

平成 26 (2014) 年度ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（中川雅弘、吉村 拓）

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

要 約

コホート解析で推定された本系群の資源量は 1996 年までは 3,600 トン前後で安定していたが、1997 年から減少に転じた。2000 年以降の資源量は増加に転じたが、これは漁獲物に占める大型魚の割合が増加したためであり、資源尾数はそれほど増えていない。2013 年の資源量は 3,168 トンであった。再生産成功率は低い水準で減少していることから、今後の資源尾数の動向には注意を要する。資源量推定値の最高値と最低値の差を 3 等分すると、現在の資源水準は中位、資源動向は減少と判断された。現状の漁獲係数 $F_{current}$ は、資源量を維持する F_{sus} より大きく加入乱獲の傾向にある。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限界の親魚量として、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 B_{limit} とした。2013 年の親魚量は 2,460 トンでこれを上回っている。ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)より、 F_{limit} として F_{sus} を、 F_{target} として $0.8 \cdot F_{sus}$ を用いて ABC を算出した。

	2015 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	989 トン	F_{sus}	0.44	33%
ABC _{target}	827 トン	$0.8 \cdot F_{sus}$	0.35	28%

ABC には 0 歳魚は含まない。F 値は各年齢の平均値。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2012	3,409	1,300	0.49	38%
2013	3,168	1,161	0.49	37%
2014	3,000	—	—	—

2014 年の資源量はコホート解析による最近年 3 年間の平均的な再生産関係に基づいた予測である。資源量には 0 歳魚は含まない。

水準：中位 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（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	2012 年までの県別・水域別放流尾数（水研セ）
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

2013 年には全国のヒラメの漁獲量 7,677 トンに対し、その 15%にあたる 1,161 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各地で種苗放流が行われており、本系群においても 1980 年代から事業規模で実施されてきた。近年の放流尾数は序々に減少し、1999 年には 5,600 千尾であったものが 2012 年には 3,870 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 25～30cm、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（金丸ら 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、 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 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。

(3) 成熟・産卵

ふ化後2年で約半数が産卵群に加入し、3年後に全加入する(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、成魚は魚食性であり、甲殻類やイカ類を捕食する。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(乃一ら1993)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

対象海域においてヒラメは様々な漁法により漁獲されているが、漁業種類を大別すると2013年は刺網が48%と最も多く、次いで小型底びき網(16%)、沖合底びき網(13%)、釣り・延縄(11%)、定置網(11%)、その他(1%)となっている(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年と比べて刺し網で約6割、小型底引きで約5割、釣り・延縄で約8割に減少した(図5)。のべ出漁日数においても同様の減少傾向がみられる。2013年の県別のヒラメ漁獲量は、速報値で長崎県が400トンと最も多く、島根県178トン、熊本県169トン、福岡県160トン、山口県135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漁獲状況は十分把握されていないが、1997年の調査では遊漁採捕量は年間15トンと小さかった。そこで、本報告では遊漁の影響は無視できるとした。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は1970年の約1,000トンから増加傾向を示し、1984年には1,982トンと最高を記録し、その後1997年までは1,500～1,900トンの間で推移していた。しかし、1998年以降減少傾向を示し、2002年には1,103トンとなった。その後、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2013年の漁獲量は1,161トンとなった(表1、図6)。

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トンの間で推移しており、2013年は7,677トンとなり、全国のヒラメ漁獲量に対して本系群の占める割合は15%であった。

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年から2013年間の年齢別漁獲尾数(表2)を用いてコホート解析を行った。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。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)。資源量は、推定した資源尾数に年齢別平均体重を乗じて総和した値とした。親魚量は 2 歳魚の資源量の半分と 3 歳以上の資源量を総和した値とした。コホート解析を行う際に、自然死亡係数(M)を寿命から推定し $M=0.208$ とした(田中 1960)。この M の推定値がもたらす誤差によって、コホート解析の結果がどの程度影響を受けるか試算した。その結果、M の推定値に 10%の誤差があった場合、2013 年の資源量、親魚量、および 1 歳魚加入尾数は 3%程度変動すると推定された(図 7)。

(2) 資源量指標値の推移

本系群のヒラメは多様な漁業によって漁獲されており、操業形態も地域により異なっている。このため漁獲努力量の把握が困難である。資源評価は漁獲物の年齢組成により判断するコホート解析のみを用い、漁獲努力量を考慮したチューニングは行っていない。

(3) 漁獲物の年齢組成

本系群における漁獲物の年齢組成は 1990 年代後半に大きく変化している(表 2、図 8)。1 歳から 7+歳の漁獲尾数は、1986 から 1997 年までは概ね横ばいの傾向である。しかし、1998 年から 1999 年にかけて漁獲尾数が減少した。特に 2 歳以下の若齢魚では減少幅が大きく、その後も低水準である。3 歳魚の漁獲尾数は 2001 年に 140 千尾程度まで減少した後、2006 年には 220 千尾と増加したが、2013 年は 160 千尾となり再び減少している。また、4 歳以上の漁獲尾数は 2002 年以降増加する傾向にある。2 歳以下の若齢魚の漁獲量は 1996 年までは全体の 60%程度であったが、現在では 38%程度まで低下しており、大型魚(高齢魚)の割合が増えている(表 3、図 9)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

本系群の資源量は 1997 年頃から急減し 1999 年に 2,674 トンとなり最低値を示したが、その後、増加傾向に転じ、2006 年には 3,653 トンまで回復した。しかし、その後緩やかな減少傾向を示し、2013 年には 3,168 トンとなった(表 4、図 10)。この間の資源尾数の推移は、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、その後は同期していない(図 11)。これは、前項 4. (3) に示すように 2000 年代に入って高齢で大型魚が資源に占める割合が高くなっているためである。漁獲割合(重量割合)は 1998 年から減少し、2000 年以降は 1990 年代と比較して低い水準にある(図 12)。漁獲係数(F:年齢平均値)は、1986 年から 1996 年の間はおおよそ 0.6~0.7 で推移していた。1997 年には 0.78 と高くなったが、2005 年には 0.45 まで下がり、その後は 0.49~0.56 の間で推移している(表 5、図 13)。

(5) 資源の水準・動向

2013 年の推定資源量は 3,168 トンとなり、1986 年以降の資源量変動幅を高位、中位、低位に 3 等分した場合には中位に入る(図 10)。最近 5 年間の資源量の動向は減少と判断された。2000 年以降の資源量の増加は資源個体群に占める大型魚の割合が高くなったと推定されたため、資源尾数は緩やかに減少し、2013 年は過去最低値の 2,880 千尾と推定された。

(表 6、図 11)。1990 年代後半の資源減少は、再生産成功率が低下し加入量が減少したことが発端と考えられる。岩手県沿岸では再生産成功率とヒラメ仔魚浮遊期の水温の間に正の相関があると報告されている(後藤 2005)。しかし、本系群の再生産成功率と産卵期(1~3 月)の海表面水温との相関関係では、相関が高い地点とそうでない地点が混在しており海域全体としては明瞭な関係は認められなかった。また、福岡県奈多地先で桁網により 0 歳魚の加入状況を調査した結果と、コホート解析により推定された 1 歳魚の資源尾数を比較したが両者の間で傾向は一致しなかった。

(6) 再生産関係

本系群の親魚量は 1997 年まで 2,200 トン程度で推移し、1998 年以降減少したが、2000 年以降増加に転じた。1 歳魚尾数は 1997 年頃から減少し、依然として低い水準で推移している(表 7、図 14)。親魚量と漁獲係数 F の関係は明瞭な傾向を示さないが、1996 年から 1999 年までの推移は F がやや高く、親魚量が減少した印象を受ける(図 15)。しかし、2000 年から 2007 年までは F が低く推移し親魚量は増加した。再生産成功率(親魚量 1kg あたりの 1 歳魚加入尾数)は 1996 年から低下し、低水準である(図 16)。再生産関係図(図 17)を見ると、1986~1995 年の再生産関係は親魚量が 2,200 トン前後に対して、1 歳魚加入尾数が 3,200 千尾程度と安定していたが、その後 1996、1997 年に 1 歳魚の加入尾数が減少し、続いて親魚量の減少が起きている。2000 年以降は親魚量が増加に転じるものの 1 歳魚加入尾数は低水準のままである。資源解析を行った 1986 年以降、親魚量は 1,815~2,706 トンの間で変化しているが、再生産曲線を当てはめるためには変動幅が小さくモデル化が困難である。そこで、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限界の親魚量として、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(2,144 トン)を Blimit として設定した。2006 年以降の親魚量は 2,500 トン以上の水準で推移しており、2013 年の親魚量も 2,460 トンと Blimit を上回っている。一方、再生産成功率は減少傾向を示し 2012 年の再生産成功率は 0.50 尾/kg となっている。将来予測における加入量の計算には、2010 年から 2012 年の 3 年間ににおける再生産成功率の平均値を使用した。

(7) 種苗放流効果

2006 年から 2013 年の調査で得られたデータによると、人工種苗の混入率は日本海西部海域の各県で 3.7~17.0%、東シナ海海域の各県で 10.3~38.1%であった。データの傾向が似ている県をグループ化し、混入率平均値を漁獲尾数により重み付けして計算した場合、系群全体での人工種苗の混入率は、10.4~15.7%と推定された(補足資料 3 表 1)。また、2006~2013 年の添加効率は 0.04~0.06 と推定された(補足資料 3 表 2)。2013 年の添加効率で現状の F で漁獲を行うと仮定した場合、現状の放流強度(4,000 千尾)で放流を行った場合と放流を行わなかった場合の 2019 年の漁獲量の差は、およそ 110 トンと算定された(補足資料 3)。放流数と翌年の 1 歳加入尾数の関係(図 18)によると、1986 年以降は放流数が増加したのに対して 1995 年以降の 1 歳魚は急減し、それ以降は横ばいが続いている。

5. 2015 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群の資源量は 1999 年に 2,674 トンまで落ち込み、資源解析を開始した 1986 年以降の

最小値を記録している。2000年から資源量は増加したが2006年の3,653トンをピークとして緩やかに減少し、2013年の推定資源量は3,168トンとなった(表4)。親魚量は2000年から増加に転じ2003年以降は90年代前半より高い水準で推移している(図14)。資源尾数は1996年まで高い水準にあったが、1997年以降減少し現在も低い水準にある(図11)。資源尾数の減少は、1歳魚と2歳魚の減少によるもので、3歳魚以上の資源尾数は90年代前半と同等もしくは増加している。2013年の親魚量はBlimitを上回っており、資源水準は中位、動向は過去5年間(2009~2013年)の資源量の推移から減少と判断される。再生産成功率は低い状況が続いている。2013年のF(Fcurrent=0.49)の大きさは、資源量の維持を目標とした限界値(Fsus=0.44)より大きく、資源尾数の動向には今後も注意する必要がある。また2013年のF(Fcurrent=0.49)は、加入あたりの漁獲量を最大とするFmax(=0.31)より大きいいため、成長乱獲の状態と判断される(図19)。ここで、Fsusの算定に当たっては2013年以降の再生産成功率が2010年から2012年の平均的なレベルで続き、1歳魚1個体が一生のうちに残す1歳魚尾数の期待値が1になるような生残率を与えるFの平均値をFsusとした。

(2) ABCの算定

Fcurrent(=0.49)は、Fsus(=0.44)、Fmax(=0.32)より大きく加入乱獲及び成長乱獲の傾向にある。しかし、現状の親魚量はBlimit(2,144トン)より大きい2,460トンと推定されており、資源量も中位と判断される。ABC算定にあたっては、資源量と再生産関係の推定が可能であるため、ルール1-1-(1)を適用し、現状の資源量の維持を目標としてFsusをFlimitとした。

以上をふまえ、2015年のABCを次の条件で算定した。まず、2014年の漁獲係数は2013年と同様とした。2015年以降は年齢別選択率を2013年と同様とし、漁獲係数の年齢平均値が資源管理基準のF値となるよう設定した。また、再生産成功率は2010年から2012年の平均的レベル(0.50尾/kg)で推移するとした。コホート解析により、2013年のF(=0.49)による2014年の漁獲量は950トン、2014年漁期初めの資源量は3,000トン、2015年漁期初めの資源量は2,879トンと計算された。2015年の操業においてFsus(=0.44)で漁獲した場合、ABClimitは989トンと計算された。さらに、不確実性を見込んでFsusに $\alpha=0.8$ を乗じた値をFtarget(=0.35)とすると、2015年の漁獲量管理目標となるABCtargetは827トンと算定された。

	2015年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	989トン	Fsus	0.44	33%
ABCtarget	827トン	0.8・Fsus	0.35	28%

ABCには0歳魚は含まない。F値は各年齢の平均値。

(3) ABClimitの評価

異なる漁獲シナリオによる漁獲量と資源量の推移予測を下の表に、漁獲量と親魚量の推移予測を図20に示す。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量 (トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
現在の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.49$)	1,161	1,084	1,041	996	959	917	876
資源量の維持	F_{sus} ($F=0.44$)	1,161	1,084	950	956	961	958	955
上記の予防的措置	$0.8 \cdot F_{sus}$ ($F=0.35$)	1,161	1,084	794	868	935	996	1,059
資源の効率的利用	F_{max} ($F=0.31$)	1,161	1,084	714	812	905	996	1,092
漁獲シナリオ	管理基準	資源量 (トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
現在の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.49$)	3,168	3,000	2,879	2,755	2,640	2,526	2,414
資源量の維持	F_{sus} ($F=0.44$)	3,168	3,000	2,879	2,896	2,898	2,896	2,893
上記の予防的措置	$0.8 \cdot F_{sus}$ ($F=0.35$)	3,168	3,000	2,879	3,134	3,363	3,605	3,859
資源の効率的利用	F_{max} ($F=0.31$)	3,168	3,000	2,879	3,256	3,617	4,010	4,439

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降に追加されたデータセットおよび修正・更新された数値の一覧を次の表に示す。

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
2012 年漁獲量確定値	2012 年漁獲量の確定
2013 年漁獲量速報値	2006 年から 2013 年の推定資源量および $RPS \cdot F_{current} \cdot F_{sus}$
2013 年年齢別漁獲尾数	2006 年から 2013 年の推定資源量および $RPS \cdot F_{current} \cdot F_{sus}$

データの更新により再評価された資源量および ABC の値を次の表に示す。2013 年(当初)の値は 2011 年までの漁獲データを用いた 2012 年における評価結果、2013 年(2013 年再評価)と 2014 年(当初)は 2012 年までのデータを用いた 2013 年における結果、2013 年(2014 年再評価)と 2014 年(2014 年再評価)は 2013 年までのデータを用いた今回の結果である。

2013 年(当初)の資源量は 3,051 トンであったが、2013 年の再評価では 3,204 トン、2014 年の再評価では 3,168 トンとなり、概ね上方修正となった。一方、2014 年(当初)の資源量は 3,204 トンであったが、2014 年の再評価では 3,000 トンとなり下方修正となった。これらの要因として考えられるのは以下の通りである。2012 年の漁獲量は前年と比較すると 70 トン増加したものの、2013 年の漁獲量は前年と比較すると 139 トン減少し、これらの変動が資源量計算に影響を与えていると考えられる(表 1)。本種は多種多様な漁業の対象である上に、近年の魚価の低迷から主な漁獲対象にされないことが示唆されるが、近年の F 値はほぼ一定の値を示している。このような中、再生産成功率は 1993 年には 1986 年以降の最高値の 1.64 尾/kg を示したが、それ以降減少傾向に転じ、2012 年には 1986 年以降の最低値の 0.50 尾/kg まで低下した。このように、再生産成功率の低下が資源量の減少の要因の一

つとなっていることは否定できない。

評価対象年	管理基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2013 年 (当初)	Fsus	0.47	3,051	1,070	900	
2013 年 (2013 年再評価)	Fsus	0.57	3,204	1,259	1,064	
2013 年 (2014 年再評価)	Fsus	0.44	3,168	1,050	878	1,161
2014 年 (当初)	Fsus	0.57	3,204	1,260	1,065	
2014 年 (2014 年再評価)	Fsus	0.44	3,000	989	827	

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 (4,000 千尾) で種苗を放流した場合と放流しなかった場合の 2019 年の漁獲量の差は、約 110 トンであると算定された (補足図 1)。また、本海域におけるヒラメの漁獲の 10～15% は、放流種苗の由来であり (補足表 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、本海域における再生産成功率 (RPS) は 1986～1996 年までは 1.04～1.64 尾/kg を示していたが、1996 年以降、減少傾向に転じ 2012 年は 0.50 尾/kg となった (表 7、図 16)。また、本年度の解析結果では $F_{current}$ が F_{sus} を上回ったが、これは F が増加した結果ではなく (表 5、図 13)、RPS の低下が大きな要因と考えられ、今後の動向に着目すべきである。また、本海域のヒラメは刺網、底びき網、定置など様々な漁法により漁獲され、ヒラメのみを狙った漁業ではないことから、今後の本種における管理方策は漁獲制限だけでは限界があると考えられる。種苗放流によって本種の再生産を補助することが可能であれば、放流尾数を増やすことも一つの方法であろう。

7. 引用文献

- 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.
- 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, 第 21 号, 37-49.
- 厚地 伸・増田育司 (2004) 鹿児島湾におけるヒラメ人工種苗の放流効果. 日本水産学会誌, 70(6), 910-921.
- 後藤友明 (2005) 岩手県沖合におけるヒラメの資源変動. 平成 17 年日本水産学会大会講演要旨集, p.189.
- 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.
- 熊本県・鹿児島県 (2011) 栽培漁業資源回復等対策事業総括報告書 (九州南西海域マダイ・ヒラメ), 517-542.
- 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.
- 南 卓志 (1997) マダイ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.



図1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

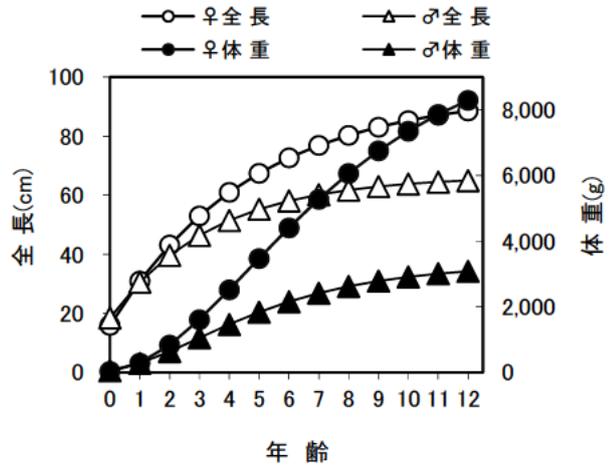


図2. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成長

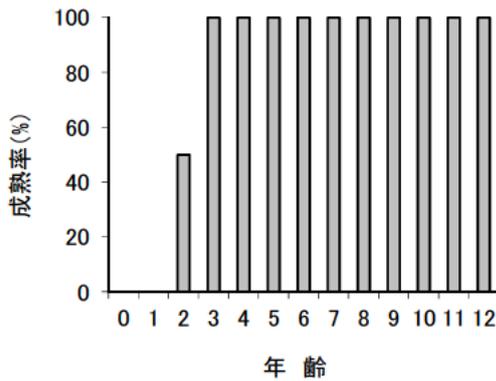


図3. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

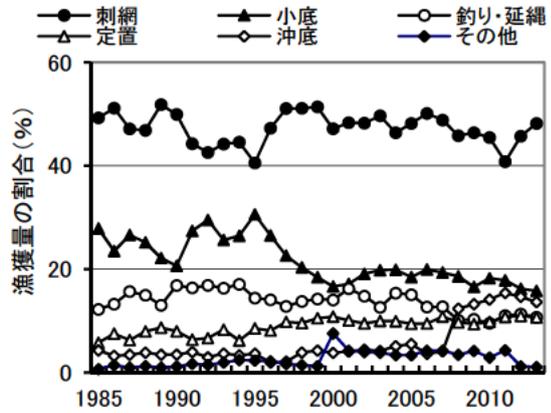


図4. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群における漁業種類別漁獲量の内訳

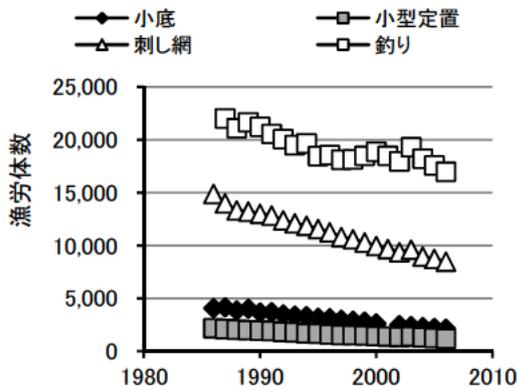


図5. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群分布域の主な沿岸漁業漁労体数の推移

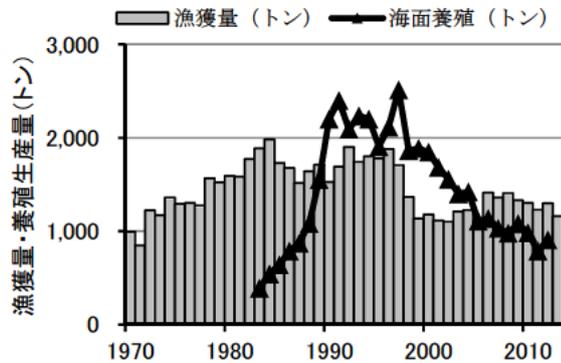


図6. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量および海面養殖生産量の推移

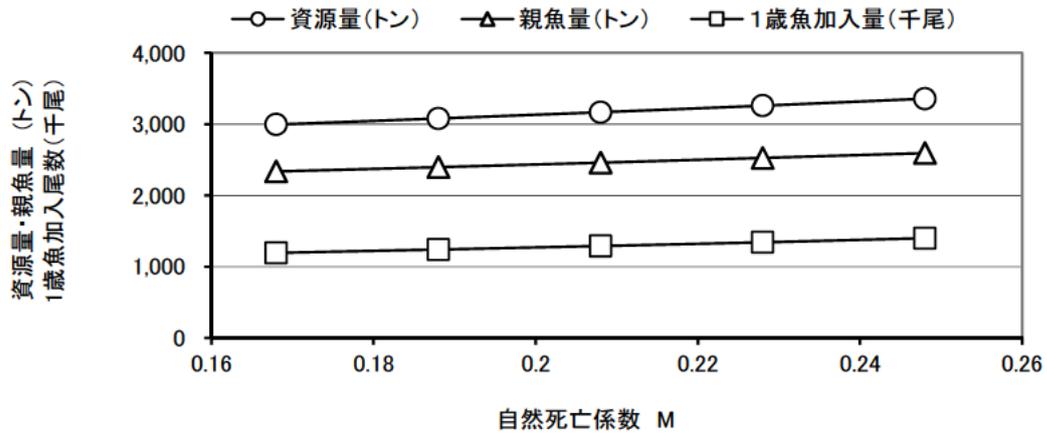


図 7. M を変化させた場合の資源量、親魚量、1 歳魚加入尾数の推定値の変化

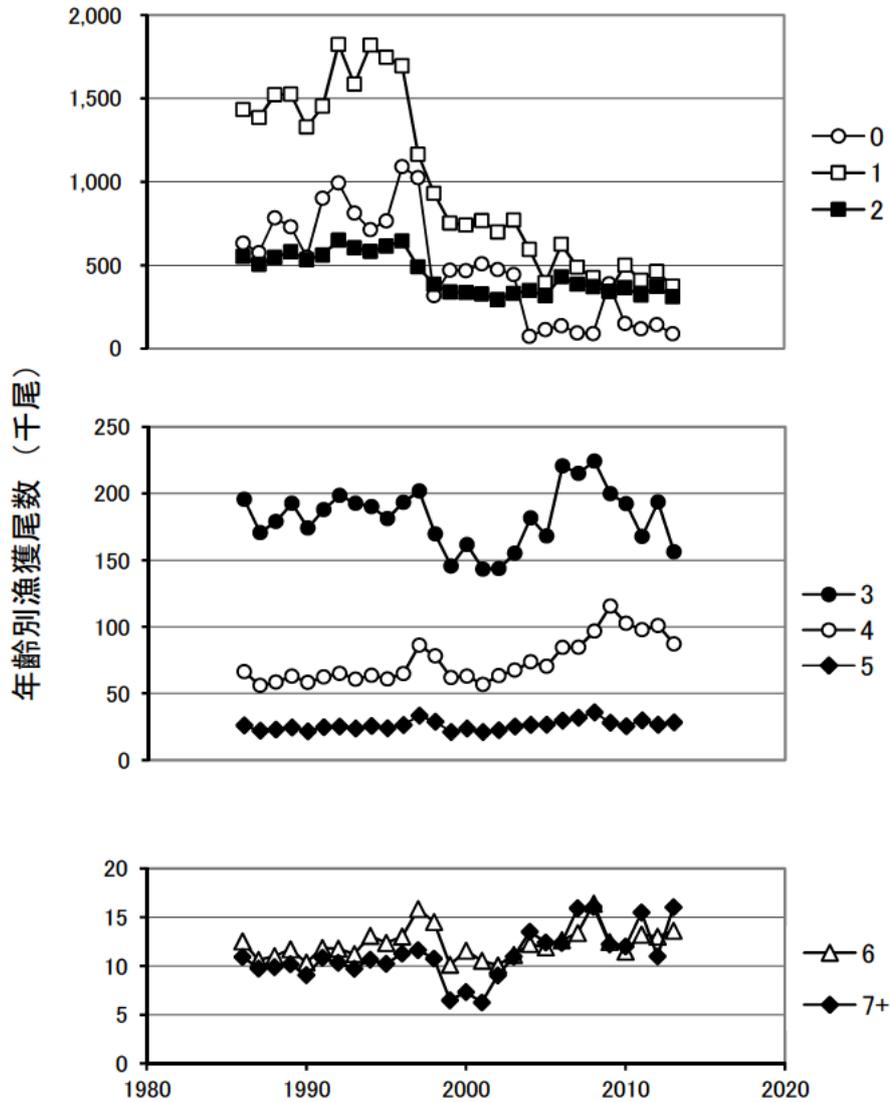


図 8. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数の推移

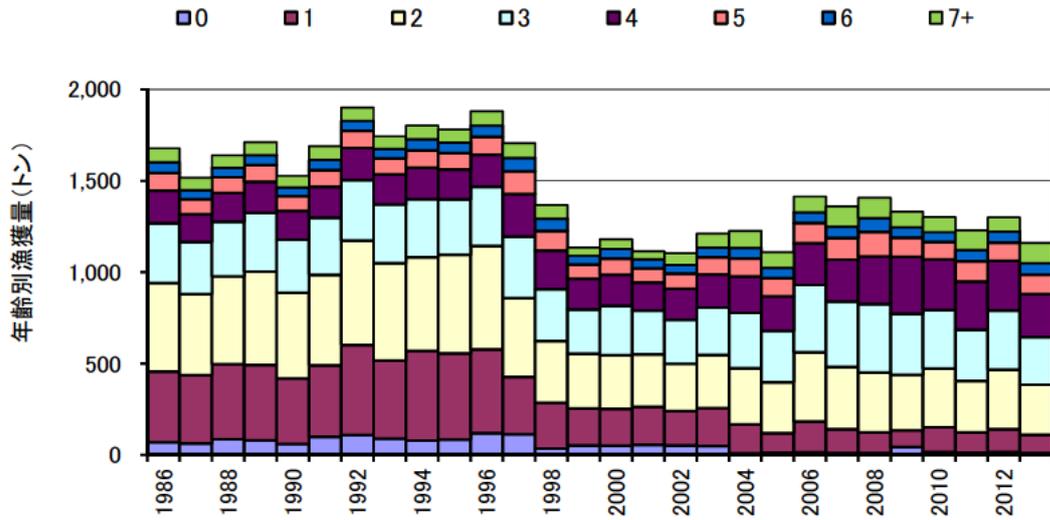


図9. 本系群ヒラメの年齢別漁獲量の推移
(年齢別漁獲尾数を基にした計算値)

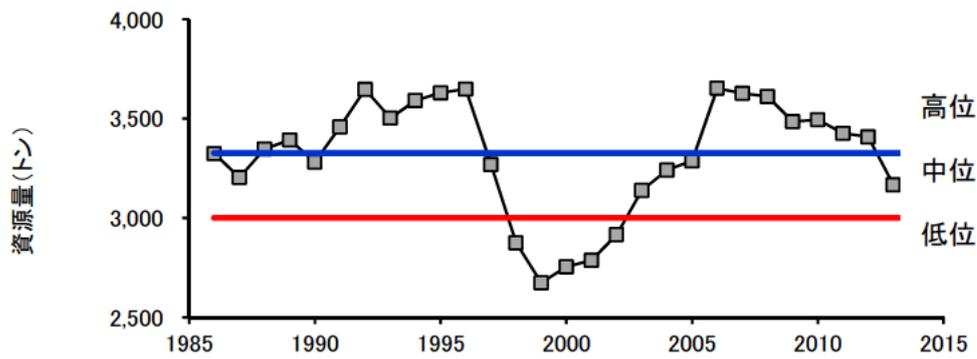


図10. 本系群ヒラメ資源量の推移と水準

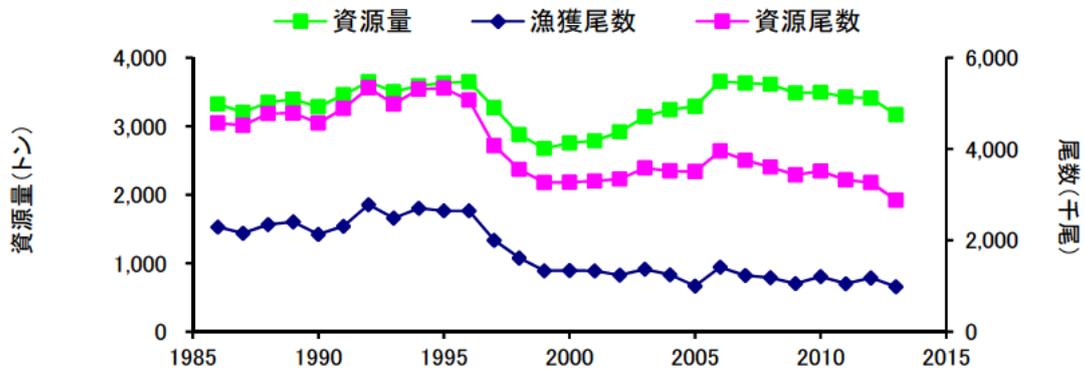


図11. 本系群ヒラメの資源量、資源尾数および漁獲尾数の推移

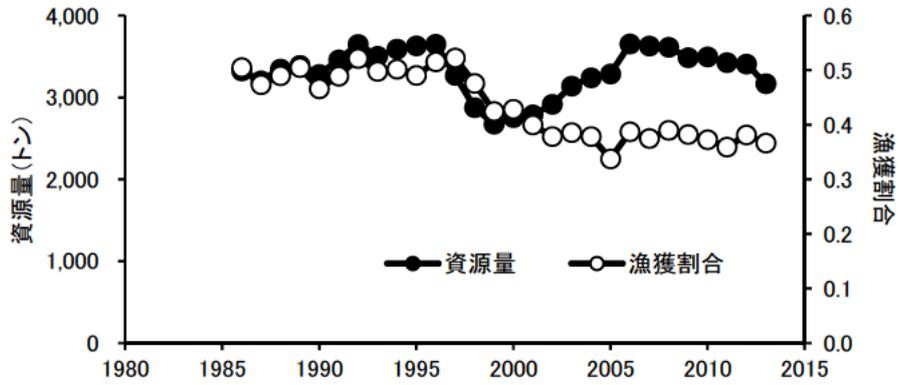


図 12. 本系群ヒラメの資源量と漁獲割合の推移

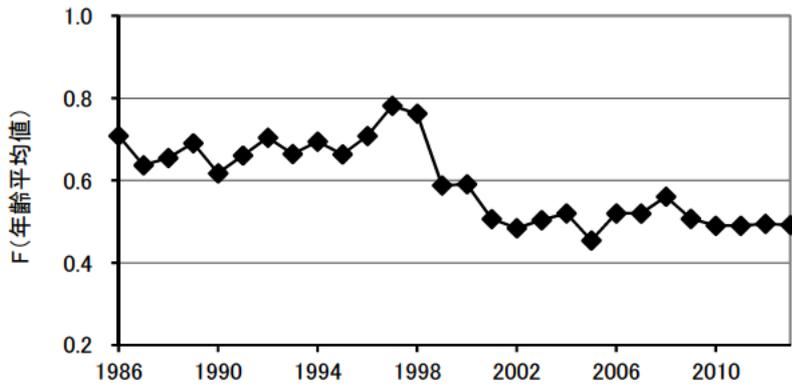


図 13. コホート解析により推定された F 値の経年変化

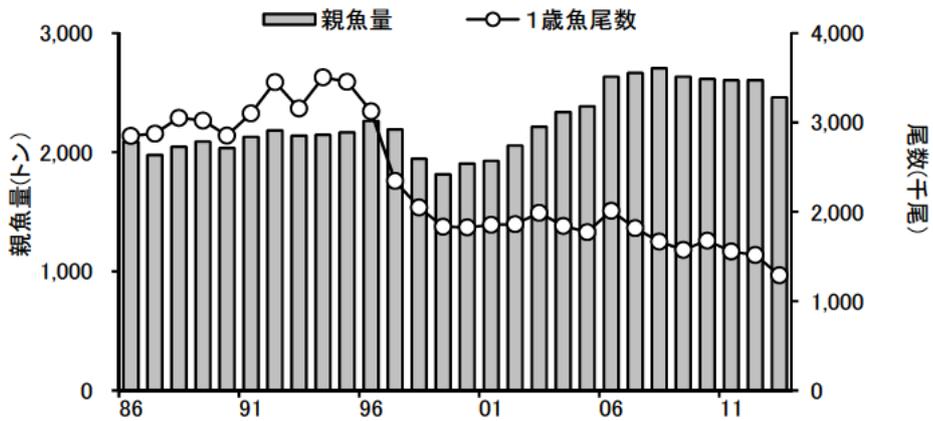


図 14. 本系群ヒラメの親魚量と1歳魚尾数の経年変化

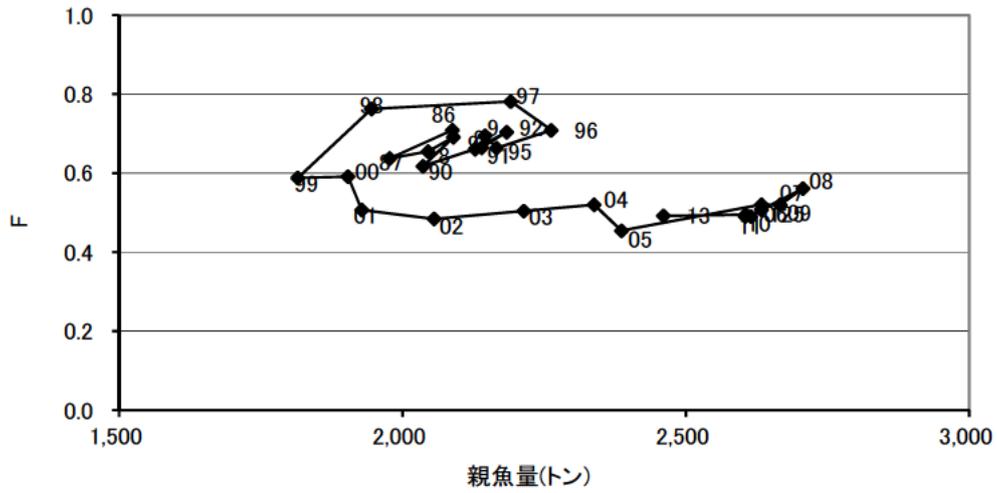


図 15. 親魚量と漁獲係数 F の関係

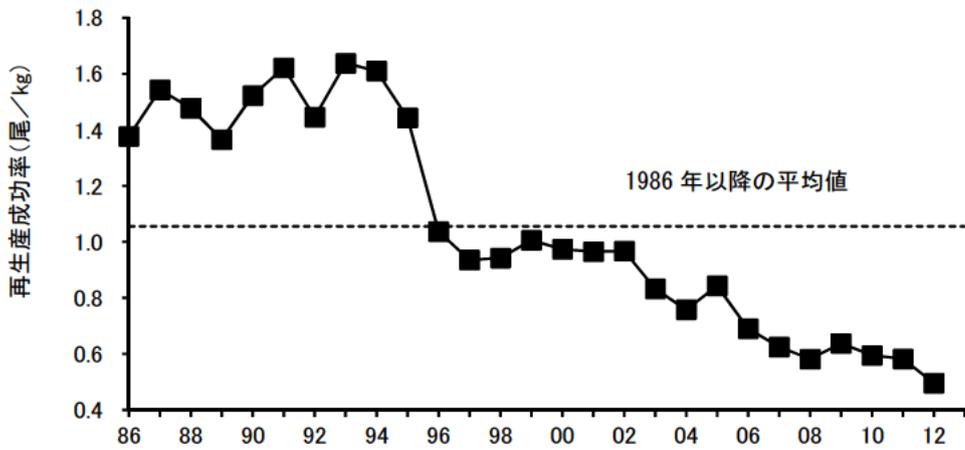


図 16. 再生産成功率の経年変化

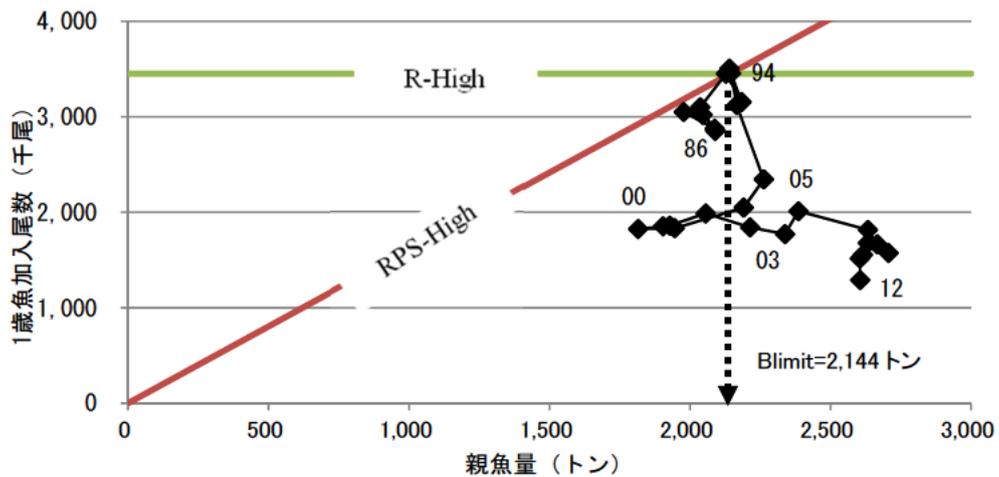


図 17. 再生産関係図

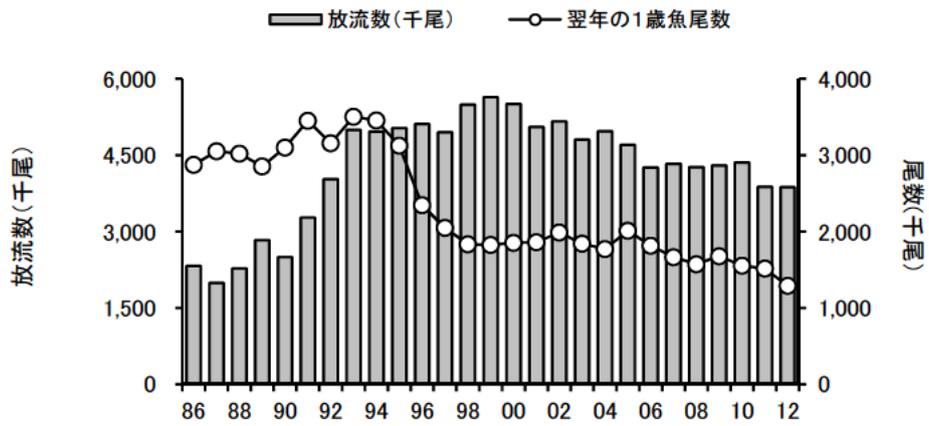


図 18. 人工種苗放流数と1歳魚加入尾数推定値の推移

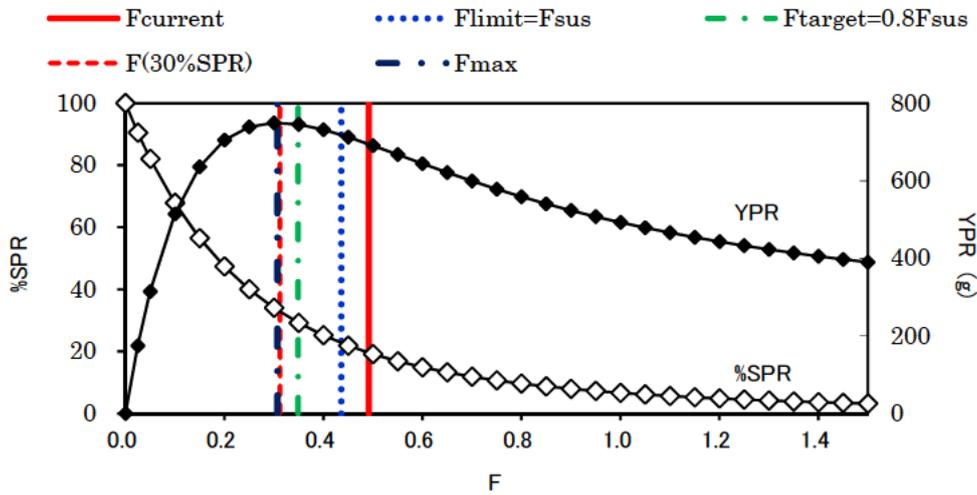


図 19. 本系群ヒラメの%SPR、YPR および F の参考値

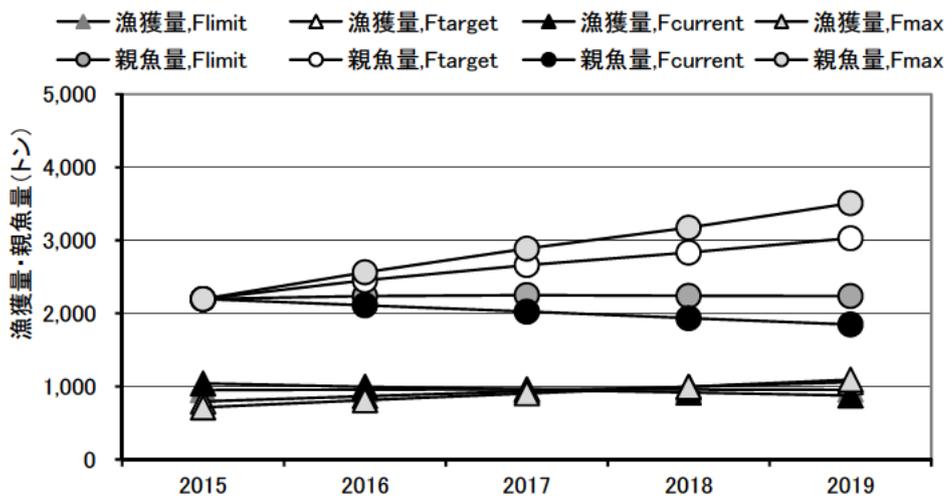


図 20. 異なる F 値による漁獲量、親魚量の将来予測の比較

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	1,713
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
漁獲量	1,528	1,691	1,902	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						
漁獲量	1,302	1,230	1,300	1,161						

表2. 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	88	373	311	156	87	28	14	16	985

表3. 年齢別漁獲尾数から計算したヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲量
(トン)

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	70	387	485	327	179	97	59	76	1,678
1987	63	374	444	285	151	82	50	68	1,517
1988	86	411	480	299	158	86	52	69	1,640
1989	80	412	511	322	170	91	55	71	1,712
1990	60	359	468	291	157	81	48	63	1,527
1991	99	392	494	314	168	92	55	75	1,690
1992	109	492	571	331	175	94	55	72	1,901
1993	89	428	531	322	164	89	53	68	1,743
1994	78	491	513	318	171	96	61	74	1,802
1995	84	472	540	303	164	89	58	71	1,780
1996	120	458	567	323	175	98	61	78	1,880
1997	113	315	431	337	233	124	74	81	1,707
1998	35	251	338	283	211	107	68	75	1,368
1999	52	203	299	243	167	78	47	45	1,135
2000	51	200	295	270	170	89	54	51	1,180
2001	56	207	288	239	153	78	49	43	1,114
2002	52	189	258	240	171	84	47	63	1,103
2003	49	208	290	259	182	94	52	76	1,211
2004	8	160	306	303	199	99	57	94	1,227
2005	13	107	279	281	190	99	56	86	1,110
2006	15	169	378	369	228	110	59	86	1,414
2007	10	132	339	359	228	118	63	110	1,360
2008	10	115	327	375	261	134	77	111	1,409
2009	43	92	303	334	312	105	58	85	1,332
2010	16	135	321	321	277	95	54	83	1,302
2011	13	111	282	280	264	111	62	108	1,230
2012	16	125	327	323	273	99	61	76	1,300
2013	10	101	274	261	235	106	64	111	1,161

表 4. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別推定資源量（トン）

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	合計
1986	769	934	648	399	239	146	189	3,324
1987	776	901	610	375	225	134	182	3,204
1988	824	957	629	386	233	137	182	3,347
1989	816	975	653	391	237	141	181	3,393
1990	770	950	628	388	227	138	179	3,282
1991	837	986	663	401	240	140	191	3,459
1992	932	1,064	676	414	241	140	182	3,648
1993	852	1,021	662	404	246	139	178	3,503
1994	946	999	665	401	250	150	181	3,591
1995	933	1,063	663	411	236	146	179	3,630
1996	844	1,085	714	430	256	140	180	3,649
1997	633	890	702	467	264	150	163	3,269
1998	553	753	635	430	234	128	141	2,875
1999	495	727	582	421	220	117	111	2,674
2000	493	714	609	410	264	136	127	2,754
2001	501	717	596	407	249	169	149	2,787
2002	503	716	614	434	266	165	220	2,916
2003	537	776	662	456	274	176	257	3,139
2004	497	811	700	492	285	173	283	3,241
2005	479	846	726	477	305	179	277	3,288
2006	543	954	827	545	299	198	288	3,653
2007	491	942	823	549	327	179	316	3,628
2008	450	911	872	558	332	199	289	3,612
2009	425	854	846	600	301	187	272	3,485
2010	453	854	798	625	285	188	292	3,495
2011	420	803	767	580	356	183	317	3,426
2012	410	787	756	599	322	237	298	3,409
2013	348	718	654	521	332	216	378	3,168

表 5. 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	0.58	0.48	0.40	0.40	0.50
2004	0.44	0.54	0.66	0.59	0.49	0.46	0.46	0.52
2005	0.28	0.46	0.56	0.58	0.45	0.42	0.42	0.45
2006	0.42	0.58	0.68	0.62	0.53	0.40	0.40	0.52
2007	0.35	0.51	0.66	0.62	0.51	0.49	0.49	0.52
2008	0.33	0.51	0.65	0.73	0.59	0.56	0.56	0.56
2009	0.28	0.50	0.58	0.86	0.49	0.42	0.42	0.51
2010	0.40	0.54	0.59	0.68	0.46	0.38	0.38	0.49
2011	0.35	0.49	0.52	0.70	0.42	0.47	0.47	0.49
2012	0.41	0.62	0.64	0.70	0.42	0.33	0.33	0.49
2013	0.39	0.55	0.59	0.69	0.43	0.40	0.40	0.49

表 6. 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）

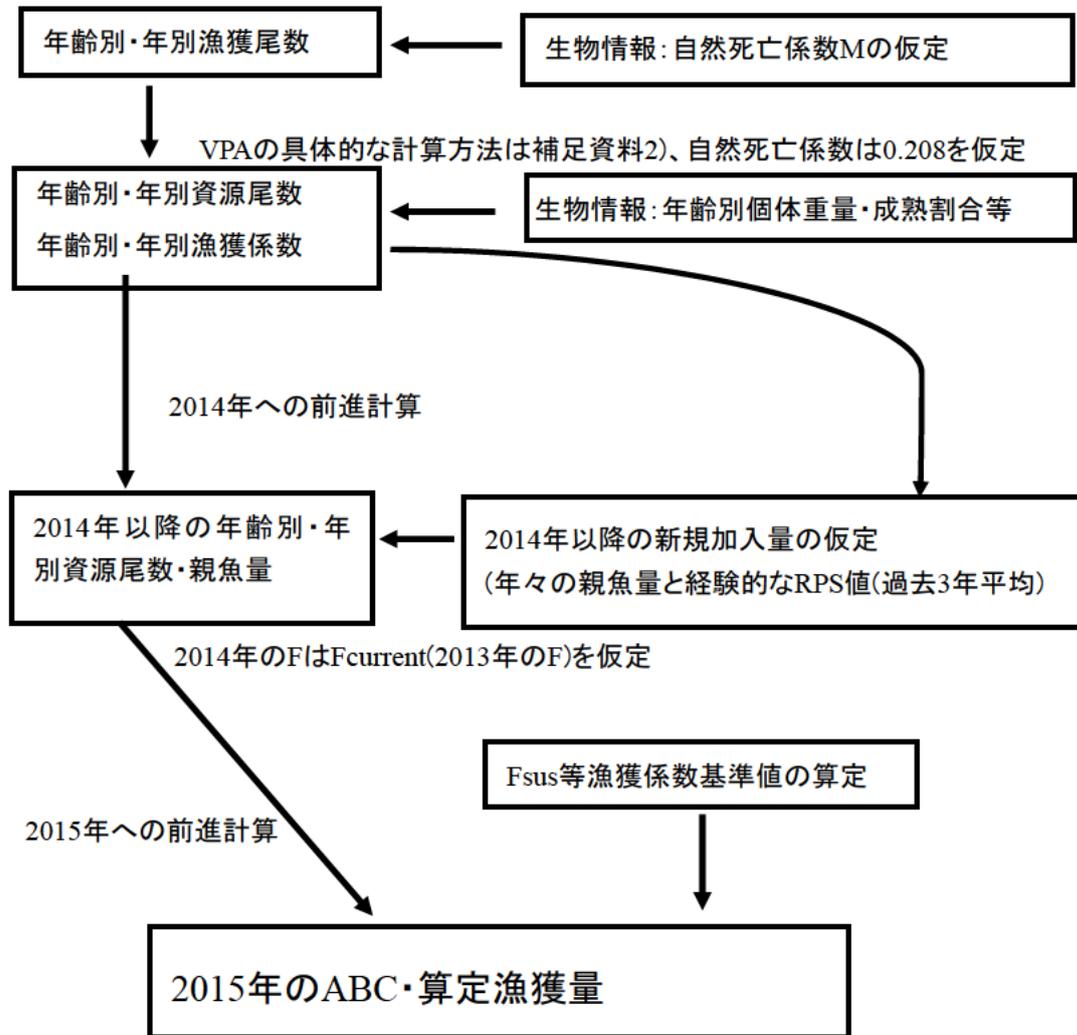
年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	合計
1986	2,850	1,061	388	148	64	31	27	4,569
1987	2,875	1,024	366	139	60	29	26	4,518
1988	3,052	1,087	377	143	62	29	26	4,777
1989	3,022	1,107	391	145	64	30	26	4,785
1990	2,853	1,080	376	144	61	30	26	4,569
1991	3,101	1,121	397	149	64	30	27	4,889
1992	3,452	1,209	405	153	65	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	3,555
1999	1,834	826	349	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	3,301
2002	1,861	814	367	161	71	35	32	3,342
2003	1,989	882	397	169	73	38	37	3,585
2004	1,843	921	419	182	76	37	41	3,519
2005	1,773	962	435	177	82	38	40	3,505
2006	2,012	1,084	495	202	80	42	41	3,956
2007	1,817	1,071	493	203	88	38	46	3,755
2008	1,666	1,036	522	207	89	43	42	3,604
2009	1,574	971	507	222	81	40	39	3,434
2010	1,678	970	478	231	76	40	42	3,516
2011	1,556	913	459	215	96	39	46	3,323
2012	1,517	894	453	222	86	51	43	3,265
2013	1,290	815	391	193	89	46	54	2,880

表 7. 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)	加入量 (千尾) (翌年の1歳魚)	再生産成功率 (尾/kg)
1986	2,088	2,875	1.38
1987	1,977	3,052	1.54
1988	2,045	3,022	1.48
1989	2,090	2,853	1.37
1990	2,036	3,101	1.52
1991	2,128	3,452	1.62
1992	2,184	3,157	1.45
1993	2,140	3,505	1.64
1994	2,146	3,455	1.61
1995	2,166	3,125	1.44
1996	2,263	2,346	1.04
1997	2,191	2,049	0.94
1998	1,945	1,834	0.94
1999	1,815	1,826	1.01
2000	1,904	1,854	0.97
2001	1,928	1,861	0.97
2002	2,056	1,989	0.97
2003	2,214	1,843	0.83
2004	2,338	1,773	0.76
2005	2,386	2,012	0.84
2006	2,633	1,817	0.69
2007	2,666	1,666	0.62
2008	2,706	1,574	0.58
2009	2,633	1,678	0.64
2010	2,615	1,556	0.59
2011	2,605	1,517	0.58
2012	2,606	1,290	0.50
2013	2,460		

補足資料1 データと資源評価の関係

使用したデータと、資源評価の関係を以下のフローに簡潔に記す。



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。

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

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。

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

ここで $F_a(3years)$ 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。

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

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

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.

補足資料3 放流効果に関する試算

① 県別混入率データ

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。そこで、概算として鳥取から佐賀までと長崎から鹿児島までの2つのグループにまとめ、それぞれの漁獲尾数と混入率の平均値を用いて系群全体の混入率を推定した。

補足表1. 混入率と前年の放流尾数のデータ

実施年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
鳥取	(1.5)	(2.4)	61 (1.6)	62 (2.9)	57 (2.0)	70 (3.8)	57 (3.5)	57 (7.3)
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)
山口	614 (2.9)	635 (2.2)	601 (4.2)	644 (5.2)	615 (4.0)	650 (1.4)	636 (4.3)	614 (3.2)
福岡	104 (-)	77 (-)	99 (-)	65 (-)	125 (-)	126 (-)	114 (-)	49 (-)
佐賀	189 (17.0)	150 (15.1)	196 (13.2)	156 (4.3)	170 (4.6)	112 (3.4)	114 (9.3)	102 (8.8)
長崎	1,196 (-)	1,061 (-)	1,076 (-)	1,029 (-)	1,030 (-)	1,052 (10.7)	931 (13.3)	1,069 (10.3)
熊本	924 (30.0)	802 (22.5)	719 (35.5)	825 (38.1)	826 (24.8)	988 (24.7)	815 (24.9)	872 (23.8)
鹿児島	949 (19.5)	935 (12.9)	947 (16.9)	836 (22.7)	876 (28.6)	783 (17.9)	788 (15.8)	911 (11.9)
全体	4,703 (12.9)	4,258 (10.4)	4,332 (12.9)	4,266 (15.1)	4,300 (15.7)	4,359 (12.3)	3,879 (12.1)	3,871 (10.9)

混入率の単位：(%)、放流尾数の単位：千尾。

② 添加効率の推定

添加効率は、コホート解析により求められた1歳魚の資源尾数と混入率および放流尾数より算出した。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であるが、本系群においては、年齢別の混入率データが十分整備されていないため、全年齢をプールした際の混入率を用いて添加効率を計算した*。

補足表 2. 添加効率推定データ一覧

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
前年の放流数(千尾)	4,703	4,258	4,332	4,266	4,300	4,359	3,879	3,871
1歳魚尾数(千尾)	2,012	1,817	1,666	1,574	1,678	1,556	1,517	1,290
混入率(%)	12.9%	10.4%	12.9%	15.1%	15.7%	12.3%	12.1%	10.9%
放流魚加入数(千尾)	259	189	215	237	263	191	184	141
添加効率*	0.06	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.04

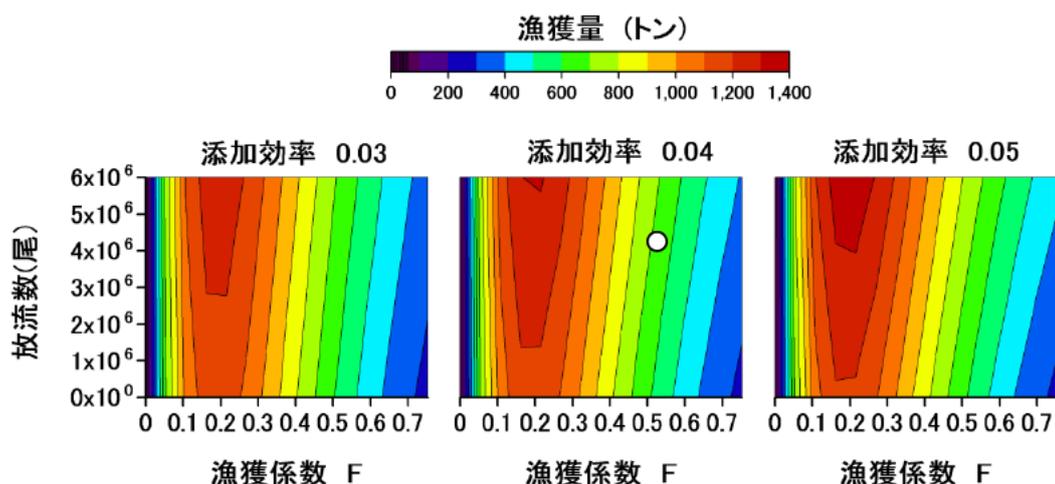
推定された 2013 年の 1 歳魚加入時点での添加効率の値は 0.04 となり、昨年の太平洋北部系群および日本海西・中部系群に比べるとやや低い添加効率の値を示した。

補足表 3. 資源評価における各系群の添加効率推定値

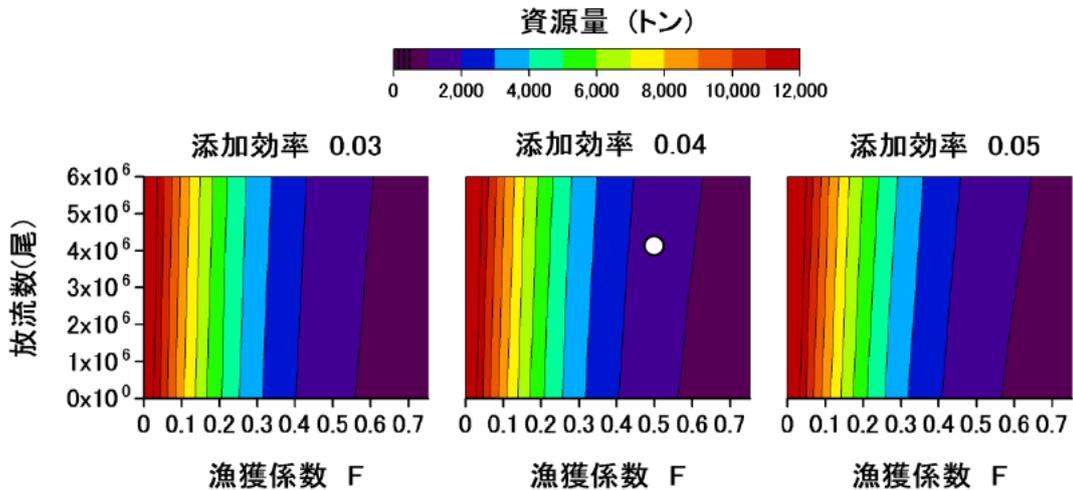
系群名	添加効率
太平洋北部 (2012 年推定値)	0.05
日本海北・中部 (2012 年推定値)	0.05
瀬戸内海区 (0 歳魚加入時で計算: 2012 年推定値)	0.10
日本海西・東シナ海区 (2013 年推定値)	0.04

③ F と放流尾数を変化させた場合の等漁獲量線図および等資源量線図

2014 年度の資源評価を基に、F と種苗放流数を変化させた場合の 2019 年における推定漁獲量について、添加効率を 3 段階 (0.03, 0.04, 0.05) に変化させて試算した。計算方法は亘 (2013) に準じて行った。それぞれの試算結果を等漁獲量線図、および等資源量線図として示す。この試算結果から、添加効率が 0.04 で現状の F で漁獲を行うと仮定した場合、現状の放流強度 (4,000 千尾) で放流を行った場合と放流を行わなかった場合の 2019 年の漁獲量の差は、110 トンと算定された。



補足図 1. 放流数と F を変えた場合の、2019 年における等漁獲量線図 (白丸は現状の位置を示す)



補足図2. 放流数とFを変えた場合の、2019年における等資源量線図
(白丸は現状の位置を示す)

引用文献

亘 真吾(2013) 平成25年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 平成25年度我が国周辺水域の漁業資源評価, p.1419.

栗田 豊・玉手 剛・伊藤正木 (2013) 平成25年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価. 平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価, p.1395.

上原伸二・井関智明・八木裕太(2013) 平成25年度ヒラメ日本海北・中部系群の資源評価. 平成25年度我が国周辺水域の漁業資源評価, p.1442.

水産庁・(独)水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2007) 平成17年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国), p.87-89.

水産庁・(独)水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2008) 平成18年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国), p.95.

水産庁・(独)水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2009) 平成19年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国), p.87.

水産庁・(独)水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2010) 平成20年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国), p.83.

水産庁・(独)水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2011) 平成21年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国), p.83.

水産庁・(独)水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2012) 平成22年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(全国), p.83.

(独)水産総合研究センター (2013) 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, p.77.

(独)水産総合研究センター (2014) 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, p.79-80.