

令和6（2024）年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価

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（増淵隆仁・井関智明・酒井猛
・五味伸太郎）

参画機関：石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県栽培漁業センター、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター、全国豊かな海づくり推進協会

要 約

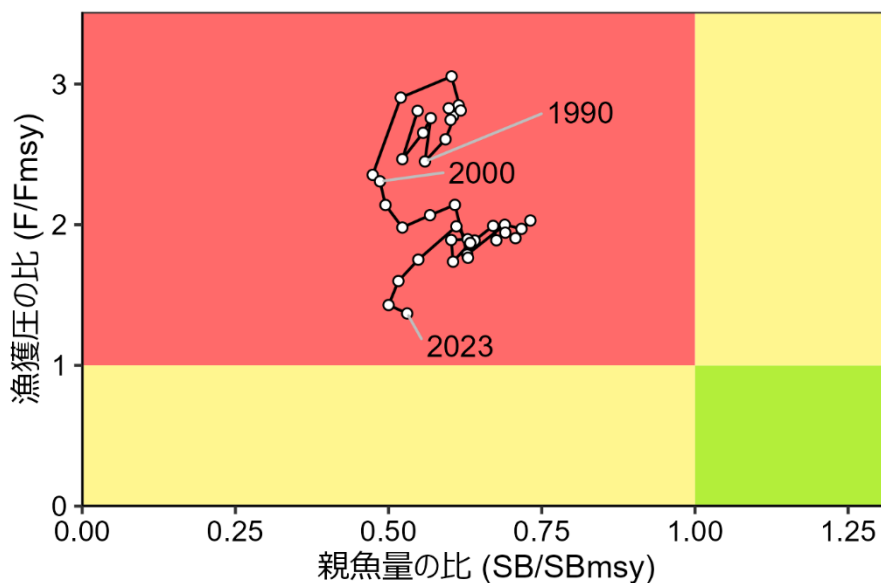
本系群の1986年以降の資源量について、島根県大型定置網漁業、鹿児島県刺網漁業、以西底びき網漁業の資源量指標値を用いたチューニング VPA 解析（コホート解析）により計算した。資源量は1997年までは4,300トン前後であったが、1998～2002年は3,100～3,400トンで推移した。2003～2013年はやや回復し3,800～4,400トンで推移したが、2013年以降は緩やかに減少傾向にあり、2023年は3,072トンと推定された。親魚量は、1999～2000年に2,000トンを下回ったが、そのほかの年では2,000～3,000トンを維持しており、2023年は2,149トンと推定された。天然の加入量は、1996年までは320～400万尾を維持していたが、一貫した減少傾向が近年まで続き、2023年の天然加入尾数は133.0万尾となった。

本種は栽培漁業対象種であり、2022年の放流尾数は334.3万尾、2023年の混入率は12.0%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.05と推定された。

令和4年11月に開催された研究機関会議での再生産関係に関する検討に基づき、本系群では生活史パラメータに基づく生物学的管理基準値を、最大持続生産量 MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）の代替値（Fmsy proxy）とし、これまでの加入状況を考慮して目標管理基準値を提案する1B ルールの管理規則を適用する。将来の加入予測においては、過去の加入状況から、再生産成功率が低い2016～2020年の加入尾数を参照する。Fmsy の代替値である生物学的管理基準値に25%SPRを用いて推定された最大持続生産量の代替値（MSY proxy、1,091トン）を実現できる水準の親魚量の代替値（SBmsy proxy）は4,053トンである。この基準に従うと、本系群の2023年の親魚量はMSY proxy を実現する水準を下回る。また、本系群に対する2023年の漁獲圧はSBmsy proxy を維持する漁獲圧（Fmsy proxy）を上回る。親魚量の動向は直近5年間（2019～2023年）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 の代替値、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(代替値)	4,053トン
2023 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準の代替値を下回る
2023 年の漁獲圧の水準	SBmsy proxy を維持する水準を上回る
2023 年の親魚量の動向	横ばい
最大持続生産量 (MSY) の代替値	1,091トン
2025 年の ABC	-
コメント: ・ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・近年の加入量が過去の加入量の推移から期待される平均値を継続して下回っていることにより、資源量が減少傾向を示していることに留意する必要がある。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F/Fmsy proxy	漁獲割合 (%)
2019	34	25	13	1.99	38
2020	30	22	10	1.75	35
2021	28	21	9	1.60	33
2022	28	20	8	1.43	29
2023	31	21	9	1.37	28
2024	34	24	11	1.59	32
2025	34	25	-	-	-

・ 2023 年の漁獲量は暫定値。
・ 2024、2025 年の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数 (天然魚・黒化魚別)	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 生物情報収集調査(石川～鹿児島(12)府県) ・市場測定 ・耳石による年齢査定 資源評価調査以外の調査結果 ・各府県栽培漁業協会等業務報告書 ・各県資料 ・豊かな海づくり推進協会資料
資源量指数	島根県大型定置網日別漁獲量(島根県)* 鹿児島県刺網日別漁獲量(鹿児島県)* 以西底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)*
自然死亡係数(M)	年当たりM=0.208を仮定(田中1960)
人工種苗放流数	2022年までの県別・水域別放流尾数(水産機構)
漁獲努力量	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) (平成18年度まで)

*はチューニングVPA(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

本系群のヒラメは、石川県以西の日本海中西部海域と福岡県から鹿児島県の沿岸海域に分布する(図2-1)。1989～1993年に実施された成魚の標識放流結果では、福岡県から長崎県の海域において個体の活発な交流が認められている(田代・一丸1995)。

幼魚は5月頃に内湾および河口域の水深10m以浅の細砂底に多く分布する。2～3ヶ月間を浅海域の成育場で過ごし、成長とともに深い海域へ移動、分散していく。

(2) 年齢・成長

成長はふ化後1年で全長25～30cm、2年で36～46cm、3年で44～58cm、4年で47～67cm、5年で49～73cm程度となる。九州北西部海域のヒラメについては、雌雄別の成長曲線(図2-2)が下記の式によって示されている(金丸ほか2007)。

体長

$$\text{雄} \quad Lt = 664.4(1 - e^{-0.2914(t+1.1196)})$$

$$\text{雌} \quad Lt = 949.7(1 - e^{-0.2120(t+0.861)})$$

ここでLtはt歳魚の全長(mm)。

体重

$$\text{雌雄込み} : W = 2.5766 \times 10^{-6} \cdot L^{3.217}$$

ここでWは全長L(mm)のときの体重(g)。

雄は雌よりも成長が遅く極限体長も小さい。体重に関しては、1歳までは雌雄間の差はみられないが、満2歳を超えると雌は雄より成長が良い傾向にある（金丸ほか 2007、図 2-2）。

(3) 成熟・産卵

2歳で約50%、3歳ですべてが成熟するとした（図 2-3）。寿命は約12年とされる。産卵期は南ほど早く、鹿児島沿岸では1～3月、長崎から熊本沿岸では2～3月、北九州沿岸では2～4月、鳥取沿岸では3～4月とされている（南 1997）。

(4) 被捕食関係

着底後の稚魚はアミ類や魚類の仔魚等を摂餌するが、成魚は魚類、甲殻類、イカ類を捕食する。着底期稚魚の捕食者として、ヒラメ、アイナメ、ホウボウ、ハゼ類等が報告されている（乃一ほか 1993）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群を対象とする2023年の漁業種別漁獲量は、刺網（374トン：43%）、定置網（136トン：16%）、小型底びき網（138トン：16%）、沖合底びき網（98トン：11%）、釣り・延縄（98トン：11%）など多種多様である（図 3-1、3-2）。また、府県ごとの主要な漁法も異なる（図 3-3）。本系群を対象とする2023年の府県ごとの漁獲量は、長崎県（276トン）が最も多く、次いで、福岡県（129トン）、熊本県（114トン）、島根県（113トン）と続く（図 3-4、表 3-1）。これらの漁業を行う漁労体数は、資源解析を開始した1986年以降の期間で漸減しており、2006年の統計では1986年と比べて刺網で約6割、小型底びき網で約5割、釣りで約8割に減少した（図 3-5）。なお、石川県の2023年農林統計値は、石川県の漁獲データ報告から、2023年と2022年漁獲量の比を計算し、2022年の農林漁獲量に乘じたものを使用した。

また、1990年代後半から各府県で行われている漁獲の体長制限による0歳魚の漁獲規制により、漁獲対象のほとんどが1歳以上の個体と考えられる。

本系群においては遊漁によるヒラメの採捕状況は十分把握されていないが、石川県から鹿児島県における遊漁採捕量は年間12～99トンであり（農林水産省統計情報部 1998、農林水産省統計部 2003、2009）、採捕物の生物学的な基礎情報も整備されていないため、本報告ではその影響は考慮していない。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は1970年の1,246トンから増加傾向を示し、1984年には2,512トンを記録した後、1997年までは1,700～2,400トンを維持していたが、1998年以降減少し2002年には1,314トンとなった。2003～2008年の漁獲量は緩やかに増加したものの、2009年以降は再び減少傾向にあり、2023年は860トン（暫定値）となった（図 3-6、表 3-1）。

2023年の漁獲物全体に占める年齢別漁獲量は、0歳魚が0%、1歳が9%、2歳が26%、3歳が24%、4歳が17%、5歳が10%、6歳が6%、7歳以上が8%であり、2歳から3歳の漁

獲量が多い傾向にあった（図 3-7）。また、成熟率が 100%となる 3 歳魚以上が占める漁獲重量割合は 1986～2004 年までは 50%を下回っていたが、それ以降は 50%を上回り、2023 年には 64.1%となった。一方で、2023 年の漁獲物全体に占める年齢別漁獲尾数は、0 歳魚が 3%、1 歳が 29%、2 歳が 35%、3 歳が 17%、4 歳が 9%、5 歳が 4%、6 歳が 2%、7 歳以上が 2%であり、1 歳から 2 歳の漁獲尾数が多い傾向にあった（図 3-8）。

2023 年の全国における漁獲量は 6,182 トン（暫定値）となり、全国のヒラメ漁獲量に対する本系群の占める割合は 13.9%であった。本海域におけるヒラメ養殖生産量は 1990 年代には漁獲量を上回る 2,000～2,500 トンであったが、近年では漁獲量を下回る 400 トン程度となっている（図 3-6）。

(3) 漁獲努力量

本系群の漁獲努力量として、島根県大型定置網漁業（以下、島根定置）の操業日数、鹿児島県における刺網漁業（以下、鹿児島刺網）の操業日数、北緯 31 度以北、東経 127 度 30 分以東の以西底びき網漁業（以下、以西底びき）の操業日数および網数を補足表 2-1 に示す。

島根定置は 2012 年より 20 ヶ続が操業しており、2012 年から 3,800～4,100 日前後で推移していたが、2020 年より減少傾向となり、2023 年は 3,806 日となった（補足表 2-1）。鹿児島刺網の操業日数は、漁業者減少の影響が大きいですが、近年にかけて大きく減少しており、2013 年は 1,982 日の操業日数が記録されているが、2020 年以降は 1,000 日を下回っており、2022 年の操業日数は 731 日であった（補足表 2-1）。以西底びきは、2000 年以降、周辺国との競合や資源状態の悪化のため、漁場の縮小が著しい漁業であり、近年の操業漁区は日本沿岸に限られている。2012 年以降の以西底びきの操業日数は 700 日前後を維持していたが、2020 年から減少傾向にあり、2023 年の操業日数は 502 日であった。また、網数も同様の傾向を示し、近年は減少傾向にあり、2019 年の最高値 6,598 網から 2022 年には 4,250 網となった（補足表 2-1）。

4. 資源の状況

(1) 資源評価の方法

1986 年以降に得られている年齢別漁獲尾数と系群全体の漁獲量および島根定置 CPUE、鹿児島刺網 CPUE、以西底びき CPUE を資源量指標値としたチューニング VPA（Virtual Population Analysis、コホート解析の一種）により、年別の年齢別漁獲係数、年齢別資源尾数を推定した（補足資料 1、2）。漁獲は漁期の中央でパルス的に行われると仮定する Pope の近似式（Pope 1972）を用いた。自然死亡係数 M は寿命を 12 年として田内・田中の式（田中 1960）で求めた 0.208 とした。

(2) 資源量指標値の推移

VPA のチューニングに利用した島根定置 CPUE、鹿児島刺網 CPUE、以西底びき CPUE を補足表 2-1 に示す。推定されたヒラメの島根定置 CPUE は 2012 年から増加傾向を示し、2015 年に 2.57 kg/日・経営体となり最高値となった。その後緩やかに減少傾向となり、2023 年は 1.66 kg/日・経営体となった。鹿児島刺網の CPUE は、2013 年から 2023 年にか

けて増減を繰り返しながら緩やかに増加傾向にあり、2021年に1.93 kg/日・経営体となり最高値となったが、2023年は1.66 kg/日・経営体となり減少した。以西底びき CPUEは、2013年から緩やかに増加傾向を示し、2015年は0.50 kg/網となったが、2023年は大幅に減少し0.17 kg/網となった。規格化した各標準化 CPUE を図 4-1 に示す。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

資源量計算には各府県における1986～2023年の年齢別漁獲尾数を使用した(図 3-8、補足表 2-3)。本系群の資源量についてチューニング VPA により推定した。資源量は1986～1997年は4,300トン前後であったが、1998～2002年は若干減少して、3,100～3,400トンの範囲で推移した。2003～2013年はやや回復して概ね3,800～4,400トンであったが、2010年以降は減少傾向が続き、2023年は3,072トンと推定された(図 4-2、表 4-1)。資源尾数は1986～1996年に560万～700万尾で推移していた。1997～2012年の間には、緩やかな増減傾向を示し450万尾前後を維持していたが、2013年以降は減少傾向にあり、2023年は326.9万尾と推定された(図 4-2)。1歳魚の資源尾数については、1991～1996年に400万尾程度を維持していたが、1999年以降に減少傾向にあり、2023年の資源尾数は151.3万尾と推定された(図 4-3、補足表 2-3)。2歳以上の資源尾数に関しては、比較的横ばい傾向で推移しているが、プラスグループである7歳以上の資源尾数については1999年以降増加傾向にあった(図 4-3、補足表 2-3)。

親魚量は、1999～2000年に2,000トンを下回ったが、その他の年では2,000～3,000トンを維持しており、2023年は2,149トンと推定された(図 4-4、表 4-1)。

天然加入尾数は、1996年までは320万～400万尾の範囲で推移していた。1997年以降激減し、2009年に170万尾となった。その後は緩やかな減少傾向が続き、2023年の天然加入尾数は133.0万尾となった(表 4-2)。

漁獲割合については、2000～2005年にかけて、資源量が増加する一方で、漁獲割合は低下した。その後、両者ともに緩やかな減少傾向を示した(図 4-4、表 4-1)。漁獲係数(F:年齢平均値)は、1986～2001年は0.5～0.8の範囲で推移し、1998年には0.82の最大値を示した。2001年以降は概ね0.4～0.5で推移し、2023年のFは0.37と推定された(図 4-5、補足表 2-3)。

自然死亡係数(M)の誤差が、チューニング VPA 解析の結果に与える影響を検討した。Mを0.23、0.31、0.4、0.5と変化させた場合の資源量、親魚量、加入量(1歳魚の資源尾数)の変動を図 4-6 に示す。ヒラメ瀬戸内海系群で採用されているM(0.31)の場合、その資源量、親魚量および加入量の推定値が受ける影響は15～38%の増加と推定された。

(4) 種苗放流効果

2023年の調査で得られた放流種苗の混入率は日本海中部海域の各県で6.4～8.2%、日本海西部海域の各県で1.6～5.9%、東シナ海海域の各県で1.9～28.3%となった(表 4-3)。2022年における放流数は合計で334.3万尾であった(表 4-4)。2023年における系群全体での放流種苗の混入率は12.0%と推定された(表 4-2、4-3)。なお、石川県、福井県、京都府、兵庫県、山口県、熊本県の混入率は年度報告の情報を年の情報として使用した。また、2022年放流群における添加効率は0.05と推定された(表 4-2)。詳細な算出方法は補

足資料 4 に示す。

(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

選択率の影響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、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図 4-7 に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。1986~1998 年は 4.5~6.2% と極めて低く算出されたが、1999 年以降は緩やかに増加傾向にあり、2023 年は 17.3% となった。現状の漁獲圧として、直近を除く 3 年間 (2020~2022 年) の平均 F 値から %SPR を算出すると 14.4% となった。

Fmsy の代替値に対する YPR と %SPR の関係を図 4-8 に示す。ここで、現状の漁獲圧 (F2020-2022) は、選択率に令和 4 年 11 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の代替値 MSY proxy を実現する F (Fmsy proxy) の推定に用いた値 (増渕ほか 2022) を使用した。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy proxy 算出時の値を使用した。Fmsy proxy の %SPR は 25% であり、現状の漁獲圧 (F2020-2022) は Fmsy proxy、Fmax、F30%SPR を上回る。

(6) 加入量の見積もり

加入量 (尾数) の推移を図 4-9 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の将来予測では、直近年 (2021 年) を除いた 2016 年以降の天然当歳魚の加入データ (2016~2020 年) に対して対数正規分布を当てはめ、その分布に基づいて加入が期待されると仮定した (増渕ほか 2022)。

(7) 現在の環境下において MSY を実現する水準の代替値

現在 (2016~2020 年) の環境下における最大持続生産量 (MSY) の代替値 (MSY proxy) を実現する親魚量 (SBmsy proxy) および MSY proxy として上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値 (増渕ほか 2022) を補足表 8-2 に示す。

(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 proxy を維持する漁獲圧 (Fmsy proxy) 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 を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy) を下回るが、過去最低親魚量 (SBmin) を上回る。2023 年の親魚量は SBmsy proxy の 0.53 倍である (表 4-1)。本系群の親魚量は、1986 年以降 SBmsy proxy を下回っている。また、漁獲圧は SBmsy proxy を維持する水準 (Fmsy proxy) を上回っており、2023 年の漁獲圧は Fmsy proxy の 1.37 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy proxy) とは、各年の F の選択率の下で Fmsy proxy 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) の推移から横ばいと判断される。

5. 資源評価のまとめ

2023年の資源量は3,072トンと推定された。2023年の親魚量はMSYを実現する親魚量の代替値(SBmsy proxy)を下回り(SBmsy proxyの0.53倍)、2023年の漁獲圧はSBmsy proxyを維持する水準(Fmsy proxy)を上回っていた(Fmsy proxyの1.37倍)。漁獲圧は減少傾向にある一方、親魚量は横ばい傾向である。2023年の天然加入尾数は、133.0万尾と推定され、過去と比較すると依然として低い水準だが、2021年からは増加傾向がみられる。

6. その他

令和3年度から系群区分を変更し、日本海中部(石川～兵庫)から日本海西部・東シナ海(鳥取～鹿児島)に分布するヒラメを1系群とした日本海中西部・東シナ海系群として資源評価を行っている。資源動向に大きな違いは観察されなかったが、引き続き、生態的知見を蓄積し、より適切な系群区分に関する検討を続ける必要がある。

本系群の資源評価で使用している成長や成熟等の生物情報は平成7年度の資源評価以降更新されていないが、これらの情報は海洋環境や資源量の変化等の影響を受けて変化する可能性があるため、数年単位での更新が推奨されている。また、各府県の年齢別漁獲尾数についても年齢分解能や分解方法などが異なるため、Age-Length Keyの更新が必要である。上記の更新は、魚体の精密計測および年齢査定等情報の蓄積が不可欠であり、漁獲量の多い県および漁法を中心に生物情報収集を行い、協議を重ねて早急に更新していく必要がある。

加えて、7歳以上の複数年齢群を含む高齢群の重量として一定の値を与えて計算しているが、実際には漁獲物の組成や年級群ごとの豊度、個体群密度など様々な要因で年々変化していると考えられる。雌雄比を考慮した上で各年の測定重量や高齢群までの個体数比を考慮した重量を充て資源状態を加味した重量に変更していく必要がある。さらに、本種は長命種であるため、最高齢である7+歳のFと6歳のFは比例関係にあると仮定し、7+歳のFを調整するような試算を検討することも有効と考えられる。

また、一昨年度より島根定置CPUEをチューニング指標とするチューニングVPAを導入し、昨年度は島根定置CPUEに加え、鹿児島刺網CPUE、以西底びきCPUEをチューニング指標として使用した。このほかに沖合底びき網漁業による漁獲情報、石川定置網漁業情報など複数の値を検討したものの資源計算結果の不確実性が高いと判断されたため今回は導入していない。しかしながら、本資源にたいする漁獲状況を適切に反映させるためには、さらなる指標値の探索と標準化手法の再検討が求められる。また、全年齢の資源量に対して、3本のCPUEを充てている状態は、過剰適合が懸念される。本来であれば、CPUEの代表する年齢層や資源量と資源量指数とのあいだの非線形パラメータbの考慮やCPUEにペナルティを考慮したチューニングVPA(ridgeVPA)の実施が必要である。しかし、CPUEに対応する体長組成の情報が得られていないため、CPUEの代表年齢やCPUEの変動に伴う年齢組成の変化等の検討ができていない。今後の課題として、銘柄ごとのCPUE算出等や市場の入り数別重量データ等から体長組成を得る等の調査を通して、CPUEが代表する年齢を調査することが望ましいと考えられた。

資源評価では親魚量推定の不確実性を鑑み、現状の低い加入水準を考慮する1B系の管

理基準値が提案された。一方で $F\%25SPR$ (F_{max}) は、原理的に親魚量が減少する可能性が懸念される水準であることに留意し、引き続き資源評価精度向上に努めるとともに、観測されている加入量の低下の原因について寄生虫等の生態学的な視点も含めて調査し、説明する努力を行う必要がある。さらに 2009 年以降の遊漁による採捕量に関する情報が皆無であり、本系群の資源評価では遊漁については考慮していない。今後、遊漁による採捕が資源に与える影響について検討するための情報収集が必要である。

漁獲情報以外の生態的な知見の更新等により、本系群の資源動態を反映していると判断できる再生産関係が推定される、もしくは管理方策の基礎情報や資源動向が大幅に変化するなど、提案している管理基準値や漁獲管理規則の見直しが必要と判断される場合には、次の管理基準値の見直しが想定される 5 年後を待たずとも、再度、管理基準値案を更新する必要がある。

7. 引用文献

- 金丸彦一郎・一丸俊雄・伊藤正博 (2007) 九州北西部におけるヒラメの Age-Length Key. 佐賀玄海水振セ研報, **4**, 75-78.
- 増淵隆仁・下瀬 環・井関智明 (2022) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海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. 1-130. FRA-SA2022-BRP16-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220930/FRA-SA2022-BRP16-01.pdf (last accessed August 14 2023)
- 増淵隆仁・下瀬 環・井関智明 (2023) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価. FRA-SA2022-RC05-01, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 37pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_63.pdf
- 南 卓志 (1997) 産卵期. 「ヒラメの生物学と資源培養」南 卓志・田中 克編, 恒星社厚生閣, 東京, 11-13.
- 乃一哲久・草野 誠・植木大輔・千田哲資 (1993) 長崎県大瀬戸町柳浜においてヒラメ着底仔稚魚を捕食する魚類の食性. 長崎大学水産学部研報, **73**, 1-6.
- 農林水産省統計情報部 (1998) 平成 9 年遊漁採捕量調査報告書. 58 pp.
- 農林水産省統計部 (2003) 平成 14 年遊漁採捕量調査報告書. 52 pp.
- 農林水産省統計部 (2009) 平成 20 年遊漁採捕量調査報告書, https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/yugyo_horyo/index.html.
- 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.
- 田代征秋・一丸俊雄 (1995) 長崎県近海域におけるヒラメの漁業生物学的特性. 長崎県水産試験場研究報告, **21**, 37-4



図 2-1. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の分布域

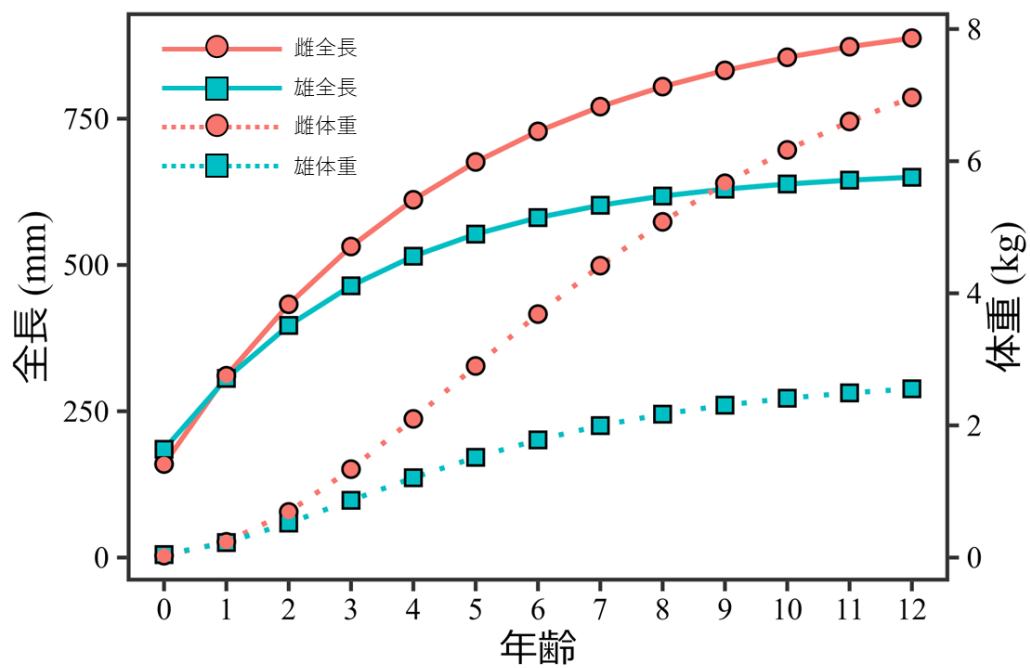


図 2-2. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の成長

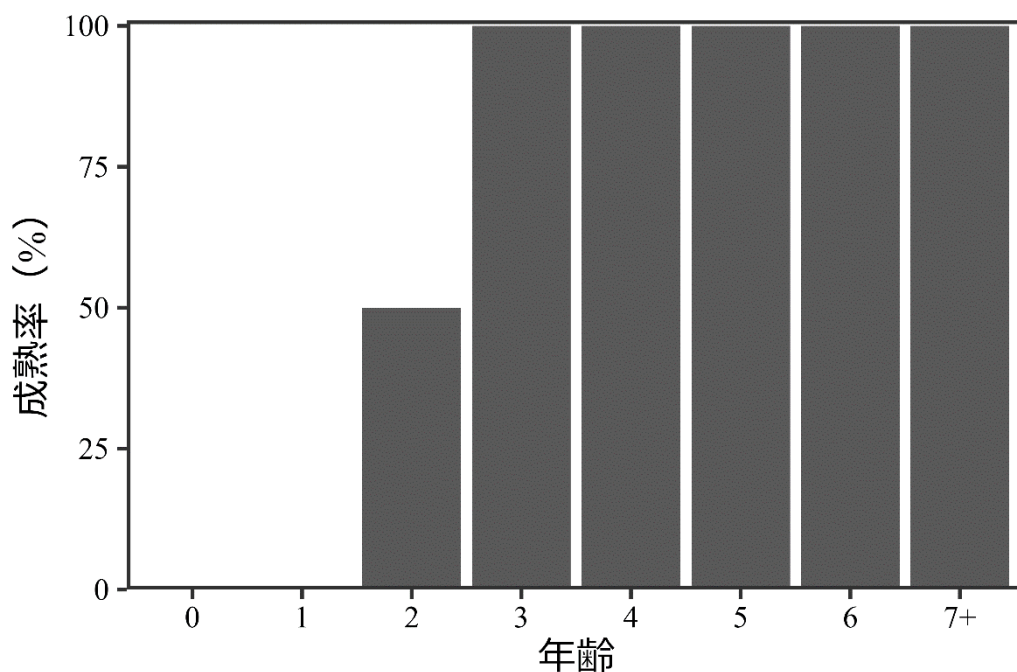


図 2-3. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

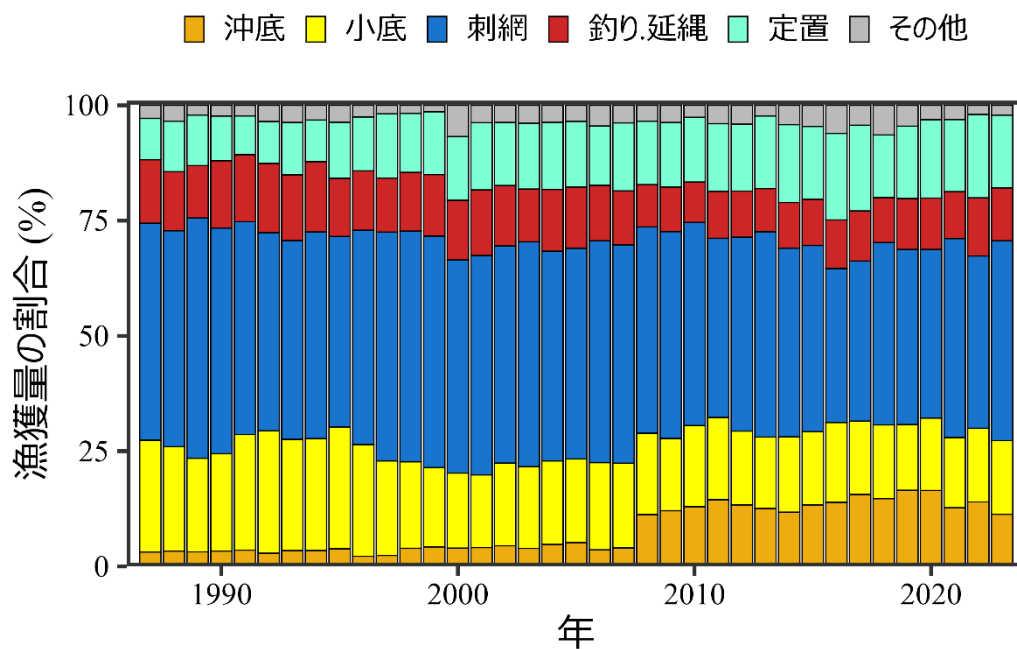


図 3-1. 漁業種類別漁獲量割合 (農林水産統計)

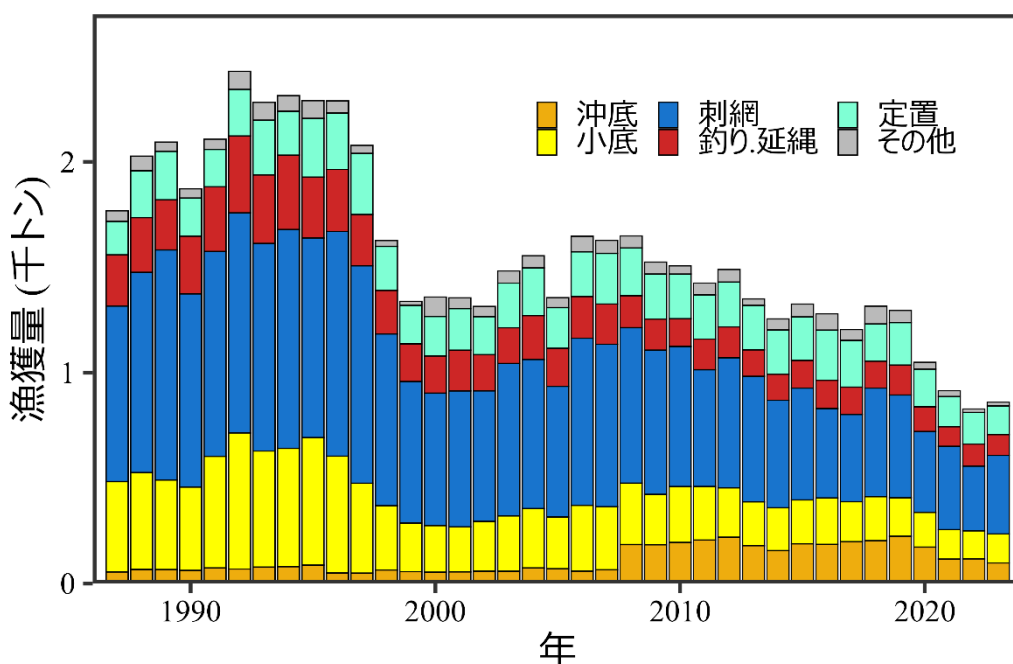


図 3-2. 漁業種類別漁獲量（農林水産統計）

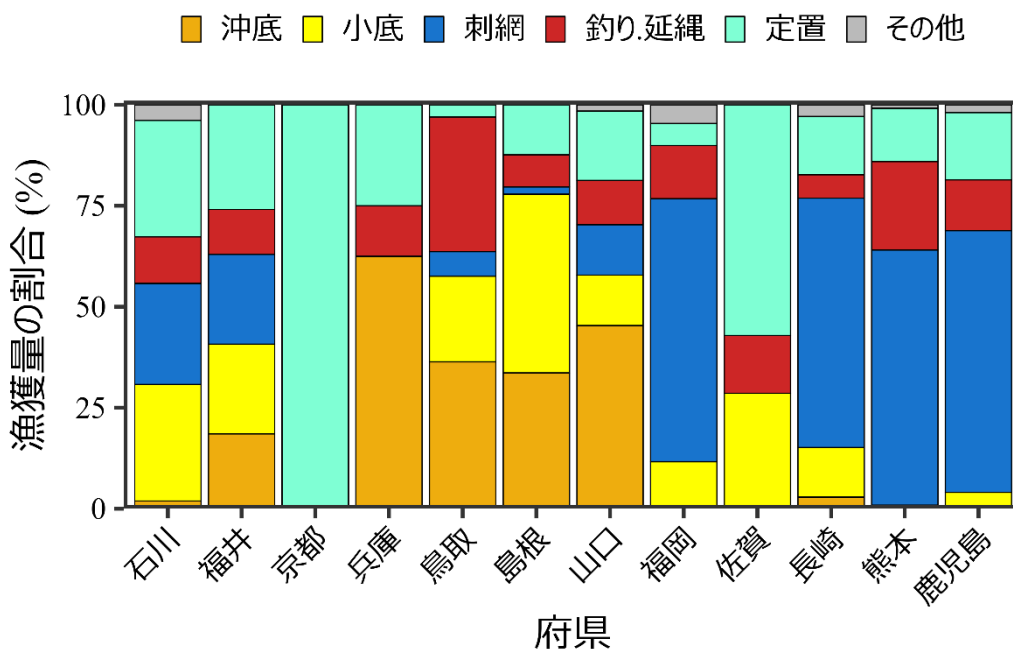


図 3-3. 2022 年の府県別漁業種類別漁獲量割合（農林水産統計）

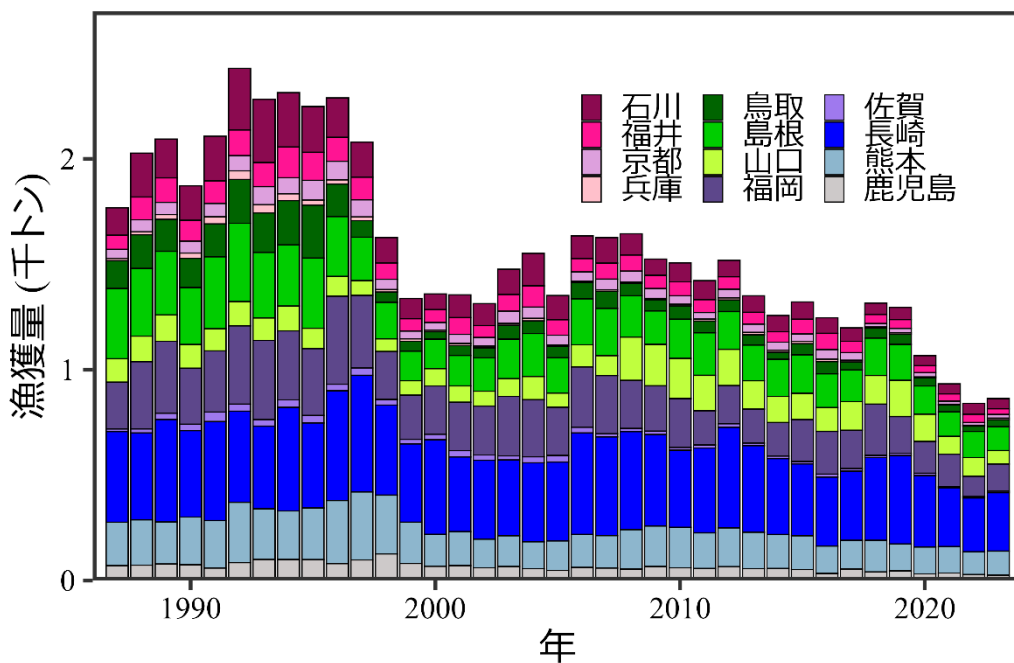


図 3-4. 府県別漁獲量の経年変化（農林水産統計）

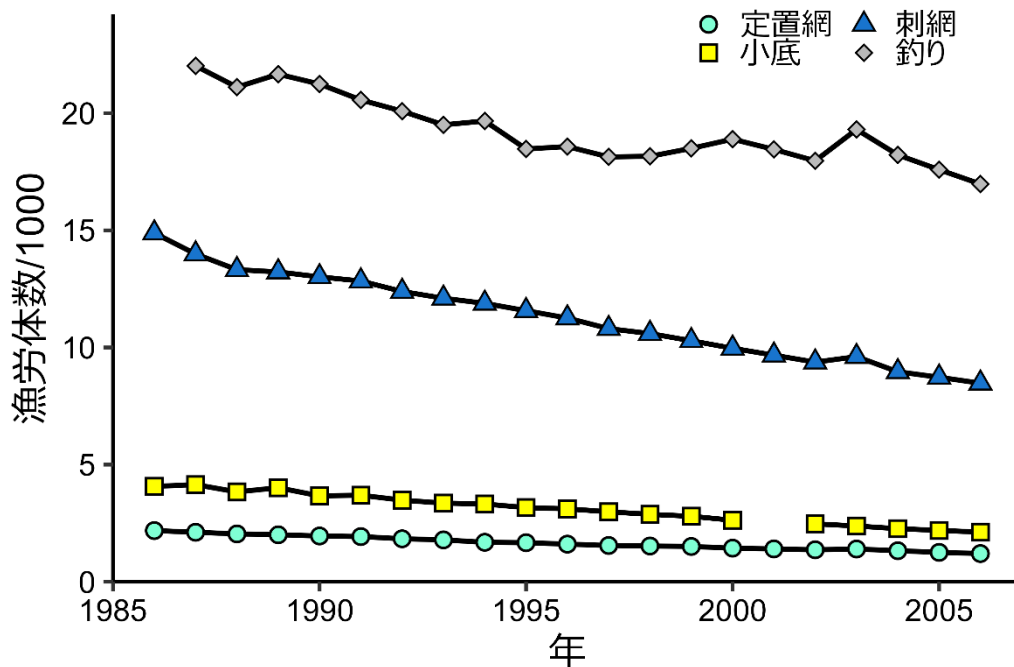


図 3-5. 主な沿岸漁業の漁法別漁労体数

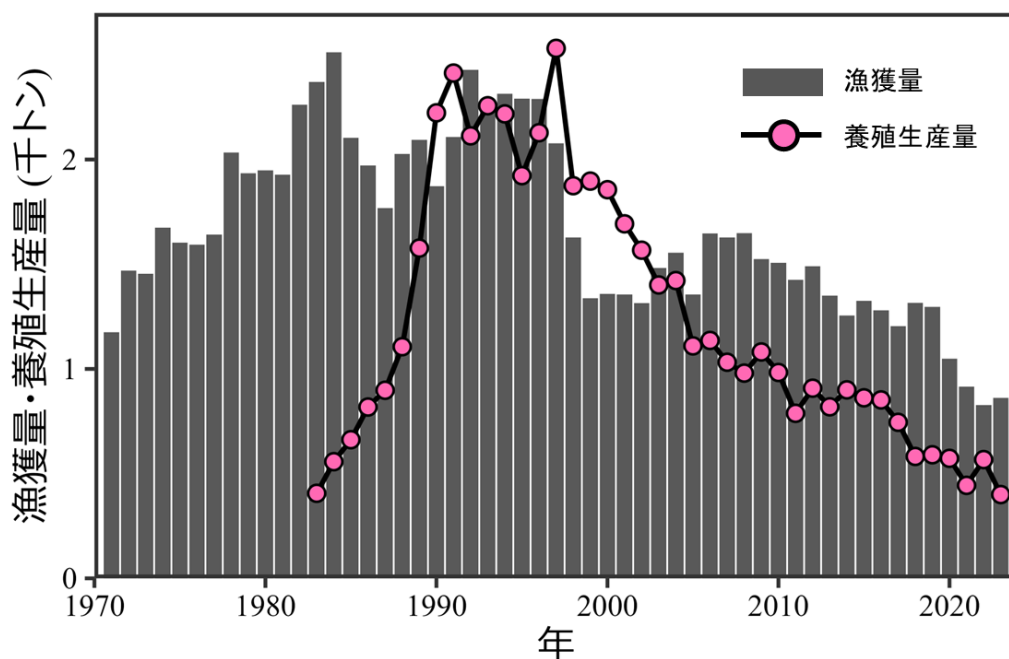


図 3-6. 漁獲量および養殖生産量

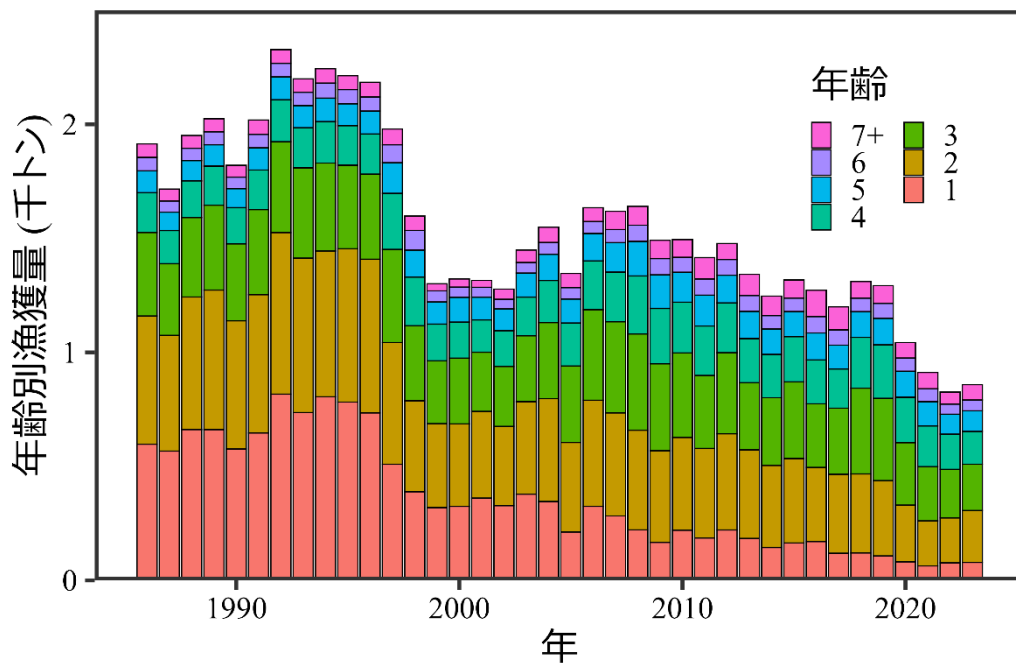


図 3-7. 年齢別漁獲量

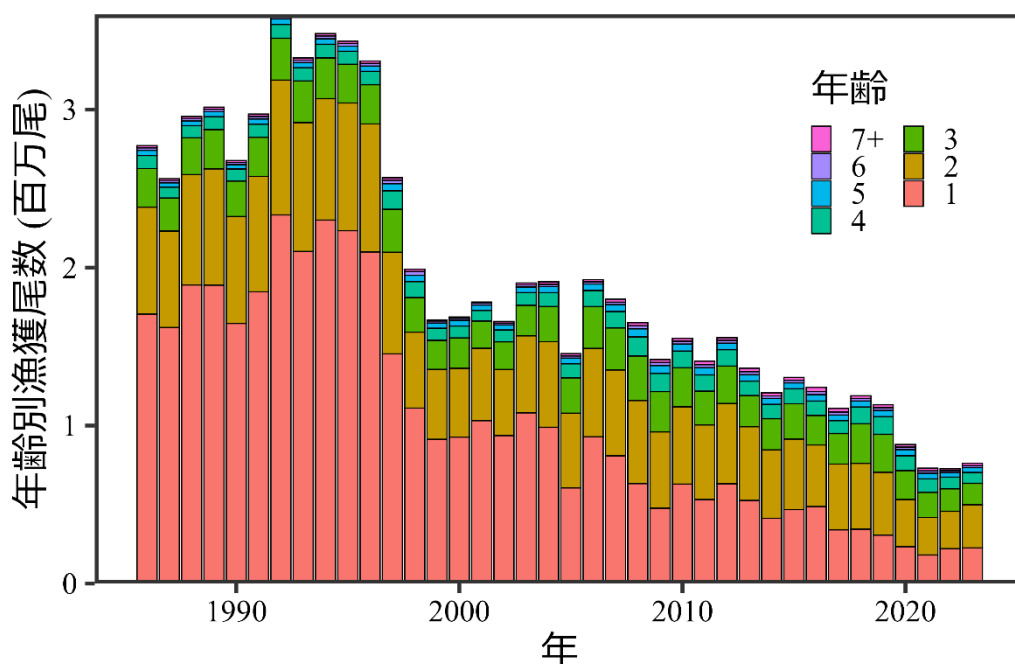


図 3-8. 年齢別漁獲尾数

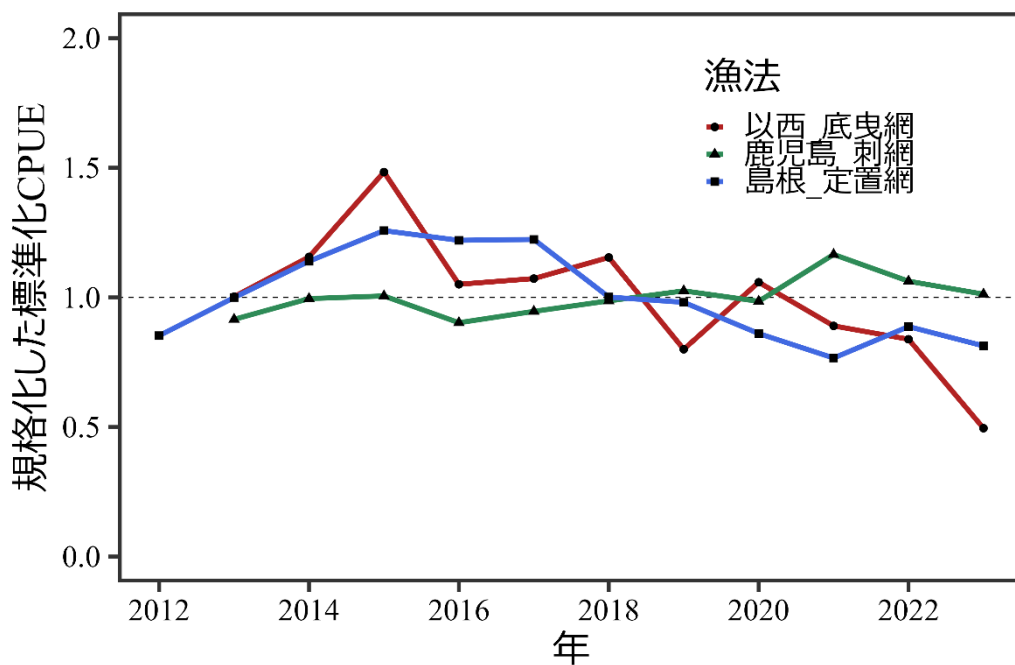


図 4-1. 規格化した標準化 CPUE (資源量指標値)

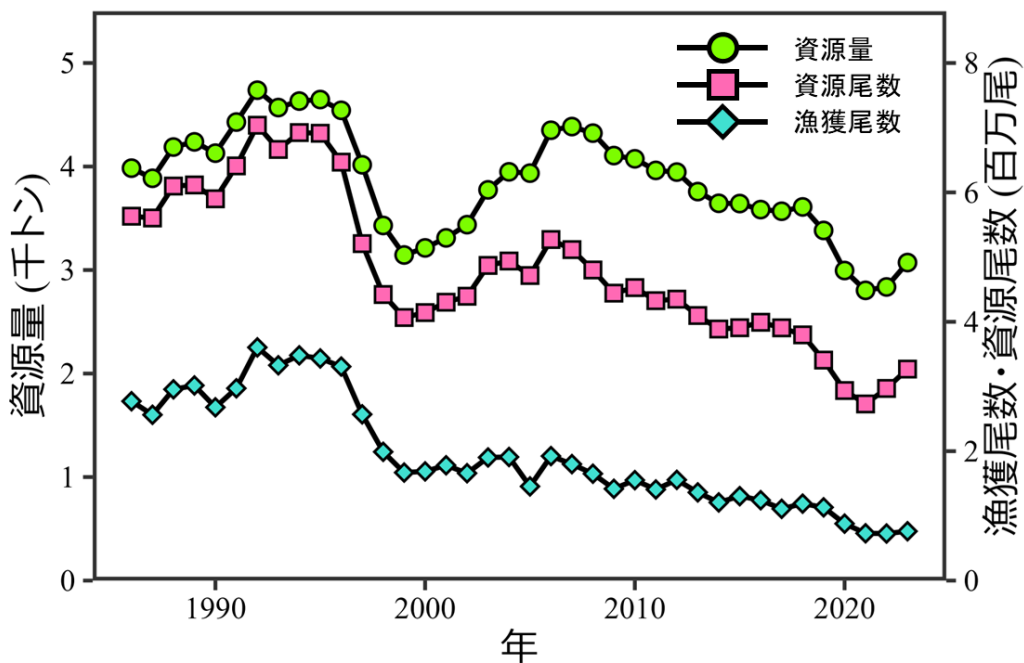


図 4-2. 資源量、資源尾数および漁獲尾数

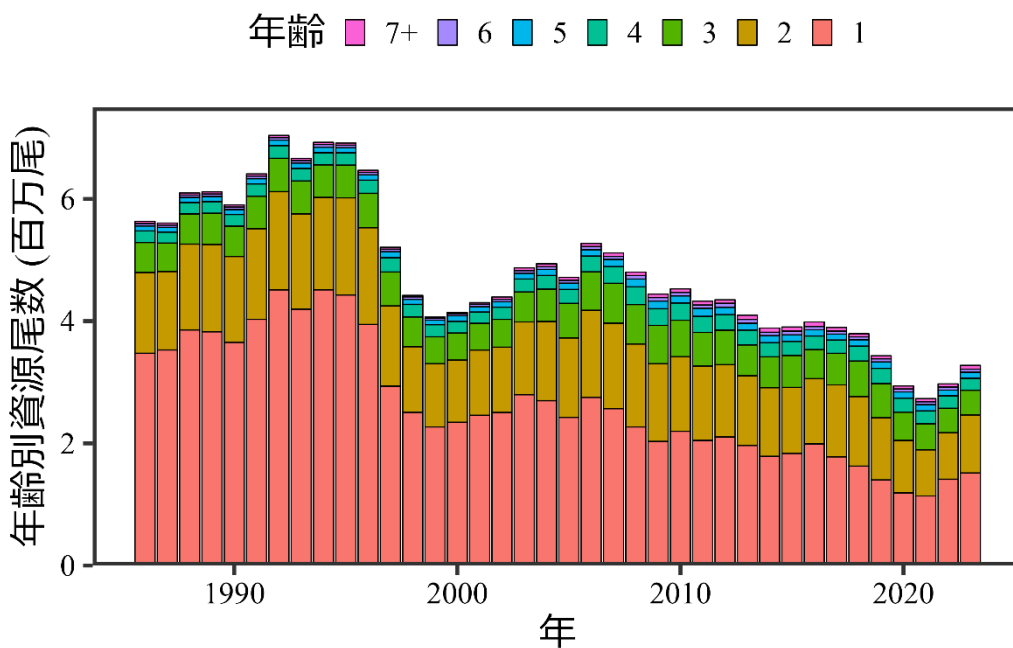


図 4-3. 年齢別資源尾数

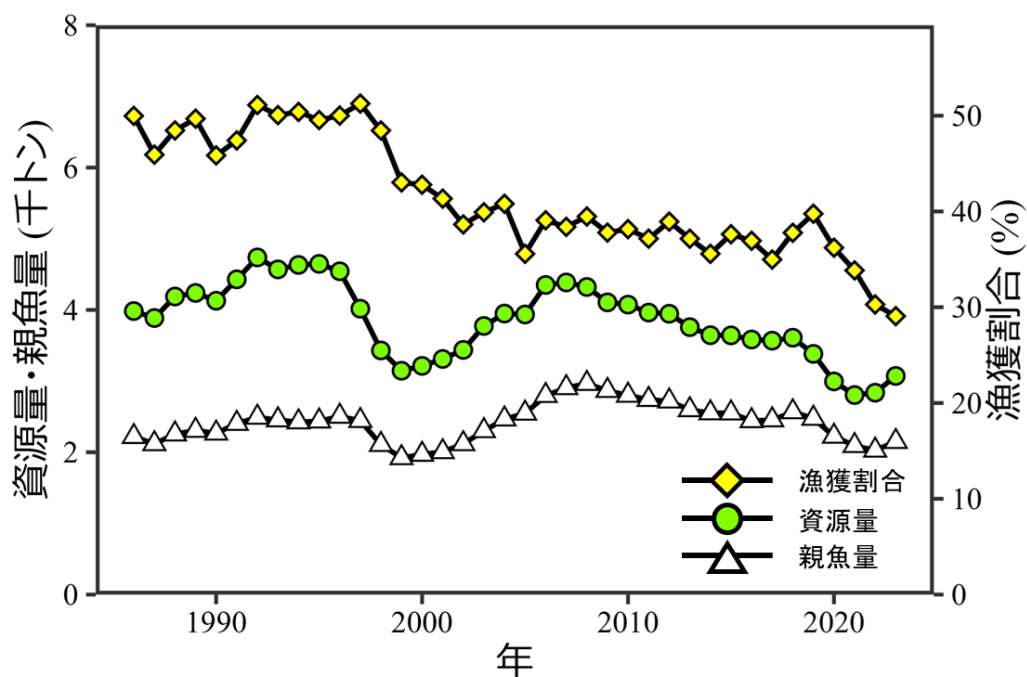


図 4-4. 資源量、親魚量および漁獲割合

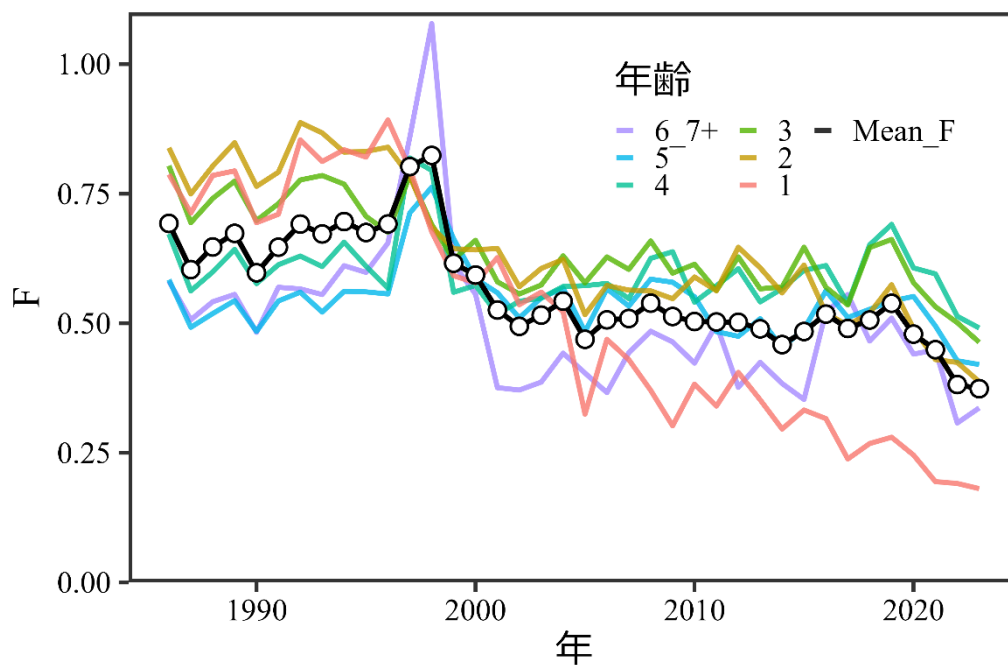


図 4-5. チューニング VPA により推定された年齢別 F 値と平均値

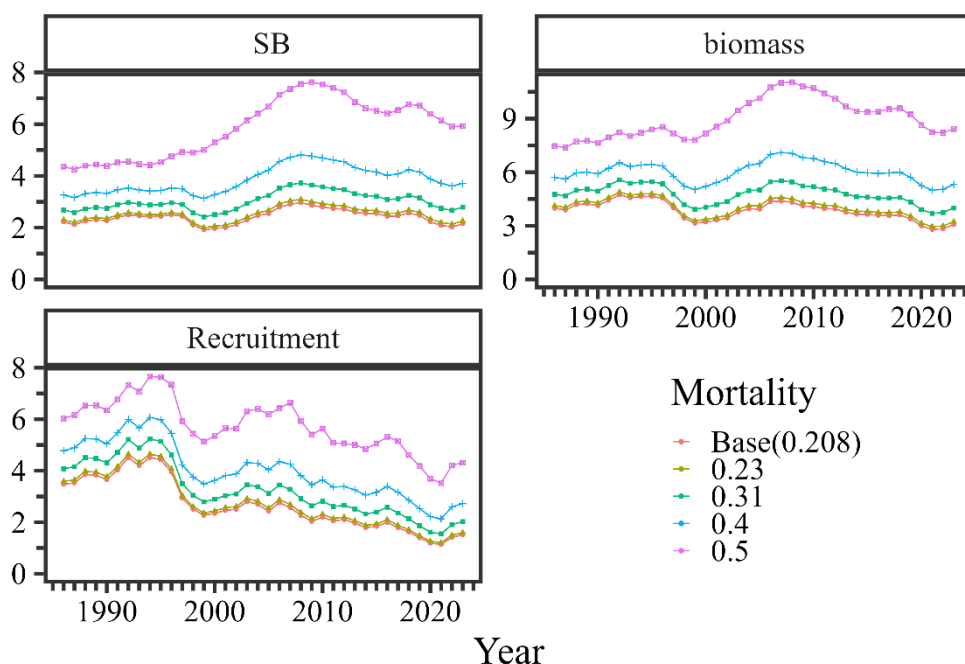


図 4-6. Mを変化させた場合の親魚量 (SB)・資源量 (biomass)・加入量 (1 歳魚の資源尾数) 親魚量、資源量の単位は千トン、加入量の単位は百万尾。

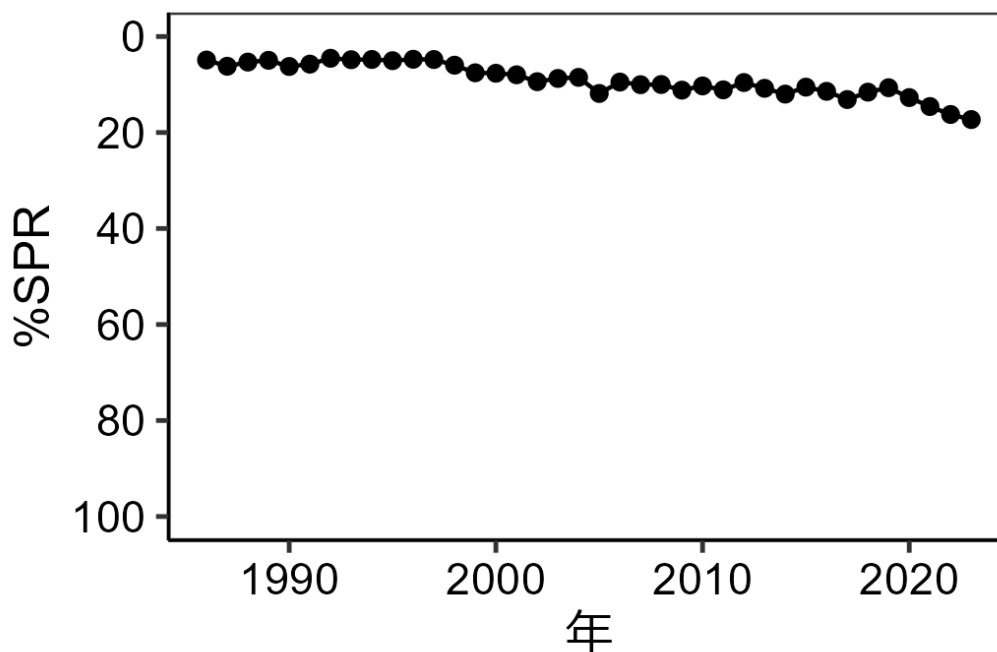


図 4-7. %SPR 値の推移

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

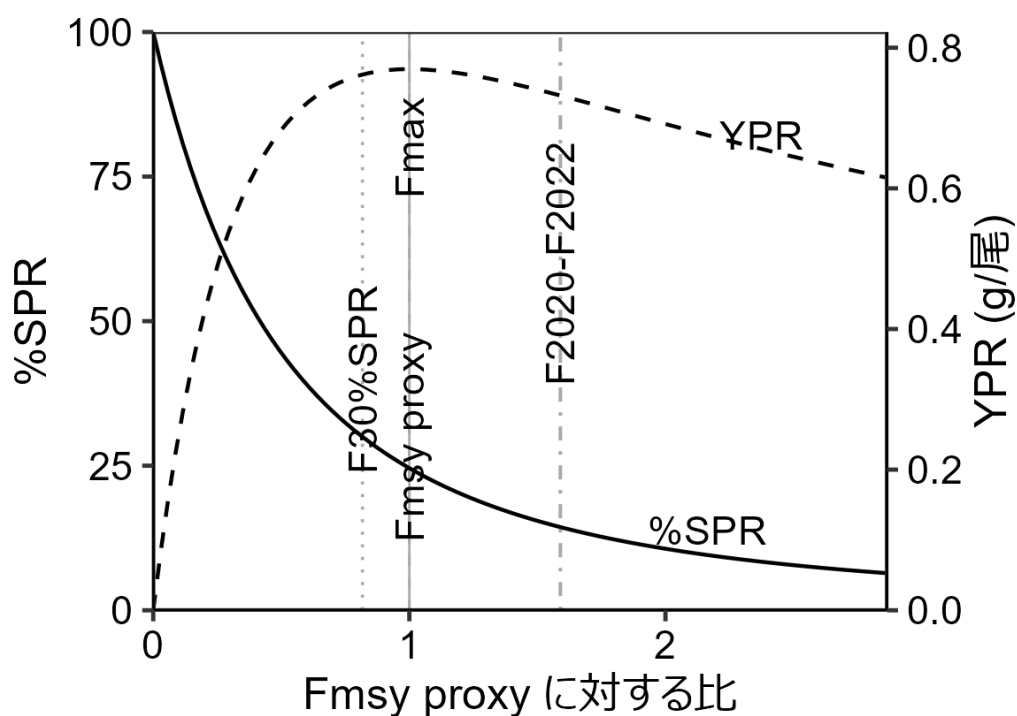


図 4-8. Fmsy proxy に対する YPR と %SPR の関係
 Fmsy proxy は F25%SPR であり、Fmax に相当する。

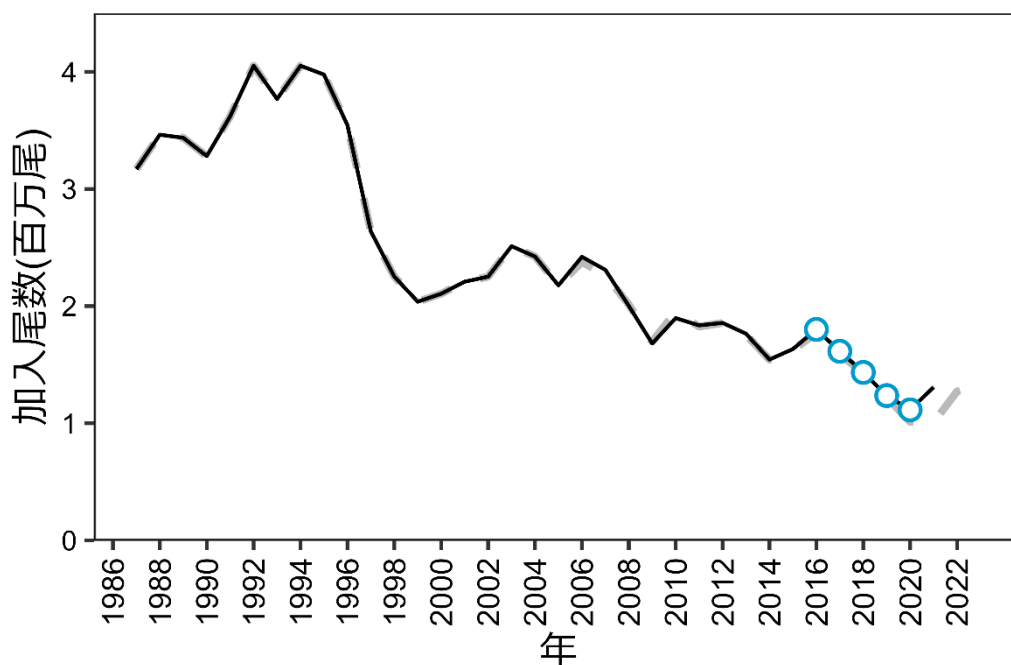


図 4-9. 加入量の推移と将来予測に用いた加入の仮定
 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価 (増渕ほか 2023) における天然由来加入尾数を用いて将来の加入を仮定する (実線)。青枠白塗りつぶ

しこの丸は将来予測における加入予測で参照する年、破線は更新されたチューニング VPA の結果から推定された天然加入尾数。

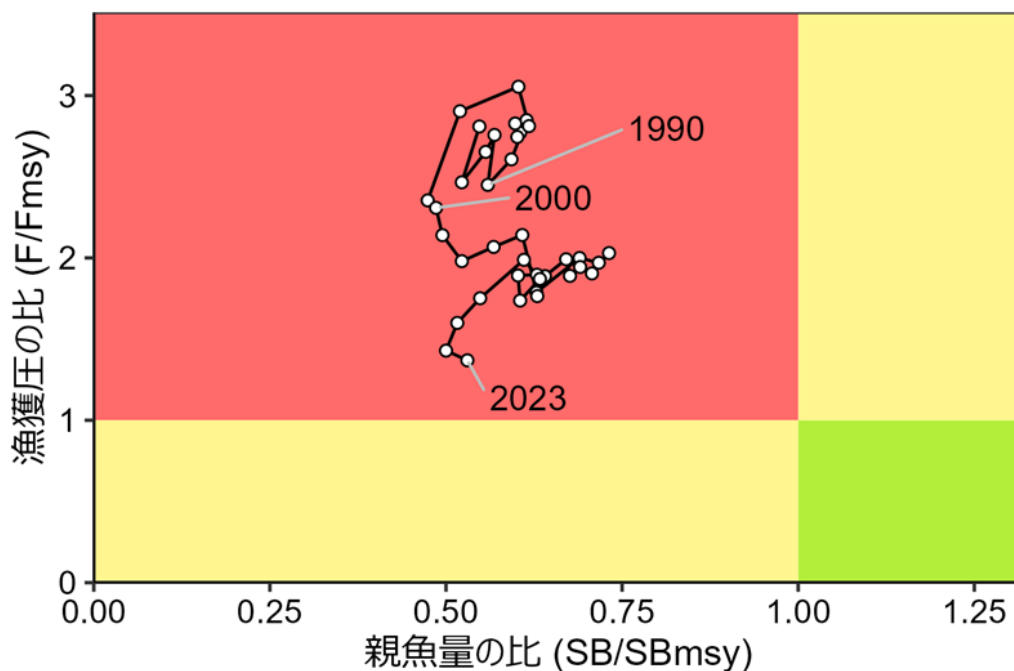


図 4-10. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy proxy) と SBmsy proxy を維持する漁獲圧 (Fmsy proxy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

表 3-1. 府県別漁獲量と総漁獲量（トン）

年	石川	福井	京都	兵庫	鳥取	島根	山口	福岡	佐賀	長崎	熊本	鹿児島	合計
1985	223	92	49	8	131	357	136	219	22	600	184	82	2,103
1986	168	73	44	9	83	310	150	263	15	531	255	71	1,972
1987	130	67	43	11	132	333	111	222	12	430	206	71	1,768
1988	208	108	57	14	160	321	121	319	19	412	215	73	2,027
1989	184	116	58	23	151	302	125	341	30	486	199	79	2,094
1990	164	99	56	25	139	270	112	266	30	410	226	75	1,872
1991	212	107	63	34	156	341	105	290	45	470	225	59	2,107
1992	292	122	72	41	207	372	115	371	34	432	286	85	2,429
1993	300	114	86	39	187	311	106	376	31	392	240	100	2,282
1994	258	146	76	32	210	290	118	327	36	491	230	100	2,314
1995	260	133	93	24	251	333	96	317	36	403	245	99	2,290
1996	187	114	88	20	154	284	94	417	31	521	299	80	2,289
1997	166	107	81	17	79	206	70	344	35	553	322	98	2,078
1998	121	77	49	12	49	173	60	227	27	427	279	126	1,627
1999	96	59	37	11	47	140	69	209	22	371	196	81	1,338
2000	74	61	37	7	34	140	82	230	25	449	152	68	1,359
2001	108	79	44	10	47	144	78	230	30	354	161	71	1,355
2002	102	57	43	9	47	158	71	232	25	374	135	61	1,314
2003	122	80	61	9	66	187	84	283	19	360	146	66	1,483
2004	153	102	55	13	60	204	110	271	28	375	127	57	1,555
2005	116	73	48	9	53	168	67	229	31	374	140	48	1,356
2006	107	72	45	9	78	218	105	286	27	481	157	62	1,647
2007	121	76	50	9	81	224	94	276	15	468	154	59	1,628
2008	102	76	53	9	59	196	205	228	14	465	187	55	1,649
2009	77	63	47	6	53	159	196	215	16	434	192	67	1,525
2010	91	66	40	8	63	186	190	232	13	366	192	60	1,507
2011	90	63	33	10	55	202	168	162	15	402	169	57	1,425
2012	79	60	41	10	55	179	172	178	17	448	185	66	1,492
2013	80	56	40	11	49	178	135	161	13	398	172	57	1,348
2014	76	51	38	10	33	186	124	169	13	337	161	57	1,255
2015	82	68	35	11	58	189	127	199	13	328	163	52	1,323
2016	73	78	46	14	64	183	114	205	15	323	131	34	1,281
2017	64	54	37	11	41	171	138	184	13	309	128	55	1,204
2018	54	43	16	8	47	190	136	246	16	373	126	41	1,321
2019	58	40	21	9	48	184	172	176	13	401	153	46	1,296
2020	48	33	20	6	37	135	130	151	11	319	126	32	1,048
2021	49	32	15	4	32	116	86	154	7	261	124	35	915
2022	53	38	14	4	26	124	89	100	7	236	107	30	828
2023	48	27	18	7	33	113	65	129	7	276	114	24	860

表 4-1. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源解析結果

年	漁獲量 *(トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 1歳魚資源尾数 (千尾)	漁獲 割合 (%)	%SPR	F/Fmsy proxy
1986	1,914	3,984	2,219	3,474	48	4.9	2.81
1987	1,716	3,886	2,118	3,529	44	6.2	2.47
1988	1,951	4,188	2,255	3,856	47	5.3	2.65
1989	2,024	4,238	2,306	3,826	48	5.0	2.76
1990	1,820	4,129	2,267	3,652	44	6.2	2.45
1991	2,019	4,429	2,403	4,030	46	5.8	2.61
1992	2,328	4,737	2,490	4,511	49	4.5	2.85
1993	2,199	4,570	2,453	4,196	48	4.8	2.77
1994	2,244	4,632	2,425	4,511	48	4.8	2.83
1995	2,213	4,647	2,437	4,427	48	5.0	2.75
1996	2,184	4,543	2,504	3,946	48	4.7	2.81
1997	1,979	4,017	2,443	2,936	49	4.8	3.05
1998	1,598	3,431	2,107	2,507	47	6.0	2.90
1999	1,301	3,145	1,921	2,269	41	7.6	2.35
2000	1,322	3,214	1,970	2,345	41	7.7	2.31
2001	1,316	3,311	2,006	2,459	40	8.0	2.14
2002	1,277	3,438	2,118	2,506	37	9.4	1.98
2003	1,448	3,775	2,301	2,797	38	8.7	2.07
2004	1,549	3,949	2,465	2,698	39	8.5	2.14
2005	1,346	3,936	2,547	2,425	34	11.9	1.79
2006	1,634	4,350	2,795	2,754	38	9.5	2.00
2007	1,619	4,386	2,906	2,568	37	10.0	1.97
2008	1,640	4,322	2,965	2,268	38	10.0	2.03
2009	1,492	4,106	2,866	2,031	36	11.2	1.90
2010	1,495	4,075	2,798	2,198	37	10.3	1.94
2011	1,416	3,963	2,740	2,048	36	11.1	1.89
2012	1,477	3,946	2,718	2,105	37	9.6	1.99
2013	1,342	3,758	2,596	1,967	36	10.8	1.89
2014	1,246	3,645	2,552	1,789	34	12.0	1.76
2015	1,317	3,642	2,550	1,838	36	10.5	1.90
2016	1,273	3,584	2,441	1,995	36	11.4	1.89
2017	1,200	3,568	2,453	1,783	34	13.1	1.74
2018	1,311	3,610	2,567	1,624	36	11.6	1.87
2019	1,293	3,383	2,475	1,395	38	10.7	1.99
2020	1,043	2,995	2,223	1,190	35	12.7	1.75
2021	912	2,804	2,092	1,137	33	14.6	1.60
2022	826	2,837	2,027	1,411	29	16.2	1.43
2023	859	3,072	2,149	1,513	28	17.3	1.37

*漁獲量は0歳魚を除く計算漁獲量。

表 4-2. 種苗放流尾数、1 歳魚資源尾数、混入率、添加効率の推移

年	前年放流数 (千尾)	1 歳魚資源尾数(千尾)		混入率 (%)	添加効率
		天然魚	放流魚		
1987	2,629	3,169	359	10.2*	0.14
1988	2,510	3,463	393	10.2*	0.14
1989	2,744	3,437	390	10.2*	0.16
1990	3,432	3,281	372	10.2*	0.14
1991	3,349	3,620	410	10.2*	0.11
1992	4,024	4,052	459	10.2*	0.12
1993	5,257	3,768	427	10.2*	0.11
1994	6,737	4,052	459	10.2*	0.08
1995	6,874	3,977	451	10.2*	0.07
1996	6,816	3,545	402	10.2*	0.07
1997	6,978	2,637	299	10.2*	0.06
1998	6,731	2,252	255	10.2*	0.04
1999	7,829	2,038	231	10.2*	0.04
2000	9,135	2,106	239	10.2*	0.03
2001	8,427	2,209	250	10.2*	0.03
2002	8,864	2,251	255	10.2*	0.03
2003	7,194	2,512	285	10.2*	0.03
2004	7,805	2,423	275	10.2*	0.04
2005	7,930	2,178	247	10.2*	0.04
2006	6,371	2,377	377	13.7	0.03
2007	5,781	2,266	302	11.8	0.06
2008	5,966	2,014	255	11.2	0.05
2009	5,658	1,697	335	16.5	0.04
2010	5,508	1,953	245	11.2	0.06
2011	5,597	1,825	222	10.9	0.04
2012	4,564	1,856	248	11.8	0.04
2013	4,450	1,755	212	10.8	0.05
2014	4,393	1,545	244	13.7	0.05
2015	4,117	1,626	212	11.6	0.06
2016	3,983	1,777	218	10.9	0.05
2017	3,359	1,597	186	10.5	0.05
2018	3,420	1,422	202	12.4	0.06
2019	3,252	1,214	181	12.9	0.06
2020	3,563	1,011	178	15.0	0.06
2021	3,136	1,007	130	11.4	0.05
2022	2,904	1,270	141	10.0	0.04
2023	3,343	1,330	183	12.0	0.05

放流尾数は栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績による。混入率は全年齢込みで示した。*1987 年から 2005 年の混入率は、2022 年度評価時の 2006 年から 2015 年の全県平均値とした。

表 4-3. 府県別混入率 (%)

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
石川	4.7	3.7	4.1	3.4	4.1	8.1	10.7	14.7	13.0
福井	7.8	14.1	12.4	14.8	10.4	7.1	10.4	11.4	13.0
京都	22.0	13.1	14.1	9.0	7.1	11.5	9.8	7.9	11.6
兵庫	3.1	2.7	4.3	4.0	2.0	5.0	4.7	2.6	6.7
鳥取	1.5	2.4	1.6	3.0	2.0	3.8	3.5	7.3	11.8
島根	1.4	3.6	7.6	7.0	8.7	3.9	2.7	3.0	2.6
山口	2.9	2.2	4.2	5.2	4.0	1.4	4.3	3.2	3.8
福岡	-	-	-	-	-	-	-	-	-
佐賀	17.0	15.1	13.2	4.3	4.6	3.4	9.8	8.8	25.4
長崎	-	-	-	-	-	-	13.3	10.3	13.9
熊本	29.1	29.1	24.3	32.6	20.8	22.4	22.5	24.8	22.6
鹿児島	27.6	19.2	14.2	18.9	18.5	24.9	18.7	12.4	15.4
全体	13.9	11.8	11.4	16.3	11.1	10.7	11.7	10.8	13.6

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
石川	6.4	9.1	6.5	6.1	5.9	5.0	4.8	4.2	6.4
福井	8.0	5.6	4.7	6.6	7.8	6.7	6.3	4.7	7.0
京都	7.1	3.6	2.6	1.8	6.4	0.0	4.0	9.6	8.2
兵庫	3.5	3.2	3.0	0.0	2.2	10.0	2.4	3.9	6.5
鳥取	5.4	3.2	7.8	7.7	6.3	18.5	13.0	8.2	5.9
島根	5.7	19.3	5.5	4.6	3.4	4.3	5.2	1.0	2.1
山口	2.8	1.9	1.6	1.0	1.7	1.2	0.8	1.1	1.6
福岡	-	-	-	-	-	-	-	-	-
佐賀	15.7	8.6	7.5	8.7	8.2	18.2	4.8	4.2	1.9
長崎	10.8	14.3	20.5	25.5	24.1	21.4	18.3	12.5	8.9
熊本	29.5	25.3	24.2	28.7	25.5	25.8	21.7	17.6	28.3
鹿児島	18.9	19.8	14.5	12.4	13.9	16.5	13.9	17.1	17.9
全体	11.5	10.9	10.4	12.6	12.6	14.9	11.0	9.8	12.0

混入率は全年齢込みで示し、年度単位で提出された値は年の値として扱った。

－は不明を示す。

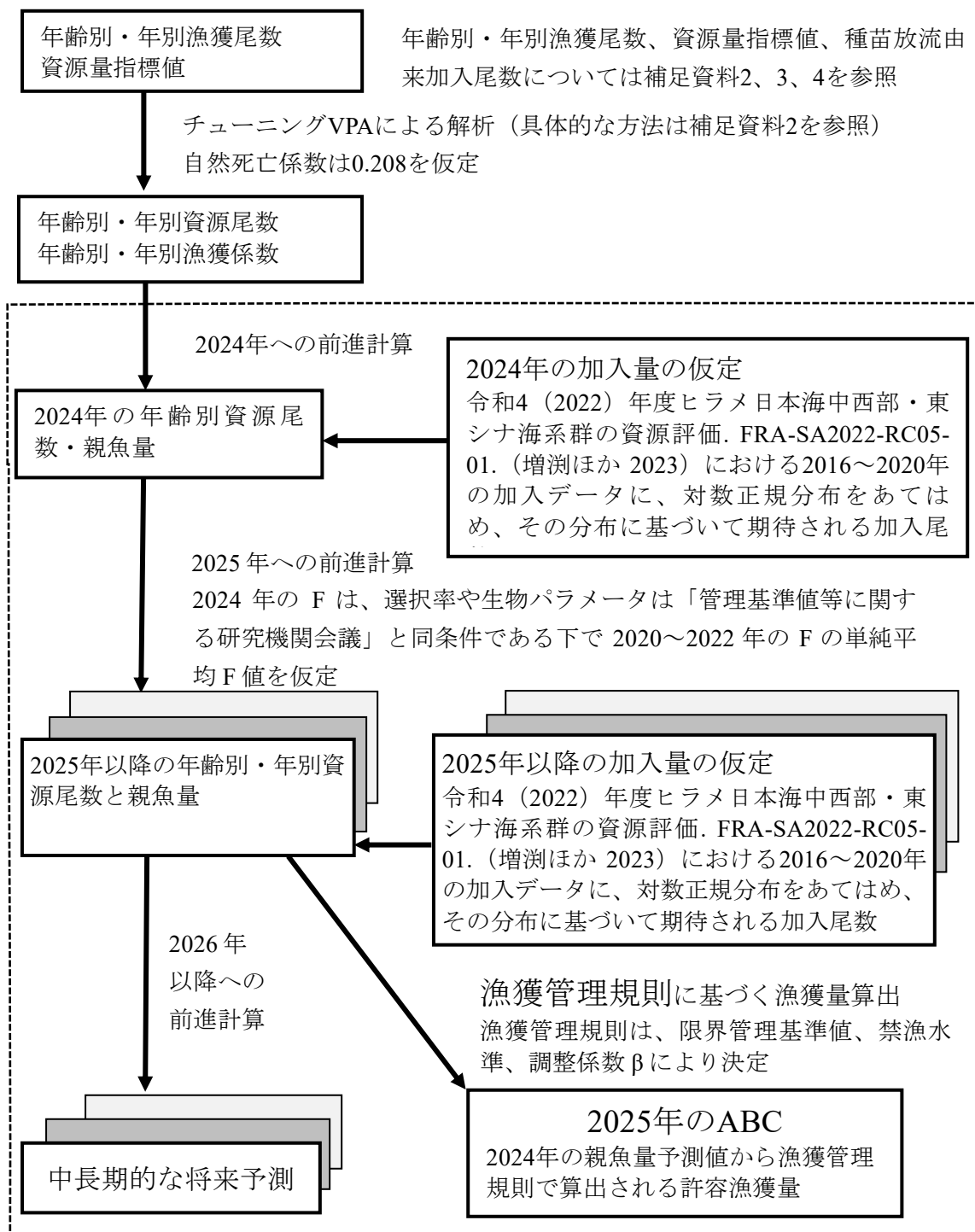
表 4-4. 2023 年までの府県別放流尾数（千尾）

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
石川	253	285	294	307	309	286	323	302	374
福井	471	512	481	533	394	349	266	306	261
京都	450	427	462	166	168	141	43	47	55
兵庫	400	280	295	310	318	345	278	267	283
鳥取	-	-	61	62	57	70	57	57	76
島根	727	598	633	649	601	578	424	197	464
山口	892	824	925	859	814	866	513	377	373
福岡	94	77	99	57	98	126	114	42	6
佐賀	159	150	156	141	110	102	104	102	102
長崎	1,196	1,061	1,076	1,029	1,030	1,052	931	1,069	774
熊本	924	802	719	825	826	988	815	872	910
鹿児島	805	765	765	720	783	694	696	812	715
全体	6,371	5,781	5,966	5,658	5,508	5,597	4,564	4,450	4,393

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
石川	343	305	253	267	243	234	214	207	211
福井	214	238	179	179	238	211	184	71	97
京都	59	41	6	6	10	6	6	5	5
兵庫	312	286	245	250	210	210	150	250	185
鳥取	30	60	60	60	60	60	60	60	60
島根	257	355	354	342	358	350	364	375	346
山口	374	379	3	28	27	46	26	50	468
福岡	6	14	13	19	24	20	21	25	27
佐賀	102	96	90	105	102	369	102	102	102
長崎	899	750	704	686	601	529	539	486	558
熊本	808	785	785	789	823	835	805	702	670
鹿児島	713	674	667	689	556	693	665	571	614
全体	4,117	3,983	3,359	3,420	3,252	3,563	3,136	2,904	3,343

－は不明を示す。

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 計算方法

(1) 資源計算方法

本系群の資源計算には、島根県大型定置網漁業、鹿児島県刺網漁業、以西底びき網漁業の CPUE を資源量指標値とした Virtual Population Analysis (チューニング VPA、コホート解析の一種) を用いた。年齢別漁獲尾数と農林統計漁獲量の関係を調整する際に、漁獲量には 0 歳魚を含むものとした。ただし、現在は漁獲物の体長制限が行われているため 0 歳魚の漁獲は少ない。漁獲統計が 1~12 月の集計値であるため、1 月 1 日を年齢の起算日とし、1 歳魚以上について資源量を推定した。

最近年を除く a 歳、y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ は Pope の近似式 (Pope 1972) により

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

ここでの C は漁獲尾数、M は自然死亡係数

最近年を除く a 歳、y 年の漁獲係数 $F_{a,y}$ は

$$F_{a,y} = -\ln \left[1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right]$$

7 歳以上をプラスグループとし、6 歳と 7+歳の漁獲係数が等しいと仮定した。

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

$$N_{7+,y} = \frac{C_{7+,y}}{C_{6,y}} N_{6,y}$$

最近年 (2023 年) の資源尾数は下記式で求めた。

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

2012 年から直近年までの島根県大型定置網標準化 CPUE (以下、島根定置 CPUE)、2013 年から直近年までの鹿児島刺網標準化 CPUE (以下、鹿児島刺網 CPUE) および、以西底びき網標準化 CPUE (以下、以西底びき CPUE) を資源量の指標として用いて、次式が最小となるように最近年の 6 歳と 7+歳の F 値を探索的に求めた。また、探索するための初期値は最近年の 6 歳と 7+歳の選択率は 1、5 歳以下の選択率は 2020~2022 年の平均値と仮定した。

$$-\ln L = \sum_{y=2012}^{2023} \left[\frac{\ln(2\pi\sigma^2)}{2} + \frac{\{\ln(CPUE_y) - \ln(qB_y)\}^2}{2\sigma^2} \right] \\ + \sum_{j=1}^2 \sum_{y=2013}^{2023} \left[\frac{\ln(2\pi\sigma_j^2)}{2} + \frac{\{\ln(CPUE_{j,y}) - \ln(q_j B_y)\}^2}{2\sigma_j^2} \right]$$

ここで、j は資源量指標値の識別番号、q は指標値の比例定数（チューニングパラメータ）、By は VPA により推定された y 年の資源量を示す。σ は初期資源量の観測誤差を表す標準偏差であり、指標値ごとに標準偏差を推定することにより各指標の重みづけを行った。

資源尾数から資源量への変換や親魚量の算出に用いた年齢別体重と成熟率、自然死亡係数は補足表 2-2 に示す自然死亡係数 M は年齢によらず一定とし、寿命を 12 年として田内・田中の方法（田中 1960）（寿命を n 年とすると、M=2.5/n）で求めた 0.208 を用いた。

「令和 6（2024）年度 資源評価のモデル診断の手順と診断結果の提供指針（FRA-SA2024-ABCWG02-03）」（水産研究・教育機構 2024）に従って、本系群の評価に用いたチューニング VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。

指標値と予測値との対数残差の時系列をみる、島根定置 CPUE は 2012 年と 2020 年、鹿児島刺網 CPUE は 2016 年と 2021 年、以西底びき CPUE は 2015 年、2023 年に大きい残差が見られた（補足図 2-1）。それぞれの指標値の重みづけに使用した sigma の値は、島根定置 CPUE では 0.12、鹿児島刺網 CPUE では 0.13、以西底びき CPUE で 0.28 と推定され、以西底びき網 CPUE のは適合度は、他の指標値よりも軽いと見積もられた（補足図 2-1）。指標値と予測値との関係は、概ね線形を仮定して問題ないと考えられた（補足図 2-2）。資源量指数の予測値と観測値の時系列をみると、指標値ごとにあっている年代が異なり、島根定置 CPUE は 2012 年から 2017 年は大きくは外れるものの、近年は比較の変動傾向は似ていた。また、鹿児島刺網 CPUE は、近年は外れるものの 2020 年以前の推定値と予測値の変動傾向は似た変動をしていた。以西 CPUE に関しては、比較的すべての年で変動傾向は似ていたが、2015 年と 2023 年は大きく外れていた（補足図 2-3）。

また、チューニングにより、資源量、親魚量、加入尾数ともに上方修正された（補足図 2-4）。資源量および親魚量は、2018～2023 年のレトロスペクティブパターンは非常に小さい修正であった。一方で 2021 年では、大きく過大推定されている傾向にあるが（補足図 2-5）、指標値の年限が短いことにも起因すると考えられるため、引き続き指標値の動向に注視していく必要がある。ジャックナイフ解析の結果、鹿児島刺網 CPUE を除去すると資源量、親魚量が下方修正傾向にあり、加入量の変化は微小であった（補足図 2-6）。

推定された資源量、親魚量、加入量の不確実性をノンパラメトリックブートストラップ法により評価した（補足図 2-7、2-8、2-9）。計算は 1,000 回繰り返し、90%信頼区間を求めた。

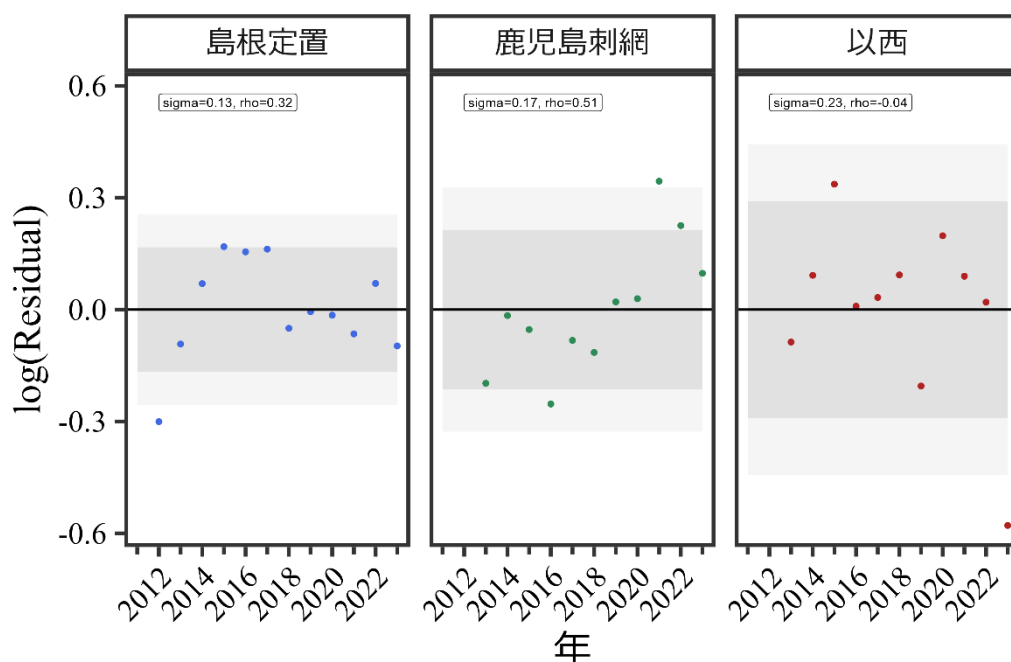
引用文献

水産研究・教育機構 (2024) 令和 5 (2024) 年度資源評価のモデル診断の手順と診断結果の提供指針. 水産研究・教育機構, 14 pp. FRA-SA2024-ABCWG02-03.

<https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/07/FRA-SA2024-ABCWG02-03.pdf>
(last accessed August 7 2024)

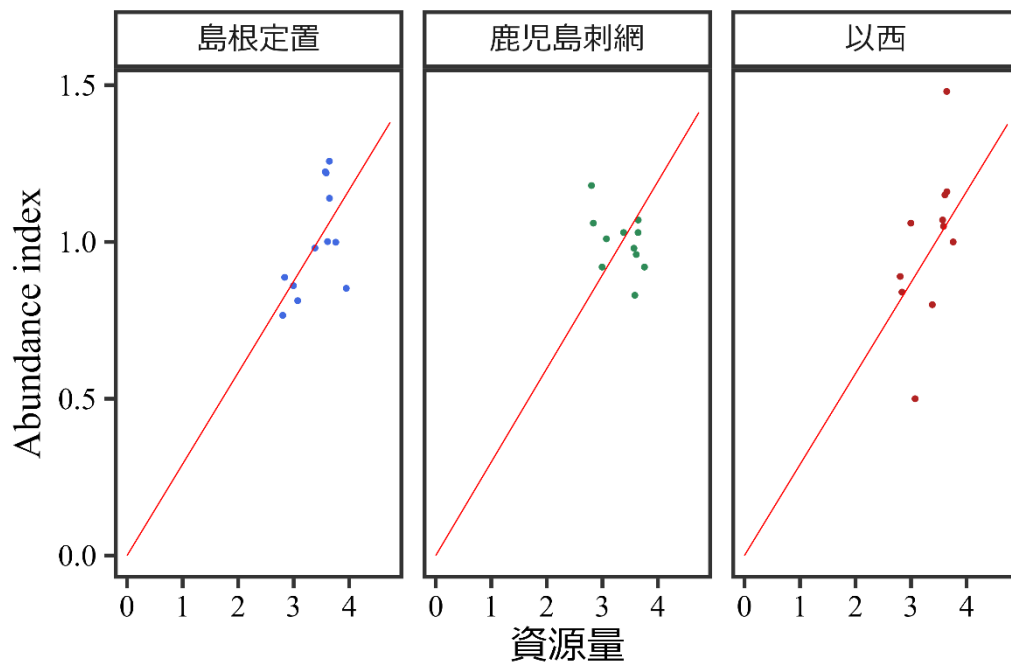
Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res., Bull.*, **9**, 65-74.

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.

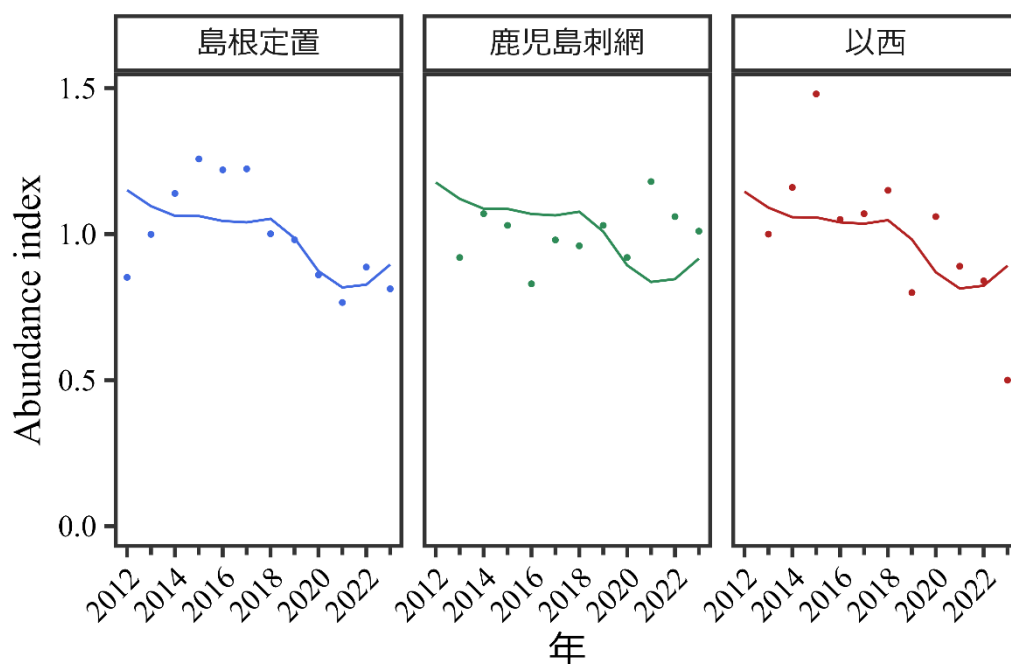


補足図 2-1. 残差プロット

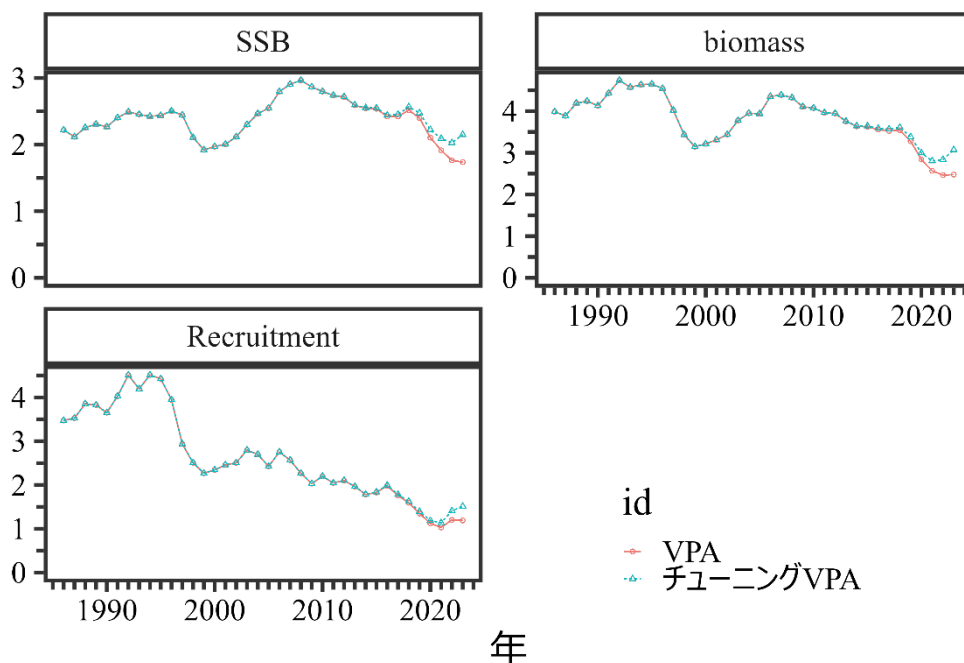
Sigma は観測誤差、rho は残差の自己相関係数、薄い灰色は 1.96σ 区間 (95%区間)、濃い灰色は 1.28σ 区間 (80%区間) を示す。



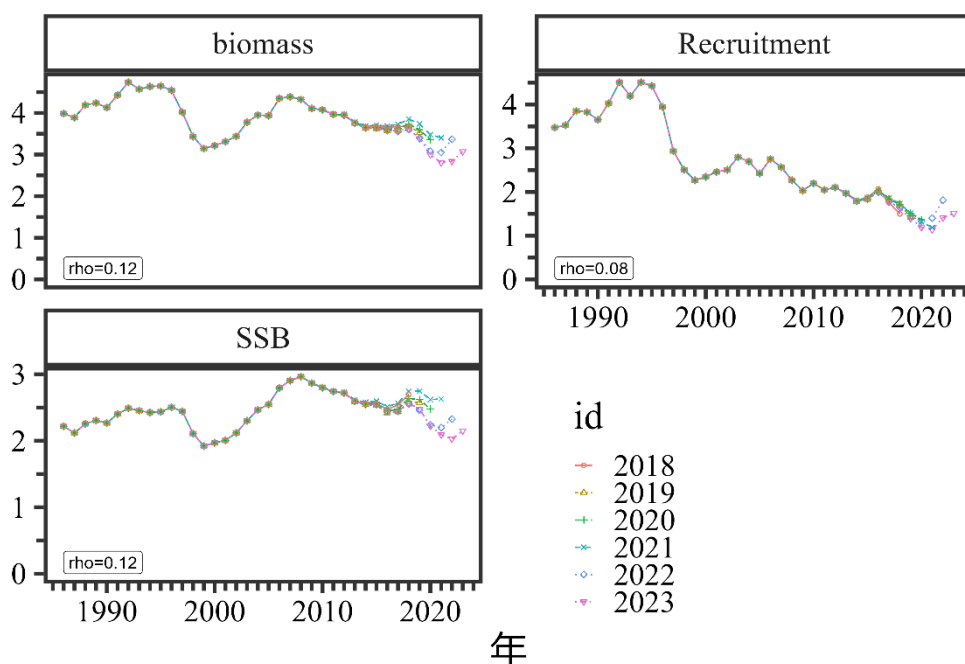
補足図 2-2. 指資源量指数に対する推定資源量指数のプロット



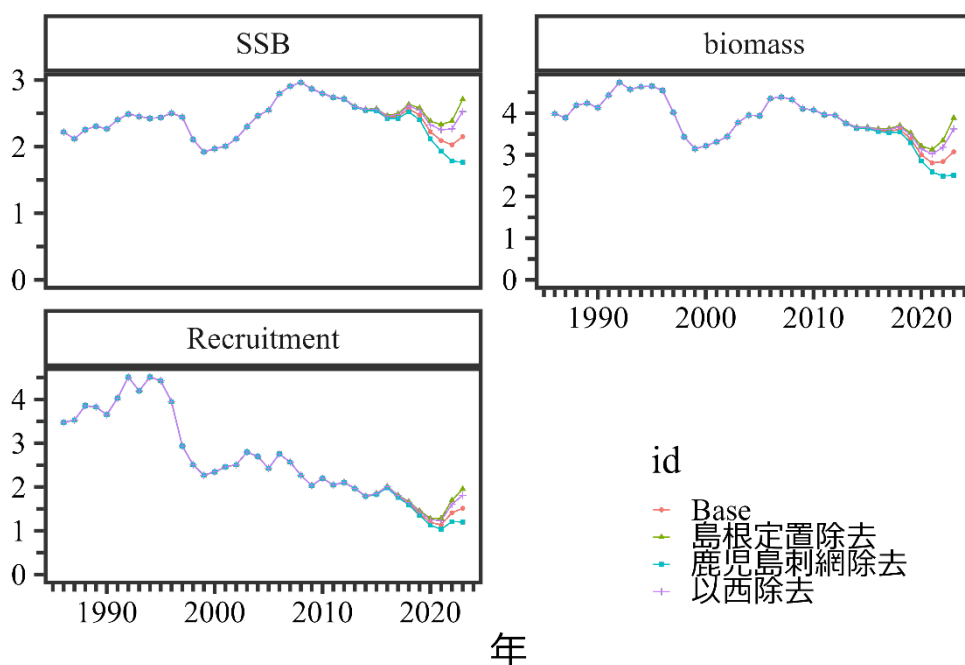
補足図 2-3. 指標値の観測値（丸印）とモデルの予測値（実線）の時系列プロット



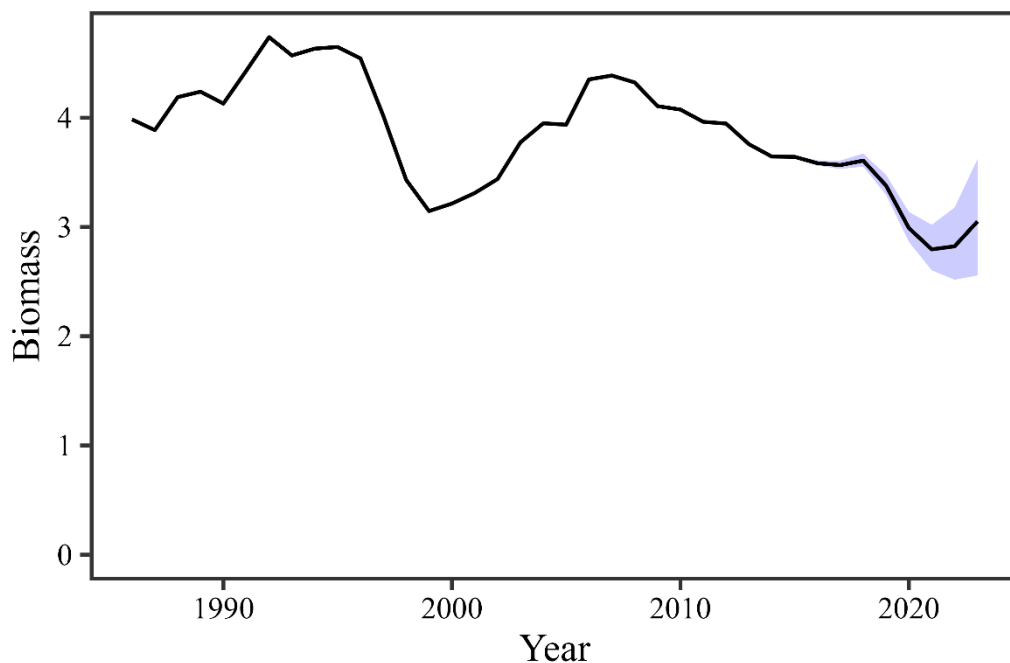
補足図 2-4. チューニング無しとの比較 親魚量 (SSB)、資源量 (biomass) の単位は千トン、加入尾数 (Recruitment) の単位は百万尾。



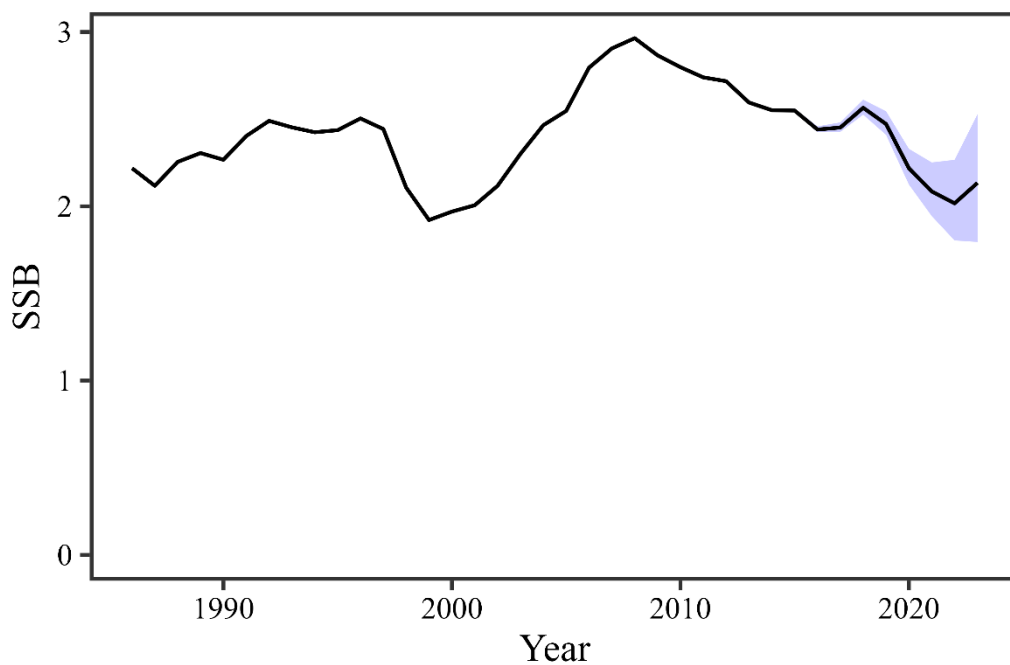
補足図 2-5. レトロスペクティブ解析の結果 親魚量 (SSB)、資源量 (biomass) の単位は千トン、加入尾数 (Recruitment) の単位は百万尾。



補足図 2-6. ジャックナイフ解析の結果 親魚量 (SSB)、資源量 (biomass) の単位は千トン、加入尾数 (Recruitment) の単位は百万尾。



補足図 2-7. 資源量 (Biomass) のノンパラメトリックブートストラップ解析結果 (単位は千トン)、リボンは 90%信頼区間を示す



補足図 2-8. 親魚量 (SSB) のノンパラメトリックブートストラップ解析結果 (単位は千トン)、リボンは 90%信頼区間を示す



補足図 2-9. 加入量 (Recruitment) のノンパラメトリックブートストラップ解析結果 (単位は百万尾)、リボンは 90%信頼区間を示す

補足表 2-3. 資源解析結果

年齢別漁獲尾数(千尾)										
年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1歳	1,706	1,621	1,890	1,890	1,647	1,847	2,334	2,103	2,301	2,234
2歳	677	610	699	736	676	730	853	815	769	809
3歳	244	210	232	248	225	248	265	264	257	245
4歳	83	69	77	82	76	83	88	84	86	83
5歳	33	27	30	32	28	33	34	33	35	32
6歳	16	13	15	15	14	16	16	16	18	17
7歳										
+	14	12	13	13	12	15	14	14	15	14
計	2,772	2,563	2,956	3,016	2,678	2,972	3,604	3,328	3,481	3,433
年齢別漁獲係数										
年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1歳	0.79	0.71	0.79	0.79	0.69	0.71	0.85	0.81	0.83	0.82
2歳	0.84	0.75	0.80	0.85	0.76	0.79	0.89	0.87	0.83	0.83
3歳	0.80	0.69	0.74	0.77	0.70	0.73	0.78	0.79	0.77	0.71
4歳	0.67	0.56	0.60	0.64	0.58	0.61	0.63	0.61	0.66	0.61
5歳	0.58	0.49	0.52	0.54	0.48	0.54	0.56	0.52	0.56	0.56
6歳	0.58	0.51	0.54	0.56	0.48	0.57	0.57	0.56	0.61	0.60
7歳										
+	0.58	0.51	0.54	0.56	0.48	0.57	0.57	0.56	0.61	0.60
平均	0.69	0.60	0.65	0.67	0.60	0.65	0.69	0.67	0.70	0.68
年齢別資源尾数(千尾)										
年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1歳	3,474	3,529	3,856	3,826	3,652	4,030	4,511	4,196	4,511	4,427
2歳	1,323	1,284	1,405	1,428	1,405	1,482	1,609	1,560	1,513	1,590
3歳	491	465	493	511	497	531	545	538	532	536
4歳	188	178	188	191	191	201	208	204	199	201
5歳	82	78	83	84	82	87	88	90	90	84
6歳	40	37	39	40	40	41	41	41	43	42
7歳										
+	35	34	35	35	35	37	36	36	36	35
計	5,632	5,604	6,098	6,115	5,901	6,410	7,038	6,664	6,925	6,914
年齢別資源量(トン)										
年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1歳	1,216	1,235	1,349	1,339	1,278	1,411	1,579	1,468	1,579	1,550
2歳	1,099	1,067	1,168	1,187	1,167	1,231	1,337	1,296	1,257	1,321
3歳	736	697	739	767	745	797	818	807	798	803
4歳	395	375	396	401	402	421	436	428	419	421
5歳	241	230	244	248	241	258	261	266	266	248
6歳	147	136	143	147	146	150	152	151	160	154
7歳										
+	150	146	150	150	150	161	155	153	154	150
計	3,984	3,886	4,188	4,238	4,129	4,429	4,737	4,570	4,632	4,647
年齢別親魚量(トン)										
年	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	550	534	584	593	584	616	668	648	629	661
3歳	736	697	739	767	745	797	818	807	798	803
4歳	395	375	396	401	402	421	436	428	419	421
5歳	241	230	244	248	241	258	261	266	266	248
6歳	147	136	143	147	146	150	152	151	160	154
7歳										
+	150	146	150	150	150	161	155	153	154	150

計	2,219	2,118	2,255	2,306	2,267	2,403	2,490	2,453	2,425	2,437
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

補足表 2-3. 続き

年齢別漁獲尾数(千尾)										
年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1歳	2,099	1,455	1,111	913	928	1,032	937	1,081	989	606
2歳	810	643	480	443	435	457	418	488	542	473
3歳	249	272	219	184	192	173	175	193	222	224
4歳	84	117	102	77	75	68	75	81	88	90
5歳	34	45	40	33	37	34	32	36	39	36
6歳	17	21	23	13	12	12	11	13	14	14
7歳										
+	15	16	15	7	8	7	10	13	16	14
計	3,308	2,569	1,990	1,670	1,688	1,782	1,659	1,903	1,910	1,456
年齢別漁獲係数										
年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1歳	0.89	0.80	0.68	0.59	0.58	0.63	0.54	0.56	0.52	0.32
2歳	0.84	0.78	0.69	0.64	0.64	0.64	0.57	0.61	0.62	0.52
3歳	0.68	0.79	0.69	0.62	0.66	0.58	0.56	0.57	0.63	0.58
4歳	0.57	0.82	0.79	0.56	0.57	0.52	0.54	0.55	0.57	0.57
5歳	0.56	0.71	0.76	0.66	0.59	0.56	0.51	0.55	0.57	0.48
6歳	0.65	0.86	1.08	0.61	0.56	0.38	0.37	0.39	0.44	0.40
7歳										
+	0.65	0.86	1.08	0.61	0.56	0.38	0.37	0.39	0.44	0.40
計	0.69	0.80	0.82	0.62	0.59	0.53	0.49	0.52	0.54	0.47
年齢別資源尾数(千尾)										
年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1歳	3,946	2,936	2,507	2,269	2,345	2,459	2,506	2,797	2,698	2,425
2歳	1,583	1,313	1,074	1,035	1,020	1,068	1,067	1,191	1,298	1,300
3歳	562	555	488	439	442	436	456	490	528	565
4歳	215	232	206	199	191	185	198	212	224	228
5歳	88	99	83	75	92	88	90	94	100	103
6歳	39	41	39	32	32	42	41	44	44	46
7歳										
+	34	31	25	18	22	25	37	44	48	48
計	6,468	5,208	4,421	4,066	4,142	4,303	4,395	4,871	4,939	4,715
年齢別資源量(トン)										
年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1歳	1,381	1,028	877	794	821	861	877	979	944	849
2歳	1,315	1,091	892	860	847	888	887	990	1,078	1,080
3歳	843	833	731	659	662	654	683	735	792	848
4歳	451	488	432	417	402	389	416	445	471	479
5歳	261	292	246	223	272	259	265	276	294	304
6歳	143	152	145	116	116	153	150	161	162	169
7歳										
+	147	133	107	76	93	107	160	188	208	207
計	4,543	4,017	3,431	3,145	3,214	3,311	3,438	3,775	3,949	3,936
年齢別親魚量(トン)										
年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	658	546	446	430	424	444	443	495	539	540
3歳	843	833	731	659	662	654	683	735	792	848
4歳	451	488	432	417	402	389	416	445	471	479
5歳	261	292	246	223	272	259	265	276	294	304
6歳	143	152	145	116	116	153	150	161	162	169
7歳										
+	147	133	107	76	93	107	160	188	208	207

計	2,504	2,443	2,107	1,921	1,970	2,006	2,118	2,301	2,465	2,547
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

補足表 2-3. 続き

年齢別漁獲尾数(千尾)										
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	929	809	633	478	630	532	632	526	413	469
2歳	560	544	526	483	489	472	508	467	433	446
3歳	265	266	281	254	247	213	237	196	198	224
4歳	102	104	121	116	106	103	104	92	90	94
5歳	41	44	51	50	45	46	41	40	38	37
6歳	14	16	19	19	18	19	19	19	16	16
7歳										
+	14	19	19	19	18	22	16	22	20	18
計	1,924	1,800	1,651	1,418	1,552	1,408	1,557	1,363	1,208	1,305
年齢別漁獲係数										
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	0.47	0.43	0.37	0.30	0.38	0.34	0.41	0.35	0.30	0.33
2歳	0.57	0.56	0.56	0.55	0.59	0.56	0.65	0.61	0.56	0.61
3歳	0.63	0.60	0.66	0.60	0.61	0.56	0.63	0.57	0.57	0.65
4歳	0.58	0.55	0.63	0.64	0.54	0.57	0.61	0.54	0.57	0.60
5歳	0.57	0.53	0.59	0.58	0.55	0.48	0.47	0.51	0.45	0.49
6歳	0.37	0.44	0.48	0.46	0.42	0.50	0.38	0.42	0.38	0.35
7歳										
+	0.37	0.44	0.48	0.46	0.42	0.50	0.38	0.42	0.38	0.35
計	0.51	0.51	0.54	0.51	0.50	0.50	0.50	0.49	0.46	0.48
年齢別資源尾数(千尾)										
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	2,754	2,568	2,268	2,031	2,198	2,048	2,105	1,967	1,789	1,838
2歳	1,424	1,399	1,357	1,272	1,220	1,218	1,183	1,140	1,123	1,081
3歳	630	652	647	628	598	549	564	503	505	522
4歳	257	273	289	272	281	263	254	244	232	232
5歳	105	117	128	126	117	133	120	113	115	107
6歳	52	48	56	58	57	55	67	61	55	60
7歳										
+	51	58	55	56	58	61	57	69	69	69
計	5,272	5,116	4,801	4,443	4,528	4,327	4,350	4,097	3,888	3,908
年齢別資源量(トン)										
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	964	899	794	711	769	717	737	688	626	643
2歳	1,183	1,163	1,128	1,057	1,013	1,012	983	947	934	898
3歳	945	978	970	942	896	824	845	755	757	783
4歳	541	573	608	571	590	552	534	513	487	487
5歳	309	347	379	372	344	392	355	333	341	316
6歳	190	178	206	214	211	201	245	224	203	220
7歳										
+	219	249	238	240	250	264	247	297	297	296
計	4,350	4,386	4,322	4,106	4,075	3,963	3,946	3,758	3,645	3,642
年齢別親魚量(トン)										
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	591	581	564	528	507	506	492	474	467	449
3歳	945	978	970	942	896	824	845	755	757	783
4歳	541	573	608	571	590	552	534	513	487	487
5歳	309	347	379	372	344	392	355	333	341	316

6歳	190	178	206	214	211	201	245	224	203	220
7歳										
+	219	249	238	240	250	264	247	297	297	296
計	2,795	2,906	2,965	2,866	2,798	2,740	2,718	2,596	2,552	2,550

補足表 2-3. 続き

年齢別漁獲尾数(千尾)								
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1歳	487	341	344	307	234	181	221	226
2歳	391	416	417	397	299	238	237	274
3歳	186	193	251	240	183	158	142	135
4歳	92	82	106	112	95	85	74	69
5歳	40	35	38	39	39	36	30	31
6歳	20	18	16	18	16	15	12	13
7歳								
+	27	23	17	18	16	17	12	16
計	1,242	1,109	1,189	1,132	880	731	727	762

年齢別漁獲係数								
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1歳	0.32	0.24	0.27	0.28	0.25	0.19	0.19	0.18
2歳	0.52	0.50	0.52	0.57	0.49	0.43	0.42	0.39
3歳	0.57	0.54	0.65	0.66	0.58	0.53	0.50	0.46
4歳	0.61	0.54	0.65	0.69	0.61	0.60	0.51	0.49
5歳	0.56	0.51	0.53	0.54	0.55	0.49	0.43	0.42
6歳	0.52	0.56	0.47	0.51	0.44	0.45	0.31	0.34
7歳								
+	0.52	0.56	0.47	0.51	0.44	0.45	0.31	0.34
計	0.52	0.49	0.51	0.54	0.48	0.45	0.38	0.37

年齢別資源尾数(千尾)								
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1歳	1,995	1,783	1,624	1,395	1,190	1,137	1,411	1,513
2歳	1,071	1,181	1,141	1,009	856	756	761	947
3歳	476	517	584	551	462	426	399	404
4歳	222	219	246	249	231	210	203	196
5歳	103	98	104	104	101	102	94	99
6歳	53	48	48	50	49	47	51	50
7歳								
+	73	61	51	50	49	51	51	61
計	3,993	3,907	3,798	3,408	2,938	2,730	2,970	3,269

年齢別資源量(トン)								
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1歳	698	624	569	488	416	398	494	529
2歳	890	981	948	839	712	628	632	787
3歳	714	776	876	827	692	639	599	606
4歳	466	459	517	522	485	442	427	413
5歳	304	289	306	308	299	302	278	292
6歳	196	176	176	183	181	174	187	184
7歳								
+	315	262	218	216	210	220	220	262
計	3,584	3,568	3,610	3,383	2,995	2,804	2,837	3,072

年齢別親魚量(トン)								
年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	445	491	474	419	356	314	316	393

3歳	714	776	876	827	692	639	599	606
4歳	466	459	517	522	485	442	427	413
5歳	304	289	306	308	299	302	278	292
6歳	196	176	176	183	181	174	187	184
7歳								
+	315	262	218	216	210	220	220	262
計	2,441	2,453	2,567	2,475	2,223	2,092	2,027	2,149

補足資料 3 資源量指標値の算出方法

本系群の資源評価は、年齢別漁獲尾数と生物パラメータから資源尾数と漁獲係数を推定するコホート解析の一種である Virtual Population Analysis (VPA) を使用している。VPA では、ターミナル F (Ft) を何らかの方法で仮定する必要がある。一方で、Ft を正確に推定することは難しく、近年の漁獲状況や分布が変化している場合、最近年の Ft の信頼性が低くなる問題がある。近年、COVID-19 の蔓延や魚価の低迷、燃油の高騰などの影響で漁業を取り巻く状況が大きく変化しており、漁獲努力量の減少が懸念されている。このような状態を資源評価に反映させるためには、Ft を資源量の相対的な変化を表すとされる資源量指標値 (CPUE : 単位努力量当たり漁獲量) で補正するチューニング VPA の導入が極めて重要である。本資料では、島根県大型定置網漁業の CPUE、鹿児島県刺網漁業 CPUE、以西底びき網 CPUE の標準化手法について示す。

1. 島根県大型定置網 CPUE の資源量指標値の標準化手法 (FRA-SA2024-SC03-0701)

CPUE の標準化に用いた島根定置データは、2012~2023 年の 1~12 月におけるヒラメの日別・経営体別の漁獲量である。島根定置データにおける標準化の対象は 1 日あたりの漁獲重量 (kg/日・経営体) とした。

本解析に使用する CPUE はゼロキャッチを含む連続値のため、ここでは存在/不在を考慮したデルタ型一般化線形モデル (Lo et al. 1992) を使って CPUE (kg/日・経営体) を標準化した。1 段階目の有漁確率モデルでは、有漁確率を応答変数として、フルモデルの説明変数は、年 (Year, カテゴリカル)、月 (Month, カテゴリカル)、経営体 (corp, カテゴリカル)、および、年と月、年と経営体の交互作用を用いた。これらの誤差は二項分布に従うと仮定した。一昨年度は、沿岸の環境等の変化を考慮するために水温および塩分をモデルに考慮したが、本稿では、年と経営体の交互作用を考慮することで良い細かい操業状況を考慮することとした。2 段階目の有漁 CPUE モデルは、CPUE の自然対数を応答変数とし、誤差は正規分布に従うと仮定した。またフルモデルの説明変数は 1 段階目の有漁確率と同様とした。フルモデルから、ベイズ情報量規準 (BIC) を用いた総当たり法により、モデル選択を行った。BIC が最小となるモデル候補をベストモデルとして CPUE 標準化に供した。

モデル診断として、有漁確率モデルでは receiver operating characteristic (ROC) 曲線下面積 (AUC) により有漁か否かの判別性能を、有漁 CPUE モデルでは QQ プロットおよび説明変数に対する残差プロット、クックの距離から残差の正規性・等分散性、外れ値を評価した。

有漁確率モデル、有漁 CPUE モデルともにベストモデルの推定結果から資源量指数を算出した。まず、各年・各月・各会社のダミーデータ作成し、各変数を均等配置したときの漁獲確率と CPUE の予測値を求めた。次に、各年における漁獲確率と CPUE の予測値を各年で平均し、掛け合わせた値を資源量指標値とした。

詳細なモデル診断結果および結果は、FRA-SA2024-SC03-0701 に記載した。

2. 鹿児島県刺網 CPUE の資源量指標値の標準化 (FRA-SA2024-SC03-0702)

CPUE の標準化に用いた（鹿児島刺網データは、2013～2023 年の 1～12 月におけるヒラメの日別・経営体別の漁獲量である。鹿児島刺網データにおける標準化の対象は 1 日あたり経営体別の漁獲重量 (kg/日・経営体) とした。鹿児島刺網データは、有漁漁獲情報のみであるため漁獲があったときの CPUE の値を応答変数とした一般化線形混合モデルを使って標準化した。有漁 CPUE モデルは、CPUE の自然対数を応答変数とし、誤差は正規分布に従うと仮定した。フルモデルの説明変数は、年 (Year)、月 (Month)、年と月の交互作用、ランダム効果として年と経営体 ID (corp) の交互作用を用いた。フルモデルからベイズ情報量規準 (BIC) を用いた総当たり法により、モデル選択を行った。BIC が最小となるモデル候補をベストモデルとして CPUE 標準化に供した。

モデルの診断として QQ プロットおよび説明変数に対する残差プロット、クックの距離から残差の正規性・等分散性、外れ値を評価した。

年トレンドの計算は、ベストモデルの推定結果から資源量指数を算出した。まず、各年・各月・各漁船のダミーデータ作成し、各変数を均等配置したときの CPUE の予測値を求め、資源量指標値とした。

詳細なモデル診断結果および結果は、FRA-SA2024-SC03-0702 に記載した。

3. 以西底びき網 CPUE の資源量指標値の標準化 (FRA-SA2024-SC03-0703)

CPUE の標準化に用いた以西底びき網データは、南シナ海および五島列島南西海域で操業する以西底びき網漁獲成績報告書データ（以降、以西漁績）である。以西漁績は、1982～2023 年の 1～12 月におけるヒラメの日別・漁船別・農林漁区（緯度経度 10 分グリッド）別の漁獲量と網数が記録されている。ヒラメは、1980 年代から 1990 年代にかけて黄海や済州島付近で多く漁獲されていた。しかし、2000 年以降の漁獲量は漁業の衰退により急減し、操業漁区も大幅に減少しており、2010 年以降は 1 経営体となっており個人情報保護の観点から非公開となっている。また近年は、東シナ海南部での漁獲はほとんどないため、2000 年以降は五島周辺の漁獲が中心となっている。加えて、漁業成績報告書の報告体制が年度によって異なり、2012 年以前は函単位での報告だったが、2013 年以降は kg 単位での報告に変更されている。そのため、2012 年以前のデータは函単位を kg 単位に換算されているものであり、9.5 kg 以下の漁獲はすべて 9.5 kg として換算されている。

本系群の資源評価の中では、1999 年以前の以西底びき網漁業は漁業規模や、系群・操業範囲を考慮し、農林統計の合計値から除いている。そのため本稿では、以西底びき網の漁獲量が総漁獲量としても資源計算に加わっているかつ、現状と同じ操業状態、および報告体制だと仮定した 2013 年以降の東経 127 度 30 分以東、北緯 31 以北漁区データに絞って CPUE の解析を行った。

以西漁績における標準化の対象は 1 網あたりの漁獲重量 (kg/ひき網回数) とした。水深

として、漁業データの漁区中央を ETOPO1 global relief model (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html>) から切り出して用いた。

本解析に使用する CPUE はゼロキャッチを含む連続値のため、ここでは存在/不在を考慮したデルタ型一般化線形モデル (Lo et al. 1992) を使って CPUE (kg/ひき網回数) を標準

化した。1 段階目の有漁確率モデルでは、有漁確率を応答変数として、フルモデルの説明変数は、年 (year, カテゴリカル)、月 (month, カテゴリカル)、水深 (depth、漁区中央の値, カテゴリカル) および、ランダム効果として年と漁労体 (corp) の交互作用を用いた。これらの誤差は二項分布に従うと仮定した。2 段階目の有漁 CPUE モデルは、CPUE の自然対数を応答変数とし、誤差は正規分布に従うと仮定した。またフルモデルの説明変数は 1 段階目の有漁確率と同様とした。フルモデルからベイズ情報量規準 (BIC) を用いた総当たり法により、モデル選択を行った。BIC が最小となるモデル候補をベストモデルとして CPUE 標準化に供した。

モデル診断として、有漁確率モデルでは receiver operating characteristic (ROC) 曲線下面積 (AUC) により有漁か否かの判別性能を、有漁 CPUE モデルでは QQ プロットおよび説明変数に対する残差プロット、クックの距離から残差の正規性・等分散性、外れ値を評価した。

有漁確率モデル、有漁 CPUE モデルともにベストモデルの推定結果から資源量指数を算出した。まず、各年・各月・各漁労体・各水深のダミーデータ作成し、各変数を均等配置したときの漁獲確率と CPUE の予測値を求めた。次に、各年における漁獲確率と CPUE の予測値を各年で平均し、掛け合わせた値を資源量指標値とした。

詳細なモデル診断結果および結果は、FRA-SA2024-SC03-0703 に記載した。

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.

補足資料 4 放流効果の試算

(1) 県別混入率

各県では、黒化個体を指標とした人工種苗の混入率が把握されている。2023年の調査で得られた放流種苗の混入率は日本海中部海域（石川、福井、京都、兵庫）で 6.4～8.2%、日本海西部海域（鳥取、島根、山口、福岡、佐賀）で 1.6～5.9%、東シナ海海域（長崎、熊本、鹿児島）で 1.9～28.3%となった（表 4-3）。すべての府県でヒラメ種苗が放流されており、2022年における放流数は合計で 334.3 万尾であった（表 4-4）。

本系群の混入率の計算方法を以下に示す。

海域ごとに平均混入率($Rcr_{r,y}$)を計算し、

$$Rcr_{r,y} = \frac{1}{n_{r,y}} \sum_{r=1}^3 Rcr_{r,y}$$

各府県の漁獲尾数とそれらに対応する海域別平均混入率の積を各府県別の黒化魚尾数とし、黒化魚尾数と各府県の漁獲尾数の総和の商を年ごとの混入率 (Cr_y) とした。

$$Cr_y = \frac{\sum_{y=1986}^{2023} \sum_{r=1}^3 (Caa_{r,y} \cdot Rcr_{r,y})}{\sum_{y=1986}^{2023} Caa_y}$$

ここでの y は年、 r は 3 つの海域（日本海中部、日本海西部、東シナ海）を示す。

2023年における系群全体での放流種苗の混入率は 12.0%と推定された（表 4-4）。なお、1986年から 2005年まで詳細な混入率情報が得られていないため、R4年度評価時点の 2005年から 2016年の混入率の平均値を便宜的に使用した。

(2) 添加効率の試算

チューニング VPA で算出された 1 歳魚尾数、および放流魚混入率と放流尾数より添加効率を試算した（表 4-2）。本来であれば各年級群における 1 歳時の混入率を用いて添加効率を求めるべきだが、年齢別の混入率データが十分に得られていないため、全年齢込みの値で添加効率を計算した。

本系群の添加効率 (Sr_y) の計算方法を以下に示す。

$$Sr_y = \frac{Cr_y \cdot Naa_{1,y}}{\text{Hatchery_relese number}_{y-1}}$$

ここでの y は年、 NAA_1 は、チューニング VPA で得られた 1 歳魚資源尾数を示す。

2022年放流群の添加効率は 0.05 と推定された（表 4-2）。

補足資料 5 管理基準値案と禁漁水準案等

令和 4 年 11 月に開催された研究機関会議での再生産関係に関する検討に基づき、本系群では成長や生残に関する特性に基づく生物学的管理基準値を、最大持続生産量 MSY を実現する水準の漁獲圧 (Fmsy) の代替値とし、これまでの加入状況を考慮して目標管理基準値を提案する 1B ルールの管理規則を適用する。

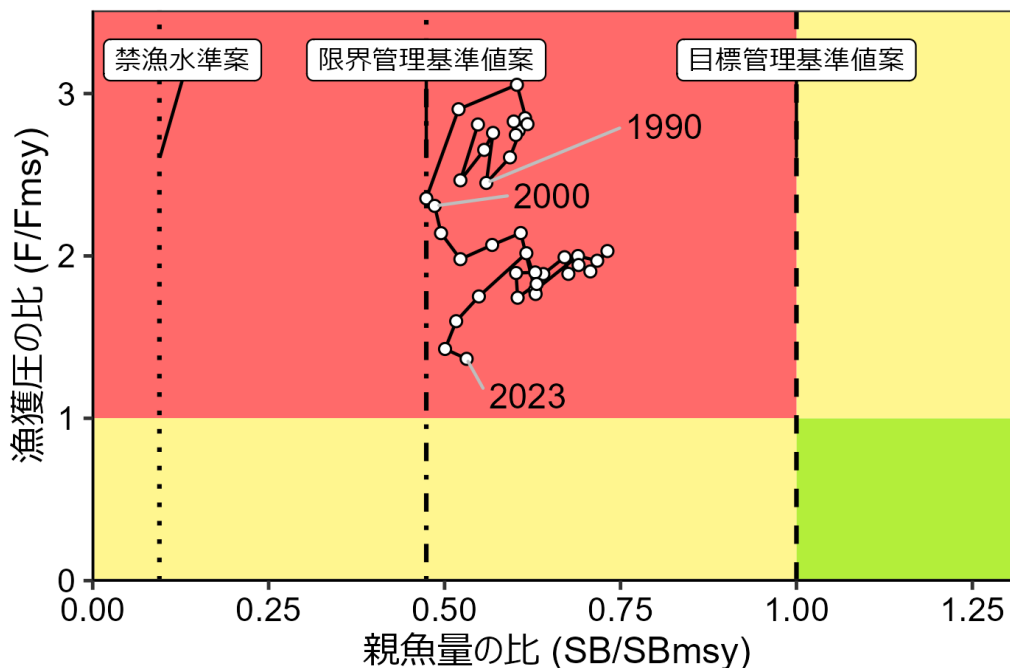
目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量の代替値 (SBmsy proxy : 4,053 トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には過去最低親魚量 (SBmin : 1,921 トン)、禁漁水準 (SBban) には過去最低親魚量の 20%の親魚量 (384 トン) を用いることが提案されている (増淵ほか2022、補足表 8-2)。この推定に用いたパラメータ値は補足表 2-2 および補足表 8-1 に示す。

目標管理基準値案と、SBmsy proxy を維持する水準の漁獲圧 (Fmsy proxy) を基準にした神戸プロットを補足図 5-1 に示す。チューニング VPA により得られた 2023 年の親魚量 (SB2023 : 2,149 トン) は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案および禁漁水準案は上回る。本系群における漁獲圧は低下傾向にあるが、すべての年で SBmsy proxy を維持する水準 (Fmsy proxy) を上回っている (補足表 8-3)。

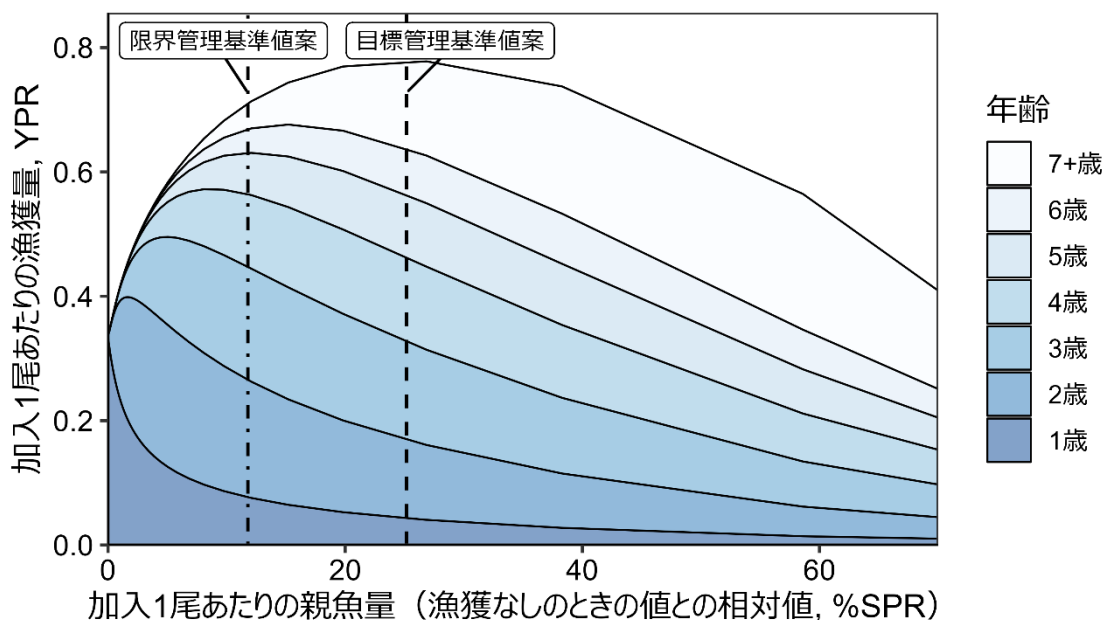
平衡状態における加入 1 尾あたりの親魚量の漁獲がない時の親魚量に対する相対値 (%SPR) と加入 1 尾あたりの漁獲量 (YPR) の年齢別の関係を補足図 5-2 に示す。%SPR が SBtarget に相当する %SPR 以下では 1 歳魚が漁獲の多くを占めるが、%SPR が増加し親魚量を獲り残すにつれて 7 歳以上の比率が高くなる傾向がみられる。SBmsy proxy を達成する %SPR 時においては 2~4 歳と 7 歳以上が主体となると推測された。

引用文献

増淵隆仁・下瀬 環・井関智明 (2022) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海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. 1-30 FRA-SA2022-BRP16-01.https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220930/FRA-SA2022-BRP16-01.pdf (last accessed August 14 2023)



補足図 5-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



補足図 5-2. 平衡状態における加入1尾あたりの親魚量の漁獲がない時の親魚量に対する相対値 (%SPR) と加入1尾あたりの漁獲量 (YPR) の年齢別の関係

補足資料 6 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2023 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024~2055 年の将来予測計算を行った（補足資料 7）。将来予測における加入量は、天然由来加入尾数として令和 4（2022）年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価（FRA-SA2022-RC05-01. 増渕ほか 2023）において推定された 2016~2020 年の天然由来加入尾数に対して対数正規分布をあてはめ、その分布に従って加入すると仮定した。加入量の不確実性として、1 万回の繰り返し計算を行った。

また本系群においては種苗放流が行われているため、現状の放流が継続される場合として、2018~2022 年の平均添加効率と平均放流尾数を乗じた値を人工種苗由来の加入尾数として毎年の加入量に加算した条件での予測も行った。

2024 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）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）の条件下で、2020~2022 年の平均 F 値とした。2025 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。なお、2023 年については、すでに種苗放流が行われているため、2024 年の加入量には人工種苗由来の加入尾数を加算した。

(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。「令和 6（2024）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2024-ABCWG02-01. 水産研究・教育機構 2024）」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 $F_{msy proxy}$ に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 6-1 にヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料（FRA-SA2022-BRP16-01. 増渕ほか 2022）」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 0.7 とした場合を示した。

(3) 2025 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2025 年の平均漁獲量は、加入量として天然由来による加入のみを想定した場合、 β を 0.7 とした場合には 547 トン、 β を 1.0 とした場合には 749 トンであった（補足表 6-4a、8-4a）。現状の放流を想定した場合には、2025 年の平均漁獲量は β を 0.7 とした場合には 552 トン、 β を 1.0 とした場合には 755 トンであった（補足表 6-4b、8-4b）。2025 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値案を下回り、どちらの加入量設定でも平均 2,483 トンと見込まれた。2025 年の予測親魚量は 100% 限界管理基準値案以上であるため、2025 年の漁獲圧は $\beta \times F_{msy proxy}$ として求めた。

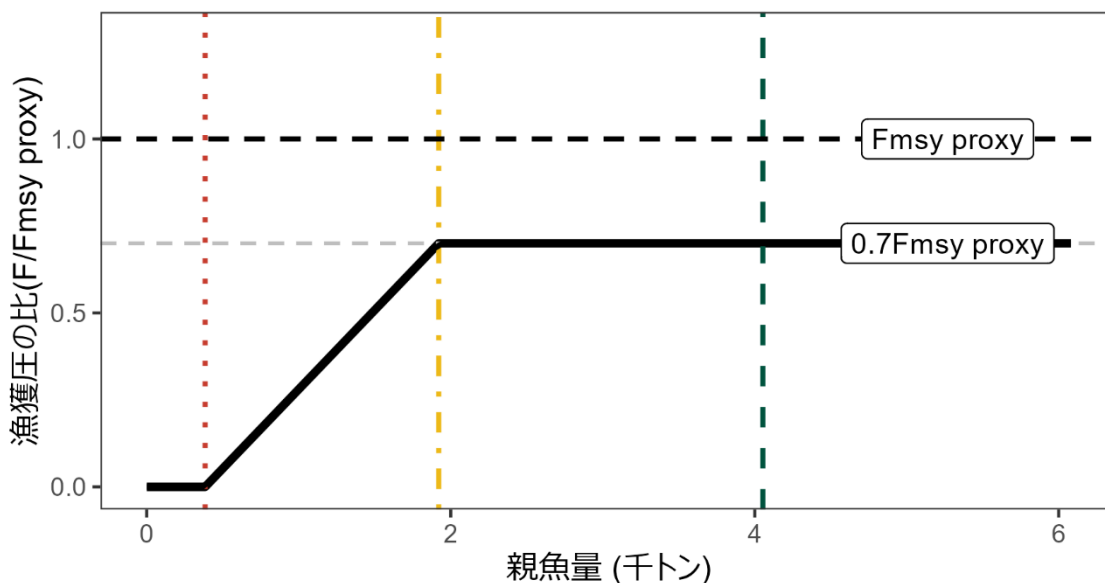
(4) 2026年以降の予測

2026年以降も含めた将来予測の結果を補足図 6-2、6-3 および補足表 6-1～6-4 に示す。将来の加入量として 2016～2020 年の天然由来加入量に基づいた加入を想定して漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続すると（補足図 6-2、補足表 6-1a、6-2a、6-3a、6-4a）、2035 年の親魚量の予測値は β を 0.7 とした場合には平均 5,608 トン（90%予測区間は 5,174～6,059 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 4,052 トン（90%予測区間は 3,712～4,405 トン）である（補足表 8-5a）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率はいずれの β であっても 100%である。現状の漁獲圧（F2020-2022）を継続した場合の 2035 年の親魚量の予測値は平均 2,387 トン（90%予測区間は 2,152～2,625 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 0%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。同様に、現状の放流を想定した場合（補足図 6-3、補足表 6-1b、6-2b、6-3b、6-4b）では、2035 年の親魚量の予測値は β を 0.7 とした場合には平均 6,239 トン（90%予測区間は 5,805～6,691 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 4,513 トン（90%予測区間は 4,173～4,866 トン）である（補足表 8-5b）。予測値が目標管理基準値案および限界管理基準値案を上回る確率はいずれの β であっても 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2020-2022）を継続した場合の 2035 年の親魚量の予測値は平均 2,661 トン（90%予測区間は 2,427～2,900 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 0%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

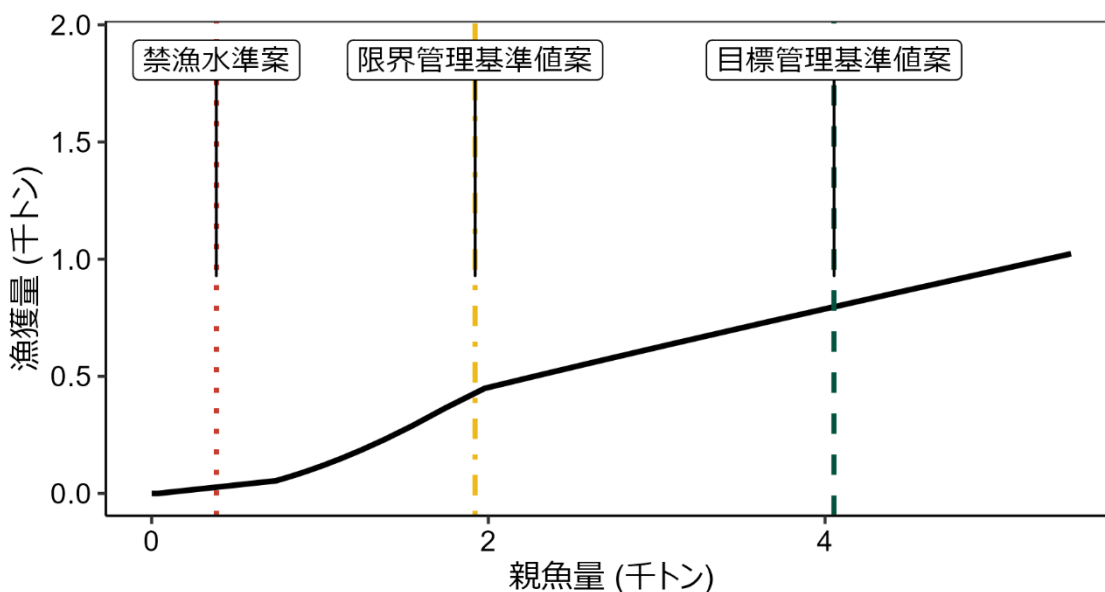
引用文献

- 水産研究・教育機構 (2024) 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. 水産研究・教育機構, 23 pp. FRA-SA2023-ABCWG02-01. <https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/07/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf> (last accessed August 7 2024)
- 増淵隆仁・下瀬 環・井関智明 (2022) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海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. 1-115. FRA-SA2022-BRP16-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220930/FRA-SA2022-BRP16-01.pdf (last accessed August 14 2023)
- 増淵隆仁・下瀬 環・井関智明 (2023) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価. FRA-SA2022-AC-63, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 56pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_63.pdf

a) 縦軸を漁獲圧にした場合

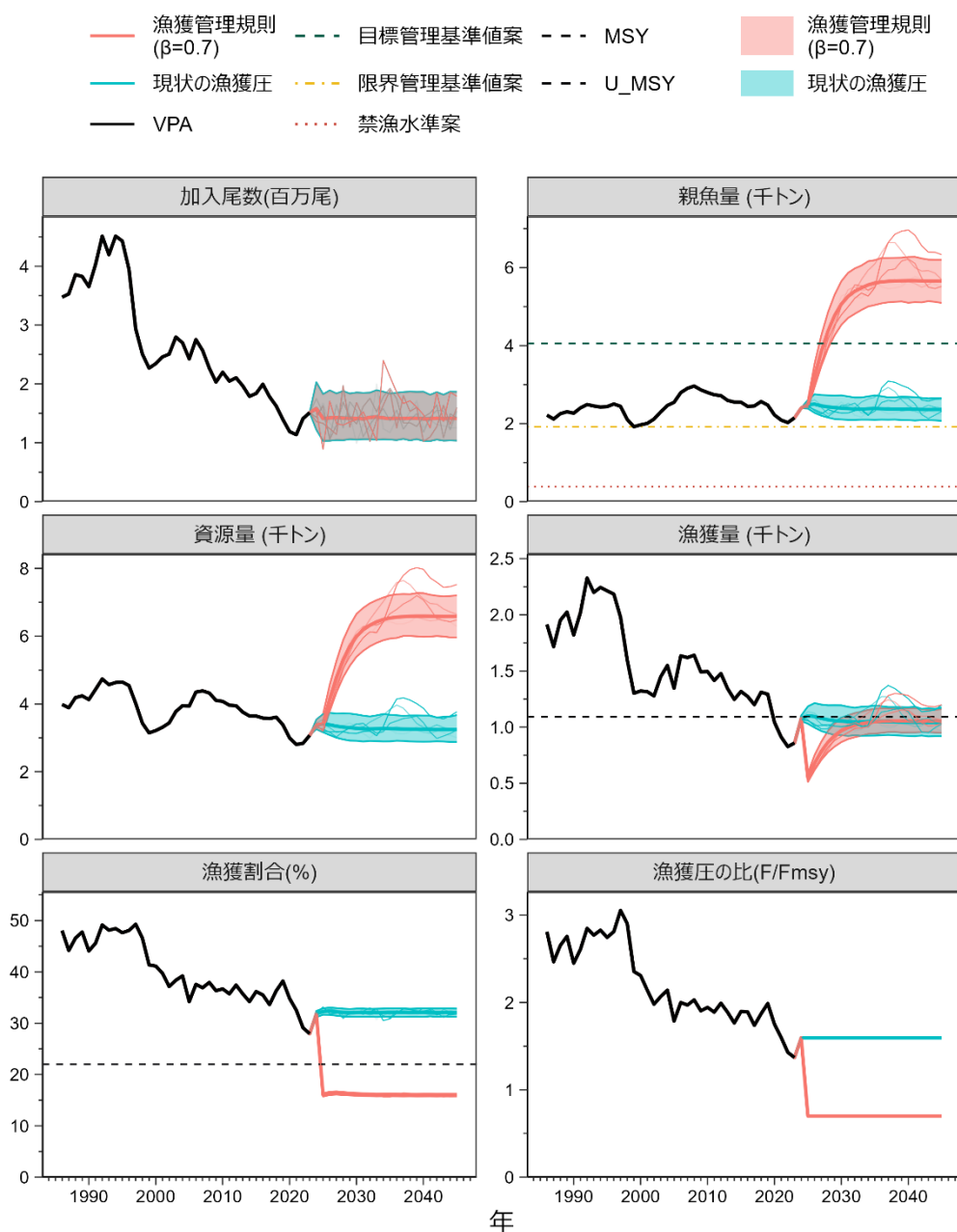


b) 縦軸を漁獲量にした場合

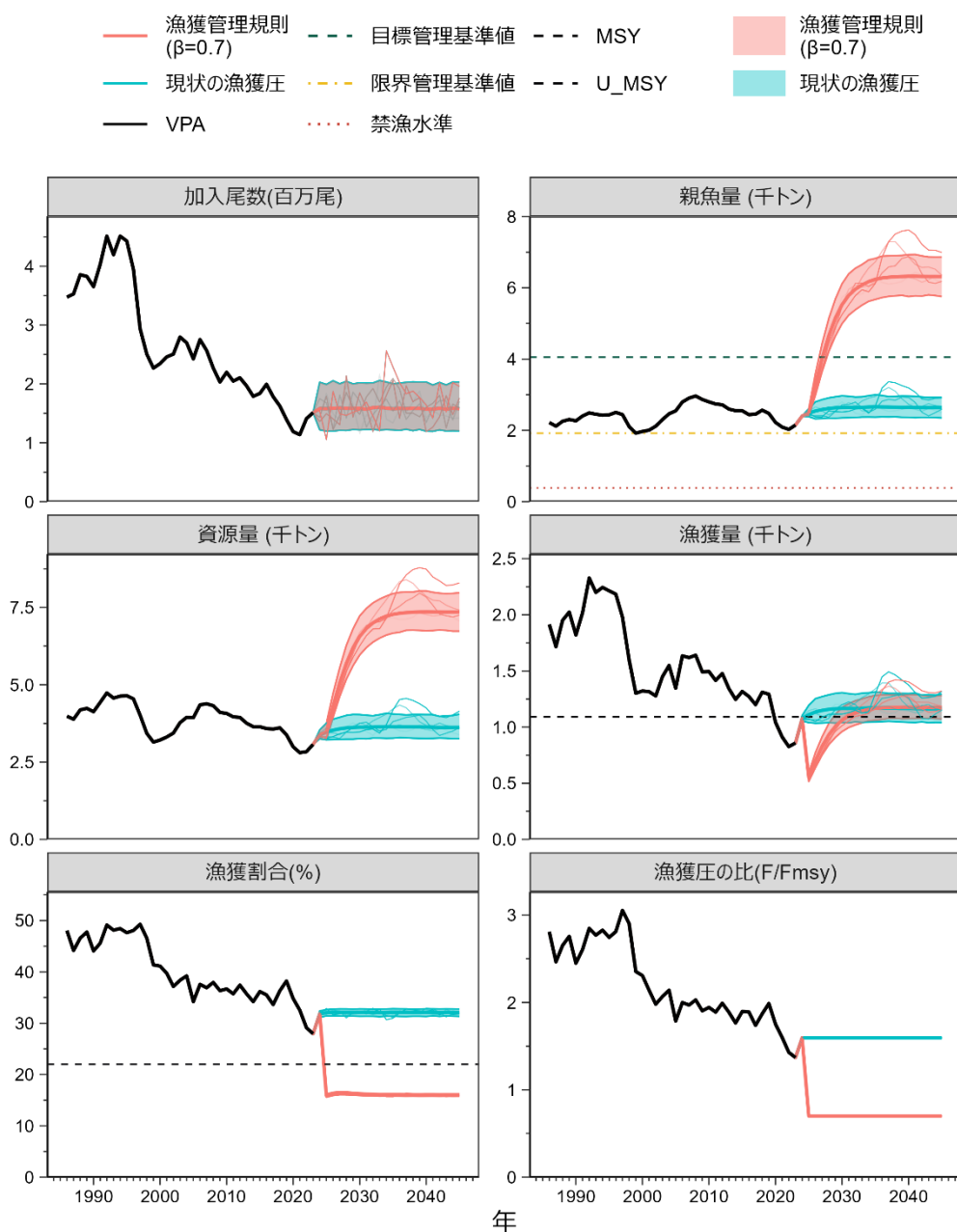


補足図 6-1. 漁獲管理規則案

目標管理基準値 (SBtarget) 案は 2016~2020 年の加入を参照し算出した SBmsy proxy である。限界管理基準値 (SBlimit) 案および禁漁水準 (SBban) 案には、それぞれ過去最低親魚量と過去最低親魚量の 20%の親魚量を用いている。調整係数 β には標準値である 0.7 を用いた。黒破線は Fmsy proxy、灰色破線は 0.7 Fmsy proxy、黒太線は HCR、赤点線は禁漁水準案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



補足図 6-2. 将来の加入量として 2016~2020 年の加入に基づく加入のみを想定した場合の漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる90%予測区間、細線は3通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線はUmsy proxyを示し、漁獲量の図の破線はMSY proxyを示す。2024年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）により仮定し、2025年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 6-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.7 を用いた。



補足図 6-3. 現状の放流を想定した場合の漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy proxy を示し、漁獲量の図の破線は MSY proxy を示す。2024 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020-2022) により仮定し、2025 年以降の漁獲は漁獲管理規則案 (補足図 6-1) に従うものとした。調整係数 β には 0.7 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2018~2022 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 6-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

a) 2016～2020 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	0	3	12	24	32	37	42	47	46	
0.9			0	1	18	48	70	82	88	91	93	94	
0.8			0	5	51	87	98	99	100	100	100	100	
0.7			0	19	88	100	100	100	100	100	100	100	
0.6			0	47	99	100	100	100	100	100	100	100	
0.5			0	78	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.4			0	95	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			26	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	0	16	49	73	86	91	94	96	96	
0.9			0	3	49	88	98	100	100	100	100	100	
0.8			0	16	87	100	100	100	100	100	100	100	
0.7			0	42	99	100	100	100	100	100	100	100	
0.6			0	74	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.5			0	95	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.4			0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

βを0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される1,076トンとし、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（F2020-F2022、β=1.59に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は2018～2022年平均の添加効率（0.05）と2018～2022年平均の放流尾数（324.0万尾）との積とした。

補足表 6-2. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

a) 2016～2020 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
0.9			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.8			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
0.9			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.8			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

βを0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される1,076トンとし、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（F2020-F2022、β = 1.59に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は2018～2022年平均の添加効率（0.05）と2018～2022年平均の放流尾数（324.0万尾）との積とした。

補足表 6-3. 将来の親魚量の平均値の推移

a) 2016～2020 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	2,402	2,483	2,960	3,303	3,565	3,747	3,865	3,936	3,976	4,003	4,033	4,052
0.9			3,044	3,475	3,813	4,057	4,221	4,324	4,386	4,428	4,468	4,495
0.8			3,131	3,657	4,082	4,399	4,620	4,765	4,856	4,917	4,972	5,009
0.7			3,221	3,850	4,373	4,777	5,068	5,265	5,394	5,482	5,556	5,608
0.6			3,313	4,053	4,689	5,195	5,570	5,833	6,012	6,137	6,238	6,310
0.5			3,408	4,269	5,031	5,656	6,136	6,481	6,723	6,897	7,035	7,136
0.4			3,507	4,497	5,402	6,168	6,772	7,221	7,545	7,783	7,972	8,113
0.3			3,608	4,739	5,805	6,734	7,490	8,067	8,496	8,819	9,077	9,273
0.2			3,712	4,995	6,242	7,362	8,300	9,037	9,600	10,034	10,384	10,657
0.1			3,819	5,267	6,717	8,059	9,216	10,149	10,883	11,462	11,937	12,315
0.0			3,929	5,554	7,233	8,833	10,251	11,428	12,377	13,147	13,788	14,312
現状の漁獲圧			2,499	2,455	2,430	2,412	2,397	2,386	2,376	2,376	2,376	2,373

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	2,402	2,483	3,003	3,455	3,805	4,058	4,229	4,340	4,405	4,448	4,488	4,513
0.9			3,088	3,632	4,065	4,388	4,614	4,764	4,856	4,918	4,970	5,005
0.8			3,175	3,819	4,347	4,752	5,044	5,244	5,371	5,457	5,527	5,575
0.7			3,266	4,017	4,651	5,153	5,526	5,788	5,961	6,080	6,174	6,239
0.6			3,359	4,226	4,981	5,597	6,067	6,406	6,637	6,800	6,927	7,017
0.5			3,454	4,448	5,338	6,086	6,674	7,110	7,416	7,636	7,807	7,932
0.4			3,553	4,682	5,725	6,628	7,357	7,912	8,314	8,609	8,840	9,012
0.3			3,654	4,931	6,145	7,227	8,126	8,828	9,352	9,745	10,056	10,293
0.2			3,759	5,193	6,600	7,891	8,993	9,877	10,554	11,077	11,495	11,820
0.1			3,867	5,471	7,094	8,628	9,972	11,080	11,951	12,640	13,201	13,648
0.0			3,978	5,766	7,631	9,444	11,078	12,460	13,576	14,482	15,232	15,845
現状の漁獲圧			2,544	2,585	2,616	2,634	2,642	2,645	2,642	2,644	2,644	2,655

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される 1,076 トンとし、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（F2020-F2022、 $\beta = 1.59$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2018～2022 年平均の添加効率（0.05）と 2018～2022 年平均の放流尾数（324.0 万尾）との積とした。

補足表 6-4. 将来の漁獲量の平均値の推移

a) 2016～2020 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	1,076	749	860	939	993	1,030	1,053	1,067	1,075	1,082	1,089	1,092
0.9		683	805	896	960	1,005	1,035	1,054	1,065	1,075	1,082	1,087
0.8		616	744	845	918	971	1,008	1,031	1,046	1,058	1,067	1,073
0.7		547	678	785	866	925	968	996	1,015	1,030	1,041	1,048
0.6		475	604	714	800	865	913	946	969	986	999	1,008
0.5		402	524	632	720	788	839	876	902	922	937	948
0.4		326	437	538	622	690	742	781	809	831	848	860
0.3		248	341	429	505	567	617	655	684	706	723	736
0.2		168	237	304	365	415	457	490	515	535	551	563
0.1		85	123	162	198	228	255	276	292	306	316	325
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧		1,101	1,095	1,078	1,065	1,058	1,053	1,049	1,046	1,048	1,051	1,051

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	1,076	755	888	995	1,072	1,124	1,159	1,181	1,194	1,204	1,213	1,217	
0.9		689	831	948	1,036	1,097	1,138	1,165	1,182	1,195	1,205	1,211	
0.8		621	768	893	989	1,058	1,106	1,139	1,160	1,176	1,188	1,195	
0.7		552	699	829	931	1,007	1,061	1,099	1,125	1,143	1,158	1,167	
0.6		480	623	754	860	940	1,000	1,043	1,072	1,094	1,111	1,122	
0.5		405	540	667	772	855	918	965	998	1,022	1,041	1,054	
0.4		329	450	567	667	748	811	859	894	921	941	956	
0.3		250	351	452	541	614	674	720	755	781	802	818	
0.2		169	244	320	390	449	498	538	568	592	611	625	
0.1		86	127	170	211	247	277	302	322	338	350	361	
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
現状の漁獲圧		1,111	1,134	1,148	1,158	1,163	1,165	1,165	1,165	1,165	1,168	1,172	1,172

βを0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される1,076トンとし、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（F2020-F2022、β=1.59に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は2018～2022年平均の添加効率（0.05）と2018～2022年平均の放流尾数（324.0万尾）との積とした。

補足資料 7 将来予測の方法

将来予測は、「令和 6 (2024) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRASA2024-ABCWG02-01. 水産研究・教育機構 2024a)」の 1B 系資源の管理規則に従い、令和 4 年 11 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 の代替値 (F_{msy proxy}) の推定に用いた将来の加入の仮定 (増渕ほか 2023) と、補足表 7-1 に示した各種設定 (自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧) を使用して実施した。将来予測における将来の加入の仮定は過去の加入を参照し、その加入尾数に対して対数正規分布をあてはめ、その分布に基づいた加入とする。

参照する過去の加入は上記研究機関会議で使用された、令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価 FRA-SA2022-RC05-01. (増渕ほか 2023) において推定された 2016~2020 年の天然由来加入尾数を用いる。

加入尾数と資源尾数や漁獲量の予測計算には、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (FRA-SA2024-ABCWG02-04. 水産研究・教育機構 2024b)」に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.4.1) および計算パッケージ frasyr (コミット番号 44e60c3) を用いた。

また本系群は栽培対象種であり種苗放流が継続的に行われている (表 4-2)。将来予測において種苗放流を考慮する場合は、将来の人工種苗由来の加入尾数として 2018~2022 年の平均放流尾数 (324.0 万尾) と平均添加効率 (0.05) の積である 16.5 万尾を毎年の加入量に加算して予測を行った。

将来予測における 2~6 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1} - F_{a-1,y-1}) \quad (a = 2, \dots, 6)$$

7 歳魚以上のプラスグループの資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{7+,y} = N_{6,y-1} \exp(-M_{6,y-1} - F_{6,y-1}) + N_{7+,y-1} \exp(-M_{7+,y-1} - F_{7+,y-1})$$

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

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

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

ここで、SB_y は y 年の親魚量、F_{msy proxy} および SB_{target}、SB_{limit}、SB_{ban} はそれ

ぞれ補足表 8-2 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。

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

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 7-1 の平均体重を乗じて求め、親魚量はこの資源量に成熟割合を乗じて算出した。

引用文献

水産研究・教育機構 (2024a) 令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. 水産研究・教育機構, 23 pp. FRA-SA2023-ABCWG02-01. <https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/07/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf> (last accessed August 7 2024)

水産研究・教育機構 (2024b) 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. 水産研究・教育機構, 14 pp. FRA-SA2024-ABCWG02-04. <https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/07/FRA-SA2024-ABCWG02-04.pdf> (last accessed August 7 2024)

増渕隆仁・下瀬 環・井関智明 (2023) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価. FRA-SA2022-AC-63, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 56pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_63.pdf

補足表 7-1. 将来予測に用いた設定値

	選択率 (注 1)	Fmsy proxy (注 2)	F2020-2022 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
1 歳	0.54	0.14	0.18	350	0.208	0.00
2 歳	1.11	0.28	0.39	831	0.208	0.50
3 歳	1.30	0.34	0.46	1,500	0.208	1.00
4 歳	1.36	0.35	0.49	2,100	0.208	1.00
5 歳	1.14	0.29	0.42	2,953	0.208	1.00
6 歳	1.00	0.25	0.34	3,685	0.208	1.00
7 歳以上	1.00	0.25	0.34	4,310	0.208	1.00

注 1：令和 4 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 4 年度資源評価での $F_{current}$ の選択率）。

注 2：令和 4 年度研究機関会議で提案された Fmsy proxy（すなわち、令和 4 年度資源評価での $F_{current}$ に $F_{msy proxy}/F_{current}$ を掛けたもの）。

注 3：本系群では 2020～2022 年の年齢別の平均 F を現状の漁獲圧としており、この F 値を 2024 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 8 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 8-1. 将来予測における加入量の仮定

項目	説明
参照したデータ	2016～2020年の天然1歳魚の資源尾数
更新データの利用	更新なし、追加なし
参照の仕方 (不確実性の考慮)	対数正規分布をあてはめ、その分布に基づいた
コメント: ・ 将来予測の加入を仮定するのに参照したのは、令和4年11月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」の際に使用したデータと同一である。	

補足表 8-2. 管理基準値案と MSY の代替値

項目	値	説明
SBtarget 案	4,053トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy)
SBlimit 案	1,921トン	限界管理基準値案。過去最低親魚量 (SBmin)
SBban 案	384トン	禁漁水準案。過去最低親魚量の 20%の親魚量
Fmsy proxy		最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧の代替値 (漁獲係数 F) (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳以上) = (0.14, 0.28, 0.34, 0.35, 0.29, 0.25, 0.25)
%SPR (Fmsy proxy)	25%	Fmsy proxy に対応する %SPR
MSY proxy	1,091トン	最大持続生産量 MSY の代替値

補足表 8-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	2,149トン	2023年の親魚量
F2023	2023年の漁獲圧(漁獲係数F)(1歳, 2歳, 3歳, 4歳, 5歳, 6歳, 7歳以上) = (0.18, 0.39, 0.46, 0.49, 0.42, 0.34, 0.34)	
U2023	28%	2023年の漁獲割合
%SPR(F2023)	17.3%	2023年の%SPR
%SPR(F2020-2022)	14.4%	現状(2020~2022年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2023/SBmsy proxy (SBtarget)	0.53	最大持続生産量を実現する親魚量の代替値(目標管理基準値案)に対する2023年の親魚量の比
F2023/ Fmsy proxy	1.37	SBmsy proxyを維持する漁獲圧(Fmsy proxy)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 proxyを維持する水準を上回る	
親魚量の動向	横ばい	

* 2022年の選択率の下で Fmsy proxy 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 8-4. 予測漁獲量と予測親魚量

a) 2016～2020 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合

2025 年の親魚量(予測平均値):2,483トン			
項目	2025 年の 平均漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (Fmsy proxy /F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)			
$\beta=0.7$	547	0.46	16
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	749	0.66	22
$\beta=0.8$	616	0.53	18
$\beta=0.6$	475	0.40	14
$\beta=0.4$	326	0.26	10
$\beta=0.2$	168	0.13	5
$\beta=0.0$	0	0.00	0
F2020-2022	1,101	1.00	32

b) 現状の放流を想定した場合

2025 年の親魚量(予測平均値):2,483トン			
項目	2025 年の 平均漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (Fmsy proxy/F2020- 2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)			
$\beta=0.7$	552	0.46	16
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	755	0.66	22
$\beta=0.8$	621	0.53	18
$\beta=0.6$	480	0.40	14
$\beta=0.4$	329	0.26	9
$\beta=0.2$	169	0.13	5
$\beta=0.0$	0	0.00	0
F2020-2022	1,111	1.00	32

補足表 8-5. 異なる β を用いた将来予測結果

a) 2016～2020 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合

考慮している不確実性:加入量					
項目	2035年 の平均親魚 量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)					
$\beta=0.7$	5,608	5,174 - 6,059	100	100	100
上記と異なる β を使用した場合					
$\beta=1.0$	4,052	3,712 - 4,405	46	100	100
$\beta=0.8$	5,008	4,615 - 5,417	100	100	100
$\beta=0.6$	6,310	5,829 - 6,810	100	100	100
$\beta=0.4$	8,112	7,517 - 8,742	100	100	100
$\beta=0.2$	10,656	9,901 - 11,431	100	100	100
$\beta=0.0$	14,310	13,334 - 15,344	100	100	100
F2020-2022	2,387	2,152 - 2,625	0	100	100

b) 現状の放流を想定した場合

考慮している不確実性:加入量					
項目	2035年 の平均親魚 量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)					
$\beta=0.7$	6,240	5,805 - 6,691	100	100	100
上記と異なる β を使用した場合					
$\beta=1.0$	4,513	4,173 - 4,866	96	100	100
$\beta=0.8$	5,575	5,181 - 5,983	100	100	100
$\beta=0.6$	7,017	6,537 - 7,517	100	100	100
$\beta=0.4$	9,012	8,416 - 9,641	100	100	100
$\beta=0.2$	11,820	11,065 - 12,595	100	100	100
$\beta=0.0$	15,845	14,870 - 16,880	100	100	100
F2020-2022	2,661	2,427 - 2,900	0	100	100

補足表 8-5. (続き)

a) 2016～2020 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合

考慮している不確実性: 加入量			
項目	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)			
$\beta=0.7$	2028 年	2024 年	2024 年
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	2055 年以降	2024 年	2024 年
$\beta=0.8$	2028 年	2024 年	2024 年
$\beta=0.6$	2028 年	2024 年	2024 年
$\beta=0.4$	2027 年	2024 年	2024 年
$\beta=0.2$	2027 年	2024 年	2024 年
F2020-2022	2055 年以降	2024 年	2024 年

b) 現状の放流を想定した場合

考慮している不確実性: 加入量			
項目	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)			
$\beta=0.7$	2028 年	2024 年	2024 年
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	2030 年	2024 年	2024 年
$\beta=0.8$	2028 年	2024 年	2024 年
$\beta=0.6$	2027 年	2024 年	2024 年
$\beta=0.4$	2027 年	2024 年	2024 年
$\beta=0.2$	2027 年	2024 年	2024 年
F2020-2022	2055 年以降	2024 年	2024 年

補足資料 9 加入量の参照年をスライドさせた場合の将来予測

(1) 将来予測の設定

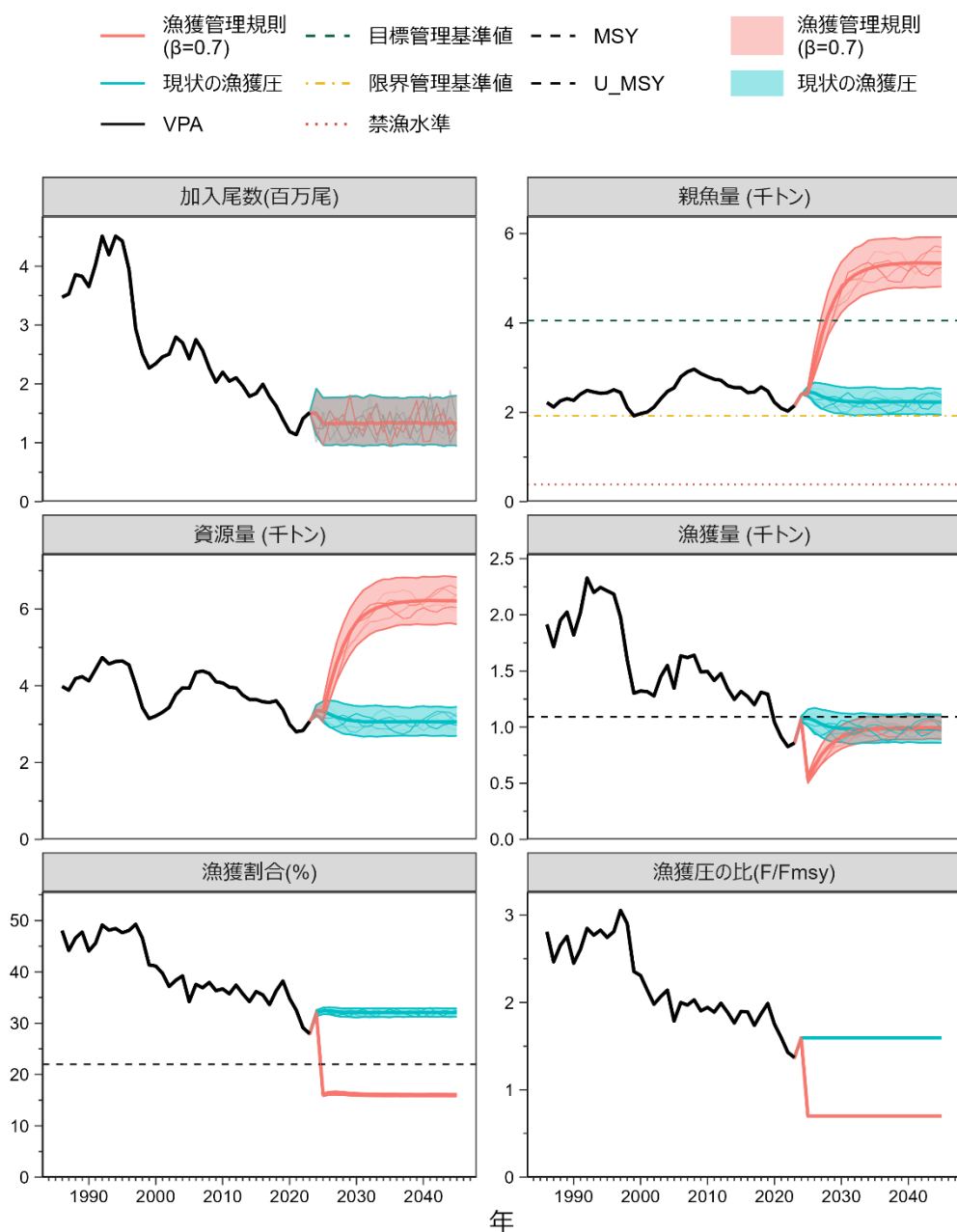
今年度の資源評価では、令和4年度評価における2016～2020年の天然由来の加入量水準を仮定して将来予測を行った。加入の想定を今年度の資源評価結果により更新した場合の将来予測結果への影響をみるため、今年度の資源評価で更新された2018～2022年の天然由来加入尾数に対して対数正規分布をあてはめ、その分布に従って加入すると仮定した場合の将来予測結果を示す。加入量の不確実性として、1万回の繰り返し計算を行った。また、加入量以外の設定は、補足資料6と同様と仮定した。なお、2023年については、すでに種苗放流が行われているため、2024年の加入量には人工種苗由来の加入尾数を加算した。

(2) 2025年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された2025年の平均漁獲量は、天然由来による加入量水準による加入のみを想定すると、 β を0.7とした場合には536トン、 β を1.0とした場合には734トンであった（補足表9-4a）。現状の放流を想定すると、2025年の平均漁獲量は β を0.7とした場合には541トン、 β を1.0とした場合には741トンであった（補足表9-4b）。2025年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値案を下回り、どちらの加入量設定でも平均2,458トンと見込まれた。2025年の予測親魚量は100%限界管理基準値案以上であるため、2025の漁獲圧は $\beta \times F_{msy proxy}$ として求めた。

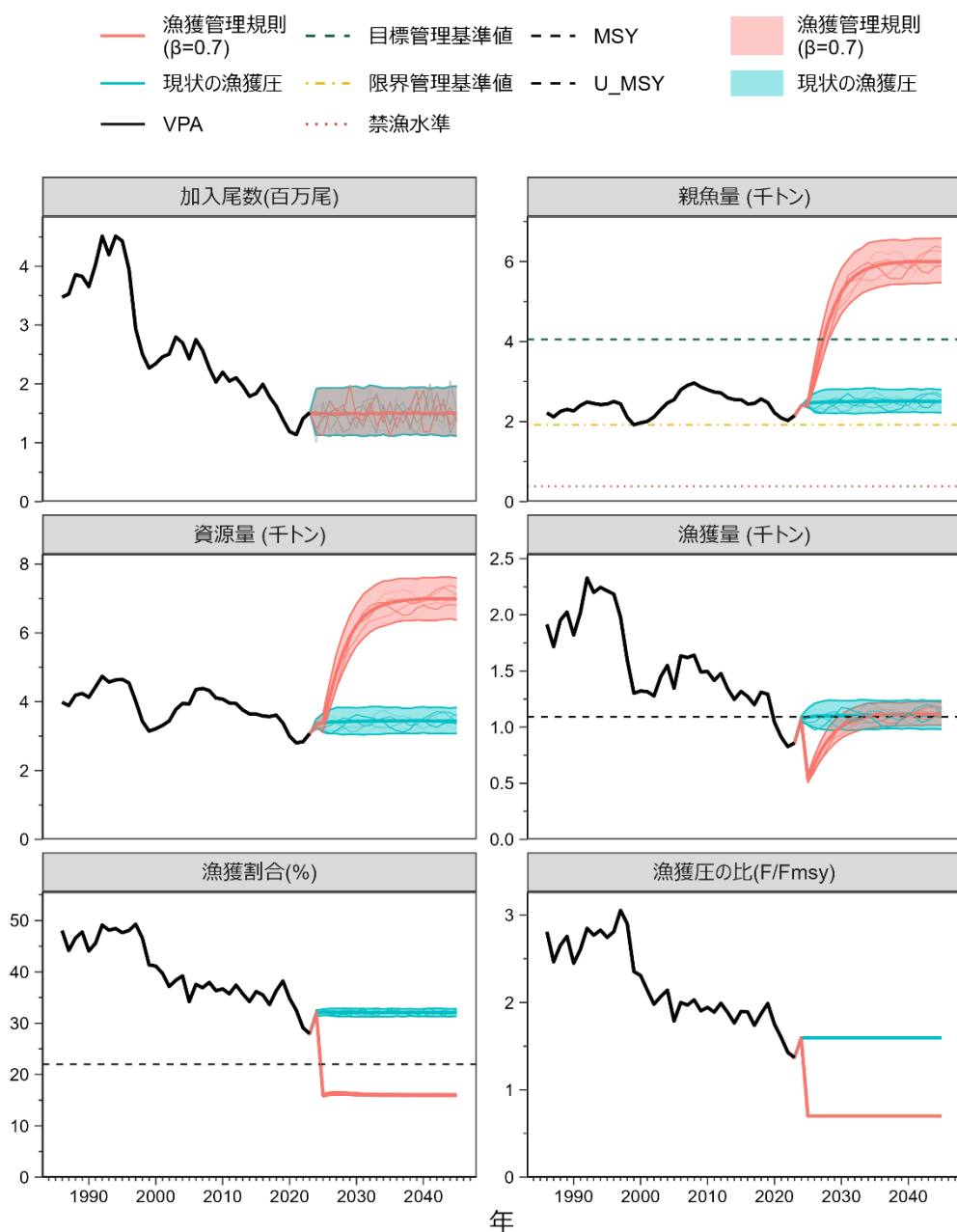
(3) 2026年以降の予測

2026年以降も含めた将来予測の結果を補足図9-1、9-2および補足表9-1～9-4に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を10年間継続し、将来の加入量として2018～2022年の天然由来加入量水準に基づいた加入を想定すると（補足図9-1、補足表9-1a、9-2a、9-3a、9-4a）、2035年の平均親魚量の予測値は β を0.7とした場合には5,250トンである。平均親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は β が0.9以下で50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率は β が1.0以下であれば50%を上回る。現状の漁獲圧（F2020-2022）を継続した場合の2035年の親魚量の予測値は平均2,229トンであり目標管理基準値案を上回る確率は0%、限界管理基準値案を上回る確率は96%である。同様に、現状の放流を想定した場合（補足図9-2、補足表9-1b、9-2b、9-3b、9-4b）では、2035年の親魚量の予測値は β を0.7とした場合には平均5,882トンである。予測値が目標管理基準値案および限界管理基準値案を上回る確率は、 β が1.0以下であれば50%を上回る。現状の漁獲圧（F2020-2022）を継続した場合の2035年の親魚量の予測値は平均2,504トンであり目標管理基準値案を上回る確率は0%、限界管理基準値案を上回る確率は100%である。



補足図 9-1. 将来の加入量として、今年度評価で更新された 2018～2022 年の天然由来の加入水準に基づく加入のみを想定した場合の漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる90%予測区間、細線は3通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線はUmsy proxyを示し、漁獲量の図の破線はMSY proxyを示す。2024年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）により仮定し、2025年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 6-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.7 を用いた。



補足図 9-2. 加入参照年を 2018~2022 とし現状の放流を想定した場合の漁獲管理規則

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy proxy を示し、漁獲量の図の破線は MSY proxy を示す。2024 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020-2022) により仮定し、2025 年以降の漁獲は漁獲管理規則案 (補足図 6-1) に従うものとした。調整係数 β には 0.7 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2018~2022 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 9-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

a) 2018～2022 年の天然由来の加入量水準に基づく加入のみを想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	0	0	3	7	10	12	15	16	18	
0.9			0	0	6	21	37	52	59	62	66	68	
0.8			0	2	27	62	84	91	94	97	98	98	
0.7			0	9	64	93	99	100	100	100	100	100	
0.6			0	27	92	100	100	100	100	100	100	100	
0.5			0	56	99	100	100	100	100	100	100	100	
0.4			0	83	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			1	96	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	0	6	21	41	58	66	69	75	76	
0.9			0	1	26	64	87	94	97	98	99	99	
0.8			0	6	64	94	99	100	100	100	100	100	
0.7			0	23	92	100	100	100	100	100	100	100	
0.6			0	52	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.5			0	81	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.4			0	96	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

βを0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024年の漁獲量は予備資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される1,070トンと仮定し、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（F2020-F2022、β=1.59に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は2018～2022年平均の添加効率（0.05）と2018～2022年平均の放流尾数（324.0万尾）との積とした。

補足表 9-2. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

a) 2018～2022 年の加入量水準に基づく加入のみを想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.9			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					100	100	99	98	97	97	96	96	96

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.9			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					100	100	100	100	100	100	100	100	100

βを0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される1,070トンとし、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（F2020-F2022、β=1.59に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は2018～2022年平均の添加効率（0.05）と2018～2022年平均の放流尾数（324.0万尾）との積とした。

補足表 9-3. 将来の親魚量の平均値の推移

a) 2018～2022 年の加入量水準に基づく加入のみを想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	2,402	2,458	2,876	3,175	3,392	3,540	3,638	3,701	3,737	3,760	3,779	3,790
0.9			2,959	3,342	3,631	3,835	3,975	4,068	4,123	4,160	4,188	4,205
0.8			3,043	3,518	3,888	4,161	4,353	4,483	4,565	4,620	4,661	4,688
0.7			3,131	3,704	4,168	4,521	4,776	4,955	5,072	5,152	5,211	5,250
0.6			3,221	3,901	4,470	4,919	5,253	5,491	5,654	5,767	5,852	5,909
0.5			3,314	4,110	4,799	5,359	5,788	6,103	6,324	6,483	6,602	6,685
0.4			3,410	4,331	5,155	5,846	6,392	6,802	7,099	7,317	7,483	7,603
0.3			3,508	4,565	5,542	6,387	7,073	7,602	7,996	8,292	8,522	8,693
0.2			3,610	4,813	5,962	6,986	7,841	8,518	9,036	9,437	9,752	9,994
0.1			3,715	5,075	6,417	7,651	8,710	9,570	10,247	10,783	11,214	11,554
0.0			3,823	5,354	6,913	8,390	9,693	10,780	11,657	12,371	12,958	13,432
現状の漁獲圧			2,431	2,358	2,306	2,272	2,251	2,242	2,232	2,228	2,229	2,229

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	2,402	2,458	2,925	3,331	3,635	3,853	4,004	4,106	4,167	4,206	4,234	4,251
0.9			3,008	3,503	3,885	4,169	4,369	4,508	4,594	4,650	4,690	4,716
0.8			3,093	3,684	4,156	4,516	4,778	4,963	5,081	5,160	5,218	5,254
0.7			3,182	3,876	4,449	4,900	5,236	5,479	5,640	5,749	5,829	5,882
0.6			3,272	4,079	4,766	5,324	5,751	6,065	6,281	6,431	6,541	6,617
0.5			3,366	4,294	5,110	5,792	6,329	6,733	7,018	7,222	7,374	7,481
0.4			3,462	4,521	5,483	6,310	6,979	7,495	7,869	8,144	8,352	8,502
0.3			3,562	4,762	5,887	6,884	7,712	8,365	8,853	9,220	9,503	9,714
0.2			3,664	5,017	6,326	7,520	8,538	9,362	9,993	10,481	10,864	11,158
0.1			3,770	5,287	6,801	8,225	9,471	10,504	11,318	11,962	12,480	12,888
0.0			3,878	5,573	7,318	9,007	10,525	11,816	12,860	13,708	14,404	14,968
現状の漁獲圧			2,476	2,487	2,492	2,494	2,496	2,501	2,499	2,499	2,503	2,504

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される 1,070 トンとし、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（F2020-F2022、 $\beta = 1.59$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2018～2022 年平均の添加効率（0.05）と 2018～2022 年平均の放流尾数（324.0 万尾）との積とした。

補足表 9-4. 将来の漁獲量の平均値の推移

a) 2018～2022 年の加入量水準に基づく加入のみを想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	1,070	734	832	897	941	970	991	1,003	1,011	1,016	1,019	1,023
0.9		670	779	857	910	948	974	991	1,001	1,009	1,014	1,018
0.8		604	720	808	871	916	948	970	984	993	1,000	1,005
0.7		536	656	751	821	873	911	937	955	967	975	982
0.6		466	585	683	759	817	860	890	911	926	936	944
0.5		394	508	605	684	744	791	824	848	866	878	888
0.4		320	423	515	591	652	700	735	761	781	795	806
0.3		244	330	411	480	536	582	617	643	663	678	690
0.2		165	229	292	347	393	431	462	485	503	517	528
0.1		84	119	155	188	216	240	260	275	287	297	305
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧		1,080	1,058	1,027	1,006	994	989	985	983	982	982	984

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	1,070	741	860	953	1,020	1,065	1,096	1,117	1,129	1,137	1,143	1,148
0.9		676	805	909	986	1,039	1,077	1,102	1,118	1,129	1,136	1,142
0.8		610	744	856	942	1,003	1,047	1,077	1,097	1,111	1,120	1,127
0.7		541	677	795	887	955	1,005	1,040	1,064	1,080	1,092	1,101
0.6		470	604	723	819	892	947	987	1,014	1,034	1,048	1,058
0.5		398	523	640	736	812	870	913	944	966	982	994
0.4		323	436	544	636	710	769	814	846	870	888	902
0.3		246	340	434	516	584	639	682	714	739	757	772
0.2		166	236	307	372	427	473	509	538	560	577	590
0.1		84	123	164	202	235	263	286	305	319	331	341
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧		1,090	1,097	1,098	1,099	1,099	1,101	1,102	1,101	1,102	1,103	1,105

βを0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）から予測される1,070トンとし、2025年漁期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（F2020-F2022、β=1.59に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は2018～2022年平均の添加効率（0.05）と2018～2022年平均の放流尾数（324.0万尾）との積とした。

補足資料 10 1B ルールにおける代替漁獲管理規則（上限下限ルール）の検討

漁獲管理規則（Harvest Control Rule, HCR）とは、資源量の水準や状態に応じて、とるべき漁獲の強さや漁獲量を自動的に計算するためのルールである（Deroba and Bense 2008）。資源管理においては、漁獲管理規則をあらかじめ合意しておくことにより、毎年、資源状態を見ながら漁獲枠を議論する際の透明性が確保できる。我が国資源で検討・導入されている漁獲管理規則、または、ステークホルダーによって合意された漁獲シナリオについても、基本的に、管理期間内で一貫したものをを用いることが想定されており、管理期間内の漁獲圧を一定とする方策が基本になっている。

令和 2 年度の漁獲管理方針に関する検討会において、漁獲量の変動を緩和するルールの検討が求められ、直近数年間の漁獲量を一定にしたり、例外措置を適用したりするような代替ルールが考案された。代替ルールの検討を行う際には、その必要性と目的に沿うものであるとともに、代替ルールを用いたとしても管理期間 10 年にわたって目標が達成されるように設計する必要がある。

本稿では 1B ルール下での推定結果から、管理開始年には（？）大幅に漁獲量を減らすような提案になっている。しかし、この提案で管理をした場合に、50%以上の確率で目標管理基準値（SBmsy proxy）に到達する年数は 3 年と非常に早く、漁獲量の削減を緩やかに行ったとしても、管理を開始して 10 年以内には目標を達成することが想定される。そこで、管理を開始する年の漁獲量の削減率およびその後の年々の漁獲量の変動幅（以、「CV」と呼ぶ）を一定範囲以内とする代替漁獲管理規則（上限下限ルール）を検討した。なお、代替漁獲管理規則に関するガイドラインは FRA-SA2024-ABCWG02-06（水産研究・教育機構 2024）にまとめられている。

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

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

C_t の制限期間は 2025 年から 10 年間（10y）を設定し、それ以降は通常の漁獲管理規則に従う管理を検討した。漁獲量の変動幅（CV）については、前年比±10%以内（CV10: $U=1.10$, $L=0.90$ ）、±20%以内（CV20: $U=1.20$, $L=0.80$ ）の 2 通りを検討した。標準値である $\beta=0.7$ をベースケースとして将来予測のシミュレーションを行い、基本的漁獲管理規則等の結果を比較した。

それぞれの漁獲管理規則における将来予測の結果を補足図 10-1 に示した。管理規則導入期間を通した漁獲量の指標として、管理開始当初（2025 年）、管理中盤（2026～2029 年）、および管理終盤（2030～2034 年）の漁獲量の期間中の平均値を、基本的漁獲管理規則と変動幅の異なる代替漁獲管理規則（10y_CV10、10y_CV20）で比較した（補足表 10-1）。10y_CV10、10y_CV20 とともに、管理当初の平均漁獲量は基本とされている漁獲管理規則（ $\beta=0.7$ ）を適用した場合より高く、管理中盤以降では同等かより低くなった。

資源の持続性を示す指標として、管理開始から 5 年後（2030 年）と 10 年後（2035 年）の平均親魚量を比較した（補足表 10-1）。いずれの代替漁獲管理規則でも 2030 年と 2035 年の平均親魚量は基本的漁獲管理規則の値を下回った。

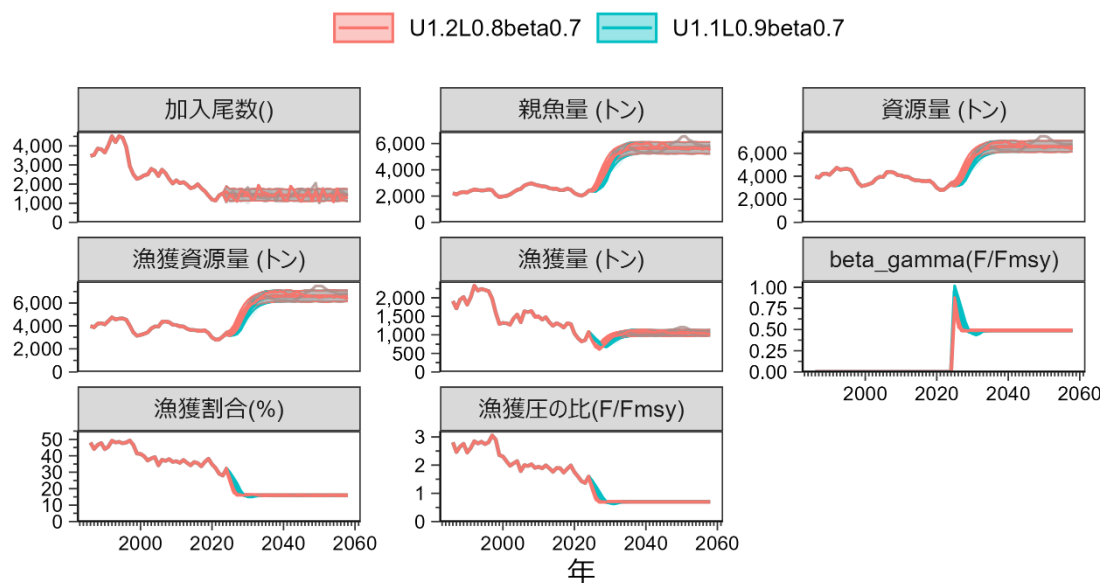
10 年後の予測親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は、いずれの管理規則であっても 50%を上回った（補足表 10-1）。また、資源が望ましくない状態に陥るリスクの指標として、管理規則が導入された 10 年間で 1 度でも限界管理基準値案、禁漁水準案を下回る確率を比較したところ、10y_CV10 および 10y_CV20 で親魚量が限界管理基準値案を下回る確率は 0%であった。また、漁獲量が半減する確率は、いずれの漁獲管理方策でも 0%であった。

管理期間 10 年間で予測される漁獲量の変動の指標として、平均年変動（AAV: annual average variation）、最低漁獲量（MinC: minimum catch）を漁獲管理規則の間で比較したところ、AAV に違いはなかった。さらに MinC は基本的漁獲管理規則で 547 トンであるのに対し、代替漁獲管理規則では 671~719 トンと多くなった。加えて、将来予測の結果から、代替漁獲管理規則を適用した場合でも資源量や親魚量が現状より大きく増加することが示唆された（補足図 10-1）。補足表 10-2、10-3、10-4、10-5 に上限下限ルールを適用した場合の将来予測結果について示す。

以上の結果をもとに、代替漁獲管理規則を提案する際のガイドライン（FRA-SA2024-ABCWG02-06 水産研究・教育機構 2024）にもとづき代替漁獲管理規則のカテゴリ分けを行った（補足表 10-1）。 $\beta=0.7$ の場合、いずれの管理規則であってもカテゴリ 3（目標達成確率が 50%以上かつリスクが $\beta=0.7$ の値以下）と判断された。

引用文献

- 水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年度代替漁獲管理規則（代替ルール）を提案する際のガイドライン. 水産研究・教育機構, 4 pp. <https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/07/FRA-SA2024-ABCWG02-06.pdf>.
- 市野川桃子・西嶋翔太・向草世香・黒田啓行・大下誠二 (2022) 改正漁業法下での様々な代替漁獲管理規則の検討: マイワシ 2 系群を例に. 日本水産学会誌, **88**, 239-255. https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan/88/4/88_21-00041/_pdf/-char/ja
- Deroba, J. & Bence, J. (2008) A Review of Harvest Policies: Understanding Relative Performance of Control Rules. Fisheries Research. **94**. 210-223. 10.1016/j.fishres.2008.01.003



補足図 10-1. CV10, CV20 を 10 年間固定した場合 (10y) の将来予測結果 ($\beta=0.7$ の場合)
 太線は平均値、網かけはシミュレーション結果の 80% が含まれる 80% 予測区間を示す。
 青色は CV10、赤色は CV20 の結果を示す。

補足表 10-1. 代替漁獲管理規則（上限下限ルール）のシナリオ評価（ $\beta=0.7$ の場合）

漁獲管理 方策案	β	予測平均漁獲量 (トン)				10年後に 目標管理 基準値案 を上回る 確率	リスク (10年間に1度でも 起きる確率)		管理期間10年間 (2025-2034年) で予測される漁獲量の変動				
		1年目 2025年	2-5年目 平均 2026- 2029年	6-10年 平均 2030- 2034年	5年後 2030年		10年後 2035年	親魚量が 禁漁水準 値案を下 を下回る 回数	親魚量が 禁漁水準 値案を下 を下回る 回数	平均年 変動 AAV※	平均 減少率 ADR※	最大減少 率 MDR※	最低漁獲 量 (トン) MinC※
3 Base	0.7	547	813	1,010	5,066	5,608	100%	0.00%	0.00%	0.08	-0.01	-0.01	547
3 10y_CV10	0.7	968	789	945	4,382	5,543	100%	0.00%	0.00%	0.07	-0.09	-0.10	719
3 10y_CV20	0.7	861	763	989	4,804	5,567	100%	0.00%	0.00%	0.08	-0.13	-0.20	671

※AAV (annual average variation) は漁獲量の増減を考慮した変動の大きさを表す指標。ADR (average depletion ratio) と MDR (maximum depletion ratio) は前年と比べて漁獲量が減少した場合のみに注目した指標であり、管理期間中に漁獲量が減少した場合、その減少率の平均をとったものが ADR、最大値をとったものが MDR である。MinC (minimum catch) はシミュレーションの中で観測された最低漁獲量である。

補足表 10-2. 上限下限ルールを適用した場合の将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
基本ルール	0.7	0	0	0	19	88	100	100	100	100	100	100	100
CV10	0.7			0	0	4	36	76	96	100	100	100	100
CV20	0.7			0	1	34	86	99	100	100	100	100	100

補足表 10-3. 上限下限ルールを適用した場合の将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
基本ルール	0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CV10	0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CV20	0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 10-4. 上限下限ルールを適用した場合の将来の親魚量の平均値の推移 (トン)

	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
基本ルール	0.7	2,402	2,483	3,215	3,845	4,370	4,774	5,066	5,263	5,393	5,482	5,556	5,608
CV10	0.7			2,671	2,943	3,366	3,890	4,382	4,786	5,087	5,296	5,446	5,543
CV20	0.7			2,810	3,344	3,939	4,429	4,804	5,076	5,264	5,395	5,497	5,567

補足表 10-5. 上限下限ルールを適用した場合の将来の漁獲量の平均値の推移 (トン)

	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
基本ルール	0.7	1,076	547	678	785	866	925	968	996	1,015	1,030	1,041	1,048
CV10	0.7		968	871	784	729	772	841	905	958	997	1,023	1,038
CV20	0.7		861	689	696	794	872	929	969	996	1,017	1,032	1,042

MSY を目標とした $\beta = 0.7$ (1B ルールの標準値) の基本的漁獲管理規則案 (基本ルール) に基づく管理とし, 前年漁獲量からの変動幅を制限する管理規則 (上限下限ルール) を適用した将来予測結果を示す。

補足資料 11 チューニング VPA 更新後における親魚量と加入量関係

令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の研究機関会議にて再生産関係の検討および、候補となった再生産関係による管理基準値の算出を検討した(増渕ほか 2022)。再生産関係を検討する際に使用するデータ期間も検討項目とし、資源評価結果の全期間である 1986~2020 年のほか、全長制限の導入、自然死亡への影響が想定されるネオヘテロボツリウム症の蔓延状況、資源評価データの整備状況を考慮し、1999 年~2020 年のみを対象とした場合の検討も行った。

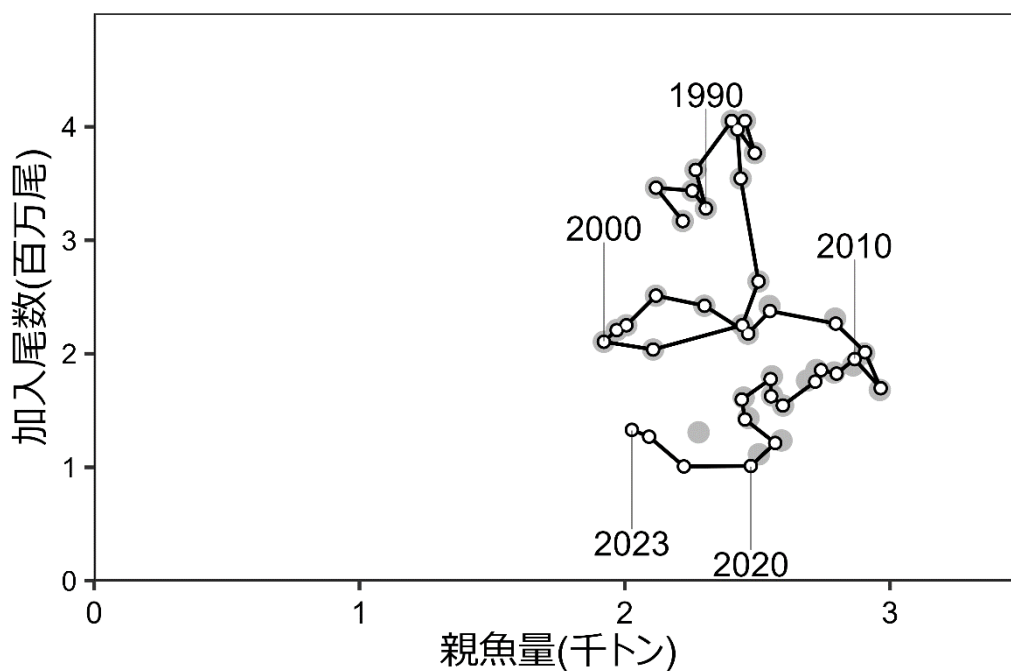
いずれのデータ参照期間でも、再生産関係の最適化手法には最小二乗法を用い、自己相関を同時推定によって考慮した HS 型再生産関係式と RI 型再生産関係が候補となったが、候補となった HS 型、RI 型の再生産関係から得られる管理基準値は大きく異なった。このように不確実性の高い状況でどちらか一方の再生産関係を選択した場合、親魚量が現状もしくは過去最低親魚量を下回るリスクの増加や将来の漁獲量が減少することなど想定された。こういった状況を考慮して、1B 系の管理規則を適用し、Fmsy の代替値 (Fmsy proxy) に基づく管理基準値案を提示し参画機関内で合意した。

一方で、漁獲情報以外の生態的な知見の更新等により、本系群の資源動態を反映していると判断できる再生産関係が推定される、もしくは管理方策の基礎情報や資源動向が大幅に変化するなど、管理基準値や漁獲管理規則を見直しが必要と判断される場合には、次の管理基準値の見直しが想定される 5 年後を待たずとも、再度、管理基準値を更新することが合意されている。

本年度の評価にあたって生物パラメータの変更は行っていないが、直近年 (2023 年) のデータを加えたことによるチューニング VPA 更新後の親魚量と加入量の関係を補足図 11-1 に示す。直近 5 年間 (2019~2023 年) の値に関しては、チューニング手法の影響等を受け親魚量が下方修正、加入量が上方修正された。

引用文献

- 増渕隆仁・下瀬 環・井関智明 (2022) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海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. 1-130. FRA-SA2022-BRP16-01. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220930/FRA-SA2022-BRP16-01.pdf (last accessed August 14 2023)
- 増渕隆仁・下瀬 環・井関智明 (2023) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源評価. FRA-SA2022-RC05-01, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 37pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_63.pdf



補足図 11-1. 加入量と親魚量関係の比較

1986～2022 年における親魚資源量と翌年（1987～2023 年）の 1 歳魚の加入尾数関係。プロットは最新の資源評価結果から求めたものである。図中の数字は 1 歳魚が加入した年を示す。灰色丸印は研究機関会議時の、白抜き黒色丸は 2024 年資源評価において推定された親魚量と翌年の天然のみ加入量である。