

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

水産資源研究所 水産資源研究センター（佐久間啓・八木佑太・吉川 茜・
飯田真也・白川北斗）

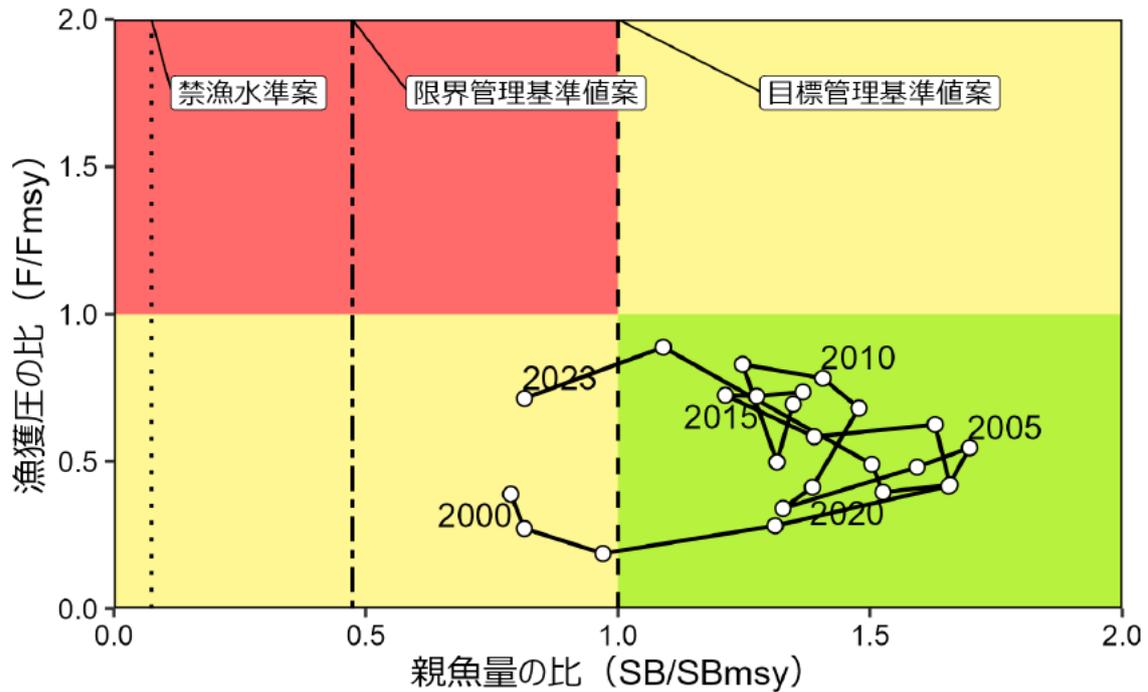
参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター

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 年以降の資源量は最低であった 2001 年から急増して 2005 年に最高となったのち、2020 年まで横ばいで推移した。しかし、2021 年以降減少傾向となり、2023 年は 2003 年以降の最低値（7,776 トン）となった。親魚量も 2000 年から急増し、2005 年に最高となって以降、2020 年まで横ばいで推移したものの、2021 年以降減少に転じ、2023 年は 4,242 トンであった。

令和 5 年 7 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および令和 6 年 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て、本系群の管理基準値および漁獲シナリオが定められた。本系群の目標管理基準値となる最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) は 5,200 トンであり、本系群の 2023 年の親魚量は、SBmsy を下回った。ただし、本系群に対する 2023 年漁期の漁獲圧は SBmsy を維持する水準の漁獲圧 (Fmsy) を下回った。親魚量の動向は直近 5 年間（2019～2023 年漁期）の推移から「減少」と判断される。漁獲シナリオに基づく 2025 年漁期（7 月～翌年 6 月）の ABC は 2.6 千トンと算定された。なお、新規加入量調査から、2018 年級群以降の豊度が極めて低い水準にあると示唆されているが、再生産関係に基づく加入量を仮定した将来予測では、近年の低い加入量が反映できていない可能性が高い。

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)	5.2 千トン
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 を維持する水準を下回る
2023 年の親魚量の動向	減少
最大持続生産量 (MSY)	2.9 千トン
2025 年漁期の ABC	2.6 千トン

コメント：

- ・ABC の算定には、令和 5 年 7 月に開催された「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」を経て定められた漁獲シナリオに即し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 $\beta=0.95$ が用いられる。
- ・本系群の漁獲量は暦年集計 (1~12 月) の農林水産統計に基づき、将来予測における漁獲量も暦年に従う。一方、TAC 管理は漁期年 (7 月~翌年 6 月) に従う。ABC の値は、2019~2023 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。
- ・本系群の親魚量は漁期後の値である。

・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唆されているが、ホッケー・スティック型再生産関係に基づく将来予測では、直近数年間の加入の悪化が反映できていない可能性が高い。

直近5年と将来2年の資源量、親魚量、漁獲量、F/F_{msy}、および漁獲割合

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/F _{msy}	漁獲割合 (%)
2019	12.1	8.6	2.6	0.42	22
2020	12.5	7.9	2.9	0.40	25
2021	11.3	7.8	2.7	0.49	24
2022	9.2	5.7	3.2	0.89	35
2023	7.8	4.2	2.4	0.71	30
2024	7.9	5.0	1.8	0.71	23
2025	9.0	5.3	2.6	0.95	29

- ・2024、2025年の値は将来予測に基づく平均値である。
- ・2024年のFには2023年のFを仮定した。
- ・親魚量は漁期後の値である。

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
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）

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

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、2 歳で 30 cm、3 歳で 43 cm、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。なお、本評価におけるマダラの年齢は、ふ化からその年の年末までを0歳とし、以降暦年に従って加齢するものとする。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)、成熟年齢は3~4歳と考えられる。なお、本評価では3歳および4歳以上の成熟割合をそれぞれ50、100%と仮定している(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(補足資料5)。

(2) 漁獲量の推移

漁獲量は、1980年代中頃まで1,700~4,200トンの間で、1989年に過去最高(5,200トン)となった後1992~2004年は1,000~2,100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3,000トン前後で推移しており、農林水産統計および県統計に基づく県別漁獲量の2023年合計値は2,356トンであった。

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、2021年以降、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50%程度を占めた。また、漁業種類別では、1980年代以降、沖底と小底を合わせた底びき網が系群全体の50%程度を、刺網と定置網が40%程度を、それぞれ漁獲していた(図3-2、表3-2)。2021年に定置網の漁獲量が増加したのに伴い、近年は底びき網、刺し網、定置網の割合がそれぞれ40、30、20%程度となっている。

(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、1989年には最高の3.9万網となった(図3-3、表3-3)。しかしその後、1993年の1.4万網まで急速に減少した。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が、2013年の1.9万網をピークに再び減少し、2023年は過去最低となる0.9万網であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

チューニングVPA(コホート解析)により、2000~2023年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)。計算には漁業種類別漁獲統計(表3-2)、漁獲物の体長組成(底びき網および刺網)、年齢-体長関係および体長-体重関係(図2-2)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。

(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(0.69)から2009年(1.34)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。2023年は2022年(1.02)から大きく減少し、0.82となった(図4-1、表3-3、補足資料8)。

(3) 資源量と漁獲量の推移

年齢別漁獲尾数を図4-2および補足表2-1に示す。2000年以降、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歳以上の成魚であり、近年は4~6歳の漁獲尾数が全体の7割程度を占める。3歳魚の漁獲尾数は全体の1%未満から27%まで、年によって大きく変化し、2023年は、近年最低水準となる0.4%であった。2023年は6歳魚の比率が高く、全体の46%であった。これは、比較的高豊度であった2017年級群を中心に漁獲されたことによる。一方、2023年は2018~2020年級群に相当する3~5歳魚の比率が低かった。

2000年以降の資源量は最低であった2001年(6,288トン)から2005年(13,012トン)にかけて増加した後、増減を繰り返しながら緩やかに減少したが、2017年(11,341トン)以降再び増加した。資源量は2020年(12,523トン)をピークに再び減少し、2023年は2003年以降の最低値(7,776トン)であった(図4-3、表4-1、補足表2-3)。親魚量も資源量と同様、2000~2005年にかけて増加した後、2016年まで徐々に減少した。2016年(6,316トン)から2019年(8,639トン)まで一時的に増加したものの、2021年以降は減少し、2023年の親魚量は4,242トンであった(図4-3、表4-1、補足表2-5)。後述するように、豊度の低い2018年級群(2023年の5歳魚)が本格的に漁獲加入し、資源計算結果に加入の悪化に伴う資源の減少が反映されたと考えられる。

漁獲割合は2003年に最低となった後、2007年(31%)および2011年(33%)にかけて上昇した(図4-3、表4-1)。2022年には2000年以降で最高の35%となり、2023年も30%と引き続き高い値であった。

年齢別のF値を図4-4および補足表2-4に示す。F値の変動は年齢ごとに異なり、3歳のF値は2000年以降極めて低く、2021年までの平均値は0.04であった。また、4歳魚のF値は2016年をピークに、低下傾向にあったが、2021年と2022年には上昇した。漁獲の主

体となる 5 歳魚と 6 歳魚の F 値は 2005 年以降、ほぼ横ばいで推移した。7 歳以上の F 値は 2007 年に高い値を示した後、近年は低下傾向にある。

(4) 加入量の推移

加入量（3 歳魚の資源尾数）は、2003 年（263 万尾）以降、200 万尾前後で推移し、2009 年には 253 万尾、2017 年には 305 万尾、2020 年には 245 万尾となった（図 4-5、補足表 2-2）。これは高豊度の 2006 年級群、2014 年級群および 2017 年級群がそれぞれ 3 歳魚で漁獲加入したことによる（補足資料 4）。一方、2019 年（124 万尾、2016 年級群）、2021 年（98 万尾、2018 年級群）の加入量は少なく、2022 年（16 万尾、2019 年級群）の加入量は 2000 年以降最も少ないと見込まれる。

2018 年級群以降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、2 月中旬から 3 月下旬にかけての水深 100 m 層の水温と各地先における加入状況を分析したところ、相関が認められた（補足資料 7）。この結果は、仔魚の孵化時期の高水温が、加入量水準の低下を引き起こす可能性を示唆している。

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。2023 年の加入尾数は本系群で適用するホッケー・スティック型再生産関係と 3 年前（2020 年）の親魚量に基づく予測値である 204 万尾としたが、新規加入量調査の結果（補足資料 4）を踏まえると、少なくとも 2023 年級群（2026 年加入）まで低水準の加入が続く恐れがある。従って、再生産関係に基づく加入量を仮定した本報告書の将来予測には、近年の低い加入量が反映されない可能性が高いことに留意する必要がある。

(5) 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 4-6、表 4-1）。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR は 2002 年および 2003 年に最高（39%）となった後に低下し、2011 年には最低（24%）となった。その後、%SPR は 30%前後で安定していたが、2022 年に再び大きく低下して 24%となった。2023 年は 27%であった。

Fmsy に対する YPR と %SPR の関係を図 4-7 に示す。Fmsy は %SPR に換算すると 21%に相当する。また、前述の通り、現状の漁獲圧（F2023）は %SPR に換算すると 27%となる。現状の漁獲圧は Fmsy や Fmax よりも低い値である。

(6) 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 4-8 に示す。ここで親魚量は 2000～2019 年の漁期後の値であり、加入量は 3 年後（2003～2022 年）の 1 月時点における 3 歳魚の資源尾数である。「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（佐久間ほか 2021）。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

度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いている（佐久間ほか 2021）。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。なお前述の通り、直近年の加入量はホッケー・スティック型再生産関係と 3 年前（2020 年）の親魚量に基づく予測値である 204 万尾としたため図から除いた。

(7) 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等

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」では、現在（2000 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY が 2,900 トン、この MSY を実現する親魚量（SBmsy）が 5,200 トンと推定された（補足表 3-2）。令和 5 年 7 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、令和 6 年 5 月の「水産政策審議会」を経て、SBmsy（5.2 千トン）が資源管理基本方針の漁獲シナリオに目標管理基準値として定められた。また、MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量（2.5 千トン）が限界管理基準値、MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量（0.4 千トン）が禁漁水準と定められた。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を図 4-9 に示す。親魚量が目標管理基準値以上では、7 歳魚以上の割合が増加し、5 歳魚以下の割合が低下する傾向にあった。

(8) 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 SBmsy を維持する漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-10 に示す。本系群における 2023 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を下回っており、SBmsy の 0.81 倍に相当する（補足表 3-3）。また、2023 年漁期の漁獲圧は、SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、MSY を実現する漁獲圧の 0.71 倍であった。ここで、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは、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（2019～2023 年）の推移から「減少」と判断される。本系群の親魚量は 2003 年以降 SBmsy を上回っていたが、2023 年に再び SBmsy を下回った。また、本系群の漁獲圧は、2000 年以降、Fmsy を下回っていた。

5. 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 2024～2034 年までの将来予測計算を行った（補足資料 2）。将来予測における加入量には、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。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。

2024 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2023）に基づき仮定した。2025 年以降の漁獲圧には、「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」を経て定められた漁獲シナリオに即した獲管理規則を用いた。将来予測における各年の漁獲量は、この漁獲管理規則をもとに、各年の予測資源量と前年の親魚量に従って決定される漁獲圧に基づき算出した。なお、本系群の親魚量は漁期後の親魚資源量である。

(2) 漁獲管理規則

資源管理基本方針で定められた本系群の漁獲シナリオに則った漁獲管理規則を図 5-1 に示す。漁獲管理規則は、目標管理基準値以上に親魚量を維持・管理するため、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規則である。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 を乗じた漁獲圧とする。

(3) 2025 年の予測値と ABC の算定

本系群の「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」を経て定められた漁獲シナリオでは、親魚量が 2033 年に目標管理基準値を 50%以上の確率で上回ることを前提とし、 $\beta=0.95$ とする漁獲管理規則が用いられる。2024 年漁期に予測される親魚量は平均 5.0 千トンであり（表 5-2）、限界管理基準値を上回る。従って、漁獲シナリオに基づき、 $\beta=0.95$ を用いて算定される 2025 年漁期の平均予測漁獲量である 2.6 千トンを ABC として提示する（補足表 3-4）。

(4) 2026 年以降の予測

2026 年以降も含めた将来予測の結果を図 5-2 および表 5-1、5-2、5-3 に示す。本系群では前年漁期後の親魚量を漁獲管理規則で参照するため、管理開始 1 年後には 2024 年漁期後、管理開始 10 年後には 2033 年の親魚量が対象となる。漁獲シナリオによる管理開始 10 年後にあたる 2033 年の平均親魚量は 5.4 千トン（90%予測区間は 4.7 千～6.2 千トン）と予測され、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 64%、限界管理基準値を上回る確率は 100%であった（補足表 3-5）。

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（ F_{2023} ）を継続した場合の将来予測結果についても補足表 3-5 に示す。2033 年の親魚量の予測値は、 β を 0.9 とした場合は平均 5.6 千トン（90%予測区間は 4.9 千～6.5 千トン）、 β を 0.8 とした場合は平均 6.1 千トン（90%予測区間は 5.4 千～7.0 千トン）、 β を 0.7 とした場合は平均 6.8 千トン（90%予測区間は 5.9 千～7.7 千トン）であり、目標管理基準値を上回る確率はそれぞれ 81%、97%および 100%である。一方、現状の漁獲圧を継続した場合の親魚量の予測値は平均 6.7 千トン（90%予測区間は 5.8 千～7.6 千トン）であり、目標管理基準値を上回る確率は 100%である。

なお、本系群における加入量は近年、減少傾向にあると考えられる（図 4-5、補足表 2-2）。加えて、新規加入量調査からは、2018 年級群以降の加入量が極めて低い水準にあると示唆されている。一方、本報告書の将来予測では再生産関係に基づく加入量を仮定しており、近年の低い加入量が反映されない可能性が高いことに留意する必要がある。

6. 資源評価のまとめ

コホート解析により得られた 2000 年以降の資源量は、最低であった 2001 年から急増して 2005 年に最高となったのち、増減を繰り返しながら 2020 年まで横ばいで推移した。しかし、2021 年以降は減少傾向となり、2023 年は 2003 以降の最低値（7,776 トン）となった。親魚量も 2000 年から急増し、2005 年に最高となって以降、2020 年まで横ばいで推移

したものの、2021年以降減少に転じ、2023年は4,242トンであった。

本系群に対する2023年の漁獲圧はSBmsyを維持する漁獲圧(Fmsy)を下回っていたものの、2023年の親魚量は、MSYを実現する水準を下回った。漁獲シナリオに基づく2025年漁期(7月～翌年6月)のABCは2.6千トンと算定されたが、再生産関係に基づく加入量を仮定した本報告書の将来予測結果では、近年の低い加入量が反映できていない可能性が高いことに留意する必要がある。

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。今後も資源を持続的に利用していくため、成魚を主対象とする現状の漁業を継続し、今まで同様、未成魚の漁獲を混獲程度にとどめることが重要である。

また、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。一方、系群内の各県地先において調査船による加入量調査が実施され、2018年以降の年級群豊度は極めて低いことが示唆されているものの(補足資料4)、加入量の定量的把握には至っていない。加えて、一般にタラ類の資源変動は大きく、本系群の漁獲量も過去に大きな変動を繰り返してきた(図3-1)。本系群の資源変動に関して海洋環境との関連が指摘されており(補足資料7)、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につながる成果が得られると期待される。

本系群の年級群豊度は2012、2014、2017年級群で高く、良好な加入により近年まで高い資源水準が維持されてきた(図4-3、4-5)。一方、2018年級群以降の豊度は極めて低いことが予想されており(補足資料4)、2018年級群が5歳魚として本格的に漁獲加入した本年度評価から資源状況の悪化が顕在化してきたと考えられる。さらに、2019年以降の年級群についても同様に、低い水準になることが懸念され、直近2年間の加入尾数(2018、2019年級群の2021、2022年3歳魚としての加入尾数)もホッケー・スティック型再生産関係において観測値の90%が含まれると推定される範囲を下回っている(図4-8)。加えて、2023年の3歳魚(2020年級群)の漁獲量は非常に少なく、VPAによる推定値は不確実性が高いことから、従前通り、2023年の3歳魚の資源量には再生産関係からの予想値を用いたが(図4-3)、この加入量についても次回の資源評価で下方修正される可能性が高い。そのため、現状では再生産関係を用いて過去の平均的な加入を仮定した将来予測結果を提示するものの、今後、資源状況が将来予測結果よりも低下する可能性が高い点に留意する必要がある。今後のデータ蓄積によって近年の加入状況を検証すると共に、今後の評価に反映させることが重要である。

2024年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧(F2023)に基づいて1.8千トンと予測された(表5-3)。一方、この値は昨年度評価における現状の漁獲圧(F2022)による漁獲量予測値である2.8千トンを大きく下回る。これは、データの追加に伴って、2018年級群の資源尾数が大きく下方修正されたことによる(補足図2-2、レトロスペクティブ分析)。2018年級群は2022年に4歳魚として一定数漁獲されたものの、2023年の5歳魚としては漁獲されなかったため、資源尾数が下方修正された。コホート解析では最近年の年

級群豊度の推定誤差が大きく、Fの低い若齢ではより顕著である。また、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）、本系群の2022年における4歳魚の漁獲量は系群外からの移入による可能性もある（平尾ほか 2024も参照のこと）。今後も継続的にモニタリングを行うとともに、系群外からの移入にともなう漁獲量の変動について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.
- 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・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.
- 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

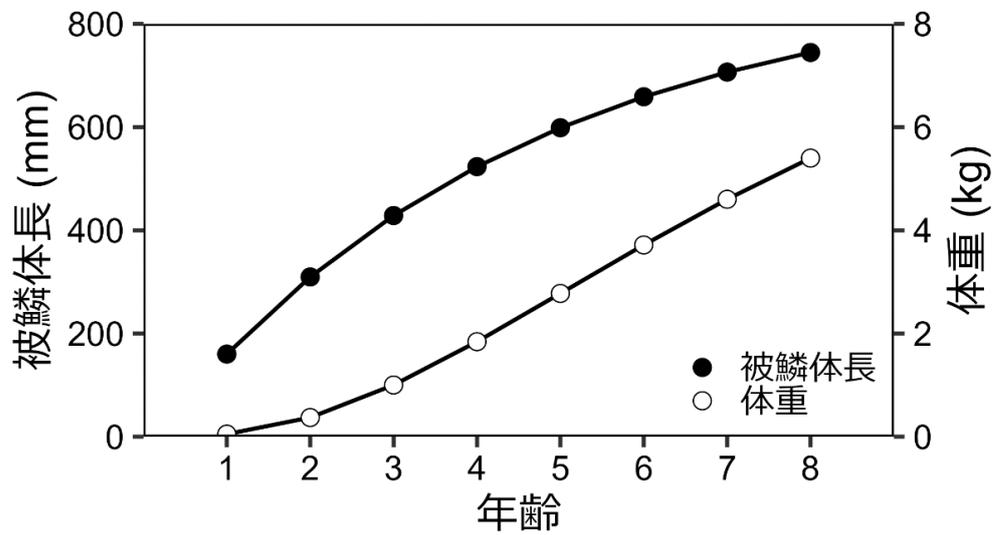


図 2-2. 日本海におけるマダラの成長

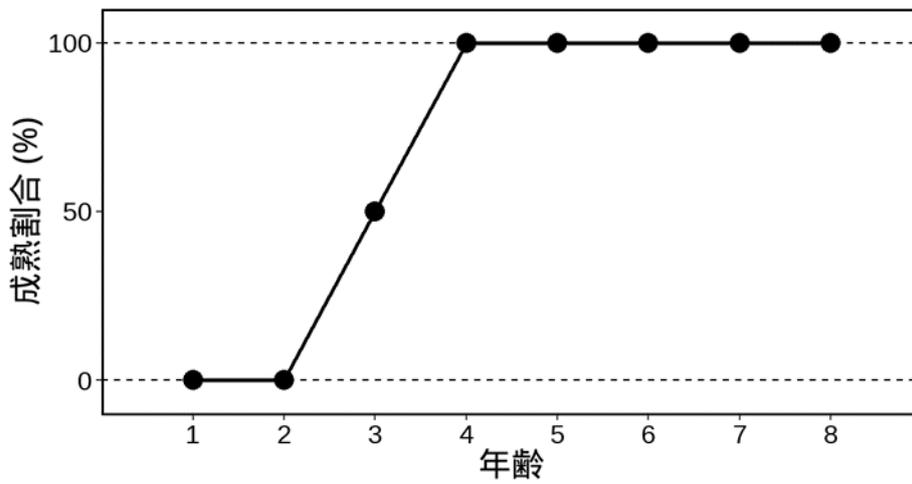


図 2-3. 日本海における年齢別成熟割合

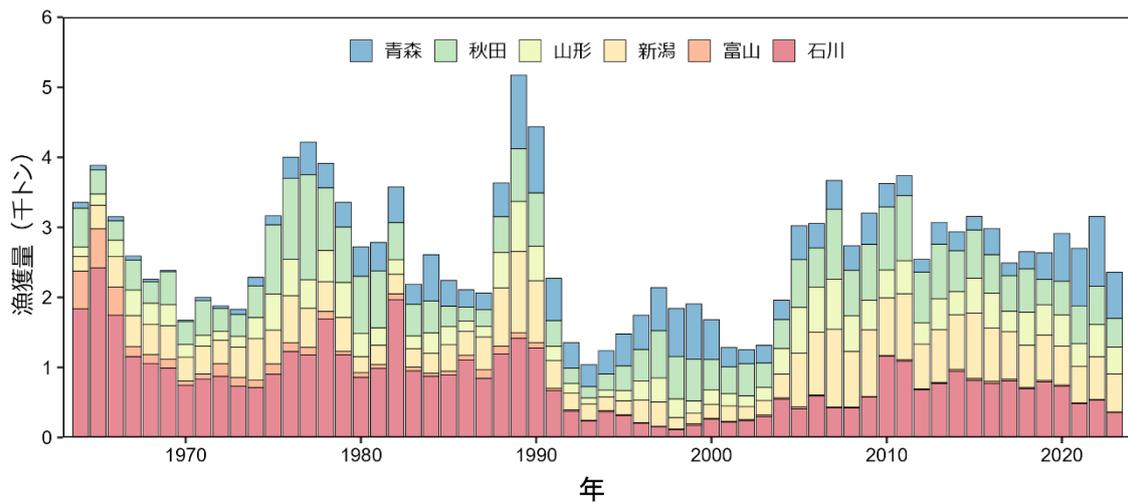


図 3-1. 漁業・養殖業生産統計年報（農林水産統計）および県統計に基づく県別漁獲量（暦年）

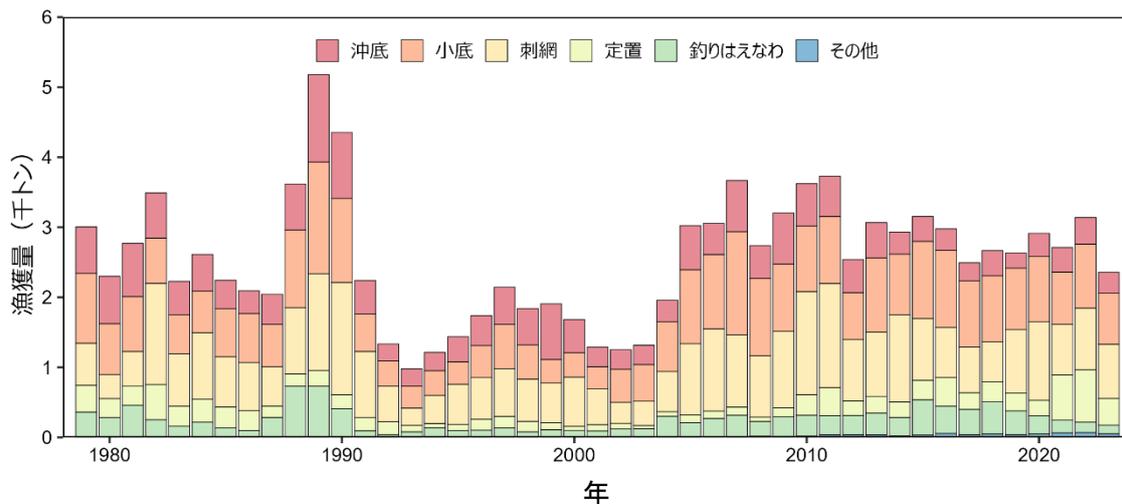


図 3-2. 漁業・養殖業生産統計年報および県統計に基づく漁業種類別漁獲量（暦年）

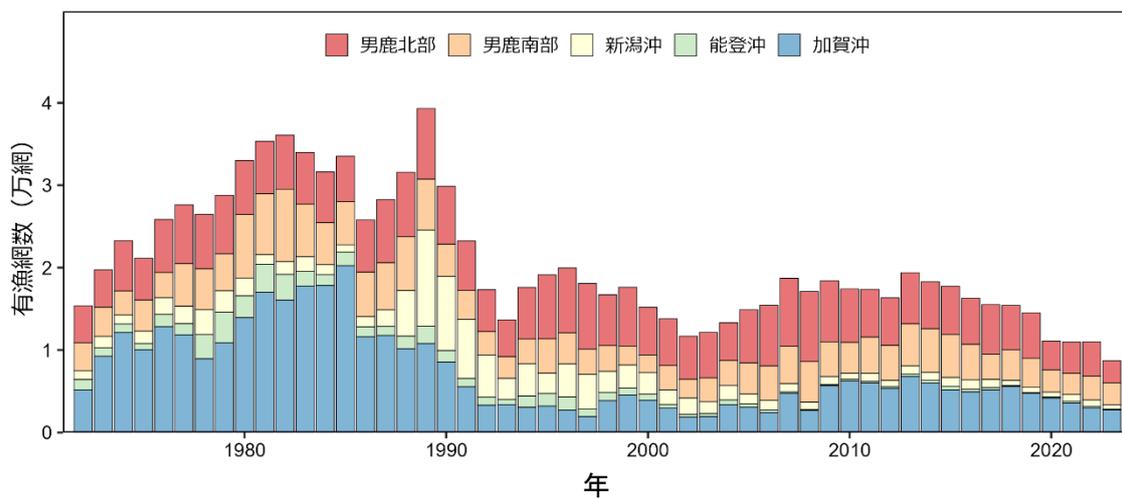


図 3-3. 沖底の漁獲成績報告書に基づく小海区別マダラ有漁網数（万網）

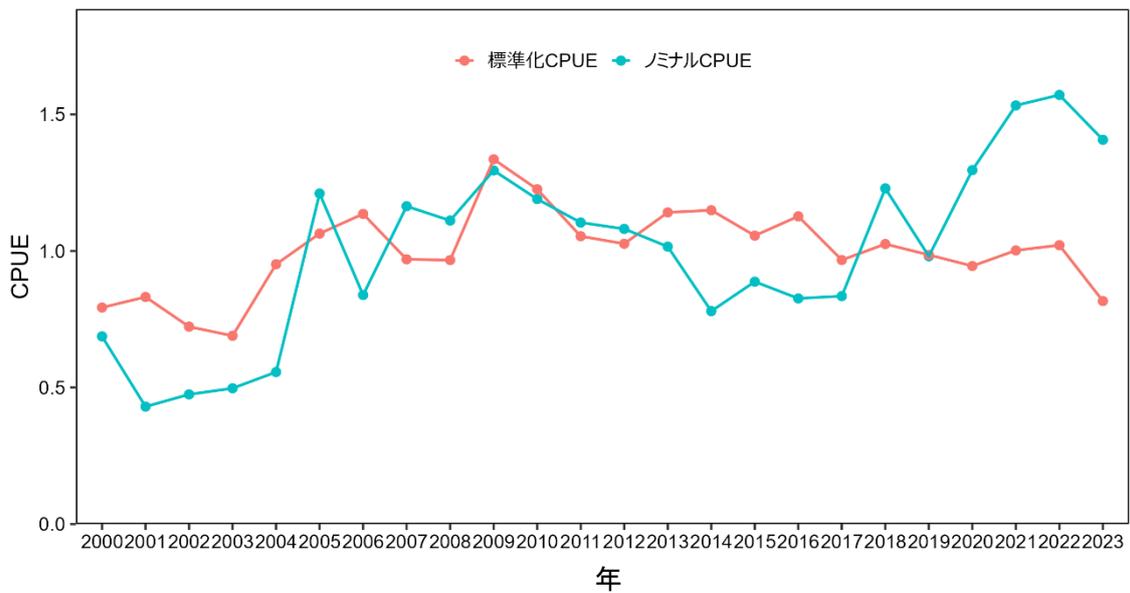


図 4-1. 沖底の漁獲成績報告書に基づくノミナル CPUE (青線) と標準化 CPUE (赤線)

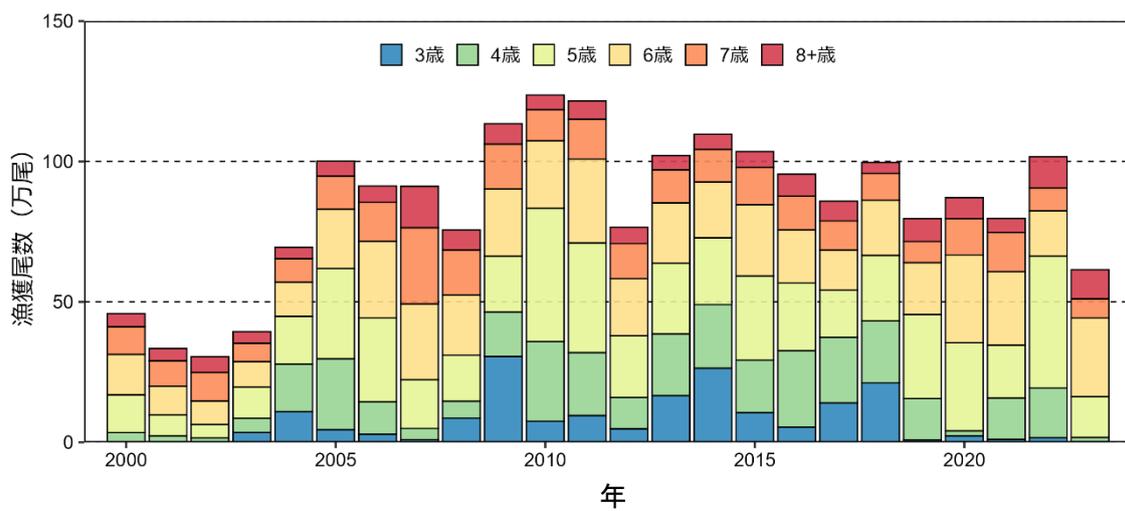


図 4-2. 本系群の年齢別漁獲尾数

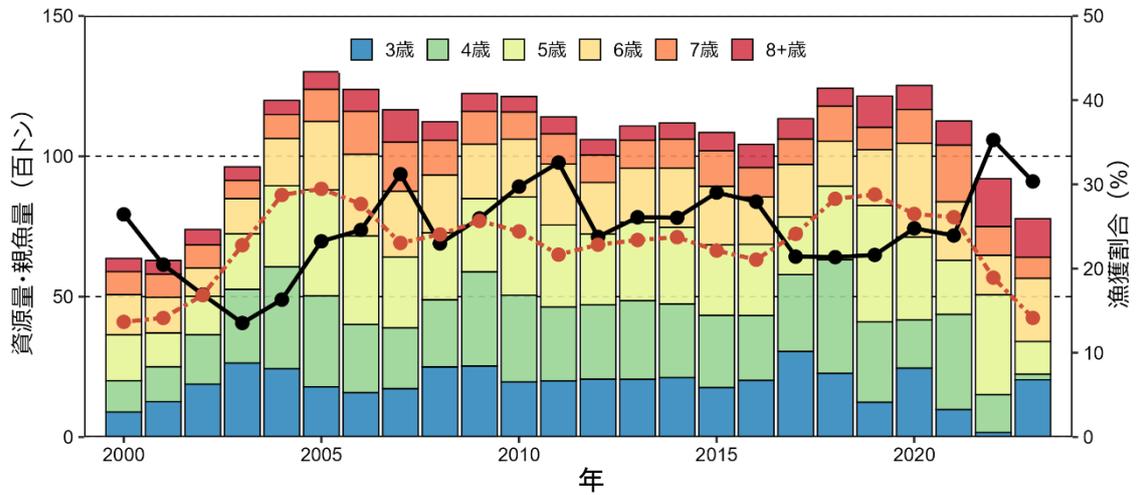


図 4-3. 本系群の年齢別資源量 (棒グラフ)、漁獲割合 (黒線)、および親魚量 (赤一点鎖線)

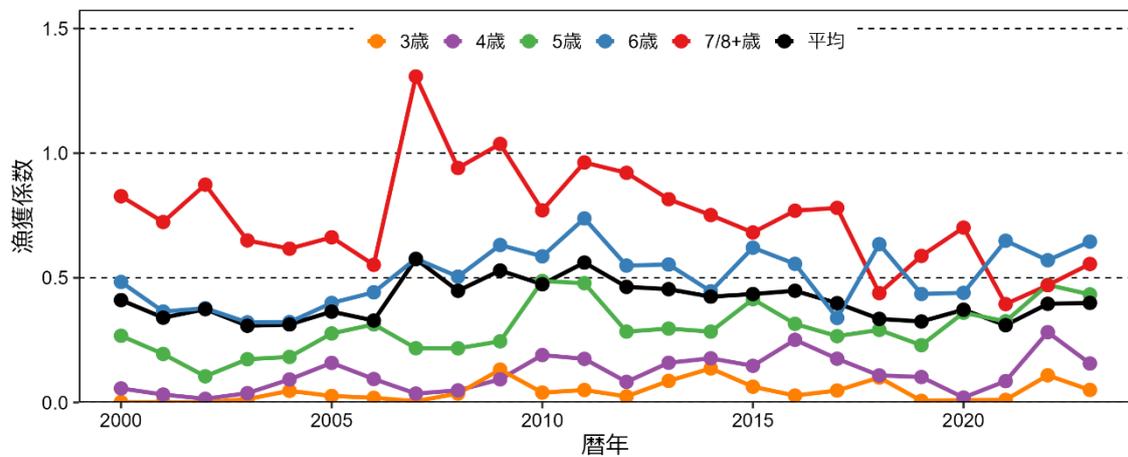


図 4-4. 本系群の年齢別漁獲係数 (F 値)

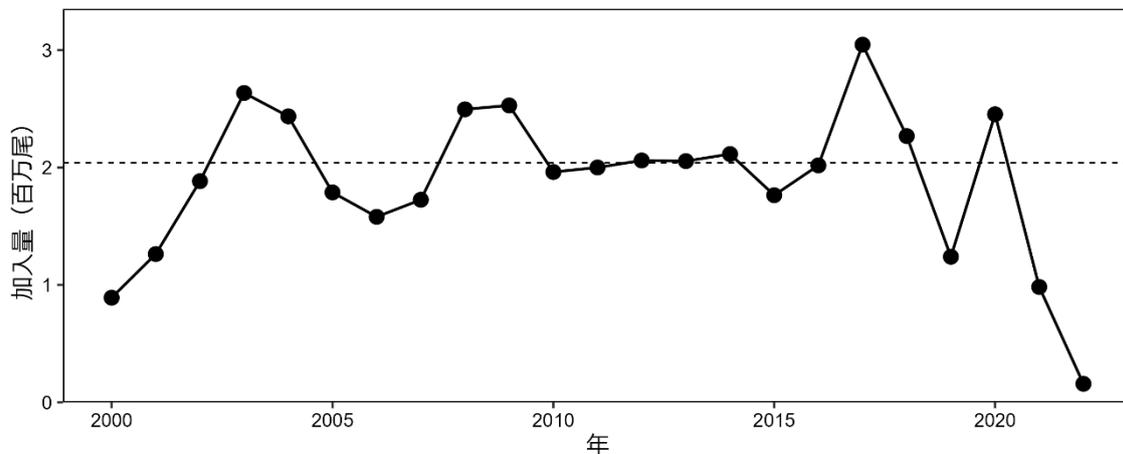


図 4-5. 加入量 (3 歳魚資源尾数) 破線は令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において採用されたホッケー・スティック型再生産関係において、折れ点以上の親魚量で見込まれる加入量予測値。

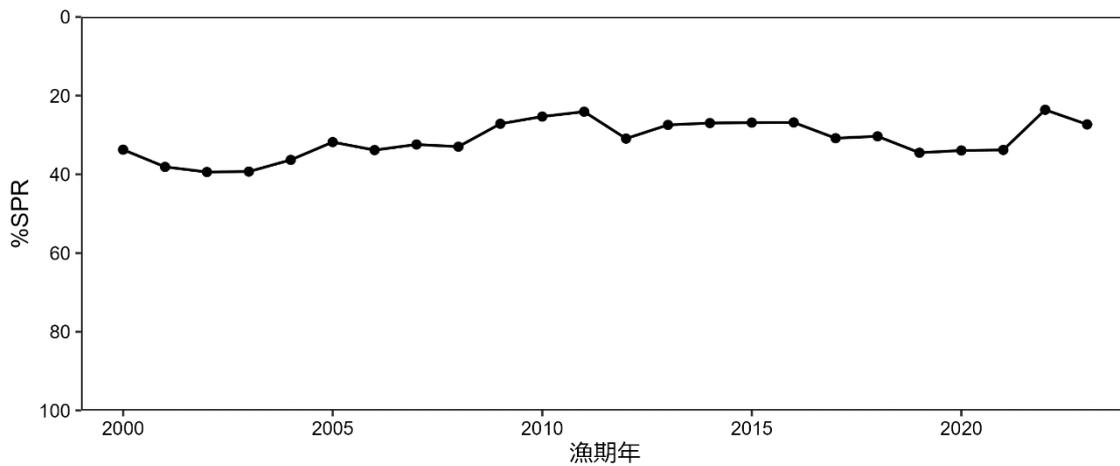


図 4-6. 漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移

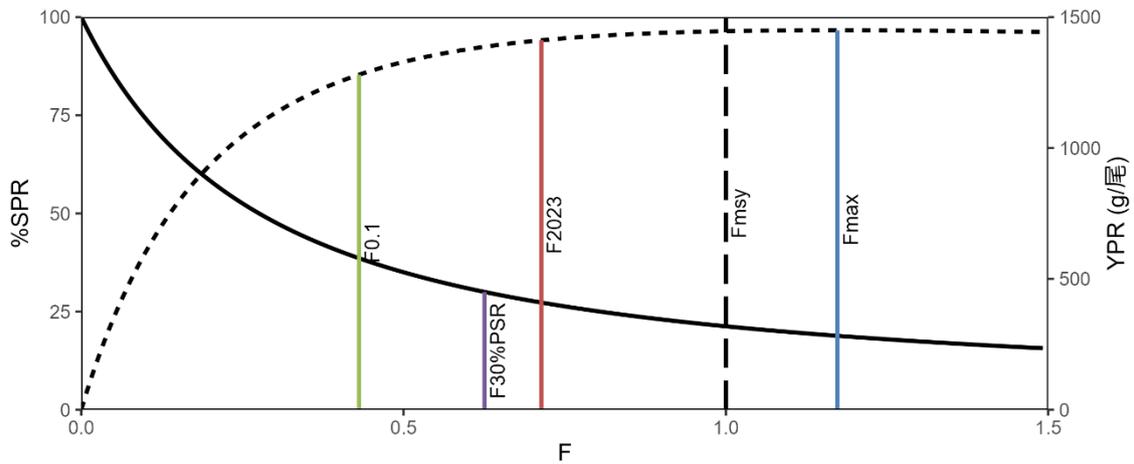


図 4-7. MSY を実現する水準の漁獲圧 (Fmsy) に対する YPR (破線) と %SPR (実線) の関係

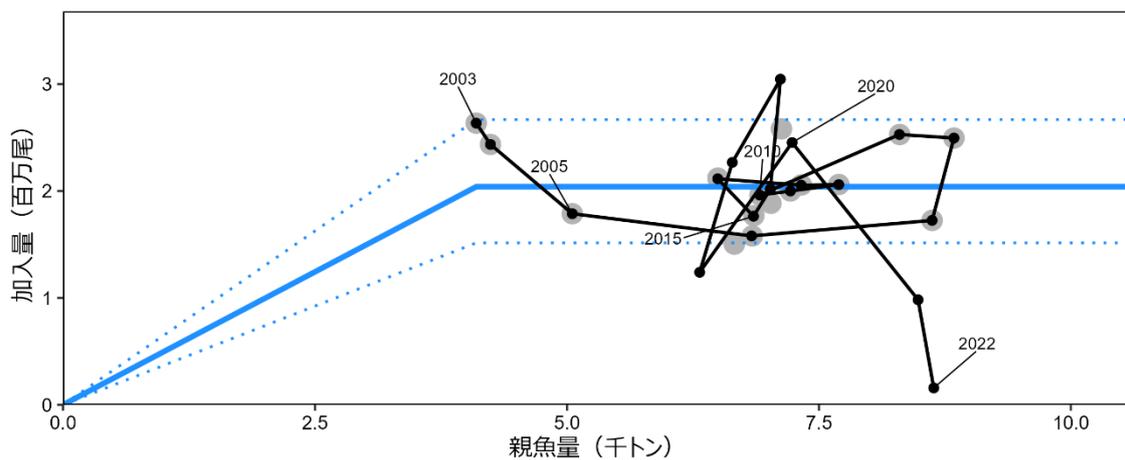


図 4-8. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係) 令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」(佐久間ほか 2021) で適用されたホッケ-スティック型再生産関係式 (青実線)。点線は観測データの 90% が含まれると推定される範囲。灰丸は再生産関係を推定した時の観測値、黒丸は今年度評価に基づく 2000~2019 年の親魚量および 2003~2022 年の加入量の観測値、図中の数字は 3 歳魚としての加入年を示す。

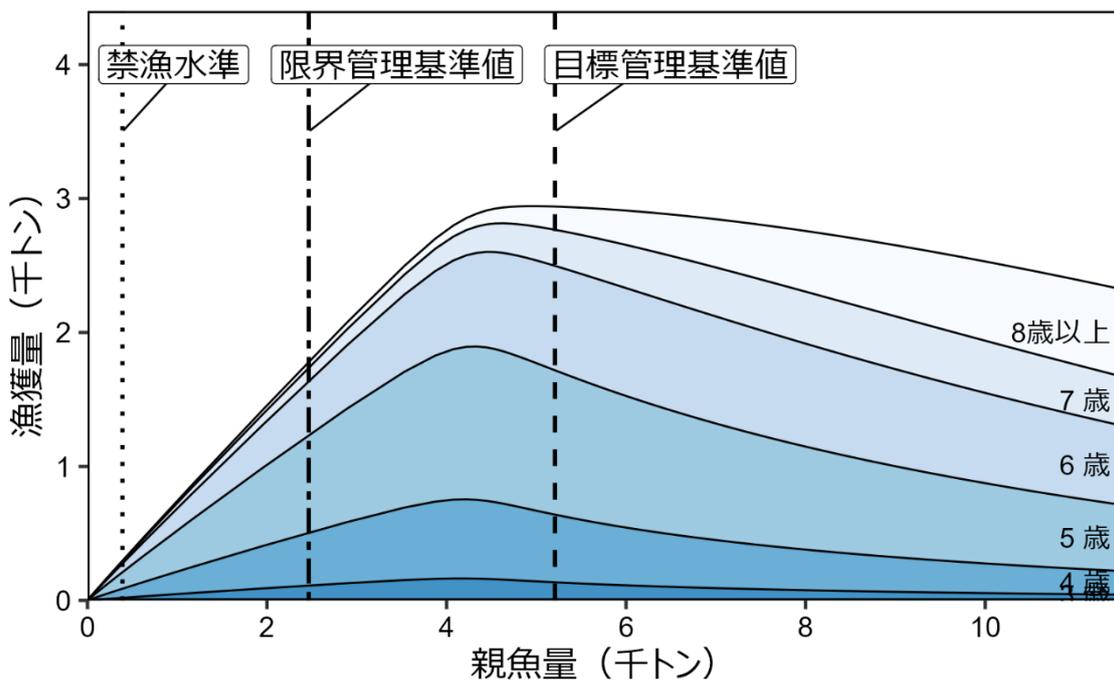


図 4-9. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量の関係 (漁獲量曲線)

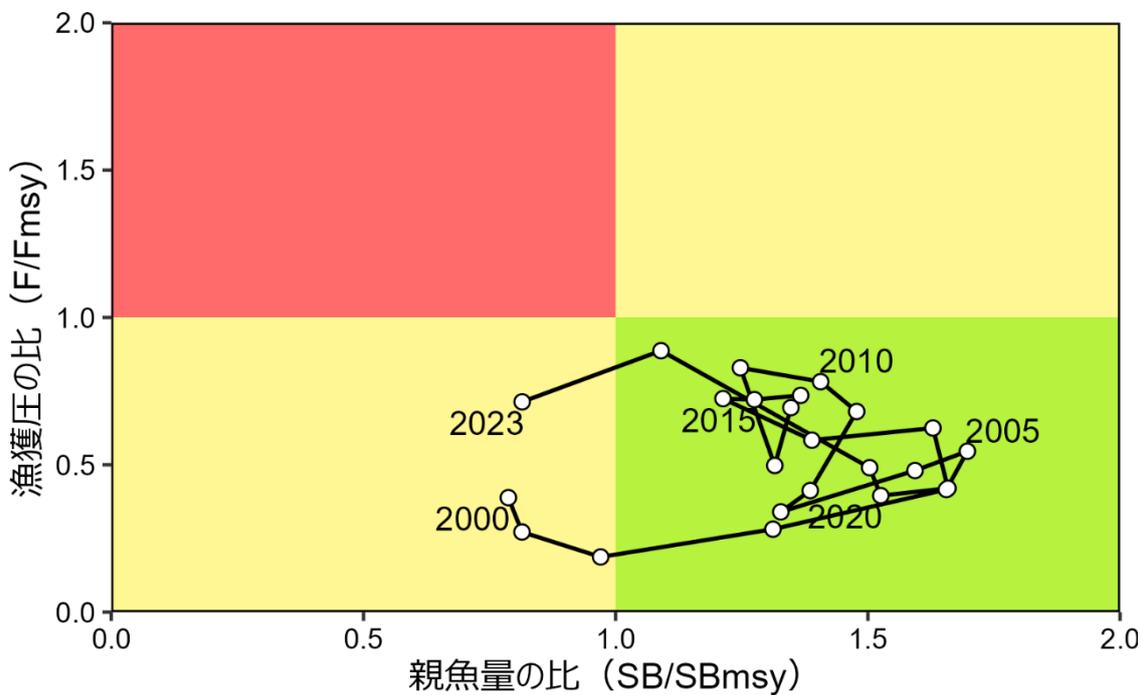
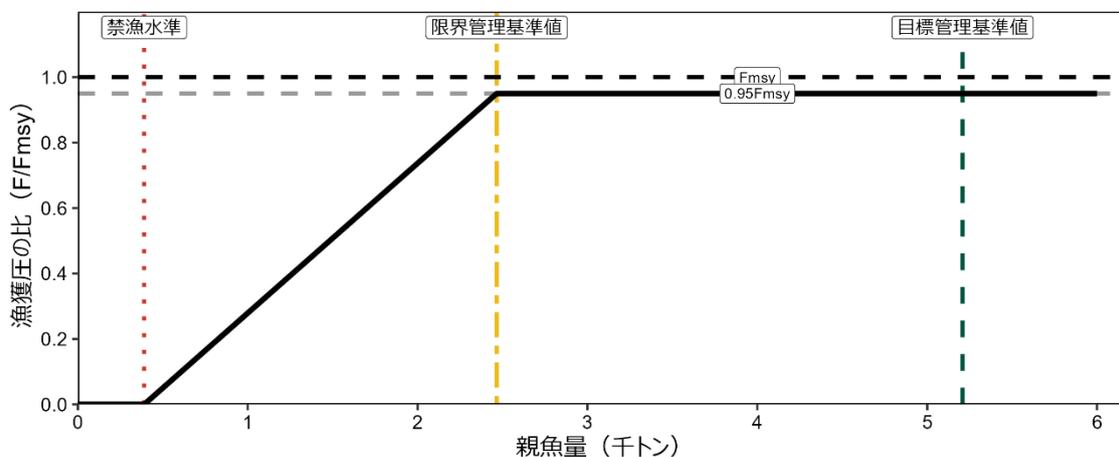


図 4-10. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

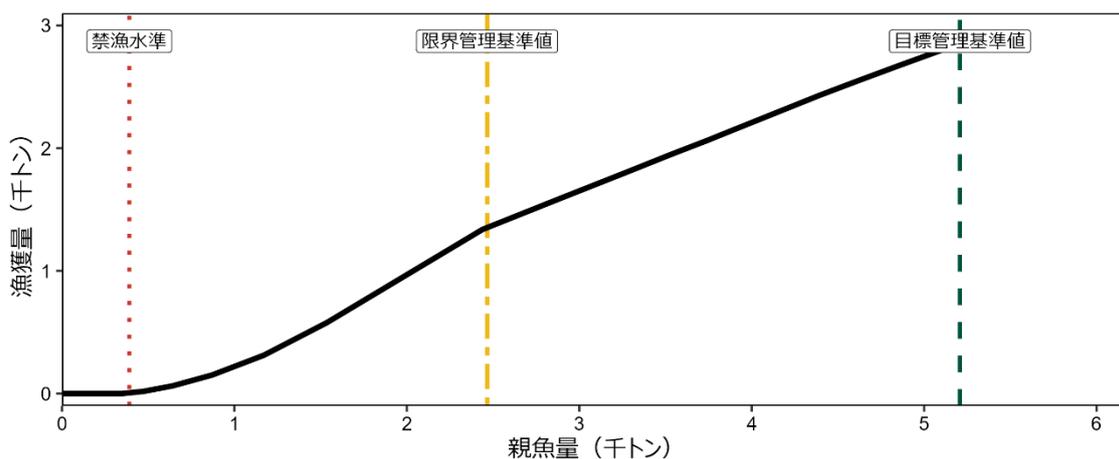


図 5-1. 漁獲シナリオに即した漁獲管理規則 ($\beta=0.95$)

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 0.95 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 $0.95F_{msy}$ 、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。

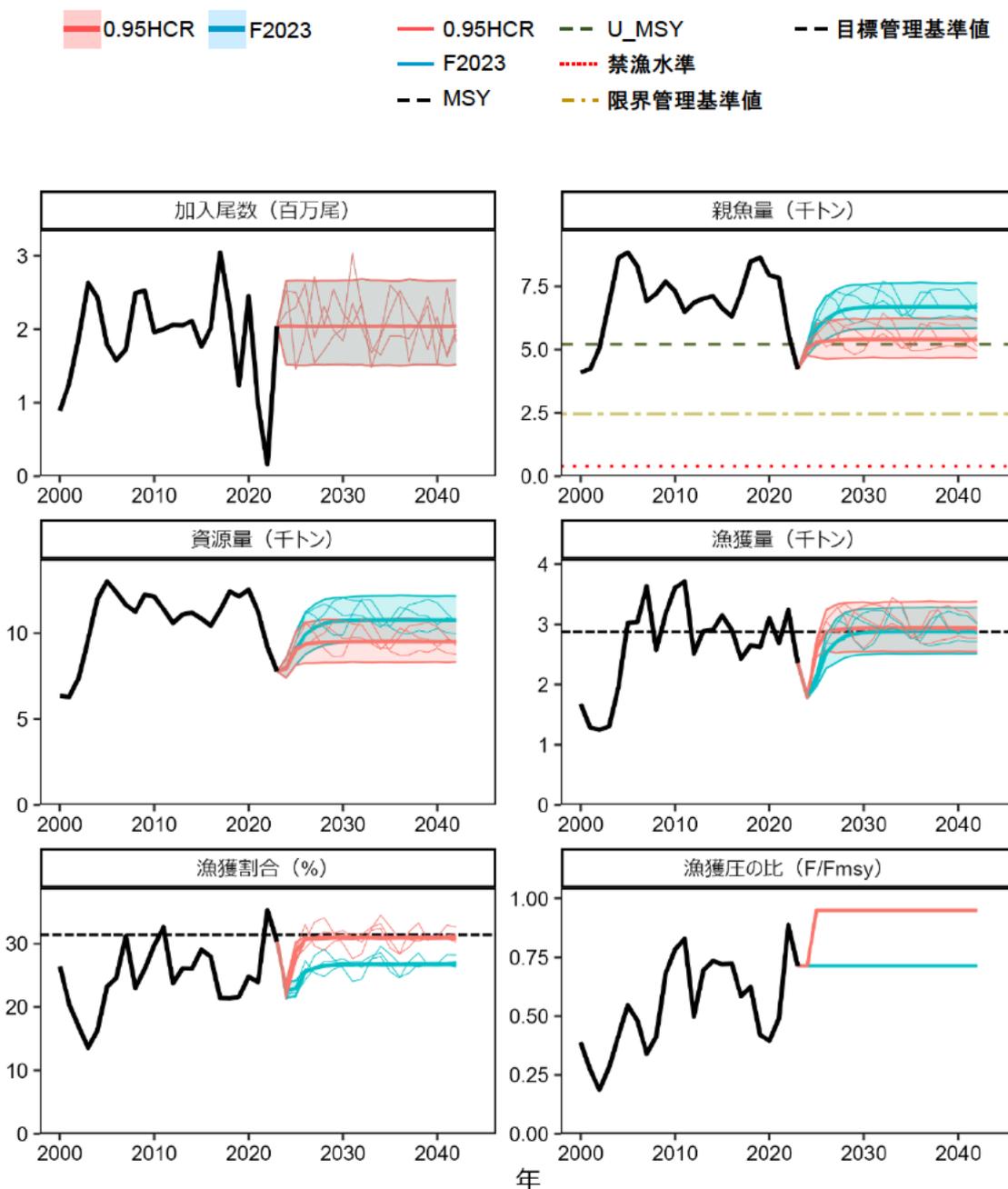


図 5-2. 漁獲シナリオで定められた管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測 (赤色) と現状の漁獲圧 (F2023) で漁獲を続けた場合の将来予測 (青色)

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 (Umsy) を示す。2024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0.95を用いた。

表 3-1. 県別漁獲量、及び韓国漁獲量（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	945	762	493	883	77	1,277	4,437	136	4,573	487
1991	603	368	202	397	29	672	2,271	57	2,328	665
1992	368	214	140	240	17	376	1,355	39	1,394	439
1993	314	161	85	235	9	234	1,038	27	1,065	481
1994	331	230	98	193	19	365	1,236	25	1,261	473
1995	456	350	149	198	12	312	1,477	29	1,506	273

表 3-1. (続き)

年	日本海系群						計	日本海 西部*2	計	韓国
	青森*1	秋田	山形	新潟	富山	石川				
1996	490	448	277	320	7	203	1,745	39	1,784	472
1997	617	674	344	347	4	154	2,140	29	2,169	481
1998	685	608	265	166	5	113	1,842	33	1,875	476
1999	790	596	171	156	19	174	1,906	31	1,937	894
2000	569	436	204	198	11	263	1,681	30	1,711	1,766
2001	275	384	174	222	12	217	1,284	34	1,318	2,458
2002	199	457	157	187	13	239	1,252	68	1,320	1,968
2003	252	348	188	203	24	299	1,314	101	1,415	1,826
2004	277	412	367	339	22	542	1,959	121	2,080	2,641
2005	484	684	655	766	27	408	3,024	156	3,180	4,272
2006	352	559	644	896	14	590	3,055	327	3,382	6,810
2007	410	998	717	1,112	8	424	3,669	381	4,050	7,533
2008	352	649	509	796	9	422	2,737	502	3,239	5,396
2009	447	799	422	949	8	578	3,203	491	3,694	6,870
2010	335	900	399	820	11	1,160	3,625	705	4,330	7,289
2011	285	926	473	944	22	1,086	3,736	1,076	4,812	8,585
2012	181	729	300	641	14	678	2,543	1,011	3,554	8,682
2013	312	779	441	755	15	769	3,071	844	3,915	9,134
2014	274	582	329	781	28	943	2,937	1,034	3,971	13,401
2015	195	686	498	935	28	813	3,155	1,289	4,444	7,821
2016	375	549	501	758	28	773	2,984	925	3,909	4,994
2017	184	504	293	679	25	805	2,490	670	3,160	6,475
2018	246	618	471	604	17	696	2,652	646	3,298	7,511
2019	380	364	432	650	17	794	2,637	594	3,231	9,520
2020	682	481	445	555	17	732	2,912	778	3,690	10,323
2021	822	539	328	515	14	483	2,701	595	3,296	9,095
2022	995	546	462	610	11	529	3,153	481	3,634	7,305
2023*3	657	409	384	542	9	355	2,356	555	2,911	7,820

*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 (トン)

年	沖底	小底	刺し網	定置	釣・ 延縄	その他	計	農林統計値*1
1981	716	785	490	279	453	2	2,725	2,784
1982	607	647	1,448	500	250	1	3,453	3,575
1983	345	555	749	283	157	4	2,093	2,189
1984	456	594	950	328	217	0	2,545	2,608
1985	319	686	716	302	126	5	2,154	2,242
1986	324	696	691	282	95	2	2,090	2,107
1987	430	603	565	162	281	2	2,043	2,062
1988	658	1,106	948	175	729	1	3,617	3,633
1989	1,249	1,592	1,385	222	725	5	5,178	5,174
1990	943	1,200	1,603	198	409	0	4,353	4,437
1991	476	540	945	186	91	2	2,240	2,271
1992	245	356	510	184	37	1	1,333	1,355
1993	245	316	245	95	75	2	978	1,038
1994	260	351	402	63	133	2	1,211	1,236
1995	359	318	574	88	98	1	1,438	1,477
1996	429	457	593	157	100	2	1,738	1,745
1997	531	630	684	165	132	1	2,143	2,140
1998	519	490	604	149	76	1	1,839	1,842
1999	795	335	570	99	107	1	1,907	1,906
2000	474	346	705	56	100	1	1,682	1,681
2001	279	318	511	89	87	3	1,287	1,284
2002	278	472	299	84	115	2	1,250	1,252
2003	275	524	347	49	116	3	1,314	1,314
2004	309	709	574	64	296	5	1,957	1,959
2005	631	1,056	1,018	112	201	6	3,024	3,024
2006	445	1,062	1,172	109	256	12	3,056	3,055
2007	731	1,471	1,036	115	311	4	3,668	3,669
2008	470	1,103	874	64	210	16	2,737	2,737
2009	731	961	1,091	129	278	14	3,204	3,203
2010	606	936	1,472	293	298	17	3,622	3,625

表 3-2. (続き)

年	沖底	小底	刺し網	定置	釣・ 延縄	その他	計	農林統計値*1
2011	578	957	1,486	401	273	35	3,730	3,736
2012	473	670	879	206	275	36	2,539	2,543
2013	505	1,059	916	239	313	34	3,066	3,071
2014	314	865	1,246	221	264	19	2,929	2,937
2015	355	1,103	883	276	505	31	3,153	3,155
2016	304	1,102	718	410	388	55	2,977	2,984
2017	259	944	654	236	362	37	2,492	2,490
2018	360	939	572	283	463	48	2,665	2,652
2019	217	872	911	253	340	38	2,631	2,637
2020	326	939	1,120	222	257	48	2,912	2,912
2021	352	728	722	642	186	63	2,693	2,701
2022	379	915	994	742	152	63	3,245	3,153
2023*2	298	729	774	379	124	52	2,356	2,356

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 合計値と農林水産統計値の差は農林水産統計における秘匿値および県統計値と農林水産統計値の差による。資源計算では漁業種類別漁獲量を用いた。

*2 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	4,494	3,376	1,088	1,279	5,139	15,376
1973	4,540	3,534	1,380	1,030	9,247	19,731
1974	6,109	2,914	1,098	1,033	12,119	23,273
1975	5,060	3,791	1,497	759	10,031	21,138
1976	6,440	3,058	2,008	1,496	12,844	25,846
1977	7,151	5,152	2,128	1,345	11,862	27,638
1978	6,610	4,973	2,997	2,954	8,932	26,466
1979	7,122	4,481	2,570	3,723	10,888	28,784
1980	6,559	7,698	2,186	2,646	13,920	33,009
1981	6,385	7,376	1,172	3,388	17,019	35,340
1982	6,555	8,792	1,570	3,119	16,058	36,094
1983	6,291	6,372	1,783	1,751	17,778	33,975
1984	6,157	5,092	1,211	1,321	17,842	31,623
1985	5,515	5,236	880	1,648	20,250	33,529
1986	6,323	5,405	1,244	1,206	11,609	25,787
1987	7,685	5,714	2,007	1,094	11,770	28,270
1988	7,806	6,541	5,538	1,525	10,159	31,569
1989	8,579	6,168	11,662	2,113	10,789	39,311
1990	7,011	3,925	8,998	1,403	8,535	29,872
1991	5,991	3,531	7,170	1,020	5,530	23,242
1992	5,079	2,830	5,134	963	3,309	17,315
1993	4,448	2,637	2,576	617	3,381	13,659
1994	6,247	3,009	3,931	1,355	3,062	17,604
1995	7,758	4,164	2,484	1,504	3,213	19,123
1996	7,860	3,776	3,998	1,611	2,709	19,954
1997	7,963	3,078	4,167	935	1,927	18,070
1998	6,198	3,107	2,555	1,004	3,855	16,719
1999	7,132	2,312	2,799	856	4,520	17,619

表 3-3. (続き)

漁期年	有漁網数						標準化 CPUE
	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	計	
2000	5,800	2,149	2,591	764	3,889	15,193	0.79
2001	5,681	2,950	1,770	409	2,984	13,794	0.83
2002	5,208	2,298	1,984	331	1,852	11,673	0.72
2003	5,524	2,877	1,462	346	1,926	12,135	0.69
2004	4,580	3,005	1,773	587	3,363	13,308	0.95
2005	6,440	3,781	1,189	387	3,085	14,882	1.06
2006	7,355	4,189	1,134	352	2,392	15,422	1.14
2007	8,220	4,545	1,032	161	4,742	18,700	0.97
2008	8,499	4,940	900	87	2,686	17,112	0.97
2009	7,398	4,221	969	140	5,674	18,402	1.34
2010	6,480	3,751	726	198	6,252	17,407	1.23
2011	5,813	4,408	968	188	6,001	17,378	1.05
2012	5,778	4,253	776	195	5,340	16,342	1.03
2013	6,220	5,100	966	311	6,795	19,392	1.14
2014	5,682	5,314	929	372	5,986	18,283	1.15
2015	5,852	5,211	1,063	461	5,151	17,738	1.06
2016	5,580	4,319	1,138	323	4,917	16,277	1.13
2017	6,019	3,053	999	271	5,167	15,509	0.97
2018	5,405	3,700	614	117	5,577	15,413	1.03
2019	5,514	3,503	679	77	4,749	14,522	0.99
2020	3,488	2,700	606	125	4,160	11,079	0.94
2021	3,819	2,546	853	172	3,577	10,967	1.00
2022	4,162	2,893	812	149	2,983	10,999	1.02
2023	2,680	2,666	543	90	2,727	8,706	0.82

表 4-1. 資源解析結果

年	漁獲量*1 (トン)	資源量 (トン)	親魚量*2 (トン)	加入尾数 (3歳魚、万尾)	漁獲割合 (%)	F/Fmsy	%SPR
2000	1,682	6,362	4,100	89	26	0.39	34
2001	1,287	6,288	4,241	126	20	0.27	38
2002	1,250	7,392	5,053	188	17	0.19	39
2003	1,314	9,626	6,832	263	14	0.28	39
2004	1,957	11,989	8,622	244	16	0.42	36
2005	3,024	13,012	8,839	179	23	0.55	32
2006	3,056	12,383	8,298	158	25	0.48	34
2007	3,668	11,655	6,913	173	31	0.34	32
2008	2,737	11,231	7,217	250	23	0.41	33
2009	3,204	12,235	7,696	253	26	0.68	27
2010	3,622	12,130	7,324	196	30	0.78	25
2011	3,730	11,402	6,496	200	33	0.83	24
2012	2,539	10,593	6,850	206	24	0.50	31
2013	3,066	11,083	7,017	205	26	0.69	27
2014	2,929	11,188	7,118	211	26	0.74	27
2015	3,153	10,846	6,640	176	29	0.72	27
2016	2,977	10,428	6,316	202	28	0.72	27
2017	2,492	11,341	7,234	305	21	0.58	31
2018	2,665	12,424	8,483	227	21	0.62	30
2019	2,631	12,144	8,639	124	22	0.42	34
2020	2,912	12,523	7,945	245	25	0.40	34
2021	2,693	11,256	7,830	98	24	0.49	34
2022	3,245	9,201	5,676	16	35	0.89	24
2023	2,356	7,776	4,242	204	30	0.71	27

*1 漁業種類別漁獲量の合計値。

*2 本系群の親魚量は漁期後の値。

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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.00	12	46	45	47	48	48	48	48	48	47	48	47
0.95		56	59	62	65	65	65	65	65	64	65	65
0.90		66	72	77	80	81	81	81	80	81	81	81
0.85		76	84	88	91	92	92	92	92	92	92	92
0.80		84	91	95	97	97	98	98	98	98	97	98
0.75		90	96	98	99	100	100	100	100	99	100	99
0.70		94	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.65		97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60		99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.55		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2023		93	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100

b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.95		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.90		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.85		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.80		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.75		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.70		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.65		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.60		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.55		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.50		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2023		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

β を 0.50~1.00 で変更した場合の将来予測結果を示す。2024 年は現状の漁獲圧 (F2023) とし、2025 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 ($\beta = 0.71$ 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 (千トン)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.00	5.0	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
0.95		5.3	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
0.90		5.4	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
0.85		5.5	5.7	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9
0.80		5.6	5.9	6.0	6.1	6.1	6.1	6.2	6.1	6.1	6.2	6.2
0.75		5.7	6.1	6.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.5
0.70		5.8	6.3	6.5	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
0.65		6.0	6.5	6.8	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.2
0.60		6.1	6.7	7.1	7.3	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
0.55		6.2	6.9	7.4	7.7	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
0.50		6.3	7.2	7.8	8.2	8.4	8.5	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6
F2023			5.8	6.2	6.4	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7

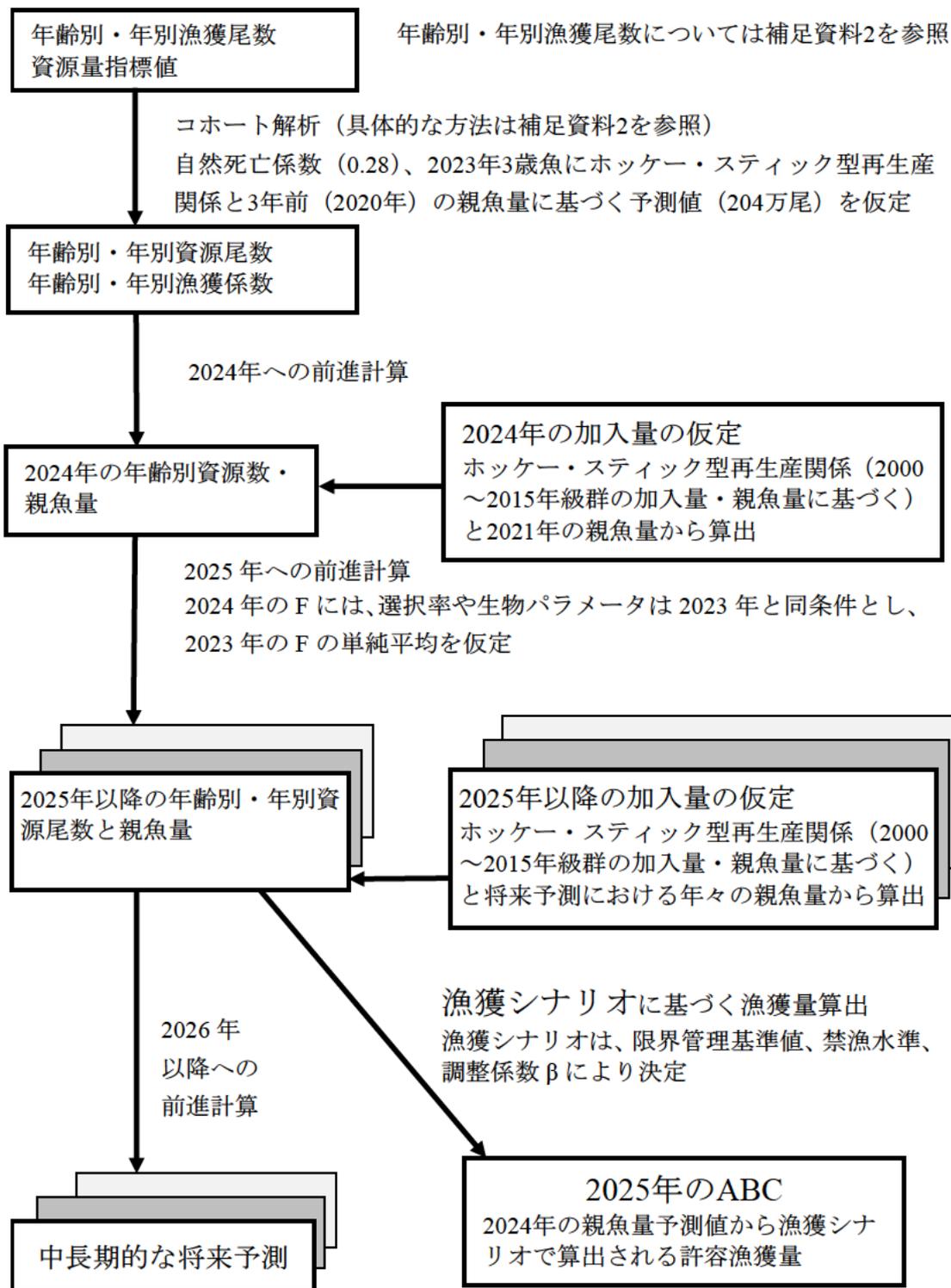
β を 0.50～1.00 で変更した場合の将来予測結果を示す。2024 年は現状の漁獲圧 (F2023) とし、2025 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 ($\beta = 0.71$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5-3. 将来の平均漁獲量（千トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.00		2.7	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3	2.9	2.9	2.9
0.95		2.6	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
0.90		2.5	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
0.85		2.4	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
0.80		2.3	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
0.75		2.2	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
0.70	1.8	2	2.5	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
0.65		1.9	2.4	2.6	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
0.60		1.8	2.3	2.5	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
0.55		1.7	2.2	2.4	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8
0.50		1.5	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
F2023		2.1	2.5	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9

β を 0.50～1.00 で変更した場合の将来予測結果を示す。2024 年は現状の漁獲圧（F2023）とし、2025 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（ $\beta = 0.71$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。なお、2025～2035 年漁期の漁獲量の平均値は、2019～2023 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、漁業種類別漁獲統計（暦年）および漁獲物の体長組成に基づき求めた。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、チューニング VPA（コホート解析）により求めた。解析の起点を 1 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。計算には Pope（1972）の近似式を用い、年齢の起算日および漁獲を、マダラ的生活史および漁業の特性に基づいて 2 月 1 日とした。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。

各年の年齢別資源尾数 $N_{a,y}$ は（1）式により計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (1)$$

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。

$$N_{7,y} = \frac{C_{7,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{7,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (2)$$

$$N_{8+,y} = \frac{C_{8+,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M) + C_{8+,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right) \quad (3)$$

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、「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として適用されたホッケ－・スティック型再生産関係と 3 年前（2020 年）の親魚量に基づく予測値で

あるに基づく予測値である 204 万尾とした。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right)}{1 - \exp(-F_{a,y})} \quad (4)$$

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。

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{12}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (5)$$

各年の親魚量 SSB_y は漁獲後の 2 月 1 日時点の値として (6) 式により求めた、(補足表 2-5)。

$$SSB_y = \sum_{a=3}^{8+} \left(N_{a,y} \exp\left(-\frac{M}{12}\right) - C_{a,y}\right) m_a w_a \quad (6)$$

ここで、 m_a および w_a はそれぞれ、 a 歳における成熟割合および体重である。

チューニングでは、資源量と資源量指標値の残差平方和を (7) および (8) 式により求め、これ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。指標値には沖底標準化 CPUE (補足図 2-1、補足資料 8、別途説明文書 (FRA-SA2024-SC03-0401) 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。

$$SS = (I_y - q_i B_y)^2 \quad (7)$$

$$\hat{q}_i = \frac{\sum_y I_y B_y}{\sum_y B_y^2} \quad (8)$$

ここで B_y は y 年 1 月 1 日時点の資源量、 I_y は y 年の資源量指標値である。3~6 歳の F 値については、過去 3 年間の平均選択率に従い (9) 式により求めた。

$$F_{a,y} = \frac{1}{3} \left(\frac{F_{a,y-1}}{F_{8+,y-1}} + \frac{F_{a,y-2}}{F_{8+,y-2}} + \frac{F_{a,y-3}}{F_{8+,y-3}} \right) F_{8+,y} \quad (9)$$

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昨年度から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。

(2) 将来予測方法

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」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 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 2021) を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には統計ソフトウェア R (version4.3.1) 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)。なお、各値を MSY 算出に用いた値に固定する一般的将来予測手法に基づく結果については、補足資料 6 に記載した。

資源尾数の予測は (10) 式に基づく前進計算で求めた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (10)$$

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。

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。

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{ban} \\ \beta\gamma(SB_t)F_{msy} & \text{if } SB_{ban} \leq SB_t \leq SB_{limit} \\ \beta F_{msy} & \text{if } SB_t \geq SB_{limit} \end{cases} \quad (11)$$

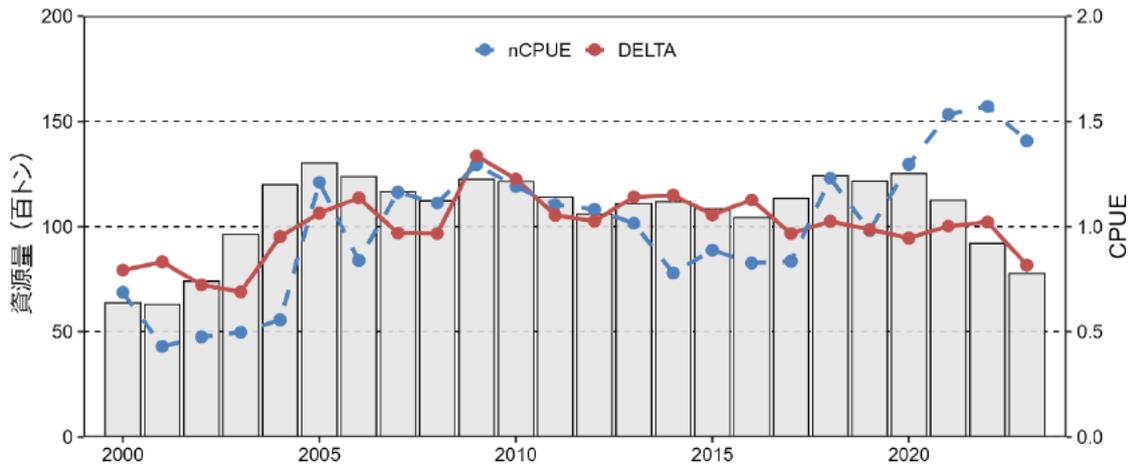
$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}} \quad (12)$$

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、親魚量は (6) 式に従って漁期後の値を求めた。

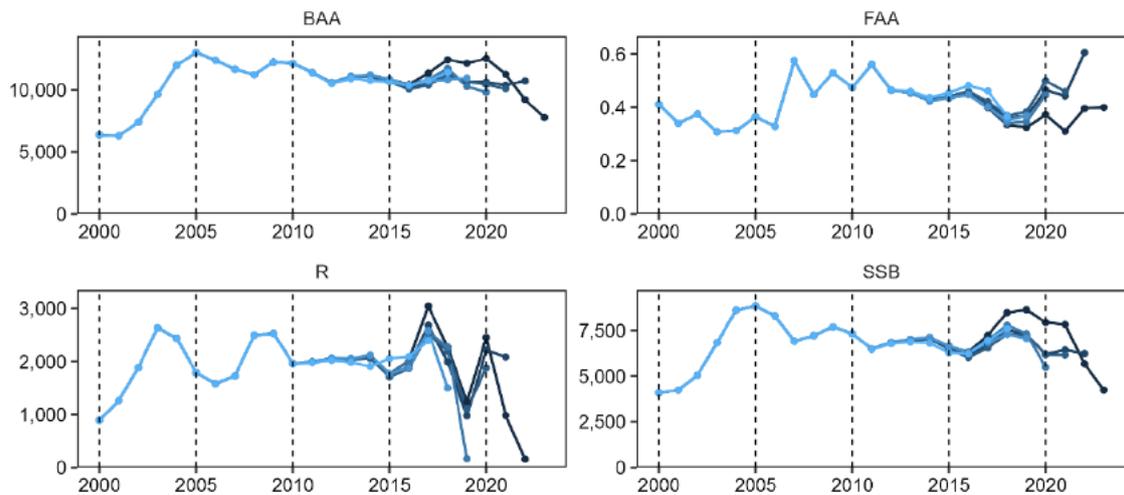
なお、本系群の漁獲量は暦年集計 (1~12 月) の農林水産統計に基づき、将来予測における漁獲量も暦年に従う。一方、TAC 管理は漁期年 (7 月~翌年 6 月) に従う。そこで、漁獲シナリオに基づく予測漁獲量を、県統計に基づく過去 5 年平均の月別漁獲量割合に基づいて按分し、当年 7 月~翌年 6 月の値に再集計した。県統計に基づく 5 年間の月別漁獲量と、それらに基づく月別割合を補足表 2-7 に示す。月別漁獲量割合は 1 月、2 月に高く、概ね年間漁獲量の 5 割を占めた。また、11 月から 3 月の 5 か月間で見ると、その割合は 8 割となった。

引用文献

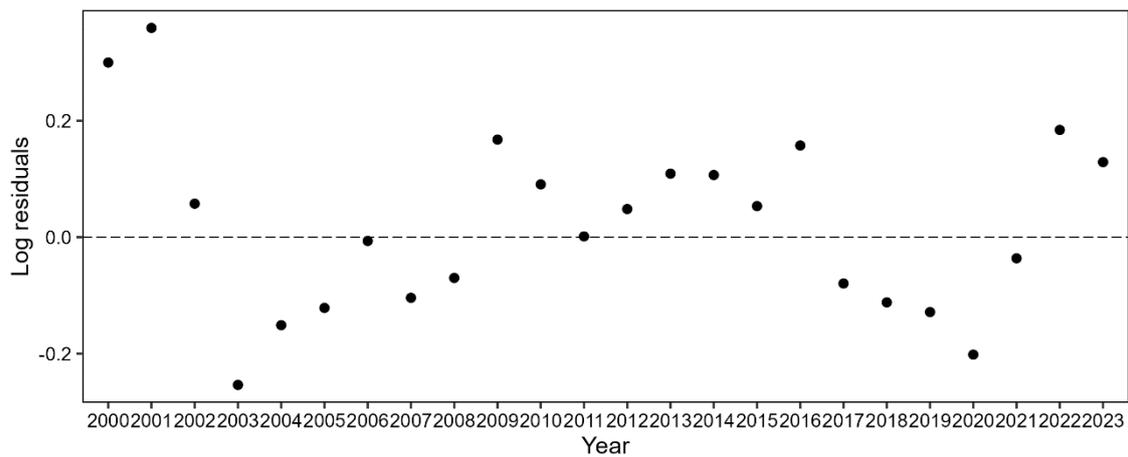
- 平松一彦 (2000) VPA. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－, 水産資源保護協会, 104-128.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. *東海水研報*, **28**, 1-200.



補足図 2-1. 沖底漁獲量 (棒グラフ)、沖底標準化 CPUE (赤実線) およびノミナル CPUE (青破線) のトレンド CPUE はいずれも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(BAA)、全年齢平均F(FAA)、3歳魚加入尾数 (R) および親魚量 (SSB) 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ホッケ-スティック型再生産関係と3年前(2020年)の親魚量に基づく予測値(204万尾)を用いているため、直近年1年前の値を掲載している。



補足図 2-3. チューニングによる対数残差

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	2014
3	1	2	2	35	109	45	28	9	86	305	75	95	48	166	264
4	32	21	14	51	170	253	116	40	60	158	284	224	112	219	226
5	135	75	48	111	170	321	299	174	164	199	474	391	220	252	238
6	144	102	83	91	122	211	273	270	215	239	241	299	204	215	199
7	98	91	102	66	83	118	138	271	160	160	111	142	125	118	116
8+	46	44	56	41	41	53	59	148	72	72	52	66	58	51	54

年齢	年								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3	106	54	140	211	8	22	10	16	2
4	187	272	234	221	147	18	148	177	15
5	300	241	169	233	300	314	188	470	145
6	254	189	142	197	184	313	262	161	281
7	133	120	104	95	75	129	140	82	68
8+	57	79	70	40	82	75	50	111	104

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	2014
3	891	1,263	1,883	2,635	2,436	1,788	1,580	1,725	2,496	2,528	1,962	2,000	2,060	2,054	2,114
4	607	674	955	1,425	1,969	1,761	1,319	1,175	1,300	1,824	1,679	1,428	1,441	1,523	1,427
5	588	434	495	713	1,040	1,360	1,138	910	858	938	1,259	1,051	908	1,005	984
6	385	341	271	337	454	656	781	630	554	523	556	586	494	518	566
7	179	180	179	141	185	249	333	380	268	253	211	234	212	216	225
8+	85	87	98	88	90	113	141	207	120	115	99	108	99	94	104

年齢	年								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3	1,764	2,018	3,046	2,268	1,240	2,453	983	158	2,040
4	1,397	1,254	1,487	2,199	1,554	933	1,841	736	107
5	905	914	739	945	1,494	1,063	693	1,280	421
6	561	453	505	429	535	900	562	379	605
7	275	228	197	272	172	262	439	222	162
8+	118	150	133	114	189	152	156	303	249

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	2014
3	892	1,264	1,885	2,636	2,437	1,789	1,581	1,726	2,497	2,530	1,963	2,001	2,061	2,056	2,116
4	1,116	1,240	1,758	2,624	3,624	3,240	2,428	2,162	2,392	3,356	3,089	2,628	2,652	2,803	2,627
5	1,631	1,205	1,373	1,979	2,887	3,774	3,158	2,525	2,383	2,603	3,494	2,918	2,520	2,790	2,730
6	1,430	1,266	1,006	1,253	1,686	2,438	2,901	2,341	2,059	1,944	2,065	2,176	1,833	1,923	2,103
7	823	827	824	647	852	1,146	1,534	1,749	1,233	1,166	970	1,078	975	993	1,037
8+	469	485	547	488	502	625	781	1,152	667	636	549	601	550	519	575
合計	6,362	6,288	7,392	9,626	11,989	13,012	12,383	11,655	11,231	12,235	12,130	11,402	10,593	11,083	11,188

年齢	年								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3	1,765	2,019	3,048	2,269	1,241	2,455	983	158	2,041
4	2,571	2,308	2,737	4,047	2,860	1,717	3,388	1,355	197
5	2,513	2,535	2,051	2,623	4,148	2,950	1,923	3,553	1,168
6	2,084	1,684	1,875	1,594	1,987	3,342	2,087	1,408	2,247
7	1,263	1,050	906	1,253	792	1,206	2,019	1,023	746
8+	650	831	725	639	1,116	852	855	1,703	1,375
合計	10,846	10,428	11,341	12,424	12,144	12,523	11,256	9,201	7,776

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	2014
3	0.002	0.002	0.001	0.014	0.047	0.026	0.019	0.005	0.036	0.132	0.040	0.050	0.024	0.087	0.137
4	0.056	0.032	0.015	0.037	0.092	0.159	0.094	0.036	0.049	0.093	0.190	0.175	0.083	0.159	0.177
5	0.268	0.195	0.105	0.174	0.183	0.277	0.313	0.218	0.217	0.245	0.487	0.478	0.284	0.296	0.284
6	0.483	0.365	0.378	0.321	0.322	0.399	0.442	0.577	0.505	0.632	0.586	0.738	0.549	0.553	0.446
7	0.827	0.724	0.874	0.650	0.617	0.663	0.552	1.308	0.941	1.037	0.771	0.963	0.921	0.815	0.752
8+	0.827	0.724	0.874	0.650	0.617	0.663	0.552	1.308	0.941	1.037	0.771	0.963	0.921	0.815	0.752
平均	0.411	0.340	0.375	0.308	0.313	0.365	0.329	0.575	0.448	0.529	0.474	0.561	0.464	0.454	0.425

年齢	年								
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3	0.063	0.028	0.048	0.100	0.007	0.009	0.011	0.109	0.050
4	0.147	0.251	0.176	0.109	0.102	0.020	0.086	0.282	0.156
5	0.414	0.315	0.266	0.291	0.230	0.360	0.326	0.472	0.434
6	0.621	0.556	0.339	0.635	0.435	0.440	0.649	0.570	0.645
7	0.682	0.769	0.781	0.439	0.588	0.701	0.395	0.470	0.556
8+	0.682	0.769	0.781	0.439	0.588	0.701	0.395	0.470	0.556
平均	0.435	0.448	0.399	0.336	0.325	0.372	0.310	0.396	0.400

補足表 2-5. 親魚量 (トン)

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
SSB	4,100	4,241	5,053	6,832	8,622	8,839	8,298	6,913	7,217	7,696	7,324	6,496	6,850	7,017	7,118

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
SSB	6,640	6,316	7,234	8,483	8,639	7,945	7,830	5,676	4,242

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)	F2023 (注 4)
3	0.28	0.5	1,001	0.090	0.071	0.050
4	0.28	1.0	1,841	0.281	0.219	0.156
5	0.28	1.0	2,776	0.781	0.608	0.434
6	0.28	1.0	3,715	1.160	0.904	0.645
7	0.28	1.0	4,600	1.000	0.778	0.556
8 歳以上	0.28	1.0	5,527	1.000	0.778	0.556

注 1 : 2023 年の平均体重。

注 2 : 2023 年の選択率。

注 3 : 注 2 の選択率の下で、令和 3 年度研究機関会議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 : 2023 年の F 値

補足表 2-7. 各県漁獲統計に基づく過去 5 か年の月別漁獲量割合

月	漁獲量 (トン)					平均 漁獲量	漁獲量 月別割合
	2019	2020	2021	2022	2023		
1	425	659	538	979	502	621	24%
2	990	837	652	732	892	821	31%
3	188	268	402	506	381	349	13%
4	96	69	99	197	88	110	4%
5	80	105	68	127	71	90	3%
6	70	109	69	44	37	66	3%
7	6	5	4	3	2	4	0%
8	9	5	3	2	2	4	0%
9	81	33	44	39	10	41	2%
10	110	58	93	68	27	71	3%
11	283	212	182	139	71	177	7%
12	260	185	499	186	156	257	10%
合計	2,599	2,546	2,653	3,023	2,240	2,612	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	最小二乗法	なし	0.498	4,100	0.172	-

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 3-2. 管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	5.2 千トン	目標管理基準値。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	2.5 千トン	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	0.4 千トン	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) = (0.173, 0.32, 0.55, 0.96, 1.11, 1.11)	
%SPR (Fmsy)	21%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	2.9 千トン	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
SB2023	4.2 千トン	2023 年の親魚量
F2023	2023 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳以上) = (0.05, 0.16, 0.43, 0.65, 0.56, 0.56)	
U2023	30%	2023 年の漁獲割合
%SPR (F2023)	27%	現状(2023 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値との比較		
SB2023 / SBmsy (SBtarget)	0.81	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値)に対する 2023 年の親魚量の比
F2023 / Fmsy	0.71	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 を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	減少	

* 2023 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 3-4. ABC と予測親魚量

2025 年漁期の ABC (千トン)	2025 年の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2023)	2025 年の 漁獲割合(%)
2.6	5.3	1.34	29

コメント:

- ABC の算定には、令和 5 年 7 月に開催された「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」を経て定められた漁獲シナリオに即した漁獲管理規則を用いた。
- ABC の値は、2019～2023 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唆されているが、ホッケー・スティック型再生産関係に基づく加入量を仮定した将来予測では、近年の低い加入量が反映できていない可能性が高いことに留意する必要がある。

補足表 3-5. 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	2033 年 の平均親魚 量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2033 年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲シナリオで使用する β					
$\beta=0.95$	5.4	4.7 - 6.2	64	100	100
上記と異なる β を使用した場合					
$\beta=1.00$	5.2	4.5 - 6.0	47	100	100
$\beta=0.90$	5.6	4.9 - 6.5	81	100	100
$\beta=0.80$	6.1	5.4 - 7.0	97	100	100
$\beta=0.70$	6.8	5.9 - 7.7	100	100	100
F2023	6.7	5.8 - 7.6	100	100	100

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月にかけて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（旧日本海区水産研究所）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。

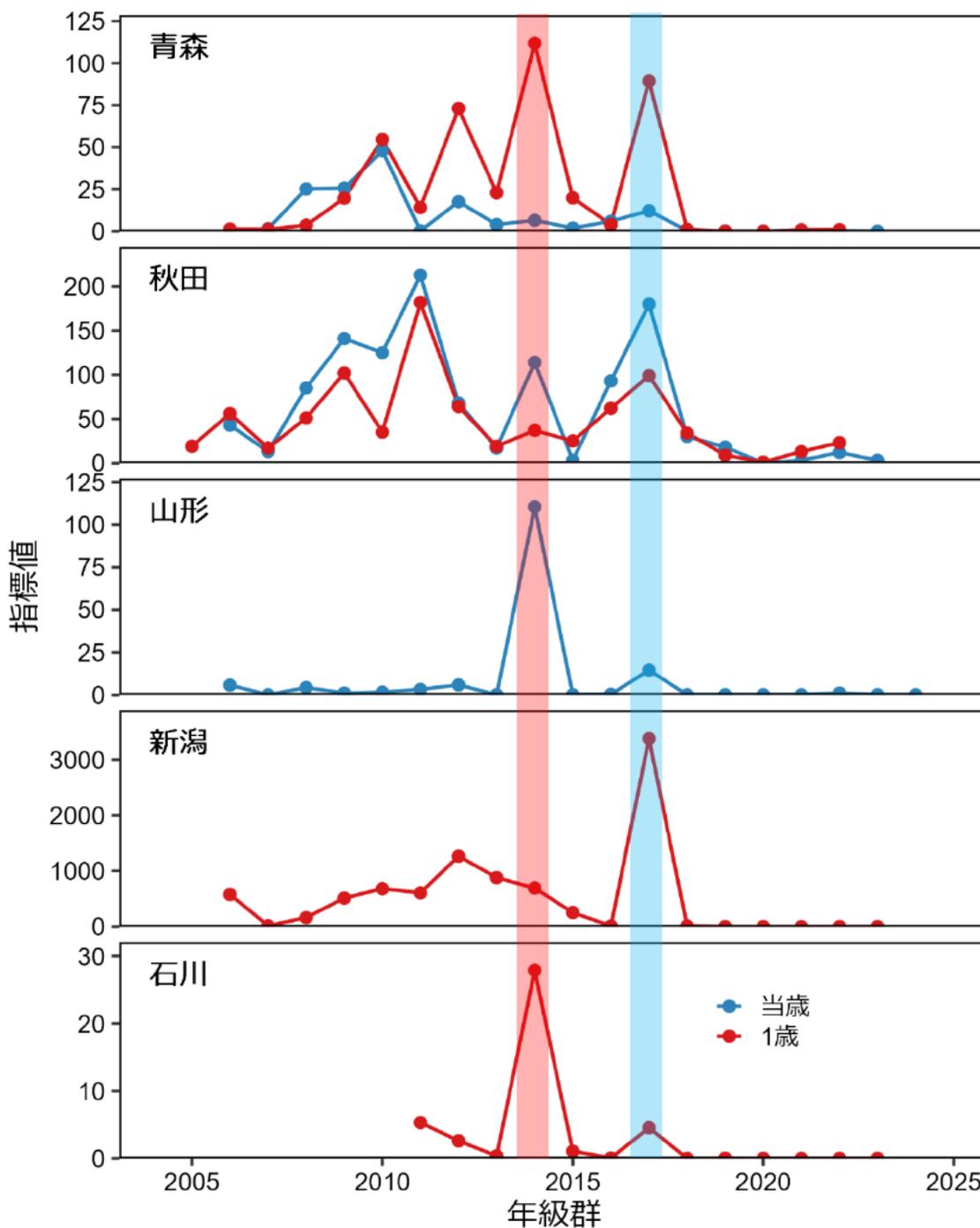
系群全体の比較から、2014、2017年級群の豊度が高かったことが分かった。県によって加入量指標値（以下、単に指標値と呼ぶ）の動向は若干異なり、青森県ではこれらの年級群に加えて2010、2012年級群の指標値も高い傾向にあったものの、当歳魚の指標値は2011年級群以降低い傾向にあった。秋田県では、2011年級群の指標値が高い傾向にあり、当歳魚と1歳魚で同様の結果が得られた。山形県では、2014年級群の指標値が突出して高かったものの、2017年級群についてもピークが見られた。新潟県では、2017年級群および2014年級群以前に指標値が高い傾向にあった。石川県では、山形県とほぼ同様、2014年級群と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年まで継続している。このうち、2020年級群（2023年加入）以降については、資源計算（補足資料 2）において考慮されていない。また、高齢魚を漁獲の主体とする本系群においては、2019年級群（2022年加入）の情報も十分に反映されていない可能性がある。直近数年間の加入が悪いことから、今後、資源の減少傾向が継続する可能性がある。

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（補足資料 7）。本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.



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

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に関して、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（補足図 5-1）。トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）からは、2017、2018 年級群等、加入豊度の高い年級群を除き、体長 400 mm 以上の個体（3 歳以上と考えられる）が主に分布することが示された（補足図 5-1、5-2、上田ほか（2006）より採集効率を 0.24 とした）。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）。

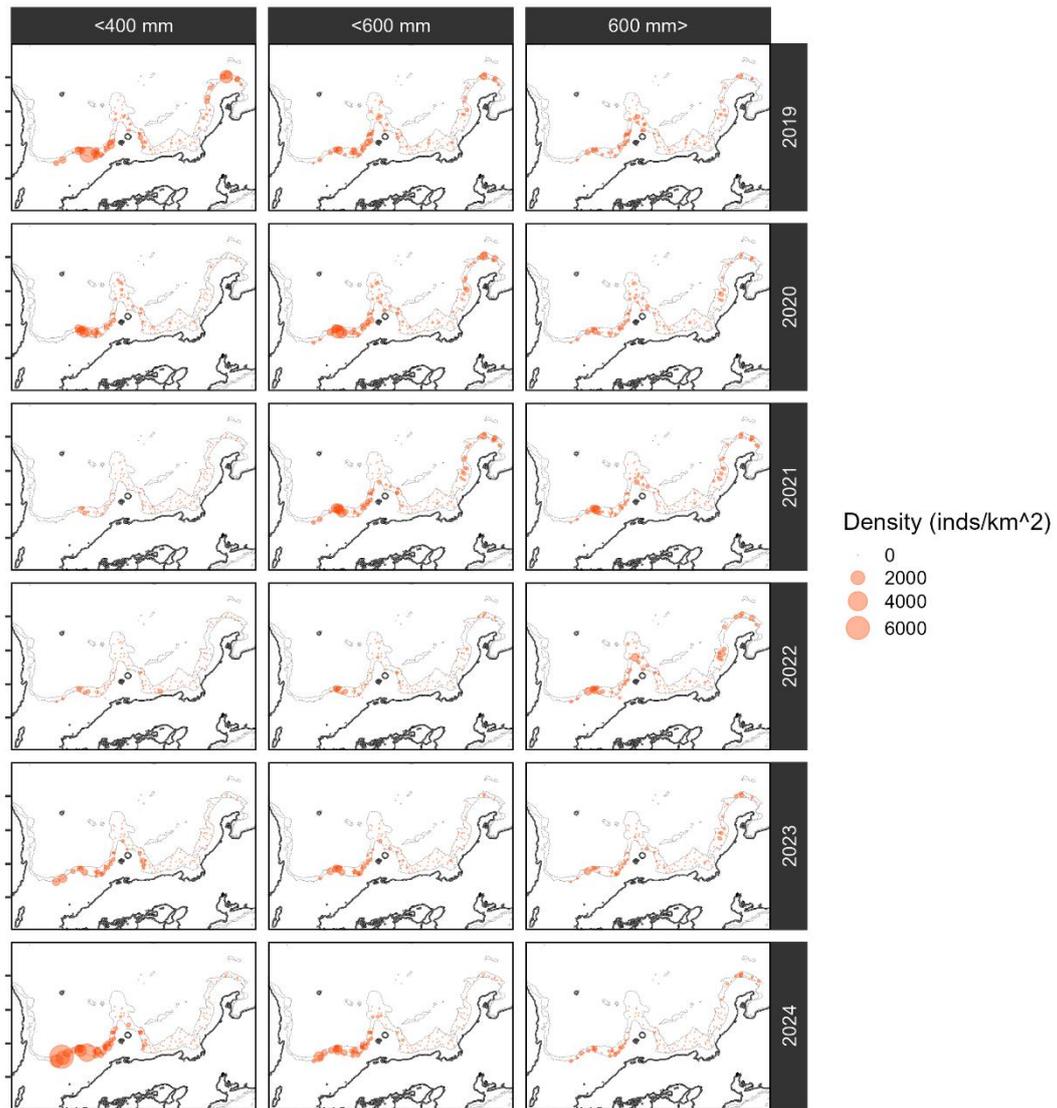
2024 年のトロール調査では、体長 400 mm 未満の若齢魚が多く採捕され、これらは 2 歳魚（2022 年級群）もしくは 3 歳魚（2021 年級群）と考えられる（補足図 5-1、5-2）。

(2) 漁業の状況

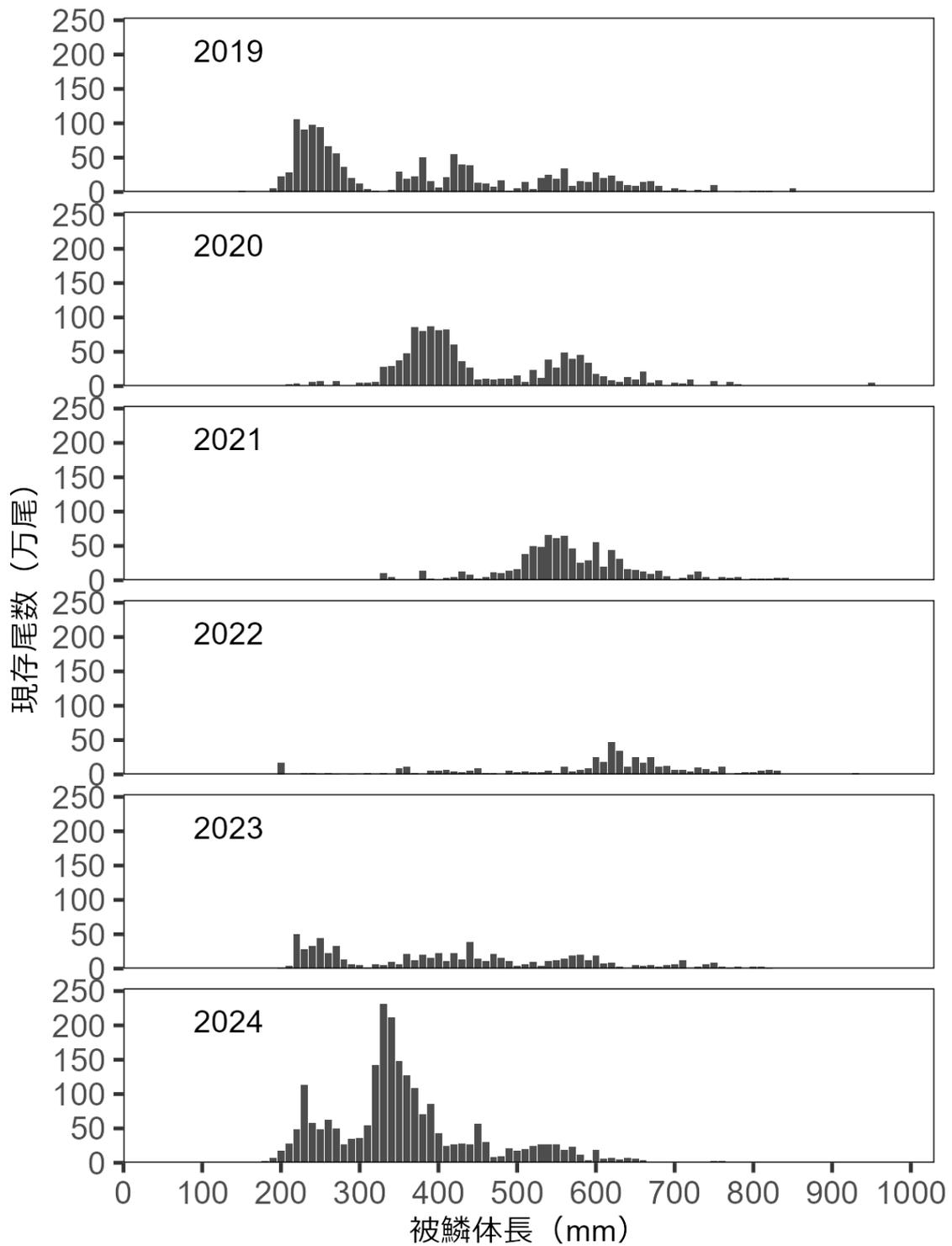
漁業の主体は底びき網であり、2023 年には漁獲量全体の 86%が沖底、12%が小底により漁獲された（補足図 5-3、補足表 5-1）。漁獲量は 1960 年代に約 1,100 トン、1970～1980 年代に約 500 トンをピークとして、周期的に変動した。1990 年代に百トン以下で推移したのち 2000 年代に急増し、2010 年代には再び 1,000 トン台となった。2023 年は 555 トン（暫定値）であった。日本海西部における漁獲量の変動パターンは韓国に類似する（補足図 5-4、補足表 5-2）。府県別に見ると、1960 年代は兵庫県と鳥取県、1970～1980 年代は福井県、1990 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

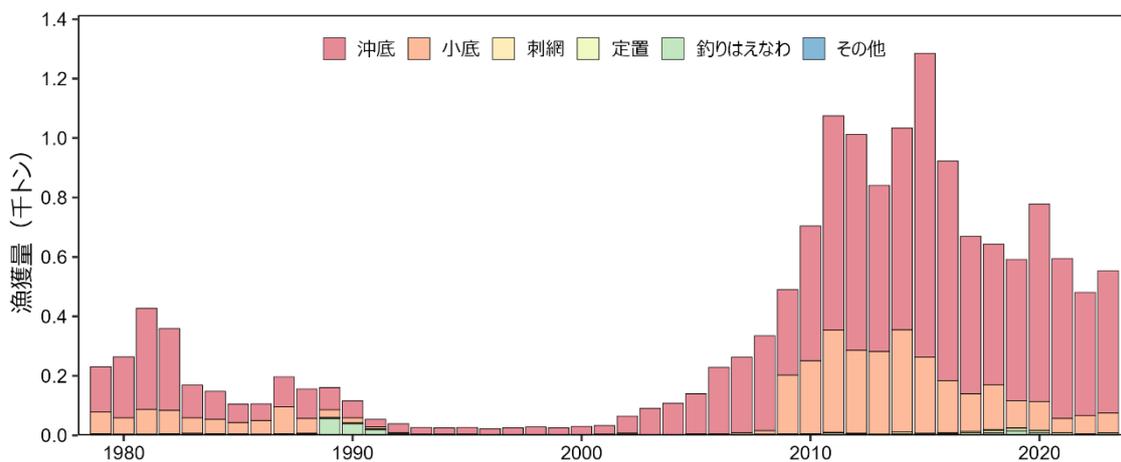
- 平尾 章・佐久間啓・秋田鉄也・千葉 悟 (2024) 我が国周辺海域におけるマダラの遺伝的集団構造：ゲノムワイド塩基多型を用いて。水産研究・教育機構。1-25. FRA-SA2024-SC03-0402.
- Sakuma, K., Yoshikawa, A., Goto, T., Fujiwara, K., and Ueda, Y. (2019) Delineating management units for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Sea of Japan. *Estuar. Coast. Shel. Sci.*, **229**,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



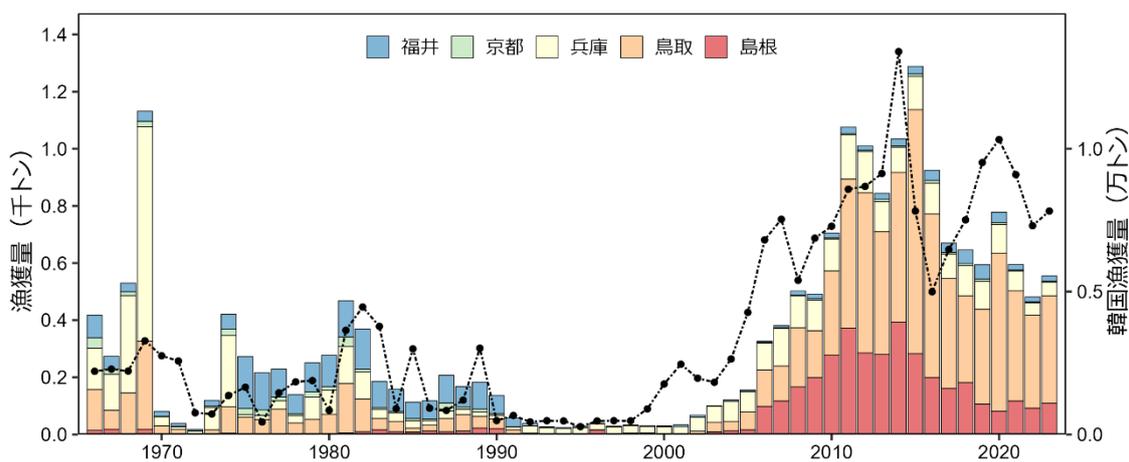
補足図 5-1. トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）におけるマダラの年別サイズグループ別分布密度



補足図 5-2. 日本海西部におけるマダラの年別体長組成 (2019~2024 年)
浜田沖~但馬沖における被鱗体長別階級別 (10 mm) の現存尾数を示した。



補足図 5-3. 漁業種類別漁獲量



補足図 5-4. 府県別漁獲量（棒グラフ）および韓国の漁獲量（折れ線グラフ）

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	農林統計値*1
1981	340	83	2	2	0	0	427	468
1982	275	78	1	4	1	0	359	369
1983	110	52	1	5	1	0	169	185
1984	94	48	2	3	1	0	148	158
1985	62	38	2	2	1	0	105	113
1986	56	46	1	2	1	0	106	118
1987	101	90	1	3	2	0	197	207
1988	99	50	2	1	4	0	156	168
1989	75	26	1	3	56	0	161	183
1990	57	17	2	1	39	0	116	136
1991	26	6	2	1	19	0	54	57
1992	30	1	1	1	6	0	39	39
1993	23	2	1	0	1	0	27	27
1994	21	3	1	0	0	0	25	25
1995	23	1	2	0	1	0	27	29
1996	21	0	1	0	0	0	22	39
1997	24	1	0	0	0	0	25	29
1998	27	1	0	0	0	0	28	33
1999	23	1	0	0	1	0	25	31
2000	27	1	0	1	1	0	30	30
2001	29	1	0	3	0	0	33	34
2002	58	0	1	6	0	0	65	68
2003	90	1	0	0	0	0	91	101
2004	105	2	1	0	0	0	108	121
2005	135	3	1	1	0	0	140	156
2006	223	4	1	1	0	0	229	327
2007	254	6	1	1	1	0	263	381
2008	319	12	1	1	2	0	335	502
2009	287	198	1	0	4	0	490	491
2010	453	245	1	2	3	0	704	705

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）（続き）

年	沖底	小底	刺し網	定置	はえ縄	その他	計	農林統計値*1
2011	721	344	2	5	3	0	1,075	1,076
2012	726	279	2	3	2	0	1,012	1,011
2013	559	278	1	3	0	0	841	844
2014	679	344	5	6	0	0	1,034	1,034
2015	1,022	256	3	4	0	0	1,285	1,289
2016	739	175	2	3	4	0	923	925
2017	529	127	4	6	3	0	669	670
2018	473	151	3	8	8	0	643	646
2019	475	92	1	9	15	0	592	594
2020	664	97	1	7	9	0	778	778
2021	538	48	0	6	3	0	595	595
2022	415	60	0	5	1	0	481	481
2023*2	479	67	1	6	1	0	554	555

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 合計値と農林水産統計値の差は農林水産統計における秘匿値による。

*2 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	20	136	487
1991	29	2	10	13	3	57	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	4	1	21	2	1	29	273

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）（続き）

年	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	計	韓国
1996	2	0	21	1	15	39	472
1997	2	1	24	0	2	29	481
1998	2	0	27	0	4	33	476
1999	3	0	23	0	5	31	894
2000	3	0	26	1	0	30	1,766
2001	6	0	27	1	0	34	2,458
2002	8	0	49	10	1	68	1,968
2003	2	0	56	34	9	101	1,826
2004	5	0	70	33	13	121	2,641
2005	5	1	71	63	16	156	4,272
2006	5	2	94	128	98	327	6,810
2007	8	2	132	122	117	381	7,533
2008	14	4	111	207	166	502	5,396
2009	16	5	107	164	199	491	6,870
2010	17	4	112	294	278	705	7,289
2011	22	5	155	522	372	1,076	8,585
2012	16	5	144	561	285	1,011	8,682
2013	20	9	105	429	281	844	9,134
2014	24	5	88	524	393	1,034	13,401
2015	27	9	116	855	282	1,289	7,821
2016	36	9	108	573	199	925	4,994
2017	33	6	85	385	161	670	6,475
2018	47	8	106	304	181	646	7,511
2019	50	8	98	332	106	594	9,520
2020	37	6	100	554	81	778	10,323
2021	20	3	70	385	117	595	9,095
2022	17	3	43	326	92	481	7,305
2023 ^{*1}	19	3	48	376	109	555	7,820

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 将来予測における選択率に F_{msy} を用いた場合の試算

本系群では 2001、2006、2014、2017 年級群といった豊度の高い年級群によって資源水準が維持されてきた経緯があり、漁業においてもこれらの年級群が主体となって漁獲されてきた。年齢別 F 値は年によって変化し、特に豊度の高い年級群に対して高い値を示す傾向が見られる（図 4-4）。これに伴って選択率も年により大きく変動してきた。また、本種の年齢別体重について、3～7 歳までは年に寄らず一定、8+ 歳については年齢構成によって変化すると仮定している（補足資料 2）。従って、本系群の資源状況を考える上で、現実の漁業に即した選択率および年齢別体重が必須と言える。本系群では上記のような理由から、将来予測における選択率および年齢別体重に直近年の値を用いてきた。一方、資源評価では MSY 算出に用いた値を将来予測に用いる方法がより一般的である。そこで、MSY 算出に用いた選択率、F 値および年齢別体重を用いて将来予測を行い、本系群で採用する方法と結果を比較した。

将来予測に用いたパラメータを補足表 6-1 に示す。 F_{msy} および MSY 算定の根拠となった F2019 の選択率および年齢別体重のもとで将来予測を行ったところ、漁獲量は長期的には 2.9 千トン（MSY と同値）に収束した。また、 $\beta=0.95$ による 2025 年の予測漁獲量は平均 2.5 千トンであった。一方、本評価における 2025 年漁期 ABC は 2.6 千トンであった。MSY の推定に用いた 2019 年の選択率は、2014 年級群および 2017 年級群の加入および漁獲により、若齢に偏っていた。一方、現状の漁獲圧（F2023）の選択率は 2017 年級群（6 歳魚）を主体とした漁獲によって高齢に偏っている。このような選択率の違いが予測漁獲量の違いにつながったと考えられる。

補足表 6-1. 将来予測に用いたパラメータ値（選択率固定）

年齢	自然死亡 係数	成熟率	平均体重 (g) (注 1)	選択率 (注 2)	F_{msy} (注 3)	F2023 (注 4)
3	0.28	0.5	1,001	0.16	0.137	0.098
4	0.28	1.0	1,841	0.29	0.254	0.181
5	0.28	1.0	2,776	0.50	0.434	0.310
6	0.28	1.0	3,715	0.87	0.760	0.543
7	0.28	1.0	4,600	1.00	0.876	0.625
8 歳以上	0.28	1.0	5,907	1.00	0.876	0.625

注 1： 2019 年の漁獲物の平均体重。

注 2： 令和 2 年度資源評価結果に基づく 2019 年の F の選択率。

注 3： 令和 2 年度研究機関会議で推定された F_{msy} 。

注 4： 注 2 の選択率の下で 2023 年漁期の年齢別 F 値と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して求めた値。

補足資料 7 海洋環境と加入量変動の関連に関する検討

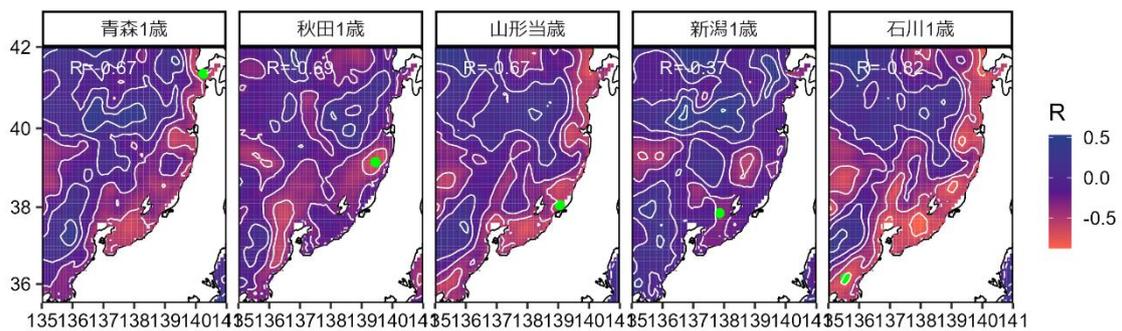
本系群では近年、加入量が低い状況が続いている。断片的な解析から、孵化時期（3月初旬）の海洋環境が加入量変動要因の一端と考えられてきたものの（石向 2002）、海域全体を包括する知見は得られていない。そこで、海況予測システム「FRA-ROMS II」による水温モデル値と各県調査船による加入量指標値（補足資料 4）の関係について検討することとした。

マダラの孵化時期および仔魚の分布水深帯にあたる 3 月第 1 週の水深 100 m 層における水温モデル平均値を 3 分メッシュグリッドごとに集約し、加入量指標値（青森県 1 歳魚、秋田県 1 歳魚、新潟県 1 歳魚、石川県 1 歳魚、山形県当歳魚）とのピアソン積率相関係数（ R ）を求めたところ、加入量と水温は各地先において強い負の相関を示すことが示された（補足図 7-1）。また、各県地先で特に負の相関が強かったグリッドに着目して月別週別に相関を見たところ、2 月中旬から 3 月下旬にかけて特に負の相関が強いことが分かった（補足図 7-2）。

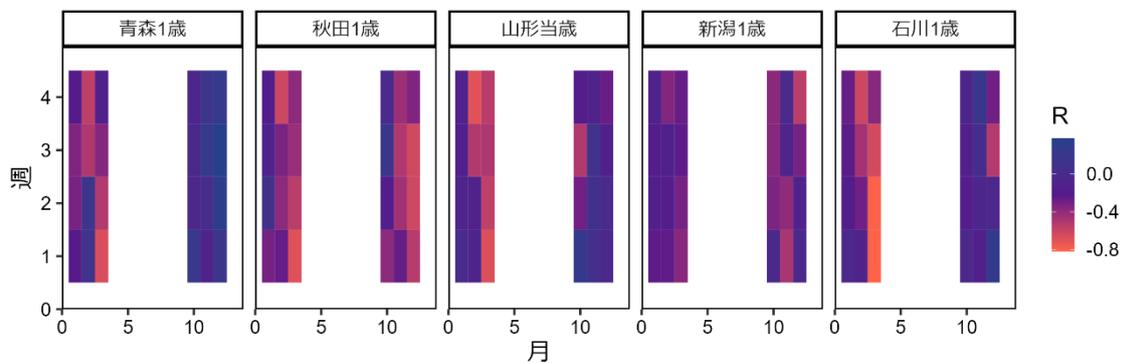
石向（2002）はマダラ幼魚～稚魚期の生息水深の水温がはなはだ低い状態が続くことで餌生物の発生量が多くなって初期生残が向上する、との仮説を立てた。今回の結果は当該の仮説を裏付けるものであり、引き続きマダラ幼魚の食性解析や現場のプランクトンに関する分析と組み合わせながら検討を進める必要がある。

引用文献

石向修一・土田織恵・広田祐一・長谷川誠三・南 卓志 (2002) 本州北部日本海におけるマダラ卓越年級群発生機構. 水産海洋学会創立 40 周年記念大会発表要旨集.



補足図 7-1. 各県沖における調査船調査および用船調査に基づくマダラの加入量指標値と 3 月第 1 週の水深 100m 層水温のモデル値との相関を示したヒートマップ 緑点および図中の数字は R 値の低かった各県最寄りのグリッド、および当該点におけるピアソン積率相関の値。



補足図 7-1. 図 2 の緑点 (R 値の低かった各県最寄りのグリッド) における R 値の変化 月・週ごとの値を県ごとに集約した。

補足資料 8 標準化 CPUE の計算方法

漁業依存情報である CPUE から資源量の年トレンド情報を得るには、月ごとの分布の違いや漁場の偏り等、時空間的な影響を統計的手法によって取り除く CPUE の標準化を行うことが適切と考えられる。そこで、マダラ日本海系群の漁獲量の約 5 割を占める底びき網漁業を代表する指標値として、沖底の CPUE 標準化を行った。日本海北部海域（沖底小海区の男鹿北部、男鹿南部、新潟沖、能登沖、加賀沖に相当）において沖底船と小底船のトン数格差は小さく、漁場も重複することから、沖底の CPUE は底びき網漁業全体の漁獲動向を反映すると考えられる。なお、小底については記載内容の精査が必要なことから、今回の標準化では用いなかった。

沖底の漁獲成績報告書（以下、漁績）には漁獲量（1 日あたり漁獲量）および漁獲努力量（1 日あたり網数）が記載されている。ここでは、2000 年以降の青森県から石川県を根拠地とする沖底船 コードのうち、日本海北部海域（沖底小海区の男鹿北部、男鹿南部、新潟沖、能登沖、加賀沖に相当）における操業情報を使用した。操業情報にはマダラの漁獲を含まない“ゼロキャッチ”データが含まれる。そこで、“ゼロキャッチ”と“非ゼロキャッチ”にデータを区分し、ゼロキャッチの割合を推定する有漁確率モデルと、非ゼロキャッチデータの CPUE を推定する有漁 CPUE モデルについて、個別に標準化処理を実施するデルタ型モデル (Lo et al. 1992) を用いた。本系群では昨年度より、有漁確率モデルに適用可能な狙いの推定方法である Directed residual mixture モデル (以下、DRM、Okamura et al. 2018) を導入している。また、本系群の標準化では、漁場の空間的広がりを考慮して緯度経度および水深を一般化加法モデル (GAM) の枠組みの中でスプラインとして与えている。第 1 段階のモデルでは二項分布を仮定して有漁確率を、第 2 段階のモデルには対数正規分布を仮定して有漁 CPUE を、それぞれ推定した。

応答変数は、有漁確率モデルにおいて個々の コードにおけるマダラ漁獲の有無、有漁 CPUE モデルにおいて有漁時の CPUE（マダラ漁獲量/網数）の対数值とした。説明変数はいずれのモデルにおいても、年 (Year)、月 (Month)、県籍 (Prefecture)、狙い (Target)、年×月 (Year : Month, すべてカテゴリ・固定効果)、緯度経度 (s(Latitude, Longitude))、年×緯度経度 (Year : s(Latitude, Longitude))、月×緯度経度 (Month : s(Latitude, Longitude))、すべてスプライン) として。ここでの狙いとは、DRM により推定した操業形態である（詳細は標準化ドキュメントを参照）。

赤池情報量基準 (AIC) の総当たり法に基づくモデル選択の結果、有漁確率モデルおよび有漁 CPUE モデルともにフルモデルが選択された。

有漁確率モデル

$$\text{logit}(P) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{s}(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Prefecture} + \text{Target} + \text{Year}:\text{Month} + \text{Year}:\text{s}(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Month}:\text{s}(\text{Longitude}, \text{Latitude})$$

P は有漁確率。

有漁 CPUE モデル

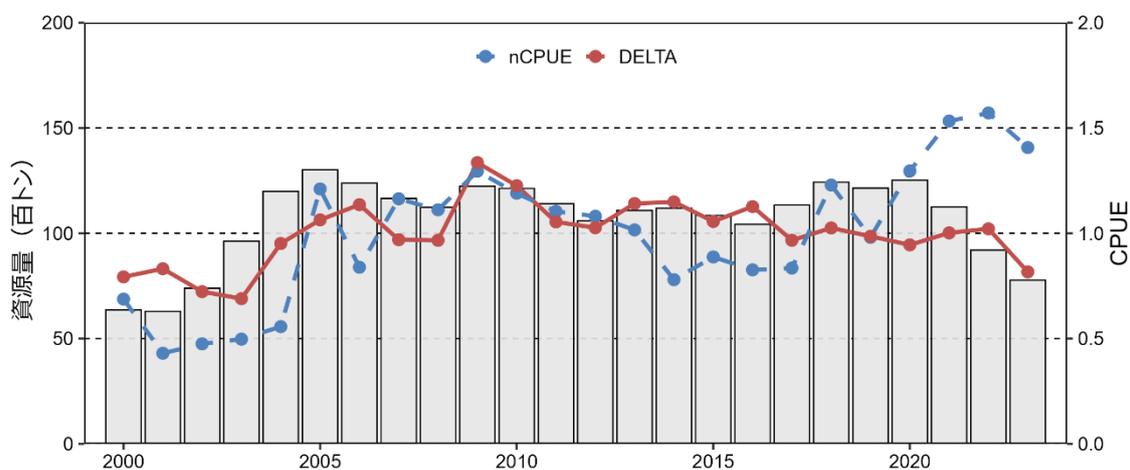
$$\text{log}(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{s}(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Prefecture} + \text{Target} + \text{Year}:\text{Month} + \text{Year}:\text{s}(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Month}:\text{s}(\text{Longitude}, \text{Latitude})$$

モデル診断の結果、いずれのモデルについても顕著な問題が認められなかったため、これらフルモデルに基づき CPUE の標準化を行い、年トレンドを抽出した（補足図 8-1）。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-SC03-0401）に示す。

引用文献

Lo, N. C., 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.

Okamura, H., Morita, S. H., Funamoto, T., Ichinokawa M. and Eguchi, S. (2018) Target-based catch-per-unit-effort standardization in multispecies fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **75**, 452-463.



補足図 8-1. 沖底の漁獲成績報告書に基づく漁獲量（棒グラフ）、標準化 CPUE（赤実線）およびノミナル CPUE（青破線） CPUE はいずれもそれぞれの平均で除して規格化した値を示す。