

令和3（2021）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
水産技術研究所 企画調整部門

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

本系群の資源量についてコホート解析により推定した。資源量は1997年までは4,000トン前後であったが、1998年から2002年はやや減少して3,000～3,300トンで推移した。2003～2013年はやや回復し3,500～4,000トンで推移したが、2013年以降は減少傾向にあり、2020年資源量は1986年以降の最低となる2,547トンと推定された。再生産成功率が低い水準にある。加入量と再生産成功率の上位10%の交点となる親魚量(2,560トン)をBlimitとした。2020年の親魚量(1,987トン)はこれを下回っている。中位と低位の境界値をBlimitとすると、資源水準は低位、動向は最近5年間(2016～2020年)の資源量の推移から減少と判断した。親魚量をBlimitまで回復させることを管理目標として、ABC算定規則の1-1)-(2)に基づき2022年ABCを算定した。2020年以降の再生産成功率が直近年を除く過去5年間(2014～2018年)の平均値、人工種苗放流が現状と同程度で継続されるとする仮定の下で計算されたFrecによる2022年の漁獲量649トンをABClimit、さらに不確実性を考慮して安全率 α を0.8とする $0.8Frec$ による漁獲量539トンをABCtargetとした。本種は栽培漁業対象種であり、2020年の放流尾数は417.9万尾、基礎データの制約により精度の問題は残るが、2020年の混入率は14.4%、添加効率(放流魚の漁獲加入までの生残率)は0.03と推定された。

管理基準	Target/ Limit	2022年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
Frec	Target	539	24	0.30 (-48%)
	Limit	649	29	0.38 (-35%)

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の増大が期待されるF値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。現状のF($F_{current}$)は、2017～2019年のFの平均値であり、0.59である。漁獲割合は2022年の漁獲量/資源量、F値は各年齢の平均値である。ABCに0歳魚は含まれない。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	3,205	2,327	1,204	0.56	38
2018	3,236	2,426	1,321	0.59	41
2019	2,985	2,297	1,296	0.62	43
2020	2,547	1,987	1,056	0.59	41
2021	2,344	1,757	943	0.59	40
2022	2,274	1,646	-	-	-

2021 年、2022 年の値は、将来予測に基づく値。

水準：低位 動向：減少

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	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)県) ・市場測定 ・耳石による年齢査定
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	2019 年までの県別・水域別放流尾数(水産機構)
漁労体数・出漁日数 (漁獲努力量参考値)	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) (平成 18 年度まで)
放流魚混入率	栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績(水産庁増殖推進部、国立研究開発法人水産研究・教育機構、公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会および県単独事業データ(石川～鹿児島(11)県) ・市場測定

1. まえがき

2020 年の全国のヒラメ漁獲量 6,386 トンに対し、その 16.5%にあたる 1,056 トンが日本海中部(石川県以西)から九州西岸(鹿児島県佐多岬以西)に至る水域で漁獲された。本報告では、この海域に分布する群を単一の系群として扱う。なお、東シナ海における以西底びき網漁業による漁獲は含まない。ヒラメは栽培漁業の対象種として、1980 年代から事業規模で放流が実施されてきたが、近年の本系群の放流尾数は減少しており、1999 年には 913.5 万尾であった(補足表 3-3)ものが 2020 年は 417.9 万尾となっている。

ヒラメの資源評価については、ひとつの系群内に分布回遊が異なる群が混在し、その結果として漁獲量動向が異なること要因である可能性が指摘された(木所ほか 2021)。従来の日本海北・中部系群では、中部(石川～兵庫)の漁獲量変動が北部(青森～富山)と異

なる。一方、で日本海中部系群は、日本海西部・東シナ海系群と相関が高いことが示されたことから、今年度より日本海の系群の境界を兵庫／鳥取から富山／石川に変更することとした。

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部海域と福岡県から鹿児島県の九州西岸海域に分布する(図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月頃に内湾及び河口域の水深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)が下記の式によって示されている(金丸ほか 2007)。

体長

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

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

ここでの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最大全長も小さい。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歳を越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)。

(3) 成熟・産卵

2歳で約50%、3歳ですべてが成熟する(図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2020年の漁業種別漁獲量は、刺網(392トン:37%)、定置網(183トン:17%)、沖合底びき網(174トン:16%)、小型底びき網(171トン:16%)、延縄(117トン:11%)、など多種多様である(図4、図5)。また、県ごとの主要な漁法も異なる(図6)。本系群を対象とする2020年の県ごとの漁獲量は、長崎県(332トン)が最も多く、次いで、福岡(151トン)、山口(130トン)、島根(130トン)、熊本(126トン)、石川(48トン)、鳥取(37トン)、福井(33トン)、鹿児島(32トン)、京都(20トン)、佐賀(11トン)、兵庫(5トン)であった(図7、表2)。

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、釣りでは約8割に減少した(図8)。また、体長制限による0歳魚の漁獲規制が行われており、漁獲対象はほとんどが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、農林水産省統計部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、2020年の漁獲量は1,056トンとなった(図9、表1)。

全国のヒラメ漁獲量は1970年以降増減を繰り返しながら5,500~8,900トンの間で推移し、2020年の漁獲量は6,386トンとなり、全国のヒラメ漁獲量に対する本系群の占める割合は16.5%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600トン程度となっている(図9)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源量の評価には漁業種類別の年齢組成および漁獲量と体長測定資料を基に、各県ごとに漁業種類別年齢別漁獲尾数を推定した。それらを合計して得られた1986~2020年の年齢別漁獲尾数(図10、補足表2-1)を用いてコホート解析を行った(補足資料1)。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。そこで、コホート解析および将来予測は1歳以上の個体の年齢別漁獲尾数データを用いて行った。県によって推定されるヒラメの最高齢が異なるので、7歳魚以上の漁獲尾数を7+歳魚として計算した。年別年齢別資源尾数の算出には、Popeの近似式を用いた(Pope1972、補足資料2)。資源量は、推定した資源尾数に年齢別平均体重を乗じ、それを合計した値とした。親魚量は2歳魚の資源量の半分と3歳以上の資源量を合計した値とした。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を用いた。

(2) 資源量指標値の推移

本系群のヒラメは多種多様な漁業の対象となっている上に、操業形態も地域により異なる。2007年度以降は、本種を漁獲する主要漁業種の漁労体数や出漁日数が公表されていない。これらのことから漁獲努力量の把握は困難であり、コホート解析においてCPUEなどを用いるチューニングはしていない。

(3) 漁獲物の年齢組成

漁獲物全体に占める年齢別漁獲尾数は、0歳魚が9%、1歳が24%、2歳が31%、3歳が19%、4歳が11%、5歳が3%、6歳が1%、7歳以上が1%であり、2歳から3歳の漁獲尾数が多い傾向にあった（図11）。また、漁獲物全体に占める年齢別漁獲重量の割合を見ると、0歳魚が1%、1歳が5%、2歳が22%、3歳が26%、4歳が24%、5歳が10%、6歳が5%、7歳以上が7%であった。0～2歳が占める割合は1986～1997年までは50%以上であったが、その後低下し、近年は約30%程度となっている（図11）。また、成熟率が100%となる3歳魚以上が占める割合は1986～2003年までは50%を下回っていたが、それ以降は50%を上回り、2020年には71.7%となった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

本系群の資源量についてコホート解析により推定した。資源量は1986～1997年までは4,000トン前後であったが、1998年から2002年は若干低下して、3,000～3,300トンで推移した。2003～2013年はやや回復して概ね3,500～4,000トンであったが、2010年以降は減少傾向が続き、2020年資源量は2,547トンと推定された。（図12、補足表2-2）。資源尾数は1986～1996年に540万～680万尾で推移していた。1998～2012年の間には、緩やかな増減傾向を示し400万尾前後を維持していたが、2013年以降は減少傾向にあり、2019年には300万尾を下回って2020年の資源尾数は231.9万尾と推定された（図13、補足表2-3）。資源尾数の推移は、1997年頃に急減するまでは資源量と同じ動きを示していたが、2000年頃から連動しなくなった（図13）。これは、前項4.(3)に示すように3歳魚以上の占める割合が近年高くなっていることが主な要因であると考えられる。漁獲割合については、2000年頃まで資源量と連動していたが、2000～2005年においては資源量が増加する一方で、漁獲割合は低下した。その後、両者ともに緩い減少傾向を示したが、2012年頃からは資源量が減少傾向にあるのに対し、漁獲割合は増加傾向を示した（図12）。漁獲係数（F：年齢平均値）は、1986～2001年は0.6～0.8で推移し、1997年には0.82の最大値を示した。2001年以降は概ね0.5～0.6で推移し、2020年のFは0.59と推定された（図14、補足表2-4）。

自然死亡係数（M）の誤差が、コホート解析の結果に与える影響を検討した。Mを変化させた場合の資源量、親魚量、加入量の変動を図15、図16、図17に示す。解析に用いたM（0.208）に20%の誤差があった場合、その資源量、親魚量及び加入尾数の推定値が受ける影響は4～11%と推定された。

(5) 再生産関係

1 歳魚の資源尾数と放流された放流魚の混入率に基づいて、1 歳魚を天然魚と放流魚に分離し、再生産関係を検討した。親魚量と翌年の 1 歳魚加入尾数の関係（図 18、表 3）を見ると、1986～2002 年の間では親魚量の変化と連動して翌年の加入尾数が変化していた。しかし、2003～2009 年の親魚量の増加に対して、加入尾数の変化は横ばい及び減少傾向となり、親魚量の変化に連動していない。その後は両者ともに減少しているが、2015 年以降は親魚量に比べて加入量の減少がより大きくなっている。2020 年の親魚量は 1,987 トン、加入尾数は 83.1 万尾で、両者は過去最低値を示した（図 18、表 3）。再生産成功率（親魚量 1 kg あたりの翌年の 1 歳魚加入尾数）は 1986～1995 年までは 1.24～1.49 尾/kg であった。その後、1996～2002 年までは 0.84～1.05 尾/kg を維持していたが、それ以降減少傾向を示し、2019 年は 0.35 尾/kg であり低い水準である。（図 19、表 3）。

(6) Blimit の設定

1986～2019 年における親魚量と翌年の天然 1 歳魚加入尾数の関係を図 19 に示す。

本系群では、Blimit を高い再生産成功率であれば高い加入量が得られる親魚量の閾値として、加入量の上位 10%（R-High）と、再生産成功率の上位 10%（RPS-High）の交点となる親魚量（2,560 トン）とした（図 20）。

(7) 資源の水準・動向

資源水準の判断には親魚量を用い、Blimit（2,560 トン）を中位と低位の境界とした。2020 年の親魚量は 1,987 トンで（表 3）、Blimit を下回っていることから水準を低位と判断した。なお、資源解析を開始した 1986 年以降において、親魚量の最高値（2008 年の 2,950 トン）は最低値（2020 年の 1,987 トン）の 1.5 倍程度であり、資源水準の基準となる親魚量の変動幅が非常に小さい（表 3）。このため、本系群については中位と高位の区分は困難と判断し、高位水準の設定は行っていない。資源動向の判断には資源量を用いた。コホート解析から推定された直近 5 年間（2016～2020 年）の資源量の推移から（図 13、補足表 2-3）、減少と判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

将来予測における加入量の計算は、再生産関係から求められる天然加入尾数に、近年の種苗放流尾数の動向を反映させるため、2019 年放流尾数に添加効率を乗じた値を加えて初期資源尾数とした。また、再生産成功率（ $t+1$ 年の天然 1 歳魚加入尾数/ t 年の親魚量；尾/kg）は、1991 年の 1.49 をピークとして、現在、低下傾向にあり（図 19、表 3）、2019 年は過去最も低い 0.35 であった。ABC 算定および資源の将来予測における 2020 年以降の再生産成功率には、直近年の不確実性（2016 年、2017 年の親魚量のレトロバイアス）を考慮しつつ近年の傾向を反映させるため、直近年（2019 年）を除く過去 5 年間（2014～2018 年）の平均値（0.55）を仮定した。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

2020 年以降の再生産成功率（天然及び放流魚由来の親魚と天然 1 歳魚の関係）は、直近

年を除く、過去5年間（2014～2018年）の平均値である0.55（尾/kg）とした。各年齢の選択率は2020年と同じで推移すると仮定し、1尾の1歳魚が生涯に残す1歳魚尾数の期待値を1にする生残率を与えるFを探索的に求めて、資源量維持を目標とする閾値を F_{sus} （0.49）とし、 B/B_{limit} で F_{sus} を引き下げた F_{rec} （0.38）を算出した。また、漁獲係数Fと漁獲がない場合を100%としたときの加入量あたり親魚量（%SPR）および加入量あたり漁獲量（YPR）の関係を図21に示す。2020年のF（ $F_{current}$: 0.59）は、30%SPRを達成する $F_{30\%SPR}$ （0.30）、YPRが最大となる F_{max} （0.33）および F_{rec} （0.38）を上回っている（図21）。

（10）種苗放流効果（補足資料3）

参画県すべての12県でヒラメ種苗が放流されており、2019年における放流数は合計で417.9万尾であった（補足表3-2）。2020年の調査で得られたデータでは、放流種苗の混入率は日本海中部海域の各県で5.3～10.0%、日本海西部海域の各県で1.2～18.5%、東シナ海海域の各県で11.1～27.7%となった（補足表3-1）。各海域でグループ化し、混入率の平均値を漁獲尾数により重み付けして計算した場合、2020年における系群全体での放流種苗の混入率は14.4%と推定された（補足表3-3）。なお、石川県、福井県、京都府、兵庫県、山口県、福岡県、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、2020年における添加効率は0.03と推定され（補足表3-3）、種苗放流は天然の加入群を下支えする一定の効果があると考えられる。2020年度の資源評価を基に、現状のF値、再生産成功率、及び現状の放流強度（417.9万尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合、漁獲量の差は139トン、資源量の差は355トンと推定された（補足図3-1、補足図3-2）。

5. 2022年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

本系群の資源量は1997年までは4,000トン前後であったが、1998年から2002年は3,000～3,300トンで推移した。2003～2013年はやや回復し3,500～4,000トンで推移したが、2013年以降は減少傾向にあり、2020年資源量は2,547トンと推定された。（図12、補足表2-2）。2020年親魚量は1,987トンで B_{limit} を下回っているため資源水準は低位、動向は最近5年間（2016～2020年）の資源量の推移から減少と判断した（図13）。

（2）ABCの算定

資源量が推定されており、現状の親魚量は B_{limit} を下回っていることから、ABC算定のための基本規則1-1)-(2)の $F_{limit} = F_{rec}$ 、 $F_{target} = F_{limit} \times \alpha$ （ α は安全率）に基づいて2022年ABCを算定した。 F_{rec} は、親魚量 B_{limit} まで回復させることを管理目標として、資源を中・長期的に維持する基準値 F_{sus} （0.49）を B/B_{limit} の比率（0.78）で引き下げた値（0.38）とした。 F_{rec} を算定するにあたり、2021年以降の加入量を仮定するために、2020年以降の再生産成功率に直近年を除く過去5年間（2014～2018年）の平均値0.55を用いた。なお、直近年である2019年の再生産成功率は、親魚量推定値の不確実性を考慮して、平均値の計算から除いた。種苗放流尾数およびその添加効率は、現状と同程度（放流尾数392万尾（2017～2019年の平均放流尾数）、添加効率0.03（2019年の添加効率））とした。

2021年の漁獲係数は2020年の漁獲係数と同値とし、各年齢への漁獲選択率は2020年と同値を仮定した。

上述の仮定のもと、Frecで漁獲した場合、2022年の漁獲量は649トンで、これをABClimitとした。また、不確実性を考慮して安全率 α に標準値0.8を採用し、 $0.8F_{rec}$ による漁獲量539トンをABCtargetとした。

管理基準	Target/ Limit	2022年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値から の増減%)
Frec	Target	539	24	0.30 (-48%)
	Limit	649	29	0.38 (-35%)

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大が期待されるF値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。現状のF($F_{current}$)は、2017~2019年のFの平均値であり、0.59である。漁獲割合は2022年の漁獲量/資源量、F値は各年齢の平均値である。ABCに0歳魚は含まれない。

(3) ABCの評価

再生産成功率を過去5年平均と仮定し、複数の漁獲シナリオに基づいてFを変化させた場合の漁獲量、資源量及び親魚量を下表と図22、図23、図24に示す。将来予測においては、2021年の漁獲係数は2020年と同じ、また2022年以降は年齢別選択率を2020年と同じとし、漁獲係数の年齢平均値が各資源管理基準のF値となるよう設定した。 $F_{current}$ (0.59)は、親魚量を B_{limit} まで回復させることを目標とした限界値Frec(0.38)を上回っている(図21)。このため、現在のFで漁獲すると漁獲量、資源量及び親魚量は今後減少することが予測される。また、 F_{limit} (Frec)及び安全率を乗じた F_{target} ($0.8F_{rec}$)の下で漁獲を行えば、漁獲量、資源量および親魚量は増加することが予測された(図22、図23、図24)。

管理基準	F 値	漁獲量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
0.8Frec	0.30	1,056	943	539	672	804	922	1,054	1,230
0.8Fcurrent	0.47	1,056	943	769	828	878	908	941	985
Frec	0.38	1,056	943	649	756	855	934	1,021	1,133
Fcurrent	0.59	1,056	943	908	884	868	838	813	793
管理基準	F 値	資源量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
0.8Frec	0.30	2,547	2,344	2,274	2,775	3,259	3,780	4,375	5,084
0.8Fcurrent	0.47	2,547	2,344	2,274	2,425	2,540	2,640	2,749	2,872
Frec	0.38	2,547	2,344	2,274	2,608	2,905	3,202	3,527	3,901
Fcurrent	0.59	2,547	2,344	2,274	2,212	2,150	2,081	2,022	1,972
管理基準	F 値	親魚量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
0.8Frec	0.30	1,987	1,757	1,646	2,154	2,583	2,954	3,421	3,998
0.8Fcurrent	0.47	1,987	1,757	1,646	1,831	1,936	1,992	2,076	2,177
Frec	0.38	1,987	1,757	1,646	2,000	2,262	2,463	2,716	3,020
Fcurrent	0.59	1,987	1,757	1,646	1,634	1,591	1,530	1,487	1,452

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
系群区分の変更に伴うデータセットの全て	2020年までの漁獲量 2020年までの年齢別漁獲尾数 2020年までの年齢別資源尾数(再生産関係)、漁獲係数(年齢別選択率)

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン) (実際の F 値)
2020 年 (当初)	Fsus	0.49	3,395	1,194	1,003	
2020 年 (2020 年再評価)	Fsus	0.51	3,075	1,095	921	
2020 年 (2021 年再評価)	Frec	0.38	2,547	751	625	1,056 (0.59)
2021 年 (当初)	Fsus	0.51	3,097	1,093	919	
2021 年 (2021 年再評価)	Frec	0.38	2,344	675	561	

F 値は各年齢の平均値である。

2020 年（当初）、2020 年（2020 年再評価）、2021 年（当初）は、昨年度までのヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源評価における数値である。本年度は系群区分を変更したため、取り扱う漁業データが異なっており、定量的に比較することは不可能である。なお、従来の系群区分での計算結果（補足資料 4）を用いて再評価を行った場合、2020 年（2021 年再評価）と 2021 年（2021 年再評価）の資源量はそれぞれ 2,547 トン、2,344 トンと推定され、いずれも下方修正された。これは 2020 年の漁獲尾数が少なかったため、コホート解析により求めた 2020 年の資源尾数が前年度に将来予測した資源尾数を下回ったことによるものである。資源量の下方修正に加え、管理基準が Frec に更新されるため、ABC も下方修正された。

6. ABC 以外の管理方策の提言

現状の F で漁獲し、現状の放流強度（417.9 万尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合の 2026 年の漁獲量の差は 139 トン、資源量の差は 355 トンであると算定された（補足図 3-1）。また、本系群におけるヒラメの漁獲の各県ごとにばらつきはあるが、1.2～27.7% は、放流種苗の由来であり（補足表 3-1）、天然の加入群を下支えする一定の効果があると考えられる。一方、本系群における再生産成功率（親魚量 1 kg あたりの 1 歳魚加入尾数）は 1986～1995 年までは 1.24～1.49 尾/kg であった。その後、1996～2002 年までは 0.84～1.05 尾/kg を維持していたが、それ以降減少が続き、2019 年の再生産成功率は 0.35 尾/kg となった（図 19、表 3）。近年の再生産成功率は低い水準が続いている。トラフグで認識されている放流サイズや放流場所を考慮した有効放流尾数についても検討し、資源を効果的に増加させる種苗放流を実施することも一つの重要な方策であろう。

本年度から、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、日本海中西部・東シナ海系群として資源評価を行った。従来系群の試算結果を補足資料 4 に示す。動向・水準ともに系群区分に

伴った大きな違いは観察されなかったが、引き続き、資源評価にかかる調査研究を通して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。

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.
- 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.
- 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**, 37-49.

(執筆者：増淵隆仁、下瀬 環、中川雅弘)

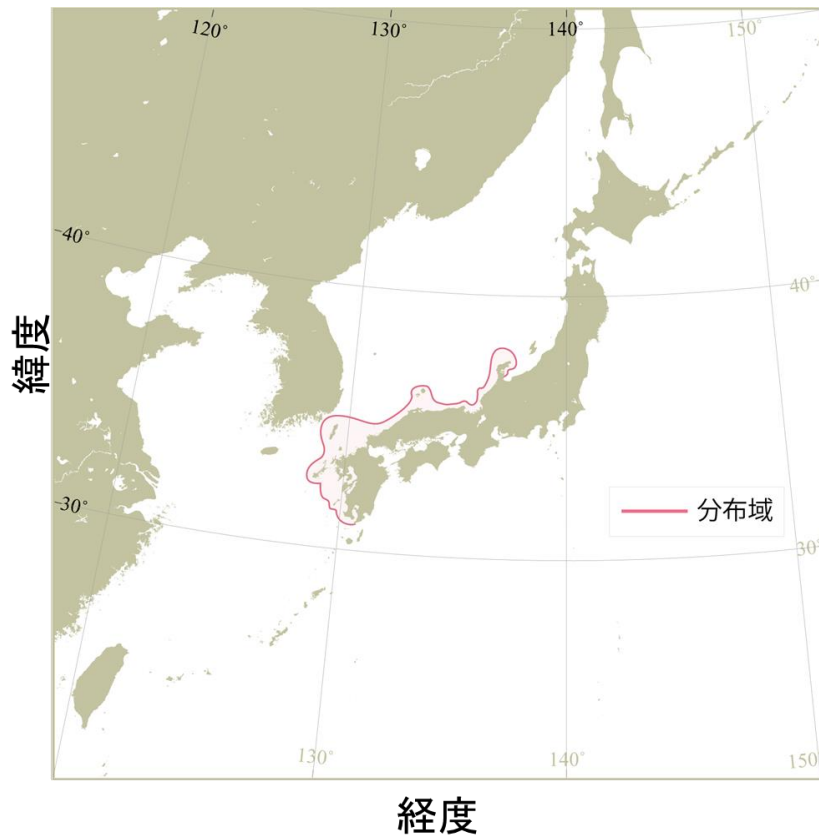


図1. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の分布水域

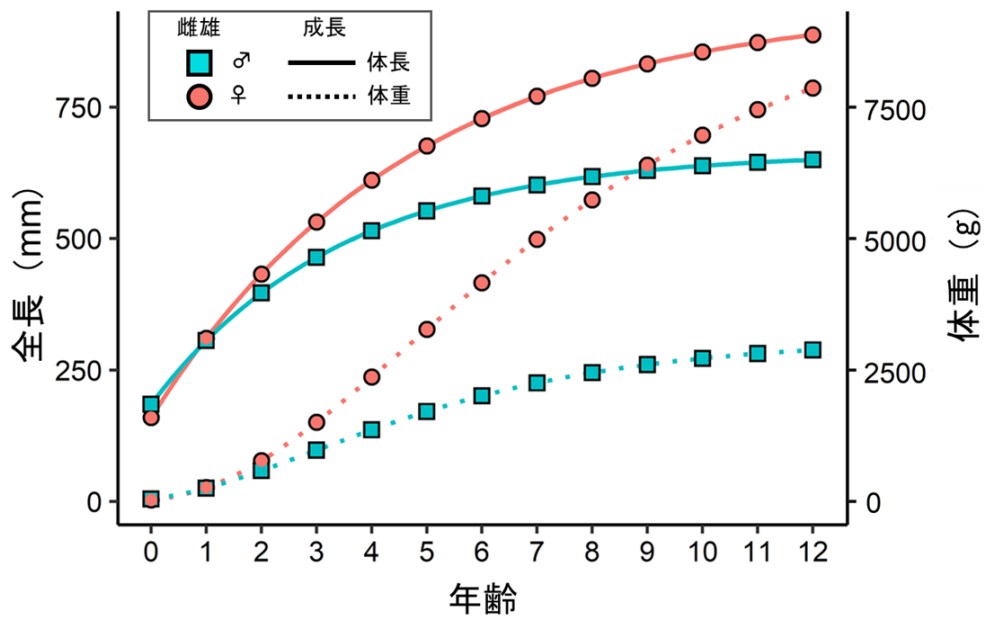


図2. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の成長

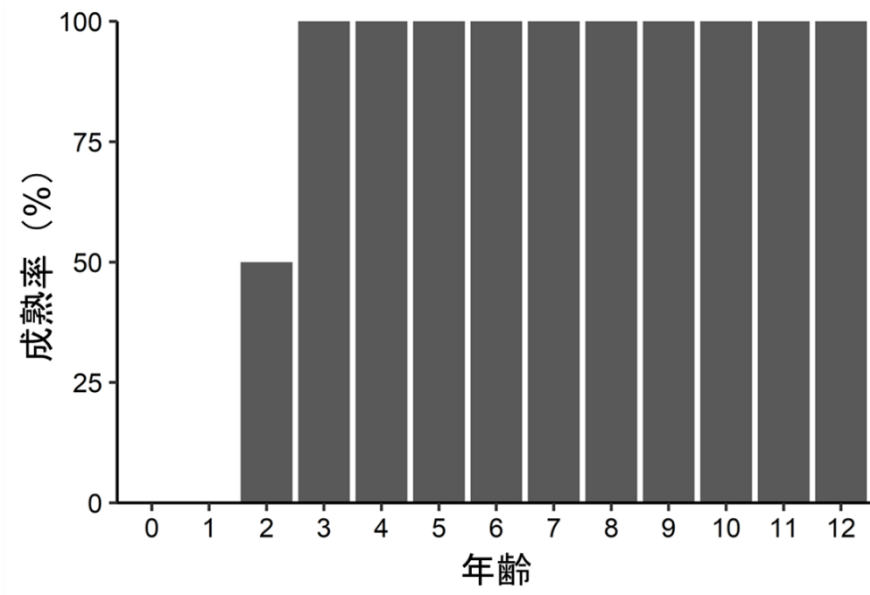


図3. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

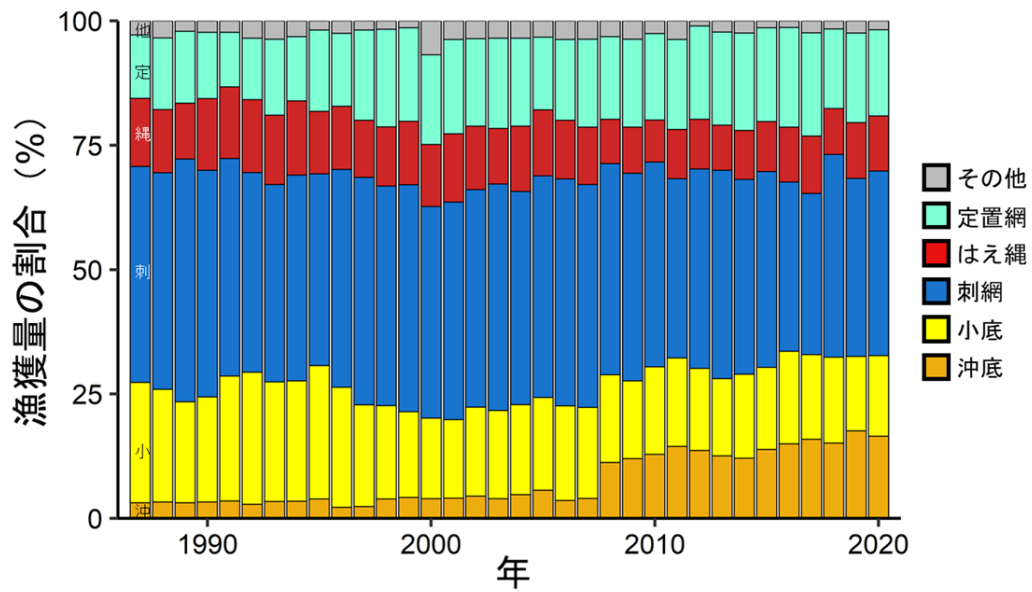


図4. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群における漁業種類別漁獲量割合の推移 (農林統計)

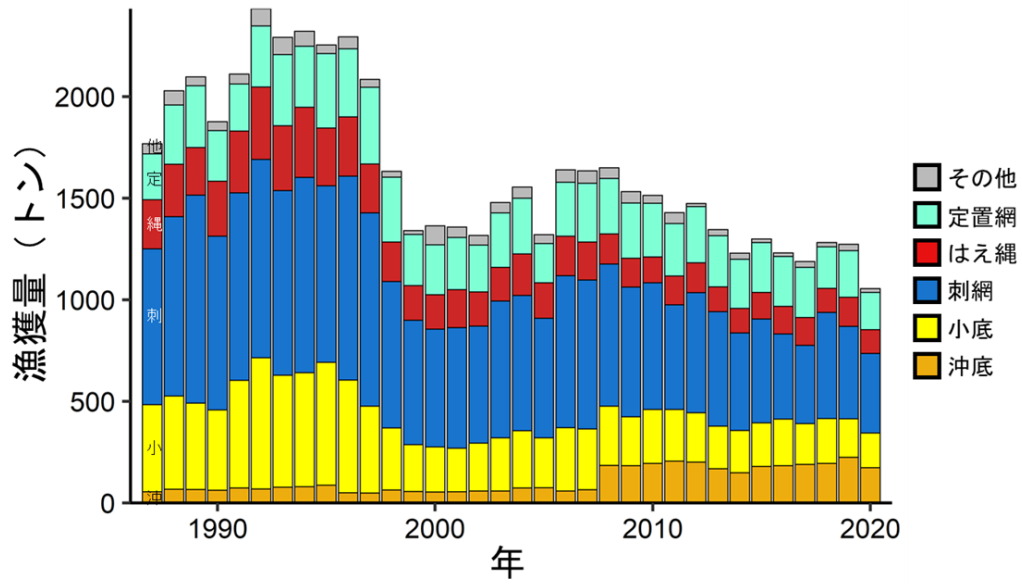


図5. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群における漁業種類別漁獲量の推移 (農林統計)

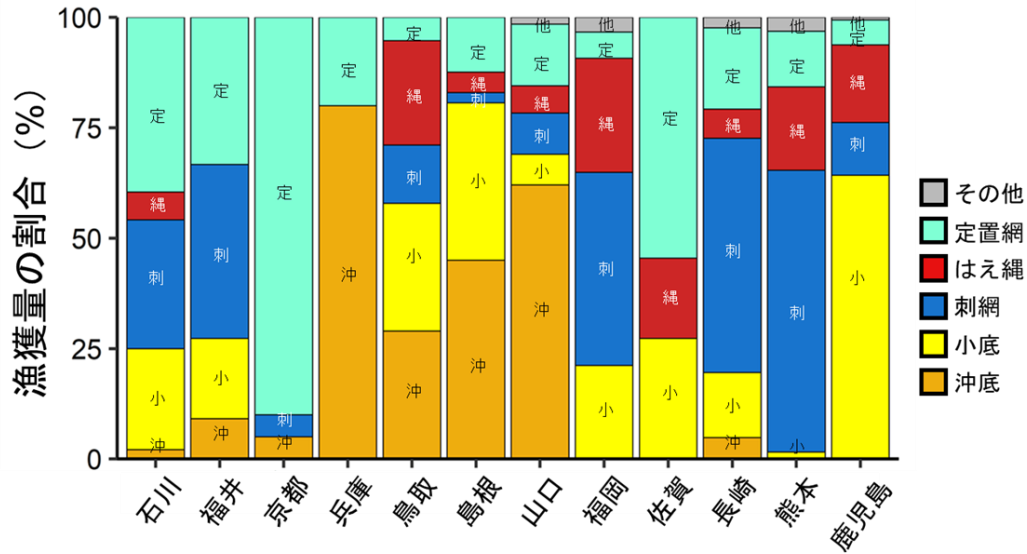


図6. 2020年のヒラメ日本海中西部・東シナ海系群における県別漁業種類別漁獲量割合 (農林統計)

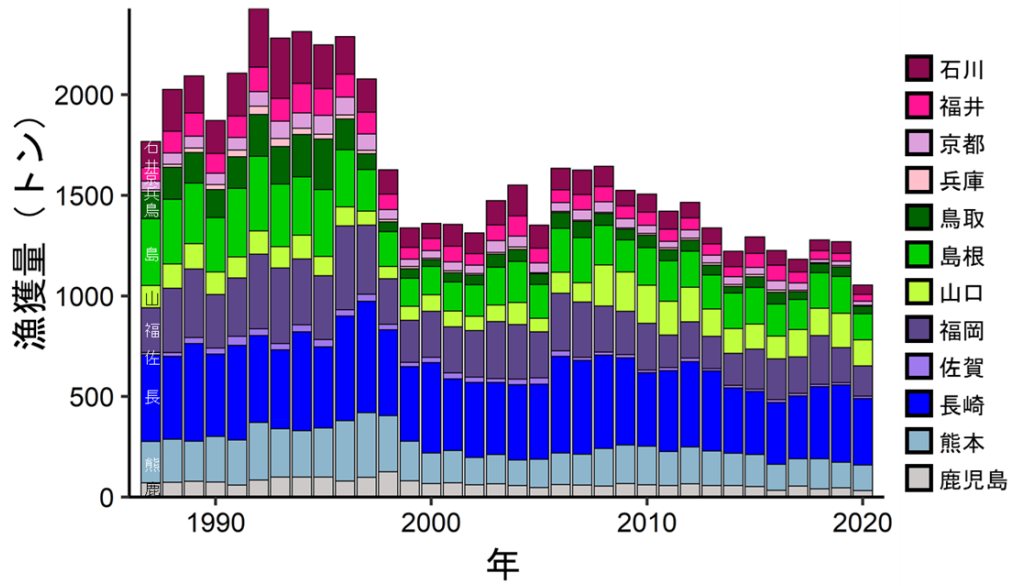


図7. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群における県別漁獲量の経年変化 (農林統計)

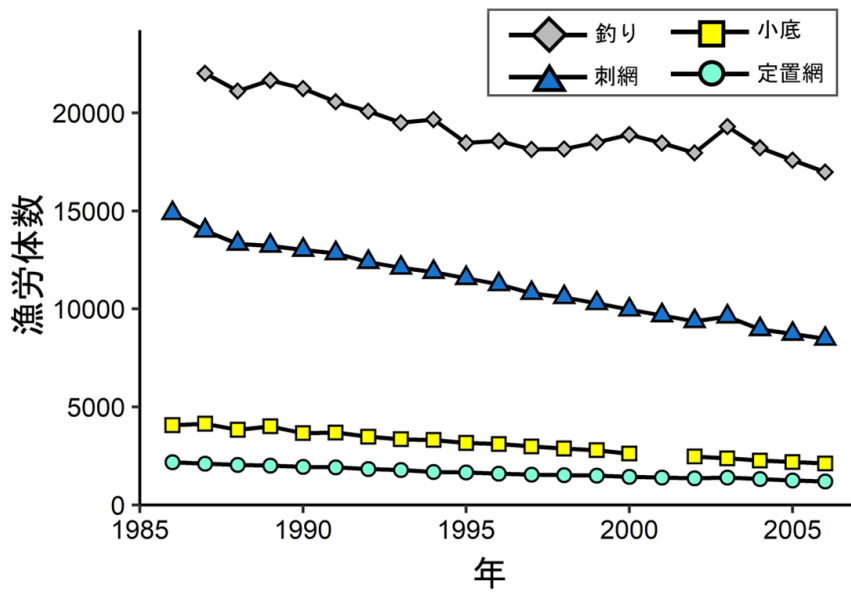


図8. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群分布域の主な沿岸漁業漁労体数の推移

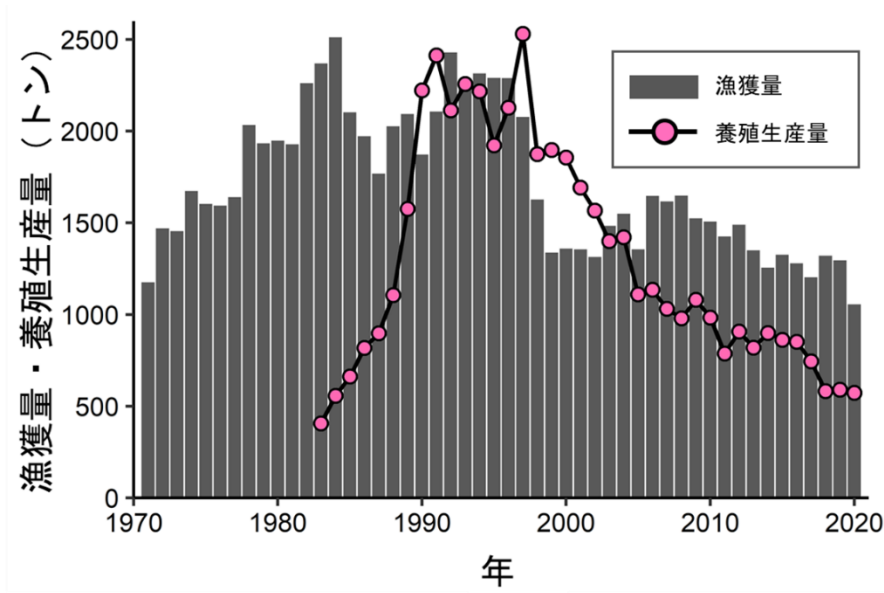


図9. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の漁獲量および本海域での養殖生産量の推移

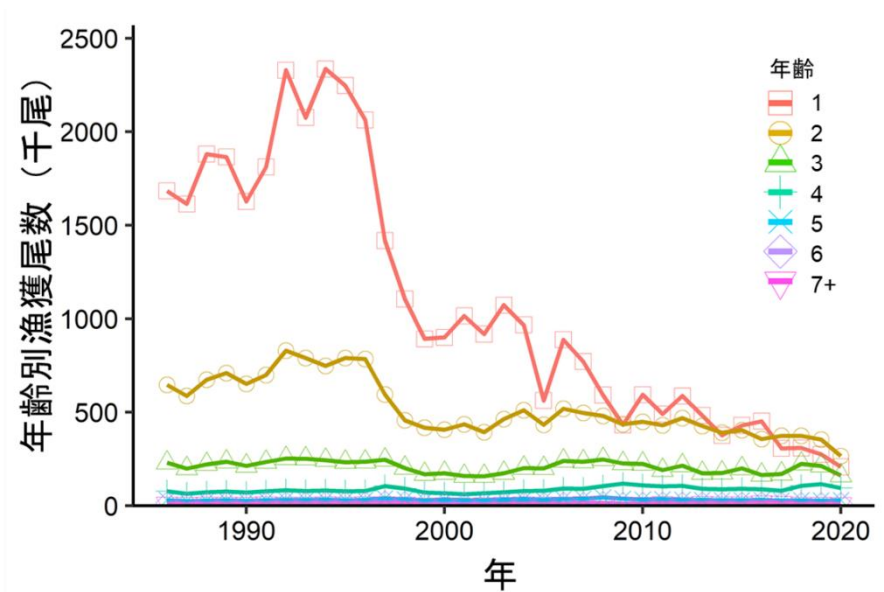


図10. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数の経年変化
凡例の数値は年齢を示す。

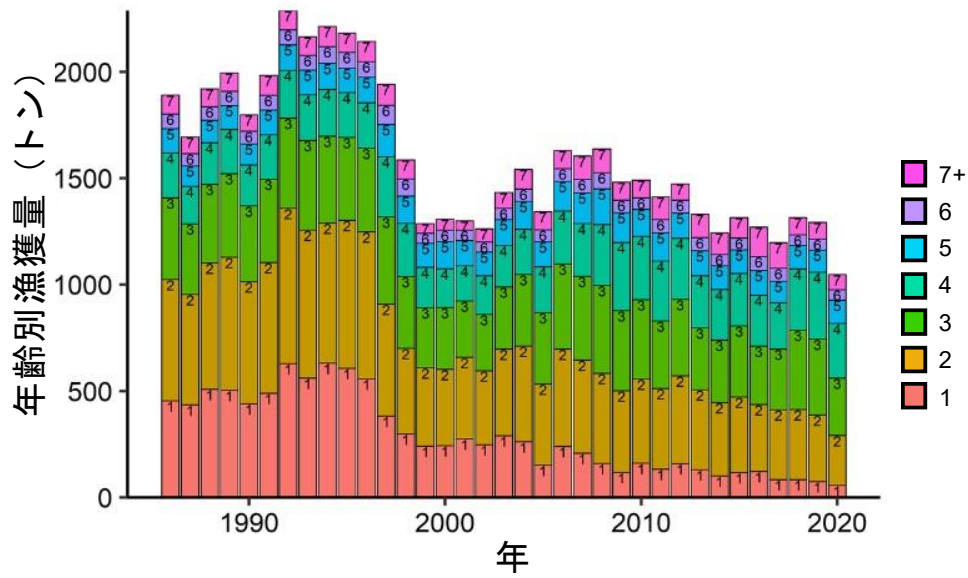


図 11. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の年齢別漁獲量の経年変化
凡例の数値は年齢を示す。

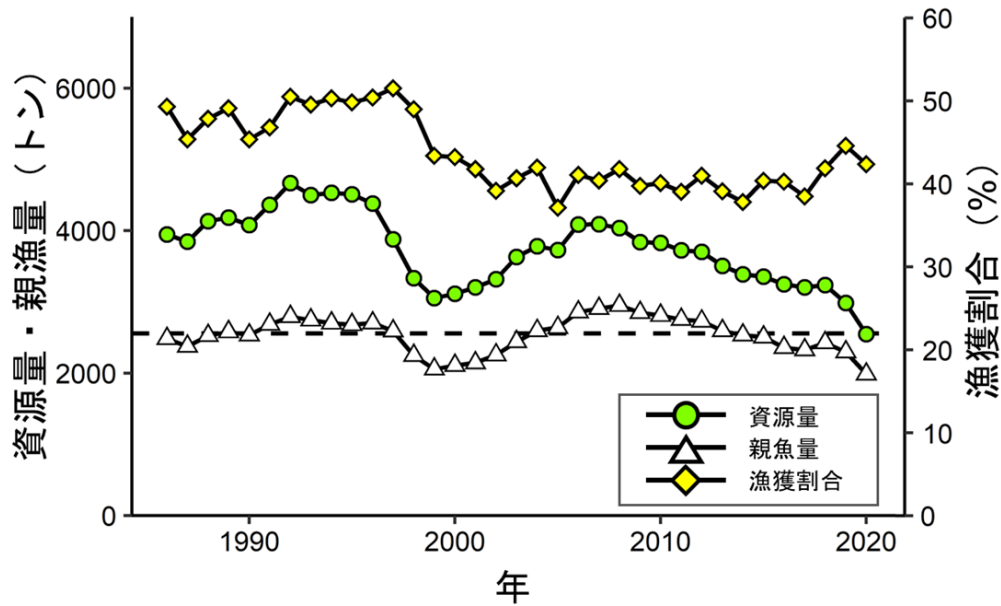


図 12. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源量・親漁量の推移と水準
および漁獲割合

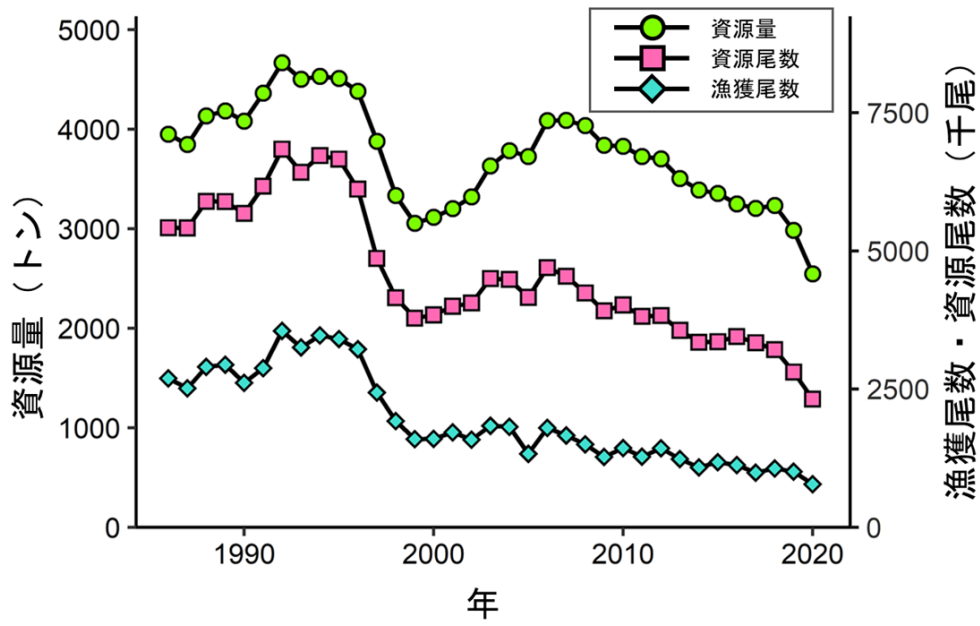


図 13. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源量、資源尾数および漁獲尾数の経年変化



図 14. コホート解析により推定された F 値の経年変化

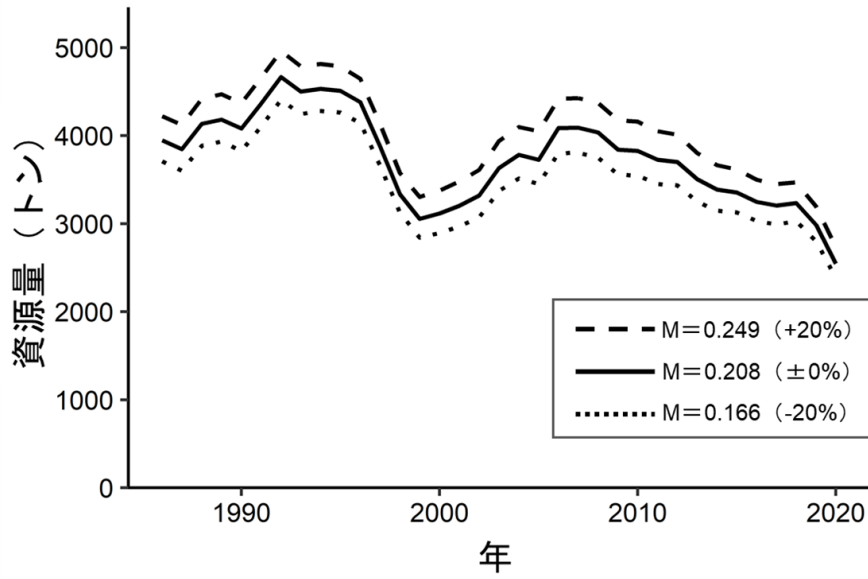


図 15. M を変化させた場合の資源量推定値の変化

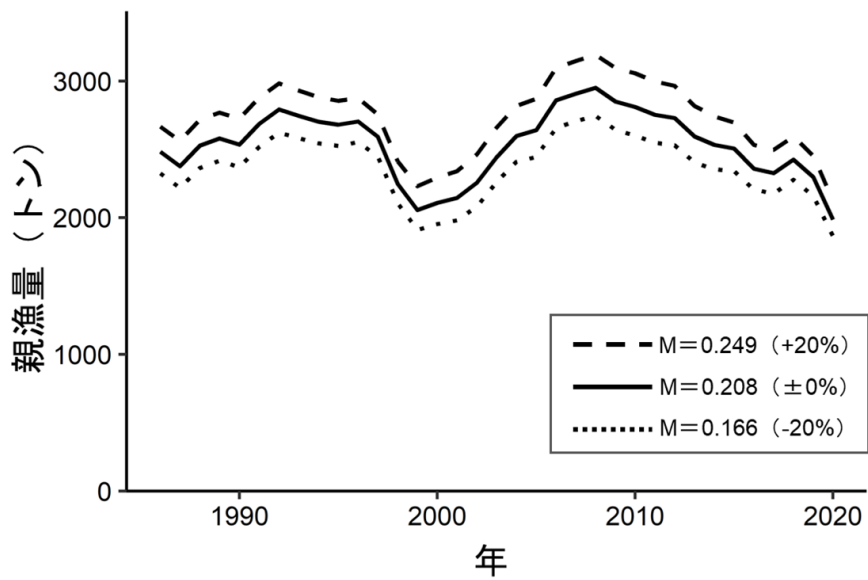


図 16. M を変化させた場合の親魚量推定値の変化

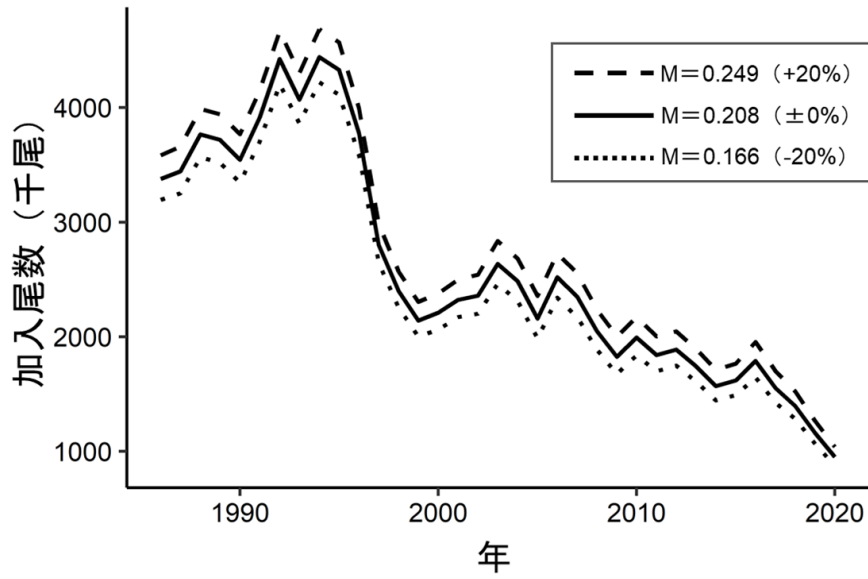


図 17. M を変化させた場合の 1 歳魚加入尾数推定値の変化

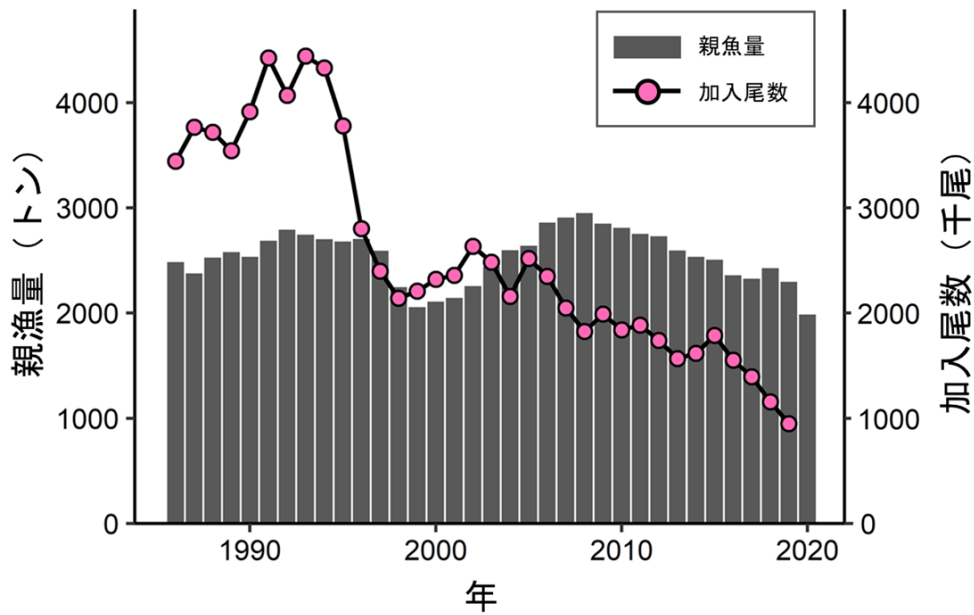


図 18. 親魚量と翌年加入尾数の経年変化

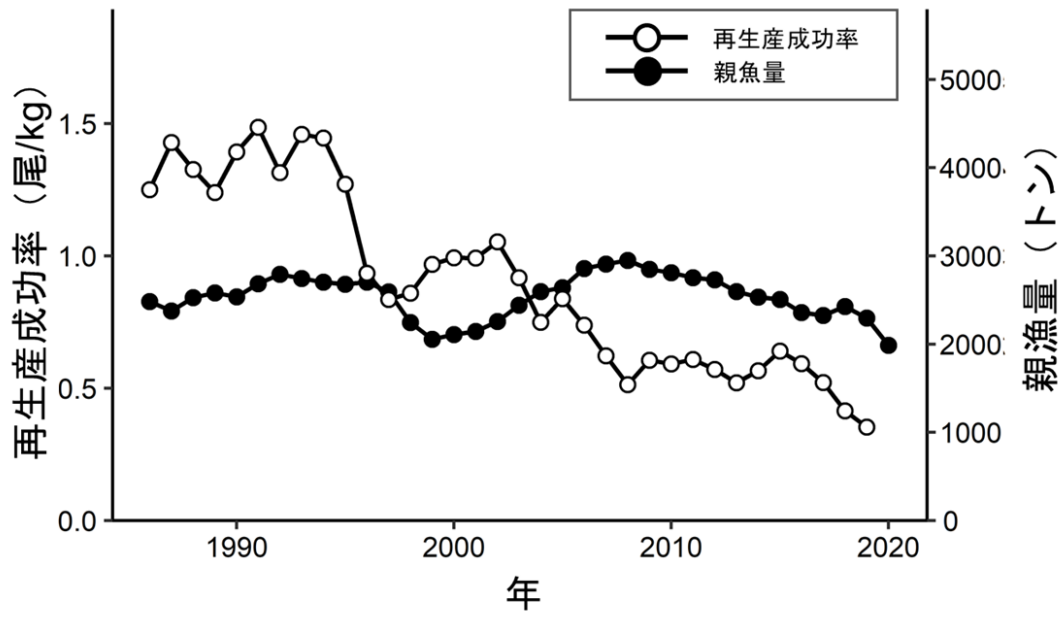


図 19. 再生産成功率と親魚量の経年変化

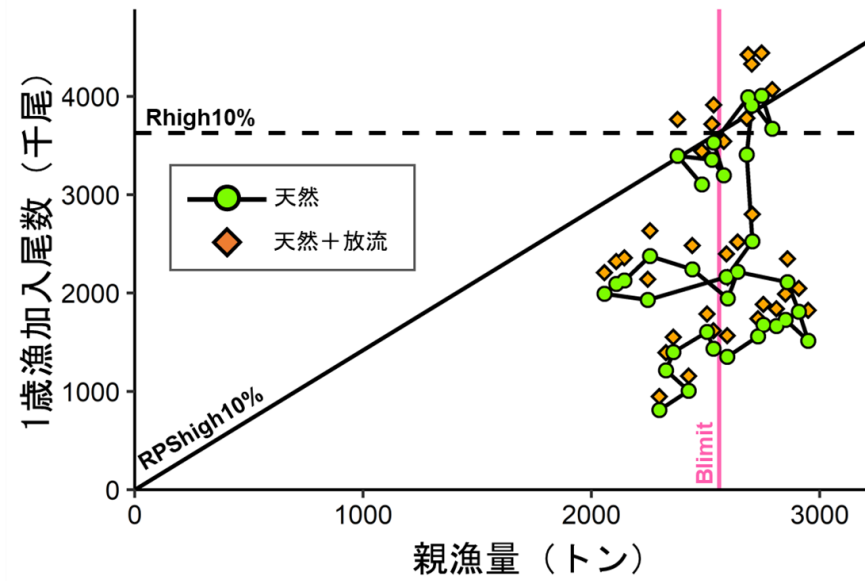


図 20. 再生産関係図

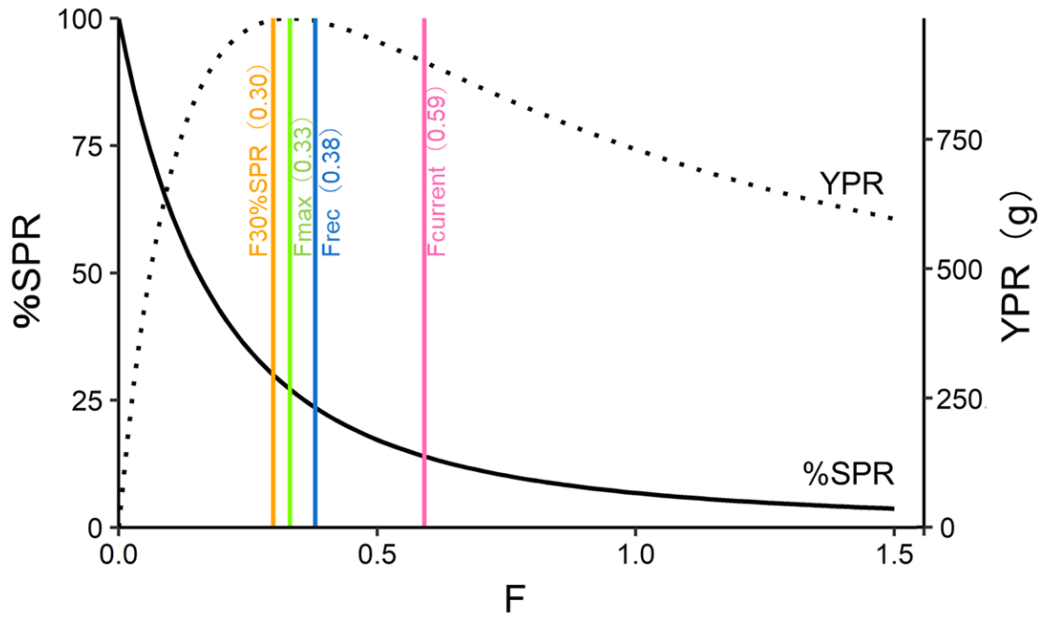


図 21. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の%SPR、YPR および F の参考値

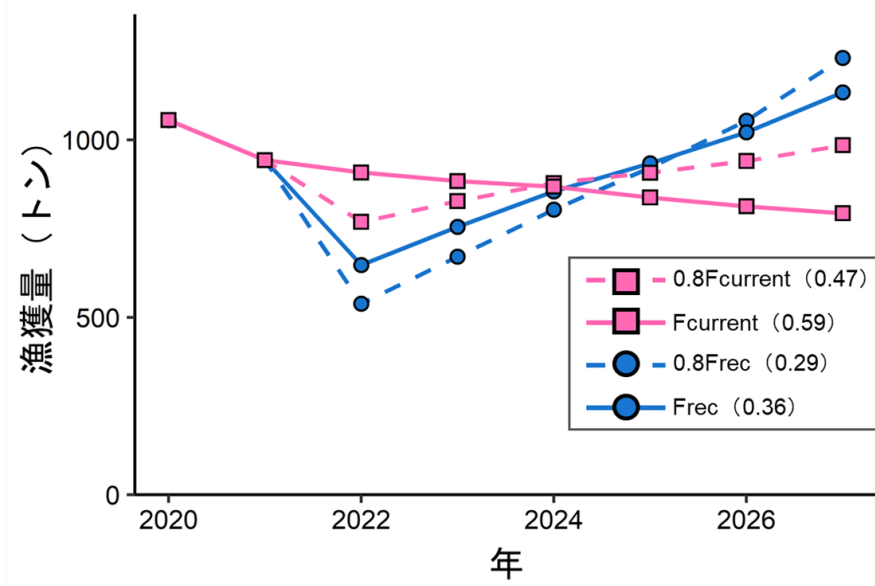


図 22. 現状の漁獲強度 (Fcurrent、0.8Fcurrent) 値と管理基準値 (Frec、0.8Frec) による漁獲量将来予測の比較

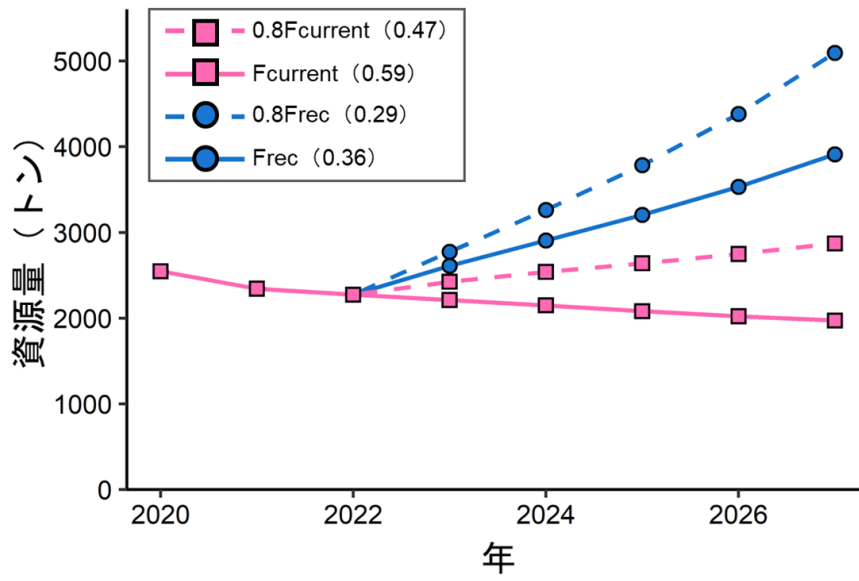


図 23. 現状の漁獲強度 (Fcurrent、0.8Fcurrent) 値と管理基準値 (Frec、0.8Frec) による資源量将来予測の比較

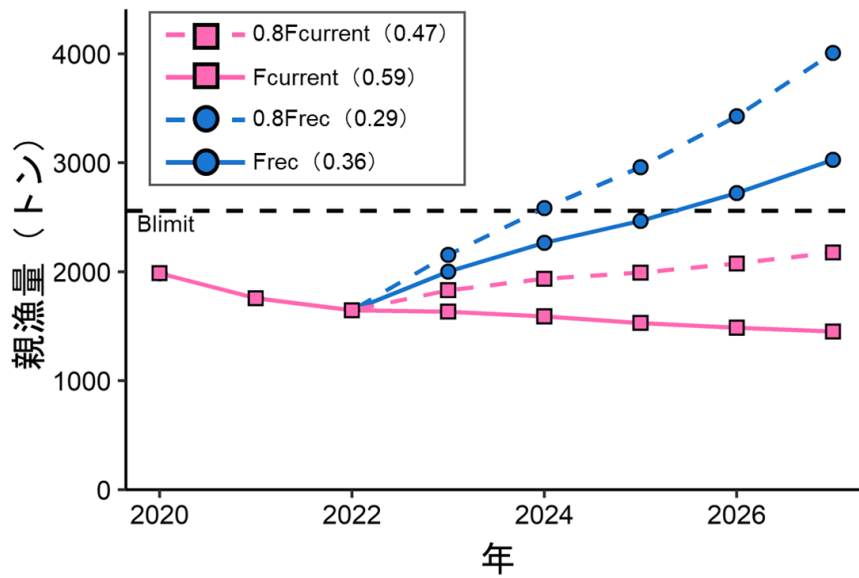


図 24. 現状の漁獲強度 (Fcurrent、0.8Fcurrent) 値と管理基準値 (Frec、0.8Frec) による親魚量将来予測の比較

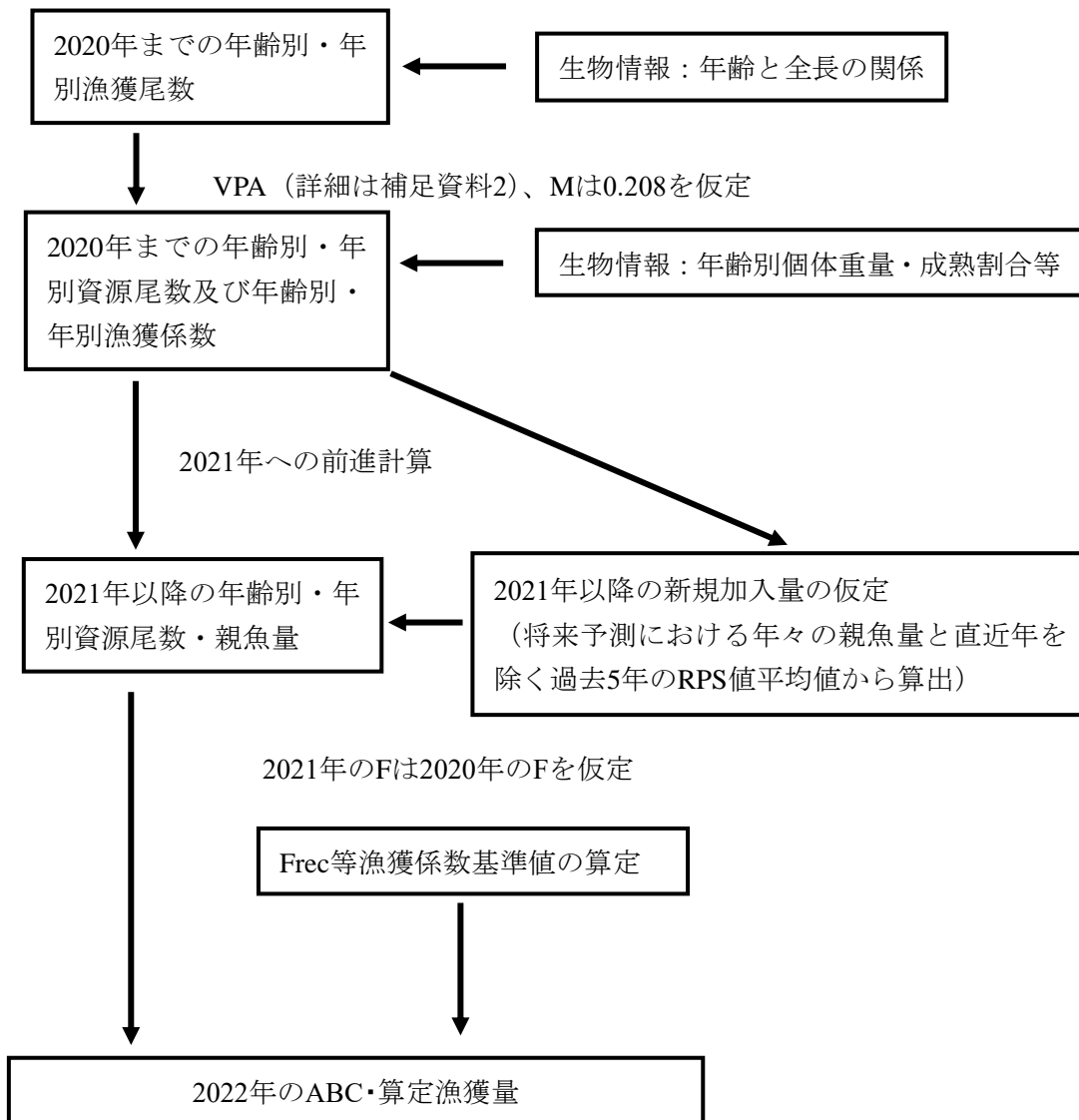
表2. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の県別漁獲量（トン）

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
1985	226	92	49	8	131	357	136	219	22	600	184	82
1986	168	73	44	9	83	310	150	263	15	531	255	71
1987	130	67	43	11	132	333	111	222	12	430	206	71
1988	208	108	57	14	160	321	121	319	19	412	215	73
1989	184	116	58	23	151	302	125	341	30	486	199	79
1990	164	99	56	25	139	270	112	266	30	410	226	75
1991	212	107	63	34	156	341	105	290	45	470	225	59
1992	292	122	72	41	207	372	115	371	34	432	286	85
1993	300	114	86	39	187	311	106	376	31	392	240	100
1994	258	146	76	32	210	290	118	327	36	491	230	100
1995	217	133	93	24	251	333	96	317	36	403	245	99
1996	187	114	88	20	154	284	94	417	31	521	299	80
1997	166	107	81	17	79	206	70	344	35	553	322	98
1998	121	77	48	12	49	173	60	227	27	427	279	126
1999	96	59	37	11	47	140	69	209	22	371	196	81
2000	74	61	37	7	34	141	82	229	26	449	152	68
2001	108	79	44	10	46	144	78	230	30	355	161	71
2002	104	57	41	8	48	157	71	231	26	374	136	61
2003	120	79	58	9	64	188	83	283	19	359	145	66
2004	154	101	53	12	60	204	110	271	28	375	127	57
2005	115	73	48	6	53	168	67	229	31	374	140	48
2006	108	63	44	6	78	218	105	286	27	481	157	62
2007	121	76	51	7	81	224	95	275	15	467	154	59
2008	101	76	52	6	59	196	205	228	15	465	187	55
2009	77	63	47	6	53	159	196	215	16	434	192	67
2010	90	66	40	8	63	186	190	232	13	366	192	61
2011	90	61	31	10	55	202	168	162	15	402	169	57
2012	78	59	41	10	55	179	172	181	17	424	184	66
2013	79	56	39	11	49	169	135	161	12	398	172	57
2014	77	50	38	10	33	176	124	159	12	325	161	57
2015	82	70	35	11	53	182	125	199	11	313	160	52
2016	74	77	46	11	58	160	113	203	14	307	130	34
2017	64	54	36	8	38	150	136	182	12	312	136	55
2018	54	43	16	6	44	177	136	243	11	358	150	41
2019	58	39	21	7	48	183	171	174	11	384	128	46
2020	48	33	20	5	37	130	130	151	11	332	126	32

表 3. コホート解析によるヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の再生産関係

年	親魚量 (トン)	天然加入量(千尾) (翌年の1歳魚)	再生産成功率 (尾/kg)
1986	2,484	3,106	1.25
1987	2,378	3,397	1.43
1988	2,528	3,355	1.33
1989	2,580	3,197	1.24
1990	2,535	3,532	1.39
1991	2,686	3,992	1.49
1992	2,792	3,672	1.32
1993	2,745	4,007	1.46
1994	2,702	3,906	1.45
1995	2,681	3,408	1.27
1996	2,704	2,527	0.93
1997	2,592	2,165	0.84
1998	2,247	1,932	0.86
1999	2,057	1,993	0.97
2000	2,109	2,094	0.99
2001	2,145	2,128	0.99
2002	2,257	2,377	1.05
2003	2,442	2,241	0.92
2004	2,597	1,947	0.75
2005	2,641	2,215	0.84
2006	2,859	2,112	0.74
2007	2,908	1,811	0.62
2008	2,950	1,515	0.51
2009	2,850	1,728	0.61
2010	2,810	1,665	0.59
2011	2,753	1,678	0.61
2012	2,730	1,559	0.57
2013	2,595	1,352	0.52
2014	2,534	1,435	0.57
2015	2,507	1,607	0.64
2016	2,359	1,400	0.59
2017	2,327	1,214	0.52
2018	2,426	1,007	0.42
2019	2,297	812	0.35
2020	1,987		

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

年別年齢別資源尾数の算出は下記の Pope の近似式 (Pope 1972) を用い、チューニングを行わない基本的な VPA により行った。

$$\text{Pope の近似式} : N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^M + C_{a,y}e^{M/2}$$

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年の a 歳魚資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年の a 歳魚の漁獲尾数である。

各県によって推定されるヒラメの年齢組成が違うので、7 歳魚以上の漁獲尾数を 7+歳魚として計算に用いた。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。

コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去 3 年間で平均した漁獲係数を用いて次式で計算した。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}e^{\frac{M}{2}}}{1 - e^{-F_a(3\text{years})}}$$

ここで $F_a(3\text{years})$ は a 歳魚の漁獲係数 (過去 3 年間の平均値) である。

また、6 歳および 7 歳魚以上の計算には次式を用いた。

$$N_{6,y} = \frac{C_{6,y}}{C_{7+,y} + C_{6,y}} N_{7+,y+1}e^M + C_{6,y}e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{7+,y} = \frac{C_{7+,y}}{C_{6,y}} N_{6,y} \quad \text{ただし、} y \text{ は年}$$

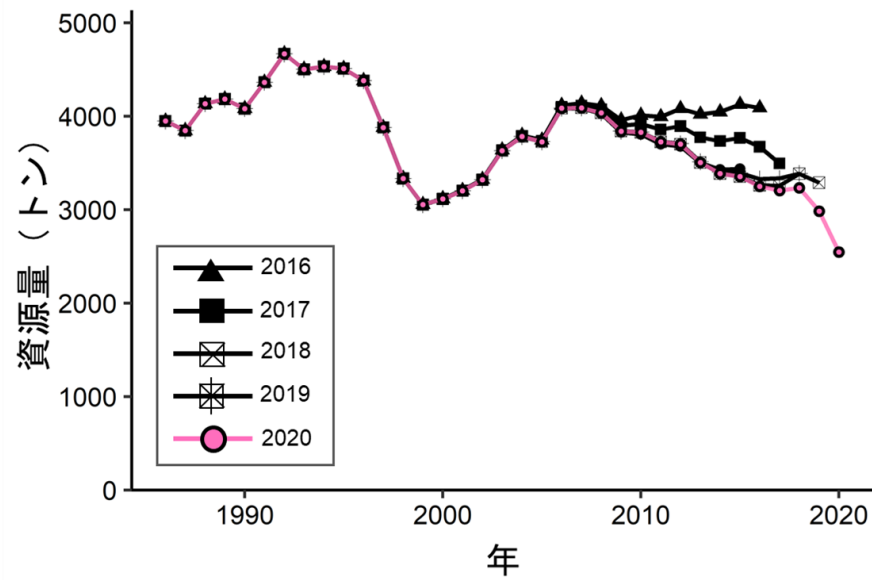
体長規制が実施されたことに伴い、0 歳魚の漁獲尾数が減少し市場調査における偏りが生じていることが考えられる。混獲による 0 歳魚の漁獲が報告される可能性はあるものの、0 歳魚の漁獲の実態は十分明らかではなく、データの精度も低いと考えられる。このため本系群のヒラメでは 1 歳魚からの加入として、0 歳魚を除いた漁獲尾数データを用いて解析を行った。

資源量、親魚量および加入尾数におけるレトロスペクティブ解析結果を補足図 2-1、補足図 2-2、補足図 2-3 に示した。資源量および親魚量の解析では、2016 年および 2017 年の推定値が下方修正されたものの、それ以外の年は直近年のデータを加えてもほぼ同じ値を示した。一方、加入尾数については、データの追加・更新に伴う大きな変化は生じていない。

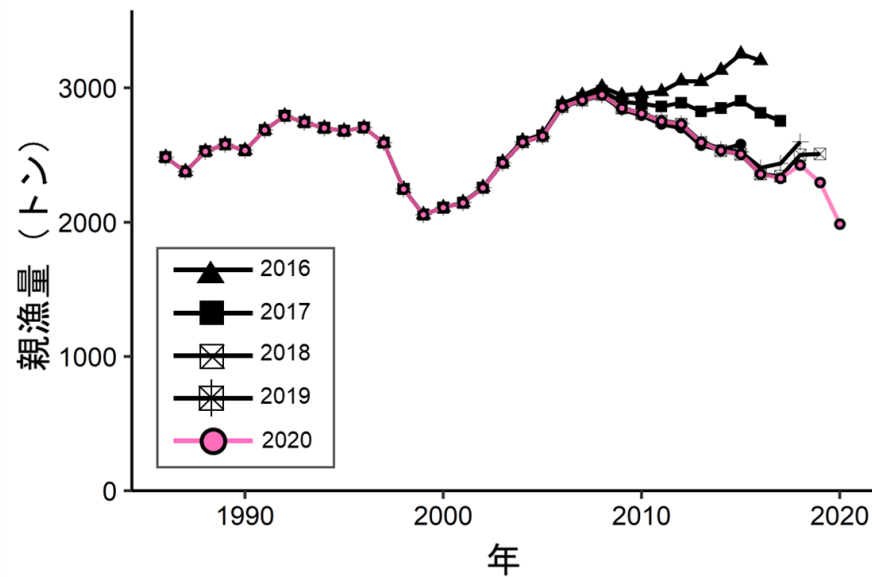
引用文献

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.

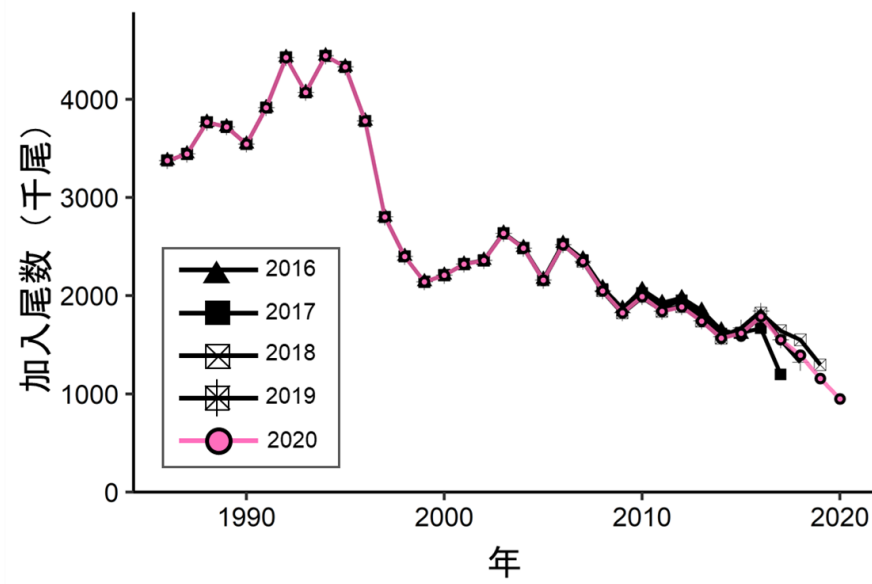
田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.



補足図 2-1. 資源量のレトロスペクティブ解析



補足図 2-2. 親魚量レトロスペクティブ解析



補足図 2-3. 加入量のレトロスペクティブ解析

補足表 2-1. ヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数 (千尾)

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	743	1,683	647	230	78	31	15	13	3,439
1987	670	1,614	588	199	65	26	12	11	3,186
1988	969	1,881	675	221	72	28	14	12	3,872
1989	893	1,865	710	236	77	30	14	12	3,837
1990	671	1,627	652	213	71	26	13	11	3,286
1991	1,123	1,811	699	234	78	31	15	14	4,004
1992	1,269	2,329	829	254	83	32	15	13	4,825
1993	1,063	2,076	791	252	79	31	15	13	4,320
1994	916	2,336	748	244	82	33	17	14	4,389
1995	985	2,247	790	233	78	31	16	13	4,392
1996	1,328	2,063	785	235	79	32	16	14	4,552
1997	1,248	1,418	596	246	105	41	19	14	3,686
1998	378	1,106	457	202	93	34	17	13	2,299
1999	470	893	418	169	71	30	10	6	2,067
2000	467	901	408	174	67	34	12	7	2,070
2001	508	1,015	436	159	62	32	11	6	2,227
2002	473	918	394	159	67	30	10	9	2,060
2003	444	1,073	463	174	72	33	11	11	2,281
2004	73	967	511	202	78	35	12	14	1,892
2005	114	563	433	200	80	32	12	12	1,446
2006	153	888	519	240	92	37	13	12	1,954
2007	107	771	496	236	92	39	13	16	1,770
2008	99	592	481	248	106	45	16	16	1,603
2009	391	433	436	226	118	38	12	12	1,667
2010	151	594	449	224	110	34	11	12	1,585
2011	121	491	430	191	104	36	13	15	1,401
2012	152	587	469	215	106	32	13	11	1,585
2013	91	483	427	174	91	31	13	16	1,326
2014	104	376	391	175	88	30	11	15	1,191
2015	95	429	404	200	91	30	12	14	1,276
2016	84	452	357	165	89	31	14	20	1,211
2017	59	307	374	171	81	27	13	17	1,049
2018	53	309	374	224	106	29	11	12	1,118
2019	33	275	355	214	116	28	11	11	1,044
2020	74	208	267	162	95	29	10	10	856

補足表 2-2. コホート解析によるヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の資源量及び漁獲割合（資源量の単位はトン）

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計	漁獲割合
1986	912	1,107	770	476	285	174	225	3,949	0.50
1987	930	1,079	732	452	272	161	220	3,847	0.46
1988	1,017	1,181	778	478	288	169	225	4,136	0.49
1989	1,004	1,200	805	483	293	174	224	4,184	0.50
1990	957	1,179	781	484	284	173	224	4,082	0.46
1991	1,057	1,243	836	507	303	178	241	4,365	0.48
1992	1,195	1,362	864	528	308	179	233	4,668	0.52
1993	1,099	1,316	851	517	314	177	228	4,502	0.51
1994	1,199	1,263	838	504	313	188	227	4,533	0.51
1995	1,169	1,323	821	506	291	180	221	4,511	0.51
1996	1,020	1,313	850	511	305	167	215	4,381	0.52
1997	756	1,064	842	543	308	175	191	3,881	0.54
1998	648	878	744	508	257	143	157	3,334	0.49
1999	578	839	665	486	258	117	111	3,054	0.44
2000	596	823	663	462	308	136	127	3,116	0.44
2001	627	865	655	448	292	169	149	3,204	0.42
2002	637	854	677	473	296	165	219	3,321	0.40
2003	711	958	723	503	304	176	257	3,633	0.41
2004	671	1,033	780	525	321	173	282	3,784	0.41
2005	583	1,009	823	534	325	178	276	3,728	0.36
2006	680	1,096	903	593	330	198	287	4,088	0.40
2007	634	1,097	909	602	355	179	315	4,091	0.40
2008	553	1,068	943	618	368	198	288	4,037	0.41
2009	493	996	922	637	338	185	270	3,841	0.40
2010	538	962	879	661	316	185	288	3,829	0.39
2011	497	953	806	609	372	179	310	3,727	0.38
2012	509	926	821	595	334	229	288	3,703	0.40
2013	470	883	723	556	309	206	360	3,507	0.38
2014	423	862	719	525	319	183	358	3,388	0.37
2015	437	823	740	517	292	199	349	3,355	0.40
2016	483	816	659	484	273	171	362	3,250	0.39
2017	419	919	721	465	246	147	288	3,205	0.38
2018	377	865	854	532	250	136	221	3,236	0.41
2019	313	752	771	577	239	131	203	2,985	0.43
2020	256	609	624	493	256	125	184	2,547	0.41

補足表 2-3. コホート解析によるヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の推定資源尾数（千尾）

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	3,377	1,258	461	176	76	37	32	5,419
1987	3,444	1,226	439	167	73	35	32	5,415
1988	3,766	1,342	466	177	77	36	32	5,897
1989	3,719	1,364	482	179	79	37	32	5,892
1990	3,545	1,340	468	179	76	37	32	5,677
1991	3,915	1,412	501	188	81	38	35	6,170
1992	4,425	1,548	517	196	82	38	34	6,840
1993	4,070	1,495	510	191	84	38	33	6,422
1994	4,442	1,435	502	187	84	40	33	6,723
1995	4,330	1,503	492	187	78	39	32	6,660
1996	3,778	1,492	509	189	82	36	31	6,117
1997	2,802	1,210	504	201	83	37	28	4,864
1998	2,400	998	445	188	69	30	23	4,153
1999	2,141	953	398	180	69	25	16	3,783
2000	2,209	935	397	171	83	29	18	3,842
2001	2,322	982	392	166	78	36	21	3,998
2002	2,359	971	405	175	79	35	32	4,057
2003	2,635	1,089	433	186	82	38	37	4,500
2004	2,484	1,174	467	195	86	37	41	4,483
2005	2,158	1,146	493	198	87	38	40	4,160
2006	2,520	1,245	541	220	89	42	41	4,698
2007	2,349	1,246	544	223	95	38	45	4,541
2008	2,050	1,213	565	229	99	42	41	4,239
2009	1,826	1,131	552	236	91	40	39	3,914
2010	1,992	1,093	526	245	85	40	41	4,022
2011	1,841	1,083	483	226	100	38	45	3,815
2012	1,887	1,053	492	220	90	49	41	3,832
2013	1,741	1,004	433	206	83	44	52	3,562
2014	1,568	979	430	194	85	39	52	3,348
2015	1,618	935	443	191	78	42	50	3,358
2016	1,788	927	395	179	73	37	52	3,451
2017	1,552	1,044	432	172	66	31	42	3,339
2018	1,395	983	511	197	67	29	32	3,215
2019	1,157	854	462	214	64	28	29	2,809
2020	949	692	374	183	69	27	26	2,319

補足表 2-4. コホート解析によるヒラメ日本海中西部・東シナ海系群の漁獲係数推定値

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	F(平均)
1986	0.81	0.85	0.81	0.67	0.59	0.58	0.58	0.70
1987	0.73	0.76	0.70	0.57	0.50	0.51	0.51	0.61
1988	0.81	0.82	0.75	0.60	0.52	0.54	0.54	0.65
1989	0.81	0.86	0.78	0.65	0.55	0.56	0.56	0.68
1990	0.71	0.78	0.71	0.58	0.49	0.48	0.48	0.60
1991	0.72	0.80	0.73	0.61	0.55	0.57	0.57	0.65
1992	0.88	0.90	0.79	0.64	0.57	0.57	0.57	0.70
1993	0.83	0.88	0.80	0.62	0.53	0.56	0.56	0.68
1994	0.88	0.86	0.78	0.66	0.57	0.62	0.62	0.71
1995	0.86	0.87	0.75	0.62	0.57	0.61	0.61	0.70
1996	0.93	0.88	0.72	0.62	0.57	0.68	0.68	0.73
1997	0.82	0.79	0.78	0.86	0.79	0.85	0.85	0.82
1998	0.72	0.71	0.70	0.79	0.80	0.99	0.99	0.81
1999	0.62	0.67	0.64	0.57	0.66	0.60	0.60	0.62
2000	0.60	0.66	0.67	0.57	0.62	0.58	0.58	0.61
2001	0.66	0.68	0.60	0.53	0.59	0.39	0.39	0.55
2002	0.57	0.60	0.57	0.56	0.54	0.38	0.38	0.51
2003	0.60	0.64	0.59	0.56	0.59	0.40	0.40	0.54
2004	0.57	0.66	0.65	0.59	0.61	0.46	0.46	0.57
2005	0.34	0.54	0.60	0.60	0.52	0.43	0.43	0.49
2006	0.50	0.62	0.68	0.63	0.63	0.40	0.40	0.55
2007	0.45	0.58	0.66	0.61	0.60	0.49	0.49	0.56
2008	0.39	0.58	0.67	0.72	0.70	0.56	0.56	0.60
2009	0.31	0.56	0.61	0.82	0.62	0.43	0.43	0.54
2010	0.40	0.61	0.64	0.69	0.59	0.39	0.39	0.53
2011	0.35	0.58	0.58	0.72	0.50	0.49	0.49	0.53
2012	0.42	0.68	0.66	0.77	0.50	0.35	0.35	0.53
2013	0.37	0.64	0.59	0.67	0.54	0.41	0.41	0.52
2014	0.31	0.59	0.60	0.70	0.49	0.38	0.38	0.49
2015	0.35	0.65	0.70	0.75	0.55	0.37	0.37	0.53
2016	0.33	0.56	0.62	0.79	0.64	0.55	0.55	0.58
2017	0.25	0.51	0.58	0.74	0.61	0.62	0.62	0.56
2018	0.28	0.55	0.66	0.92	0.66	0.53	0.53	0.59
2019	0.31	0.62	0.72	0.93	0.66	0.56	0.56	0.62
2020	0.28	0.56	0.65	0.86	0.65	0.57	0.57	0.59

補足資料 3 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。2020年の調査で得られたデータでは、放流種苗の混入率は日本海中部海域の各県で5.3から10%、日本海西部海域の各県で1.2～18.5%、東シナ海海域の各県で11.1～27.7%となった(補足表3-1)。各海域でグループ化し、混入率の平均値を漁獲尾数により重み付けして計算した場合、2020年における系群全体での放流種苗の混入率は14.4%と推定された(補足表3-3)。なお、混入率は全年齢込みで示した。

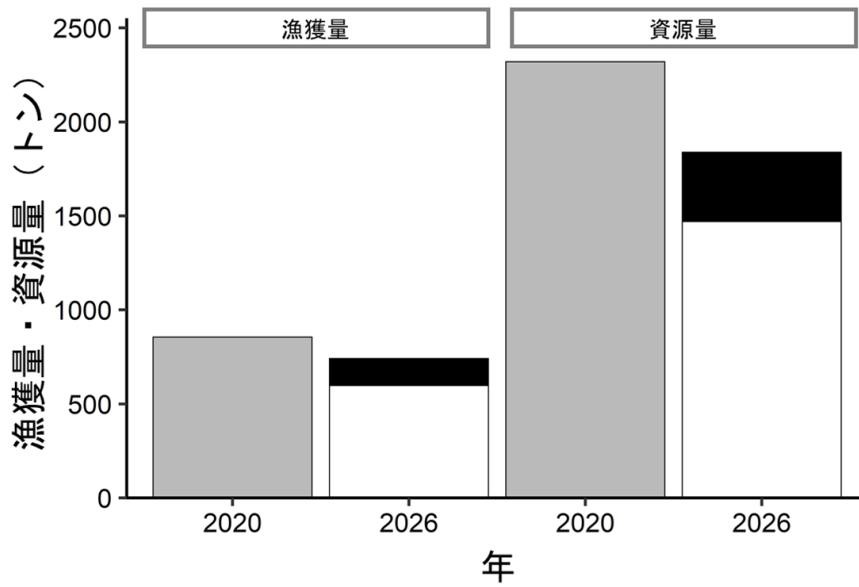
② 添加効率の試算

VPAで算出された1歳魚尾数、および放流魚混入率(補足表3-1)と放流尾数(補足表3-2)より添加効率を試算した。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。本系群における添加効率は0.03と推定された(補足表3-3)。

③ 種苗放流を行うことによる漁獲量と資源量への上乗せ効果

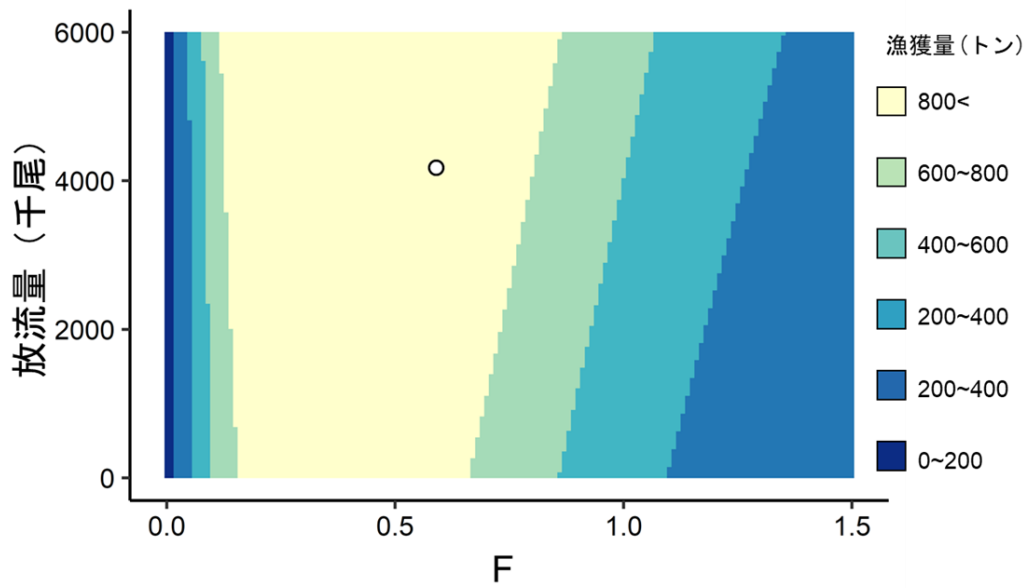
試算に当たり、再生産成功率(RPS)は2014～2018年の平均値0.55、添加効率は0.03を与えた。これらの条件のもと、2021年以降5年間、放流尾数と漁獲係数および放流尾数を変化させ、期待される2026年の漁獲量を推定した。放流尾数は0～600万尾の範囲で、漁獲係数は0.1～1.5の範囲で変化させた。

2020年度の資源評価を基に、現状のF値、再生産成功率、及び現状の放流強度(417.9万尾)で種苗を放流した場合と放流しなかった場合、漁獲量の差は139トン、資源量の差は355トンと推定された(補足図3-1)。補足図3-2と補足図3-3は、それぞれ、漁獲係数と放流尾数を変化させた場合における、2026年の漁獲量と資源量の等量線図である。本解析のもとでは、放流尾数の増減よりも漁獲係数の増減による漁獲量と資源量への影響が大きいと考えられる。等漁獲量線図の傾きは、与える条件(RPSと添加効率)によって変化する。従って、このような管理効果の比較を行うためには、RPSや添加効率の推定精度を向上させる必要がある。また、現状RPSが減少傾向にあるため注意が必要であると考えられる。

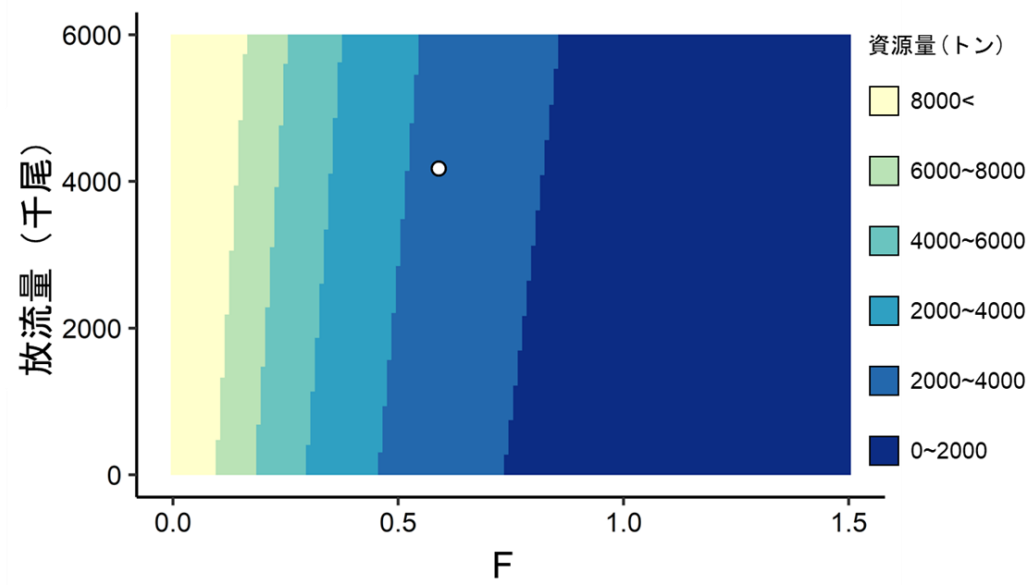


補足図 3-1. 漁獲量及び資源量に対する放流魚の貢献

■は、シミュレーションに使用した初期漁獲量および資源量、□は天然魚、
 ■は放流魚を示す。



補足図 3-2. 漁獲係数 (F) と放流尾数を変化させたときの 2026 年漁獲量 (トン) 等量線
 図 白丸は現状の F と放流尾数を示す。



補足図 3-3. 漁獲係数 (F) と放流尾数を変化させたときの 2026 年資源量 (トン) 等量線
図 白丸は現状の F と放流尾数を示す。

補足表 3-1. 府県別混入率 (%)

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
石川	4.7	3.7	4.3	3.5	4.8	8.1	10.7	14.7	13.0
福井	5.1	5.8	5.4	6.4	4.7	4.1	6.5	7.6	9.5
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	-	-	-	-	-	10.7	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	19.5	12.9	16.9	22.7	28.6	17.9	15.8	11.9	17.6
全体	12.1	10.1	11.6	17.0	13.3	9.6	11.1	10.5	13.8

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020
石川	8.7	9.3	7.0	5.7	6.1	5.3
福井	6.5	5.2	4.2	5.7	6.6	5.9
京都	7.1	3.6	2.6	1.8	6.4	0.0
兵庫	3.5	3.2	3.0	0.0	2.2	10.0
鳥取	5.4	3.2	7.8	7.7	6.3	18.5
島根	5.7	19.3	5.5	4.6	3.4	4.3
山口	2.8	1.9	1.6	1.0	1.7	1.2
福岡	-	-	-	-	-	-
佐賀	15.7	8.6	7.5	8.7	8.2	18.2
長崎	10.8	14.3	20.5	25.5	24.1	21.4
熊本	29.5	25.3	24.2	28.7	25.5	27.7
鹿児島	18.0	14.0	10.9	14.9	17.2	11.1
全体	11.3	10.1	9.8	13.0	13.0	14.4

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。

補足表 3-2. 前年の府県別放流尾数 (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	461	614	635	601	644	615	650	636	614
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	949	935	947	836	876	783	785	911	834
全体	6,084	5,741	5,858	5,516	5,431	5,435	4,790	4,808	4,753

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020
石川	343	305	253	267	243	234
福井	214	238	179	179	238	211
京都	59	41	6	6	10	6
兵庫	312	286	245	250	210	210
鳥取	30	60	60	60	60	60
島根	257	355	354	342	358	350
山口	528	494	558	533	484	571
福岡	6	14	13	19	24	20
佐賀	102	96	90	105	102	369
長崎	899	750	704	686	601	529
熊本	808	785	785	789	823	835
鹿児島	817	764	737	757	620	784
全体	4,375	4,188	3,984	3,993	3,773	4,179

-は不明。

補足表 3-3. 添加効率の試算結果

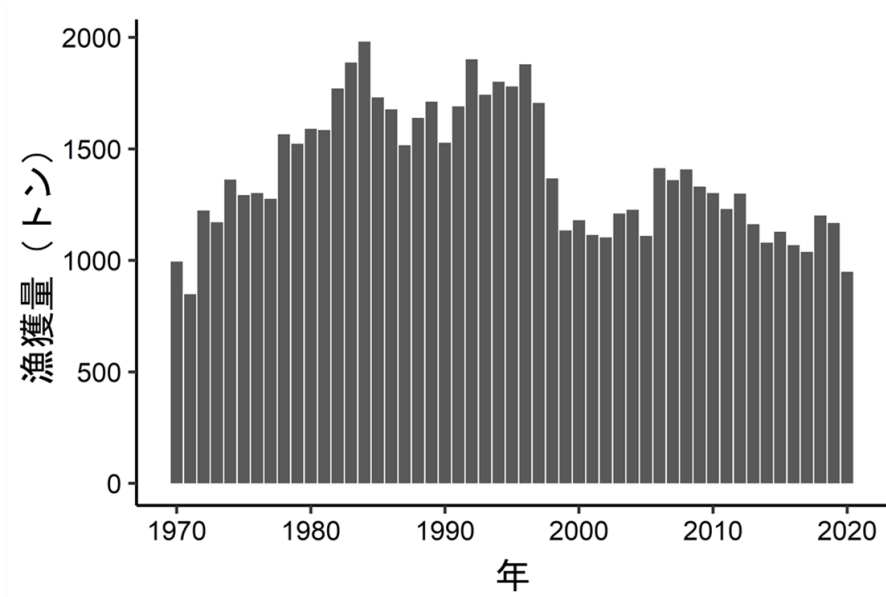
年	前年放流数 (千尾)	1歳魚(放流+天然) 加入尾数 (千尾)	放流魚 混入率 (%)	放流1歳魚 加入数 (千尾)	添加効率
1987	2,629	3,444	9.8	337	0.13
1988	2,510	3,766	9.8	369	0.15
1989	2,744	3,719	9.8	364	0.13
1990	3,432	3,545	9.8	347	0.10
1991	3,349	3,915	9.8	383	0.11
1992	4,024	4,425	9.8	433	0.11
1993	5,257	4,070	9.8	399	0.08
1994	6,737	4,442	9.8	435	0.06
1995	6,874	4,330	9.8	424	0.06
1996	6,816	3,778	9.8	370	0.05
1997	6,978	2,802	9.8	274	0.04
1998	6,731	2,400	9.8	235	0.03
1999	7,829	2,141	9.8	210	0.03
2000	9,135	2,209	9.8	216	0.02
2001	8,427	2,322	9.8	227	0.03
2002	8,864	2,359	9.8	231	0.03
2003	7,194	2,635	9.8	258	0.04
2004	7,805	2,484	9.8	243	0.03
2005	7,930	2,158	9.8	211	0.03
2006	6,084	2,520	12.1	304	0.05
2007	5,741	2,349	10.1	237	0.04
2008	5,858	2,050	11.6	238	0.04
2009	5,516	1,826	17.0	311	0.06
2010	5,431	1,992	13.3	264	0.05
2011	5,435	1,841	9.6	176	0.03
2012	4,790	1,887	11.1	209	0.04
2013	4,808	1,741	10.5	182	0.04
2014	4,753	1,568	13.8	216	0.05
2015	4,375	1,618	11.3	183	0.04
2016	4,188	1,788	10.1	181	0.04
2017	3,984	1,552	9.8	152	0.04
2018	3,993	1,395	13.0	181	0.05
2019	3,773	1,157	13.0	150	0.04
2020	4,179	949	14.4	137	0.03

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。なお、1987年から2005年の混入率は、2006年から2015年の平均値とした。

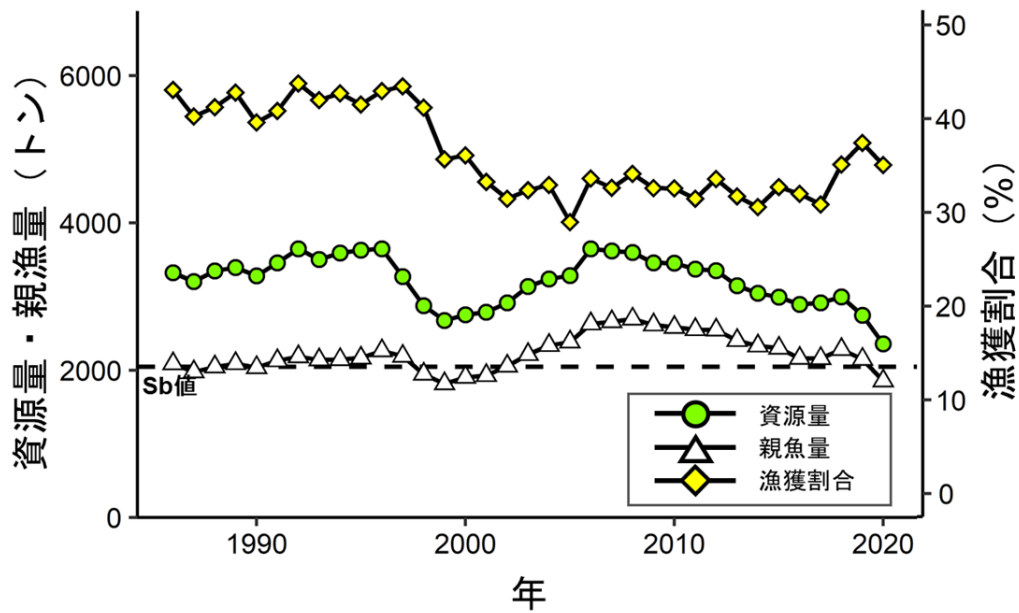
補足資料 4 従来系群での試算

系群区分の変更による評価結果への影響を確認するため、従来の日本海西部・東シナ海系群（以下、従来系群）におけるデータセット（補足表 4-1、補足表 4-2）を用いて資源量、漁獲係数、親魚量、加入量を試算した（補足表 4-3、補足表 4-4、補足表 4-5、補足表 4-6）。計算方法については、今年度の日本海中西部・東シナ海系群と同様である。

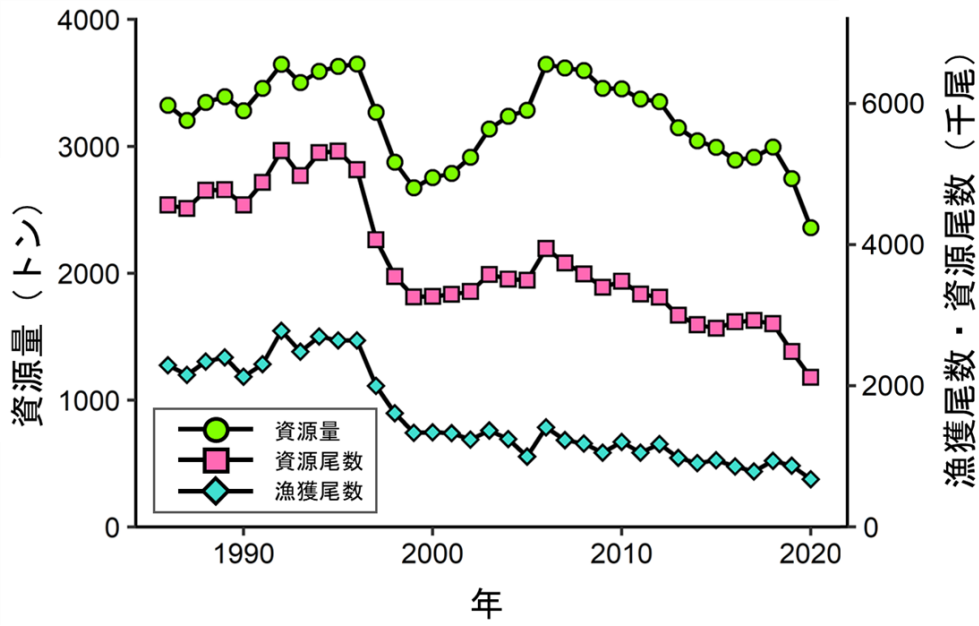
従来系群における漁獲量は、今年度の日本海中西部・東シナ海系群と概ね同様であった（図 9、補足図 4-1）。資源量（補足図 4-2）をみると、1986～1997 年までは 3,500 トン前後で推移したが、1998 年から 2002 年は若干減少し 2,600～2,900 トンとなった。2003～2013 年はやや増加し概ね 3,200～3,600 トンと推定されたが、2010 年以降は減少傾向が続いており、資源動向の判断における系群区分の変更による変化は認められなかった（補足図 4-2）。F 値の推移についても、従来と今年度の系群区分の間で大きな相違はみられなかった（図 14、補足図 4-3）。従来系群で求めた天然 1 歳魚資源尾数と親魚量の関係から、今年度の日本海中西部・東シナ海系群の **Blimit** と同様の方法で推定された高い再生産成功率であれば高い加入量が得られる親魚量の閾値（sb 値）は 2,047 トンであり、2020 年の親魚量はこれを下回っていた（補足図 4-2）。以上のように、系群区分の変更の有無に関わらず、同様の評価結果が得られることが確認された。



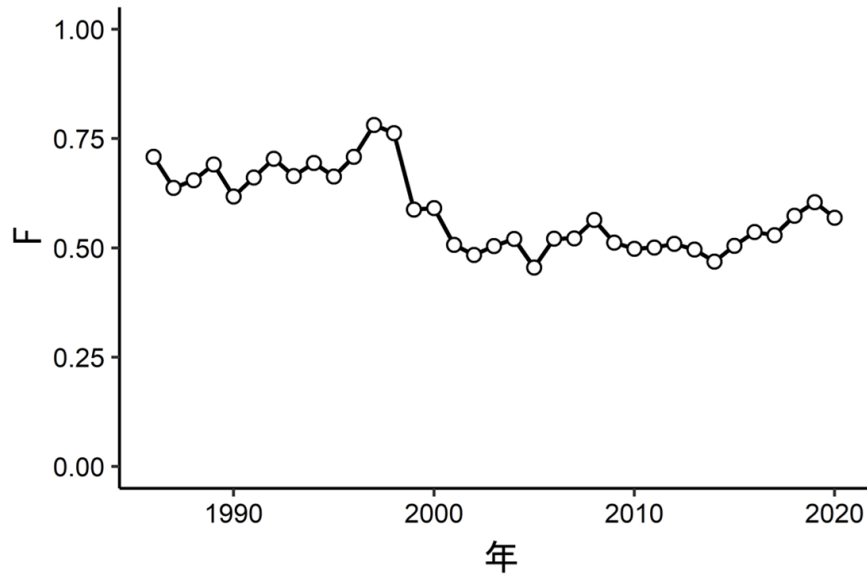
補足図 4-1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の漁獲量の推移



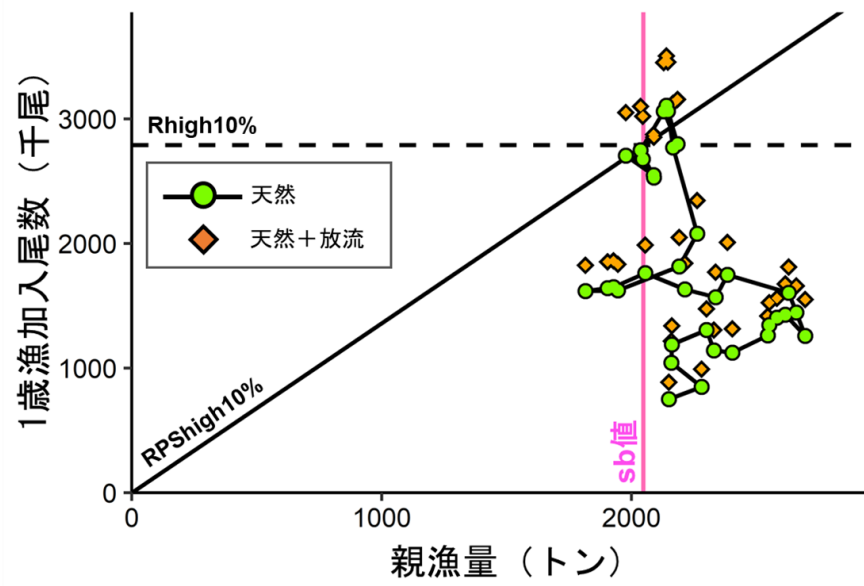
補足図 4-2. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の資源量・親魚量の推移と水準および漁獲割合



補足図 4-3. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の資源量、資源尾数および漁獲尾数の経年変化



補足図 4-4. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）のコホート解析により推定された F 値の経年変化



補足図 4-5. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の再生産関係図

補足表 4-2. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の年齢別漁獲尾数（千尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	632	1,432	551	196	66	26	13	11	2,926
1987	575	1,385	504	171	56	22	11	10	2,733
1988	784	1,522	546	179	58	23	11	10	3,132
1989	730	1,525	581	193	63	25	12	10	3,138
1990	548	1,328	532	174	58	22	10	9	2,682
1991	901	1,453	561	188	62	25	12	11	3,213
1992	994	1,823	649	198	65	25	12	10	3,777
1993	812	1,586	604	193	61	24	11	10	3,299
1994	713	1,819	582	190	64	26	13	11	3,418
1995	765	1,746	614	181	61	24	12	10	3,414
1996	1,091	1,695	644	193	65	26	13	11	3,739
1997	1,025	1,165	490	202	86	33	16	12	3,028
1998	317	930	384	170	78	29	15	11	1,933
1999	470	752	340	146	62	21	10	6	1,807
2000	467	741	335	162	63	24	12	7	1,810
2001	508	768	327	143	57	21	11	6	1,840
2002	473	699	293	144	63	22	10	9	1,714
2003	444	770	330	155	67	25	11	11	1,814
2004	73	594	348	182	74	27	12	14	1,323
2005	114	395	317	168	70	27	12	12	1,115
2006	137	625	430	221	84	30	13	12	1,551
2007	94	488	385	215	85	32	13	16	1,328
2008	90	424	371	224	97	36	16	16	1,275
2009	388	342	345	200	115	28	12	12	1,443
2010	150	500	365	192	103	25	11	12	1,358
2011	118	410	320	168	98	30	13	15	1,173
2012	144	462	372	194	101	27	13	11	1,323
2013	89	373	310	155	87	28	13	16	1,072
2014	102	327	296	153	83	23	11	15	1,010
2015	91	337	305	171	85	25	12	14	1,040
2016	79	336	241	139	83	26	14	20	939
2017	58	231	278	151	76	23	13	17	848
2018	51	266	318	206	102	25	11	12	990
2019	32	227	291	194	112	25	11	11	903
2020	74	184	213	146	91	25	10	10	753

補足表 4-3. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の資源量および漁獲割合（資源量の単位はトン）

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計	漁獲割合
1986	769	934	648	399	239	146	189	3,324	0.50
1987	776	901	610	375	225	134	182	3,204	0.47
1988	824	957	629	386	233	137	182	3,347	0.49
1989	816	975	653	391	237	141	181	3,393	0.50
1990	770	950	628	388	227	138	179	3,282	0.47
1991	837	986	663	401	240	140	191	3,459	0.49
1992	932	1,064	676	414	241	140	182	3,648	0.52
1993	852	1,021	662	404	246	139	178	3,503	0.50
1994	946	999	665	401	250	150	181	3,591	0.50
1995	933	1,063	663	411	236	146	179	3,630	0.49
1996	844	1,085	714	430	256	140	180	3,649	0.52
1997	633	890	702	467	264	150	163	3,269	0.52
1998	553	753	635	430	234	128	141	2,875	0.48
1999	495	727	582	421	220	117	111	2,674	0.42
2000	493	714	609	410	264	136	127	2,754	0.43
2001	500	717	596	407	249	169	149	2,787	0.40
2002	502	716	613	434	266	165	219	2,916	0.38
2003	537	776	662	456	274	176	257	3,138	0.39
2004	497	810	699	492	285	173	282	3,239	0.38
2005	478	845	726	476	304	178	276	3,284	0.34
2006	543	953	826	544	298	198	287	3,648	0.39
2007	489	940	821	548	326	179	315	3,619	0.38
2008	448	908	870	555	330	198	288	3,597	0.39
2009	419	850	841	596	298	185	270	3,459	0.39
2010	453	838	791	618	281	185	288	3,453	0.38
2011	422	802	742	571	348	179	310	3,374	0.36
2012	412	792	754	566	312	229	288	3,353	0.39
2013	383	724	661	519	296	206	360	3,148	0.37
2014	355	718	648	489	291	183	358	3,044	0.35
2015	353	681	661	480	271	199	349	2,993	0.38
2016	399	666	590	452	252	171	362	2,893	0.37
2017	362	789	664	437	229	147	288	2,916	0.36
2018	328	774	797	505	233	136	221	2,996	0.40
2019	268	659	716	545	225	131	203	2,747	0.42
2020	240	529	577	468	237	125	184	2,359	0.48

補足表 4-4. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の
推定資源尾数（千尾）

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	合計
1986	2,850	1,061	388	148	64	31	27	4,569
1987	2,875	1,024	366	139	60	29	26	4,518
1988	3,052	1,087	377	143	62	29	26	4,777
1989	3,022	1,107	391	145	64	30	26	4,785
1990	2,853	1,080	376	144	61	30	26	4,569
1991	3,101	1,121	397	149	64	30	27	4,889
1992	3,452	1,209	405	153	65	30	26	5,339
1993	3,157	1,161	397	150	66	30	26	4,985
1994	3,505	1,135	398	148	67	32	26	5,312
1995	3,455	1,207	397	152	63	31	26	5,332
1996	3,125	1,233	427	159	69	30	26	5,069
1997	2,346	1,011	420	173	71	32	24	4,076
1998	2,049	855	380	159	63	27	20	3,555
1999	1,834	826	348	156	59	25	16	3,265
2000	1,826	811	365	152	71	29	18	3,272
2001	1,854	815	357	151	67	36	21	3,300
2002	1,861	814	367	161	71	35	32	3,341
2003	1,988	882	396	169	73	38	37	3,583
2004	1,841	921	419	182	76	37	41	3,517
2005	1,771	961	434	176	82	38	40	3,502
2006	2,009	1,082	495	201	80	42	41	3,951
2007	1,812	1,069	492	203	87	38	45	3,746
2008	1,660	1,032	521	206	88	42	41	3,591
2009	1,552	966	503	221	80	40	39	3,400
2010	1,677	952	474	229	75	40	41	3,488
2011	1,562	912	444	212	93	38	45	3,306
2012	1,526	899	452	210	84	49	41	3,260
2013	1,419	822	396	192	79	44	52	3,004
2014	1,315	816	388	181	78	39	52	2,870
2015	1,306	774	396	178	73	42	50	2,819
2016	1,477	757	353	168	67	37	52	2,911
2017	1,340	896	398	162	61	31	42	2,930
2018	1,217	880	477	187	63	29	32	2,885
2019	992	748	429	202	60	28	29	2,489
2020	887	601	345	173	64	27	26	2,124

補足表 4-5. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の
漁獲係数推定値

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	F(平均)
1986	0.82	0.86	0.82	0.69	0.60	0.59	0.59	0.71
1987	0.76	0.79	0.73	0.59	0.52	0.53	0.53	0.64
1988	0.81	0.81	0.75	0.60	0.52	0.54	0.54	0.65
1989	0.82	0.87	0.79	0.66	0.56	0.57	0.57	0.69
1990	0.73	0.79	0.72	0.60	0.50	0.49	0.49	0.62
1991	0.73	0.81	0.74	0.63	0.56	0.58	0.58	0.66
1992	0.88	0.91	0.79	0.64	0.57	0.57	0.57	0.70
1993	0.81	0.86	0.77	0.60	0.51	0.54	0.54	0.66
1994	0.86	0.84	0.75	0.64	0.55	0.60	0.60	0.69
1995	0.82	0.83	0.71	0.59	0.54	0.58	0.58	0.66
1996	0.92	0.87	0.70	0.60	0.56	0.66	0.66	0.71
1997	0.80	0.77	0.76	0.81	0.74	0.80	0.80	0.78
1998	0.70	0.69	0.68	0.78	0.71	0.88	0.88	0.76
1999	0.61	0.61	0.62	0.58	0.50	0.60	0.60	0.59
2000	0.60	0.61	0.68	0.62	0.47	0.58	0.58	0.59
2001	0.62	0.59	0.59	0.54	0.43	0.39	0.39	0.51
2002	0.54	0.51	0.57	0.58	0.43	0.38	0.38	0.48
2003	0.56	0.54	0.57	0.59	0.48	0.40	0.40	0.50
2004	0.44	0.54	0.66	0.60	0.49	0.46	0.46	0.52
2005	0.28	0.46	0.56	0.58	0.45	0.43	0.43	0.46
2006	0.42	0.58	0.68	0.63	0.53	0.40	0.40	0.52
2007	0.36	0.51	0.66	0.62	0.52	0.49	0.49	0.52
2008	0.33	0.51	0.65	0.74	0.60	0.56	0.56	0.56
2009	0.28	0.50	0.58	0.87	0.49	0.43	0.43	0.51
2010	0.40	0.55	0.60	0.69	0.47	0.39	0.39	0.50
2011	0.34	0.49	0.54	0.72	0.44	0.49	0.49	0.50
2012	0.41	0.61	0.65	0.76	0.43	0.35	0.35	0.51
2013	0.35	0.54	0.57	0.69	0.50	0.41	0.41	0.50
2014	0.32	0.52	0.57	0.71	0.40	0.38	0.38	0.47
2015	0.34	0.58	0.65	0.76	0.48	0.37	0.37	0.51
2016	0.29	0.44	0.57	0.79	0.56	0.55	0.55	0.54
2017	0.21	0.42	0.55	0.74	0.54	0.62	0.62	0.53
2018	0.28	0.51	0.65	0.92	0.60	0.53	0.53	0.57
2019	0.29	0.57	0.70	0.95	0.60	0.56	0.56	0.60
2020	0.26	0.50	0.63	0.87	0.58	0.57	0.57	0.57

補足表 4-6. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群（従来系群）の再生産関係

年	親魚量(トン)	天然加入量(千尾)(翌年の1歳魚)	再生産成功率(尾/kg)
1986	2,088	2,548	1.22
1987	1,977	2,705	1.37
1988	2,045	2,678	1.31
1989	2,090	2,529	1.21
1990	2,036	2,749	1.35
1991	2,128	3,060	1.44
1992	2,184	2,798	1.28
1993	2,140	3,107	1.45
1994	2,146	3,063	1.43
1995	2,166	2,770	1.28
1996	2,263	2,079	0.92
1997	2,191	1,816	0.83
1998	1,945	1,625	0.84
1999	1,815	1,618	0.89
2000	1,904	1,643	0.86
2001	1,928	1,650	0.86
2002	2,055	1,762	0.86
2003	2,213	1,632	0.74
2004	2,336	1,570	0.67
2005	2,383	1,748	0.73
2006	2,629	1,605	0.61
2007	2,659	1,446	0.54
2008	2,695	1,259	0.47
2009	2,615	1,429	0.55
2010	2,582	1,405	0.54
2011	2,551	1,346	0.53
2012	2,545	1,262	0.50
2013	2,403	1,124	0.47
2014	2,329	1,143	0.49
2015	2,300	1,305	0.57
2016	2,161	1,190	0.55
2017	2,160	1,043	0.48
2018	2,280	851	0.37
2019	2,149	751	0.35
2020	1,855		