

令和 4（2022）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

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

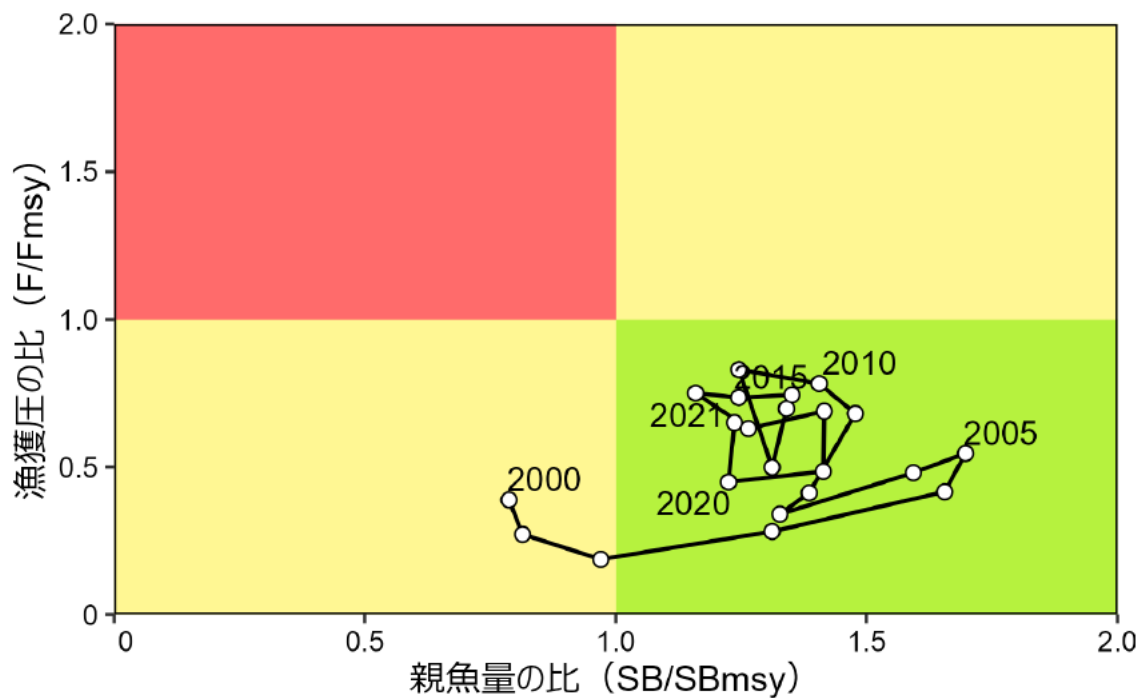
要 約

本系群の資源状態について、資源量指標値（沖底の標準化 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。資源量は過去最低であった 2001 年から急増して 2005 年に過去最高となったのち、増減を繰り返しながら緩やかに減少した。2021 年は 1.0 万トンであった。親魚量も 2005 年に過去最高となって以降、2016 年にかけて徐々に減少した。2021 年の親魚量は 6,440 トンであった。

令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係にはホッケ－・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 5,200 トンである。従って本系群の 2021 年の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。また、本系群に対する 2021 年漁期の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2017～2021 年漁期）の推移から「横ばい」と判断される。

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

要 約 図 表



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	5.2 千トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の親魚量の動向	横ばい
最大持続生産量 (MSY)	2.9 千トン
2023 年の ABC	-
コメント: ・ ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・ 新規加入量調査から示唆される加入量の水準は 2018 年級群以降極めて低い、本評価では直近数年間の加入の悪化が考慮されていない。今後、加入が再生産関係から期待される平均値を下回り、資源状態が悪化する可能性がある。 ・ 本系群の親魚量は漁期後の値である。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、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/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	10.4	6.6	2.5	0.63	23
2018	11.3	7.4	2.7	0.69	24
2019	10.8	7.4	2.6	0.48	24
2020	10.7	6.4	2.9	0.45	29
2021	10.4	6.4	2.7	0.65	26
2022	10.6	6.8	2.7	0.65	24
2023	10.9	6.9	-	-	-
・ 2022 年、2023 年の値は将来予測に基づく平均値である。 ・ 2022 年の F には 2021 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)* 刺網漁業 CPUE(青森県、秋田県、石川県) 底びき網漁業 CPUE(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:5～6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 9 に記載した。

(2) 年齢・成長

マダラは成長が早く、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、沖底、小底、刺網、定置網、はえ縄および釣等が含まれる。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 9）。

（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 年から 2004 年までは 1,000～2,100 トンの間で、いずれも周期的に変動した（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、農林統計に基づく県別漁獲量の 2021 年合計値は 2,701 トンであった。漁獲量の少なかった 1990～2005 年頃までは青森県と秋田県が全体の約 50%を漁獲したが、近年は新潟県および石川県の漁獲量が全体の 50%程度を占める。なお、直近年は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る（図 3-2、表 3-2）。

（3）漁獲努力量

沖底の有漁網数は、1972 年から 1982 年にかけて増加したのち、1986 年に大きく減少したものの、1989 年には過去最高の 3.9 万網となった（図 3-3、表 3-3）。有漁網数はその後、1993 年の 1.4 万網まで急速に減少した。1994 年以降は概ね 1 万網から 2 万網の範囲で周期的に変動を繰り返した。2021 年の有漁網数は過去最低となった 2020 年と同水準の 1.1 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、2000～2021 年の年齢別資源尾数および資源重量を推定した（補足資料 1、2、3）。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

平均値で除して基準化した沖底の標準化 CPUE は、2003 年 (0.69) から 2009 年 (1.26) にかけて増加したのち、増減を伴いながら横ばいで推移した。近年では 2018 年 (1.03) から 2020 年 (0.95) にかけて減少したのち、2021 年にはやや増加して 1.02 となった (図 4-1、表 4-1、補足資料 10)。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

年齢別漁獲尾数を図 4-2 に示す。2000 年以降、漁獲物の主体は一貫して 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 60～70% 程度を占める。一方、3 歳魚の漁獲尾数は全体の 1% から 27% まで、年によって大きく変化し、2021 年は 2.6% であった。2021 年は 4 歳魚が例年より多く 18% となった。これは、比較的高豊度であった 2017 年級群が漁獲されたことによる (補足資料 8)。

資源量は過去最低であった 2001 年 (0.6 万トン) から 2005 年 (1.3 万トン) 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、2016 年 (1.0 万トン) 以降再び増加した (図 4-3、表 4-2、補足資料 3)。資源量は 2019 年以降再び減少し、2021 年は 1.0 万トンであった。親魚量も資源量と同様、2000 年から 2005 年にかけて増加した後、徐々に減少した。2021 年の親魚量は 6,440 トンであった。漁獲割合は 2003 年に最低となった後、2007 年および 2011 年にかけて上昇した (図 4-3、表 4-2)。2021 年は 26% であった。

年齢別の F 値を図 4-4 に示す。F 値の変動は年齢ごとに異なり、特に 2007 年に 7 歳以上で高い値が見られた (図 4-4、補足資料 3)。また、6 歳以上の F 値が、近年、高まる傾向にある。一方、3 歳の F 値は 2000 年以降極めて低く、2020 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、低下傾向にある。

(4) 加入量の推移

加入量 (3 歳魚の資源尾数) は、2003 年に過去最高 (264 万尾) となった後、200 万尾前後で推移し、2009 年には 253 万尾、2017 年には 256 万尾となった。これは高豊度の 2006 年級群および 2014 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 5)。2019 年は 115 万尾と低かったものの、2020 年には 196 万尾となった (図 4-5、補足資料 3)。なお前述のとおり、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。2021 年の加入尾数は本系群で適用するホッケ・スティック型再生産関係の予測値である 204 万尾とした。

(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)。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR は 2002 年に最高 (39%) となったのち上昇し、2011 年には最低 (24%) となった。その後、%SPR は 30% 前後で安定しており、2021 年は 28% であった。

現状の漁獲圧に対する YPR と%SPR の関係を図 4-7 に示す。現状の漁獲圧 (F2021) は%SPR に換算すると 28 となる。なお、Fmsy は%SPR に換算すると 21%に相当する。現状の漁獲圧は Fmsy や Fmax よりも低く、経験的管理基準値である F30%SPR に近い値である。

(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 4-8 に示す。ここで親魚量は 2000~2017 年の漁期後の値であり、加入量は 3 年後 (2003~2020 年) の年始時点における 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・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 (佐久間ほか 2021) 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。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 7-1 に示す。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準

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 7-2)。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-9 に示す。本系群における 2021 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SBmsy) を上回っており、SBmsy の 1.24 倍に相当する。また、2021 年漁期の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) を下回っており、MSY を実現する漁獲圧の 0.65 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、近年 5 年間 (2017~2021 年漁期) の推移から「横ばい」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。また、本系群の漁獲圧は、2000 年以降、FBmsy を下回っていた。

5. 資源評価のまとめ

コホート解析により得られた資源量は過去最低であった 2001 年から急増して 2005 年に過去最高となった後、2016 年にかけて緩やかに減少した。資源量はその後いったん増加したものの、2019 年以降再び減少し、2021 年は 1.0 万トンであった。親魚量も資源量同様に 2005 年に過去最高となった後、2016 年にかけて減少した。2021 年の親魚量は 6,440 トンであった。資源量は 2000 年代前半と比較して高い水準にあるが、後述するように新規加入量調査から予測される 2018 年級群以降の豊度は低く (補足資料 8)、資源状態は注意を要する。

6. 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ているが（補足資料 9）、加入個体数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が（図 3-1）、本系群の資源変動要因に関する知見は限られている。今後も、現状のモニタリングを継続するとともに、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 4-5、4-9）。一方、2018 年級群以降の豊度は極めて低い（補足資料 8）。2018 年級群は 2021 年に 3 歳魚として加入するが、資源計算では前述の通り、2021 年 3 歳魚の資源尾数を推定値としている。また、将来予測ではホッケ－・スティック再生産曲線に従って過去の平均的な加入を仮定しているため、現状では 2021 年以降想定される加入の悪化が考慮されていない（図 4-5、4-8）。今後、将来予測の如何に関わらず資源状態が悪化する懸念があることを念頭に、特に若齢魚の漁獲動向を注視する必要がある。

7. 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.
- 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.
- 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.
- 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

(執筆者：佐久間啓、藤原邦浩、八木佑太、吉川 茜、飯田真也、白川北斗)



図 2-1. マダラ本州日本海北部系群の分布

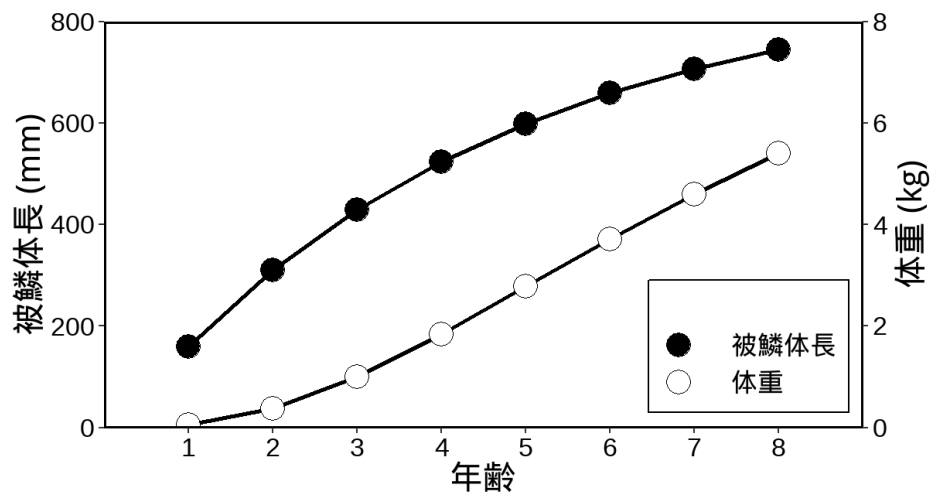


図 2-2. 日本海におけるマダラの成長

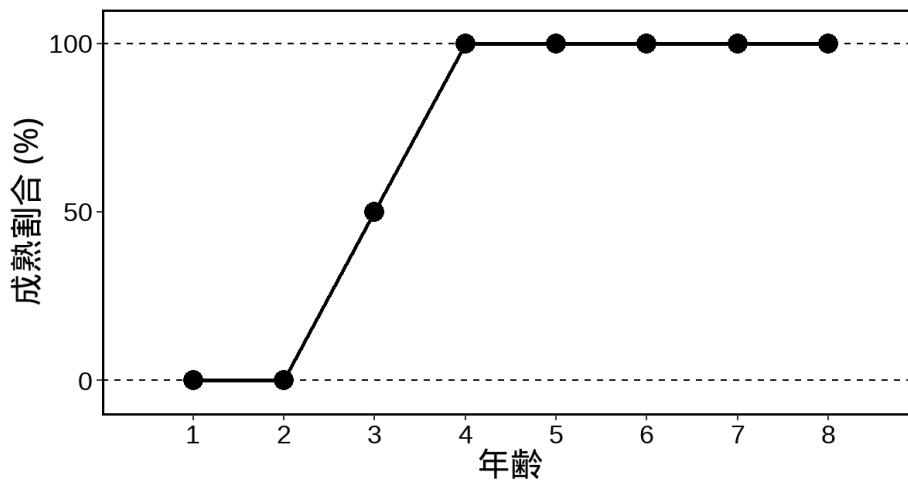


図 2-3. 日本海における年齢別成熟割合

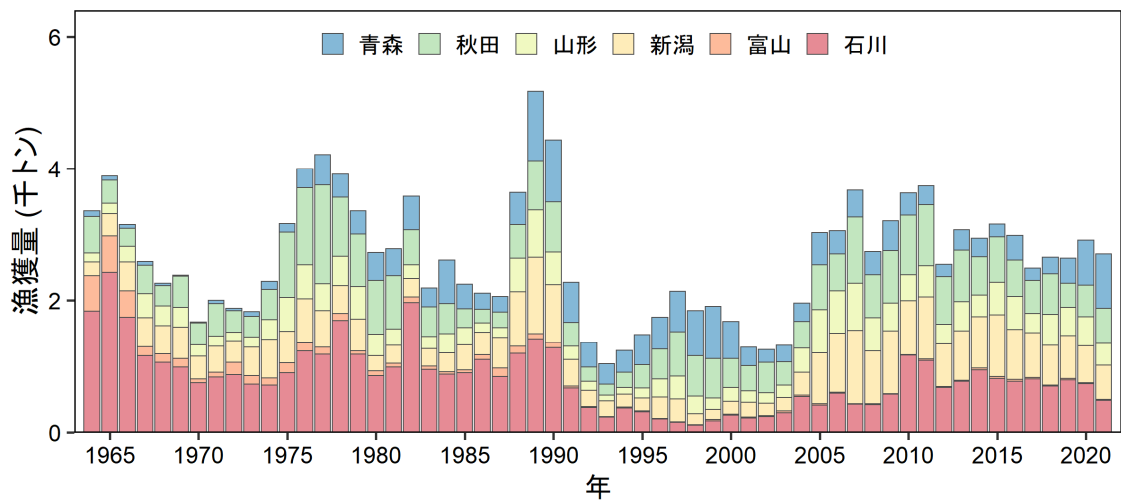


図 3-1. 漁業・養殖業生産統計年報(農林統計)および県統計に基づく県別漁獲量 (暦年)

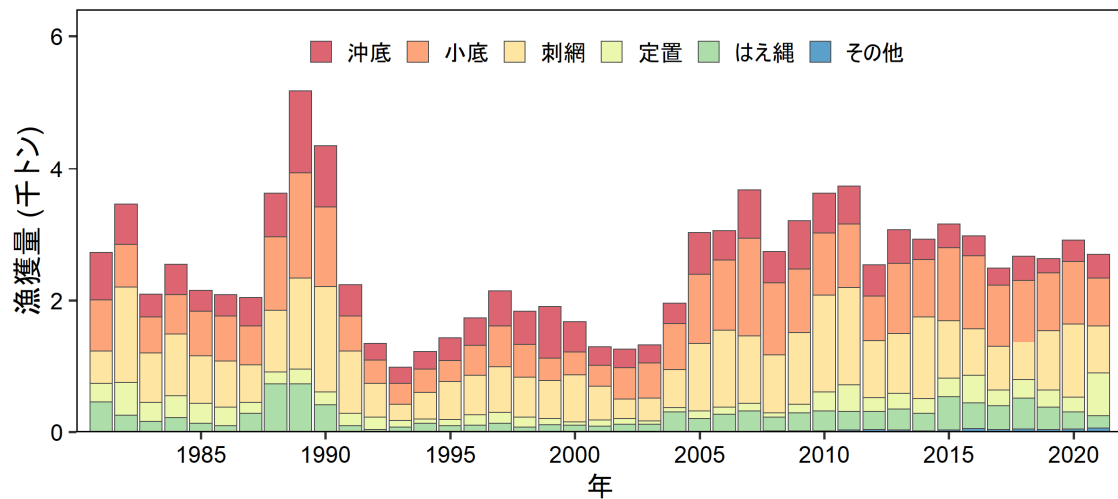


図 3-2. 漁業・養殖業生産統計年報および県統計に基づく漁業種類別漁獲量（暦年）

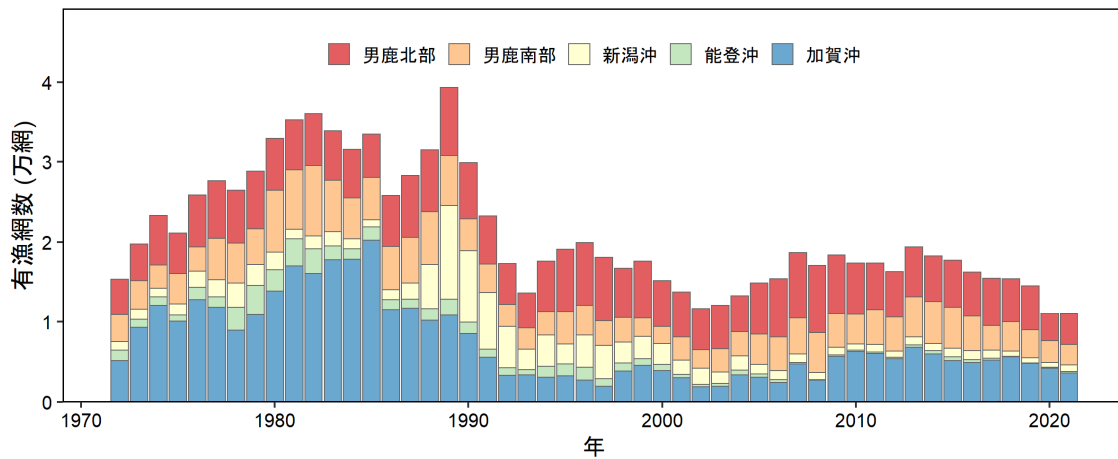


図 3-3. 沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書に基づく小海区別マダラ有漁網数（万網）

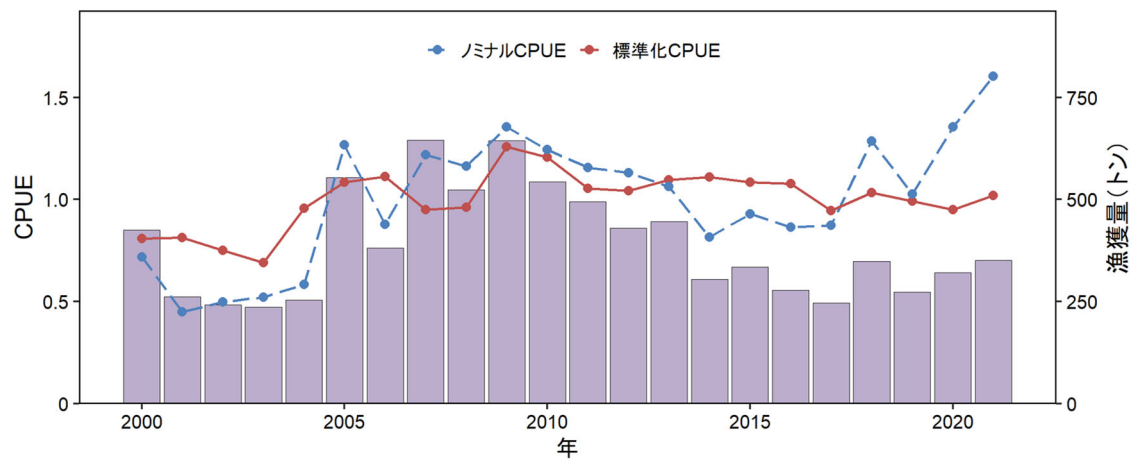


図 4-1. 沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書に基づく漁獲量（棒グラフ）、ノミナル CPUE（青破線）と標準化 CPUE（赤実線）

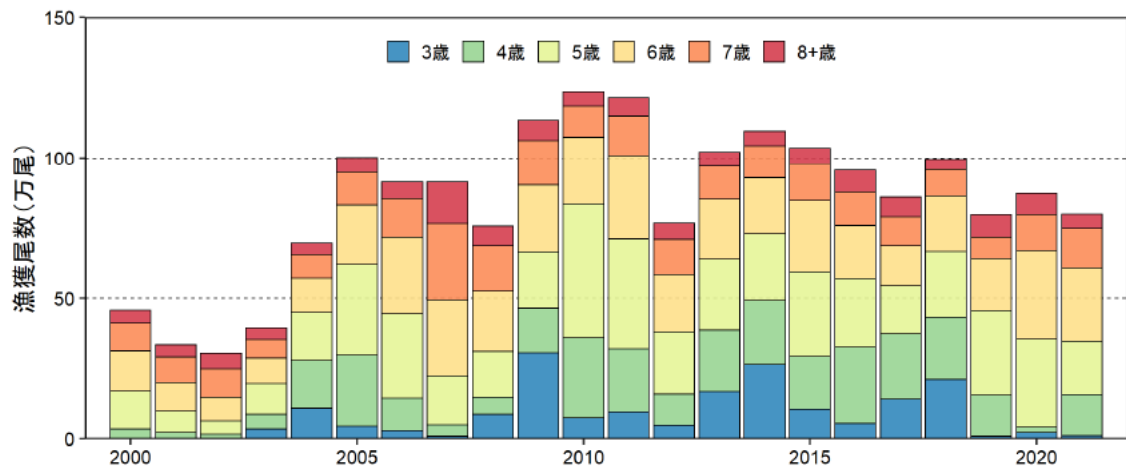


図 4-2. 本系群の年齢別漁獲尾数

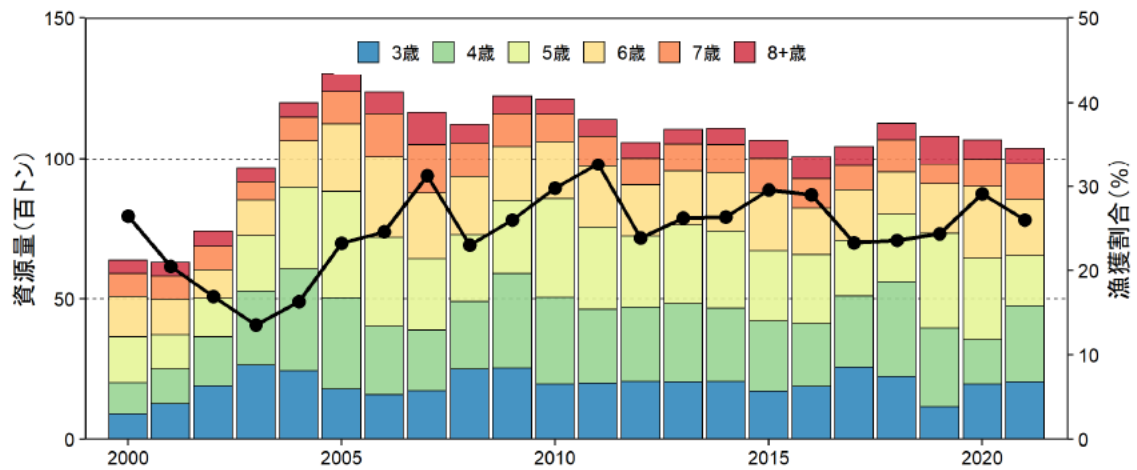


図 4-3. 本系群の年齢別資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折れ線グラフ）

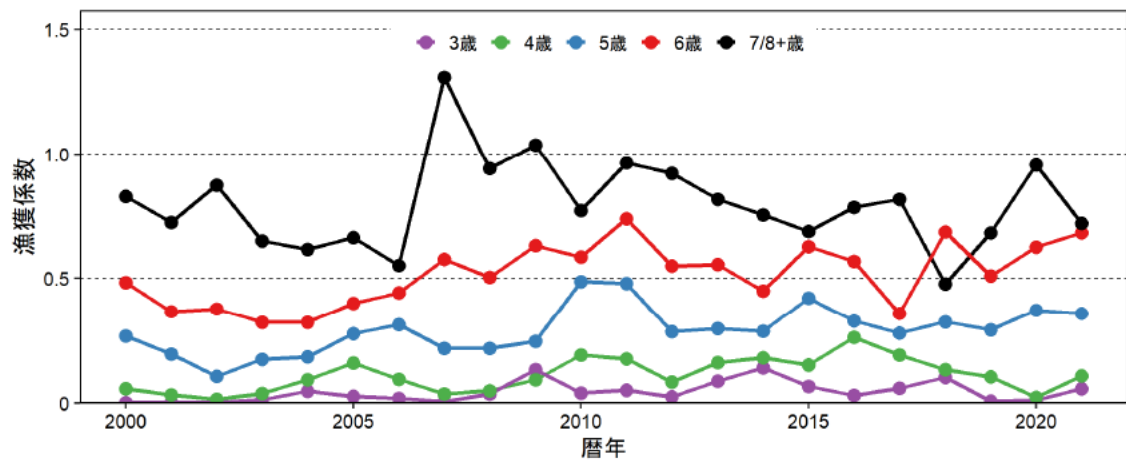


図 4-4. 本系群の年齢別漁獲係数 (F 値)

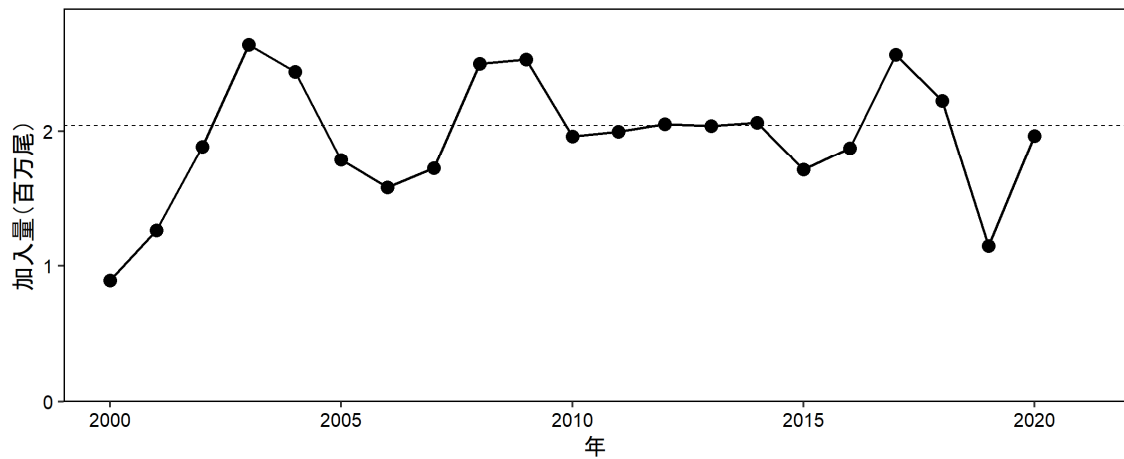


図 4-5. 3 歳魚加入量 破線は令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において採用されたホッカー・スティック型再生産関係の予測値。

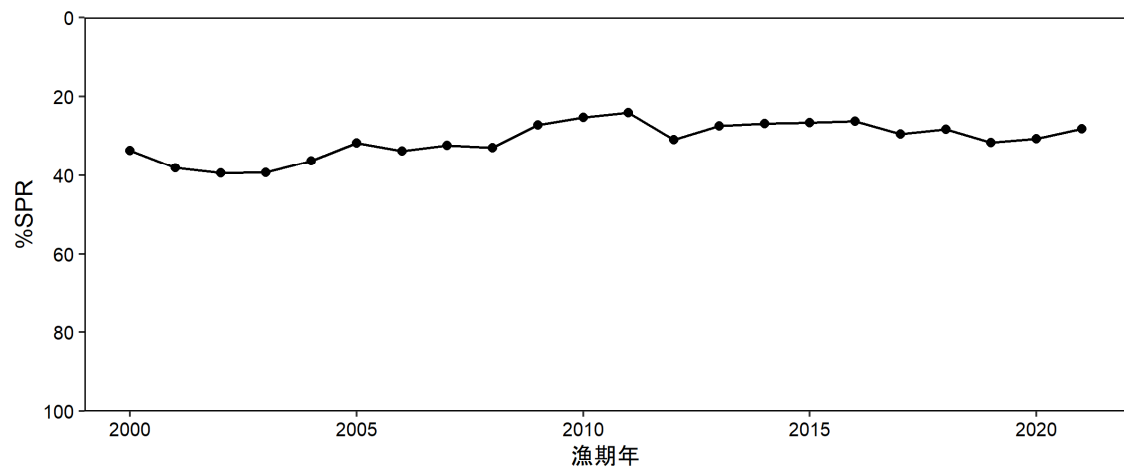


図 4-6. 漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移

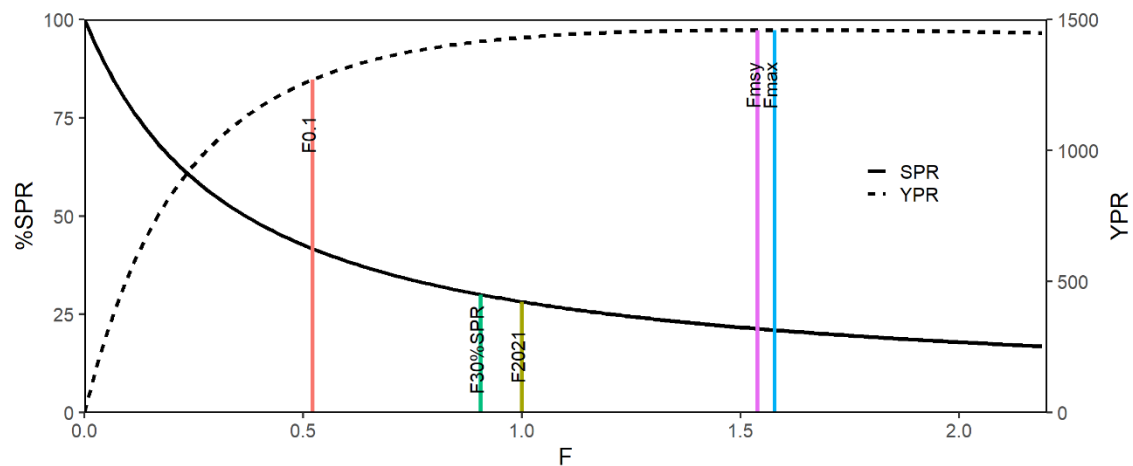


図 4-7. 現状の漁獲圧 (F2021) に対する YPR と%SPR の関係

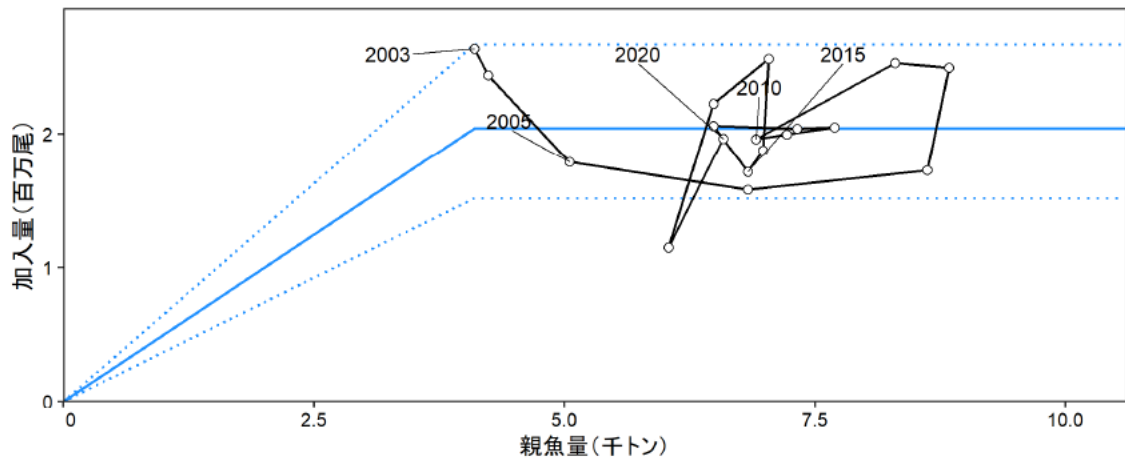


図 4-8. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（佐久間ほか 2021）で提案された再生産関係式。青実線および破線は採択されたホッケー・スティック型再生産モデルの中央値、および観測データの 90%が含まれると推定される範囲。丸印は今年度評価に基づく 2000～2017 年の親魚量および 2003～2020 年の加入量の観測値。図中の数字は 3 歳魚としての加入年を示す。

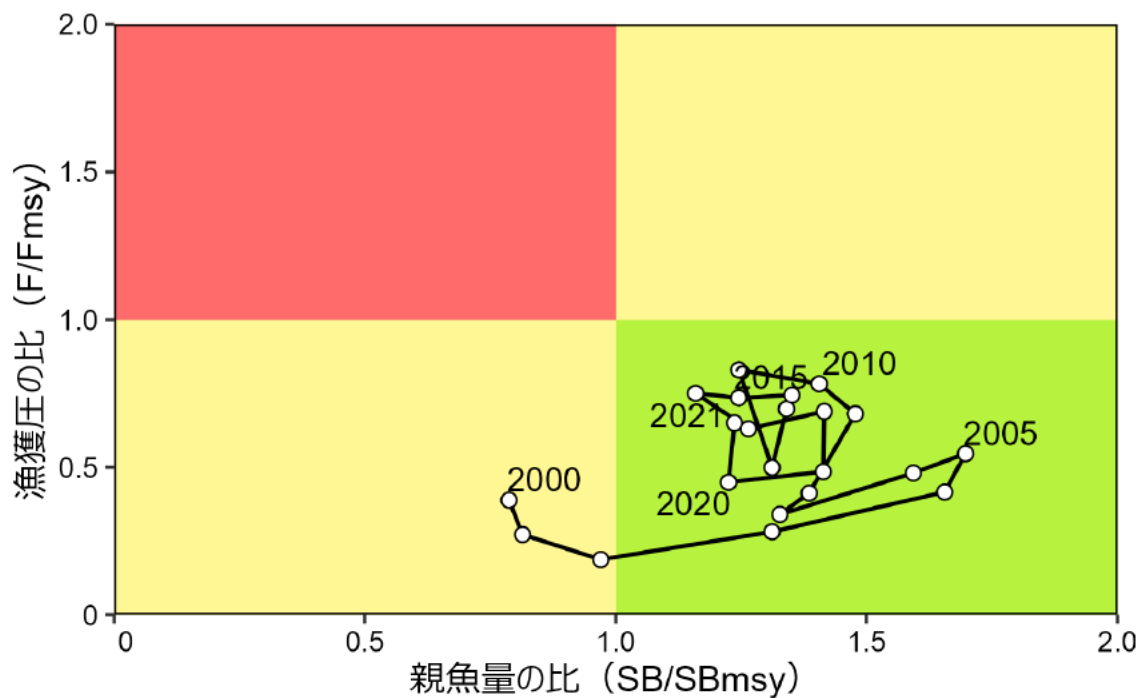


図 4-9. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

表 3-1. 県別漁獲量（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
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

表 3-1. 県別漁獲量（続き）（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			
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 ^{*3}	822	539	328	515	14	483	2,701	595	3,296	9,095

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} 岩崎～小泊。

^{*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. 漁業種類別漁獲量（続き）（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}
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 ^{*2}	352	728	722	642	186	63	2,693	2,701

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} 合計値と農林統計値の差は農林統計における秘匿値および県統計値と農林統計値の差による。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. 沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書に基づくマダラ有漁網数（万網）

年	有漁網数					
	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	計
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
2000	5,800	2,149	2,591	764	3,889	15,193

表 3-3. 沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書に基づくマダラ有漁網数（万網）（続き）

年	有漁網数					計
	男鹿北部	男鹿南部	新潟沖	能登沖	加賀沖	
2001	5,681	2,950	1,770	409	2,984	13,794
2002	5,208	2,298	1,984	331	1,852	11,673
2003	5,524	2,877	1,462	346	1,926	12,135
2004	4,580	3,005	1,773	587	3,363	13,308
2005	6,440	3,781	1,189	387	3,085	14,882
2006	7,355	4,189	1,134	352	2,392	15,422
2007	8,220	4,545	1,032	161	4,742	18,700
2008	8,499	4,940	900	87	2,686	17,112
2009	7,398	4,221	969	140	5,674	18,402
2010	6,480	3,751	726	198	6,252	17,407
2011	5,813	4,408	968	188	6,001	17,378
2012	5,778	4,253	776	195	5,340	16,342
2013	6,220	5,100	966	311	6,795	19,392
2014	5,682	5,314	929	372	5,986	18,283
2015	5,852	5,211	1,063	461	5,151	17,738
2016	5,580	4,319	1,138	323	4,917	16,277
2017	6,019	3,053	999	271	5,167	15,509
2018	5,405	3,700	614	117	5,577	15,413
2019	5,514	3,503	679	77	4,749	14,522
2020	3,488	2,700	606	125	4,160	11,079
2021	3,819	2,546	853	172	3,577	10,967

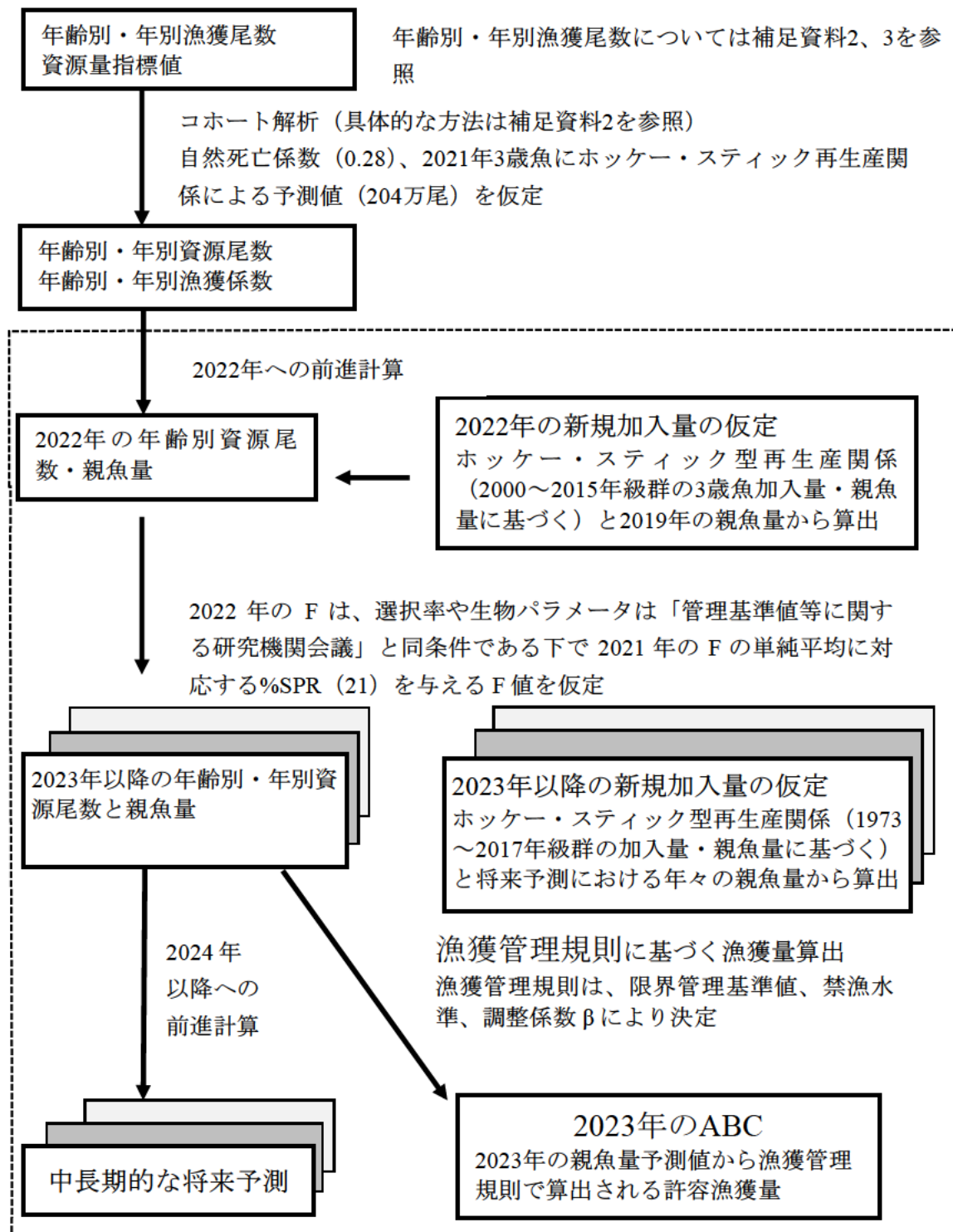
表 4-1. 沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書に基づく標準化 CPUE

年	標準化CPUE
2000	0.81
2001	0.81
2002	0.75
2003	0.69
2004	0.96
2005	1.08
2006	1.11
2007	0.95
2008	0.96
2009	1.26
2010	1.21
2011	1.05
2012	1.04
2013	1.09
2014	1.11
2015	1.09
2016	1.08
2017	0.95
2018	1.03
2019	0.99
2020	0.95
2021	1.02

表 4-2. 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)	F/F _{msy}	漁獲割合 (%)
2000	1,682	6,362	4,100	89	0.39	26
2001	1,287	6,288	4,241	126	0.27	20
2002	1,250	7,392	5,053	188	0.19	17
2003	1,314	9,626	6,832	263	0.28	14
2004	1,957	11,989	8,622	244	0.42	16
2005	3,024	13,012	8,839	179	0.55	23
2006	3,056	12,383	8,298	158	0.48	25
2007	3,668	11,655	6,913	172	0.34	31
2008	2,737	11,231	7,216	250	0.41	23
2009	3,204	12,234	7,695	253	0.68	26
2010	3,622	12,125	7,321	196	0.78	30
2011	3,730	11,391	6,487	199	0.83	33
2012	2,539	10,569	6,832	205	0.50	24
2013	3,066	11,037	6,981	204	0.70	26
2014	2,929	11,079	7,038	206	0.74	26
2015	3,153	10,662	6,486	171	0.74	30
2016	2,977	10,071	6,038	187	0.75	29
2017	2,492	10,435	6,587	256	0.63	23
2018	2,665	11,266	7,373	222	0.69	24
2019	2,631	10,791	7,363	115	0.48	24
2020	2,912	10,675	6,379	196	0.45	29
2021	2,693	10,363	6,440	-	0.65	26

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html

補足資料 2 資源計算方法

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) 資源量推定

年齢別資源尾数、資源量、漁獲割合および年齢別 F 値は、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、マダラの生活史および漁業の特性に基づいて 2 月 1 日とした。最高年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カー・スティック型再生産関係（佐久間ほか 2021）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。

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

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 7、別途説明文書 (FRA-SA2022-RC04-102) 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 2004～2021 年とした。

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

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

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。

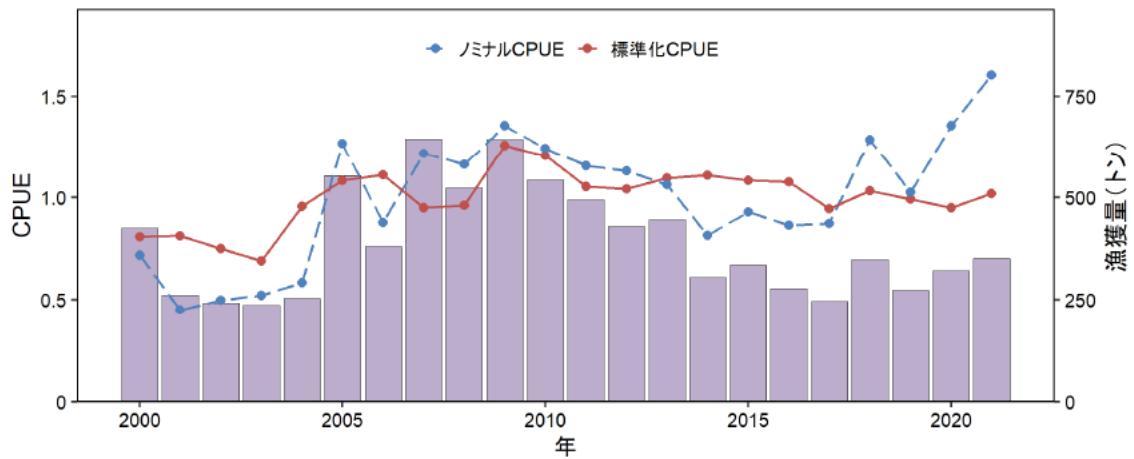
$$F_{a,y} = \frac{1}{3} \left(\frac{F_{a,y-1}}{F_{8+,y-1}} + \frac{F_{a,y-2}}{F_{8+,y-2}} + \frac{F_{a,y-3}}{F_{8+,y-3}} \right) F_{8+,y} \quad (9)$$

チューニング指標値には日本海沖合底びき網漁業の標準化 CPUE (FRA-SA2022-RC04-102) 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。

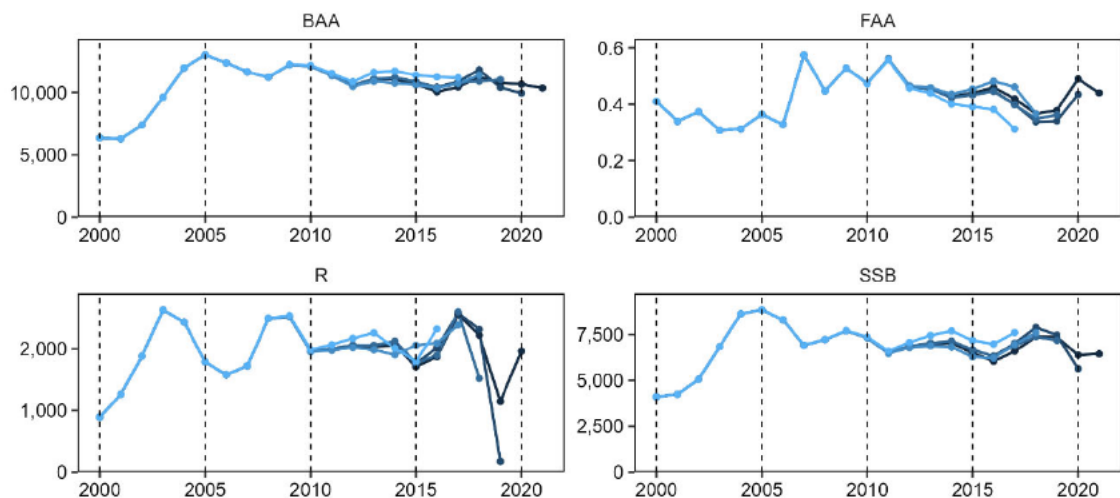
引用文献

- 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一, 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基準化した。



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ー・スティック再生産曲線による予測値 (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。

補足資料3 コホート解析結果の詳細（2000～2021年）

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
3	106	54	140	211	8	22	10
4	187	272	234	221	147	18	148
5	300	241	169	233	300	314	188
6	254	189	142	197	184	313	262
7	133	120	104	95	75	129	140
8+	57	79	70	40	82	75	50

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	0.140
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	0.160	0.179
5	0.268	0.195	0.105	0.174	0.183	0.277	0.313	0.218	0.217	0.245	0.487	0.479	0.285	0.298	0.286
6	0.483	0.365	0.378	0.321	0.322	0.399	0.442	0.577	0.505	0.632	0.586	0.739	0.550	0.555	0.448
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	0.922	0.817	0.755
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	0.922	0.817	0.755
平均	0.411	0.340	0.375	0.308	0.313	0.365	0.329	0.575	0.448	0.529	0.474	0.562	0.464	0.456	0.427

年齢	年						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
3	0.065	0.030	0.058	0.102	0.007	0.012	0.057
4	0.152	0.261	0.191	0.132	0.105	0.021	0.108
5	0.420	0.328	0.279	0.324	0.291	0.371	0.358
6	0.627	0.569	0.359	0.686	0.510	0.626	0.682
7	0.689	0.786	0.817	0.478	0.681	0.956	0.720
8+	0.689	0.786	0.817	0.478	0.681	0.956	0.720
平均	0.440	0.460	0.420	0.367	0.379	0.490	0.441

補足資料3 コホート解析結果の詳細（2000～2021年、続き）

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	2,495	2,528	1,959	1,994	2,050	2,037	2,061
4	607	674	955	1,425	1,969	1,761	1,319	1,175	1,300	1,823	1,678	1,426	1,437	1,516	1,414
5	588	434	495	713	1,040	1,360	1,138	910	858	938	1,259	1,051	907	1,002	978
6	385	341	271	337	454	656	781	630	554	523	556	586	493	517	564
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	103

年齢	年						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
3	1,711	1,874	2,560	2,224	1,147	1,963	2,040
4	1,356	1,214	1,378	1,831	1,521	862	1,469
5	895	883	709	862	1,215	1,038	639
6	557	445	481	406	472	688	543
7	273	225	191	255	155	215	279
8+	117	148	129	107	170	124	99

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	2,529	1,961	1,996	2,051	2,038	2,062
4	1,116	1,240	1,758	2,624	3,624	3,240	2,428	2,162	2,392	3,356	3,088	2,625	2,644	2,790	2,602
5	1,631	1,205	1,373	1,979	2,887	3,774	3,158	2,525	2,383	2,603	3,493	2,916	2,517	2,780	2,715
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	1,832	1,919	2,094
7	823	827	824	647	852	1,146	1,534	1,749	1,233	1,166	969	1,078	975	992	1,034
8+	469	485	547	488	502	625	781	1,152	667	636	549	601	550	518	573
合計	6,362	6,288	7,392	9,626	11,989	13,012	12,383	11,655	11,231	12,234	12,125	11,391	10,569	11,037	11,079

年齢	年						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
3	1,712	1,875	2,562	2,225	1,147	1,964	2,041
4	2,497	2,235	2,536	3,369	2,799	1,587	2,704
5	2,485	2,450	1,967	2,393	3,373	2,880	1,775
6	2,068	1,655	1,789	1,509	1,755	2,557	2,016
7	1,254	1,036	879	1,172	712	988	1,283
8+	645	820	703	597	1,004	698	543
合計	10,662	10,071	10,435	11,266	10,791	10,675	10,363

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	7,216	7,695	7,321	6,487	6,832	6,981	7,038

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
6,486	6,038	6,587	7,373	7,363	6,379	6,440

補足資料 4 管理基準値案と禁漁水準案等

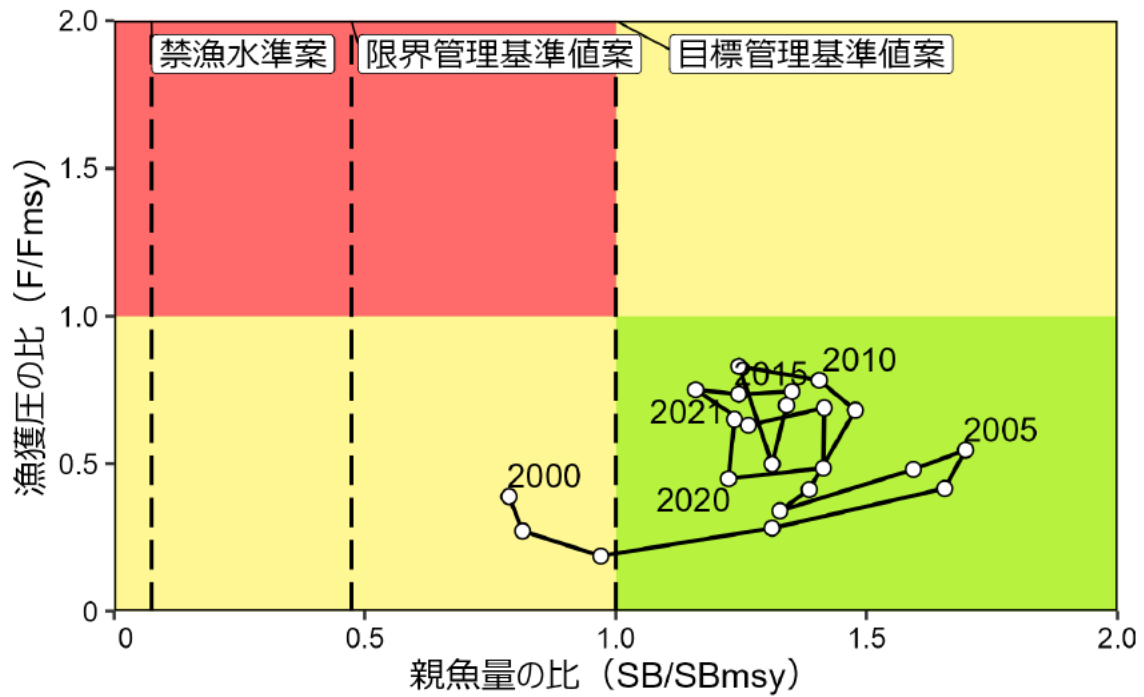
令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の目標管理基準値（SBtarget）には MSY 水準における親魚量（SBmsy : 5.2 千トン）、限界管理基準値（SBlimit）には MSY 水準における親魚量（SB0.6msy : 2.5 千トン）、禁漁水準（SBban）には MSY の 10% が得られる親魚量（SB0.1msy : 0.4 千トン）を用いることが提案されている（佐久間ほか 2021、補足表 7-2）。これらの管理基準値案の推定に用いたパラメータを補足表 4-1 に示す。

目標管理基準値案と MSY を実現する漁獲圧（F）を基準にした神戸プロットを補足図 4-1 に示す。コホート解析により得られた 2021 年の親魚量（SB2021 : 6.4 千トン）は、目標管理基準値案、限界管理基準値案および禁漁水準案を上回る。本系群における 2003 年以降の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧を下回っていたと判断される。

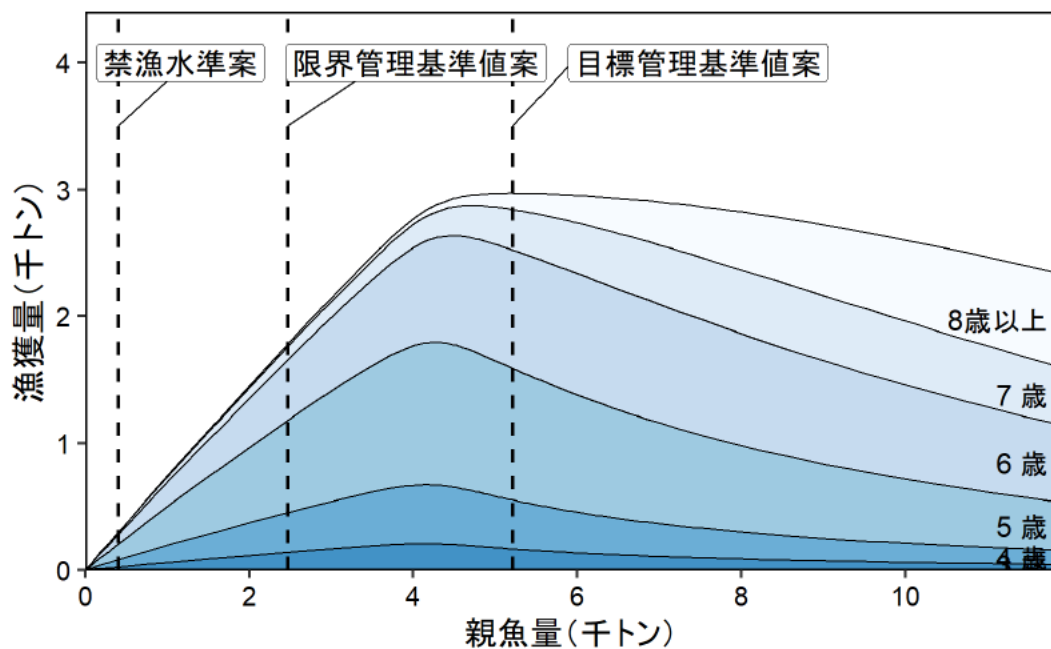
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量の関係を補足図 4-2 に示す。親魚量が目標管理基準値以上では、8+歳魚の割合が増加し、4 歳魚の割合が低下する傾向にあった。

引用文献

佐久間啓・藤原邦浩・八木佑太・吉川 茜・飯田真也・白川北斗 (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. FRA-SA2021-BRP-12-1.



補足図 4-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と MSY を実現する漁獲圧 (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)



補足図 4-2. 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)

補足表 4-1. 最大持続生産量（MSY）を実現する水準の推定に用いたパラメータ値

年齢	選択率	Fmsy	現状の漁獲圧 (F2021)	自然死亡 係数	成熟率	平均体重 (g)
3	0.16	0.127	0.057	0.28	0.5	1,001
4	0.29	0.254	0.108	0.28	1.0	1,841
5	0.50	0.434	0.358	0.28	1.0	2,776
6	0.87	0.760	0.682	0.28	1.0	3,715
7	1.00	0.876	0.720	0.28	1.0	4,600
8 歳以上	1.00	0.876	0.720	0.28	1.0	5,907

補足資料 5 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年の資源量から、前進法を用いて 2022～2032 年までの将来予測計算を行った（補足資料 6）。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。

2022 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2021）から仮定した。現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）のもとで、今年度評価における 2021 年の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2023 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに、下記の漁獲管理規則で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。なお、本系群における親魚量は漁期後の値であり、したがって漁獲管理規則において参照される親魚量は前年の値となる。補足図 5-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。

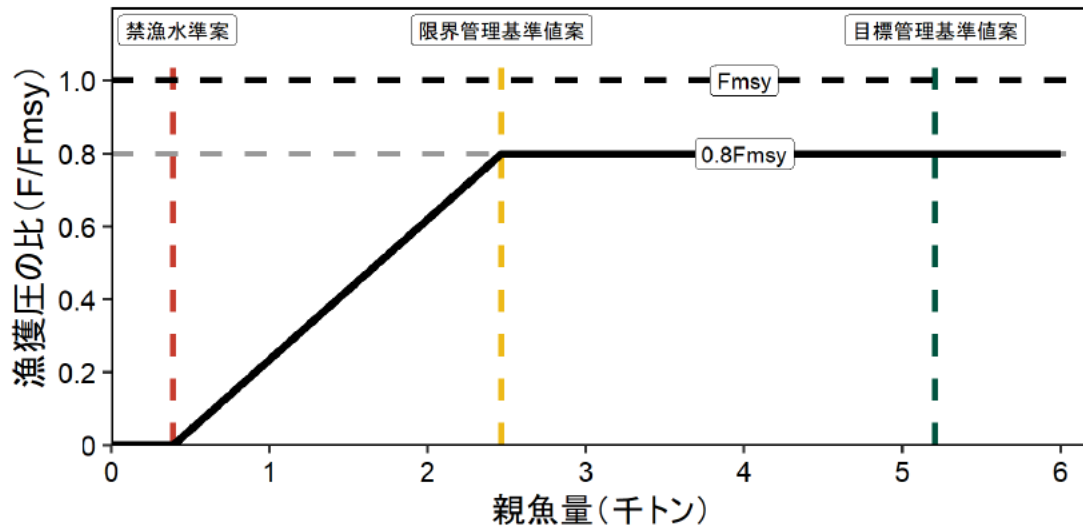
(3) 2023 年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された 2023 年の平均漁獲量は、 β を 0.8 とした場合 3.3 千トンであった（補足表 5-2）。なお、2022 年に予測される親魚量は 6.8 千トンと限界管理基準値（SB0.6msy、2.5 千トン）を上回っており、2023 年の漁獲圧は $\beta \times F_{msy}$ として求めた。

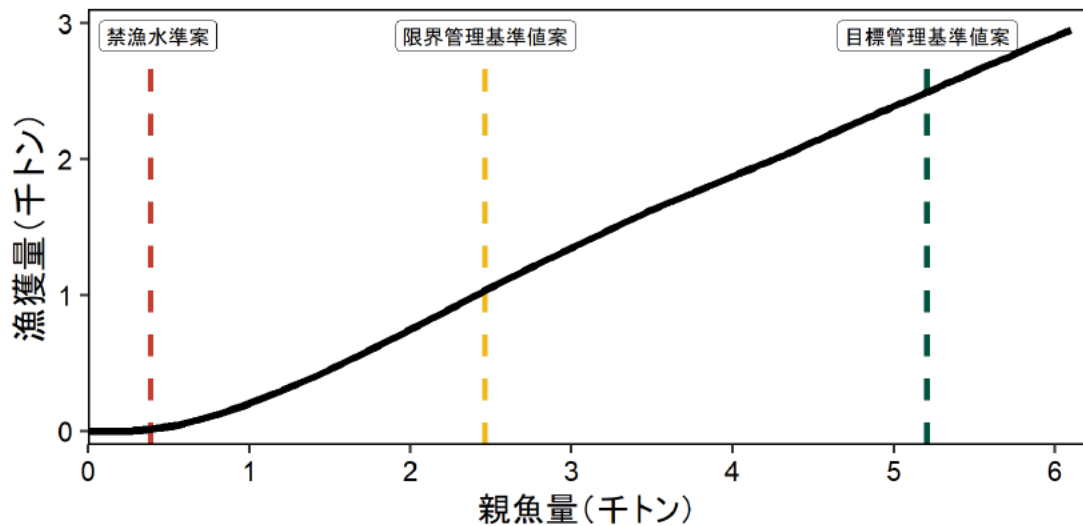
(4) 2024 年以降の予測

2024 年以降も含めた将来予測結果を補足図 5-2、補足表 5-1 および 5-2 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、漁獲管理を開始する初年度である 2023 年に参照する親魚量は 2022 年の値となる（0 年目）。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した際の参照年である 2032 年の平均親魚量は 6.0 千トン（90%予測区間は 5.2 千トン～6.9 千トン）であり、 β が 0.9 以下の場合、目標管理基準値を 50%以上の確率で上回る。また、現状の漁獲圧（F2021）を継続した場合、2032 年の平均親魚量は 6.9 千トン（90%予測区間は 6.0 千トン～7.9 千トン）であり、100%の確率で目標管理基準値を上回る。

a) 縦軸を漁獲量にした場合

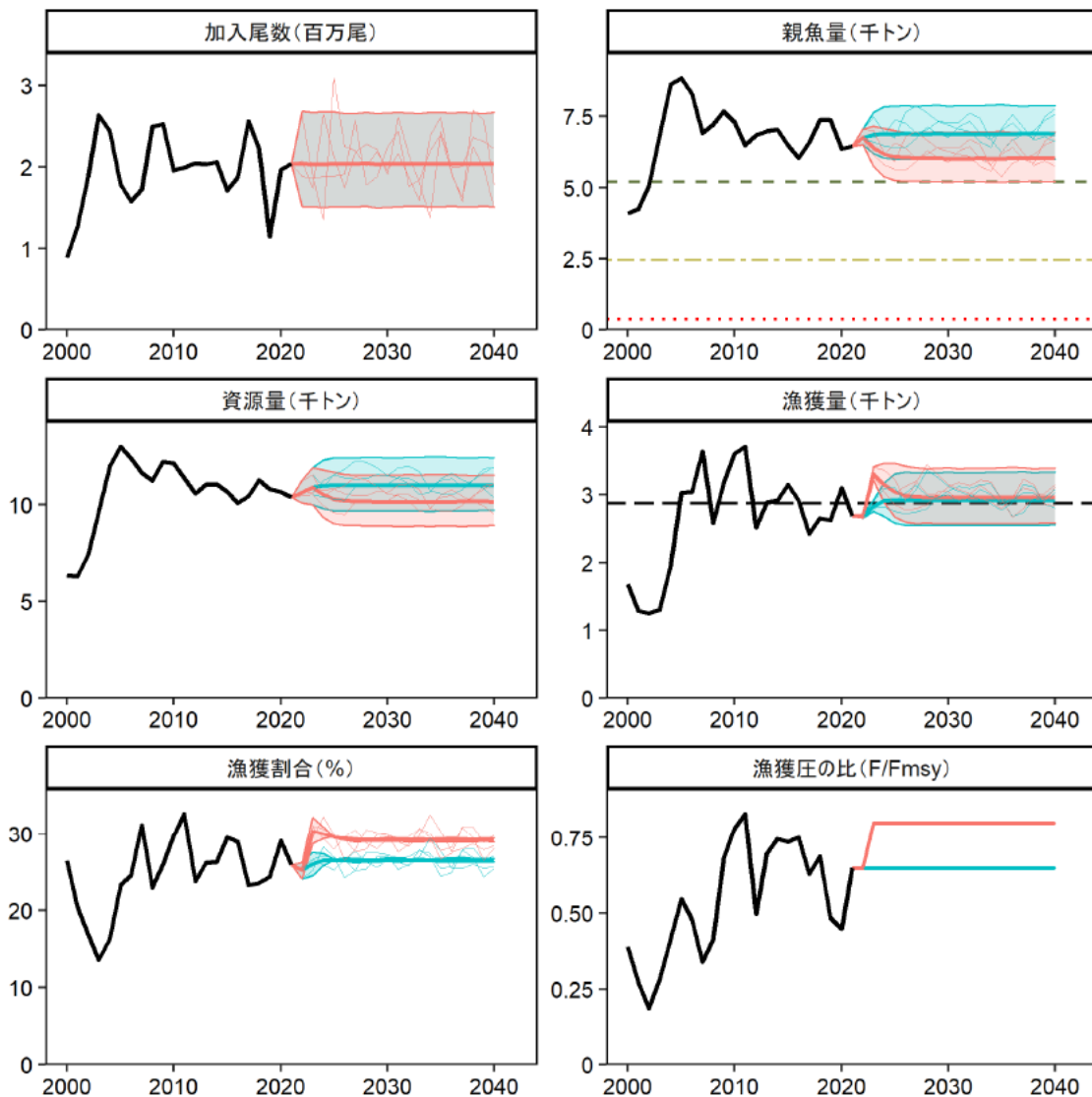


b) 縦軸を漁獲量にした場合



補足図 5-1. 漁獲管理規則案

親魚量に対する目標管理基準値 (SBtarget) 案、限界管理基準値 (SBlimit) 案および禁漁水準 (SBban) 案には、それぞれ SB_{msy} 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$ を用いた。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、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧の比に、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。



補足図 5-2. 漁獲管理規則案および現状の漁獲圧による将来予測の比較

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。黒色で資源評価に基づく値を、赤色で漁獲管理規則案を用いた将来予測を、青色で現状の漁獲圧による将来予測を、それぞれ示した。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案（SBmsy）、黄鎖線は限界管理基準値案（SB0.6msy）、赤点線は禁漁水準案（SB0.1msy）を示す。漁獲量の図の点線は最大持続生産量（MSY）を示す。2022年の漁獲量は予測される資源量と2021年の漁獲圧（F2021）により仮定した。漁獲管理規則案（2023年以降）は本資料で提案する管理基準値案に基づく（図5-1）。調整係数 β には0.8を用いた。

(a)

(b)

[illegible]

(a)

[illegible]

(b)

[illegible]

補足資料 6 将来予測の方法

将来予測は、「令和 4 (2022) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-01)」の 1 系資源の管理規則に従い、令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いられた再生産関係 (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 (version4.0.2) を用いた。

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 7-2 に案として示した親魚量の基準値である。

また、各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

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

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補足表 6-1 の平均体重を乗じて求め、親魚量は補足資料 2 の (6) 式に従って漁期後の値を求めた。

引用文献

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 (2022) 令和 4 (2022) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.

佐久間啓・藤原邦浩・八木佑太・吉川 茜・飯田真也・白川北斗 (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. FRA-SA2021-BRP-12-1.

資源評価高度化作業部会 (2022) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA2022-ABCWG02-04.

補足表 6-1. 将来予測に用いたパラメータ値

年齢	選択率	Fmsy	現状の漁獲圧 (F2022)	自然死亡 係数	成熟率	平均体重 (g)
3	0.08	0.087	0.057	0.28	0.5	1,001
4	0.17	0.167	0.108	0.28	1.0	1,841
5	0.39	0.551	0.358	0.28	1.0	2,776
6	0.78	1.049	0.682	0.28	1.0	3,715
7	1.00	1.107	0.720	0.28	1.0	4,600
8 歳以上	1.00	1.107	0.720	0.28	1.0	5,498

補足資料 7 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 7-1. 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－・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 7-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	5.2 千トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	2.5 千トン	限界管理基準値案。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	0.4 千トン	禁漁水準案。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (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 MSY

補足表 7-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	6.4 千トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳以上) =(0.06 0.11, 0.36, 0.68, 0.72, 0.72)	
U2021	26%	2021 年の漁獲割合
%SPR (F2021)	28%	2021 年の%SPR
管理基準値案との比較		
SB2021/ SBmsy (SBtarget)	1.24	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値案)に対する 2021 年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	0.65	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る	
親魚量の動向	横ばい	

* 2021 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 7-4. 予測漁獲量

2023 年漁期の親魚量(予測平均値):5.9 千トン			
項目	2023 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2021)	2023 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	3.9	1.54	36
$\beta=0.8$	3.3	1.23	30
$\beta=0.6$	2.7	0.92	24
$\beta=0.4$	1.9	0.62	18
$\beta=0.2$	1.0	0.31	9
$\beta=0$	0	0	0
F2021	2.8	1.00	26

補足表 7-5. 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					
β	2032 年 の親魚量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2032 年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	5.2	4.5 – 6.0	48	100	100
$\beta=0.8$	6.0	5.2 – 6.9	95	100	100
$\beta=0.6$	7.2	6.3 – 8.3	100	100	100
$\beta=0.4$	9.3	8.2 – 10.5	100	100	100
$\beta=0.2$	13.2	11.9 – 14.7	100	100	100
$\beta=0$	23.1	21.4 – 25.3	100	100	100
F2021	6.9	6.0 – 7.9	100	100	100

補足資料 8 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に基づき、マダラ当歳魚および1歳魚の加入量に関して検討した（補足図 8-1）。

2012～2021 年の 5～6 月にかけて、石川県沖合（水深 190～550 m）において着底トロール調査を行い（但州丸、兵庫県）、面積密度法により1歳魚（体長 250 mm 以下）の現存尾数を得た（石川、補足図 5-1）。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。2012～2021 年の調査に基づく1歳魚（2011～2021 年級群に相当）の現存尾数は 2011、2014、2017 年級群で多く、2013、2015、2016 および 2018 以降の年級群で少なかった。

青森県産業技術センター水産総合研究所による新規加入量調査は 2007～2021 年の 4～9 月にかけて、水深 100～350 m で着底トロールを用いて行われた（青鵬丸、青森、補足図 5-1）。面積密度法による当歳魚および1歳魚の現存尾数（青森県産業技術センター）は、いずれも、2010、2012、2017 年級群で多く、2007、2011、2013、2015、2018、2019、2020、2021 年級群で少なかった。また、2014 年級群の現存尾数は当歳魚で少なかったものの、1歳魚で多かった。

秋田県水産振興センターでは 2007～2021 年に底びき網（かけ回し）による調査を年間 20～30 曳網程度、通年行っており、1 曳網当たりの CPUE が得られている（千秋丸、秋田、補足図 5-1）。CPUE の年平均は 2009、2011 年級群で高く、2007、2013、2015、2019、2020、2021 年級群で低かった。

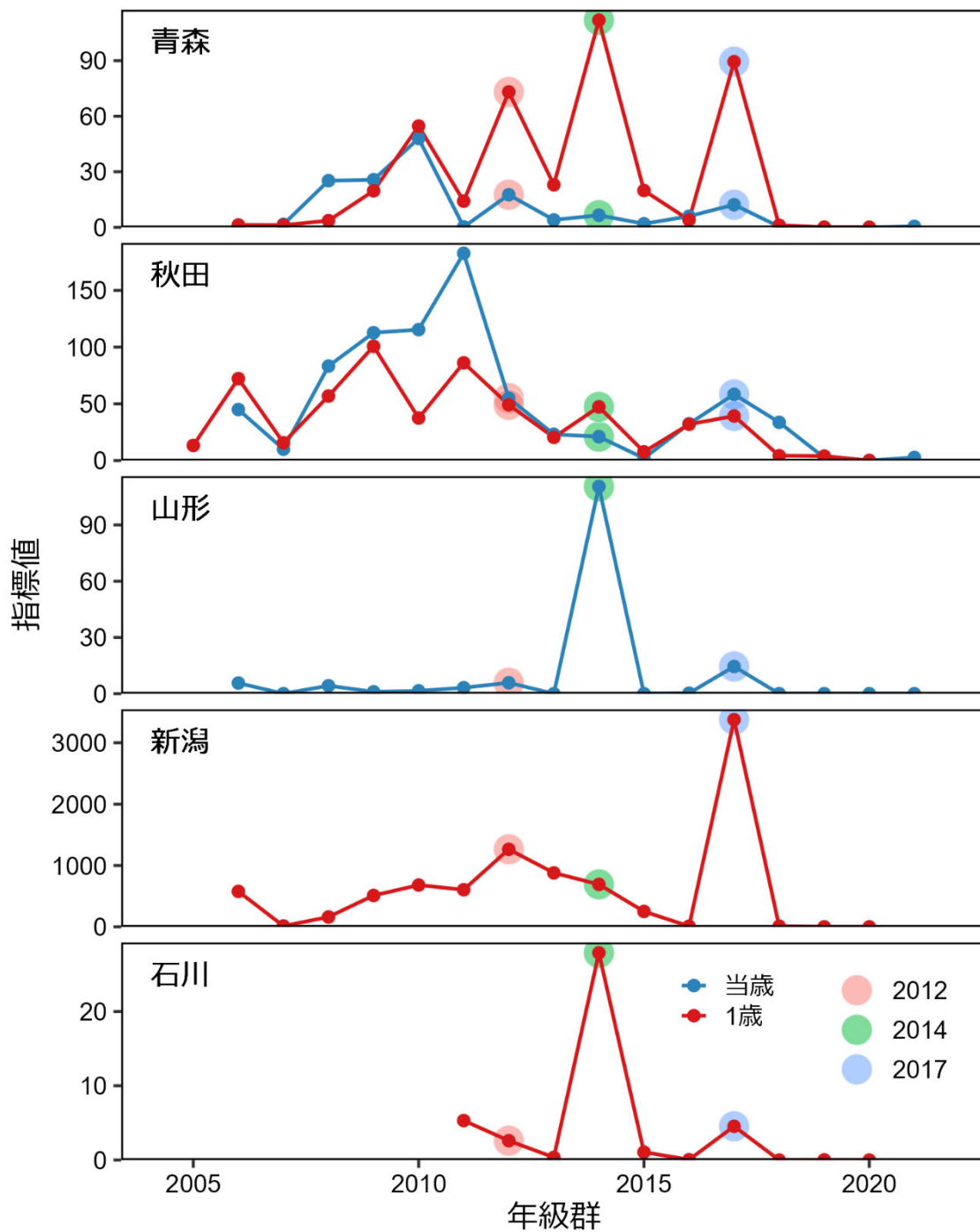
山形県沖における自家用餌料びき網の CPUE（6～7 月、山形県水産試験場、最上丸）は、2014、2017 年級で顕著に高かった（山形、補足図 5-1）。

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 2005～2022 年の 4～5 月にかけて小型底びき網漁船による用船調査を行った。かけ回しによる CPUE は 2012、2017 年級群で多く、2007、2015、2018、2019、2020、2021 年級群で低かった（新潟、補足図 5-1）。

系群全体の比較から、2014、2017 年級群の豊度が高かったのに対し、2015、2016、2018、2019、2020、2021 年級群の豊度は低かったことが示唆された。豊度の低い年級群のうち、2018 年級群以降については、資源計算（補足資料 2）において考慮されていない。直近年の加入が悪いことから、今後、資源が減少する可能性がある。

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 8-1. 各県の新規加入量調査におけるマダラ当歳魚および1歳魚の指標値 代表的な高豊度年級群である2012、2014、2017年級群について、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 9 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況に関して、以下の通りまとめた。

1. 分布

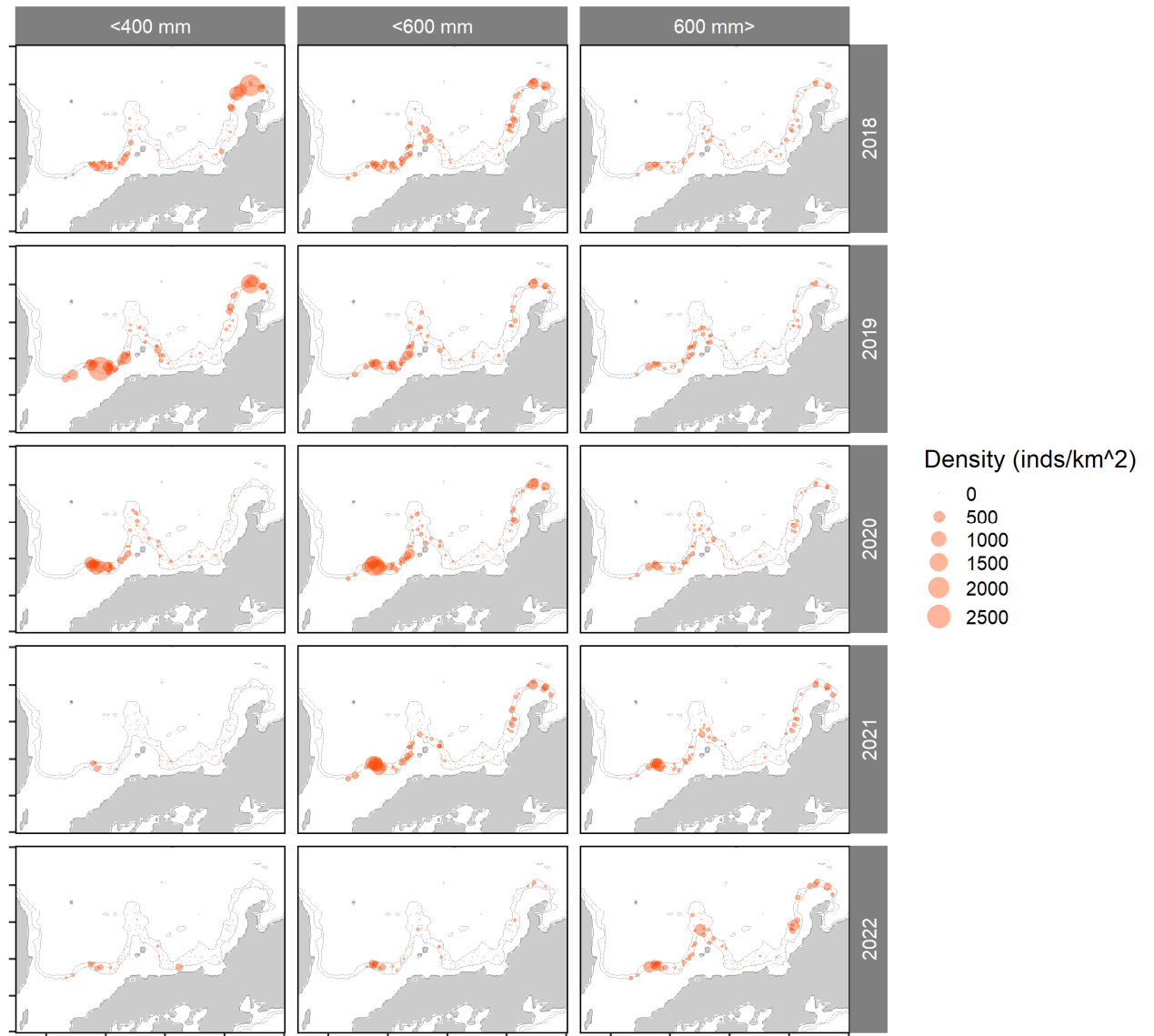
日本海西部のマダラは韓国東岸から能登半島にかけての本州沿岸に分布する。着底トロール調査の結果、隠岐諸島以西で分布密度が高く、但馬沖および若狭沖で低いことが示された（補足図 9-1）。トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）からは、2012、2014、2017 年等、加入豊度の高い年を除き、体長 400 mm 以上の個体（2 歳以上と考えられる）が主に分布することが示された（補足図 9-1、9-2、採集効率を 0.24 とした）。日本海西部、特に但馬沖以西のマダラは本系群で扱う石川県以北のマダラと遺伝的に区別可能とされ、これらは韓国近海（釜山沖）を産卵場とする来遊群と考えられている（Suda et al. 2017、Sakuma et al. 2019）。

2. 漁業の状況

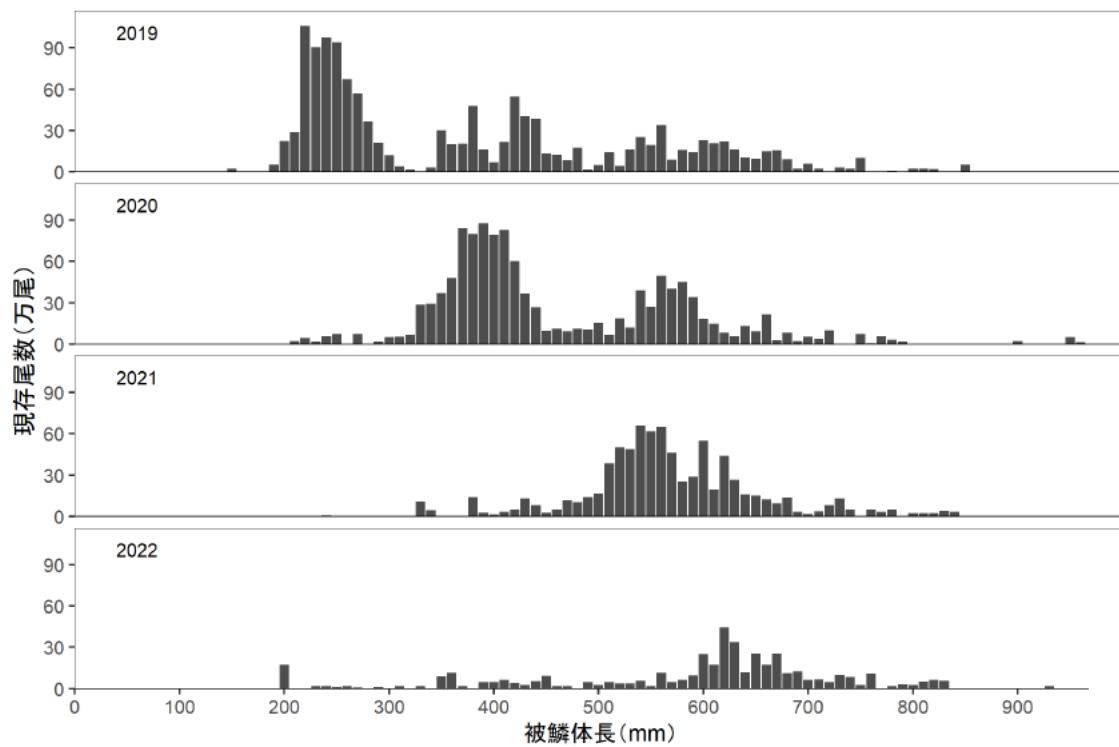
漁業の主体は底びき網であり、2021 年には漁獲量全体の 90%が沖底、8%が小底により漁獲された（補足図 9-3、補足表 9-1）。漁獲量は 1960 年代に約 1,100 トン、1970～1980 年代に約 500 トンをピークとして、周期的に変動した。1990 年代に百トン以下で推移したのち 2000 年代に急増し、2010 年代には再び 1,000 トン台となった。2020 年は 595 トン（暫定値）であった。日本海西部における漁獲量の変動パターンは韓国に類似する（補足図 9-4、補足表 9-2）。府県別に見ると、1960 年代は兵庫県と鳥取県、1970～1980 年代は福井県、1990 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。近年は大半を鳥取県による漁獲が占める。

引用文献

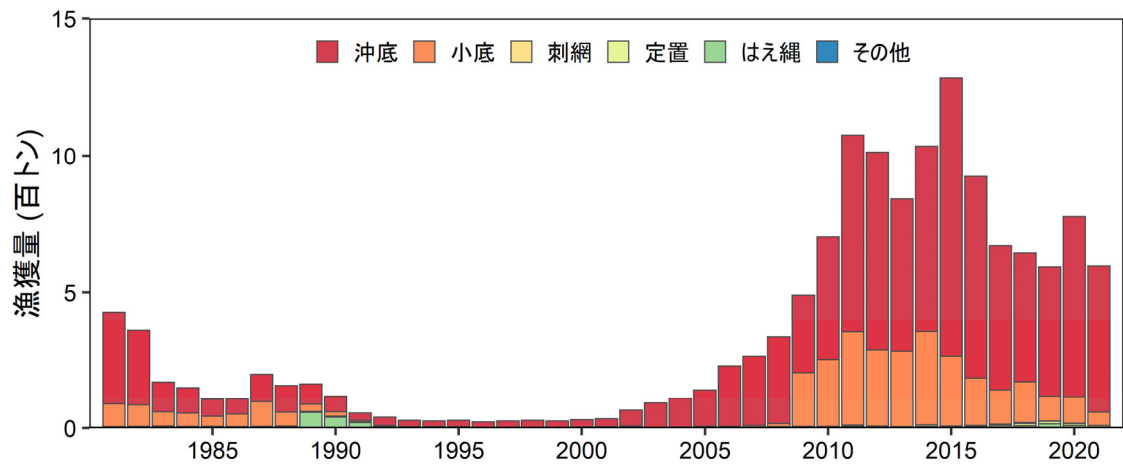
- Sakuma, K., Yoshikawa, A., Goto, T., Fujiwara, K., and Ueda, Y. (2019) Delineating management units for Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the Sea of Japan. *Estuar. Coast. Shel. Sci.*, **229**, 106401.
- Suda, A., N. Nagata, A. Sato, Y. Narimatsu, H. H. Nadiatul and M. Kawata (2017) Genetic variation and local differences in Pacific cod *Gadus macrocephalus* around Japan. *J. Fish Biol.*, **90**, 61-79.



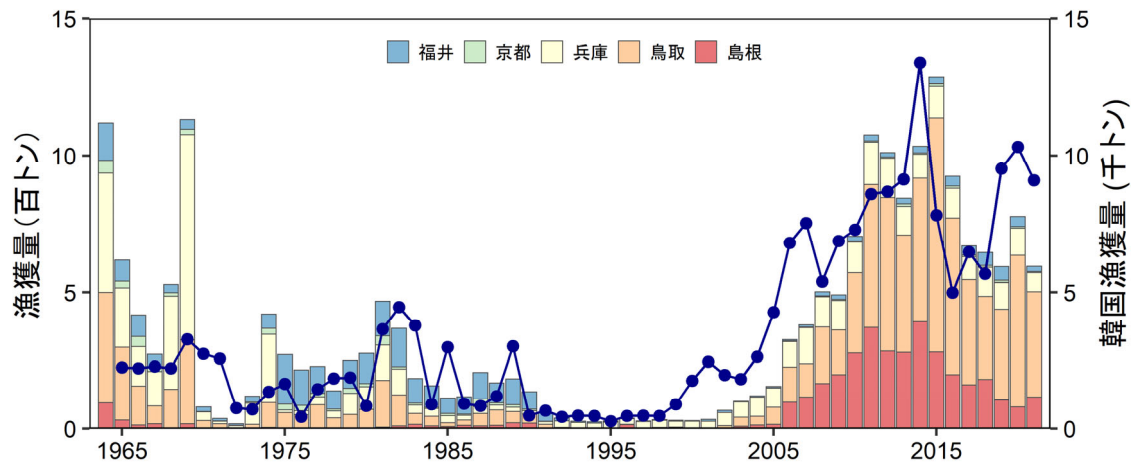
補足図 9-1. トロール調査（日本海ズワイガニ等底魚資源調査）におけるマダラの年別サイズグループ別分布密度



補足図 9-2. 日本海西部におけるマダラの年別体長組成（2019 年～2022 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 9-3. 漁業種類別漁獲量



補足図 9-4. 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 9-1. 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 9-1. 日本海西部における漁業種類別漁獲量（続き）（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}
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 ^{*2}	538	48	0	6	3	0	595	595

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} 合計値と農林統計値の差は農林統計における秘匿値による。

^{*2} 暫定値。

補足表 9-2. 日本海西部における府県別漁獲量（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
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

補足表 9-2. 日本海西部における府県別漁獲量（続き）（単位：トン）

年	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	計	韓国
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 ^{*1}	20	3	70	385	117	595	9,095

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 10 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、沖合底びき網漁業（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型底びき網（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（航海あたり漁獲量）および漁獲努力量（航海あたり網数）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レコードのうち、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、図 6）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レ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）の対数値とした。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

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

P は有漁確率。

有漁 CPUE モデル

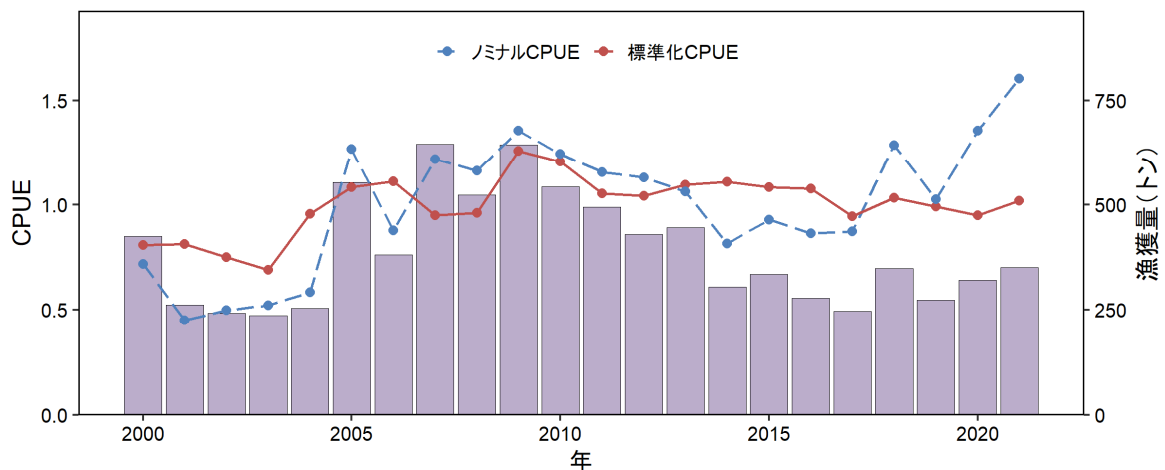
$$\log(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Month} + s(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Prefecture} + \text{Target} + \text{Year:Month} + \text{Year:s}(\text{Longitude}, \text{Latitude}) + \text{Month:s}(\text{Longitude}, \text{Latitude})$$

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 10-1）。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-SA2022-RC04-102）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 10-1. 沖合底びき網漁業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基準化した値を示す。