2020 年以前には明瞭な自己相関関係が見られていないことから、本資源の加入変動は単純な自己相関過程に

従うとは考えにくい。従って、本資源においては再生産関係のモデルに自己相関を積極的に考慮する必要はないと判断した（表 1a、補足資料 1）。

1-3) 再生産関係の候補

上述の通り、本系群の再生産関係の候補としては、「再生産関係の決定に関するガイドライン（FRA-SA2026-ABCWG02-05）」（水産研究・教育機構 2026c）の a（予測力）および b（生物学的妥当性）の基準に従い、最小絶対値法で最適化した自己相関を用いない HS 型再生産関係式を候補として提案する（図 1、SC 図 4-8）。この再生産関係のパラメータ推定値を表 1b に示した。

2. 管理基準値

2-1) データセットおよび計算方法

最大持続生産量（MSY）に対応する管理基準値等の算出、および将来予測は、「令和 8（2026）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2026-ABCWG02-01）」（水産研究・教育機構 2026a）の 1 系資源の管理規則に従い、1-3）で候補とした再生産関係と、令和 8 年度の資源評価における将来予測計算に用いた各種設定（自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重）を使用して実施した。本系群の資源評価では現状の漁獲圧に、選択率の近 3 年平均に基づく直近漁期年の漁獲係数（F 値）を用いている（表 2）。本系群では、平均世代時間（6.5 年）の 20 倍の年数のシミュレーション期間後を平衡状態と仮定し、その際の平均漁獲量が最大化される F 値を F_{msy} 、その F_{msy} で漁獲した場合の平衡状態での平均親魚量を SB_{msy} とした。

2-2) 管理基準値

目標管理基準値（ SB_{target} ）として MSY 水準における親魚量（ SB_{msy} : 9,855 トン）、限界管理基準値（ SB_{limit} ）とし MSY の 60%の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.6msy}$: 3,729 トン）、禁漁水準（ SB_{ban} ）として MSY の 10%の漁獲が得られる親魚量（ $SB_{0.1msy}$: 538 トン）を用いることを提案する。これらの基準値について、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量（ SB_0 ）に対する比、対応する漁獲圧の下での平衡状態における平均漁獲量、対応する漁獲圧の現状の漁獲圧に対する比などを表 3 に示す。目標管理基準値として提案する SB_{msy} は SB_0 の 34%に相当し、その親魚量において期待できる漁獲量の平均値（MSY）は 2,789 トンである。また、目標管理基準値に対応する漁獲圧（ SB_{msy} を維持する漁獲圧 : F_{msy} ）の、現状の漁獲圧に対する比（ $F_{msy}/F_{current}$ ）は 2.87 倍で、その時の漁獲割合（ U_{msy} ）は 28%である。限界管理基準値として提案する $SB_{0.6msy}$ は SB_0 の 13%、禁漁水準として提案する $SB_{0.1msy}$ は SB_0 の 2%である。

様々な F 値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する年齢別漁獲量の平均値を図 3（SC 図 4-9）に示す。親魚量が増加するにつれて高年齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

2-3) 神戸プロット

目標管理基準値である SB_{msy} と、その時の漁獲圧 F_{msy} を基準にした神戸プロットを図

4 (SC 図 4-10) に示す。本系群における漁獲係数 (F 値) は、概ね MSY を実現する水準を下回っていたが、近年はさらに低下傾向にあると判断される。一方、親魚量は近年減少傾向にあり、2022 年漁期以降、目標管理基準値とする SB_{msy} を下回り、現状の親魚量 (2025 年漁期の親魚量: 3,197 トン) は限界管理基準値案も下回っている。現状の親魚量に対する目標管理基準値、限界管理基準値、および禁漁水準の比は、それぞれ 3.08、1.17 および 0.17 である。

2-4) 漁獲管理規則

本資料で提案する漁獲管理規則は、限界管理基準値および禁漁水準となる親魚量を閾値として漁獲管理の基礎となる漁獲係数 (F 値) を変えるルールであり、親魚量が限界管理基準値を下回ると禁漁水準まで直線的に漁獲圧を下げる。F 値の上限は F_{msy} には調整係数 β を乗じたものである。限界管理基準値および禁漁水準に標準値を用いた場合 (すなわち、SB_{limit} は SB0.6_{msy}、SB_{ban} は SB0.1_{msy} の場合) の漁獲管理規則における親魚量と漁獲係数の関係を図 5a (SC 図 5-1a) に、この漁獲管理規則で漁獲した場合に期待できる平均的な漁獲量との関係を図 5b (SC 図 5-1b) に示す。なお、後述するように、漁獲管理規則での漁獲開始から 10 年後の 2037 年漁期、 $\beta=0.6$ 以下であれば 50%の確率で目標管理基準値を上回ると予測された。従って、ここでは、 β に 0.6 を用いた漁獲管理規則を例として図に示した。

2-5) 漁獲管理規則に基づく資源の将来予測

(1) 調整係数 β に標準値を用いた場合

限界管理基準値と禁漁水準に標準値を用いて、 β を 0.6 とした漁獲管理規則で将来予測した場合の、資源量、親魚量、漁獲量、加入量、および努力量の増減率の推移を図 6 (SC 図 5-2) に示す。なお今回の将来予測では、漁獲管理規則による漁獲制御は 2027 年漁期から開始し、2026 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F₂₀₂₅) から仮定した。将来予測の方法は補足資料 2 に示した。予測される 2027 年漁期当初の親魚量は限界管理基準値を下回ったため、2027 年漁期の漁獲圧は親魚量に応じた係数を乗じて $\gamma(\text{SB}_t) \times \beta F_{\text{msy}}$ として求めた。ここで 2027 年の $\gamma(\text{SB}_t)$ は下式により計算された。

$$\gamma(\text{SB}_t) = \frac{\text{SB}_t - \text{SB}_{\text{ban}}}{\text{SB}_{\text{limit}} - \text{SB}_{\text{ban}}}$$

2027 年の $\gamma(\text{SB}_t) \times \beta F_{\text{msy}}$ は、現在の漁獲努力量と同程度の漁獲圧に相当する。中長期的に漁獲量および親魚量は、 βF_{msy} での漁獲の継続により限界管理基準値水準に向かって回復し、その後、平均的には MSY 水準へ向かって推移していくと予測される。

(2) 調整係数 β を変えた場合

漁獲管理規則を用いた将来予測について、調整係数 β を 0.0~1.0 の間で変えた場合の親魚量が目標管理基準値および限界管理基準値を上回る確率、親魚量平均値の推移、漁獲量

平均値の推移を表 4～7 に示した。それぞれの表には、現状の漁獲圧 (F_{current}) で漁獲を継続した場合の結果も比較のため示した。将来予測結果では、漁獲管理規則での漁獲開始から 10 年後の 2037 年漁期、 $\beta=0.6$ 以下であれば 50% の確率で目標管理基準値を上回ると予測された (表 4、SC 表 5-1a)。一方、限界管理基準値については $\beta=1.0$ の場合においても 96% の確率で上回ると予測された (表 5、SC 表 5-1b)。

本系群は主に雄の精巢 (白子) および雌の卵巣 (真子) を狙った産卵親魚に対する漁業によって漁獲されており、若齢魚に対する選択率が低い。資源計算 (VPA) において、加入年齢とした 3 歳魚の漁獲の大部分は漁期末に発生し、この時点ですべての個体が成熟していると仮定している。従って、仮に高い漁獲圧をかけた際にも若齢魚は漁獲対象とならず、ある程度の親魚量が担保されることが想定される。なお、2027 年漁期以降の親魚量は β が低い程多くなる傾向にある (表 6、SC 表 5-2)。表 8 に、上述の結果を要約したものをまとめた。

3. まとめ

本資源では、資源評価で推定された 2000～2021 年漁期の親魚量および 2003～2024 年漁期の加入量に基づき、再生産関係モデルとして自己相関を考慮しない HS 型再生産関係式を適用し、そのパラメータを最小絶対値法により推定することを提案する。

目標管理基準値は MSY を実現する資源水準と定められていることから、上記の再生産関係から推定される SB_{msy} (9,855 トン) とすることを提案する。限界管理基準値、禁漁水準には、標準値である $SB_{0.6msy}$ (3,729 トン)、 $SB_{0.1msy}$ (538 トン) をそれぞれ提案する。

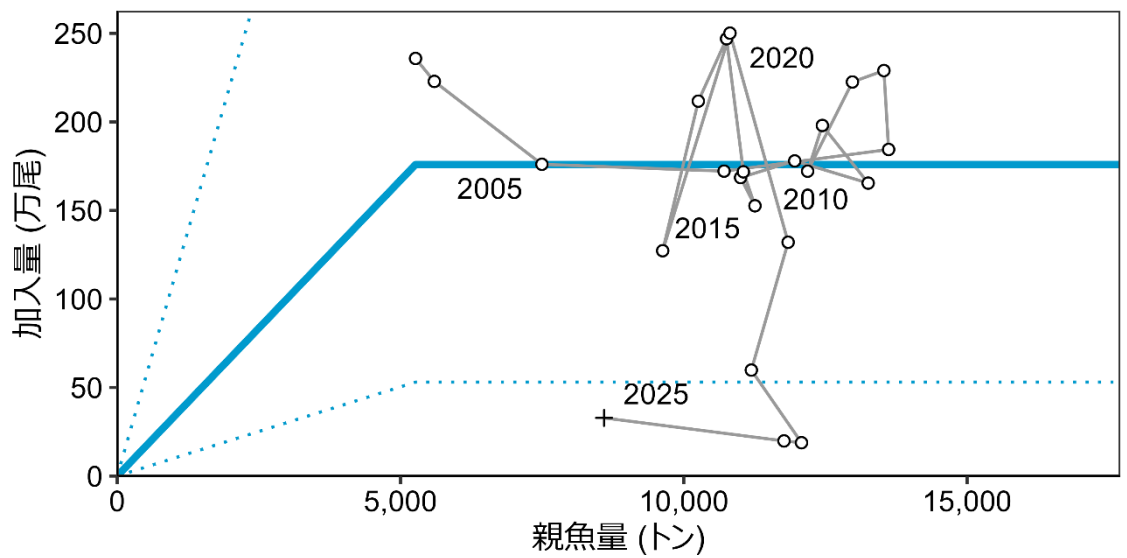
現在の本系群の親魚量は限界管理基準値を下回っていると考えられる。 SB_{msy} を維持する漁獲割合は 28%、漁獲圧は F_{current} の 2.87 倍である (表 3)。漁獲管理規則での漁獲開始から 10 年後の 2037 年漁期、 β が 0.6 以下であれば、目標管理基準値を上回る確率は 50% 以上になると予測された。一方、限界管理基準値については、 β が 1.0 であっても 96% の確率で上回ると予測された。

4. 今後の検討事項

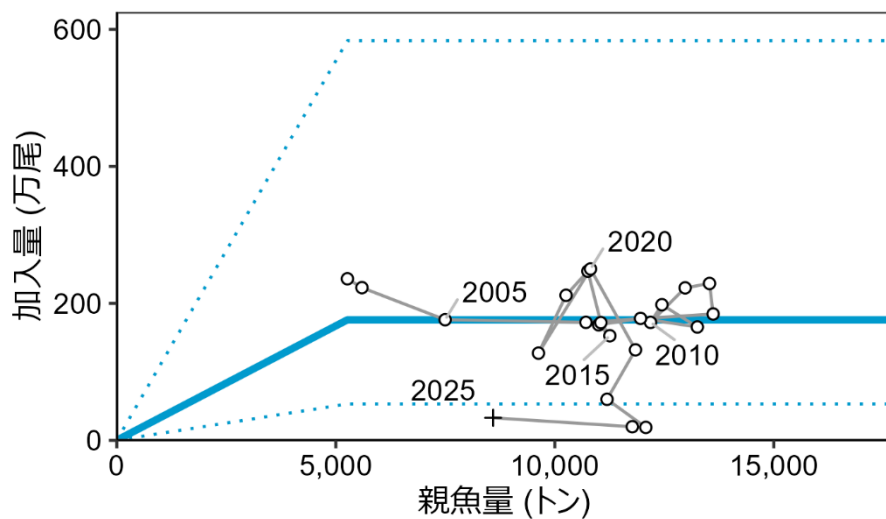
本系群の再生産関係には大きな不確実性が見込まれている。本系群では 2001 年級群、2006 年級群、2014 年級群、2017 年級群といった高豊度年級群が資源を下支えしてきたものの、2018 年以降、加入量水準が大幅に低下した。現状の再生産関係はこのような加入動向を十分に表現できておらず、良好な加入と極めて低い加入を単一の再生産関係で扱うため、予測値に対して極めて大きい分散が推定されている。将来的には、再生産関係によらない、代替管理基準値を用いた 1B ルールや、複数の加入水準を想定したモデルの適用についても検討することも必要である。また、前述の通り、新規加入量調査からは 2025 年級群による 2028 年の加入量水準が回復することが予想される。このような漁獲加入前の若齢魚 (当歳魚～2 歳魚) の調査結果を利用して、数年先の加入動向を予測することも将来予測の高精度化を図るうえで非常に有効である。

5. 引用文献

- 佐久間啓・藤原邦浩・吉川 茜 (2021) 令和 3 (2021) 年度マダラ本州日本海北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. 1-27.
- 水産研究・教育機構 (2026a) 令和 8 (2026) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2026-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜.
- 水産研究・教育機構 (2026b) 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(令和 8 年度研究機関会議版). FRA-SA2026-ABCWG02-04, 水産研究・教育機構, 横浜.
- 水産研究・教育機構 (2026c) 再生産関係の決定に関するガイドライン. FRA-SA2026-ABCWG02-05, 水産研究・教育機構, 横浜.



関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 39.99
 パラメータ推定に利用 (丸), 利用していない (バツ)



関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 39.99
 パラメータ推定に利用 (丸), 利用していない (バツ)

図1. 再生産関係 (SC 図 4-8)

再生産関係には自己相関を考慮しないホッカー・スティック (HS) 型再生産関係式を用い、最小絶対値法によりパラメータ推定を行った。丸印は分析に使用した 2000～2021 年漁期の親魚量および 2003～2024 年漁期の加入量の関係を示す。図中の数字は 3 歳魚としての加入年を示す。パラメータ推定の際は加入尾数の推定値に不確実性の高い 2025 年漁期のデータを除いた。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。上図では詳細を、下図では信頼区間を含めた全体像を示した。

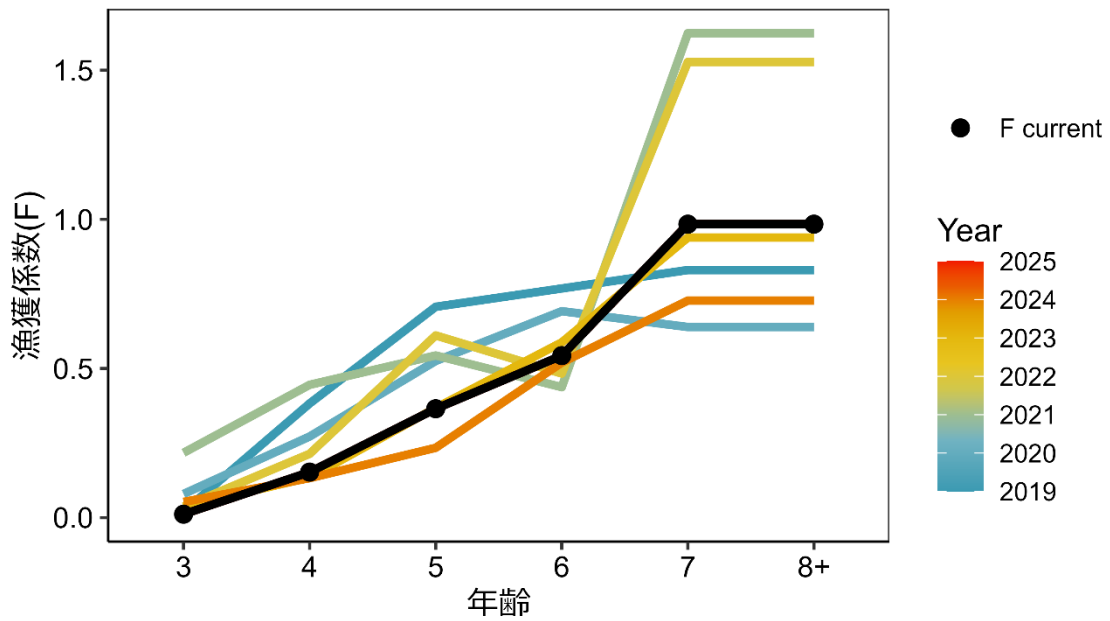


図 2. 年齢別の漁獲係数 (F 値)

2019 年漁期以降の各年の年齢別 F 値を示す。黒線は現状の漁獲圧 (Fcurrent) であり、2025 年漁期の F 値の平均である。

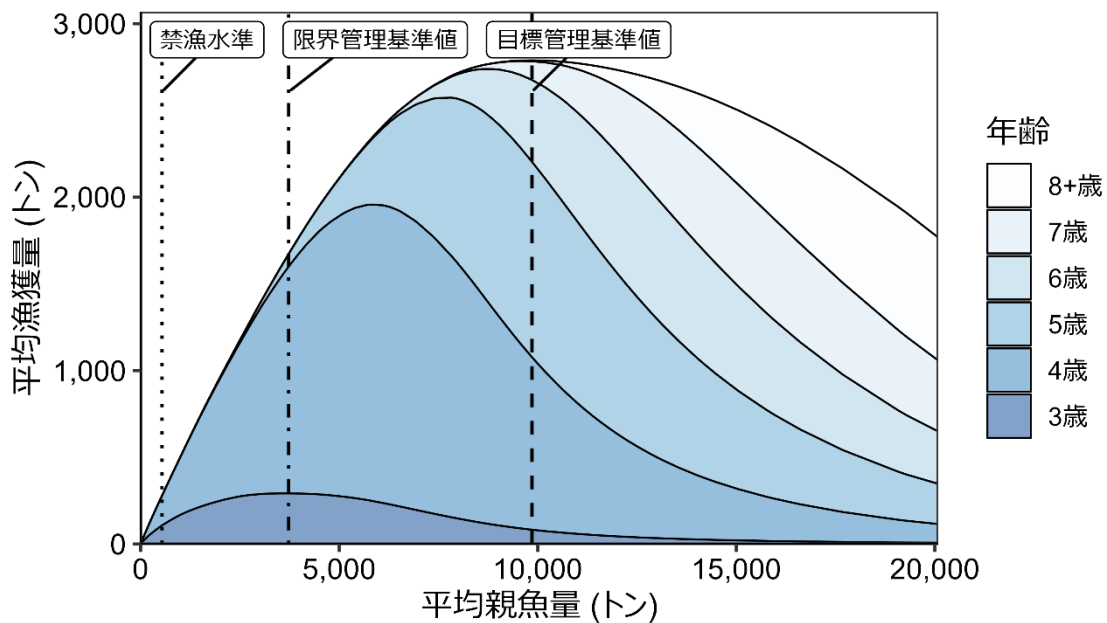


図 3. 管理基準値と年齢別漁獲量曲線の関係 (SC 図 4-9)

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値の位置関係を示す。なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) は 2.4 万トンである。

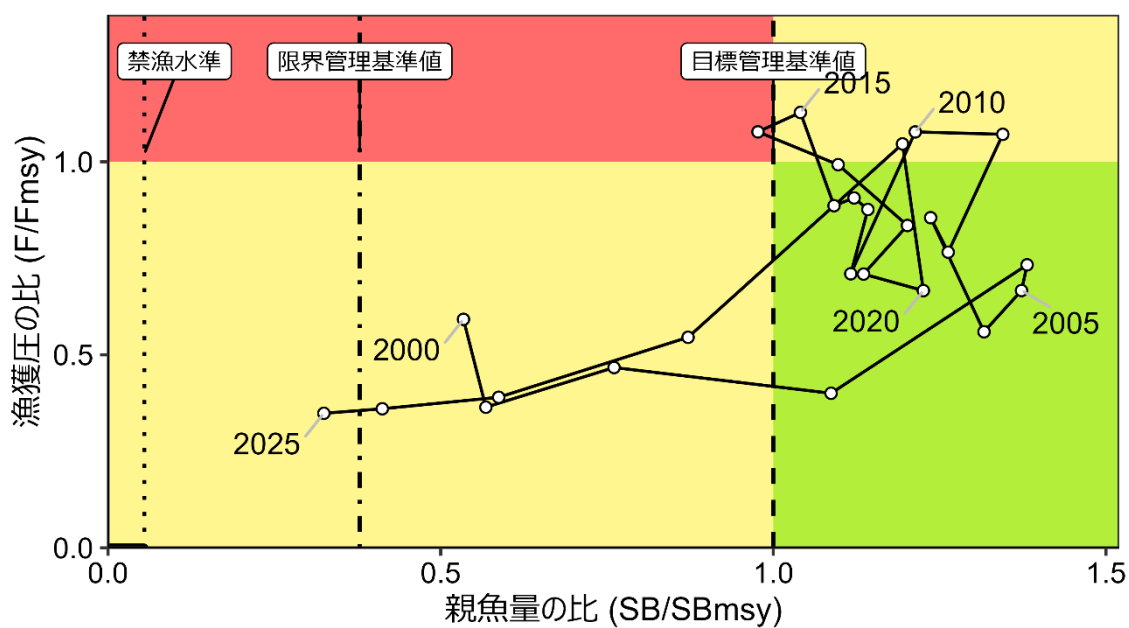
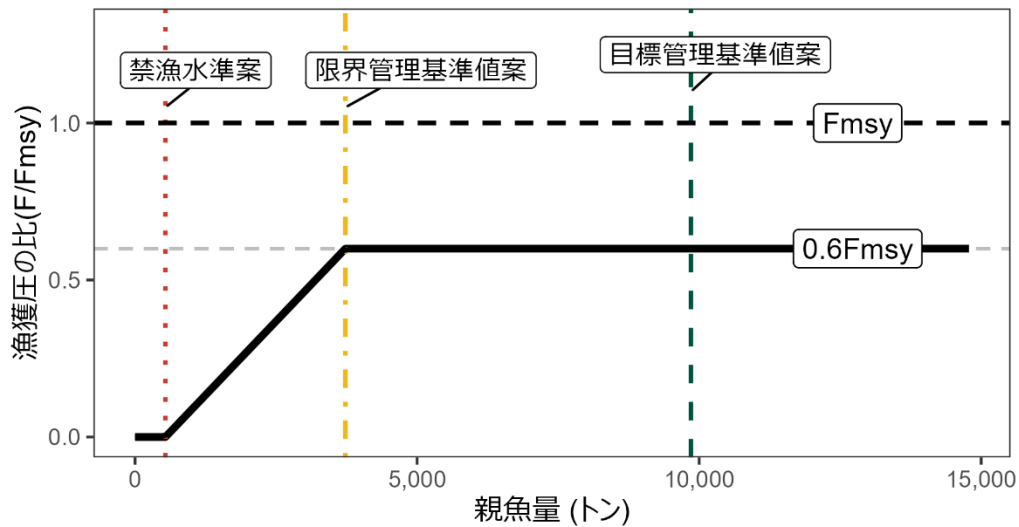


図 4. 神戸プロット (SC 図 4-10)

縦軸は各年の漁獲圧 F の F_{msy} との比である。図中の目標管理基準値、限界管理基準値、および禁漁水準には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

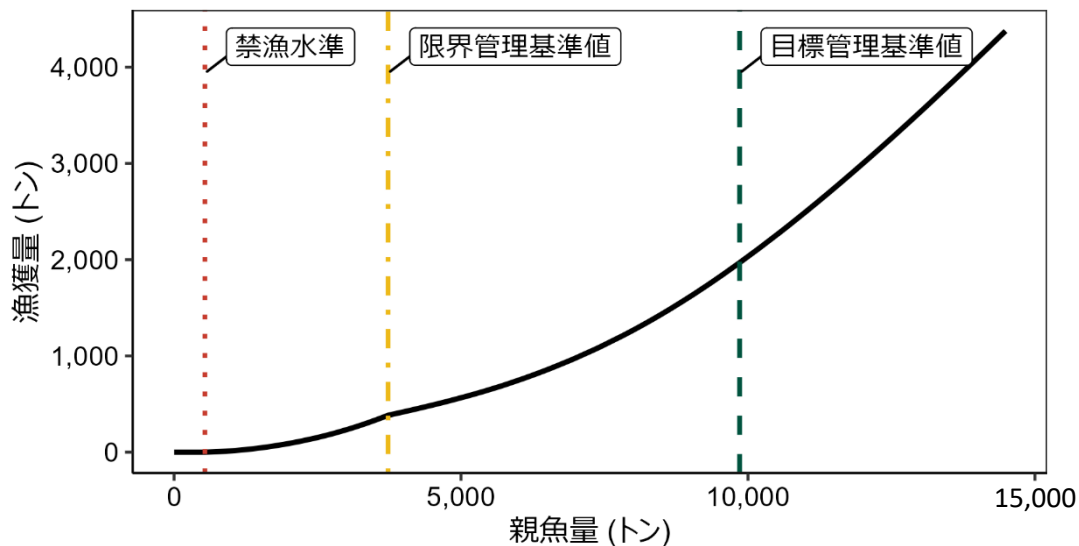


図 5. 漁獲管理規則 (SC 図 5-1)

目標管理基準値 (SBtarget) は HS 再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値 (SBlimit) および禁漁水準 (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 F_{msy} 、灰色破線は $0.8F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準、黄破線は限界管理基準値、緑破線は目標管理基準値を示す。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。

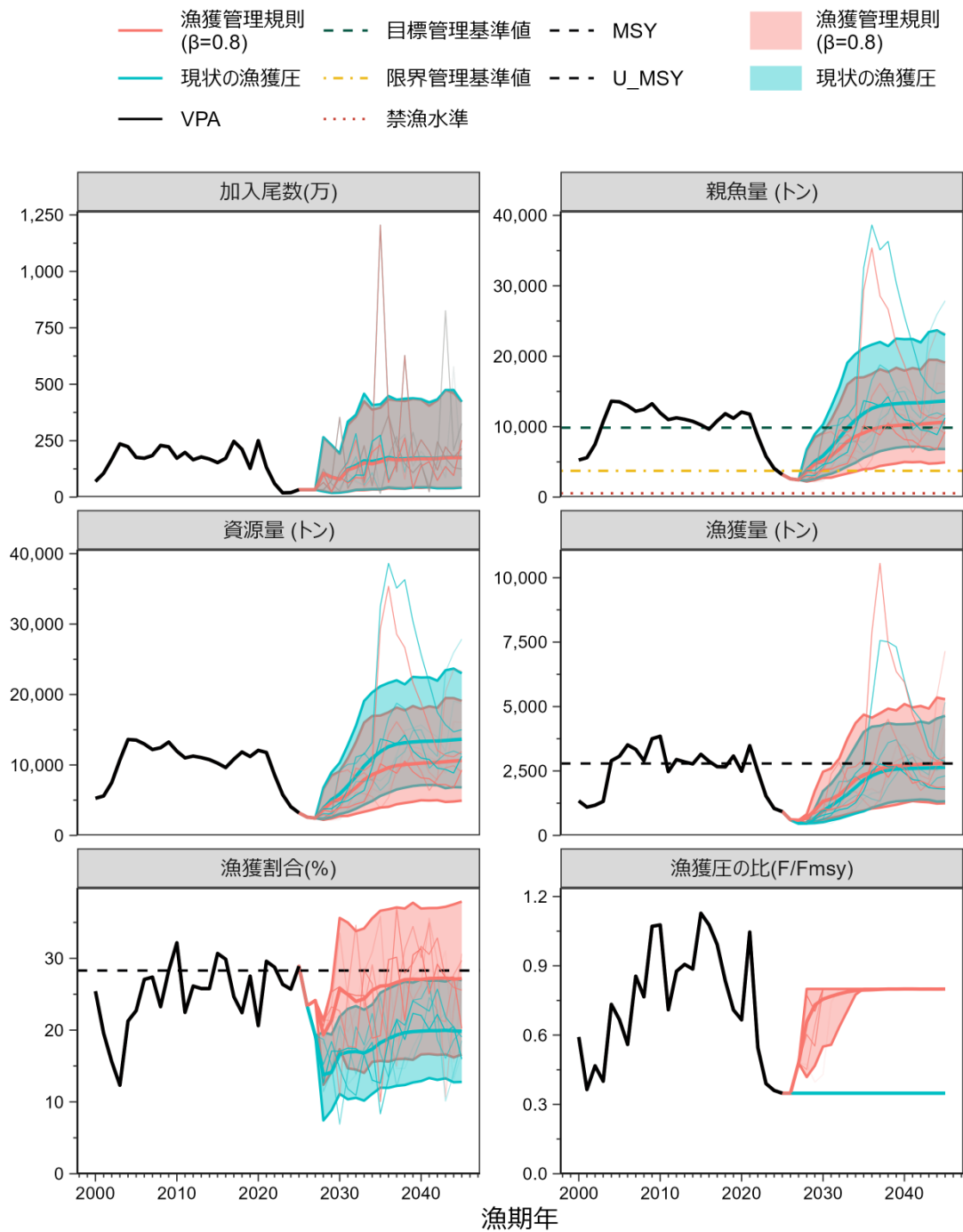


図 6. 管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測 (赤色) と現状の漁獲圧 (F2025) で漁獲を続けた場合の将来予測 (青色) (SC 図 5-2)

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、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準、漁獲量の図の黒破線は MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値を維持する漁獲割合の水準 (Umsy) を示す。2026 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧により仮定した。調整係数 β には 0.8 を用いた。

表 1. 再生産関係式の検討候補と選択した再生産関係のパラメータ推定値

a) 再生産関係式の検討候補

再生産関係式	最適化法	自己相関	AICc	$\Delta AICc$	順位
ホッケー・スティック(HS)	最小絶対値法	無	40.0	-	1
リッカー(RI)	最小絶対値法	無	41.5	1.5	2
リッカー(RI)	最小二乗法	無	53.8	13.8	3
ホッケー・スティック(HS)	最小二乗法	無	54.2	14.2	4

推奨する再生産関係式を太字とした。順位は AICc の値に基づくものであり、最終的に推奨する再生産関係の順位を示したものではない。

b) 選択した再生産関係のパラメータ推定値

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
HS 型	最小絶対値法	無	0.344	5,265	0.73	-

a は原点から折れ点までの傾き (百万尾/トン)、b は折れ点での親魚量 (トン)、S.D. は加入のばらつきの大きさをあらわす指標 (対数残差の標準偏差)、 ρ は自己相関係数である。

21 表 2. MSY 管理基準値等の算出および将来予測計算に用いた各種設定

22

年齢	自然死亡 係数	成熟率	平均重量 (g)	選択率	現状の漁獲圧 (Fcurrent)
3	0.28	1.0	1,841	0.012	0.011
4	0.28	1.0	2,776	0.155	0.153
5	0.28	1.0	3,715	0.371	0.365
6	0.28	1.0	4,600	0.552	0.543
7	0.28	1.0	5,399	1.000	0.983
8 歳以上	0.28	1.0	6,244	1.000	0.983

23 Fcurrent は 2025 年の F 値である。

24

25

表 3. 各種管理基準値における平衡状態のときの平均親魚量、直近（2025 年）の親魚量に対する比、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）に対する比、期待できる平均漁獲量、%SPR 換算した漁獲圧、漁獲割合、現状の漁獲圧（2025 年の漁獲圧）に対する漁獲圧の比、および SBmsy を維持する漁獲圧における年齢別漁獲係数（Fmsy）

管理 基準値	親魚量 (トン)	現状の 親魚量に 対する比	初期 親魚量に 対する比	期待できる 平均漁獲量 (トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲 割合	現状の 漁獲圧に 対する比
目標管理 基準値							
最大持続生産量 MSY を実現する 親魚量 (SBmsy)	9,855	3.08	0.34	2,789	35.2	0.28	2.9
限界管理 基準値							
MSY の 60% の 漁獲が得られる 親魚量 (SB0.6msy)	3,729	1.17	0.13	1,673	22.3	0.45	19.0
禁漁水準 MSY の 10% の 漁獲が得られる 親魚量 (SB0.1msy)	538	0.17	0.02	279	18.8	0.52	48.0
SBmsy を 維持する 漁獲圧 (Fmsy)	(3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8+歳) = (0.03, 0.44, 1.05, 1.56, 2.82, 2.82)						

34 表 4. 将来の親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%) (SC 表 5-1a)

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	0	0	1	3	3	6	12	20	24	28	33	34
0.95			1	3	3	6	12	21	26	29	34	36
0.90			1	3	3	7	13	21	27	31	37	38
0.85			1	3	3	7	14	22	29	32	38	40
0.80			1	3	4	8	14	23	30	33	40	42
0.70			1	3	4	9	16	26	33	38	45	48
0.60			1	3	5	10	19	29	38	43	50	54
0.50			1	4	5	12	21	33	43	49	57	62
0.0			1	6	16	41	69	86	95	98	100	100
現状の 漁獲圧			1	4	6	15	26	40	51	61	68	72

35 β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2026 年は現状の漁獲圧 (F2025) と
36 し、2027 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 ($\beta = 0.35$ に相
37 当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5. 将来の親魚量が限界管理基準値を上回る確率 (%) (SC 表 5-1b)

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	0	0	32	59	68	73	82	87	92	93	94	96
0.95			33	60	69	74	84	88	93	94	95	97
0.90			34	60	70	76	84	89	93	95	95	97
0.85			34	61	71	77	86	90	94	95	96	98
0.80			35	62	73	80	86	91	94	96	97	98
0.70			36	64	76	83	89	93	96	97	98	99
0.60			39	66	78	86	91	95	98	98	99	99
0.50			42	70	81	90	93	96	98	99	99	100
0.0			58	93	98	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧			39	71	84	91	95	97	99	99	100	100

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2026 年は現状の漁獲圧（F2025）とし、2027 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（ $\beta = 0.35$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 6. 将来の平均親魚量（トン）（SC 表 5-2）

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	2593	2448	3574	4574	4932	5498	6351	7369	7962	8364	8829	9134
0.95			3599	4604	4983	5582	6451	7490	8111	8534	9006	9311
0.90			3625	4636	5037	5671	6557	7619	8269	8716	9194	9500
0.85			3653	4670	5094	5765	6672	7758	8439	8910	9396	9701
0.80			3681	4706	5154	5866	6795	7907	8619	9118	9611	9916
0.70			3741	4787	5285	6087	7073	8239	9021	9578	10092	10395
0.60			3807	4881	5435	6341	7400	8630	9493	10116	10656	10961
0.50			3878	4992	5610	6637	7792	9101	10057	10761	11338	11648
0.0			4350	6066	7511	9861	12491	15343	17755	19894	21877	23357
現状の 漁獲圧			3819	5063	5866	7060	8367	9834	10985	11885	12597	12969

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2026 年は現状の漁獲圧（F2025）とし、2027 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（ $\beta = 0.35$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 7. 将来の平均漁獲量（トン）（SC 表 5-3）

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	607	684	729	1081	1404	1450	1622	1924	2194	2341	2435	2590
0.95		664	722	1063	1389	1446	1618	1919	2192	2348	2444	2596
0.90		643	715	1045	1372	1442	1613	1912	2189	2353	2453	2602
0.85		621	707	1026	1353	1435	1607	1904	2184	2357	2460	2606
0.80		598	698	1006	1332	1428	1600	1894	2178	2360	2466	2610
0.70		549	675	962	1284	1405	1583	1869	2158	2358	2474	2612
0.60		495	645	911	1224	1370	1558	1834	2126	2346	2472	2605
0.50		435	604	851	1150	1318	1520	1783	2075	2315	2454	2585
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧		471	494	694	971	1171	1391	1620	1891	2159	2333	2476

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2026 年は現状の漁獲圧（F2025）とし、2027 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（ $\beta = 0.35$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。なお、2027～2037 年漁期の漁獲量の平均値は、2021～2025 年漁期の月別平均漁獲比率（SC 補足表 2-7）を用い、7 月～翌年 6 月までの漁獲量の値に換算した値を示した。

表 8. 管理方策のパフォーマンス評価の概要

β	2026 年の平均漁獲量(トン)	2027-2036 年の平均漁獲量(トン)	2032 年に親魚資源量が目標管理基準値を上回る確率	2037 年に親魚資源量が目標管理基準値を上回る確率	親魚資源量が 10 年間で限界管理基準値を下回る平均年数	漁獲圧が 10 年間で F_{msy} を上回る平均年数	2027-2036 年の漁獲量の平均年変動	2037 年の平均親魚量(千トン)
1.00	683	1,666	12%	34%	2.0	7.0	30%	9,134
0.95	661	1,662	12%	36%	2.0	0.0	29%	9,311
0.90	639	1,656	13%	38%	2.0	0.0	29%	9,500
0.85	615	1,650	14%	40%	2.0	0.0	28%	9,701
0.80	591	1,641	14%	42%	2.0	0.0	28%	9,916
0.70	538	1,620	16%	48%	2.0	0.0	28%	10,395
0.60	481	1,588	19%	54%	2.0	0.0	27%	10,961
0.50	419	1,542	21%	62%	1.0	0.0	27%	11,648
0.0	0	0	69%	100%	1.0	0.0		23,357

補足資料 1 再生産関係式のモデル診断結果について

最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量の算出および将来予測計算に使用する再生産関係として、ホッケー・スティック（HS ; Clark et al., 1985）型、ベバートン・ホルト（BH ; Beverton and Holt 1957）型、およびリッカー（RI ; Ricker 1954）型の再生産関係式を検討候補とした。R_y を y 年の加入量、B_y を y 年当初の親魚量、A_{min} を加入年齢（本系群の場合は A_{min} は 0 歳）としたときのそれぞれの再生産関係式の数式は以下の通りである；

$$R_y = \begin{cases} ab & \text{if } B_{y-A_{min}} > b \\ aB_{y-A_{min}} & \text{if } B_{y-A_{min}} \leq b \end{cases} \quad (\text{Hockey stick, HS})$$

$$R_y = \frac{aB_{y-A_{min}}}{(1 + bB_{y-A_{min}})} \quad (\text{Beverton Holt, BH})$$

$$R_y = aB_{y-A_{min}} \exp(-bB_{y-A_{min}}) \quad (\text{Ricker, RI})$$

いずれの再生産関係式でも、推定するパラメータは a および b の 2 つである。HS 型の場合、a は折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/トン）、b は折れ点となる親魚量（千トン）を示す。再生産関係の検討の際には、推定された再生産曲線からの加入量の残差標準偏差（S.D.）も併せて算出した。

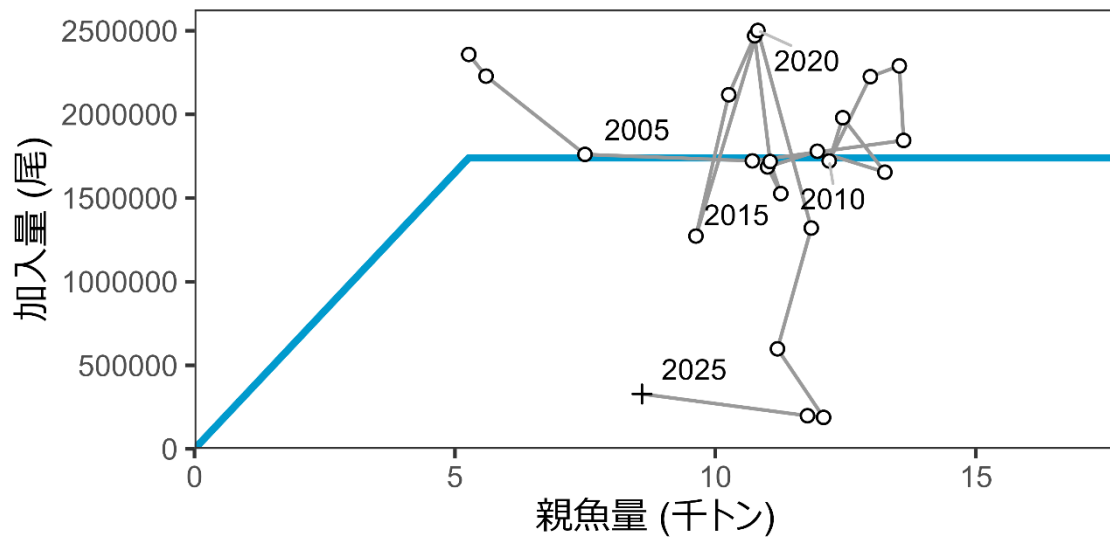
本資源の再生産関係として、HS 型、RI 型、および BH 型の再生産関係式を、最小二乗法および最小絶対値法により 2000～2021 年漁期の親魚量および 2003～2024 年漁期の加入量のデータに当てはめた。なお、前述の通り残差の自己相関は考慮しなかった。また、BH 型はモデルパラメータが正しく推定されず、加入量が一定となったため、検討から除外した。推定された再生産関係式のパラメータを補足表 1-1 に示す。RI 型を仮定した場合は、HS 型を仮定した場合と比べて親魚量が少ない場合に高い加入量が予測された（補足図 1-1）。RI 型では少ない親魚量において、加入尾数が増加する傾向が見られ、HS 型再生産関係式を用いる場合に比べてリスクが高いと考えられた。

HS 型再生産関係式を最小絶対値法により当てはめた場合の残差トレンドと自己相関プロットを補足図 1-2 に示す。HS 型再生産関係を仮定した場合、有意な自己相関が認められた。なお、残差の時系列に着目すると、HS 型再生産関係を仮定した場合には近年の加入量がモデルからの予測値よりも低く、減少傾向にあると解釈された（本文表 1-1、補足図 1-3）。

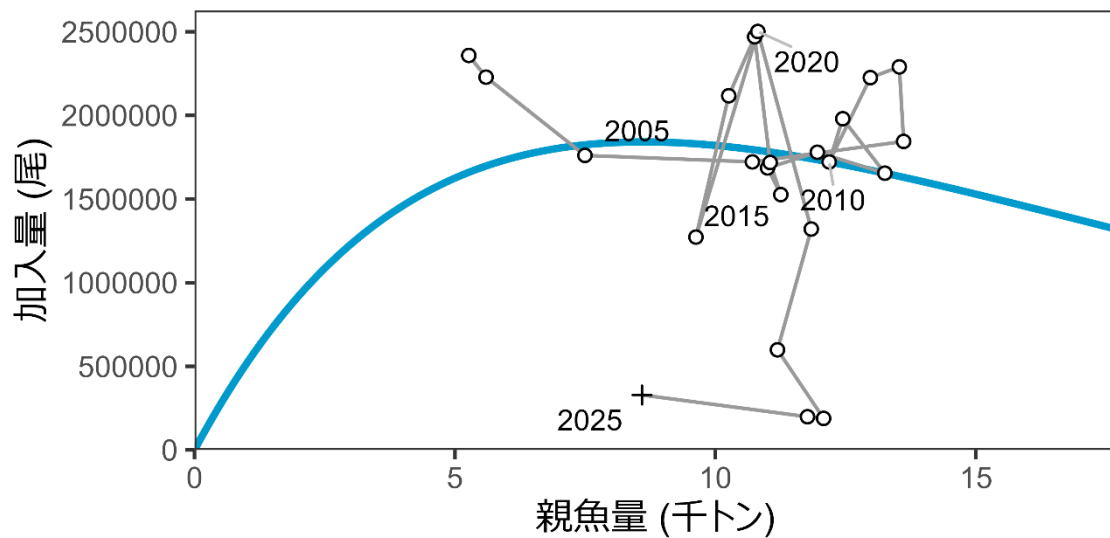
自己相関を考慮しないモデルについて、HS 型再生産関係式を最小二乗法により当てはめる上での個々のデータの影響をジャックナイフ法により検討したところ、推定の頑健性に大きな問題はみられなかった（補足図 1-4 および 1-5）。パラメータ推定の信頼区間は残差ブートストラップにより検討した（補足図 1-6 および 1-7）。また、プロファイル尤度を補足図 1-8 に示した。プロファイル尤度はわずかに 2 峰型となるものの、パラメータ推定において特段の問題は認められず、大局的には最適解が推定されていると考えられた。なお、本資源では HS 型再生産関係において加入量の減少が生じる親魚量についてパラメータ推定に与える情報が得られなかったことから、親魚量の最小値を折れ点（パラメータ b）とした。

引用文献

- Beverton R. J. H., and S. J. Holt (1957). On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationary Office, London.
- Clark C. W., A. T. Charles, J. R. Beddington, and M. Mangel (1985). Optimal capacity decisions in a developing fishery. Mar. Resour. Econ., 2, 25-53.
- Ricker W. E. (1954). Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can., 11, 559-623.



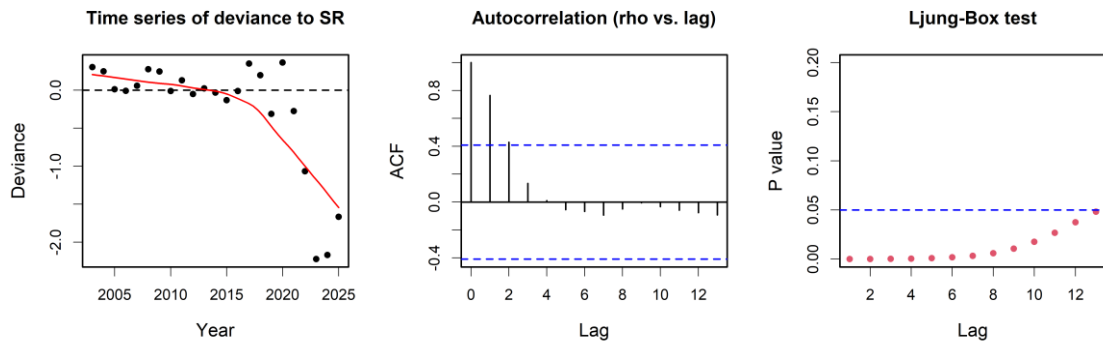
関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 39.99
 パラメータ推定に利用 (丸), 利用していない (バツ)



関数形: RI, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 41.45
 パラメータ推定に利用 (丸), 利用していない (バツ)

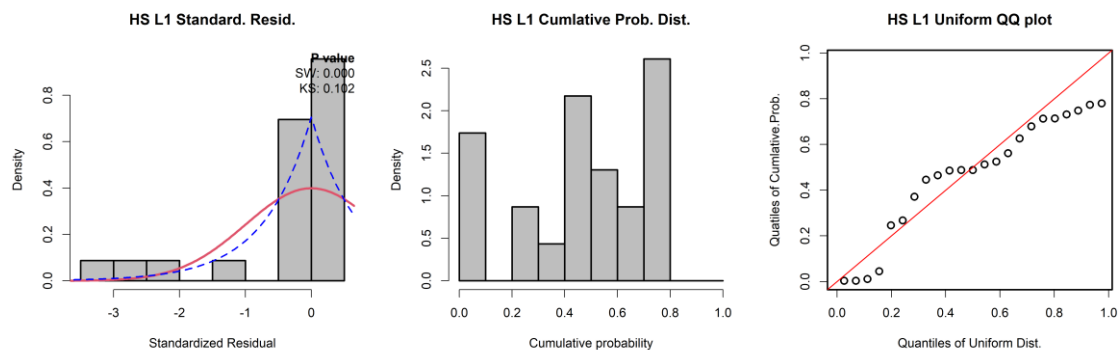
補足図 1-1. 各モデルにおける再生産関係式

112 ホッケー・スティック型（HS、上段）およびリッカー型（RI、下段）の再生産関係式
113 を、最小絶対値法により当てはめた。黒丸は分析に使用した 2000～2021 年漁期の親魚
114 量および 2003～2024 年漁期の加入量である。



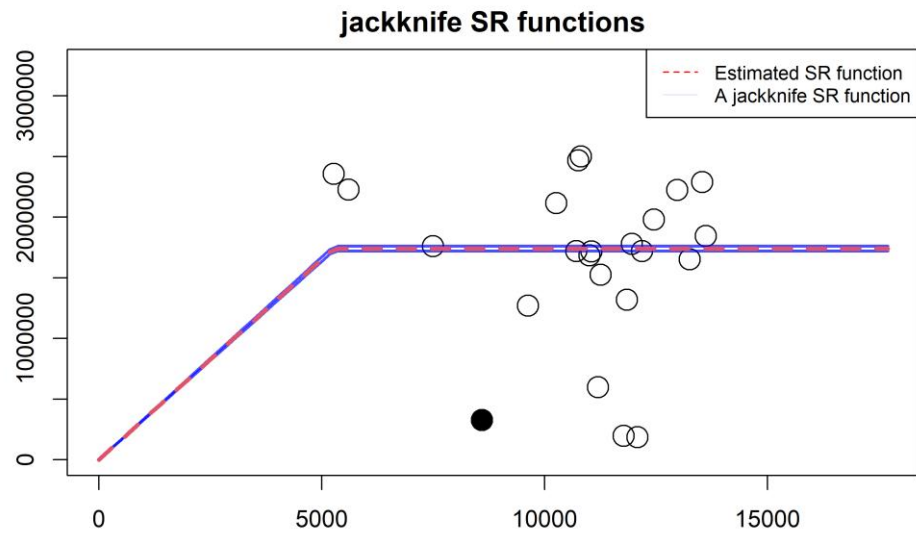
補足図 1-2. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小絶対値法で当てはめた場合の残差トレンド（左図）、自己相関プロット（中央図）、および Ljung-Box 検定における P 値（右図）

残差の時系列の図中の赤線は平滑化された曲線を示す。自己相関プロットの青色の点線は 95%信頼区間を示す。Ljung-Box 検定における P 値（縦軸）の青色の点線は 5%水準を表す。

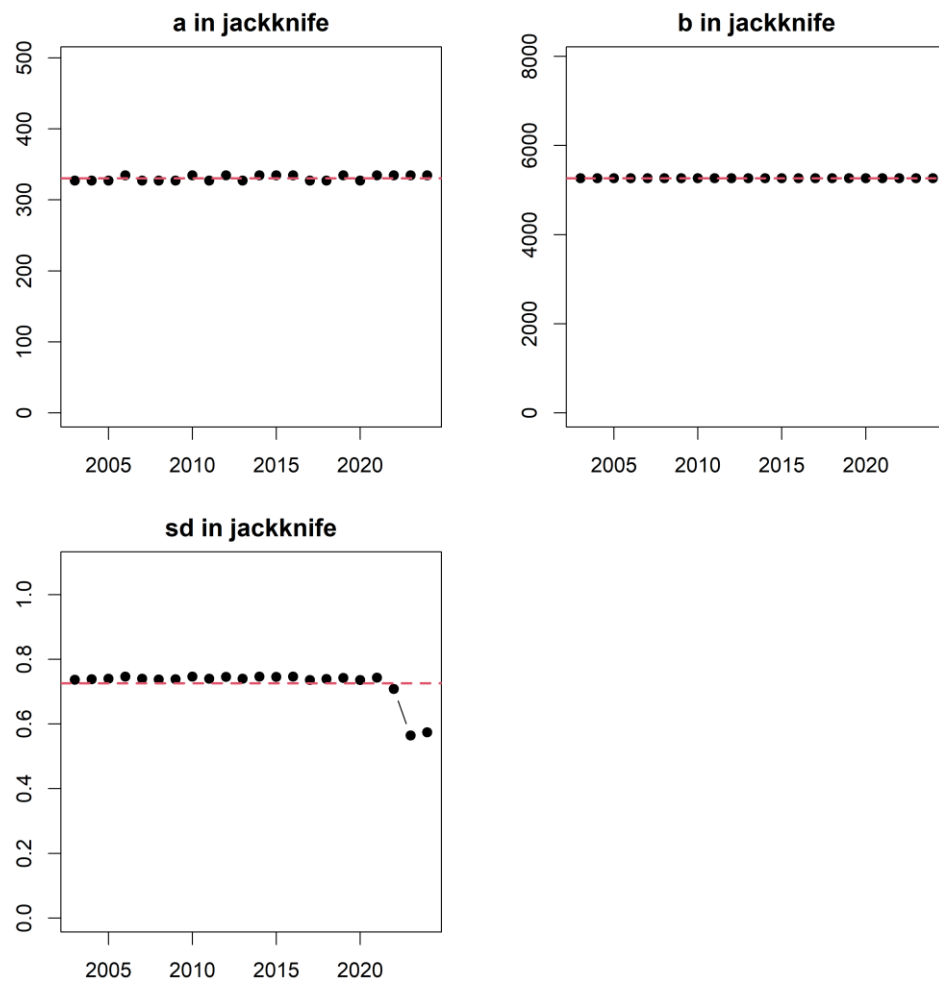


補足図 1-3. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小絶対値法で当てはめた場合の標準化残差のヒストグラムと正規性テスト結果（左図）、残差の累積確率密度のヒストグラム（中央図）、および一様分布を仮定した QQ プロット（右図）

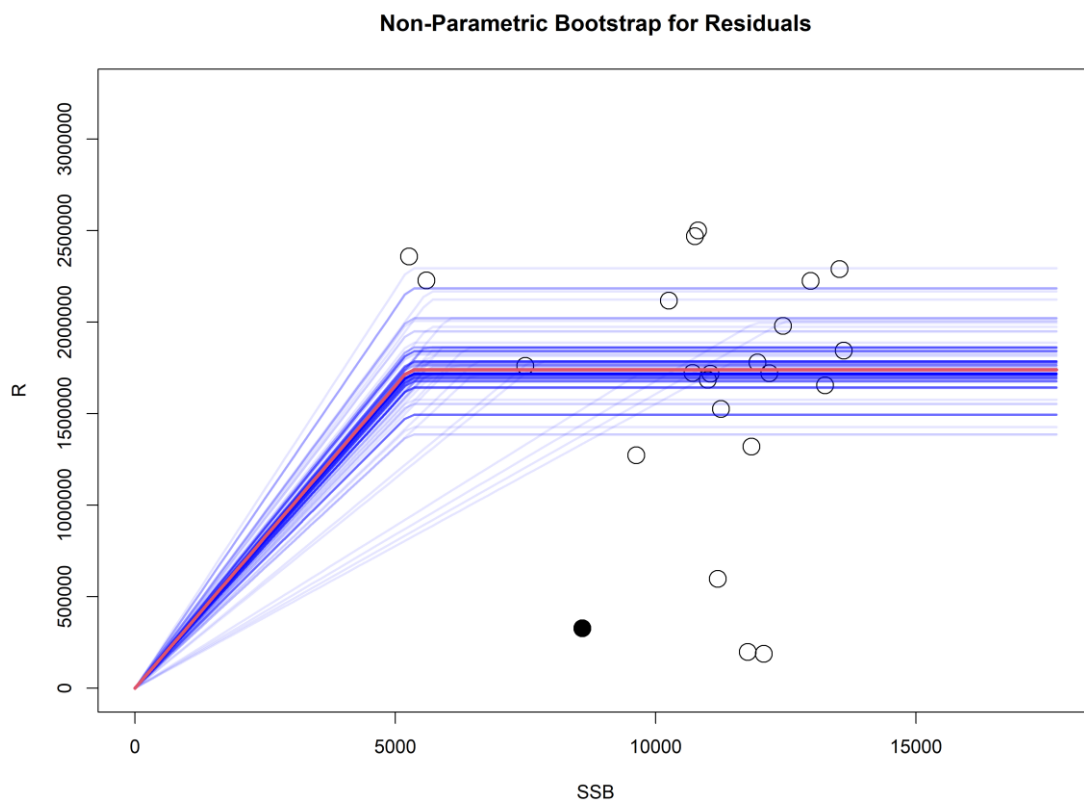
残差のヒストグラムの右上の数値は Shapiro-Wilk 検定（SW）と Kolmogorov-Smirnov 検定（KS）の結果である。どちらも、帰無仮説は「正規分布に従っている」である。QQ プロットの赤線は理論値を示している。



補足図 1-4. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小絶対値法で当てはめた場合のジャックナイフ解析での推定結果
赤線は全データでの推定値、青線は各年のデータを除外した場合の推定値である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（千尾）である。丸印は分析に使用した親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2024 年漁期の加入）を示す。



143
 144 補足図 1-5. ホッケー・スティック型生産関係式を最小絶対値法で当てはめた場合のジ
 145 ャックナイフ解析でのパラメータ別の影響
 146



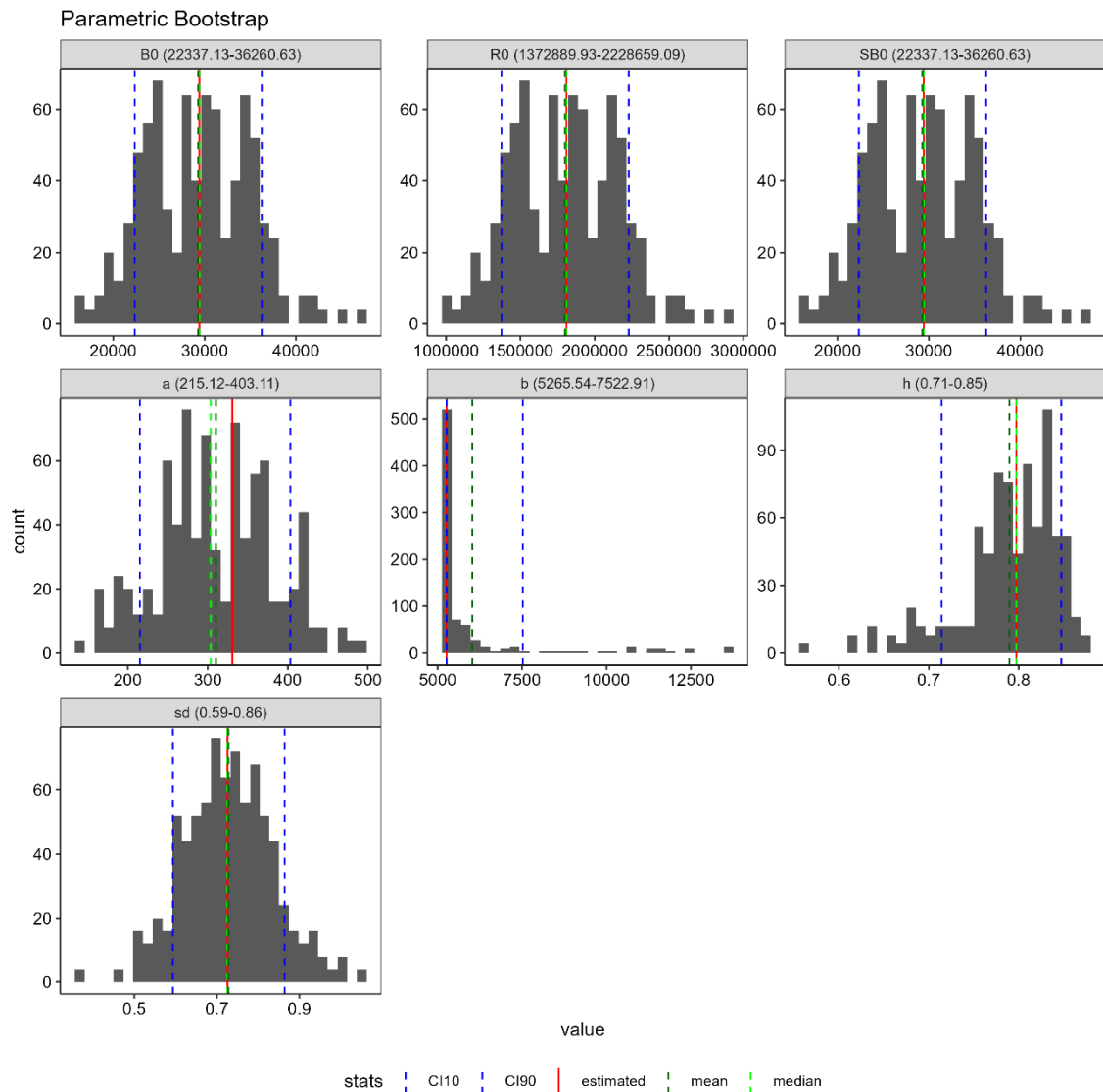
147

148 補足図 1-6. ホッケー・スティック型生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差
 149 ブートストラップ解析の結果

150 赤線は元データでの推定値、青線はノンパラメトリックブートストラップでの推定値
 151 である。横軸は親魚量（トン）、縦軸は加入尾数（尾）である。丸印は分析に使用し
 152 た親魚量・加入尾数であり、黒丸は使用したデータ期間の最終年（2024 年漁期）を示
 153 す。

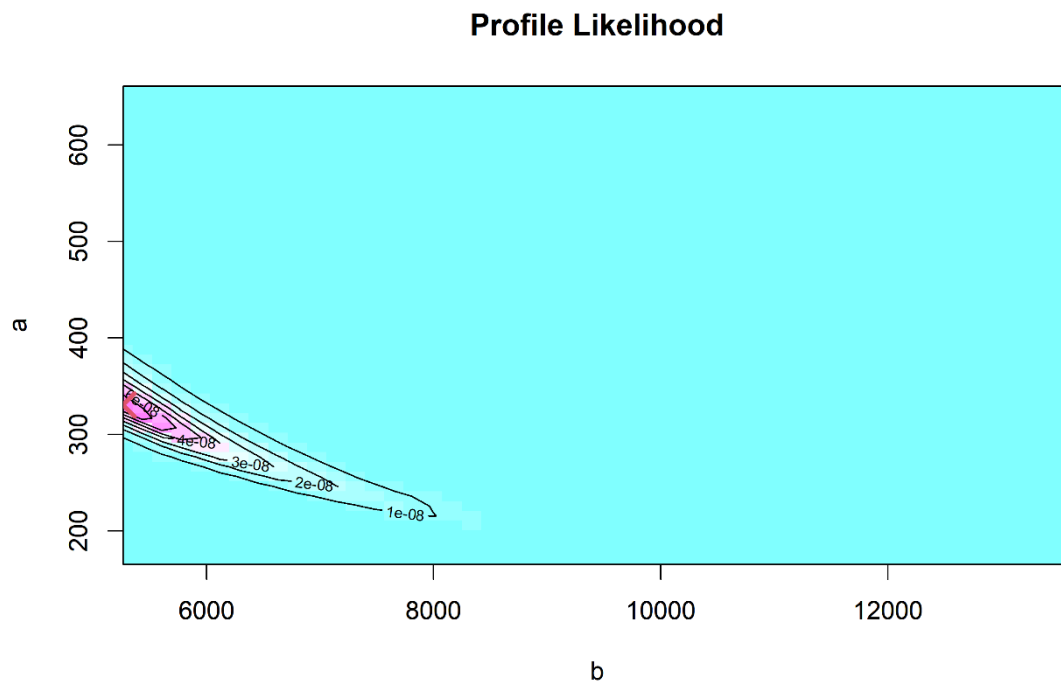
154

155



156

157 補足図 1-7. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小二乗法で当てはめた場合の残差
 158 ブートストラップ解析での中央値（緑点線）と 80%信頼区間（青線）
 159 赤線はパラメータの点推定値である。



補足図 1-8. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小絶対値法で当てはめた場合の推定パラメータのプロファイル尤度
×印は推定されたパラメータ値における尤度に相当する。

補足表 1-1. MSY 管理基準値算出に使用した再生産関係式における各パラメータ推定値

再生産関係式	最適 化法	自己 相関	a	B	S.D.	R0	h	データ 数
ホッケー・スティック	L1^{*1}	無	0.334	5,265	0.73	176	0.82	22
リッカー	L1	無	1061	0.19	0.73	119	1.21	22
ホッケー・スティック	L2^{*2}	無	0.274	5,265	0.70	144	0.78	22
リッカー	L2	無	1200	0.23	0.70	96	1.69	22

*1 最小二乗法、*2 最小絶対値法

推奨する再生産関係式を太字とした。S.D.は加入のばらつきの大きさをあらわす指標であり、対数残差のばらつきの標準偏差を示す。加入残差の自己相関は考慮していない。R0はSB0のときの平均加入尾数（万尾）である。h（ステープネス）は再生産関係の密度補償効果の程度を示す指標であり、RI型およびBH型の場合は0.2SB0のときの平均加入尾数をR0で割った値、HS型の場合は1-SBhs/SB0（SBhsはHSの折れ点）となる値である。

補足資料 2 将来予測の計算方法

資源尾数や漁獲量の予測は、統計ソフトウェア R (version 4.6.1) 用計算パッケージ frasyr (コミット番号: 2edf950) を用いて実施した。将来予測は、「令和 8 (2026) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」の 1 系資源の管理規則に従い、「管理基準値等に関する研究機関会議」において SB_{msy} を維持する F (F_{msy}) の推定に用いられた再生産関係 (佐久間ほか 2026) を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には資源計算と同様に frasyr を用いた。

本系群では、選択率および年齢別体重が、豊度の高い年級群の成長に伴って更新される傾向にある。従って、これらの変数には最新の値を適用した方が、より現実的と考えられるため、将来予測における選択率および年齢別体重は直近年の値としている (本文表 2、SC 補足表 2-6)。

資源尾数の予測は (1) 式に基づく前進計算で求めた。

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

8+歳については、前年の 7 歳および 8+歳の和から前進させて求めた。

ここで、本系群では 2024 年級群 (2027 年加入) まで 3 歳魚の加入量水準が極めて低いことが調査船調査から分かっている (SC 補足資料 5)。従って、2026 年漁期および 2027 年漁期の加入量は年級群豊度が低いことが分かっている近 3 年 (2022~2024 年) の加入量 (2019~2021 年級群に相当する) の平均値とした。

将来予測における漁獲圧 (F) は 1 系資源の漁獲管理規則に従い、以下の式で求めた。

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{ban} \\ \beta \gamma(SB_t) F_{msy} & \text{if } SB_{ban} \leq SB_t \leq SB_{limit} \\ \beta F_{msy} & \text{if } SB_t \geq SB_{limit} \end{cases} \quad (2)$$

$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}} \quad (12)$$

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本文表 2 の平均体重を乗じて求めた。

令和 8（2025）年度マダラ本州日本海北部系群の資源評価

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（佐久間啓・藤原弘貴・内藤大河・木下 堇・佐藤信彦・飯田真也・白川北斗）

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター

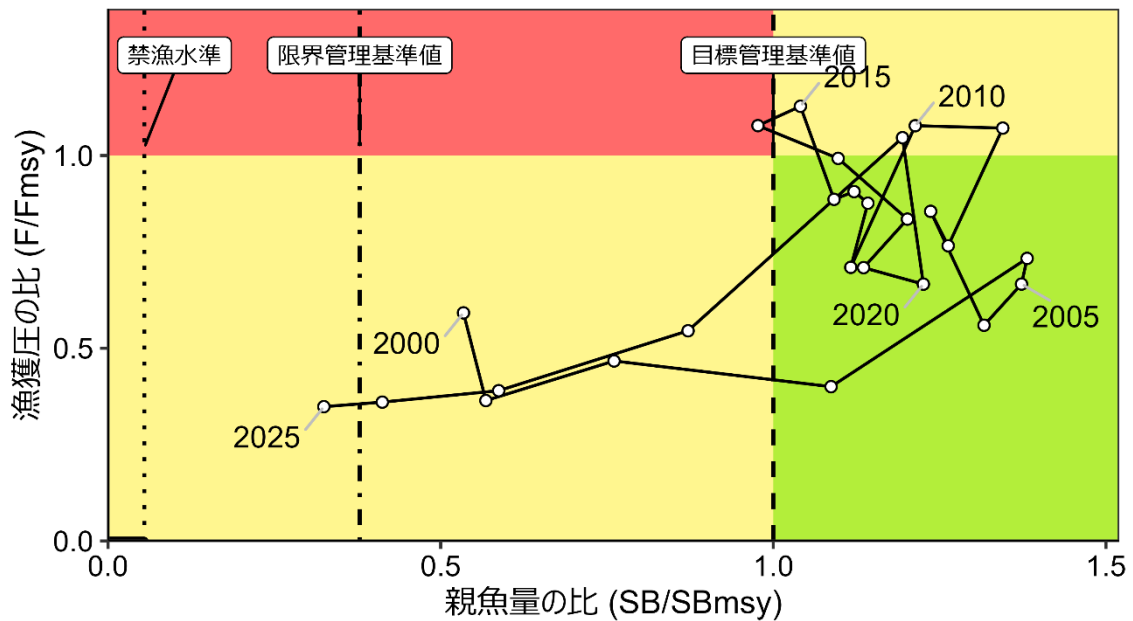
要 約

本系群の資源状態について、資源量指標値（沖合底びき網の標準化 CPUE）をチューニングに用いたコホート解析により評価した。2000 年漁期以降の資源量および親魚量は、最低であった 2000 年漁期から急増して 2004 年に最高となったのち、増減を繰り返しながら 2021 年漁期まで横ばいで推移した。しかし、2022 年漁期以降、急激に減少し、2025 年漁期は 2000 年漁期以降の最低値（3,197 トン）となった。新規加入量調査からは、2018～2024 年級群の豊度が極めて低い水準にあると示されており、これは 2021～2027 年漁期の加入量（3 歳魚）に相当する。一方、高豊度の 2025 年級群が日本海の広い範囲で確認されており、2028 年以降、本年級群の成長に伴って資源量の増加が見込まれる。

令和 8 年 8 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において本系群の再生産関係式には HS 型再生産関係を適用するとされた。目標管理基準値である最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）は、HS 型再生産関係を適用し推定した 9,855 トンであり、2025 年漁期の親魚量は SBmsy を下回った。また 2025 年漁期の漁獲圧は SBmsy を維持する水準を下回った。親魚量の動向は直近 5 年間（2021～2025 年漁期）の推移から「減少」と判断した。

本系群の管理基準値と漁獲管理規則は、令和 8 年度研究機関会議（FRA-SA2026-BRP02-01）で提案されたものを暫定的に示した。これらの項目は、今後、水産庁の資源管理方針に関する検討会や水産政策審議会の議論をふまえて最終化される。なお、本報告書における将来予測は、これらの暫定的な管理基準値および漁獲管理規則を用いて試算した結果である。

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	9,855トン
2025 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準(SBmsy)を下回る(0.32 倍)
2025 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る(0.35 倍)
2025 年の親魚量の動向	減少
最大持続生産量(MSY)	2,789トン
2027 年の ABC	—

コメント:

- ・ABC は、本系群の漁獲シナリオが「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。
- ・本系群の漁獲量は各県における漁期年(4～3月)の水揚量統計に基づき、将来予測における漁獲量も漁期年に従う。一方、TAC 管理は管理年度(7月～翌年6月)に従う。ABC の値は、直近5か年(2021～2025年)の月別平均漁獲比率を用いて、管理年度に換算した値である。
- ・新規加入量調査からは、2018～2024年級群以降の豊度が極めて低い水準にある一方、2025年級群の豊度が高いことが示されている。

直近 5 年と将来 2 年の資源量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2021	11,768	11,768	3,482	1.05	30
2022	8,592	8,592	2,472	0.55	29
2023	5,787	5,787	1,527	0.39	26
2024	4,063	4,063	1,045	0.36	26
2025	3,197	3,197	925	0.35	29
2026	2,593	2,593	607	0.35	23
2027	2,448	2,448	-	-	-
・ 2026、2027 年の値は将来予測に基づく平均値である。 ・ 2026 年の F 値には 2025 年の F 値を仮定した。					

English title (authors)

Stock assessment and evaluation for Pacific Cod of Sea of Japan Honshu stock (fiscal year 2026).
 (Kay Sakuma, Hiroki Fujiwara, Taiga Naito, Sumire Kinoshita, Nobuhiko Sato, Masaya Iida,
 Hokuto Shirakawa)

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
年齢別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 水揚量(青森～石川(6)県) 体長組成調査(青森県、山形県、石川県)、精密測定調査(水研、青森県、秋田県、山形県、新潟県、石川県)
資源量指標値	沖合底びき網漁業標準化 CPUE(青森県、秋田県、山形県、新潟県、石川県)*
自然死亡係数(M)	年あたり $M=0.28$ を仮定(田中 1960)
漁獲努力量等	漁場別漁獲状況調査 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)
若齢魚の発生状況	新規加入量調査(青森県:4～9月、秋田県:9～12月、山形県:6～7月、新潟県:4～5月) 日本海北部底魚資源調査(水研:7～8月) 日本海ズワイガニ等底魚資源調査(水研:4～6月)

*はコホート解析 (Virtual Population Analysis, VPA) におけるチューニング指数である。
本系群の資源評価は年度 (4月～翌3月) に従う。

2. 生態

(1) 分布・回遊

マダラは北太平洋の沿岸域に広くみられ、我が国周辺では東シナ海北部、日本海、太平洋東北沖以北およびオホーツク海に生息する (Bakkala et al. 1984)。本系群は日本海北部の大陸斜面 (水深 200～400 m 前後) に分布するが (図 2-1)、冬季には産卵のため浅海に移動する (三島 1989、水産庁 1989)。マダラの定着性は高いとされるが (Bakkala et al. 1984)、大規模な回遊に関する知見も存在する (菅野ほか 2001)。なお、日本海西部に分布するマダラは、石川県以北と遺伝的に異なると考えられ (Suda et al. 2017、Sakuma et al. 2019)、漁獲動向も日本海北部と西部で異なる。福井県以西における生態および漁業に関しては補足資料 5 に記載した。

日本周辺のマダラについて、ゲノムワイドな一塩基多型を用いた集団遺伝学的解析を実施したところ、1) 日本沿岸の広範囲から検出された広域グループ、2) 陸奥湾を中心として本州北部から北海道太平洋にかけて優占的に検出された陸奥湾グループ、3) 日本海西部および中国・黄海から検出された日本海西部グループの、計 3 集団が分布することが示された (平尾ほか 2024)。これらの集団間には遺伝的流動が示唆されており、系群間の移出入が想定される。

(2) 年齢・成長

マダラは成長が速く、満 2 歳で 30 cm、満 3 歳で 43 cm、満 7 歳で 70 cm 台に達する（図 2-2）。若齢期には体重の増加が著しく、1～2 歳、2～3 歳の間にそれぞれ約 7 倍および約 2.7 倍に成長する。本評価では、マダラの孵化日を 2 月 1 日と仮定し、年度（4 月～翌 3 月）集計の漁獲量との整合性に鑑み、ふ化から翌年の 3 月末までの年齢を 0 歳とし、以降 4 月 1 日に加齢するものとした。また、前年までの資源評価に従い、資源計算では漁獲の盛期である 2 月時点の年齢別体重を用いた（補足表 2-5、2-6）。なお、本海域におけるマダラの寿命は漁獲物の年齢査定結果から 9 歳とされる（後藤・藤原 2015）。

(3) 成熟・産卵

日本海のマダラは、雄で体長 40 cm 以上、雌で体長 50 cm 以上において成熟し（中田ほか 1995）、これは満 3～4 歳に相当すると考えられる。資源計算では、漁獲盛期である 2 月時点の成熟率を想定しており、3 歳魚以上について、加齢直前の体長（3 歳魚で約 50cm）に従い、100%成熟と仮定した（図 2-3）。産卵期は 1～3 月で、産卵場は局所的に分布する。産卵場の底質は、卵の採集状況から、泥底、砂泥底、砂礫底および礫底と考えられる（與世田ほか 1992）。毎年の産卵は 1 度の放卵によって完了する（桜井・吉田 1990）。

(4) 被捕食関係

未成魚、成魚ともに魚類、頭足類、甲殻類（エビ類）を餌料とする（水産庁 1989、柴田 1994、中田ほか 1995）。本種の主たる捕食者は不明である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群の漁業には、沖合底びき網（以下「沖底」という）、小型底びき網（以下「小底」という）、刺網、定置網、はえ縄および釣り等が含まれる。沖底および小底を含む底びき網の漁期は 9 月～翌年 6 月である。刺網および定置網は周年行われるが、いずれも産卵群を主対象とした漁業であり、主漁期は 1～3 月である。本系群全体で見ると、1～3 月の漁獲量が全体の約 50%を占める。なお、福井県以西の日本海では底びき網による漁獲が 90%以上を占める（補足表 5-1）。これ以降、農林統計に基づく漁獲量については歴年（1～12 月）集計値を、資源計算に用いる漁業種類別漁獲量については、農林統計の漁業種類別漁獲量（年計）を各県統計値に基づく漁業種類別の月別比率で案分し、年度単位で再集計した値を用いた。また、青森県については年計および年度集計のいずれも県統計値を用いた。

(2) 漁獲量の推移

農林統計に基づく漁獲量は、1980 年代中頃まで 1.7 千～4.2 千トンの中で、1989 年に過去最高（5,174 トン）となった後 1992～2004 年は 1 千～2.1 千トンの間で、いずれも周期的に変動していた（図 3-1、表 3-1）。2005 年以降は概ね 3 千トン前後で推移していたが、2023 年以降急減した。漁獲量の少なかった 1990～2005 年頃は青森県と秋田県が全体の約 50%を漁獲したが、2006 年以降は新潟県および石川県の合計値が全体の 50%程度を占めた。なお、2020 年頃から系群内北部での漁獲が急増し、青森県および秋田県が全体の 40～50%程

度を占めている。

資源計算には、2000 年以降の漁業種類別漁獲量の漁期年（これ以降、4 月～翌 3 月の年度を示す）集計値を利用した（図 3-2、表 3-2）。本漁獲量は、暦年の農林統計値の県別漁業種類別漁獲量を、各県統計に基づく月別漁業種類別漁獲量における漁業種類ごとの比率に基づいて月別に按分し、4 月～翌 3 月に再集計することで求めた。漁獲量は 2001 年漁期の 1,096 トンから 2010 年漁期の 3,847 トンにかけて増加した後、概ね 3 千トン前後で推移した。しかし、2021 年漁期に 3,482 トンとなったのち、2022 年漁期（2,472 トン）以降急減し、2025 年は 925 トンであった。

年齢別漁獲尾数を図 3-3 および補足表 2-1 に示す。2000 年漁期以降、年によって 3 歳魚が漁獲される場合があるものの、漁獲物の主体は 4 歳以上である。3 歳魚の漁獲尾数は年によって大きく変化し、2025 年漁期は 2%であった。2025 年漁期は高齢魚（6 歳魚以上）の尾数比率が極めて高く、全体の 78%を占めた。これは、2019 年漁期以前の年級群に相当する。

（3）漁獲努力量

沖底の 1972 年以降の有漁網数は、1972～1982 年にかけて増加したのち、1986 年に一時的に大きく減少したものの、1988 年には最高の 4.0 万網となった（図 3-4、表 3-3）。その後、1992 年の 1.5 万網まで急速に減少したが、1994 年以降は概ね 1 万～2 万網の範囲で周期的に変動を繰り返した。近年では 2014 年の 2.0 万網をピークに再び減少し、2025 年は過去最低となる 0.3 万網であった。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

コホート解析（Tuned Virtual Population Analysis：以下、チューニング VPA）により、本系群の漁期開始（4 月）時点における 3 歳以上の年齢別資源尾数および資源量を推定した（補足資料 1、2）。漁業種類別漁獲統計（漁期年集計、表 3-2）、漁獲物の体長組成、年齢－体長関係および体長－体重関係（図 2-2）を用いて 2000～2025 年度の年齢別漁獲尾数を集計し、計算に用いた。指標値には、本系群の主要漁業である底びき網漁業を代表し、沖底のひと網あたり漁獲尾数（Catch Per Unit Effort、CPUE）を標準化した値を用いた。自然死亡係数（M）は田内・田中の式（田中 1960）に基づき寿命（9 歳）から 0.28 とした。最終年の F 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推定方法（リッジ VPA；Okamura et al. 2017）を適用した。

（2）資源量指標値の推移

平均値で除して規格化した沖底の標準化 CPUE は、2003 年（0.73）から 2010 年（1.33）にかけて増加した後、増減を伴いながらも長期的に減少傾向にある。2021 年（1.13）を境に急減傾向にあり、2025 年は過去最低となる 0.21 であった（図 4-1、表 3-3）。

（3）資源量と漁獲圧の推移

資源量および親魚量は、最低であった 2000 年漁期（5,266 トン）から 2004 年漁期（13,614 トン）にかけて増加した後、増減を繰り返しながら 2021 年漁期（11,768 トン）まで概ね横

ばいで推移した。資源量および親魚量は、2022 年漁期（8,592 トン）以降、急激に減少し、2025 年漁期は 2000 年漁期以降の最低値（3,197 トン）であった（図 4-2、表 4-1、補足表 2-3）。後述のように、2018～2024 年級群（2025 年漁期の 1～7 歳魚に相当）の豊度が極めて低かったことが資源量および親魚量の減少要因と考えられる。漁獲割合は 2003 年漁期に最低（12%）となった後、概ね 30%前後で横ばいに推移した（図 4-2、表 4-1）。2025 年漁期は 29%の水準であった。

年齢別の F 値を図 4-3 および補足表 2-4 に示す。F 値の変動は年齢ごとに異なる。3 歳の F 値は低い傾向にあり、2025 年漁期は 0.01 であった。また、4 歳魚の F 値は 0.1～0.5 の範囲で推移し、2025 年漁期は 0.15 であった。日本海北部海域においてマダラは冬季の白子狙いを主体に漁獲され、資源保護の意識も相まって、安価な若齢魚は獲り控えられる傾向にある。漁獲の主体となる 5 歳魚以上の F 値は年によって高い値を示した。近年では特に、年級群豊度の高い 2014 年級群（2021 年漁期の 7 歳魚、2022 年漁期の 8 歳魚）や 2017 年級群（2025 年の 8 歳魚）に対して高い F が観測された。

（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

年齢別選択率を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量当たり親魚量（SPR）を基準に、漁獲圧が無かった場合との比較を行った（図 4-5、表 4-1）。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR は 2003 年漁期に最高（48%）となった後に低下し、2009 年漁期から 2010 年漁期にかけて最低（34%）となった。その後、%SPR はゆるやかな上昇傾向を示し、2025 年漁期は 48%であった。

Fmsy に対する YPR と %SPR の関係を図 4-6 に示す。Fmsy は %SPR に換算すると 35%に相当する。また、前述の通り、現状の漁獲圧（F2025）は %SPR に換算すると 48%となる。

（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 4-7 に示す。ここで親魚量は 2000～2023 年の漁期開始（4 月）時点の値であり、加入量は 3 年後（2003～2024 年）の漁期開始（4 月）時点の 3 歳魚の資源尾数である。加入量は、2002 年漁期（167 万尾）以降、概ね 150 万尾～200 万尾程度で推移し、2004、2009 年、2017 年、2020 年の各漁期およびこれらの前後の漁期には 200 万尾を上回る加入が見られた（図 4-4、表 4-1、補足表 2-2）。これはそれぞれ過去に知られた高豊度年級群である 2001 年級群、2006 年級群、2014 年級群、2017 年級群に相当すると考えられる。一方、2021 年～2024 年漁期（19 万尾～132 万尾の範囲、2018 年級群～2021 年級群に相当）は極めて低い水準となった。近年の加入量の低下は新規加入量調査からも示されている（補足資料 4）。日本海のマダラでは、孵化時期の水温環境と加入量の関連が示唆されており、仔魚の孵化時期の高水温が、年級群豊度の低下を引き起こす可能性がある（佐久間ほか 2025、補足資料 6）。近年の年級群豊度の低下は、昨今の冬季の温暖な海洋環境に起因する可能性がある。

前述のとおり、本系群の 3 歳魚 F 値は極めて低く、後退法による VPA の特性上、直近年の加入量の不確実性が高い。従って、本系群では従前より最近年の加入量を再生産関係に基づく予測値としてきた。一方、新規加入量調査の結果（補足資料 4）を踏まえると 2021 年漁期（2018 年級群）以降の加入尾数は再生産関係に基づく平均値を大きく下回っており

(図 4-4)、2024 年級群 (2027 年漁期に漁獲加入) まで豊度が低い可能性が高い。

そこで、今年度の資源評価では、昨年に引き続き、直近年 (2025 年) 漁期、当年 (2026 年) 漁期および ABC 算定年 (2027 年) 漁期の加入量 (2022 年級群～2024 年級群) について、豊度が低いことが明らかになっている直近 3 年間 (2022 年漁期～2024 年漁期) の 3 歳魚 (2019～2021 年級群) の平均加入尾数 (33 万尾) を仮定した (図 4-2、表 4-1、補足表 2-2)。ただし、本年度の調査結果によると、2025 年級群 (2028 年漁期に漁獲加入) の豊度が日本海全域で高いことが示されており (補足資料 6)、将来的には加入が回復すると予想される。

令和 8 (2026) 年度マダラ本州日本海北部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料 (佐久間ほか 2026a) において、本系群の再生産関係式にはホッケ・スティック型再生産関係が提案されている (佐久間ほか 2026a)。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、直近 2025 年漁期を除く 2003 年漁期～2024 年漁期の加入量と、対応する 2000 年漁期～2021 年漁期の親魚量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いた。また、加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産関係式の各パラメータを補足表 3-1 に示す。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値

令和 8 (2026) 年度マダラ本州日本海北部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料 (佐久間ほか 2026a) で推定した現在 (2000 年以降) の環境下における最大持続生産量 MSY (2,789 トン)、MSY を実現する親魚量 (SBmsy)、および SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を補足表 3-2 に示す。本系群の目標管理基準値として SBmsy (9,855 トン) が、限界管理基準値として MSY の 60%が得られる親魚量 (SB0.6msy : 3,729 トン) が、禁漁水準として MSY の 10%が得られる親魚量 (SB0.1msy : 538 トン) がそれぞれ提案されている (佐久間ほか 2026a)。

平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を図 4-8 に示す。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る。前述の通り、本系群における 3 歳魚の選択率は低く、非常に高い漁獲圧によって若齢個体中心の組成にならない限り、主要な漁獲対象にはならない。

(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 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を基準にした神戸プロットを図 4-9 に示す。また、2025 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 3-3 に示した。本系群における 2025 年の親魚量は SBmsy の 0.32 倍であり、提案された目標管理基準値および限界管理基準値を下回っていた。2025 年の漁獲圧は、Fmsy の 0.35 倍であり、この水準を下回った。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy) は、各年の F の選択率の下で Fmsy 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 (2021～2025 年) の推移から減少と判断される。漁獲圧は資源量の増大とともに高まったものの、近年は低下傾向にある。

5. 漁獲管理規則の適用

管理基準値・漁獲管理規則は、令和 8 年度研究機関会議（FRA-SA2026-BRP02-01）において提案された暫定値であり、将来予測はこれら基準値と漁獲管理規則を用いて試算した結果である。

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2025 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2026～2037 年の将来予測計算を行った（補足資料 2）。2026 年の漁獲量は、予測資源量と現状の漁獲圧（F2025）に基づき仮定した（補足表 2-6）。2027 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに次に説明する漁獲管理規則で定められる漁獲圧を用いた。前述の通り、本系群では 2024 年級群までの豊度が低いことが分かっており、これは 2027 年漁期の加入量に相当する。従って、2027 年までの加入量は、VPA 結果に基づく直近 3 年間（2022～2024 年漁期）の平均値（33 万尾）とし、2028 年以降には 3 年前の親魚量と再生産関係から予測される値を用いた。再生産関係に基づく値については、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 万回の繰り返し計算を行った（表 4-1）。

(2) 漁獲管理規則

「管理基準値等に関する研究機関会議」（佐久間ほか 2026a）により、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準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漁獲規則が提案されている（図 5-1）。後述するように、漁獲管理規則での漁獲開始から 10 年後の 2037 年漁期、 $\beta=0.6$ 以下であれば 50% の確率で目標管理基準値を上回ると予測された（表 5-1a）。従って、調整係数 β には標準値である 0.6 を用いた。

(3) 2027 年の予測値と ABC の算定

2026 年の平均予測漁獲量は 607 トンであった（表 5-3）。2027 年に予測される親魚量は平均 2,448 トンと見込まれた（補足表 3-5）。この値は提案された限界管理基準値未満であったため、漁獲圧に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 2027 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、下式により計算された。

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

以上の漁獲管理規則に基づき、 $\beta=0.6$ を用いて算定される 2027 年漁期以降の平均予測漁獲量は 495 トンであった（補足表 3-4、3-5）。この値は、資源評価における漁期年（4 月～翌 3 月）の値を、直近 5 年（2021～2025 年漁期）の月別漁獲量割合の平均値を用いて月ごとに按分し、2027 管理年度（7 月～翌 6 月）として再集計した値である。異なる β を用いた場合の平均予測漁獲量および 90% 予測区間は補足表 3-6 に示したとおりである。

なお、本系群の資源管理基本方針が「資源管理方針に関する検討会」と「水産政策審議会」を経て定められた後は、漁獲シナリオに即した漁獲管理規則に基づき ABC は算定される。

(4) 2028 年以降の予測

漁獲管理規則に基づく管理を 10 年間継続した場合、2037 年の親魚量の予測平均値は 11.0 千トン (90% 予測区間は 5.2 千～19.4 千トン) であり、目標管理基準値を上回る確率は 54%、限界管理基準値を上回る確率は 99% であった (図 5-2、表 5-1、5-2、補足表 3-6)。参考情報として、異なる β を使用した場合、および現状の漁獲圧 (F2025) を継続した場合の結果についても合わせて示した。

親魚量が目標管理基準値を 50% 以上の確率で上回る年は、2036 年と予測された。限界管理基準値を 50% 以上の確率で上回る年は、2029 年と予測された。異なる β を使用した場合の将来予測結果より、仮に漁獲圧をゼロにした場合でも ($\beta=0.0$)、親魚量が目標管理基準値を 50% 以上の確率で上回るのは 2032 年になると予測された (表 5-1)。

6. 資源評価のまとめ

コホート解析により得られた 2000 年漁期以降の資源量および親魚量は、最低であった 2000 年漁期から急増して 2004 年に最高となったのち、増減を繰り返しながら 2021 年まで概ね横ばいで推移した。しかし、2022 年以降、急激に減少し、2025 年は 2000 年以降の最低値 (3,197 トン) となった。

本系群に対する 2025 年の漁獲圧は $SBmsy$ を維持する漁獲圧 ($Fmsy$) を下回っており、2025 年の親魚量は、 MSY を実現する水準を下回った。「管理基準値等に関する研究機関会議」(佐久間ほか 2026a) による漁獲管理規則によると 2027 管理年度 (7 月～翌年 6 月) の漁獲量は 495 トンと算定された。

本系群における加入量水準は 2021 年漁期 (2018 年級群に相当) 以降、極めて低い。ただし、本年度の調査結果によると、2025 年級群 (2028 年漁期に漁獲加入) の豊度が日本海全域で高いことが示されており (補足資料 6)、将来的には加入が回復すると予想される。

7. その他

本系群の漁業は産卵親魚を主対象とし、未成魚の漁獲は極めて少ない。前述の通り、本資源では 2017 年級群の加入を最後に、豊度の高い年級群の加入がみられない。限られた加入をどのようにして高齢魚まで獲り残すかという「資源利用」の観点からも、成魚を主対象とする現状の漁業を継続し、今まで同様、若齢魚の漁獲を混獲程度にとどめることが重要である。

本年度の資源評価では、各県地先において実施されている加入量のモニタリング調査に基づき、直近年 (2025 年) および将来予測 (2026～2027 年) において加入量の仮定を引き下げることとした。産卵親魚が漁獲の主体となる本系群では、漁獲加入前 (2 歳以下) の年級群について豊度を迅速に把握することで、将来予測の精度が高まると期待される。そのためには、現状のモニタリングを今後も継続するとともに、水温や生物生産といった海洋環境を考慮した解析を実施することで、加入量の定量評価および資源変動要因の解明が求められる。

本系群の資源評価における不確実性の一つに、系群外からの個体移入が挙げられる (佐久間ほか 2026b)。例えば、本系群で年級群豊度の低かった 2018 年級群は、陸奥湾および北海道日本海において年級群豊度が高いことが示唆されており (松谷 2023、境ほか 2024)、

系群外からの流入個体が新規加入量調査からは予想されなかった年級群の漁獲につながる可能性もある（平尾ほか 2024 も参照のこと）。引き続き、系群外からの移入にともなう漁獲量の変動について詳細な検討を進める必要がある。

8. 引用文献

- Bakkala, R., S. Westrheim, S. Mishima, C. Zhang and E. Brown (1984) Distribution of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the North Pacific Ocean. Int. North Pac. Fish. Comm. Bull., 42, 111-115.
- 後藤常夫・藤原邦浩 (2015) 平成 26 (2014) 年度マダラ日本海系群の資源評価. 平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 2 分冊, 水産庁・水産総合研究センター, 924-945.
- 平尾 章・佐久間啓・秋田鉄也・千葉 悟 (2024) 我が国周辺海域におけるマダラの遺伝的集団構造: ゲノムワイドー塩基多型を用いて. 水産研究・教育機構. 1-25. FRA-SA2024-SC03-0402.
- 菅野泰次・上田祐司・松石 隆 (2001) 東北地方および北海道太平洋側海域におけるマダラの系群構造. 日水誌, 67, 67-77.
- 松谷紀明 (2023) 2 千トンを超えた 2022 年漁期陸奥湾マダラ漁を振り返って. 青森県水産研究情報“水と漁”, 44, 3.
- 三島清吉 (1989) 日本周辺におけるマダラ (*Gadus macrocephalus* TILESIIUS) の資源とその生物学的特性. INPFC 研報, 42, 172-179.
- 中田凱久・早川 豊・佐藤恭成 (1995) まだらの生態と資源に関する研究 (まだら資源高度利用管理技術開発研究). 平成 5 年度 青森県水産試験場事業報告, 170-174.
- 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
- 境 磨・千村昌之・千葉 悟・濱津友紀 (2024) 令和 5 (2023) 年度マダラ北海道日本海の資源評価. 水産研究・教育機構. 1-38. FRA-SA2023-SC09-08. <https://abchan.fra.go.jp/>
- Sakuma, K., Yoshikawa, A., Goto, T., Fujiwara, K., and Ueda, Y. (2019) Delineating management units for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Sea of Japan. Estuar. Coast. Shel. Sci., 229, 106401.
- 佐久間啓・八木佑太・吉川 茜・飯田真也・白川北斗 (2025) 令和 6 (2024) 年度マダラ本州日本海北部系群の資源評価. 水産研究・教育機構. 1-62.
- 佐久間啓・藤原弘貴・内藤大河・木下 堇・佐藤信彦・飯田真也・白川北斗 (2026a) 令和 8 (2026) 年度マダラ本州日本海北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. 1-27.
- 佐久間啓・藤原弘貴・内藤大河・木下 堇・佐藤信彦・飯田真也・白川北斗 (2026b) 令和 7 (2025) 年度マダラ本州日本海北部系群の資源評価. 水産研究・教育機構. 1-61.
- 桜井泰憲・吉田英雄 (1990) 我が国におけるマダラ資源とその生態. 水産技術と経営, 40-54.
- 柴田 理 (1994) 地先資源漁場形成要因研究事業 (マダラの生態と資源に関する研究). 平成 5 年度秋田県水産振興センター事業報告書, 103-111.
- Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. J. Fish Biol.,

90, 61-79.

水産庁 (1989) 我が国漁獲対象魚種の資源特性 (II). 水産庁研究部, 1-96.

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.

與世田兼三・広川 潤・長倉義智・有瀧真人・小林真人 (1992) 石川県能登島周辺海域におけるマダラ成魚の成熟状況と卵・稚仔魚の分布. 栽培技研, 21, 21-30

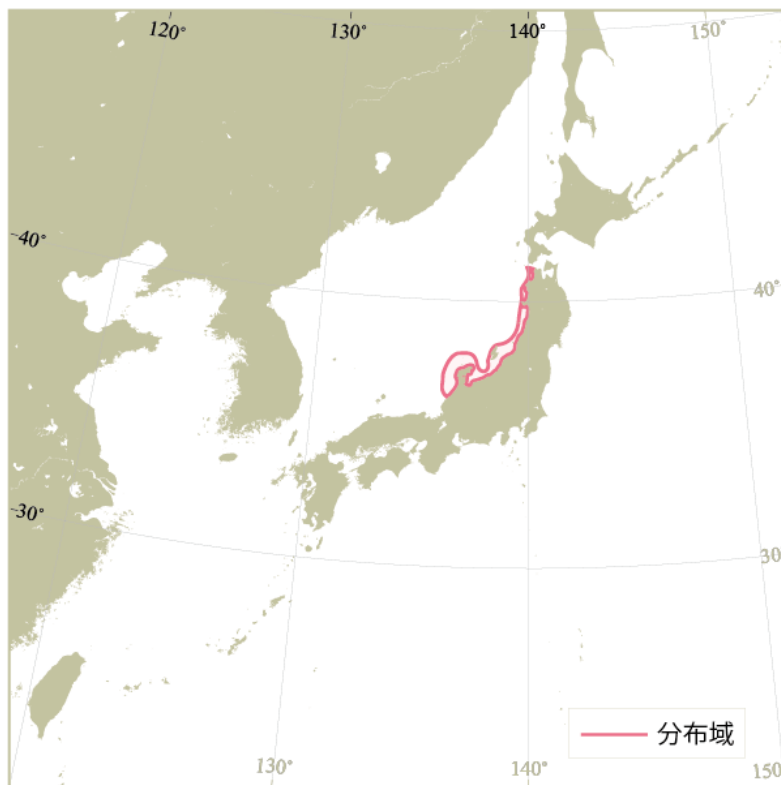


図 2-1. マダラ本州日本海北部系群の分布

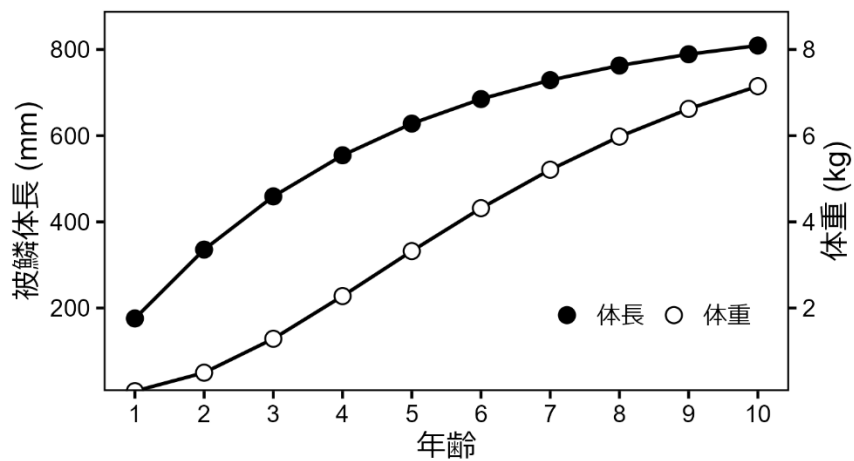


図 2-2. 日本海におけるマダラの漁期開始（4 月）時点の年齢と体長および体重
資源計算では主漁期までに図に示された体長および体重から概ね 1 歳分の成長を仮定した（補足表 2-5、2-6 参照）。

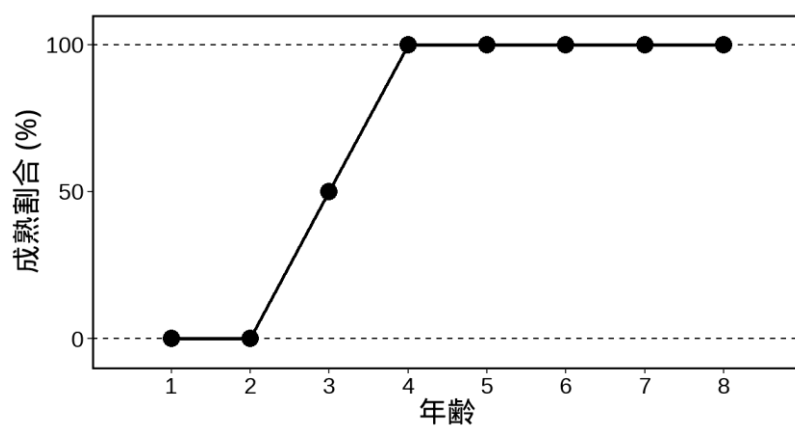


図 2-3. 日本海におけるマダラの漁期開始（4 月）時点の年齢と成熟率
 資源計算では主漁期までに図に示された値から概ね 1 歳分の成熟を仮定し、3 歳魚以上の成熟率を 100%として計算した（補足表 2-6 参照）。

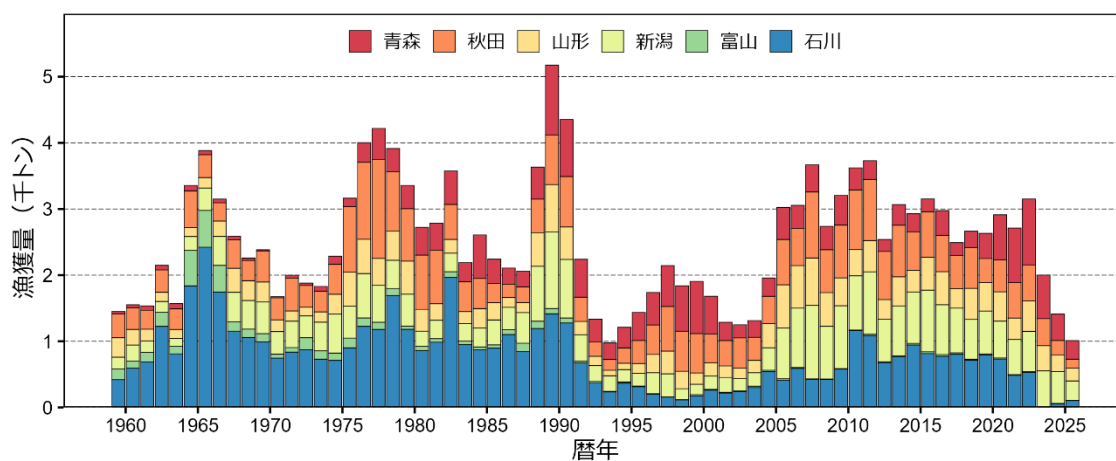


図 3-1. 漁業・養殖業生産統計年報（農林水産統計）および県統計に基づく県別漁獲量（暦年）

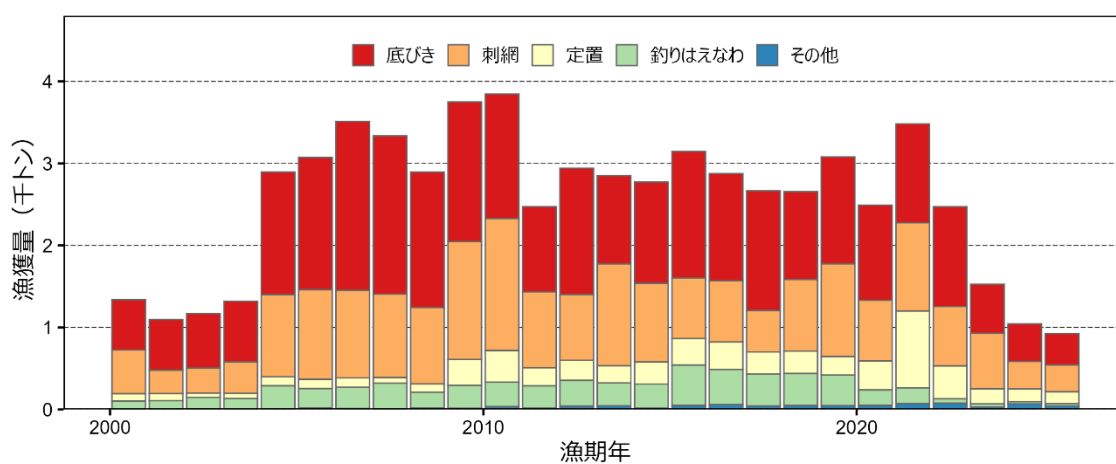


図 3-2. 漁業・養殖業生産統計年報および県統計に基づく漁業種類別漁獲量（漁期年）

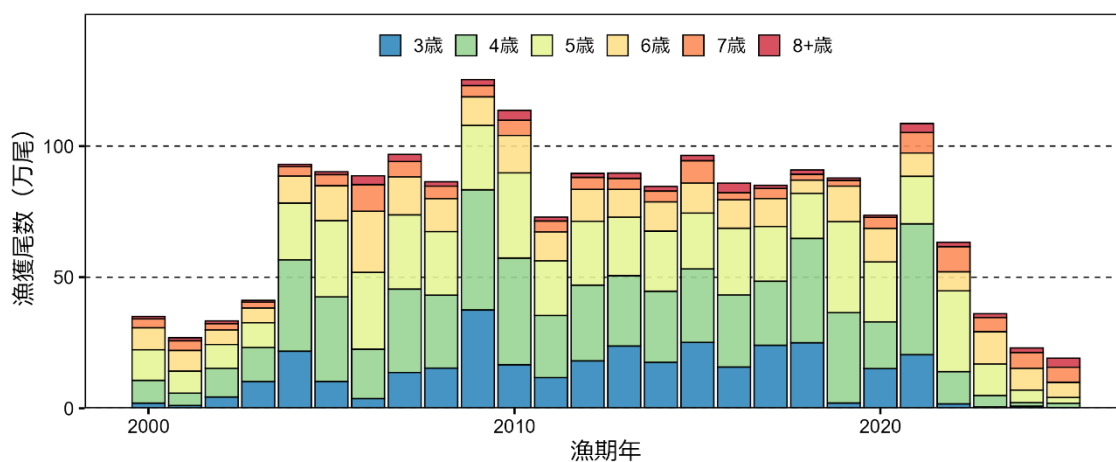


図 3-3. 本系群の年齢別漁獲尾数

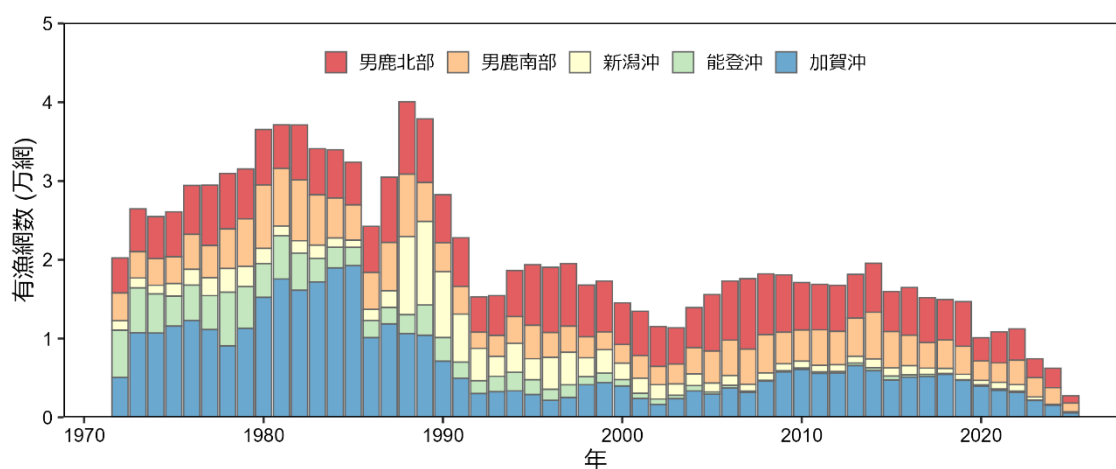


図 3-4. 沖底の漁獲成績報告書に基づく小海区別マダラ有漁網数（万網）

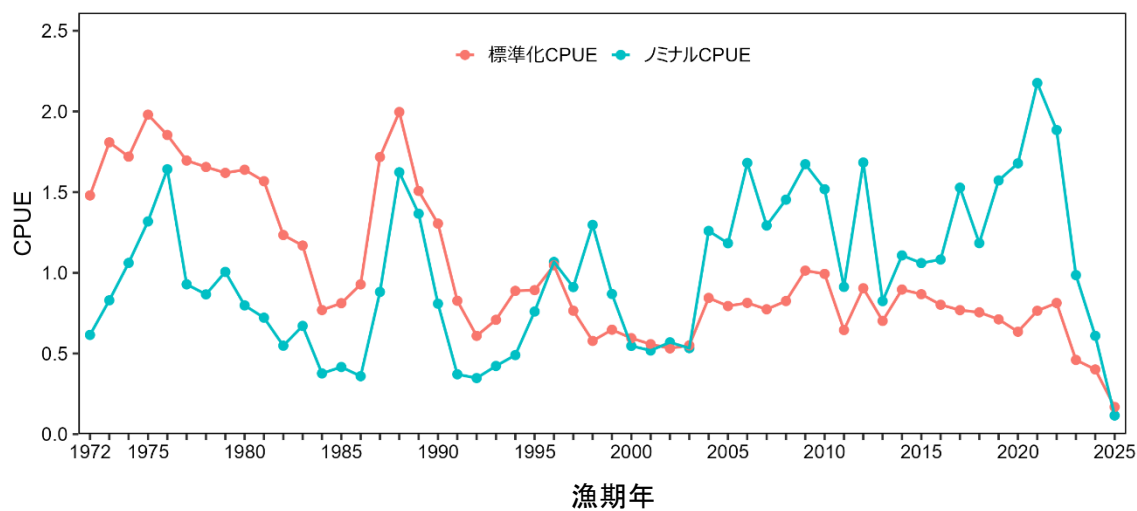


図 4-1. 沖底の漁獲成績報告書に基づくノミナル CPUE（青線）と標準化 CPUE（赤線）

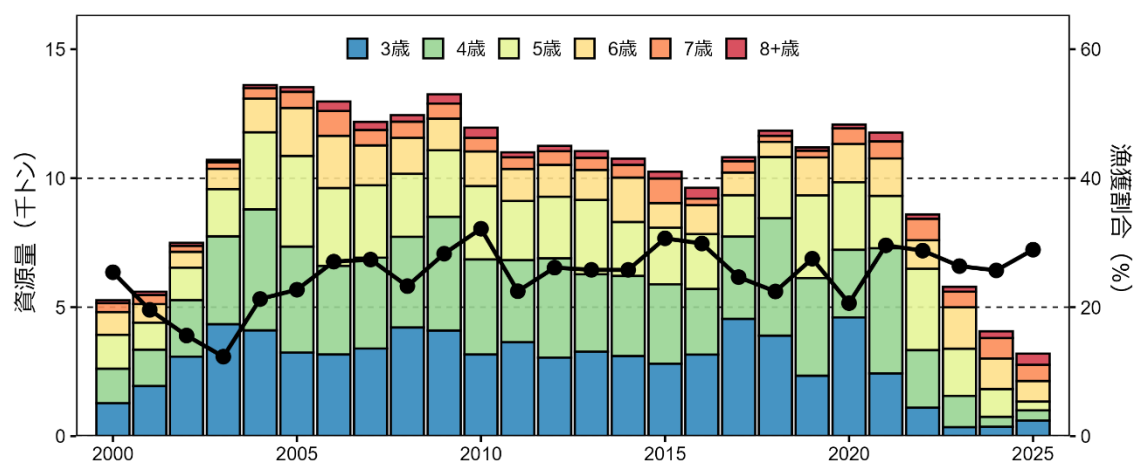


図 4-2. 本系群の年齢別資源量（棒グラフ）および漁獲割合（黒線）

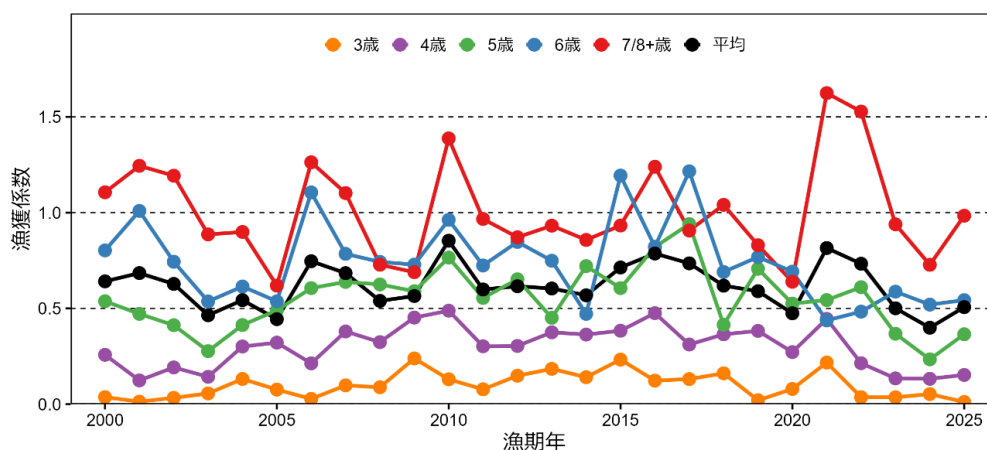


図 4-3. 本系群の年齢別漁獲係数 (F 値)

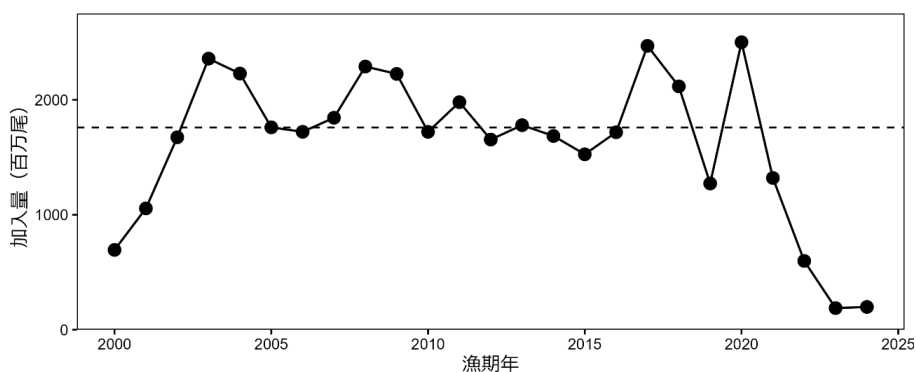


図 4-4. 加入量 (3 歳魚資源尾数) 破線は「管理基準値等に関する研究機関会議」(佐久間ほか 2026a) において提案されたホッケー・スティック型再生産関係において、折れ点以上の親魚量で見込まれる加入量予測値。

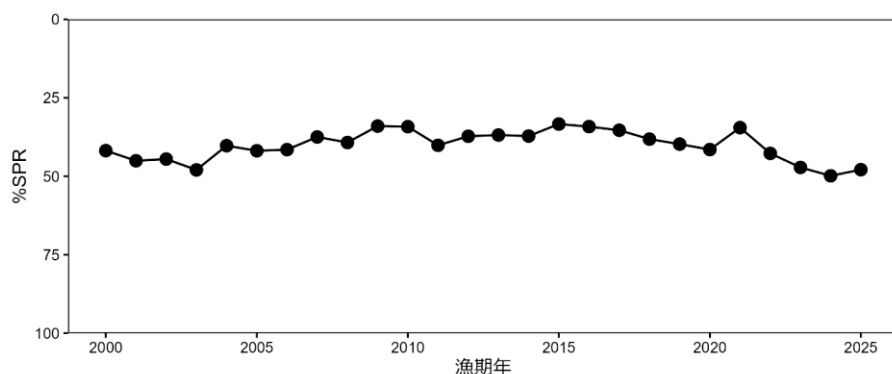


図 4-5. 漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移

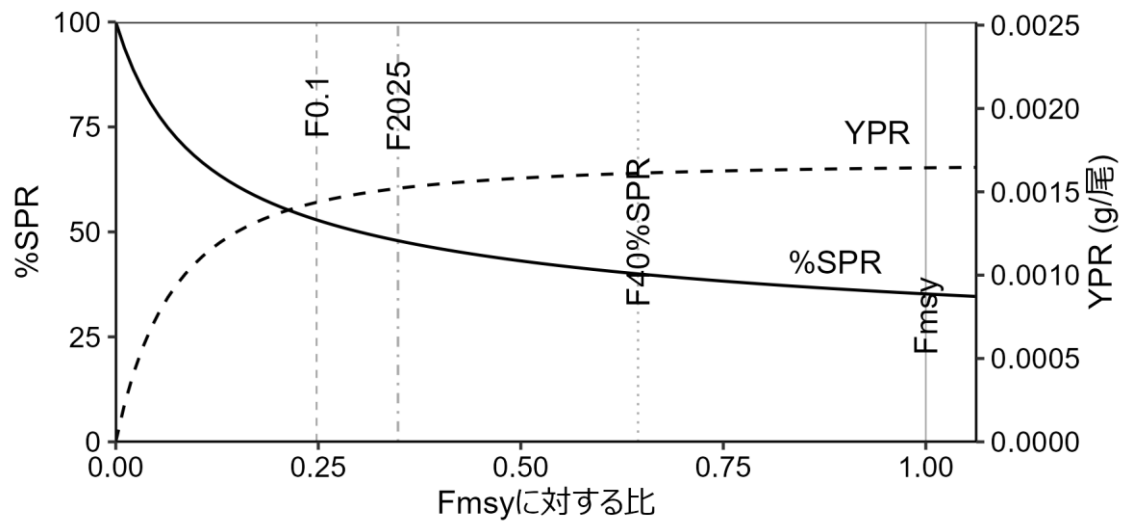
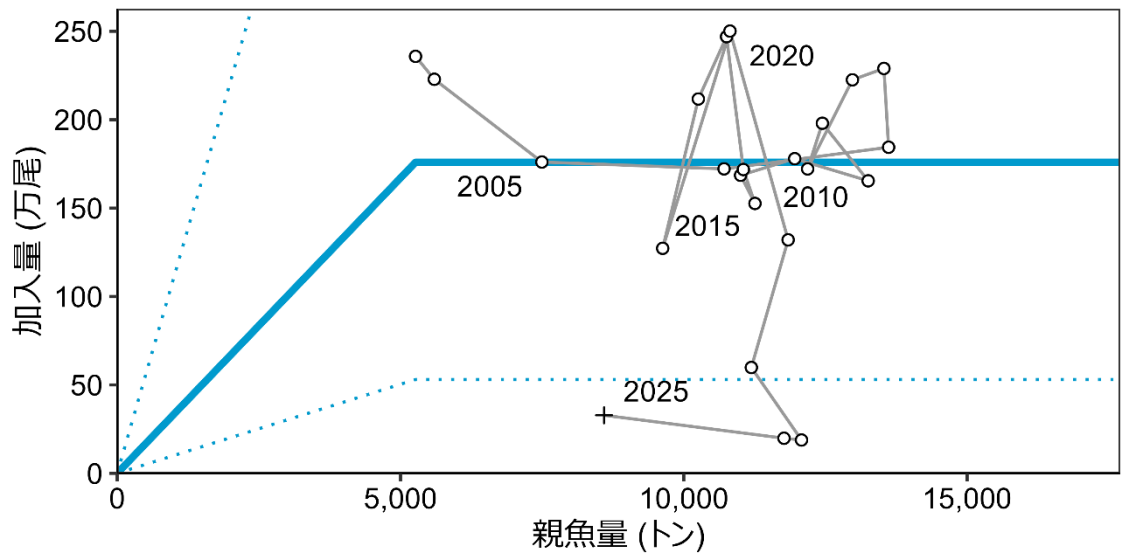
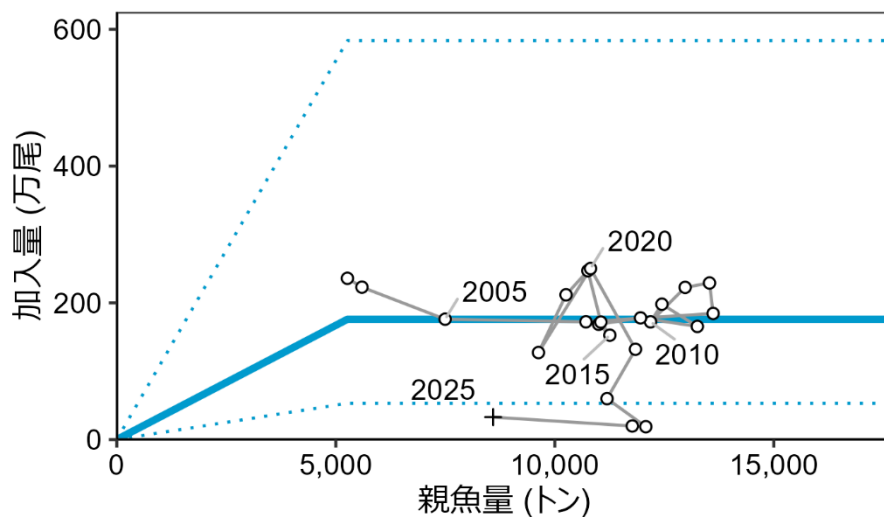


図 4-6. MSY を実現する水準の漁獲圧 (Fmsy) および現状の漁獲圧 (F2025) に対する YPR (破線) と%SPR (実線) の関係



関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 39.99
 パラメータ推定に利用 (丸), 利用していない (バツ)



関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 39.99
 パラメータ推定に利用 (丸), 利用していない (バツ)

図 4-7. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係) 「管理基準値等に関する研究機関会議」(佐久間ほか 2026a) で適用されたホッカー・スティック型再生産関係式 (青実線)。点線は観測データの 90%が含まれると推定される範囲。灰丸は再生産関係を推定した時の観測値、黒丸は今年度評価に基づく 2000～2021 年の親魚量および 2003～2024 年の加入量の観測値、図中の数字は 3 歳魚としての加入年を示す。上図では詳細を、下図では信頼区間を含めた全体像を示した。

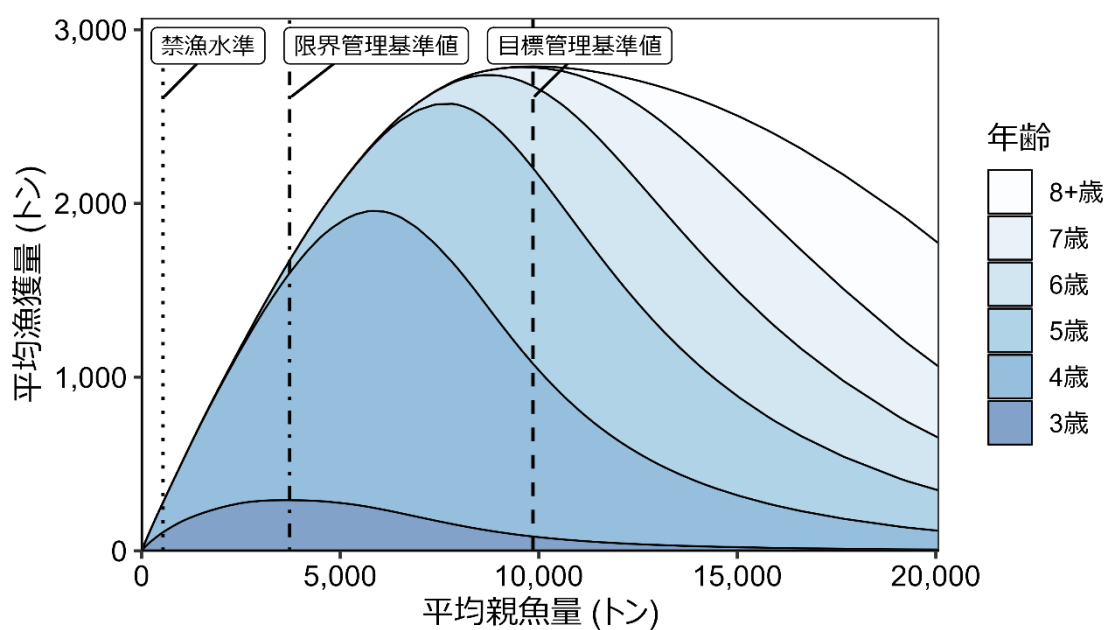


図 4-8. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量の関係（漁獲量曲線）

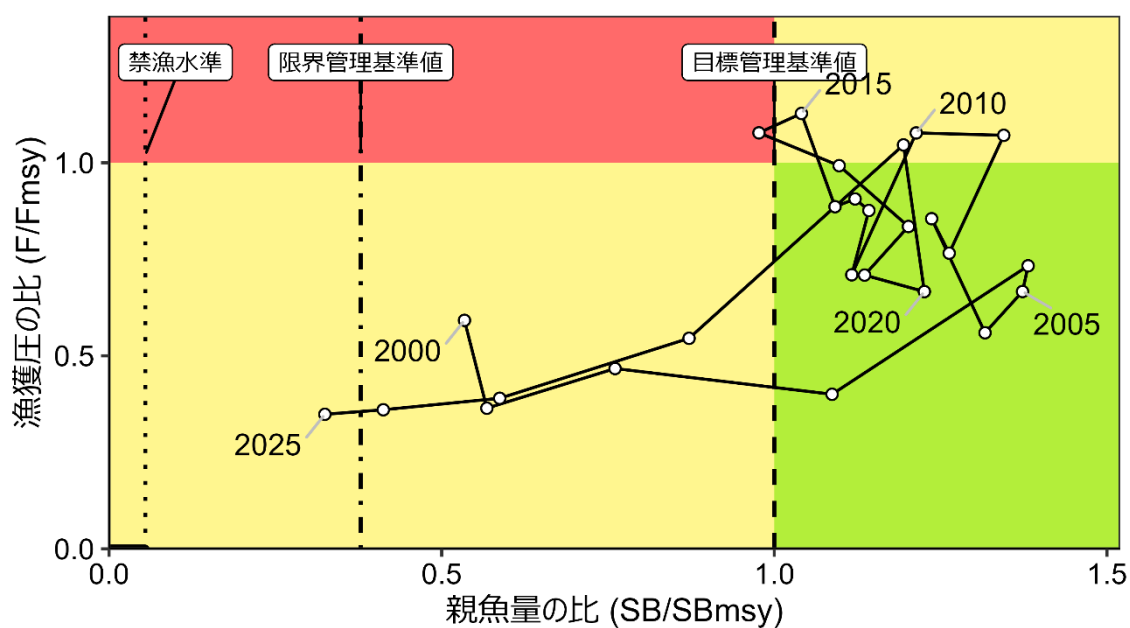
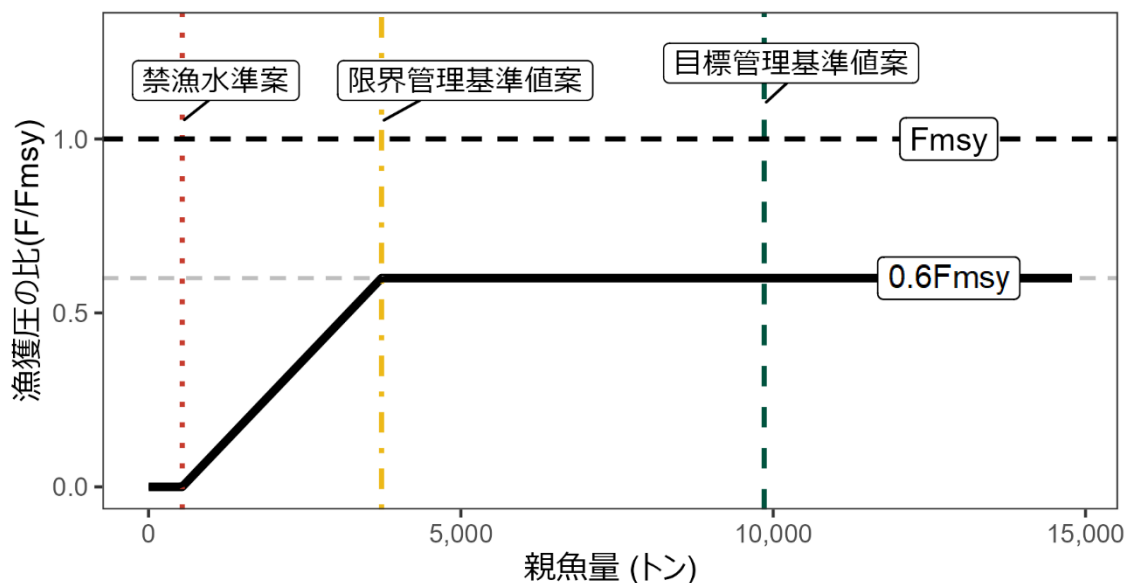


図 4-9. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

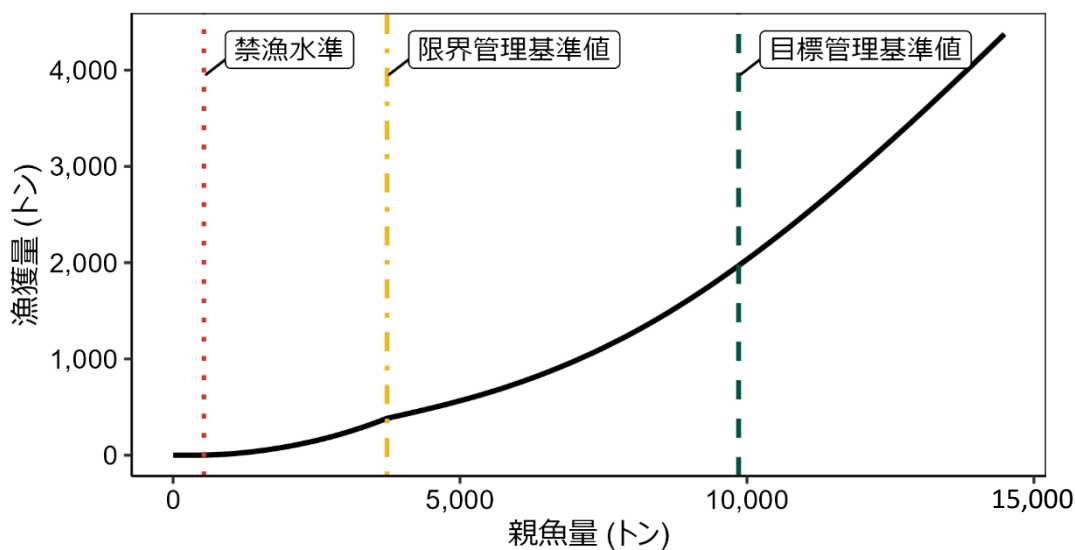


図 5-1. 漁獲シナリオに即した漁獲管理規則 ($\beta=0.6$)

目標管理基準値はホッカー・スティック (HS) 型再生産関係に基づき算出された最大持続生産量 MSY を実現する親魚量である。限界管理基準値および禁漁水準は、それぞれ MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量および MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量である。調整係数 β には 0.6 が用いられる。黒太線は漁獲シナリオに即した漁獲管理規則、黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.6F_{msy}$ 、赤点線は禁漁水準、黄一点鎖線は限界管理基準値、緑破線は目標管理基準値を示す。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、平衡状態における平均的な年齢組成となった場合の漁獲量を示している。

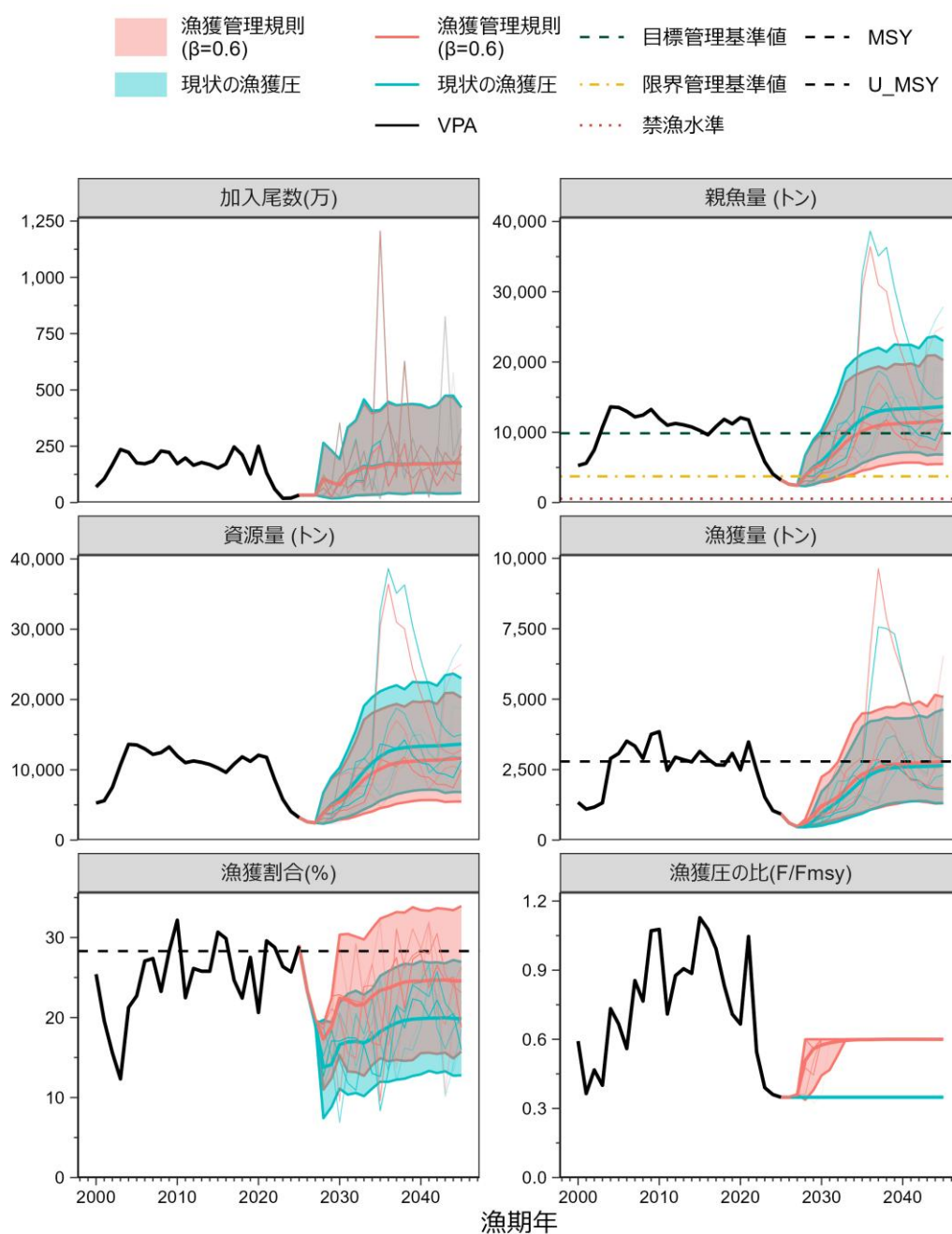


図 5-2. 管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測 (赤色) と現状の漁獲圧 (F2025) で漁獲を続けた場合の将来予測 (青色)

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、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準、漁獲量の図の黒破線は MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値を維持する漁獲割合の水準 (U_{msy}) を示す。2026 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧により仮定した。調整係数 β には 0.6 を用いた。

表 3-1. 県別漁獲量、および韓国漁獲量（暦年集計、トン）

年	日本海系群							日本海 西部*2	計	韓国
	青森*1	秋田	山形	新潟	富山	石川	計			
1964	85	555	134	210	536	1,837	3,357	1,118	4,475	-
1965	63	347	158	337	557	2,421	3,883	619	4,502	2,252
1966	57	277	231	438	402	1,745	3,150	418	3,568	2,211
1967	58	428	364	444	141	1,154	2,589	274	2,863	2,286
1968	37	306	300	431	127	1,057	2,258	530	2,788	2,218
1969	19	471	301	479	126	988	2,384	1,132	3,516	3,279
1970	19	332	178	341	59	746	1,675	81	1,756	2,753
1971	45	497	154	398	70	835	1,999	38	2,037	2,571
1972	37	329	130	331	181	872	1,880	18	1,898	757
1973	73	313	155	432	126	730	1,829	119	1,948	717
1974	123	453	301	588	110	711	2,286	420	2,706	1,365
1975	128	989	515	483	148	900	3,163	273	3,436	1,653
1976	299	1,161	519	671	127	1,225	4,002	216	4,218	435
1977	468	1,498	407	558	108	1,178	4,217	229	4,446	1,456
1978	351	895	445	425	107	1,691	3,914	139	4,053	1,841
1979	355	790	500	482	50	1,180	3,357	251	3,608	1,883
1980	421	818	330	229	66	858	2,722	277	2,999	844
1981	407	811	250	276	55	985	2,784	468	3,252	3,646
1982	508	528	209	280	83	1,967	3,575	369	3,944	4,462
1983	289	451	182	266	51	950	2,189	185	2,374	3,784
1984	658	457	293	287	39	874	2,608	158	2,766	902
1985	368	291	261	377	50	895	2,242	113	2,355	2,996
1986	245	201	148	340	72	1,101	2,107	118	2,225	919
1987	240	238	150	464	127	843	2,062	207	2,269	839
1988	484	508	507	832	110	1,192	3,633	168	3,801	1,200
1989	1,055	750	715	1,159	80	1,415	5,174	183	5,357	3,020
1990	862	762	493	883	76	1,277	4,353	116	4,469	487
1991	572	368	202	397	29	672	2,240	54	2,294	665
1992	347	214	140	240	17	376	1,334	39	1,373	439
1993	252	162	85	235	9	234	977	27	1,004	481
1994	312	230	98	187	19	365	1,211	25	1,236	473
1995	424	349	149	191	12	312	1,437	27	1,464	273

表 3-1. (続き)

年	日本海系群							日本海 西部*2	計	韓国
	青森*1	秋田	山形	新潟	富山	石川	計			
1996	490	447	276	317	7	201	1,738	22	1,760	472
1997	617	675	345	347	4	156	2,144	25	2,169	481
1998	685	606	265	166	4	113	1,839	28	1,867	476
1999	790	595	172	156	19	174	1,906	25	1,931	894
2000	569	436	204	199	11	262	1,681	30	1,711	1,766
2001	275	384	174	225	12	217	1,287	33	1,320	2,458
2002	199	456	157	187	13	238	1,250	65	1,315	1,968
2003	252	349	188	203	23	299	1,314	91	1,405	1,826
2004	277	411	367	339	22	541	1,957	108	2,065	2,641
2005	484	684	655	765	27	408	3,023	140	3,163	4,272
2006	352	559	644	896	14	590	3,055	229	3,284	6,810
2007	410	998	717	1,111	8	424	3,668	263	3,931	7,533
2008	352	649	509	797	8	422	2,737	335	3,072	5,396
2009	447	799	422	949	9	578	3,204	490	3,694	6,870
2010	335	900	399	817	11	1,160	3,622	704	4,326	7,289
2011	283	925	473	941	21	1,087	3,730	1,075	4,805	8,585
2012	181	728	300	639	14	677	2,539	1,012	3,551	8,682
2013	312	779	441	751	15	768	3,066	841	3,907	9,134
2014	273	581	329	776	27	943	2,929	1,034	3,963	13,401
2015	195	687	498	930	29	813	3,152	1,285	4,437	7,821
2016	375	549	501	751	27	773	2,976	923	3,899	4,994
2017	193	504	295	673	23	804	2,492	669	3,161	6,475
2018	246	619	471	599	17	713	2,665	643	3,308	7,511
2019	380	363	432	645	17	794	2,631	592	3,223	9,520
2020	682	481	445	555	17	732	2,912	778	3,690	10,323
2021	822	539	323	531	13	484	2,712	595	3,307	9,095
2022	995	545	461	609	11	530	3,151	481	3,632	7,305
2023	657	408	384	543	8	230	2,230	554	2,784	6,298
2024	456	216	253	482	8	54	1,469	859	2,328	6,737
2025*3	280	135	196	291	4	105	1,011	781	1,792	-

*1 小泊以南。

*2 福井～島根。

*3 暫定値。

表 3-2. 漁業種類別漁獲量（漁期年集計、トン）

年	底びき	刺し網	定置	釣・延縄	その他	計
2000	613	533	90	98	5	1,339
2001	616	286	87	100	7	1,096
2002	664	306	51	141	7	1,169
2003	740	383	63	127	6	1,319
2004	1,495	1,003	109	281	8	2,896
2005	1,612	1,094	113	232	22	3,073
2006	2,058	1,069	113	259	12	3,511
2007	1,930	1,018	69	312	8	3,337
2008	1,652	932	101	189	21	2,895
2009	1,703	1,438	316	279	15	3,751
2010	1,518	1,611	385	297	36	3,847
2011	1,038	926	220	270	18	2,472
2012	1,539	803	245	314	41	2,942
2013	1,074	1,244	210	278	45	2,851
2014	1,233	961	269	293	16	2,772
2015	1,542	740	323	491	50	3,146
2016	1,306	748	335	426	61	2,876
2017	1,460	506	270	389	43	2,668
2018	1,071	874	273	389	49	2,656
2019	1,303	1,132	225	372	47	3,079
2020	1,159	741	354	187	51	2,492
2021	1,205	1,077	937	190	73	3,482
2022	1,216	725	401	53	77	2,472
2023	596	678	184	37	32	1,527
2024	459	336	155	26	69	1,045
2025 ^{*1}	381	329	144	27	44	925

各県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

^{*1} 暫定値。

表 3-3. 沖底の漁獲成績報告書に基づくマダラ有漁網数（1972 年～）および標準化 CPUE（2000 年～）

漁期年	有漁網数					計
	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	
1972	4,447	3,521	1,210	5,989	5,065	20,232
1973	5,444	3,344	1,252	5,699	10,727	26,466
1974	5,343	3,374	1,108	4,957	10,704	25,486
1975	5,701	3,403	1,591	3,805	11,581	26,081
1976	6,206	4,441	2,005	4,491	12,292	29,435
1977	7,659	4,093	2,272	4,306	11,140	29,470
1978	7,052	5,020	3,010	6,812	9,072	30,966
1979	6,333	6,042	2,561	5,292	11,301	31,529
1980	7,043	8,043	1,938	4,279	15,230	36,533
1981	5,546	7,314	1,225	5,491	17,559	37,135
1982	6,984	7,718	1,576	4,704	16,133	37,115
1983	5,858	6,386	1,685	2,986	17,181	34,096
1984	6,124	5,075	1,172	2,625	18,964	33,960
1985	5,423	4,480	910	2,312	19,262	32,387
1986	5,844	4,699	1,413	2,171	10,116	24,243
1987	8,285	6,133	2,117	2,092	11,854	30,481
1988	9,194	7,925	9,914	2,399	10,628	40,060
1989	8,064	4,954	10,600	3,847	10,413	37,878
1990	6,097	3,676	8,359	2,998	7,124	28,254
1991	6,172	3,510	6,099	2,053	4,953	22,787
1992	4,481	2,047	4,117	1,623	3,019	15,287
1993	5,056	2,663	2,519	1,962	3,253	15,453
1994	5,854	3,399	3,673	2,363	3,352	18,641
1995	7,696	4,242	2,676	1,875	2,891	19,380
1996	8,281	3,161	4,048	1,398	2,160	19,048
1997	7,946	3,315	4,133	1,607	2,518	19,519
1998	6,571	2,667	2,398	1,026	4,133	16,795
1999	6,466	2,255	2,975	1,198	4,410	17,304

表 3-3. (続き)

漁期 年	有漁網数						標準化
	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	計	CPUE
2000	5,289	2,371	2,092	811	3,970	14,533	0.89
2001	5,625	2,875	1,918	659	2,385	13,462	0.79
2002	5,066	2,323	1,808	695	1,636	11,528	0.74
2003	4,599	2,529	1,440	426	2,369	11,363	0.73
2004	5,086	3,335	1,484	681	3,344	13,930	1.17
2005	7,167	4,071	1,130	276	2,940	15,584	1.18
2006	7,510	4,492	1,245	328	3,730	17,305	1.10
2007	8,945	4,461	878	146	3,174	17,604	1.12
2008	7,728	4,853	941	90	4,605	18,217	1.14
2009	7,280	4,007	894	139	5,764	18,084	1.32
2010	6,023	3,951	872	180	6,080	17,106	1.33
2011	5,768	4,512	828	203	5,567	16,878	0.88
2012	5,852	4,231	874	198	5,608	16,763	1.23
2013	5,554	4,843	864	317	6,568	18,146	1.04
2014	6,225	5,929	1,112	370	5,925	19,561	1.28
2015	5,085	4,618	1,033	498	4,739	15,973	1.18
2016	6,053	3,868	1,174	279	5,103	16,477	1.13
2017	5,694	3,255	798	256	5,188	15,191	1.18
2018	5,147	3,606	644	117	5,444	14,958	1.08
2019	5,675	3,561	701	77	4,680	14,694	1.02
2020	2,949	2,467	578	146	3,966	10,106	0.87
2021	3,952	2,457	840	171	3,433	10,853	1.13
2022	3,974	3,107	826	144	3,175	11,226	1.07
2023	2,404	2,451	371	75	2,136	7,437	0.66
2024	2,463	2,096	144	0	1,527	6,230	0.55
2025	934	1,108	138	0	559	2,739	0.21

表 4-1. 資源解析結果

年	漁獲量* ¹ (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 (3 歳魚、万尾)	漁獲割合 (%)	F/Fmsy	%SPR
2000	1,339	5,266	5,266	69	25	0.59	42
2001	1,096	5,597	5,597	106	20	0.36	45
2002	1,169	7,496	7,496	167	16	0.47	45
2003	1,319	10,710	10,710	236	12	0.40	48
2004	2,896	13,614	13,614	223	21	0.73	40
2005	3,073	13,532	13,532	176	23	0.67	42
2006	3,511	12,976	12,976	172	27	0.56	42
2007	3,337	12,185	12,185	184	27	0.86	37
2008	2,895	12,445	12,445	229	23	0.77	39
2009	3,751	13,254	13,254	223	28	1.07	34
2010	3,847	11,957	11,957	172	32	1.08	34
2011	2,472	11,002	11,002	198	22	0.71	40
2012	2,942	11,256	11,256	165	26	0.88	37
2013	2,851	11,051	11,051	178	26	0.91	37
2014	2,772	10,755	10,755	169	26	0.89	37
2015	3,146	10,256	10,256	153	31	1.13	33
2016	2,876	9,627	9,627	172	30	1.08	34
2017	2,668	10,815	10,815	247	25	0.99	35
2018	2,656	11,841	11,841	212	22	0.83	38
2019	3,079	11,192	11,192	127	28	0.71	40
2020	2,492	12,078	12,078	250	21	0.67	41
2021	3,482	11,768	11,768	132	30	1.05	34
2022	2,472	8,592	8,592	60	29	0.55	43
2023	1,527	5,787	5,787	19	26	0.39	47
2024	1,045	4,063	4,063	20	26	0.36	50
2025	925	3,197	3,197	33 ^{*2}	29	0.35	48

*¹ 漁期年集計した漁業種類別漁獲量の合計値。*² 直近 3 年間の平均値

表 5-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値を上回る確率

a) 目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	0	0	1	3	3	6	12	20	24	28	33	34
0.95			1	3	3	6	12	21	26	29	34	36
0.90			1	3	3	7	13	21	27	31	37	38
0.85			1	3	3	7	14	22	29	32	38	40
0.80			1	3	4	8	14	23	30	33	40	42
0.70			1	3	4	9	16	26	33	38	45	48
0.60			1	3	5	10	19	29	38	43	50	54
0.50			1	4	5	12	21	33	43	49	57	62
0.0			1	6	16	41	69	86	95	98	100	100
現状の 漁獲圧			1	4	6	15	26	40	51	61	68	72

b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	0	0	32	59	68	73	82	87	92	93	94	96
0.95			33	60	69	74	84	88	93	94	95	97
0.90			34	60	70	76	84	89	93	95	95	97
0.85			34	61	71	77	86	90	94	95	96	98
0.80			35	62	73	80	86	91	94	96	97	98
0.70			36	64	76	83	89	93	96	97	98	99
0.60			39	66	78	86	91	95	98	98	99	99
0.50			42	70	81	90	93	96	98	99	99	100
0.0			58	93	98	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧			39	71	84	91	95	97	99	99	100	100

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2026 年は現状の漁獲圧（F2025）とし、2027 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（ $\beta = 0.35$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5-2. 将来の平均親魚量（トン）

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	2593	2448	3574	4574	4932	5498	6351	7369	7962	8364	8829	9134
0.95			3599	4604	4983	5582	6451	7490	8111	8534	9006	9311
0.90			3625	4636	5037	5671	6557	7619	8269	8716	9194	9500
0.85			3653	4670	5094	5765	6672	7758	8439	8910	9396	9701
0.80			3681	4706	5154	5866	6795	7907	8619	9118	9611	9916
0.70			3741	4787	5285	6087	7073	8239	9021	9578	10092	10395
0.60			3807	4881	5435	6341	7400	8630	9493	10116	10656	10961
0.50			3878	4992	5610	6637	7792	9101	10057	10761	11338	11648
0.0			4350	6066	7511	9861	12491	15343	17755	19894	21877	23357
現状の漁獲圧			3819	5063	5866	7060	8367	9834	10985	11885	12597	12969

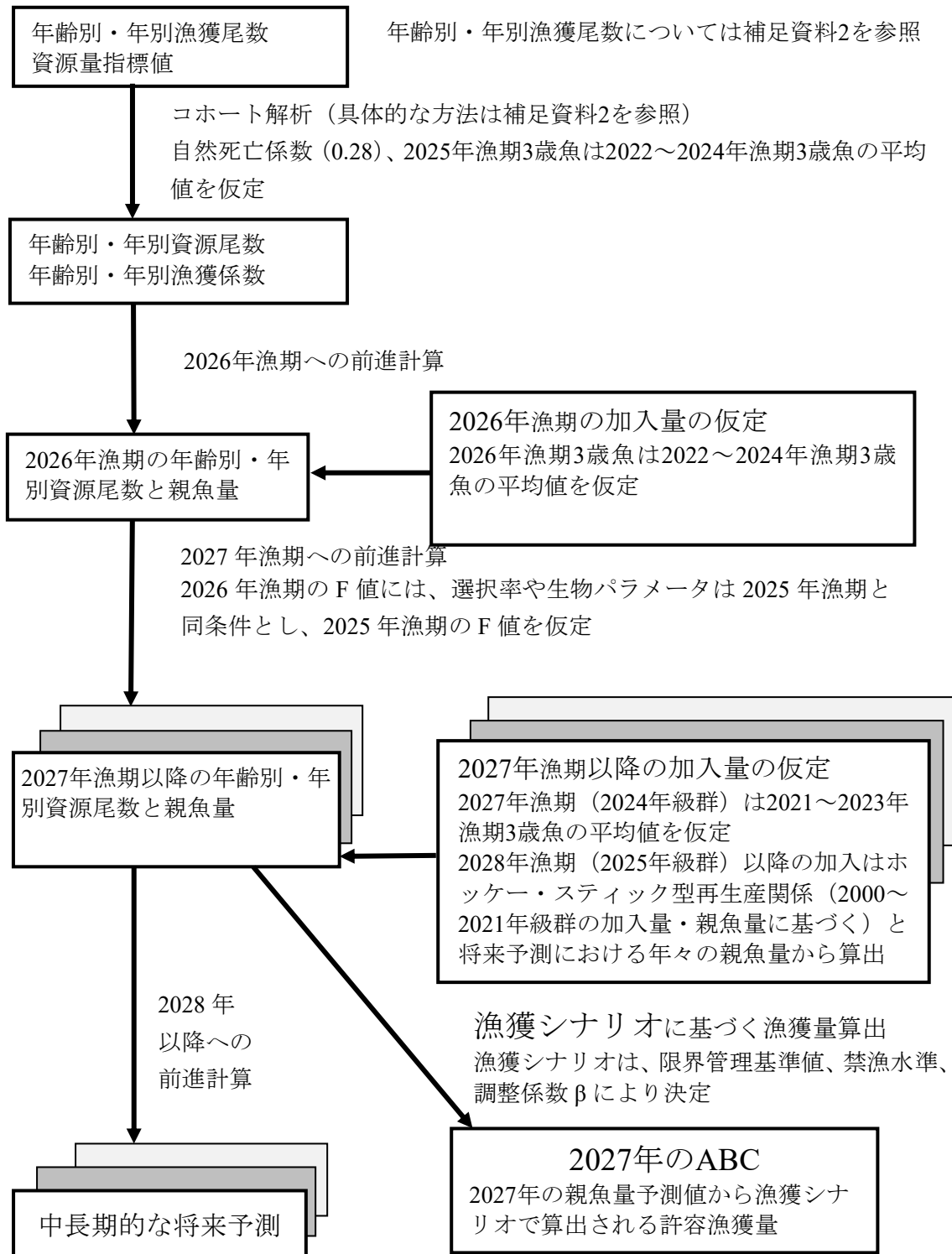
β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2026 年は現状の漁獲圧（F2025）とし、2027 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（ $\beta = 0.35$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5-3. 将来の平均漁獲量（トン）

β	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
1.00	607	684	729	1081	1404	1450	1622	1924	2194	2341	2435	2590
0.95		664	722	1063	1389	1446	1618	1919	2192	2348	2444	2596
0.90		643	715	1045	1372	1442	1613	1912	2189	2353	2453	2602
0.85		621	707	1026	1353	1435	1607	1904	2184	2357	2460	2606
0.80		598	698	1006	1332	1428	1600	1894	2178	2360	2466	2610
0.70		549	675	962	1284	1405	1583	1869	2158	2358	2474	2612
0.60		495	645	911	1224	1370	1558	1834	2126	2346	2472	2605
0.50		435	604	851	1150	1318	1520	1783	2075	2315	2454	2585
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の 漁獲圧		471	494	694	971	1171	1391	1620	1891	2159	2333	2476

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測結果を示す。2026 年は現状の漁獲圧（F2025）とし、2027 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（ $\beta = 0.35$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。なお、2027～2037 年漁期の漁獲量の平均値は、2021～2025 年漁期の月別平均漁獲比率（補足表 2-7）を用い、7 月～翌年 6 月までの漁獲量の値に換算した値を示した。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 計算方法

(1) 年齢別漁獲尾数

マダラ日本海系群の年齢別漁獲尾数（補足表 2-1）は、漁期年集計の県別漁業種類別漁獲量および漁獲物の体長組成に基づき求めた。県別漁業種類別漁獲量は、農林統計の漁業種類別漁獲量（年計）を各県統計値に基づく漁業種類別の月別比率で案分し、年度単位で再集計した値を用いた（本文、図 3-2）。青森県～富山県の底びき網、刺網、および石川県の全漁業の年齢別漁獲尾数は、それぞれの漁獲物体長測定データ（刺網：青森県産業技術センター水産総合研究所、底びき網：山形県水産試験場、石川県全漁業：石川県水産総合センター）から漁獲物の体長組成を得たのち、年齢－体重関係および体長－体重関係により年齢組成および平均体重を求め、漁業種類別漁獲量を平均体重で除して得られた総個体数を年齢組成に基づき按分して算出した。青森県～富山県のその他の漁業（定置網、延縄、釣等）に関しては、漁獲量を底びき網および刺網に均等に割り振ることで、年齢別漁獲尾数に加えた。なお、2000～2004 年の刺網については測定データが得られなかったため、底びき網と刺網の体長組成比（2005～2014 年平均）に底びき網の組成を乗じて求めた。

(2) 資源計算方法

年齢別資源尾数（補足表 2-2）、資源量（補足表 2-3）、漁獲割合および年齢別 F 値（補足表 2-4）は、コホート解析（Tuned Virtual Population Analysis：以下、チューニング VPA）により求めた。解析には R パッケージ frasyr（コミット番号：2edf950）を用いた。解析の起点を 4 月 1 日、年齢構成を 3～7 歳および 8 歳以上をまとめたプラスグループ（8+）とした。漁獲および産卵の重心は翌 2 月となるため、実際に漁獲される個体の年齢は漁期開始時点からほぼ 1 年進んだものとなる。従って、成熟率は本海域のマダラの 4 歳以上の成熟率に従って 100%、年齢は漁獲重心の 2 月 1 日を想定して、年齢+10/12 歳の体長に対応する体重を適用した。

計算には Pope（1972）の近似式を用い、年齢の起算日を 4 月 1 日、漁獲半年後の 10 月 1 日（frasyr のデフォルト）とした。最高齢グループの計算については平松（2000）の方法を用いた。計算には年齢別漁獲尾数と年齢別平均体重を用い、自然死亡係数（M）は田内・田中の式（田中 1960）に基づき寿命（9 歳）との関係から 0.28 とした。最終年の F 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推定方法（リッジ VPA；Okamura et al. 2017）を適用した。

各年の年齢別資源尾数 $N_{a,y}$ は（1）式により計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{5}{6}M\right) \quad (1)$$

ここで、 $N_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$ および M は、それぞれ、y 年における a 歳魚の資源尾数、漁獲尾数および自然死亡係数である。7 歳および 8+歳の資源尾数 $N_{7,y}$ および $N_{8+,y}$ は、以下の（2）および（3）式により求めた。

$$N_{7,y} = \frac{C_{7,y}}{C_{7,y}+C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{7,y} \exp\left(\frac{5}{6}M\right) \quad (2)$$

$$N_{8+,y} = \frac{C_{8+,y}}{C_{7,y}+C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{8+,y} \exp\left(\frac{5}{6}M\right) \quad (3)$$

最近年の4歳以上の資源尾数 $N_{a,y}$ は最近年の年齢別 F 値を用いて (4) 式により求め、3歳の資源尾数については、後退法による VPA の特性である最近年加入量の不確実性を考慮し、年級群豊度が低いことが分かっている近3年 (2022~2024 年) の加入量 (2019~2021 年級群に相当する) の平均値を適用した。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{5}{6}M\right)}{1 - \exp(-F_{a,y})} \quad (4)$$

最近年を除く各年の年齢別 F 値 $F_{a,y}$ は (5) 式により求めた。7歳と8+歳の F 値は等しいと仮定した。

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{5}{6}M\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (5)$$

各年漁期開始時点の資源量 B_y および親魚量 SSB_y は漁獲後の4月1日時点の値として (6) 式により求めた、(補足表 2-5)。

$$B_y = SSB_y = \sum_{a=3}^{8+} \left(N_{a,y} \exp\left(-\frac{5}{6}M\right) - C_{a,y} \right) w_a \quad (6)$$

ここで、 w_a は a 歳における体重である。

直近年 (2024 年漁期) の漁獲係数は、リッジ VPA (Okamura et al. 2017) により推定した。リッジ VPA では最終年の F の大きさに応じてペナルティを課すことで、F の推定を安定化させる。本系群ではまず、最高齢の F 値について、過去4年分のレトロスペクティブ分析結果に基づき、レトロスペクティブパターンの指標である Mohn's ρ を計算し、これを最小化するようなペナルティの重み λ ($0 \leq \lambda < 1$) を得た。指標値には沖底標準化 CPUE (補足図 2-1、別途説明文書 (FRA-SA2026-SC03-xxxx) に詳細を記載) を用いた。チューニング期間は昨年度評価に従い 2004 年以降とした。目的関数 (7) を最小化するような最近年の8+歳の F 値を探索的に求めた。

$$(1 - \lambda) \sum_y [\ln(I_y) - \ln(qB_y)]^2 + \lambda \sum_{a=3}^8 F_a^2 \quad (7)$$

ここで I_y は y 年の資源量指標値、 q は資源量指標値と資源量との比例係数、 N_y は VPA により推定された y 年の資源量、 F_a は最近年の a 歳の F 値である。計算の結果、 $\lambda=0.01$ において Mohn's ρ の絶対値が最も小さくなったため、これを用いて目的関数を最小化する際近

年の7歳および8+歳のF値を求めた。また、最近年4～6歳のF値については、過去3年間の平均選択率に従い(8)式により求めた。

$$F_{a,y} = \frac{1}{3} \left(\frac{F_{a,y-1}}{F_{8+,y-1}} + \frac{F_{a,y-2}}{F_{8+,y-2}} + \frac{F_{a,y-3}}{F_{8+,y-3}} \right) F_{8+,y} \quad (8)$$

なお、前述の通り3歳についてはVPAにおける直近年若齢における資源量推定の不確実性に鑑み、直近3年間の平均尾数を適用しており、平均選択率に基づくF値とは異なる値となる。

チューニング指標値には日本海沖底の標準化CPUEを用いた。本系群では2019年度まで青森県、秋田県および石川県における刺網漁業のCPUEをチューニング指標値に用いていたが、標準化を施していないこれらのCPUEを指標値として用いることで顕著なレトロバイアスが見られたため、現在はチューニング指標値として利用していない。なお、今年度のレトロスペクティブ分析の結果は補足図2-2に示した。残差には特定のパターンが見られなかったことから、結果は妥当と判断した(補足図2-3)。

(3) 将来予測方法

将来予測は、「令和8(2026)年度 漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針」の1系資源の管理規則に従い、「管理基準値等に関する研究機関会議」においてSB_{msy}を維持するF(F_{msy})の推定に用いられた再生産関係(佐久間ほか2026)を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には資源計算と同様にfrasyrを用いた。

本系群では、選択率および年齢別体重が、豊度の高い年級群の成長に伴って更新される傾向にある。従って、これらの変数には最新の値を適用した方が、より現実的と考えられるため、将来予測における選択率および年齢別体重は直近年の値としている(補足表2-6)。

資源尾数の予測は(9)式に基づく前進計算で求めた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (9)$$

8+歳については、前年の7歳および8+歳の和から前進させて求めた。

ここで、本系群では2024年級群(2027年加入)まで3歳魚の加入量水準が極めて低いことが調査船調査から分かっている(補足資料4)。従って、2026年漁期および2027年漁期の加入量は年級群豊度が低いことが分かっている近3年(2022～2024年)の加入量(2019～2021年級群に相当する)の平均値とした。

将来予測における漁獲圧(F)は1系資源の漁獲管理規則に従い、以下の(10)式および(11)式で求めた。

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{ban} \\ \beta \gamma(SB_t) F_{msy} & \text{if } SB_{ban} \leq SB_t \leq SB_{limit} \\ \beta F_{msy} & \text{if } SB_t \geq SB_{limit} \end{cases} \quad (10)$$

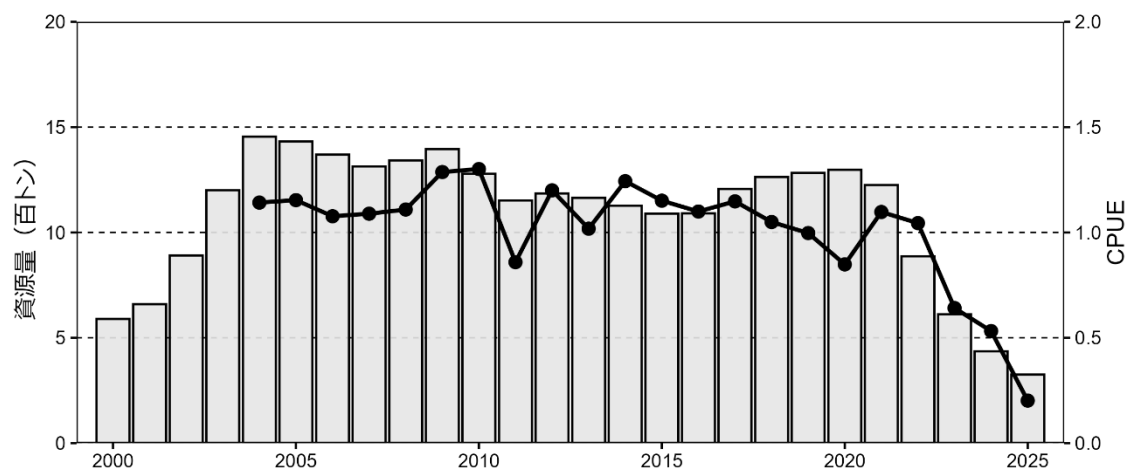
$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}} \quad (11)$$

ここで、 SB_y は y 年の親魚量、 F_{msy} および SB_{target} 、 SB_{limit} 、 SB_{ban} はそれぞれ補足表 3-2 に示した親魚量の基準値である。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 2-6 の平均体重を乗じて求めた。

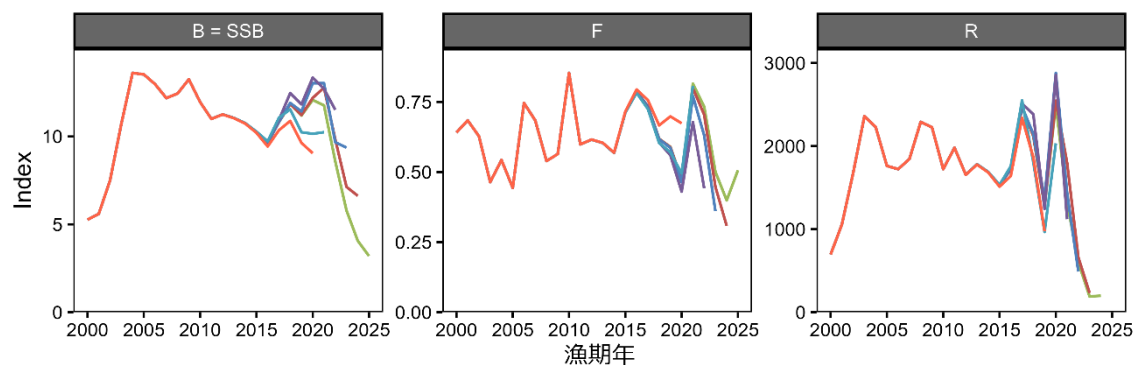
なお、前述の通り、本系群の漁獲量は漁期年集計（4～翌3月）の漁業種類別県別漁獲量に基づき、将来予測における漁獲量も漁期年に従う。一方、TAC 管理は管理年度（7月～翌年6月）に従う。そこで、漁獲シナリオに基づく予測漁獲量を、県統計に基づく過去5年平均の月別漁獲量割合に基づいて按分し、当年7月～翌年6月の値に再集計した。県統計に基づく過去5年間の月別漁獲量と、それらに基づく月別割合を補足表 2-7 に示す。月別漁獲量割合は1、2月に高く、概ね年間漁獲量の5割を占めた。また、11月から翌年3月の5か月間で見ると、その割合は8割となった。

引用文献

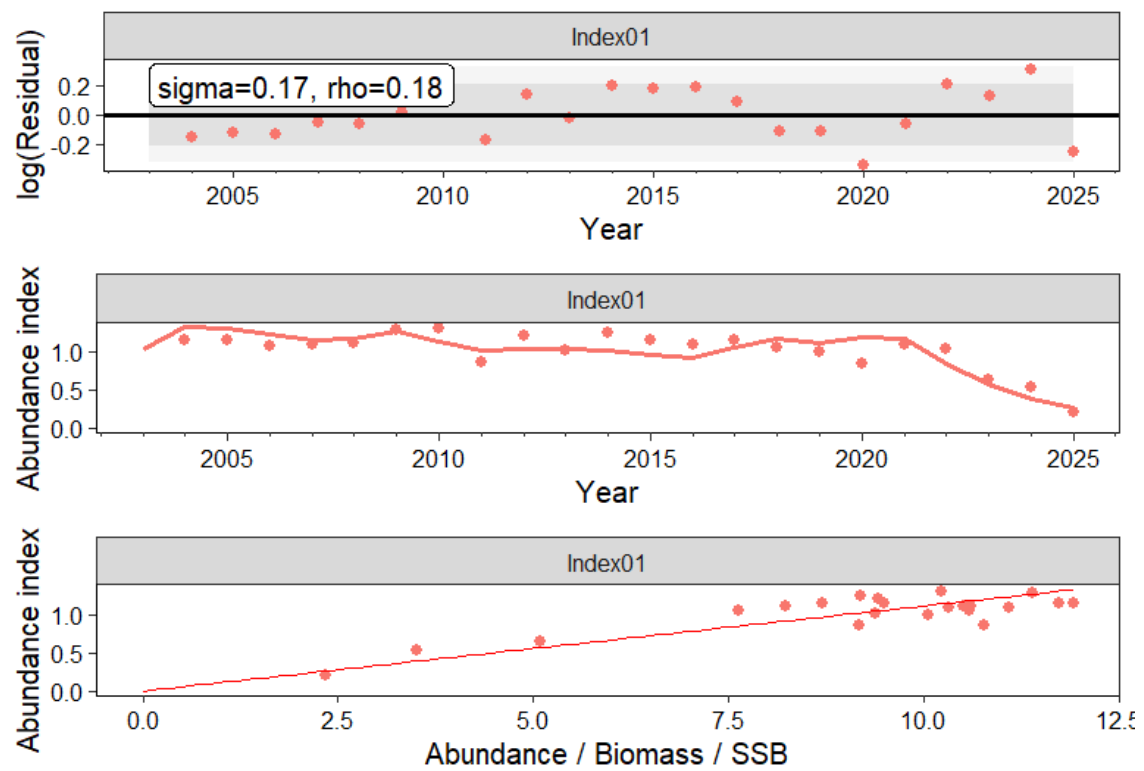
- 平松一彦 (2000) VPA. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－, 水産資源保護協会, 104-128.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., 74, 2427-2436
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., 9, 65-74.
- 佐久間啓・藤原弘貴・内藤大河・木下 堇・佐藤信彦・飯田真也・白川北斗 (2026) 令和 8 (2026) 年度マダラ本州日本海北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. 1-27.
- 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.



補足図 2-1. 沖底漁獲量（棒グラフ）および沖底標準化 CPUE（折れ線グラフ）のトレンド
CPUE は全年の平均値で除して規格化した。



補足図 2-2. レトロスペクティブ分析の結果得られた資源量 (B)、親魚量 (SSB)、ターミナル F (最高齢 F)、3 歳魚加入尾数 (R) のトレンド 資源計算では 3 歳魚加入尾数の直近年の値に仮定値を用いてきたため、直近年 1 年前の値までについて掲載している。



補足図 2-3. チューニングによる対数残差（上段）、資源量および親魚量と標準化 CPUE の時系列変化（中段）、およびそれらの対応関係（下段）

補足表 2-1. 年齢別漁獲尾数（千尾）

年齢	年													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
3	20	11	43	102	218	102	37	137	153	375	166	117	181	238
4	87	47	109	130	348	323	188	318	278	458	407	237	289	268
5	117	84	91	95	216	291	293	283	242	245	325	208	244	223
6	84	79	55	56	103	133	233	145	126	109	143	110	122	106
7	34	37	24	22	35	43	102	58	48	43	58	41	46	42
8+	9	12	10	7	9	11	34	27	17	23	38	15	15	20

年齢	年											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	176	251	158	241	250	20	151	205	17	5	8	3
4	271	280	275	244	398	344	178	499	123	44	14	16
5	229	213	254	209	172	347	229	181	308	120	48	22
6	112	115	108	107	50	136	128	89	73	123	83	58
7	41	85	27	38	22	22	42	78	96	54	60	58
8+	18	20	37	12	17	9	8	34	16	14	17	34

補足表 2-2. 年齢別資源尾数（千尾）

年齢	年													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
3	695	1,056	1,674	2,358	2,229	1,761	1,722	1,844	2,290	2,226	1,722	1,980	1,654	1,780
4	482	507	789	1,227	1,689	1,480	1,236	1,269	1,266	1,588	1,328	1,145	1,388	1,080
5	354	282	339	493	806	947	813	756	658	694	765	617	641	776
6	192	157	133	170	283	404	439	336	303	267	291	270	268	253
7	63	65	43	48	75	116	179	110	116	109	97	84	99	87
8+	18	20	19	14	19	29	59	51	41	57	63	30	33	42

年齢	年											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	1,686	1,526	1,718	2,470	2,117	1,273	2,501	1,321	599	188	198	328
4	1,121	1,109	916	1,151	1,641	1,365	944	1,750	805	437	138	143
5	562	590	573	431	639	863	705	545	849	492	289	91
6	374	207	244	191	128	320	322	316	240	349	258	174
7	91	177	48	81	43	48	112	122	155	112	147	116
8+	38	41	65	25	32	20	23	54	26	30	42	69

補足表 2-3. 年齢別資源量（トン）

年齢	年													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
3	1,278	1,943	3,082	4,341	4,102	3,241	3,169	3,395	4,215	4,096	3,169	3,644	3,045	3,275
4	1,337	1,408	2,191	3,406	4,687	4,108	3,430	3,522	3,515	4,408	3,685	3,179	3,852	2,998
5	1,314	1,048	1,261	1,833	2,993	3,517	3,021	2,810	2,443	2,578	2,844	2,293	2,383	2,882
6	882	720	613	783	1,304	1,857	2,021	1,546	1,392	1,226	1,341	1,241	1,235	1,164
7	343	351	233	259	407	627	965	595	627	589	526	455	535	471
8+	111	127	116	89	121	182	370	318	253	357	393	190	206	261
合計	5,266	5,597	7,496	10,710	13,614	13,532	12,976	12,185	12,445	13,254	11,957	11,002	11,256	11,051

年齢	年											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	3,103	2,809	3,162	4,545	3,897	2,342	4,604	2,430	1,102	347	365	605
4	3,112	3,079	2,543	3,195	4,555	3,789	2,621	4,858	2,234	1,213	382	396
5	2,089	2,194	2,128	1,603	2,372	3,207	2,620	2,025	3,156	1,829	1,075	339
6	1,722	953	1,122	878	587	1,470	1,483	1,454	1,103	1,607	1,188	798
7	489	955	257	439	232	262	606	660	834	605	794	628
8+	240	266	415	155	199	123	143	342	164	187	259	432
合計	10,755	10,256	9,627	10,815	11,841	11,192	12,078	11,768	8,592	5,787	4,063	3,197

補足表 2-4. 年齢別 F 値

年齢	年													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
3	0.037	0.013	0.033	0.056	0.132	0.076	0.028	0.098	0.088	0.239	0.130	0.078	0.149	0.184
4	0.258	0.124	0.192	0.143	0.301	0.321	0.213	0.380	0.324	0.452	0.488	0.302	0.304	0.375
5	0.537	0.471	0.412	0.277	0.413	0.490	0.606	0.638	0.625	0.590	0.765	0.555	0.652	0.451
6	0.803	1.009	0.744	0.536	0.614	0.537	1.105	0.785	0.743	0.729	0.963	0.724	0.847	0.749
7	1.106	1.244	1.193	0.886	0.899	0.619	1.263	1.102	0.728	0.689	1.388	0.967	0.872	0.932
8+	1.106	1.244	1.193	0.886	0.899	0.619	1.263	1.102	0.728	0.689	1.388	0.967	0.872	0.932
平均	0.641	0.684	0.628	0.464	0.543	0.444	0.746	0.684	0.539	0.565	0.854	0.599	0.616	0.604

年齢	年											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	0.141	0.233	0.123	0.131	0.161	0.020	0.079	0.217	0.036	0.036	0.053	0.011
4	0.363	0.383	0.475	0.311	0.365	0.383	0.272	0.445	0.214	0.135	0.132	0.153
5	0.721	0.606	0.821	0.940	0.415	0.707	0.525	0.544	0.611	0.368	0.234	0.365
6	0.471	1.194	0.821	1.216	0.690	0.768	0.692	0.437	0.483	0.587	0.520	0.543
7	0.857	0.933	1.239	0.906	1.041	0.830	0.639	1.624	1.528	0.939	0.728	0.984
8+	0.857	0.933	1.239	0.906	1.041	0.830	0.639	1.624	1.528	0.939	0.728	0.984
平均	0.568	0.714	0.786	0.735	0.619	0.590	0.474	0.815	0.733	0.501	0.399	0.507

補足表 2-5. 年齢別体重 (g)

年齢	年													
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
3	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841
4	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
5	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715
6	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
7	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399
8+	6,246	6,236	6,228	6,238	6,245	6,244	6,236	6,233	6,244	6,228	6,217	6,237	6,245	6,228

年齢	年											
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
3	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841	1,841
4	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
5	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715	3,715
6	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
7	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399	5,399
8+	6,232	6,413	6,380	6,266	6,126	6,097	6,297	6,332	6,228	6,276	6,172	6,244

補足表 2-6. 将来予測に用いたパラメータ値

年齢	自然死亡 係数	成熟率	平均体重(g) (注 1)	選択率 (注 2)	Fmsy (注 3)	F2025 (注 4)
3	0.28	1.0	1,841	0.012	0.033	0.011
4	0.28	1.0	2,776	0.155	0.438	0.153
5	0.28	1.0	3,715	0.371	1.047	0.365
6	0.28	1.0	4,600	0.552	1.559	0.543
7	0.28	1.0	5,399	1.000	2.824	0.983
8歳以上	0.28	1.0	6,244	1.000	2.824	0.983

注 1：2025 年の平均体重。

注 2：2025 年の選択率。

注 3：注 2 の選択率の下で、「管理基準値等に関する研究機関会議」（佐久間ほか 2026a）で推定された年齢別 Fmsy と同じ漁獲圧を与える F 値を%SPR 換算して求めた値。

注 4：2025 年の F 値。

補足表 2-7. 各県漁獲統計に基づく過去 5 か年の月別漁獲量（トン）および割合

月	漁獲量(トン)					漁獲量	割合
	2021	2022	2023	2024	2025		
1	537	978	500	441	327	557	26%
2	650	730	890	743	420	687	32%
3	402	504	379	149	173	321	15%
4	99	197	88	76	76	107	5%
5	68	127	71	32	33	66	3%
6	70	44	37	16	13	36	2%
7	5	3	2	1	2	3	0%
8	5	2	2	1	1	2	0%
9	45	39	10	8	5	21	1%
10	93	70	28	14	8	43	2%
11	182	142	74	22	37	91	4%
12	500	187	159	17	59	184	9%
合計	2,656	3,023	2,240	1,520	1,154	2,119	100%

補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 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・スティック型	最小絶対値法	なし	0.334	5,266	0.73	-

補足表 3-2. 管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBmsy	9,855 トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	3,729 トン	限界管理基準値。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban	538 トン	禁漁水準。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳以上) =(0.03, 0.44, 1.05, 1.56, 2.82, 2.82)	
%SPR (Fmsy)	35%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	2,789 トン	最大持続生産量

補足表 3-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2025	3,197トン	2025 年の親魚量
F2025	2025 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳以上)= (0.01, 0.15, 0.37, 0.54, 0.98, 0.98)	
U2025	29%	2025 年の漁獲割合
%SPR (F2025)	48%	2025 年の%SPR
管理基準値との比較		
SB2025/ SBmsy	0.32	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2025 年の親魚量の比
F2025/ Fmsy	0.35	SBmsy を維持する漁獲圧に対する 2025 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	目標管理基準値の水準を下回る	
漁獲圧の水準	SBtarget を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	減少	

補足表 3-4. 2027 年の予測親魚量と予測漁獲量

2027 年の親魚量(予測平均値):2,448トン				
項目	2027 年の 漁獲量 予測平均値 (トン)* ¹	90% 予測区間 (トン)* ²	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2025)	2026 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	683	-	0.60	28
$\beta=0.95$	661	-	0.57	27
$\beta=0.90$	639	-	0.54	26
$\beta=0.85$	615	-	0.51	25
$\beta=0.80^{*3}$	591	-	0.48	24
$\beta=0.70$	538	-	0.42	22
$\beta=0.60$	481	-	0.36	20
$\beta=0.50$	419	-	0.30	17
$\beta=0.00$	0	-	0.00	0
現状の漁獲圧	471	-	0.35	19

*¹ 漁獲量の予測平均値は 2027 年漁期の値で、ABC として算定される管理年度（7 月～翌 6 月）単位の再集計値とは異なる。

*² 2027 年漁期の加入量には 2022 年漁期～2024 年漁期の加入量の平均値を用いており、漁獲量の予測平均値に不確実性を与える加入量のばらつきがないため、単一値となる。

*³ 漁獲シナリオで使用する β

補足表 3-5. ABC と予測親魚量

2027 年の ABC (トン)	2027 年の親魚量 予測平均値 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/ F2025)	2027 年の 漁獲割合 (%)
495	2,448	1.03	20
コメント: ・ABC の算定には、「管理基準値等に関する研究機関会議」で提案された漁獲管理規則を用いた。 ・本系群の漁獲シナリオでは、調整係数 $\beta=0.6$ が用いられる。 ・本系群の漁獲量は漁期年集計(4～3 月)に基づき、将来予測における漁獲量も漁期年に従う。一方、TAC 管理は管理年度(7 月～翌年 6 月)に従う。ABC の値は、2021～2025 年の月別平均漁獲比率を用いて、7 月～翌年 6 月の値に換算した値である。 ・新規加入量調査からは、2018 年級群以降の豊度が極めて低い水準にあると示されている。			

補足表 3-6. 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	2037 年の 親魚量** 予測平均 値 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2037 年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率 (%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
$\beta=1.0$	9,134	3,864 – 17,249	34	96	100
$\beta=0.95$	9,311	3,979 – 17,410	36	97	100
$\beta=0.90$	9,500	4,107 – 17,695	38	97	100
$\beta=0.85$	9,701	4,252 – 18,019	40	98	100
$\beta=0.80$	9,916	4,418 – 18,156	42	98	100
$\beta=0.70$	10,395	4,756 – 18,672	48	99	100
$\beta=0.60^*$	10,961	5,155 – 19,358	54	99	100
$\beta=0.50$	11,648	5,671 – 20,218	62	100	100
$\beta=0.00$	23,357	14,286 – 36,418	100	100	100
現状の漁獲圧	12,969	6,517 – 22,022	72	100	100

*漁獲シナリオで使用する β

補足資料 4 新規加入量調査の経過および結果

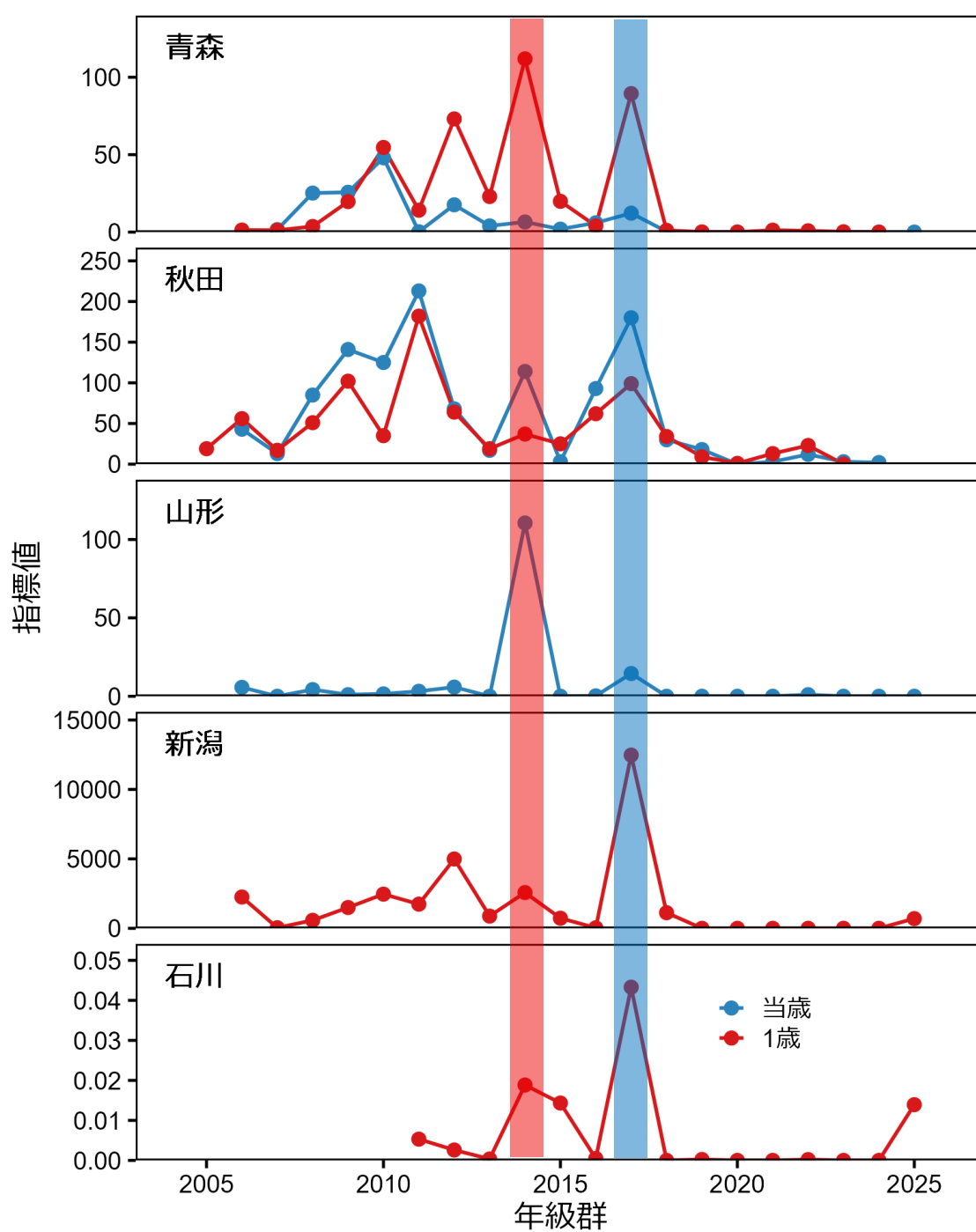
水産資源研究センターおよび青森県、秋田県、山形県、新潟県が実施した調査船調査の結果（2008 年以降）に基づき、マダラ当歳魚および 1 歳魚時点の加入量に関して検討した（補足図 4-1）。水産資源研究センターでは、石川県沖合（水深 190～550 m）において 5～6 月にかけて着底トロール調査を行っており（但州丸、兵庫県）、面積密度法により 1 歳魚（体長 250 mm 以下）の現存尾数が得られている（石川、補足図 4-1）。着底トロール調査におけるマダラの採集効率は年齢によって変化することが知られるが（上田ほか 2006）、日本海において年齢別採集効率を検討した事例はない。ここでは、年齢ごとの採集効率の変化を仮定せず、東北沖太平洋における 1～9 歳の採集効率（上田ほか 2006）の平均値から 0.24 とした。青森県産業技術センター水産総合研究所では、水深 100～350 m において 4～9 月に着底トロールを用いた新規加入量調査を行っており（青鵬丸、青森県）、面積密度法（採集効率 1）に基づく現存尾数が得られている。秋田県水産振興センターでは千秋丸（秋田県）により底びき網（かけ回し）を用いた調査が年間 20～30 曳網程度、通年行われており、1 曳網あたり漁獲量（CPUE）が得られている（秋田）。山形県水産試験場では 6～7 月自家用餌料びき網による調査を行っており、CPUE が得られている（山形県水産試験場、最上丸）。新潟県沖では、水産資源研究センターと新潟県水産海洋研究所が 4～5 月にかけて小底漁船による用船調査を行っており、かけ回しによる CPUE が得られている。

系群全体の比較から、2014、2017 年級群の豊度が高かったことが分かった。県によって加入量指標値（以下、単に指標値と呼ぶ）の動向は若干異なり、青森県ではこれらの年級群に加えて 2010、2012 年級群の指標値も高い傾向にあったものの、当歳魚の指標値は 2011 年級群以降低い傾向にあった。秋田県では、2011 年級群の指標値が高い傾向にあり、当歳魚と 1 歳魚で同様の結果が得られた。山形県では、2014 年級群の指標値が突出して高かったものの、2017 年級群についてもピークが見られた。新潟県では、2017 年級群および 2014 年級群以前に指標値が高い傾向にあった。石川県では、山形県とほぼ同様、2014 年級群と 2017 年級群のピークが見られた。

一方、2018 年以降の年級群についてはいずれの調査においても年級群豊度が極めて低いことが示唆された。周年にわたる調査に基づく秋田県の指標値では 2018 年級群以降の採集記録はあるものの、その水準は 2014、2017 年級群よりもはるかに低い。また、他の調査では、当歳魚もしくは 1 歳魚がほぼ採集されない状態が 2024 年級群まで継続している。本系群の加入量変動には、仔魚期の海洋環境が大きく影響することが示唆されている（佐久間ほか 2024）。当該資料でまとめた調査結果に加えて海洋環境を考慮した解析を実施することで、資源変動機構の理解につながると期待される。

引用文献

- 上田祐司・成松庸二・服部 努・伊藤正木・北川大二・富川なす美・松石 隆 (2006) VPA と着底トロール調査による資源量から推定された東北海域におけるマダラの漁獲効率. 日水誌, 72, 201-209.
- 佐久間啓・八木佑太・吉川 茜・飯田真也・白川北斗 (2025) 令和 6 (2024) 年度マダラ本州日本海北部系群の資源評価. 水産研究・教育機構. 1-62.



補足図 4-1. 各県の新規加入量調査におけるマダラ当歳魚および1歳魚時点の指標値
 代表的な高豊度年級群である2014年級群（赤）、2017年級群（青）について、図中に示した。指標値の単位は本文を参照のこと。

補足資料 5 日本海西部海域におけるマダラの資源状況

補足情報として、本州日本海北部系群には含まれない日本海西部（島根県以東、福井県以西）におけるマダラの分布、漁業の状況および資源の状態を以下の通りまとめた。

(1) 分布・回遊

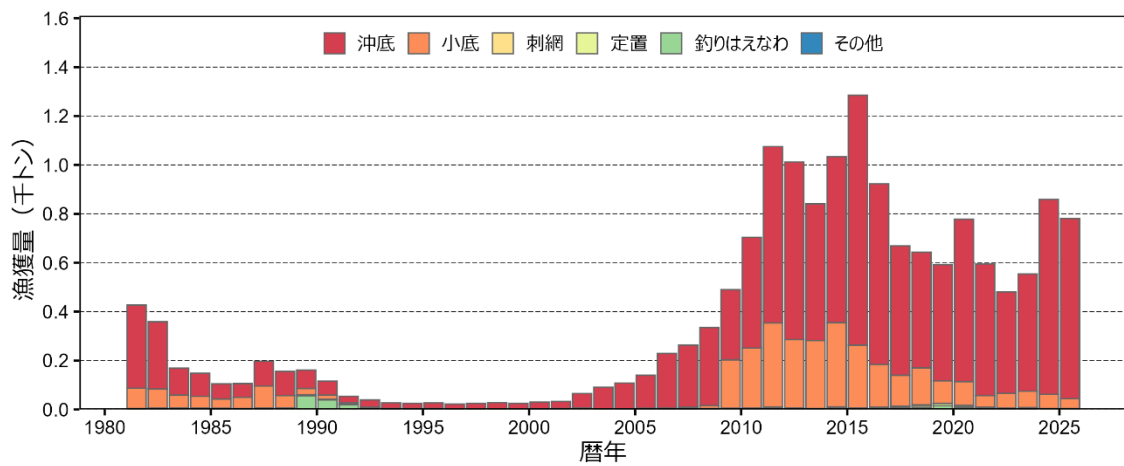
日本海西部のマダラは韓国東岸から能登半島にかけての本州沿岸に分布する。着底トロール調査の結果、隠岐諸島以西で分布密度が高く、但馬沖および若狭沖で低いことが示された（補足資料 6）。日本海西部、特に但馬沖以西のマダラは本系群で扱う石川県以北のマダラと遺伝的に区別可能とされ、これらは韓国近海（釜山沖）を産卵場とする来遊群と考えられている（Suda et al. 2017、Sakuma et al. 2019、平尾ほか 2024）。

(2) 漁業の状況

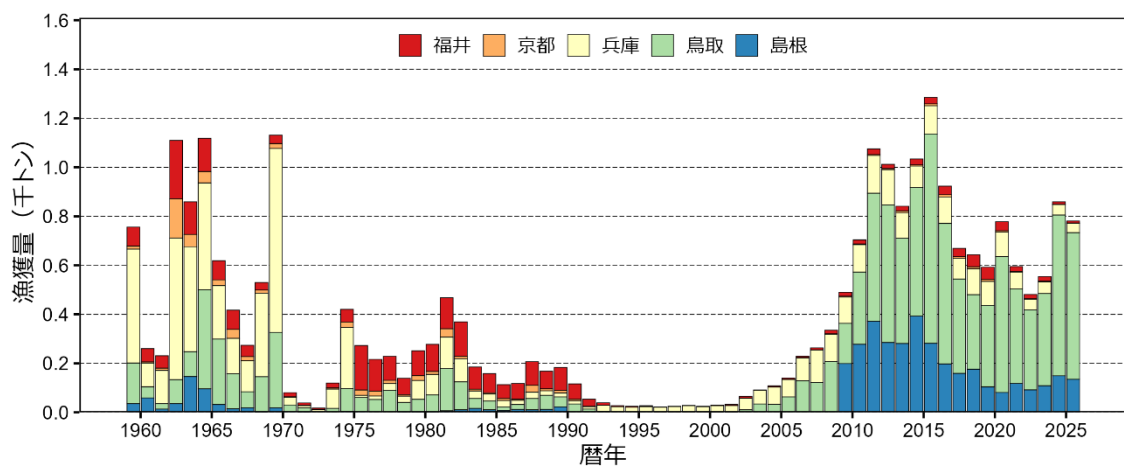
本海域における漁業の主体は底びき網であり、2025 年には漁獲量全体の 94%が沖底、5%が小底により漁獲された（補足図 5-1、補足表 5-1）。漁獲量は 1960 年代に約 1,100 トン、1970～1980 年代に約 500 トンをピークとして、周期的に変動した（補足図 5-2、補足表 5-2）。1990 年代に 100 トン以下で推移したのち 2000 年代に急増し、2010 年代には再び 1,000 トン台となった。漁獲量は 2016 年以降 1,000 トン未満で推移しており、2025 年は 781 トン（暫定値）であった。府県別に見ると、1960 年代は兵庫県と鳥取県、1970～1980 年代は福井県、1990 年代は兵庫県、2000～2010 年代は鳥取県と島根県が、それぞれ漁獲量の 5 割以上を占めた。近年は鳥取県による漁獲が日本海西部全体の 7 割程度を占める。

引用文献

- 平尾 章・佐久間啓・秋田鉄也・千葉 悟 (2024) 我が国周辺海域におけるマダラの遺伝的集団構造：ゲノムワイド塩基多型を用いて. 水産研究・教育機構. 1-25. FRA-SA2024-SC03-0402.
- Sakuma, K., Yoshikawa, A., Goto, T., Fujiwara, K., and Ueda, Y. (2019) Delineating management units for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Sea of Japan. *Estuar. Coast. Shel. Sci.*, **229**, 106401.
- Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. *J. Fish Biol.*, **90**, 61-79.



補足図 5-1. 漁業種類別漁獲量



補足図 5-2. 府県別漁獲量（棒グラフ）

補足表 5-1. 日本海西部における漁業種類別漁獲量（単位：トン）

年	沖底	小底	刺し網	定置	はえ縄	その他	計
1981	340	83	2	2	0	0	427
1982	275	78	1	4	1	0	359
1983	110	52	1	5	1	0	169
1984	94	48	2	3	1	0	148
1985	62	38	2	2	1	0	105
1986	56	46	1	2	1	0	106
1987	101	90	1	3	2	0	197
1988	99	50	2	1	4	0	156
1989	75	26	1	3	56	0	161
1990	57	17	2	1	39	0	116
1991	26	6	2	1	19	0	54
1992	30	1	1	1	6	0	39
1993	23	2	1	0	1	0	27
1994	21	3	1	0	0	0	25
1995	23	1	2	0	1	0	27
1996	21	0	1	0	0	0	22
1997	24	1	0	0	0	0	25
1998	27	1	0	0	0	0	28
1999	23	1	0	0	1	0	25
2000	27	1	0	1	1	0	30
2001	29	1	0	3	0	0	33
2002	58	0	1	6	0	0	65
2003	90	1	0	0	0	0	91
2004	105	2	1	0	0	0	108
2005	135	3	1	1	0	0	140
2006	223	4	1	1	0	0	229
2007	254	6	1	1	1	0	263
2008	319	12	1	1	2	0	335
2009	287	198	1	0	4	0	490
2010	453	245	1	2	3	0	704

補足表 5-1. (続き)

年	沖底	小底	刺網	定置	釣・延縄	その他	計
2011	721	344	2	5	3	0	1,075
2012	726	279	2	3	2	0	1,012
2013	559	278	1	3	0	0	841
2014	679	344	5	6	0	0	1,034
2015	1,022	256	3	4	0	0	1,285
2016	739	175	2	3	4	0	923
2017	529	127	4	6	3	0	669
2018	473	151	3	8	8	0	643
2019	475	92	1	9	15	0	592
2020	664	97	1	7	9	0	778
2021	538	48	0	6	3	0	595
2022	415	60	0	5	1	0	481
2023	479	67	1	6	1	0	554
2024	797	58	0	4	0	0	859
2025 ^{*1}	737	40	0	4	0	0	781

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

^{*1} 暫定値。

補足表 5-2. 日本海西部における府県別漁獲量および韓国漁獲量（単位：トン）

年	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	計	韓国
1964	136	46	436	404	96	1,118	-
1965	78	24	218	267	32	619	2,252
1966	79	37	145	143	14	418	2,211
1967	46	17	127	66	18	274	2,286
1968	31	13	341	144	1	530	2,218
1969	35	20	751	308	18	1,132	3,279
1970	17	2	32	27	3	81	2,753
1971	10	1	9	17	1	38	2,571
1972	5	2	8	3	0	18	757
1973	20	5	78	16	0	119	717
1974	52	22	249	93	4	420	1,365
1975	182	22	9	57	3	273	1,653
1976	130	19	15	52	0	216	435
1977	98	13	29	89	0	229	1,456
1978	67	6	26	39	1	139	1,841
1979	102	19	77	52	1	251	1,883
1980	111	12	83	70	1	277	844
1981	127	34	129	172	6	468	3,646
1982	141	9	95	114	10	369	4,462
1983	91	7	31	40	16	185	3,784
1984	78	5	29	36	10	158	902
1985	57	8	26	14	8	113	2,996
1986	64	5	17	20	12	118	919
1987	97	28	26	46	10	207	839
1988	72	8	19	57	12	168	1,200
1989	94	10	16	41	22	183	3,020
1990	63	6	13	34	0	116	487
1991	29	2	10	13	0	54	665
1992	10	0	25	4	0	39	439
1993	4	0	20	3	0	27	481
1994	4	0	19	2	0	25	473
1995	3	1	21	2	0	27	273

補足表 5-2. (続き)

年	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	計	韓国
1996	1	0	21	0	0	22	472
1997	1	0	24	0	0	25	481
1998	1	0	27	0	0	28	476
1999	2	0	23	0	0	25	894
2000	3	0	26	1	0	30	1,766
2001	5	0	27	1	0	33	2,458
2002	7	0	48	10	0	65	1,968
2003	1	0	56	34	0	91	1,826
2004	5	0	70	33	0	108	2,641
2005	5	1	71	63	0	140	4,272
2006	5	2	94	128	0	229	6,810
2007	8	1	132	122	0	263	7,533
2008	14	3	111	207	0	335	5,396
2009	16	4	107	164	199	490	6,870
2010	17	3	112	294	278	704	7,289
2011	23	4	154	522	372	1,075	8,585
2012	17	5	144	561	285	1,012	8,682
2013	19	7	105	429	281	841	9,134
2014	24	5	88	524	393	1,034	13,401
2015	26	8	115	854	282	1,285	7,821
2016	35	9	108	573	198	923	4,994
2017	34	6	85	385	159	669	6,475
2018	49	8	106	304	176	643	7,511
2019	50	8	98	332	104	592	9,520
2020	37	6	100	554	81	778	10,323
2021	20	3	69	385	118	595	9,095
2022	17	3	43	326	92	481	7,305
2023	18	4	47	376	109	554	6,298
2024	10	1	43	656	149	859	6,737
2025 ^{*1}	8	1	39	598	135	781	-

各府県農林水産統計年報、漁業・養殖業生産統計年報に基づく。

^{*1} 暫定値。

補足資料 6 トロール調査に基づく 2025 年級群の分布状況と水温環境との関係

日本海における底魚資源の調査として、石川県から鳥取県の沖合（水深 190～550 m）において 5～6 月に着底トロール調査が実施されており（佐久間ほか 2026）、本年度はマダラの小型魚が多く採集された（補足図 6-1）。そこで、マダラの小型魚のうち 1 歳魚（2025 年級群）の分布状況について以下の通りまとめた。なお、2017～2026 年に採集されたマダラの体長階級別頻度分布において、体長 30cm 未満に顕著なピークが見られたことから（補足図 6-1）、体長 30cm 未満（図中の破線）を 1 歳魚として区分した。また、調査海域のうち、沖底小海区の若狭沖以西（以下、西部海域）のマダラは本系群で扱う加賀沖以北のマダラと遺伝的に区別可能とされ、西部海域のマダラは韓国近海（釜山沖）を産卵場とする来遊群と考えられている（Suda et al. 2017、Sakuma et al. 2019、平尾ほか 2024）。そのため、本資料では西部海域（若狭以西）と本系群（加賀沖以北）を区別して 1 歳魚の分布状況を取りまとめた。

2026 年度のマダラ 1 歳魚（2025 年級群に相当）の平均分布密度は調査海域全体で 2,937 尾/km²であった（補足図 6-2）。また、本系群と西部海域の定点別密度を比較すると、本系群では最大 1,368 千尾/km²（平均：477 尾/km²）、西部海域では最大 64,192 尾/km²（平均：4,331 尾/km²）であった（補足図 6-2）。

1 歳魚の現存量は各海域の平均個体数密度（尾/km²）と各海域面積（km²）、東北海域のトロール調査におけるマダラ 1 歳魚の漁獲効率（0.541：上田ほか 2006）を用いて算出した。本年度の調査海域全体におけるマダラ 1 歳魚の現存量は、15,338 万尾であり、本系群では 623 万尾、西部海域では 14,715 万尾であった（補足図 6-3）。過去に大きな加入が見られた本系群の 2017 年級群（255 万尾、2018 年度調査時点の 1 歳魚）や西部海域の 2018 年級群（216 万尾、2019 年度調査時点の 1 歳魚）と比較しても非常に大きかった。

各海域の 1 歳魚の現存量（尾数）と前年 3 月の 100m の水温偏差（当年 1 歳魚の孵化時期における分布水深の水温を想定）との関係を比較した（補足図 6-4）。本系群では、水温と 1 歳魚の資源量に強い負の相関（ $r = -0.80, p = 0.01$ ）が見られたが、西部海域では有意な関係が見られなかった（ $r = -0.32, p = 0.37$ ）。本系群では、孵化時期の水温環境と稚魚および幼魚の分布密度の関連が示唆されており（佐久間ほか 2024）、孵化時期の高水温が加入量の減少を引き起こす可能性が指摘される。

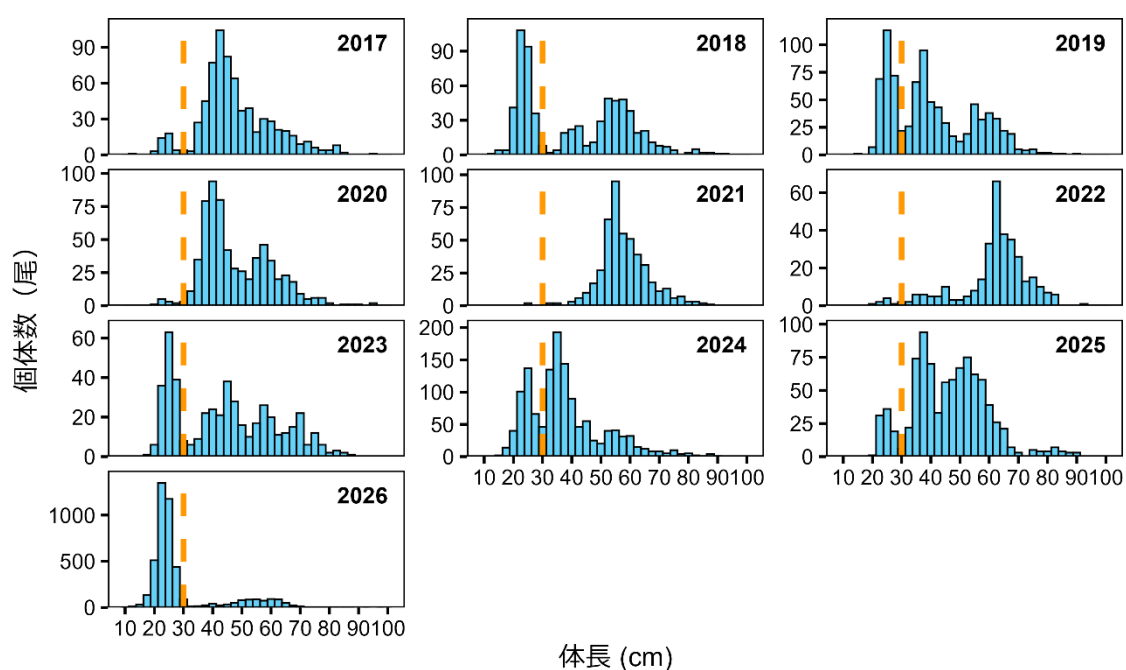
引用文献

- 平尾 章・佐久間啓・秋田鉄也・千葉 悟 (2024) 我が国周辺海域におけるマダラの遺伝的集団構造：ゲノムワイドー塩基多型を用いて. 水産研究・教育機構. 1-25. FRA-SA2024-SC03-0402.
- 佐久間啓・木下 堇・白川北斗・内藤大河・佐藤信彦・飯田真也・井桁庸介・秋田鉄也・平尾 章・山本岳男 (2026) 令和 7 (2025) 年度ズワイガニ日本海系群 A 海域の資源評価. 水産研究・教育機構. 1-95.
- 佐久間啓・八木佑太・吉川 茜・飯田真也・白川北斗 (2025) 令和 6 (2024) 年度マダラ本州日本海北部系群の資源評価. 水産研究・教育機構. 1-62.

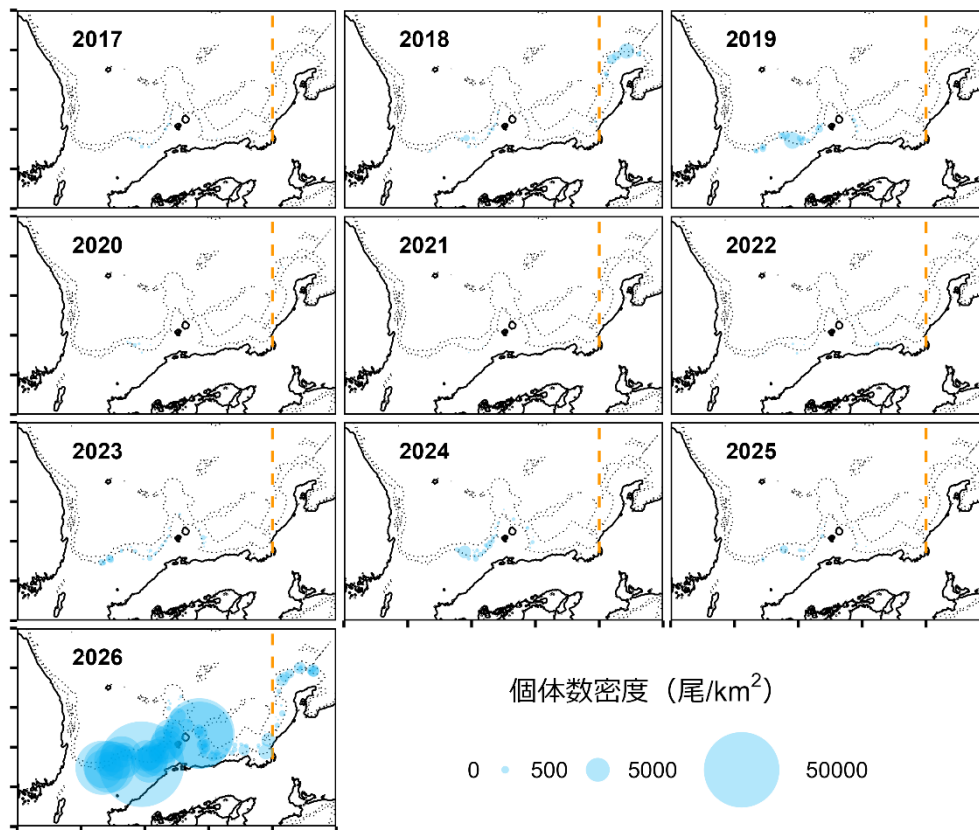
Sakuma, K., Yoshikawa, A., Goto, T., Fujiwara, K., and Ueda, Y. (2019) Delineating management units for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Sea of Japan. Estuar. Coast. Shel. Sci., 229, 106401.

Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. J. Fish Biol., 90, 61 79.

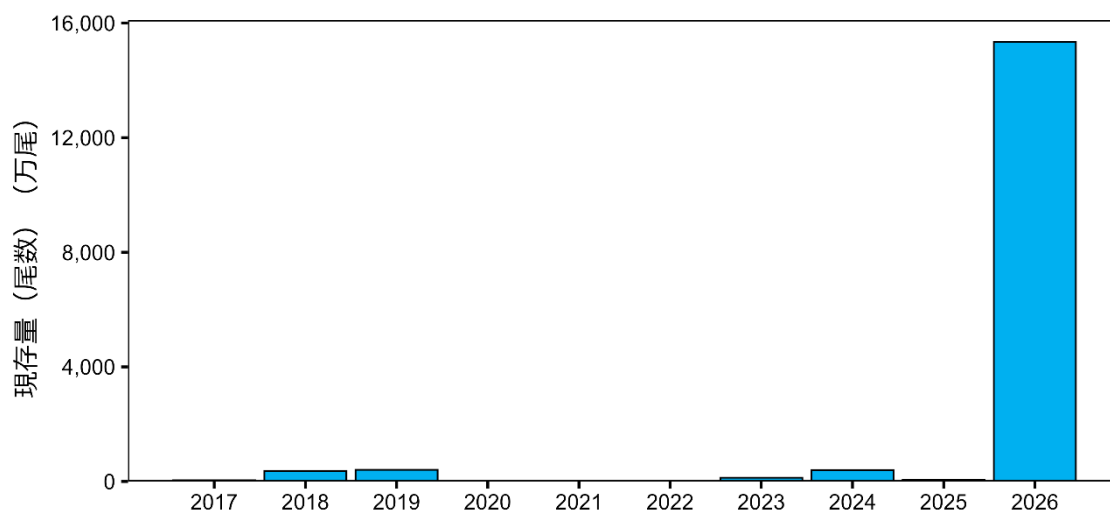
上田祐司・成松庸二・服部 努・伊藤正木・北川大二・富川なす美・松石 隆 (2006) VPAと着底トロール調査による資源量から推定された東北海域におけるマダラの漁獲効率. 日水誌, 72, 201-209.



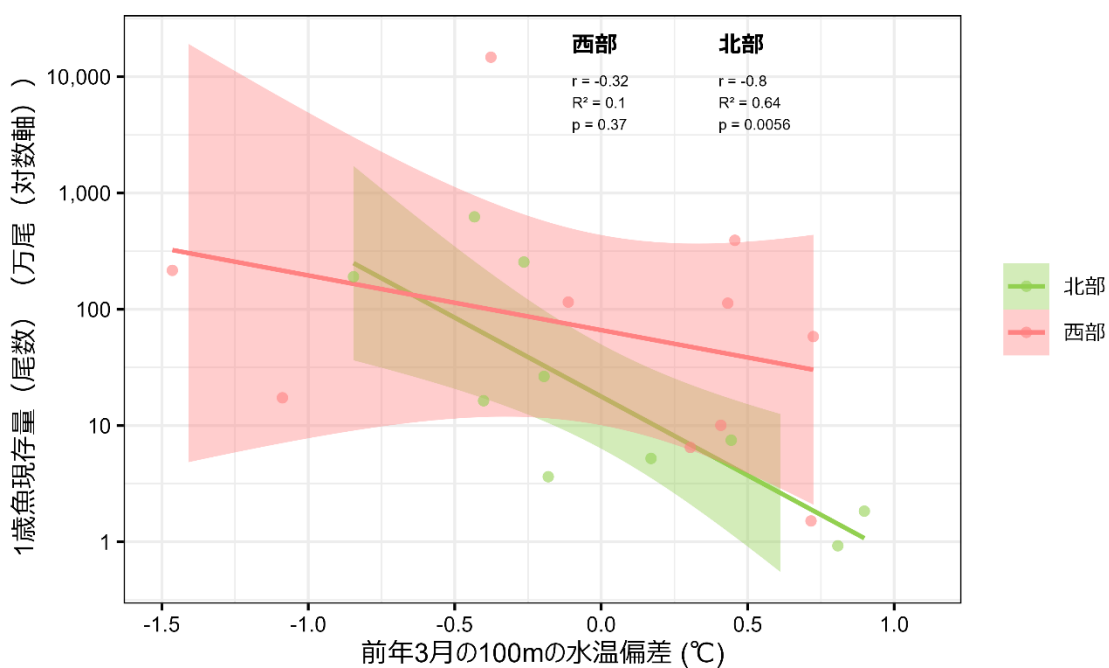
補足図 6-1. トロール調査海域における 2017 年から 2026 年に採集されたマダラの体長 2mm 階級別頻度分布 オレンジ色の破線は 1 歳魚と 2 歳魚の境界とした体長 30cm を示す



補足図 6-2. トロール調査海域におけるマダラ 1 歳魚の定点別個体数密度とその分布
 オレンジ色の破線は沖底小海区における若狭沖と加賀沖の境界（本系群と西部海域の境界）に相当する東経 136 度を示す



補足図 6-3. 日本海西部海域における面積密度法に基づくマダラ 1 歳魚の現存量 (尾数)



補足図 6-4. 北部系群および西部海域におけるマダラ 1 歳魚の現存量と前年 3 月 100m の水温偏差

実測値を点で、対数正規分布モデルを適用した際のモデル値を線で、モデル値の 95%信頼区間を範囲で示した。緑色は本系群、ピンク色は西部海域を示す。