

令和 2（2020）年度ヒラメ日本海西部・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 管理部門、環境応用部門

参画機関：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 3,000 トン台であったが、1998 年から 2002 年の間では 2,500 トンから 3,000 トンの間で推移した。2003 年以降になると、概ね 3,000 トン台に回復し、2019 年資源量は 3,107 トンと推定された。再生産成功率は低い水準であるため、今後の資源尾数及び資源量の動向には注意を要する。加入量と再生産成功率の上位 10%の交点となる親魚量（2,144 トン）を **Blimit** とした。2019 年の親魚量（2,383 トン）はこれを上回っている。中位と低位の境界値を **Blimit** とすると、資源水準は中位、動向は最近 5 年間（2015～2019 年）の資源量の推移から横ばいと判断した。ABC 算定規則 1-1) - (1) より、資源量を維持することを管理目標として、基準値 F_{sus} を管理基準として 2021 年 ABC を算出した。本種は栽培漁業対象種であり、2019 年の放流尾数は 3,072 千尾、基礎データの制約により精度の問題は残るが、2019 年の混入率は 15.5%、添加効率は 0.05 と推定された。

管理基準	Target/ Limit	2021 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
F _{sus}	Target	919	30	0.41 (-25%)
	Limit	1,093	35	0.51 (-6%)

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} = α 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、2016～2018 年の F の平均値であり、0.54 である。漁獲割合は 2021 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 (%)
2016	2,904	2,160	1,069	0.54	37
2017	2,969	2,175	1,039	0.53	35
2018	3,162	2,358	1,202	0.55	38
2019	3,107	2,383	1,163	0.54	37
2020	3,075	2,353	1,144	0.54	37
2021	3,097	2,312	—	—	—

2020 年、2021 年の値は、将来予測に基づく値。

水準：中位 動向：横ばい

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(鳥取～鹿児島(8)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	2018 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	栽培関連事業および県単独事業データ(鳥取～鹿児島(7)県) ・市場測定

1. まえがき

2019 年の全国のヒラメ漁獲量 6,887 トンに対し、その 16.9%にあたる 1,163 トンが日本海西部(鳥取県以西)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、近年の放流尾数は減少しており、1999 年には 5,600 千尾であったものが 2018 年には 3,072 千尾となっている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群のヒラメは、鳥取県以西の日本海西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)。

(2) 年齢・成長

成長はふ化後1年で全長25~31 cm、2年で36~46 cm、3年で44~58 cm、4年で47~67 cm、5年で49~73 cm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)。

$$\text{♀ } L_t = 949.7(1 - e^{-0.2120(t+0.8691)})$$

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

ここでの L_t は t 歳魚の全長である。

幼魚は5月頃に内湾及び河口域の水深10 m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。

(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漁業は刺網(40%)、沖合底びき網(18%)、小型底びき網(15%)、釣り・延縄(12%)、定置網(12%)など多種多様である(図4)。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5)。2018年の県別のヒラメ漁獲量は、速報値で長崎県が396トンと最も多く、島根県184トン、福岡県176トン、山口県172トン、熊本県128トンと続いている。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、鳥取県から鹿児島県における遊漁採捕量は年間11~18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)、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995トンから増加傾向を示し、1984年には1,982トンを記録した後、1997年までは1,500~1,900トンを維持していたが、1998年以降減少し2002年には1,103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

に再び減少傾向となり、2017年の漁獲量は資源評価を開始した1986年以降の最低値を示した(表1)。その後、若干の増加を示し2019年の漁獲量は1,163トンとなった(図6、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、2019年の漁獲量は6,887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17%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6)。

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1986~2019年の年齢別漁獲尾数(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(Pope 1972、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量の割合を見ると、1歳が5%、2歳が22%、3歳が28%、4歳が26%、5歳が8%、6歳が4%、7歳以上が7%であった。2歳までに占める割合は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7、8)。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、2019年には72.5%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3,000トン台であったが、1998年から2002年の間では2,500トンから3,000トンの間で推移して、若干の低下が認められた。2003年以降になると、概ね3,000トン台に回復し、2019年資源量は3,107トンと推定された。(図9、補足表2-2)。資源尾数は1986~1996年に4,500

千～5,300千尾の間で推移していた。1998～2013年の間には、緩やかな増減傾向を示し3,000千尾台を維持していたが、2014年以降では3,000千尾を下回る年も認められ、2019年の資源尾数は2,935千尾と推定された(図10、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10)。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。2006年以降は、両者ともに同じ傾向の動きを示している(図11)。漁獲係数(F:年齢平均値)は、1986～1998年の間は0.6～0.8で推移していた。1997年には0.78の最大値を示したが、2009年以降になると概ね0.4～0.5の間で推移している。2019年のFは0.54と推定された(図12、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13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4～5%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14、表2)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、これら変化は連動しているが、2015年以降になると、再び連動していない現象が認められている。2019年の親魚量は2,383トン、加入尾数は1,027千尾で、後者は過去最低値を示した(図14、表2)。再生産成功率(親魚量1kgあたりの翌年の1歳魚加入尾数)は1986～1995年までは1.19～1.43尾/kgであった。その後、1996～2002年までは0.82～0.90尾/kgを維持していたが、それ以降減少傾向を示し、2018年は0.44尾/kgであり低い水準であるため、今後の資源尾数及び資源量の動向には注意を要する。(図15、表2)。

(6) Blimitの設定

本系群では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、Blimitは加入量の上位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(2,144トン)とした(図16)。2019年の親魚量は2,383トンで(表2)、Blimitを上回っている。

(7) 資源の水準・動向

資源水準を求めるにあたり、中位と低位の境界値をBlimit(親魚量2,144トン)とすると(図16)、2019年の親魚量は2,383トンであり(表2)、Blimitを上回っているため中位と判断した。動向は最近5年間(2015～2019年)の資源量の推移から横ばいと判断した。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2,696トン)は

最低値（1999年の1,815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2）。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。

(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、2018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。従って、将来予測値には放流効果が含まれることになる。なお、再生産成功率は過去に比べると低い水準にあることから、近年の動向を反映させるため、2016年から2018年の3年間の平均値である0.53（尾/kg）を使用し（表2）、今後の加入量の見積もりを行った。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

2019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、過去3年間（2016～2018年）の平均値である0.53（尾/kg）とした。各年齢の選択率は2019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} とした。年齢別選択率を2019年と同じにしてFを変化させた場合のYPRと%SPRを図17に示す。現在のF（0.54）は資源量が維持される F_{sus} （0.51）を上回っている。

(10) 種苗放流効果（補足資料3）

2018年における本系群の分布水域内では、参画県すべての8県でヒラメ種苗が放流されている（3,072千尾）。2019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西部海域の各県で1.7～8.2%、東シナ海海域の各県で24.1～28.7%となった。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、2019年における系群全体での放流種苗の混入率は15.5%と推定された（補足表3-1）。また、2019年における添加効率は0.05と推定され（補足表3-2）、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。

現状のF、再生産成功率、添加効率、及び現状の放流強度（3,000千尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合の2025年の漁獲量及び資源量を推定した。その結果、漁獲量の差は108トンとなり、2025年漁獲量の予測値1,196トンの9.0%になると推定された（補足図3-1）。また、資源量の差は234トンとなり、2025年資源量の予測値3,244トンの7.2%になると推定された（補足図3-1）。

5. 2021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3,000トン台であったが、1998年から2002年の間では2,500トンから3,000トンの間で推移した。2003年以降になると、概ね3,000トン台に回復し、2019年資源量は3,107トンと推定された。（図9、補足表2-2）。2019年親魚量は2,383トンで B_{limit} を上回っているため資源水準は中位、動向は最近5年間（2015～2019年）の

資源量の推移から横ばいと判断した（図 9）。

(2) ABC の算定

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、加入量と再生産成功率の上位 10%の交点となる親魚量（2,144 トン）を **Blimit** とした（図 16）。2019 年の親魚量は 2,383 トンで、**Blimit** を上回っているため（表 2）、ABC 算定規則 1-1) - (1) により、資源量を維持することを管理目標として、それを実現する **Fsus**（0.51）を管理基準として ABC を算定した。2021 年に **Flimit**（0.51）で漁獲した場合の **ABClimit** は 1,093 トン、不確実性を見込んだ **Ftarget**（0.41）で漁獲した場合の **ABCtarget** は 919 トンと算出された。

管理基準	Target/ Limit	2021 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
Fsus	Target	919	30	0.41 (-25%)
	Limit	1,093	35	0.51 (-6%)

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。**Ftarget** = α **Flimit** とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。現状の F (**Fcurrent**) は、2016~2018 年の F の平均値であり、0.54 である。漁獲割合は 2021 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 3 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 18 に示す。将来予測においては、2020 年の漁獲係数は 2019 年と同じ、また 2021 年以降は年齢別選択率を 2019 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。**Fcurrent**（0.54）は、資源量の維持を目標とした限界値 **Fsus**（0.51）を上回っている（図 18）。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。しかし、本種は種苗放流が実施され、将来予測値には種苗放流の効果も加わっていることから、これらの値は増加傾向を示した（図 18）。また、**Flimit** (**Fsus**) 及び安全率を乗じた **Ftarget** (0.8**Fsus**) では、これらの値はさらに増加することが予測された。

管理基準	F 値	漁獲量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0.8Fsus	0.41	1,163	1,144	919	1,034	1,156	1,254	1,358	1,489
0.8Fcurrent	0.43	1,163	1,144	963	1,061	1,167	1,247	1,332	1,438
Fsus	0.51	1,163	1,144	1,093	1,128	1,180	1,208	1,238	1,277
Fcurrent	0.54	1,163	1,144	1,142	1,150	1,179	1,187	1,196	1,211
		資源量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0.8Fsus	0.41	3,107	3,075	3,097	3,474	3,825	4,173	4,545	4,963
0.8Fcurrent	0.43	3,107	3,075	3,097	3,407	3,693	3,968	4,259	4,582
Fsus	0.51	3,107	3,075	3,097	3,214	3,323	3,413	3,505	3,608
Fcurrent	0.54	3,107	3,075	3,139	3,139	3,186	3,214	3,244	3,282
		親魚量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0.8Fsus	0.41	2,383	2,353	2,312	2,675	2,981	3,227	3,515	3,852
0.8Fcurrent	0.43	2,383	2,353	2,312	2,613	2,862	3,054	3,278	3,539
Fsus	0.51	2,383	2,353	2,312	2,433	2,531	2,589	2,658	2,742
Fcurrent	0.54	2,383	2,353	2,312	2,364	2,410	2,424	2,445	2,478

(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
2018年漁獲量確定値	2017年漁獲量の確定
2019年漁獲量速報値	2018年までの推定資源量および RPS・Fcurrent・Fsus
2019年年齢別漁獲尾数	2018年までの推定資源量および RPS・Fcurrent・Fsus

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)
2019年(当初)	Fsus	0.34	2,850	720	595	
2019年(2019年 再評価)	Fsus	0.49	3,326	1,184	995	
2019年(2020年 再評価)	Fsus	0.51	3,107	1,109	933	1,163 (0.54)
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	

2019年(当初)の値は2017年までの漁獲データを用いた2018年における評価結果、2019年(2019年再評価)と2020年(当初)は2018年までのデータを用いた2019年における

結果、2019年（2020年再評価）と2020年（2020年再評価）は2019年までのデータを用いた今回の結果である。

2019年（当初）の資源量は2,850トン、2019年の再評価では3,326トン、2020年の再評価では3,107トンとなり、2019年当初から2019年再評価間では17%の上方修正、2019年再評価から2020年再評価では7%の下方修正となった程度である。また、2020年（当初）の資源量は3,395トン、2020年の再評価では3,075トンとなり9%の下方修正となり、2019年と同様に大きな変化は認められなかった。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図19に示した。資源量及び親魚量の解析では、2016年及び2017年の推定値が他年に比べると差が大きくなる傾向を示した。しかし、それ以外の年の推定値は、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、直近年のデータを加えることによって、僅かではあるものの上方修正の傾向を示していた。

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（3,000千尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合の2025年の資源量の差は234トン、漁獲量の差は108トンであると算定された（補足図1）。また、本系群におけるヒラメの漁獲の10.7～15.5%は、放流種苗の由来であり（補足表3-1、3-2）、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1kgあたりの1歳魚加入尾数）は1986～1995年までは1.19～1.43尾/kgであった。その後、1996～2002年までは0.82～0.90尾/kgを維持していたが、それ以降減少が続き、2018年の再生産成功率は0.44尾/kgとなった（図15、表2）。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。

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.
- 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：中川雅弘、邵 花梅)



図1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

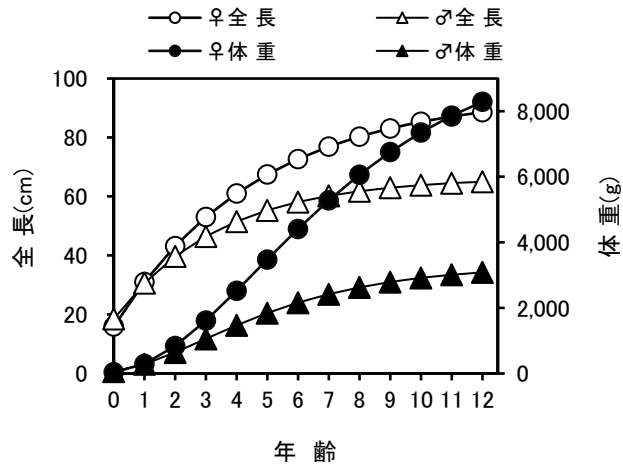


図2. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成長

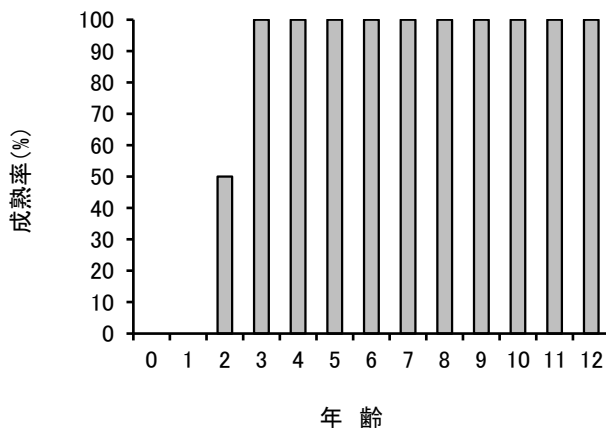


図3. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

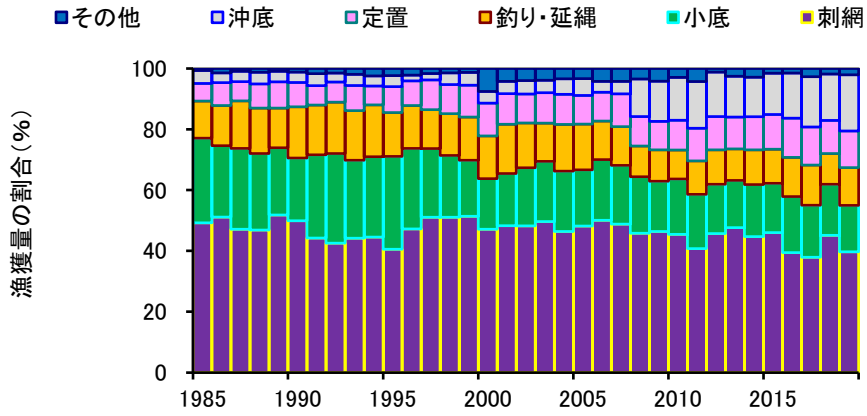


図 4. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群における漁業種類別漁獲量の割合の推移

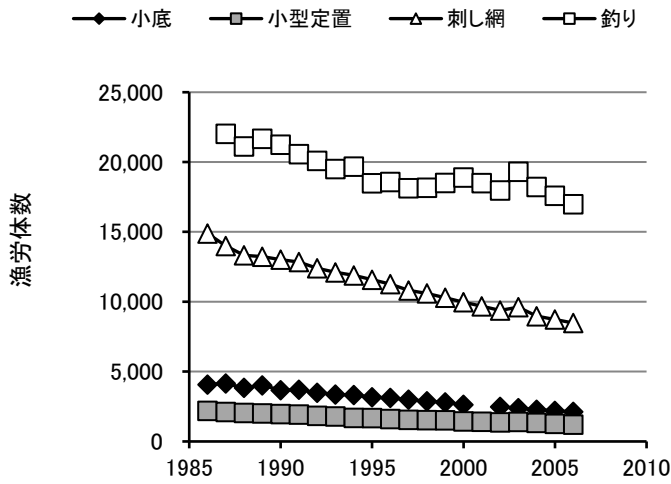


図 5. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群分布域の主な沿岸漁業漁労体数の推移

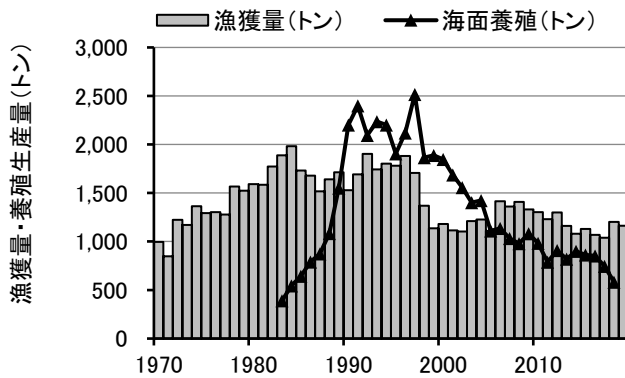


図 6. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量および本海域での養殖収穫量の推移

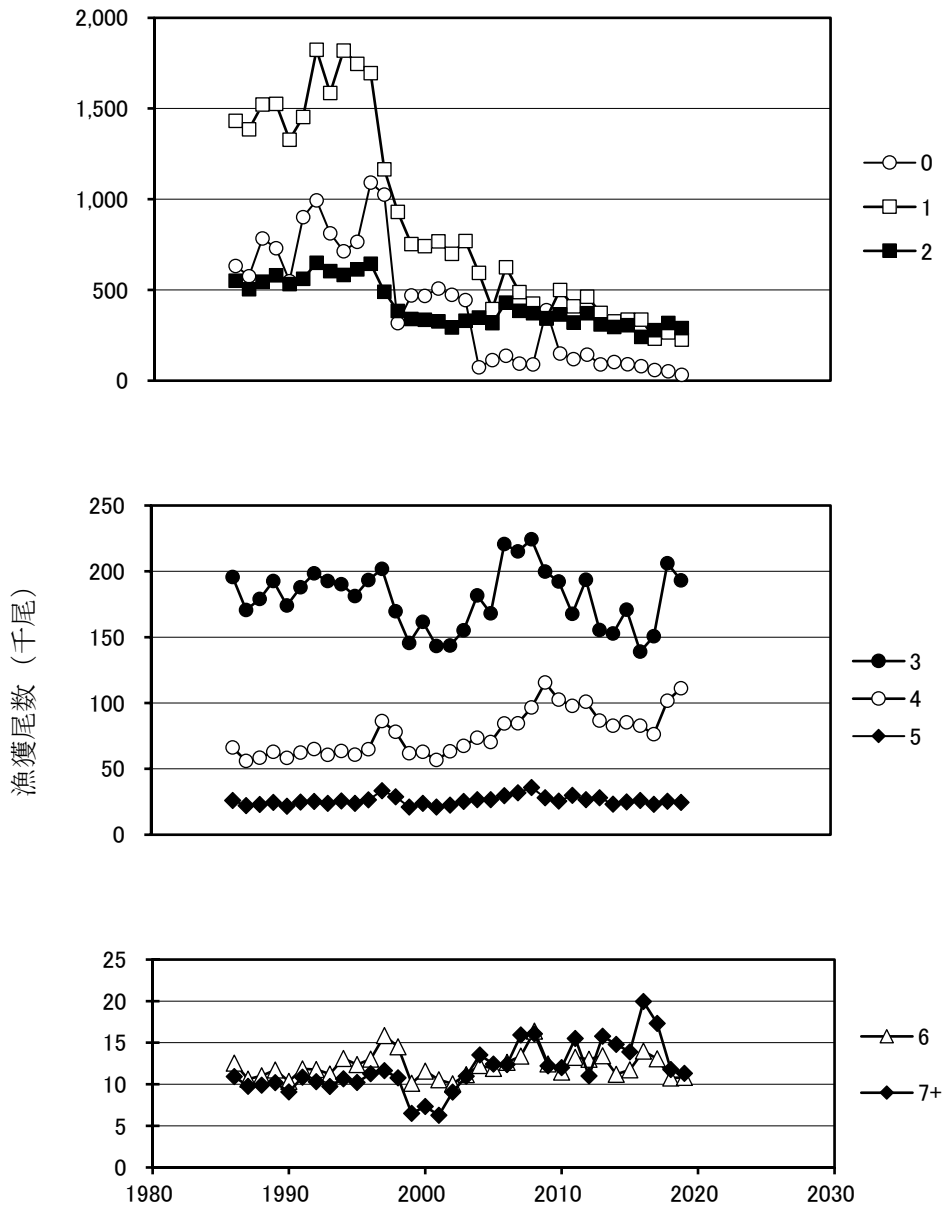


図7. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数の経年変化
凡例の数値は年齢を示す。

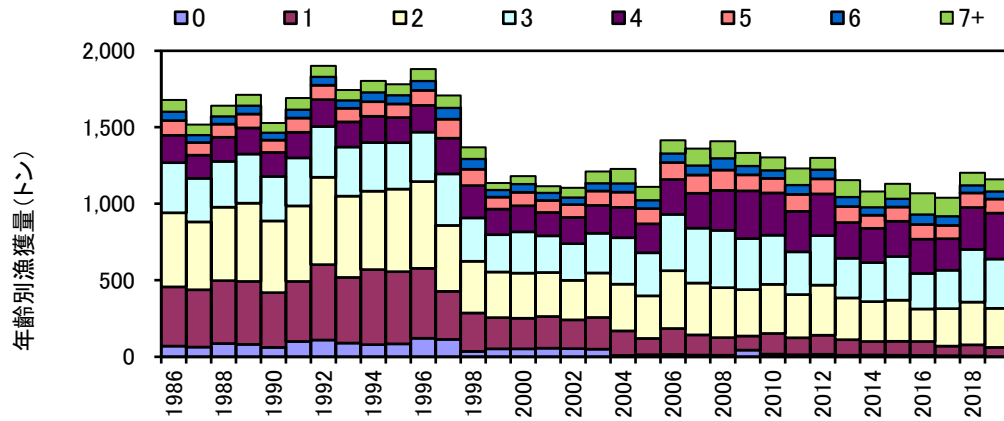


図 8. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲量の経年変化
凡例の数値は年齢を示す。

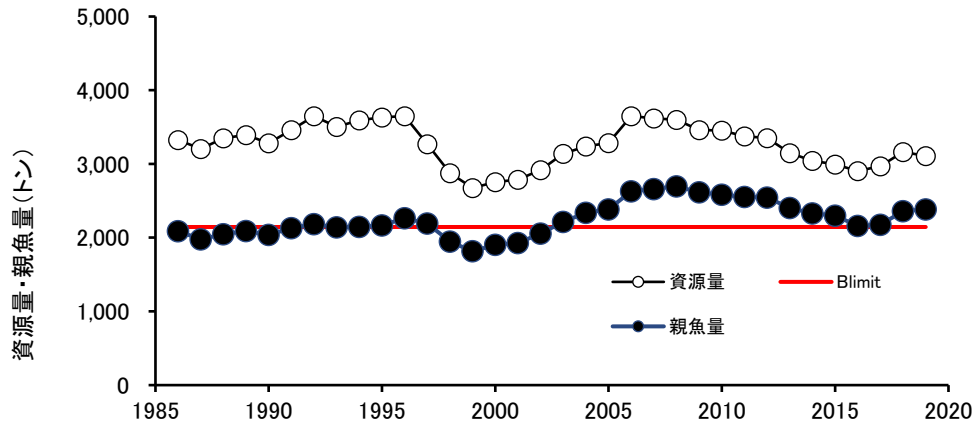


図 9. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量の推移と水準

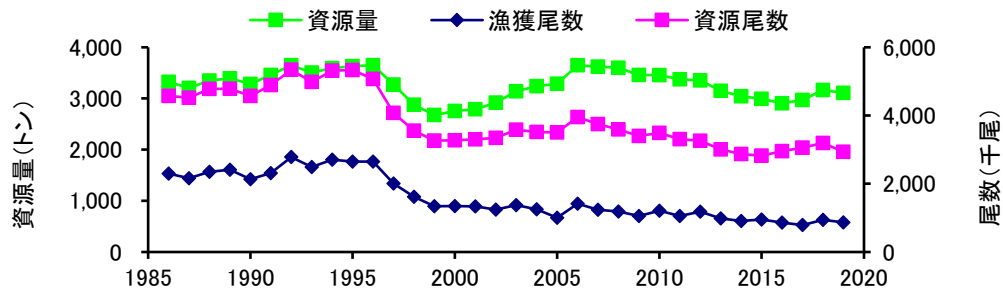


図 10. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量、資源尾数および漁獲尾数の経年変化

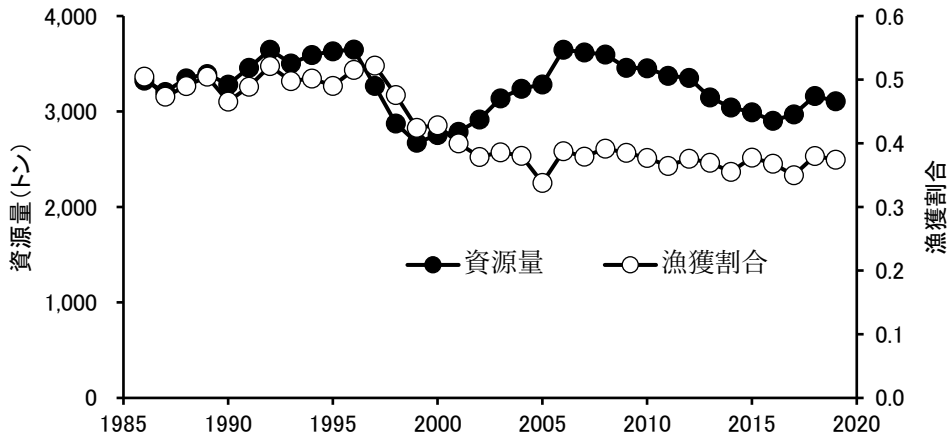


図 11. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量と漁獲割合の経年変化

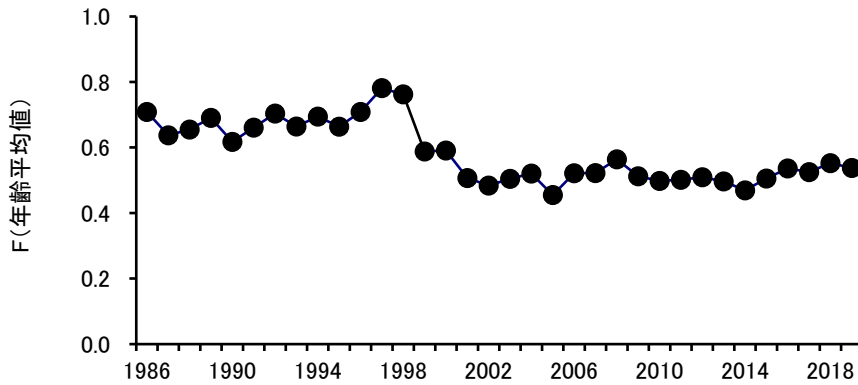


図 12. コホート解析により推定された F 値の経年変化

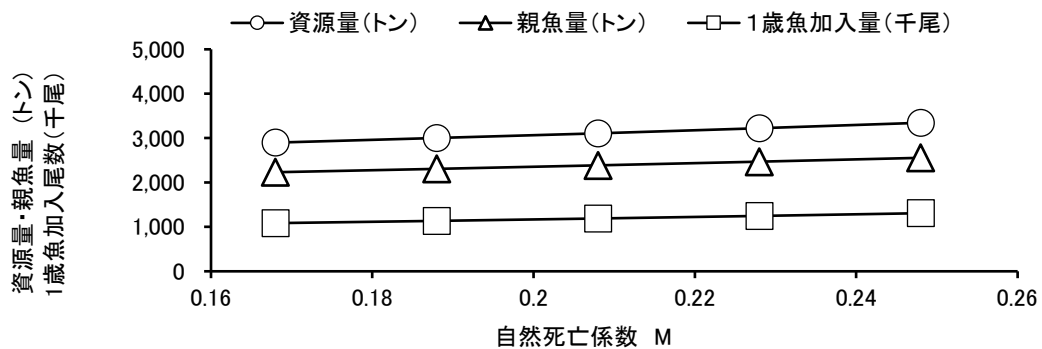


図 13. M を変化させた場合の資源量、親魚量、1 歳魚加入尾数の推定値の変化

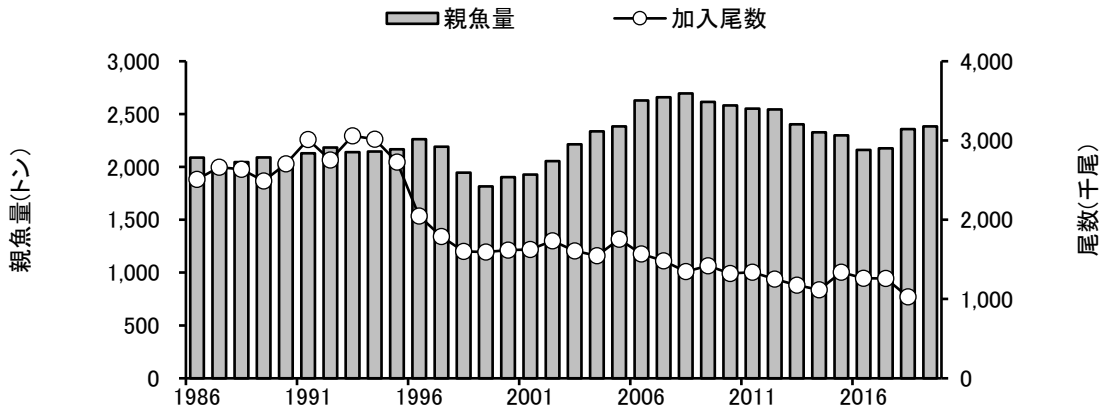


図 14. 親魚量と翌年加入尾数の経年変化

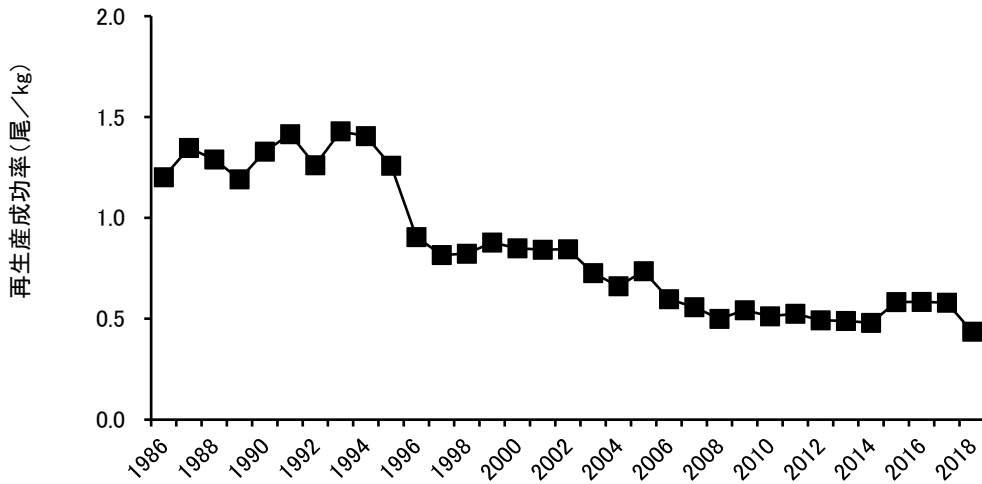


図 15. 再生産成功率の経年変化

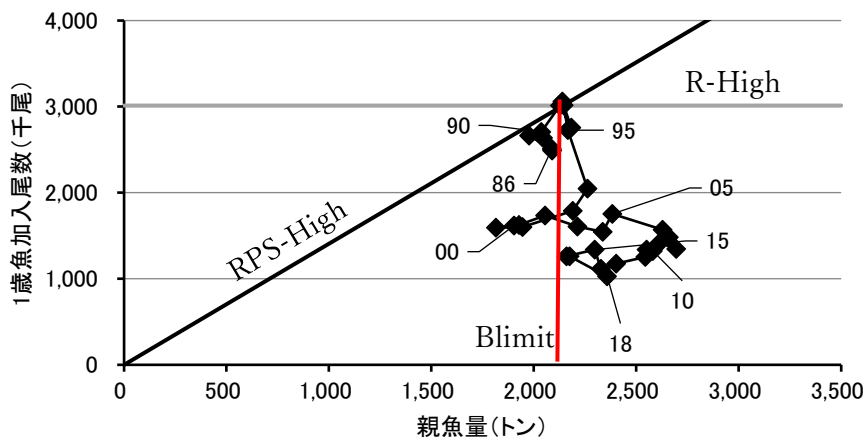


図 16. 再生産関係図

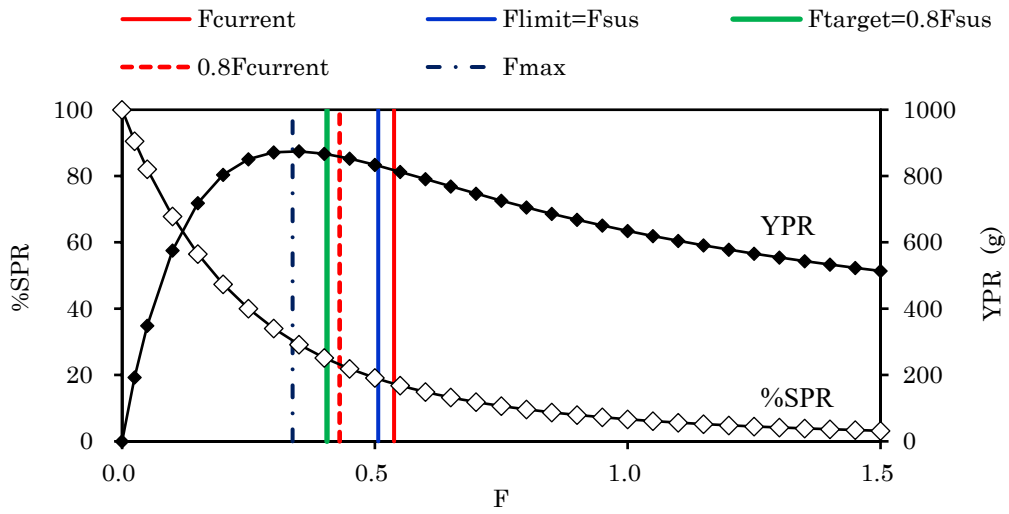


図 17. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の%SPR、YPR および F の参考値

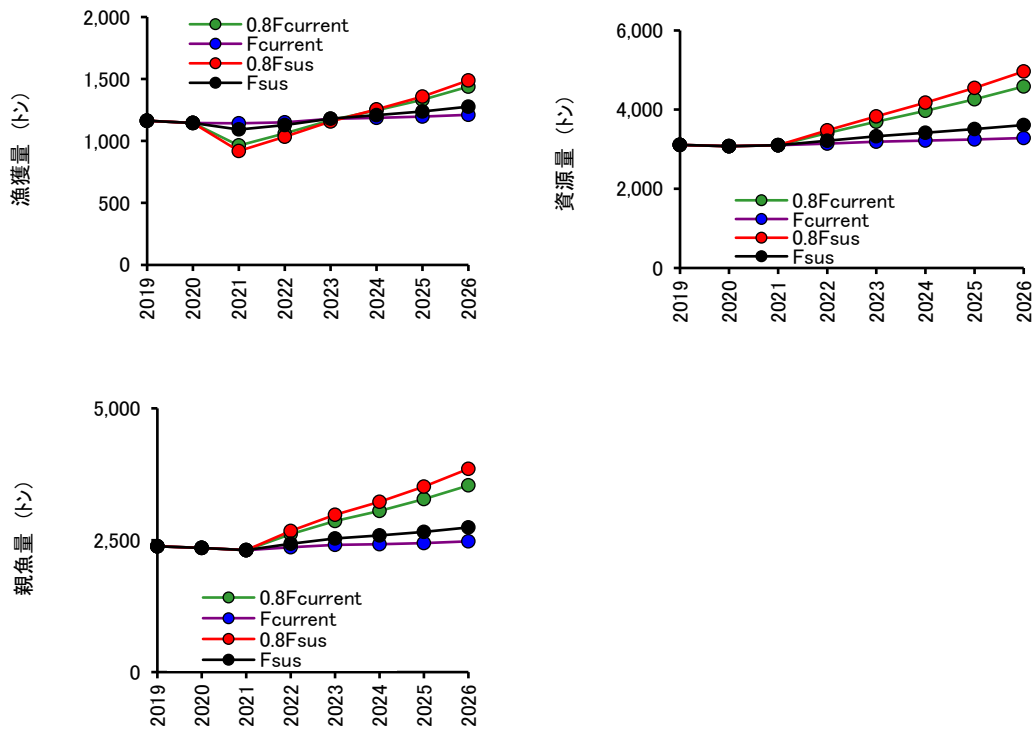


図 18. 異なる F 値による漁獲量、資源量及び親魚量の将来予測の比較

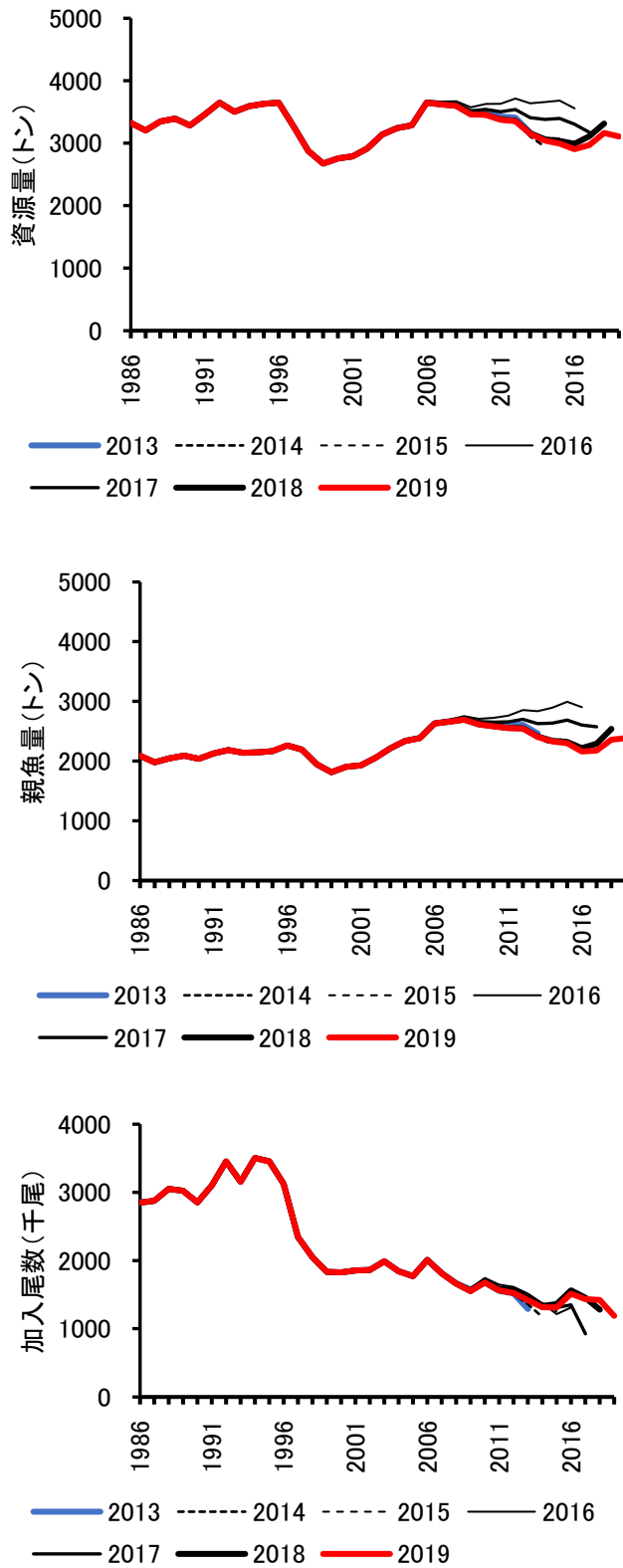


図 19. 資源量、親魚量及び加入量のレトロスペクティブ解析

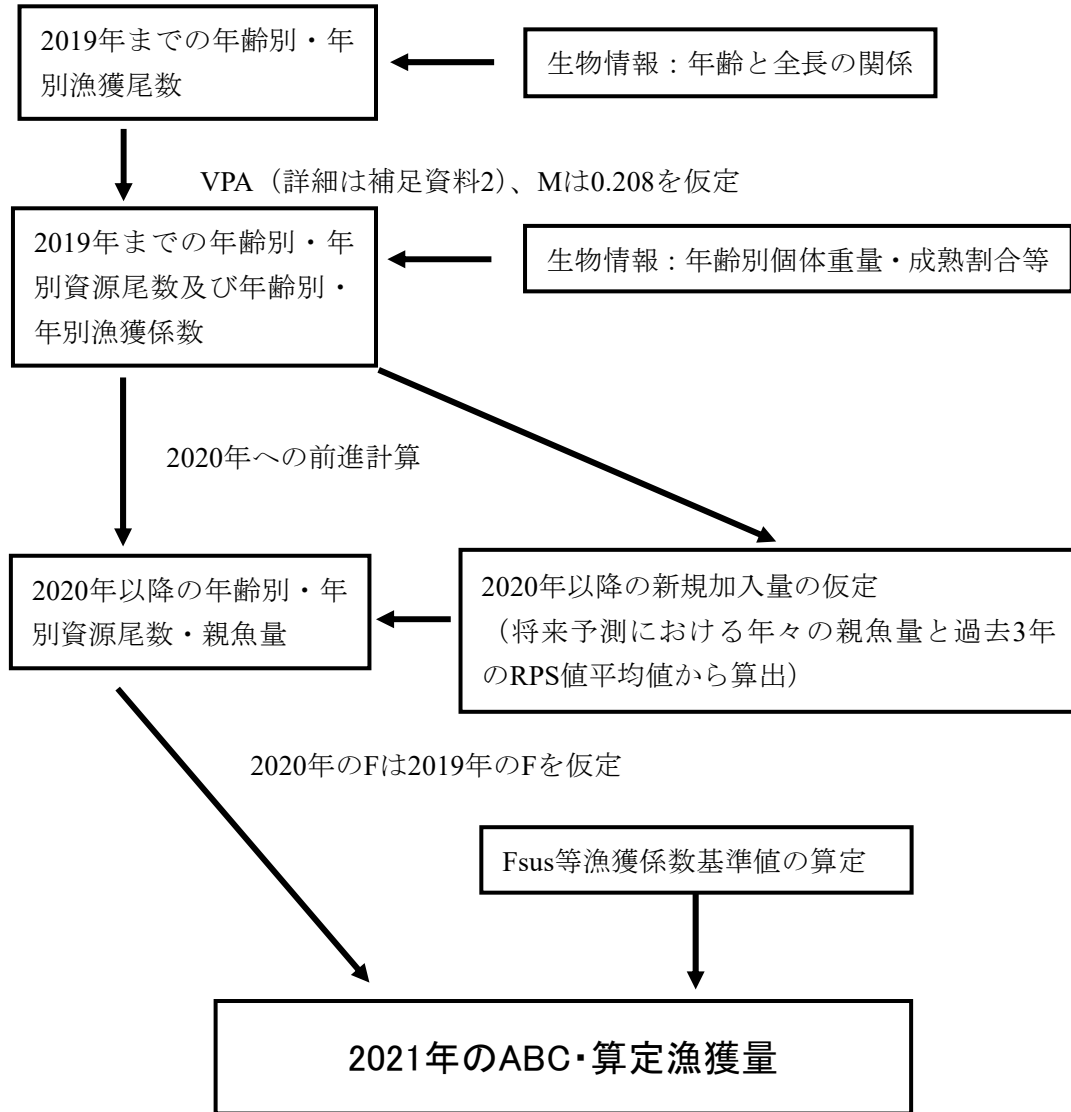
表 1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量（トン）

年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
漁獲量	995	848	1,224	1,171	1,363	1,293	1,302	1,277	1,566	1,523
年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
漁獲量	1,591	1,585	1,772	1,888	1,982	1,736	1,678	1,517	1,640	1,712
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
漁獲量	1,527	1,690	1,901	1,743	1,802	1,780	1,880	1,707	1,368	1,135
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
漁獲量	1,180	1,114	1,103	1,211	1,227	1,110	1,414	1,360	1,409	1,332
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
漁獲量	1,302	1,230	1,300	1,154	1,080	1,129	1,069	1,039	1,202	1,163

表 2. コホート解析によるヒラメ日本海西部・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	2,088	2,509	1.20
1987	1,977	2,663	1.35
1988	2,045	2,637	1.29
1989	2,090	2,490	1.19
1990	2,036	2,706	1.33
1991	2,128	3,012	1.42
1992	2,184	2,754	1.26
1993	2,140	3,058	1.43
1994	2,146	3,015	1.41
1995	2,166	2,727	1.26
1996	2,263	2,047	0.90
1997	2,191	1,788	0.82
1998	1,945	1,600	0.82
1999	1,815	1,593	0.88
2000	1,904	1,617	0.85
2001	1,928	1,624	0.84
2002	2,055	1,735	0.84
2003	2,213	1,607	0.73
2004	2,336	1,545	0.66
2005	2,383	1,753	0.74
2006	2,629	1,568	0.60
2007	2,659	1,482	0.56
2008	2,695	1,346	0.50
2009	2,615	1,418	0.54
2010	2,581	1,322	0.51
2011	2,551	1,338	0.52
2012	2,544	1,252	0.49
2013	2,402	1,174	0.49
2014	2,328	1,116	0.48
2015	2,298	1,338	0.58
2016	2,160	1,261	0.58
2017	2,175	1,260	0.58
2018	2,358	1,027	0.44
2019	2,383		

補足資料1 データと資源評価の関係



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。

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.

補足表 2-1. ヒラメ日本海西部・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	632	1,432	551	196	66	26	13	11	2,294
1987	575	1,385	504	171	56	22	11	10	2,158
1988	784	1,522	546	179	58	23	11	10	2,349
1989	730	1,525	581	193	63	25	12	10	2,408
1990	548	1,328	532	174	58	22	10	9	2,134
1991	901	1,453	561	188	62	25	12	11	2,312
1992	994	1,823	649	198	65	25	12	10	2,784
1993	812	1,586	604	193	61	24	11	10	2,488
1994	713	1,819	582	190	64	26	13	11	2,704
1995	765	1,746	614	181	61	24	12	10	2,649
1996	1,091	1,695	644	193	65	26	13	11	2,648
1997	1,025	1,165	490	202	86	33	16	12	2,003
1998	317	930	384	170	78	29	15	11	1,616
1999	470	752	340	146	62	21	10	6	1,337
2000	467	741	335	162	63	24	12	7	1,343
2001	508	768	327	143	57	21	11	6	1,332
2002	473	699	293	144	63	22	10	9	1,241
2003	444	770	330	155	67	25	11	11	1,370
2004	73	594	348	182	74	27	12	14	1,249
2005	114	395	317	168	70	27	12	12	1,001
2006	137	625	430	221	84	30	13	12	1,415
2007	94	488	385	215	85	32	13	16	1,234
2008	90	424	371	224	97	36	16	16	1,185
2009	388	342	345	200	115	28	12	12	1,055
2010	150	500	365	192	103	25	11	12	1,208
2011	118	410	320	168	98	30	13	15	1,054
2012	144	462	372	194	101	27	13	11	1,179
2013	89	373	310	155	87	28	13	16	983
2014	102	327	296	153	83	23	11	15	908
2015	91	337	305	171	85	25	12	14	949
2016	79	336	241	139	83	26	14	20	859
2017	58	231	278	151	76	23	13	17	790
2018	51	266	318	206	102	25	11	12	939
2019	32	227	290	193	111	24	11	11	867

補足表 2-2. コホート解析によるヒラメ日本海西部・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	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	952	826	544	298	198	287	3,647	0.39
2007	489	940	821	548	326	179	315	3,618	0.38
2008	448	908	870	555	330	198	288	3,597	0.39
2009	419	850	840	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	791	754	566	312	229	287	3,352	0.39
2013	383	724	660	519	295	206	359	3,147	0.37
2014	355	718	648	489	291	183	358	3,041	0.36
2015	354	680	661	479	271	199	348	2,992	0.38
2016	408	670	589	452	251	171	362	2,904	0.37
2017	387	815	670	435	228	146	287	2,969	0.35
2018	384	841	837	513	232	135	220	3,162	0.38
2019	321	805	819	598	234	129	201	3,107	0.37

補足表 2-3. コホート解析によるヒラメ日本海西部・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	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	3,554
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	3,590
2009	1,552	966	503	221	80	40	39	3,400
2010	1,677	952	474	229	75	40	41	3,487
2011	1,562	911	444	212	93	38	45	3,305
2012	1,525	899	451	209	84	49	41	3,260
2013	1,418	822	395	192	79	44	52	3,003
2014	1,314	816	388	181	78	39	52	2,868
2015	1,312	773	396	178	73	42	50	2,823
2016	1,513	762	353	167	67	37	52	2,951
2017	1,434	926	401	161	61	31	41	3,056
2018	1,422	956	501	190	62	29	32	3,192
2019	1,188	915	490	221	63	28	29	2,935

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

F-matrix 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	0.28	0.43	0.58	0.80	0.56	0.55	0.55	0.54
2017	0.20	0.41	0.54	0.75	0.54	0.62	0.62	0.53
2018	0.23	0.46	0.61	0.90	0.60	0.53	0.53	0.55
2019	0.24	0.43	0.57	0.81	0.57	0.57	0.57	0.54

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。2019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西部海域の各県で1.7～8.2%、東シナ海海域の各県で24.1～28.7%となった。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、2019年における系群全体での放流種苗の混入率は15.5%と推定された（補足表3-1）。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と放流尾数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0.05と推定された（補足表3-2）。

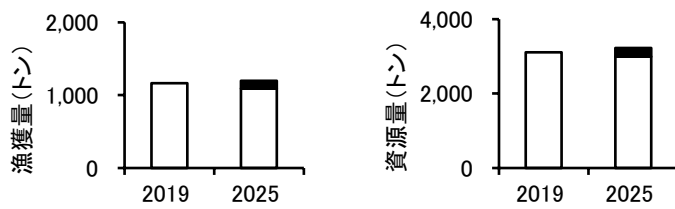
③ 種苗放流を行うことによる漁獲量と資源量への上乗せ効果

2019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（3,000尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合、添加効率を0.05に設定して2025年の漁獲量及び資源量を推定した。計算方法は亘（2011）に準じて行った。その結果、添加効率0.05における資源量の差は234トン、漁獲量の差は108トンと推定された（補足図3-1）。

引用文献

- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2007）種苗放流実績表。平成17年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 86-88.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2008）種苗放流実績表。平成18年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 84-86.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2009）種苗放流実績表。平成19年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 84-86.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2010）種苗放流実績表。平成20年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 80-82.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2011）種苗放流実績表。平成21年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 80-82.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2012）種苗放流実績表。平成22年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 80-82.
- 水産総合研究センター（2013）種苗放流実績表。平成23年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 76-77.
- 水産総合研究センター（2014）種苗放流実績表。平成24年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 78-89.
- 水産総合研究センター（2015）種苗放流実績表。平成25年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 78-89.

- 水産総合研究センター (2016) 種苗放流実績表. 平成 26 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 水産研究・教育機構 (2017) 種苗放流実績表. 平成 27 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 水産研究・教育機構 (2018) 種苗放流実績表. 平成 28 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 水産研究・教育機構 (2019) 種苗放流実績表. 平成 29 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 亘 真吾 (2011) 平成 23 年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 平成 23 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産総合研究センター, 1385-1410.



補足図 3-1. 漁獲量及び資源量に対する放流魚の貢献
 □は天然魚、■は放流魚を示す。

補足表 3-1. 前年の放流尾数（千尾、上段）と混入率（%、下段のカッコ内）

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
鳥取			61 (1.6)	62 (3.0)	57 (2.0)	70 (3.8)	57 (3.5)	57 (7.3)	76 (11.8)
島根	727 (1.4)	598 (3.6)	633 (5.1)	649 (3.7)	601 (3.8)	578 (2.4)	424 (2.7)	197 (3.0)	464 (2.6)
山口	461 (3.9)	614 (2.6)	635 (6.6)	601 (6.8)	644 (5.4)	615 (2.4)	650 (7.7)	636 (5.6)	614 (9.4)
福岡	94 (-)	77 (-)	99 (-)	57 (-)	98 (-)	126 (-)	114 (-)	42 (-)	6 (-)
佐賀	189 (17.0)	150 (15.1)	196 (13.2)	156 (4.3)	170 (4.6)	112 (3.4)	114 (9.8)	102 (8.8)	156 (25.4)
長崎	1,196 (-)	1,061 (-)	1,076 (-)	1,029 (-)	1,030 (-)	1,052 (10.7)	931 (13.3)	1,069 (10.3)	774 (13.9)
熊本	924 (30.0)	802 (22.5)	719 (29.1)	825 (24.3)	826 (32.6)	988 (20.8)	815 (22.4)	872 (22.5)	910 (24.8)
鹿児島	949 (19.5)	935 (12.9)	947 (16.9)	836 (22.7)	876 (28.6)	783 (17.9)	785 (15.8)	911 (11.9)	834 (17.6)
全体	4,550 (13.4)	4,237 (10.8)	4,366 (13.2)	4,215 (15.4)	4,302 (15.3)	4,324 (12.3)	3,890 (11.8)	3,886 (11.3)	3,780 (15.2)
年	2015	2016	2017	2018	2019				
鳥取	30 (5.4)	60 (3.2)	60 (7.8)	60 (7.7)	60 (6.3)				
島根	257 (5.8)	355 (4.6)	354 (5.5)	342 (4.6)	358 (3.4)				
山口	528 (10.5)	494 (3.3)	558 (2.3)	533 (1.0)	484 (1.7)				
福岡	6 (-)	14 (-)	13 (-)	19 (-)	24 (-)				
佐賀	180 (15.7)	132 (8.6)	102 (7.5)	105 (8.7)	102 (8.2)				
長崎	899 (10.8)	750 (14.3)	704 (20.5)	686 (25.5)	601 (24.1)				
熊本	808 (22.6)	785 (29.5)	785 (25.3)	789 (24.2)	823 (28.7)				
鹿児島	817 (18.0)	764 (14.0)	737 (10.9)	757 (14.9)	620 (20.8)				
全体	3,447 (13.6)	3,318 (11.8)	3,301 (11.3)	3,291 (15.9)	3,072 (15.5)				

混入率は全年齢込みで示した。-は不明。

補足表 3-2. 添加効率の試算結果

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
前年の放流数(千尾)	4,510	4,237	4,326	4,200	4,242	4,314	3,880
1歳魚(放流+天然)加入尾数(千尾)	2,009	1,812	1,660	1,552	1,677	1,562	1,525
放流魚の混入率(%)	13.4	10.8	13.2	15.4	15.3	12.3	11.7
放流1歳魚加入数(千尾)	256	243	178	206	258	239	187
添加効率	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
前年の放流数(千尾)	3,886	3,780	3,447	3,318	3,301	3,291	3,072
1歳魚(放流+天然)加入尾数(千尾)	1,418	1,314	1,312	1,513	1,434	1,422	1,188
放流魚の混入率(%)	10.7	14.9	11.5	12.1	11.4	13.5	15.5
放流1歳魚加入数(千尾)	166	140	196	175	173	162	161
添加効率	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05

放流尾数：水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2007～2012）、水産総合研究センター（2013～2015）、水産総合研究センター（2016）、水産研究・教育機構（2017～2019）。混入率は全年齢込みで示した。