

平成 24 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（鈴木健吾、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 年以降に推定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。再生産成功率は低位横ばいであることから、今後の資源尾数の動向には注意を要する。現在の資源水準は中位、資源動向は減少と判断した。現状の漁獲係数 F_{current} は、個体群の大きさを維持する F_{sus} より大きく加入乱獲の傾向にある。そこで 2013 年の生物学的許容漁獲量 ABC を下表のように算出した。ここで、2012 年以降の再生産成功率を 2008 年から 2010 年の平均値とし、各年齢での年齢別選択率が 2013 年以降変化しないと仮定して、資源量を維持する漁獲係数(F_{sus})で漁獲した場合の漁獲量を $ABClimit$ 、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量を $ABCtarget$ とした。

	2013 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
$ABClimit$	1,070 トン	F_{sus}	0.47	35%
$ABCtarget$	900 トン	$0.8 \cdot F_{\text{sus}}$	0.38	29%

ABC の値は 1 の位を四捨五入。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
2010	3,402	1,302	0.50	38%
2011	3,266	1,242	0.52	38%
2012	3,154			

2012 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 ・耳石測定
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	2010 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(6)県） ・市場測定

1. まえがき

2011 年には全国のヒラメの漁獲量 6,637 トンに対し、約 19%にあたる 1,242 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）で漁獲されている。本報告では、この海域に分布するヒラメを単一系群として扱う。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。近年の放流尾数は若干減少し、1999 年には約 560 万尾であったものが 2010 年には約 432 万尾となっている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群は、鳥取県から山口県にかけての日本海西部海域と福岡県から鹿児島県にかけての九州西岸海域にかけて広く分布する（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）。

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

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

ここで $(L_t : t \text{ 歳魚の全長})$

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。

(4) 被捕食関係

稚魚から幼魚はかいあし類、アミ類、端脚類などの小型甲殻類を主に捕食するが、成長に伴い、魚類、エビ類、イカ類などのより大型の生物を餌とする。着底期稚魚の捕食者として同種のヒラメ、アイナメ、ホウボウ、ハゼ類等が報告されている。

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 2011 年は刺網が約 41%と最も多く、次いで小型底びき網(約 18%)、沖合底びき網(約 15%)、釣り・延縄(約 11%)、定置網(約 10%)、その他(約 5%)となっている(図 4)。これらの漁業を行う漁労体数は、資源解析を行った 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 割に減少している(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。2011 年の県別ヒラメ漁獲量は、速報値で長崎県が 399 トンと最も多く、島根県 202 トン、福岡県 176 トン、熊本県 169 トン、山口県 168 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、平成 9 年の調査では遊漁採捕量は年間約 15 トンと小さい。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 2011 年の漁獲量は 1,242 トンとなっている(表 1、図 6)。日本海西部海域(鳥取、島根、山口)では 1997～1999 年にかけて大きく漁獲量が減少し、低い水準で推移していたが 2003 年以降は若干増加している。九州西岸海域(福岡、佐賀、長崎、熊本、鹿児島)においても 1999 年から漁獲量は低い水準となっていたが 2006 年には増加した。その後は、再びゆるやかな減少傾向にある。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、2011 年は 6,637 トンとなっている。全国のヒラメ漁獲量に対して本系群の占める割合は 2011 年には 19%程度となっている。

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元に、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 2011 年の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 歳魚の漁獲は少なく、漁獲尾数の推定精度も低いと考えられる。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、総和したものとした。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、2011 年の資源量、親魚量、および 1 歳魚加入尾数は 4%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

本系群において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 14 万尾程度まで減少した後、2006 年には 22 万尾と増加したが、2011 年は 17 万尾と平均的な水準に戻っている。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 59%程度であったが、現在では 33%程度まで低下しており、漁獲対象が大型魚（高齢魚）に移行していることがうかがえる（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2,675トンと最低値を示したが、その後増加し、2006年には3,671トンのピークを迎えた。その後、資源量は減少し2011年には3,266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きな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、2002年には0.48まで下がり、その後は0.45~0.55の間で推移している(表5、図13)。

(5) 資源の水準・動向

2011年の推定資源量は3,266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、資源尾数はほぼ横ばいで推移している。(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。本系群では加入量に関与する要因が明らかとなっておらず、今後もコホート解析による1歳魚加入状況の把握が重要と考えられる。

(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、2006年に若干増加したものの、依然として低位で推移している(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 1,816～2,728 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、2011 年の親魚量も 2,465 トンと Blimit を上回っている。一方、近年の再生産成功率は 2005 年以降低下傾向を示し、2010 年の再生産成功率は 0.61 となった。将来予測における加入量の計算には、2008 年から 2010 年の 3 年間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 2011 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 1.4～5.4%、東シナ海海域の各県で 3.4～38.1%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量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、10.4～14.2%と推定された。本系群では、一部の地域を除いて人工種苗由来の個体と天然個体を年齢別に区別したデータを得ることができないため、系群全体の人工種苗の添加効率を精度良く求めることは困難である。人工種苗の放流数と翌年の 1 歳魚加入尾数を比較した場合、1996 年以降放流数がほぼ変わらないにもかかわらず 1 歳魚の加入尾数は著しく減少している (図 18)。同様の現象が、鹿児島湾 (厚地・増田 2004) でも報告されており、この海域では 1 歳魚の加入尾数が減少した期間は放流種苗の添加効率も低下する結果となっている。したがって、種苗放流の効果は 1996 年以降の再生産成功率の低下を補償できるほどではなかったと考えられる。

5. 2013 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 2,675 トンまで落ち込み、資源解析を行った 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 3,671 トンをピークとして緩やかに減少し、2011 年の推定資源量は 3,266 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、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。以上の解析結果から、資源量の水準は中位、動向は減少と判断される。再生産成功率は低水準で推移しており、資源尾数の動向には今後も注意する必要があると考えられる。2011 年の $F(F_{current}=0.52)$ の大きさは、資源量の維持を目標とした限界値 ($F_{sus}=0.47$) より大きく、加入乱獲の傾向にある。また 2011 年の $F(F_{current}=0.52)$ は、加入あたりの漁獲量を最大とする $F_{max}(=0.32)$ より大きく、成長乱獲の状態と判断される (図 19)。ここで、 F_{sus} の算定に当たっては 2011 年以降の再生産成功率が 2008 年から 2010 年

の平均的なレベルで続き、各年齢での年齢別選択率が 2011 年以降変化しないと仮定した。この仮定の下で、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 になるような生存率を与える F の平均値を F_{sus} とした。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

本系群において 2004 年までの資源評価では、親魚量を漁獲量が安定していた 1990 年代初頭と同等レベルまで回復させることを資源管理目標としていた。2005 年の資源評価で親魚量は 1990 年代初頭の水準に回復したものと推定され、本年の資源評価でも 2011 年の親魚量は 1990 年代初頭より高くなった。 $F_{current}(=0.52)$ は、 $F_{sus}(=0.47)$ 、 $F_{max}(=0.32)$ より大きく加入乱獲および成長乱獲の傾向にある。しかし、現状の親魚量は B_{limit} (2,144 トン) より大きい 2,465 トンと推定されており、資源量も中位と判断される。そこで ABC 算定にあたっては、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 F_{sus} を F_{limit} とした。

以上をふまえ、2013 年の ABC を次の条件で算定した。まず、2012 年の漁獲係数は 2011 年と同様とした。2013 年以降は年齢別選択率を 2011 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 2008 年から 2010 年の平均的レベル($=0.59$)で推移するとした。コホート解析により、2011 年の $F(=0.52)$ による 2012 年の漁獲量は 1,184 トン、2012 年漁期初めの資源量は 3,154 トン、2013 年漁期初めの資源量は 3,051 トンと計算された。2013 年の操業において $F_{limit}(=0.47)$ で漁獲した場合、 ABC_{limit} は 1,069 トンと計算された。さらに、不確実性を見込んで F_{limit} に $\alpha=0.8$ を乗じた値を $F_{target}(=0.38)$ とすると、2013 年の漁獲量管理目標となる ABC_{target} は 897 トンと算定された。

	2013 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	1,070 トン	F_{sus}	0.47	35%
ABC_{target}	900 トン	$0.8 \cdot F_{sus}$	0.38	29%

ABC の値は 1 の位を四捨五入。ABC には 0 歳魚は含まない。F 値は各年齢の平均値。

(3) ABC_{limit} の評価

異なる F 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)						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現在の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.52$)	1,242	1,184	1,150	1,113	1,070	1,033	998
資源量の維持	F_{sus} ($F=0.47$)	1,242	1,184	1,069	1,081	1,077	1,075	1,074
上記の予防的措置	$0.8 \cdot F_{sus}$ ($F=0.38$)	1,242	1,184	897	990	1,058	1,129	1,207
資源の効率的利用	F_{max} ($F=0.32$)	1,242	1,184	773	904	1,014	1,133	1,266
漁獲シナリオ	管理基準	資源量 (トン)						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現在の漁獲圧の維持	$F_{current}$ ($F=0.52$)	3,266	3,154	3,051	2,944	2,835	2,736	2,642
資源量の維持	F_{sus} ($F=0.47$)	3,266	3,154	3,051	3,069	3,062	3,062	3,065
上記の予防的措置	$0.8 \cdot F_{sus}$ ($F=0.38$)	3,266	3,154	3,051	3,333	3,572	3,834	4,121
資源の効率的利用	F_{max} ($F=0.32$)	3,266	3,154	3,051	3,522	3,966	4,465	5,034

(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
2010 年漁獲量確定値	2010 年漁獲量の確定
2011 年漁獲量速報値	2005 年から 2010 年の推定資源量および $RPS \cdot F_{current} \cdot F_{sus}$
2011 年年齢別漁獲尾数	2005 年から 2010 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。

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)
2011 年 (当初)	F_{sus}	0.50	3,249	1,171	980	
2011 年 (2011 年再評価)	F_{sus}	0.59	3,309	1,319	1,116	
2011 年 (2012 年再評価)	F_{sus}	0.47	3,266	1,142	958	1,242
2012 年 (当初)	$F_{current}$	0.59	3,305	1,310	1,110	
2012 年 (2012 年再評価)	$F_{current}$	0.52	3,153	1,184	998	

2011 年当初の資源量推定値は、2009 年までの漁獲データを使用して、2010 年に行った資源

評価での推定値、2011 年の再評価（2011 年）と 2012 年当初は、2010 年までのデータを使用して、2011 年に行った資源評価での推定値、2011 年再評価（2012 年）と 2012 年再評価（2012 年）は 2011 年までのデータを用いた今回の資源評価での推定値である。

6. ABC 以外の管理方策の提言

小型魚の保護を目的とした漁獲サイズの規制は効果が現れていると考えられる。系群全体での放流効果の判定は困難であるが、地域によっては人工種苗由来のヒラメの混入率が 30%近くに達する市場もある。このため、放流効果については系群単位での評価に加えて地域的な検討を行う必要もあると考えられる。

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.

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								
漁獲量	1,302	1,242								

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	121	417	324	170	99	30	13	16	1,067

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	113	285	283	266	112	62	108	1,242

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	3,592
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	431	234	128	141	2,875
1999	495	727	582	421	220	117	111	2,675
2000	493	714	610	410	265	136	128	2,755
2001	501	718	596	407	249	169	149	2,789
2002	503	717	614	434	266	165	220	2,919
2003	538	777	663	457	274	177	258	3,143
2004	498	812	701	494	286	173	284	3,248
2005	480	849	729	478	306	180	278	3,299
2006	545	957	831	548	300	200	290	3,671
2007	484	948	829	554	330	181	319	3,646
2008	445	894	881	565	337	203	294	3,620
2009	404	841	820	611	309	193	280	3,458
2010	436	799	777	590	297	197	305	3,402
2011	423	757	682	553	318	195	338	3,266

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	0.61	0.47	0.58	0.58	0.59
2001	0.61	0.59	0.59	0.54	0.43	0.39	0.39	0.51
2002	0.54	0.51	0.57	0.57	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	0.65	0.59	0.48	0.46	0.46	0.52
2005	0.28	0.45	0.56	0.58	0.45	0.42	0.42	0.45
2006	0.42	0.58	0.68	0.62	0.52	0.40	0.40	0.52
2007	0.36	0.51	0.66	0.61	0.51	0.48	0.48	0.52
2008	0.34	0.52	0.64	0.72	0.58	0.54	0.54	0.55
2009	0.29	0.51	0.60	0.84	0.47	0.41	0.41	0.50
2010	0.42	0.59	0.61	0.73	0.44	0.36	0.36	0.50
2011	0.35	0.54	0.62	0.76	0.50	0.44	0.44	0.52

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	428	159	69	30	26	5,069
1997	2,346	1,011	420	173	71	32	24	4,077
1998	2,049	855	380	159	63	27	20	3,555
1999	1,834	827	349	156	59	25	16	3,265
2000	1,826	812	365	152	71	29	18	3,273
2001	1,855	816	357	151	67	36	22	3,302
2002	1,863	815	368	161	71	35	32	3,344
2003	1,991	883	397	169	74	38	37	3,589
2004	1,846	923	420	183	77	37	41	3,526
2005	1,778	964	436	177	82	38	40	3,516
2006	2,019	1,088	497	203	81	43	42	3,973
2007	1,793	1,077	496	205	89	39	46	3,745
2008	1,648	1,016	527	209	90	43	42	3,577
2009	1,497	956	491	226	83	41	40	3,335
2010	1,614	908	466	219	80	42	44	3,371
2011	1,566	860	408	205	85	42	49	3,215

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
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	1,946	1,834	0.94
1999	1,816	1,826	1.01
2000	1,905	1,855	0.97
2001	1,929	1,863	0.97
2002	2,058	1,991	0.97
2003	2,217	1,846	0.83
2004	2,343	1,778	0.76
2005	2,395	2,019	0.84
2006	2,647	1,793	0.68
2007	2,688	1,648	0.61
2008	2,728	1,497	0.55
2009	2,633	1,614	0.61
2010	2,566	1,566	0.61
2011	2,465		



図 1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

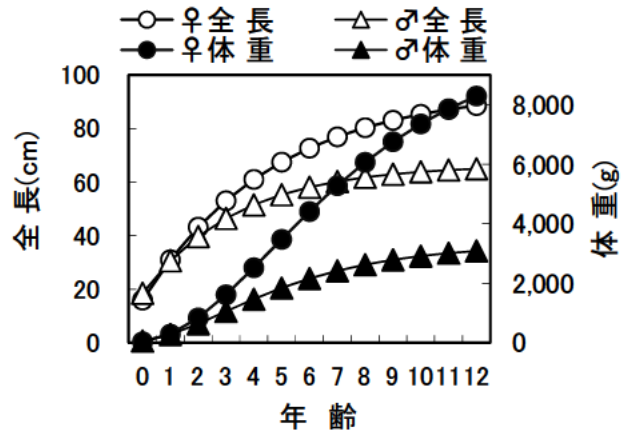


図 2. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成長

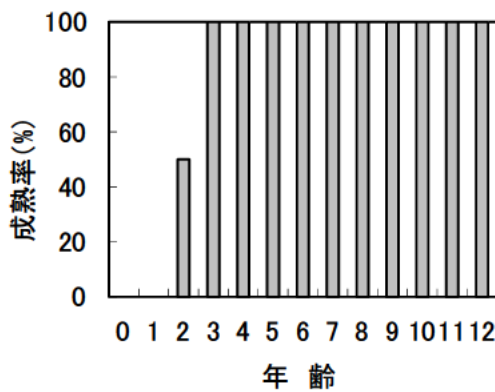


図 3. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

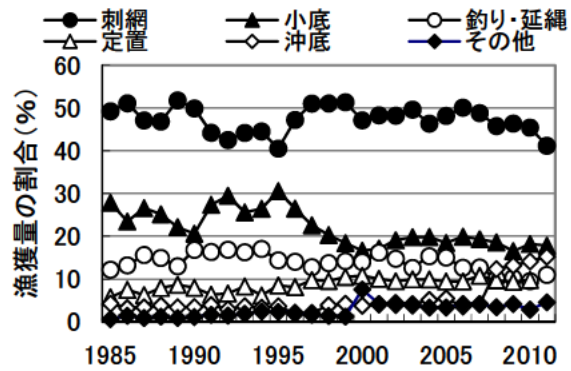


図 4. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群における漁業種類別漁獲量の内訳

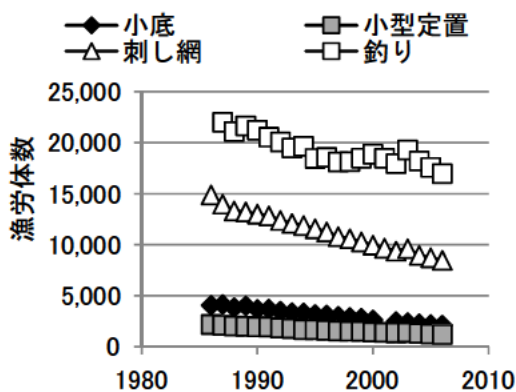


図 5. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群分布域の主な沿岸漁業漁労体数の推移

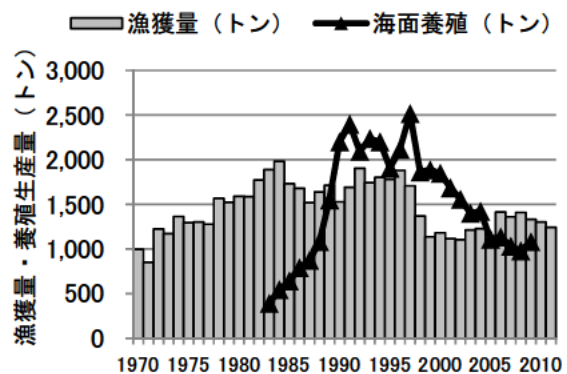


図 6. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量および海面養殖生産量の推移

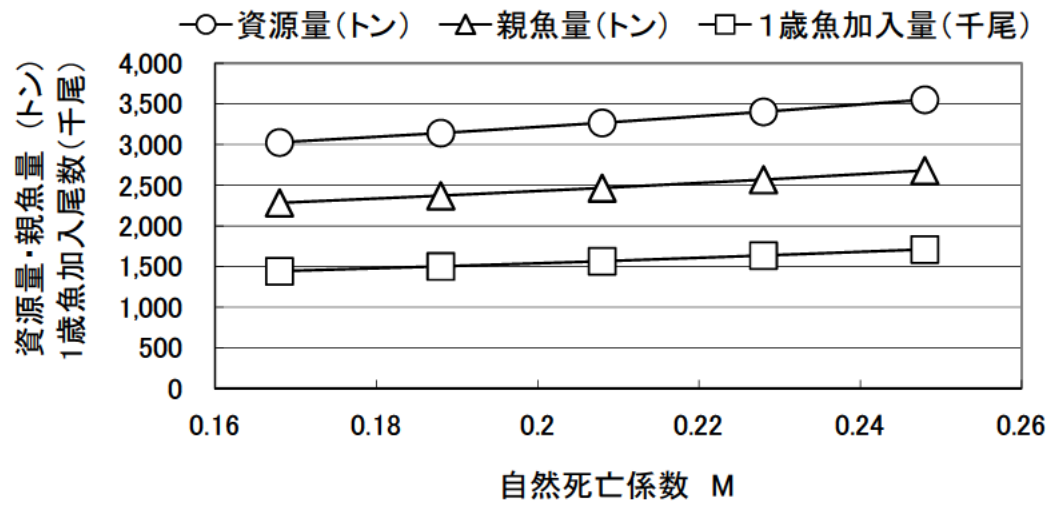


図 7.M を変化させた場合の資源量、親魚量、1 歳魚加入尾数の推定値の変化

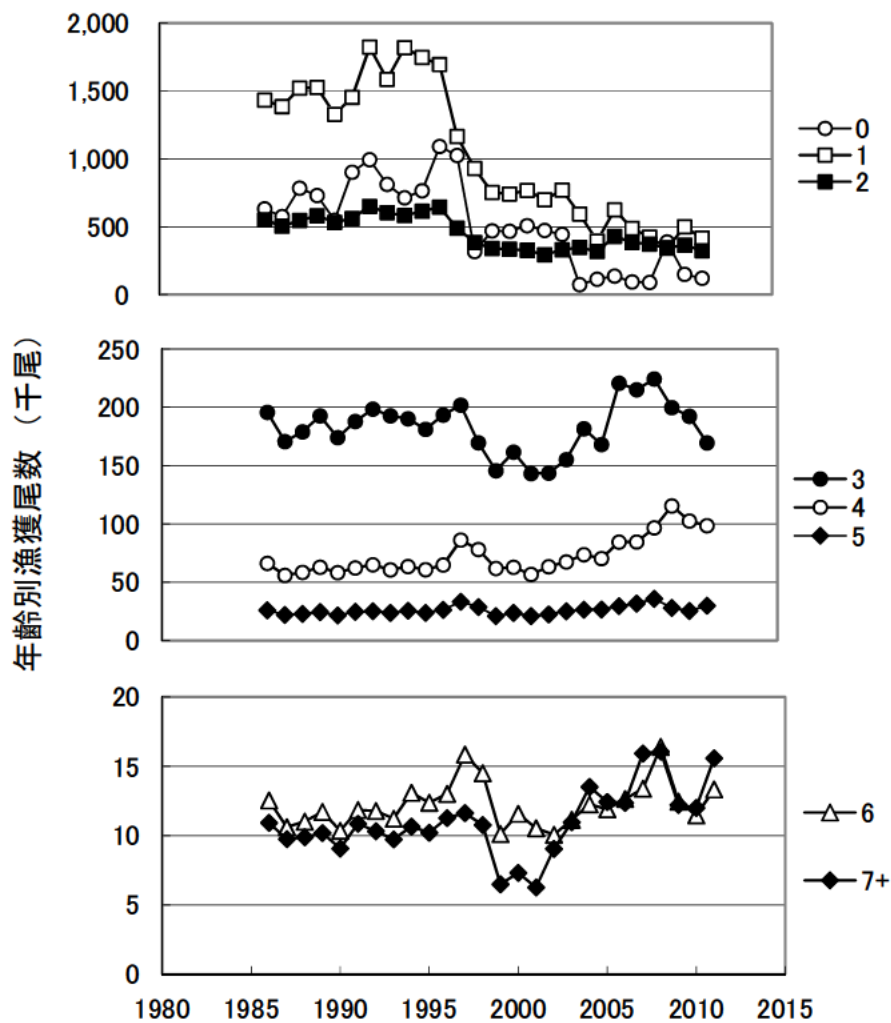


図 8.ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数の推移

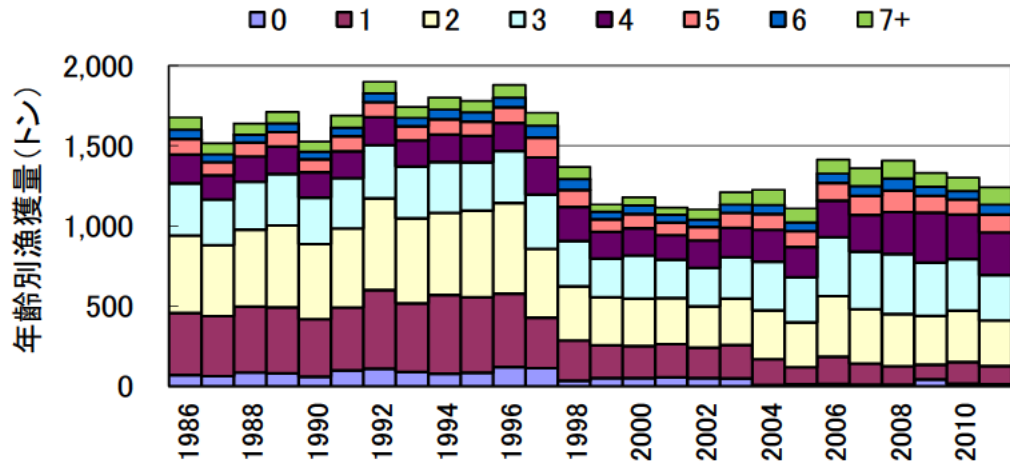


図 9.本系群ヒラメの年齢別漁獲量の推移
(年齢別漁獲尾数を基にした計算値)

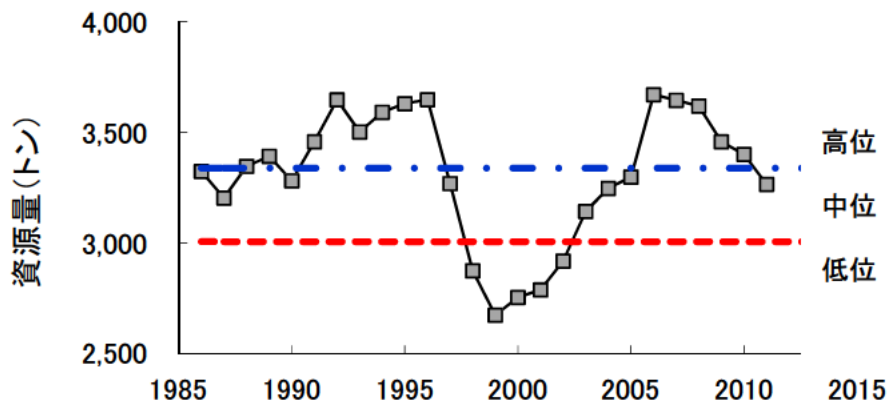


図 10.本系群ヒラメ資源量の推移と水準

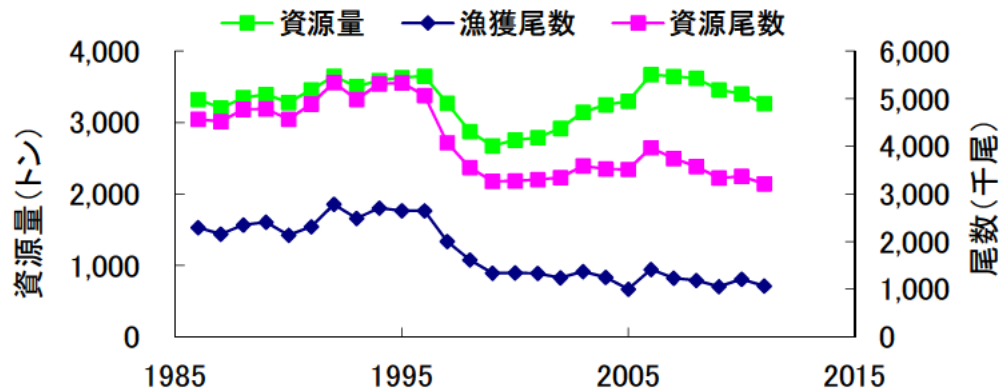


図 11.本系群ヒラメの資源量、資源尾数および漁獲尾数の推移

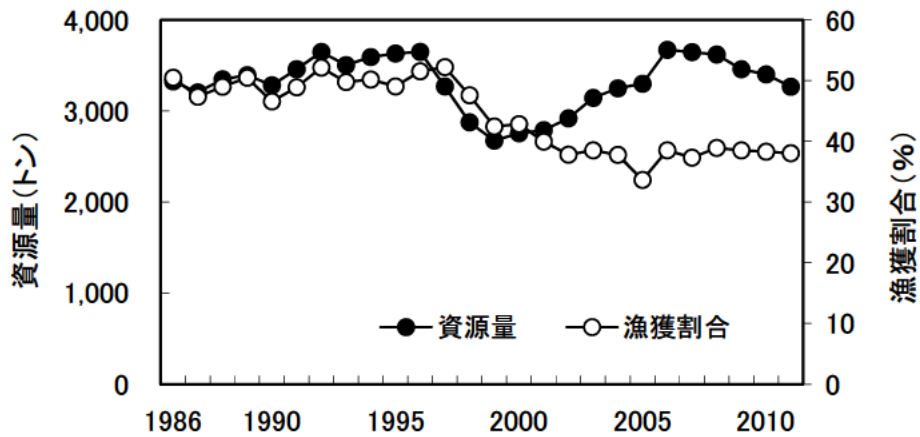


図 12.本系群ヒラメの資源量と漁獲割合の推移

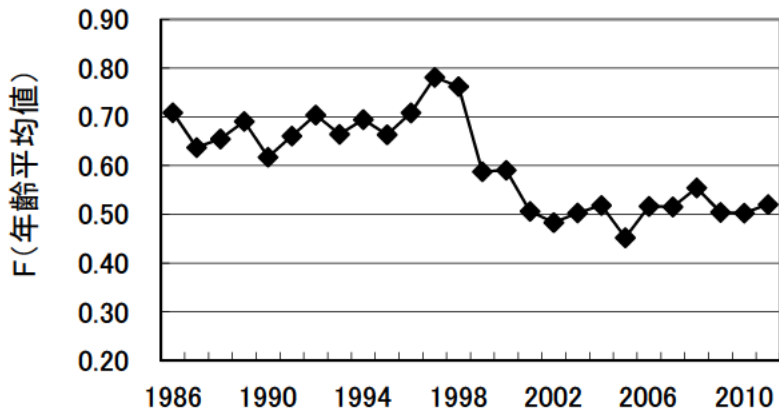


図 13.コホート解析により推定された F 値の経年変化

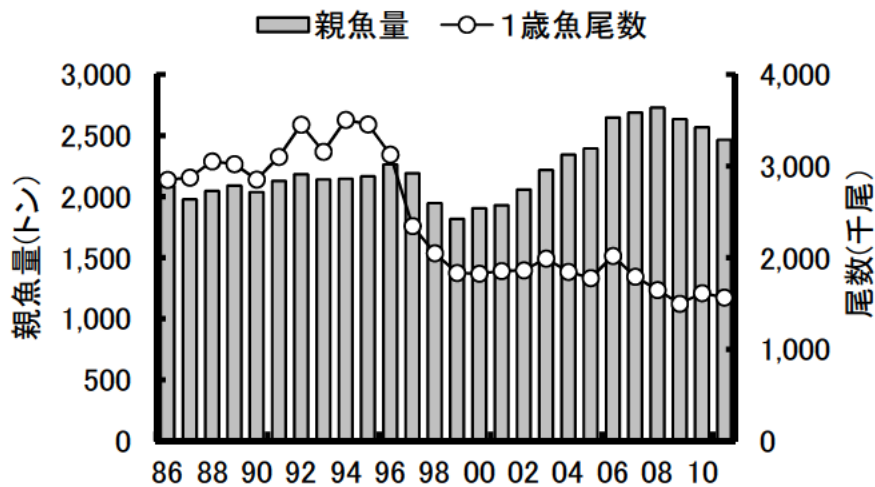


図 14.本系群ヒラメの親魚量と 1 歳魚尾数の経年変化

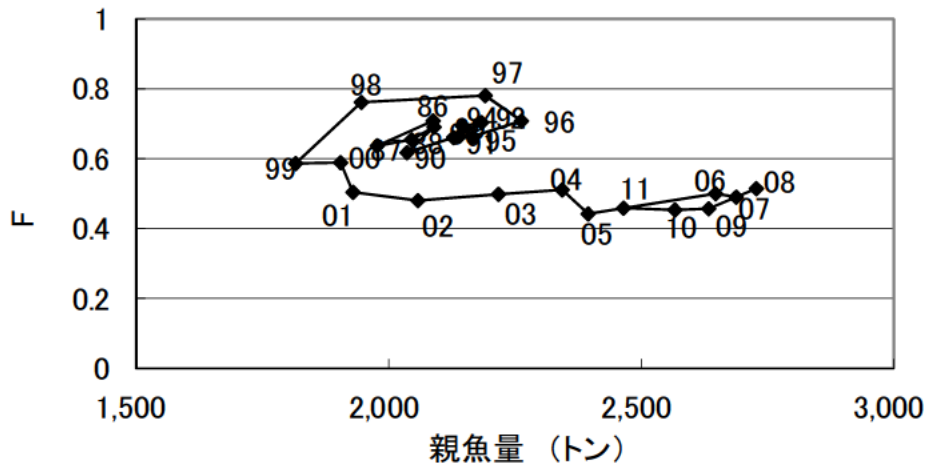


図 15.親魚量と漁獲係数 F の関係

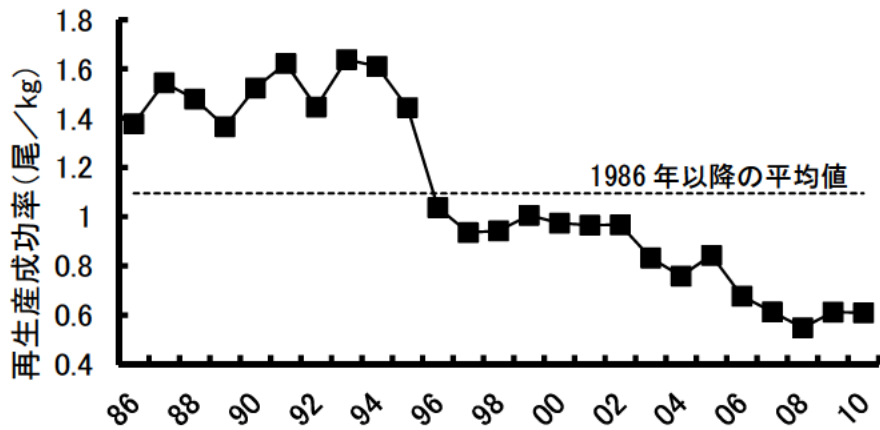


図 16.再生産成功率の経年変化

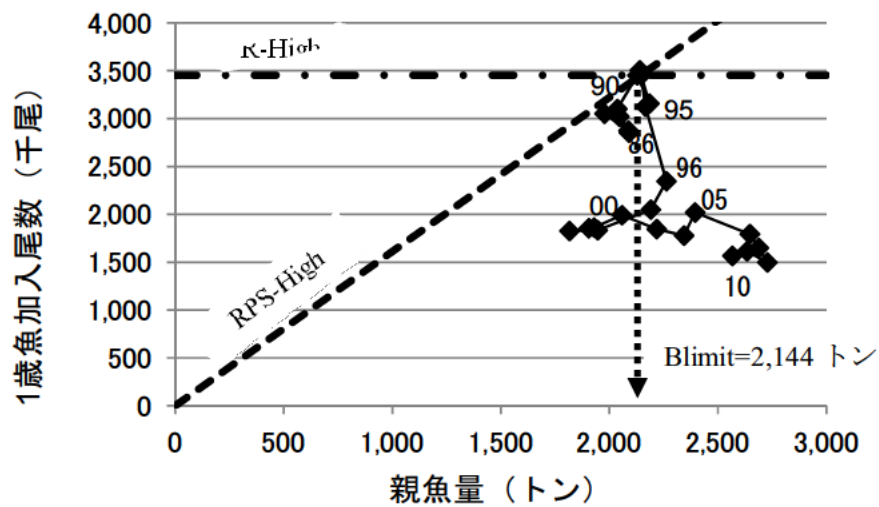


図 17.再生産関係図

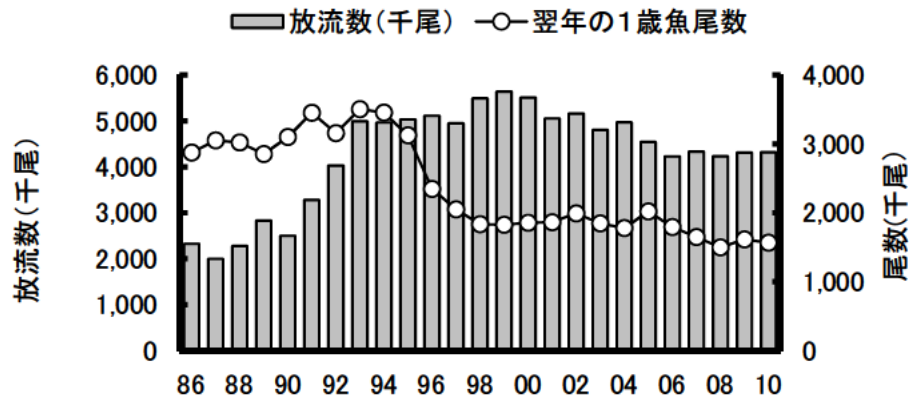


図 18.人工種苗放流数と1歳魚加入尾数推定値の推移

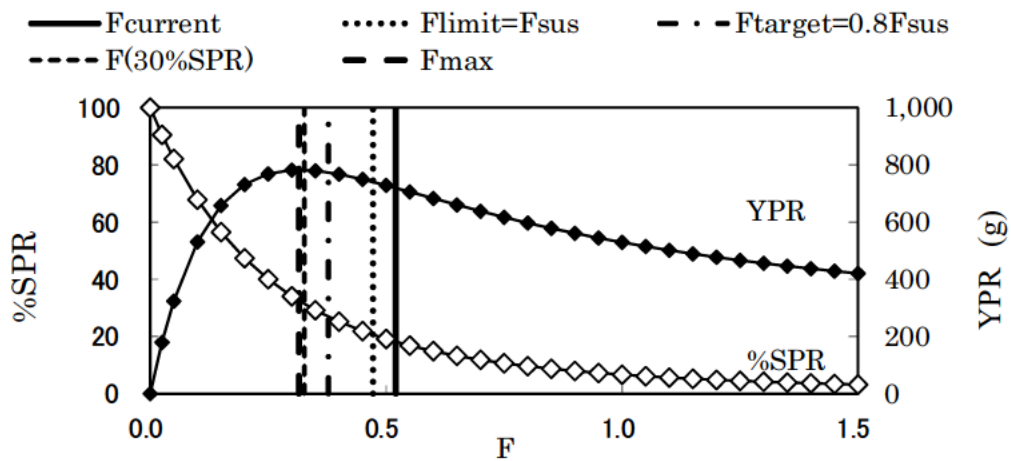


図 19.本系群ヒラメの%SPR、YPR および F の参考値

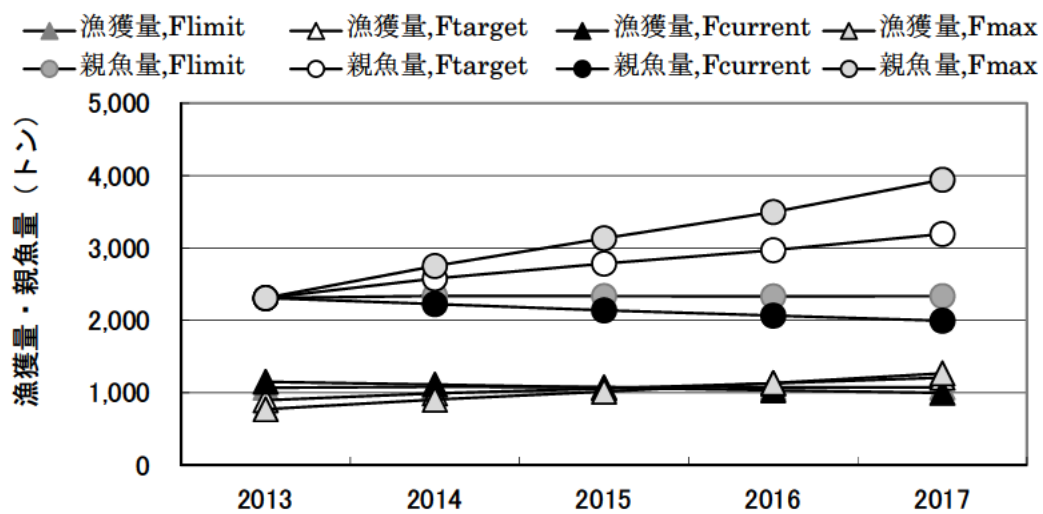
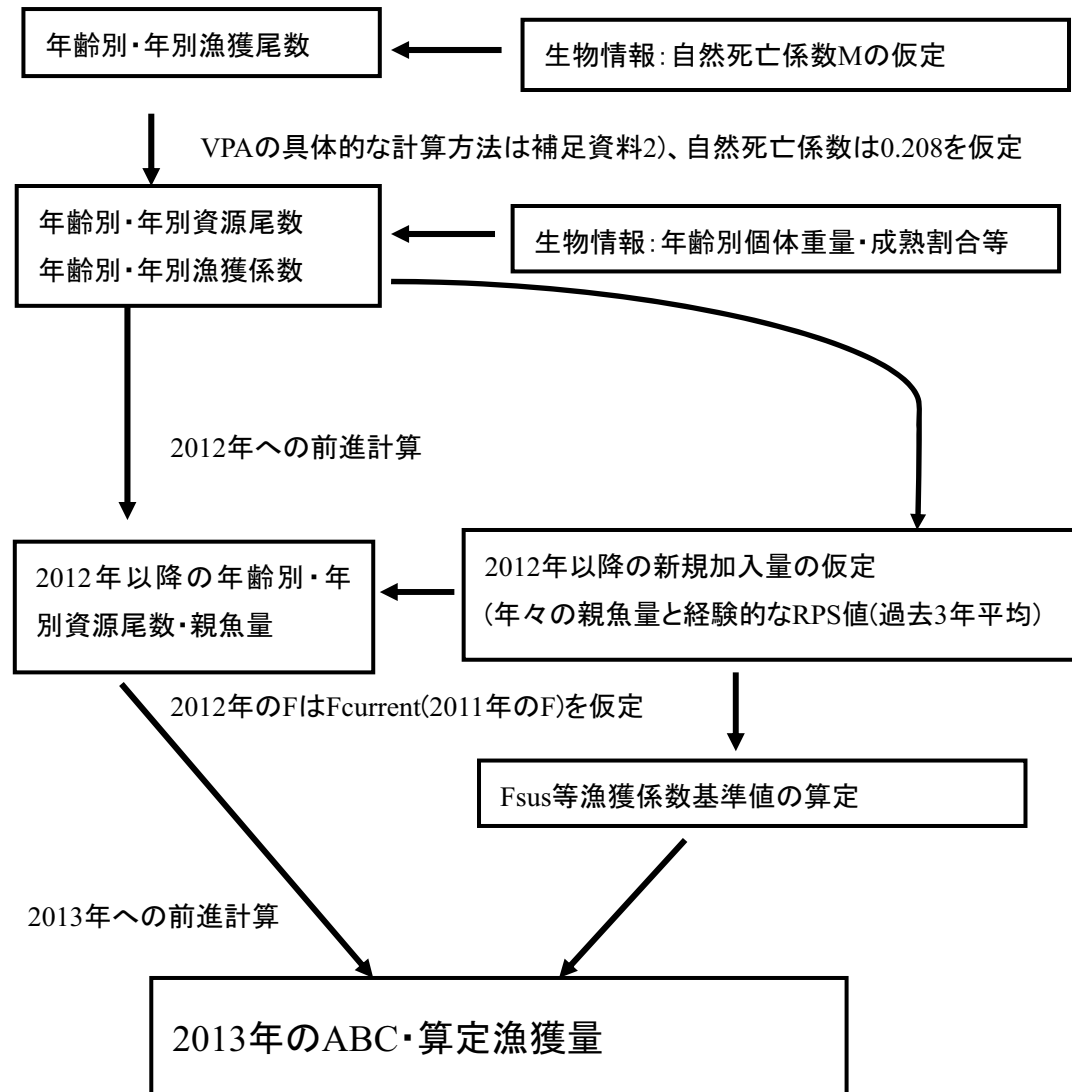


図 20.異なる F 値による漁獲量、親魚量の将来予測の比較

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。

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

ここで $N_{a,y}$: y 年の a 歳魚資源尾数、 $C_{a,y}$: y 年の a 歳魚の漁獲尾数

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 $F_a(3\text{ years})$: a 歳魚の漁獲係数 (過去 3 年間の平均値)

また、高齢部分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

日本海西部の各県では、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が、東シナ海西部では、混入率の調査が不十分である。長崎県では 2000～2004 年の調査で、混入率が 27.7～17.0%と報告されており、比較的混入率が高いことが想定される。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、それぞれの漁獲量と混入率平均値を用いて系群全体の混入率を推定した。

補足資料 3 表 1 混入率データ一覧

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011 年度 漁獲量(トン)
鳥取	1.5%	2.4%	1.6%	2.9%	2.0%	3.8%	55
島根	1.4%	3.6%	5.1%	3.7%	3.8%	2.4%	202
山口	3.9%	2.6%	6.6%	6.8%	5.4%	2.4%	168
福岡	-	-	-	-	-	-	176
佐賀	17.0%	15.1%	13.2%	4.3%	4.6%	3.4%	15
長崎	-	-	-	-	-	-	399
熊本	30.0%	22.5%	35.5%	38.1%	24.8%	24.7%	169
鹿児島	19.5%	12.9%	16.9%	22.7%	28.6%	17.9%	57
全体	13.6%	11.1%	12.9%	13.5%	14.2%	10.4%	1,242

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 歳魚尾数と放流魚混入率および放流魚尾数より算出した。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。このため、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*。

補足資料 3 表 2 添加効率推定データ一覧

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
前年の放流数(千尾)	4,540	4,227	4,334	4,233	4,311	4,320
1 歳魚尾数(千尾)	1,518	1,519	1,520	1,521	1,636	1,590
混入率(%)	13.6%	11.1%	12.9%	13.5%	14.2%	10.4%
放流魚加入数(千尾)	207	169	196	206	232	166
添加効率(%)*	4.6%	4.0%	4.5%	4.9%	5.4%	3.8%

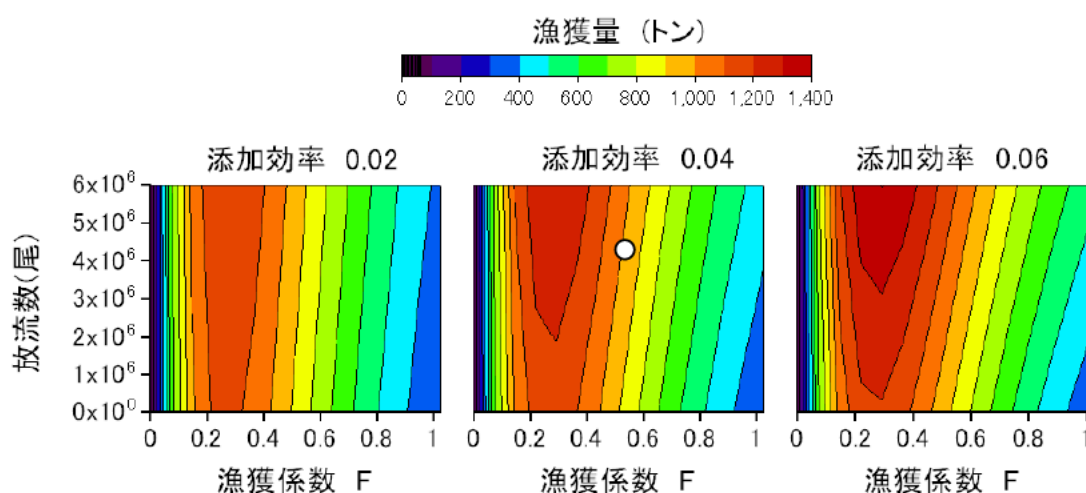
推定された 2011 年の 1 歳魚加入時点での添加効率の値はおよそ 4% となり、太平洋北部系群および日本海北・中部系群において想定される添加効率の中間的な値となった。

補足資料 3 表 3 平成 23 年度資源評価における各系群の添加効率推定値（仮定値）

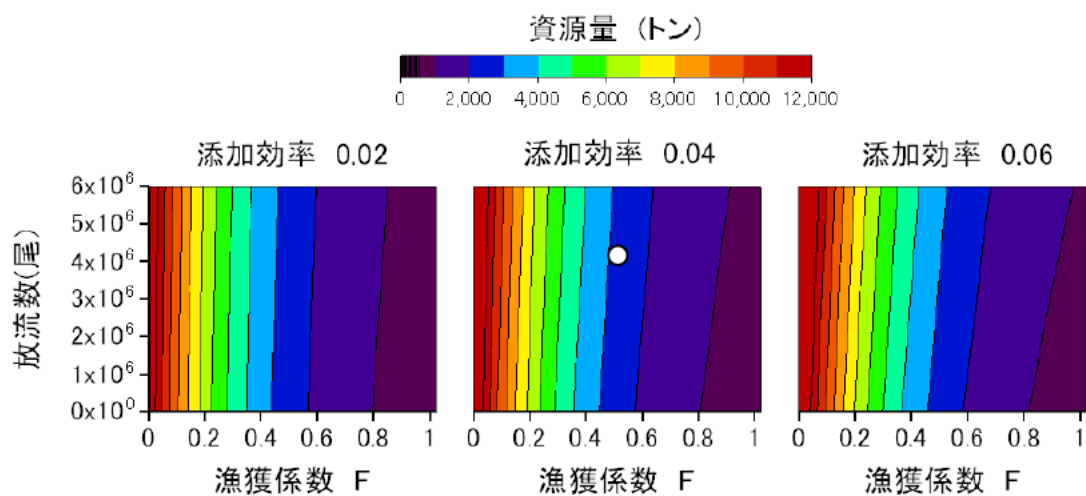
系群名	添加効率
太平洋北部	0.05
日本海北・中部	0.03
瀬戸内海区（0 歳魚加入時で計算）	0.13
日本海西・東シナ海区（H23 年度推定値）	0.038*

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

本系群で想定される添加効率の数値はおよそ 4% であり、比率として小さな値となってしまう。一方、系群全体での放流数は 430 万尾程度で、1 歳魚の推定資源尾数と比較しても多い。このため、将来予測における添加効率の感度が非常に高くなり、添加効率の増減により将来予測が大きく変わってしまう。ここでは、H24 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 2017 年における推定漁獲量について、添加効率を 3 段階(0.02, 0.04, 0.06)に変化させて試算を行った。計算方法は亘(2011)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 4% 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（約 430 万尾）で放流を行った場合と放流を行わなかった場合の 2017 年の漁獲量の差は、およそ 80 トンと算定された。



補足資料 3 図 1 放流数と F を変えた場合の、2017 年における等漁獲量線図
（白丸は現状の位置を示す）



補足資料3 図2 放流数とFを変えた場合の、2017年における等資源量線図
(白丸は現状の位置を示す)

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, p.1397.

栗田 豊・玉手 剛・伊藤正木(2011) 平成23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.1381.

上原伸二・井関智明・八木裕太(2011) 平成23年度ヒラメ日本海北・中部系群の資源評価. 平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価, p.1438.