

平成 27（2015）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

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 1996 年までは 3,600 トン前後で安定していたが、1997 年から減少し、1999 年には 2,674 トンとなった。その後回復して 2006 年には 3,650 トンとなったが、再び減少し、2014 年は 2,941 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。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 B_{limit} とした。2014 年の親魚量 2,282 トンはこれを上回っている。資源水準の高位と中位の境界値を過去 29 年間における資源量の上位 1/3、中位と低位の境界値を B_{limit} とし、資源水準は中位、動向は最近 5 年間（2010～2014 年）の親魚量及び資源量の推移から減少と判断した。ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)より、 F_{sus} を管理基準として 2016 年 ABC を算出した。本種は栽培漁業対象種であり、放流尾数は 3,310 千尾、混入率は 4.1%、添加効率は 0.17 であった。

管理基準	Limit / Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC (トン)
F_{sus}	Limit	0.43	32	852
	Target	0.34	27	712

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による親魚量である。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。 $F_{target} = \alpha \cdot F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2013	3,107	1,147	0.50	37%
2014	2,941	1,088	0.49	37%
2015	2,764	—		

2015 年の資源量はコホート解析による過去 3 年間の再生産成功率の平均値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	2013 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

2014 年には全国のヒラメの漁獲量 7,909 トンに対し、その 14%にあたる 1,088 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）に至る海域で漁獲された。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。近年の放流尾数は徐々に減少し、1999 年には 5,600 千尾であったものが 2013 年には 3,812 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放流魚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（金丸ほか 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 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 50%が産卵群に加入し、3 年後に全て加入する（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、甲殻類やイカ類も捕食する。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

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 2014 年は刺網が 44%と最も多く、次いで小型底びき網（17%）、沖合底びき網（12%）、定置網（12%）、釣り・延縄（11%）、その他（4%）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。2014 年の県別のヒラメ漁獲量は、速報値で長崎県が 346 トンと最も多く、島根県 186 トン、福岡県 168 トン、熊本県 161 トン、山口県 124 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、鳥取県から鹿児島県における遊漁採捕量は年間 11～18 トンと小さかった（農林水産省統計情報部 1998、農林水産省統計部 2003）。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 2014 年の漁獲量は 1,088 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 トンの間で推移している。2014 年は 7,909 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 14%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 900 トン程度となっている。

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 2014 年の年齢別漁獲尾数（表 2）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。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 (図 8、表 2)。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 143 千尾まで減少した後、2006 年には 221 千尾に増加したが、2009 年以降減少し 2014 年は 154 千尾となった。また、4 歳以上の漁獲尾数は 2002 年以降増加する傾向にあったが、3 歳魚と同様の傾向を示し、2009 年以降減少している。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、2014 年では 33%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 (図 9、表 3)。

(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、増加傾向に転じて 2006 年には 3,650 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、2014 年には 2,941 トンとなった (図 10、表 4)。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、表 6)。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、その後は同調していない (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 (図 13、表 5)。

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、2014 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)。なお、最近年の F は過去 3 年間 (2011~2013 年) の同年齢魚の F の平均値とした。

(5) 再生産関係

本系群の親魚量は 1997 年まで 2,100 トン程度で推移し、1998 年以降減少した。2000 年以降増加に転じたが、2009 年以降再び減少しており、2014 年は 2,282 トンであった。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（図 14、表 7）。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、親魚量が減少している（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 年から低下が続き、2013 年の再生産成功率は 0.49 尾/kg となっている（図 16、表 7）。再生産関係を見ると、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、続いて親魚量が減少している（図 17）。2000 年以降、親魚量は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。

将来予測における加入量の計算には、2011 年から 2013 年の 3 年間における再生産成功率の平均値（0.54 尾/kg）を使用した。

(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、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（図 17）。2014 年の親魚量は 2,282 トンで、Blimit を上回っている。

(7) 資源の水準・動向

資源水準の区分は、高位は過去 29 年間（1986～2014 年）における資源量の順位の上位 1/3 とし、中位と低位の境界値は Blimit（親魚量 2,144 トン）とした。なお、2013 年までの中位と低位の境界値は資源量の順位の低位 1/3 であった。2014 年の親魚量は Blimit を上回っていること、2014 年の順位は上から 24 番目で資源量の上位 1/3 を下回っていることから、資源水準は中位と判断した。動向は、最近 5 年間（2010～2014 年）の親魚量及び資源量の推移から減少と判断した。

(8) 資源と漁獲の関係

2014 年以降の再生産成功率は、過去 3 年の平均（0.54 尾/kg）とし、各年齢の選択率は 2014 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 にする生存率を与える F を探索的に求めて、資源量維持を目標とする限界値を F_{sus} とした。 F 値の変化に伴う親魚量と期待漁獲量の推移を図 20 に示す。年齢別選択率を 2014 年と同じにして F を変化させた場合の YPR と %SPR を図 19 に示す。現在の F (0.49) は F_{max} 、 $F_{30\%SPR}$ 、資源量の維持を目標とする限界値（ $F_{sus}=0.43$ ）よりも高い。

(9) 種苗放流効果

2006 年から 2014 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 2.6～11.8%、東シナ海海域の各県で 13.9～22.6%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、2014年における系群全体での人工種苗の混入率は13.1%と推定された（補足表 3-1）。また、2014年における添加効率は0.04と推定された（補足表 3-2）。2014年の添加効率で現状の $F(0.49)$ 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2020年の漁獲量の差は約100トン（補足図 3-1）、資源量の差は約250トンと算定された（補足図 3-2）。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、1998～2005年までは横ばい、2006年以降は再び減少傾向となっている。

5. 2016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トンまで低下したが、2000年から増加に転じ2006年は3,650トンの最大値を示した。それ以降、緩やかに減少し、2014年の推定資源量は2,941トンとなった。親魚量は1997年まで2,100トン程度で推移したが、1998年以降減少した。2000年以降増加に転じたが、2009年以降再び減少しており、2014年は2,282トンであった。資源尾数は1996年まで高い水準にあったが、1997年から減少傾向が続き、現在も低い水準にある。年齢別の資源尾数を見ると、1歳魚と2歳魚の減少が著しく、再生産成功率についても低い状況が続いている。2014年の親魚量は B_{limit} を上回り、資源量の上位1/3より下回るため、資源水準は中位と判断した。しかし、数年先には B_{limit} を下回る可能性が非常に高いと考えられる。動向は最近5年間（2010～2014年）の親魚量及び資源量の推移から減少と判断した。2014年の $F(0.49)$ の大きさは、資源量の維持を目標とした限界値である $F_{sus}(0.43)$ より大きく、加入あたりの漁獲量を最大とする $F_{max}(0.31)$ より大きいため、加入乱獲及び成長乱獲の状態と判断される（図 19）。

(2) ABCの算定

$F_{current}(0.49)$ は、 $F_{sus}(0.43)$ 、 $F_{max}(0.31)$ より大きく加入乱獲及び成長乱獲の傾向にあることから、ABC算定のための基本規則1-1)-(1)より、 F_{sus} を管理基準としてABCを算出した。 F_{sus} は2014年以降の再生産成功率が2011年から2013年の平均値を用い、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 の平均値である。

2016年のABCを算定した条件は以下の通り。まず、2015年の漁獲係数は2014年と同様とした。2016年以降は年齢別選択率を2014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2011年から2013年の平均的レベル（0.54尾/kg）で推移するとした。コホート解析により、2014年の $F(0.49)$ による2015年の漁獲量は1,008トン、2015年漁期初めの資源量は2,764トン、2016年漁期初めの資源量は2,622トンと計算された。2016年の操業において $F_{sus}(0.43)$ で漁獲した場合、 ABC_{limit} は852トンと計算された。さらに、不確実性を見込んで F_{sus} に $\alpha=0.8$ を乗じた値を $F_{target}(0.34)$ とすると、2016年の漁獲量管理目標となる ABC_{target} は712トンと算定された。

資源管理基準	Limit / Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC (トン)
F _{sus}	Limit	0.43	32	852
	Target	0.34	27	712

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。ABC には 0 歳魚は含まない。F 値は各年齢の平均値。

(3) ABC 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。F_{current} で漁獲すると、漁獲量及び資源量ともに減少が続くが、F_{sus} では両者ともに現状を維持することが可能であることが示唆された。一方、0.8F_{sus} 及び F_{max} では漁獲量は一時的に減少するが、その後増加傾向に転じることが予測された。

管理基準	F 値	漁獲量 (トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
F _{current}	0.49	1,088	1,008	955	904	863	818	774
F _{sus}	0.43	1,088	1,008	852	858	862	858	854
0.8・F _{sus}	0.34	1,088	1,008	712	777	835	887	942
F _{max}	0.31	1,088	1,008	657	739	815	887	964
管理基準	F 値	資源量 (トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
F _{current}	0.49	2,941	2,764	2,622	2,489	2,366	2,242	2,123
F _{sus}	0.43	2,941	2,764	2,622	2,643	2,647	2,645	2,642
0.8・F _{sus}	0.34	2,941	2,764	2,622	2,856	3,065	3,280	3,508
F _{max}	0.31	2,941	2,764	2,622	2,940	3,237	3,554	3,897

(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
2013 年漁獲量確定値	2013 年漁獲量の確定
2014 年漁獲量速報値	2006 年から 2014 年の推定資源量および RPS・F _{current} ・F _{sus}
2014 年年齢別漁獲尾数	2006 年から 2014 年の推定資源量および RPS・F _{current} ・F _{sus}

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)
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	
2014 年 (2015 年再評価)	Fsus	0.43	2,941	960	802	1,088
2015 年 (当初)	Fsus	0.44	2,879	989	827	
2015 年 (2015 年再評価)	Fsus	0.43	2,764	899	751	

2014 年 (当初) の値は 2012 年までの漁獲データを用いた 2013 年における評価結果、2014 年 (2014 年再評価) と 2015 年 (当初) は 2013 年までのデータを用いた 2014 年における結果、2014 年 (2015 年再評価) と 2015 年 (2015 年再評価) は 2014 年までのデータを用いた今回の結果である。

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、2015 年の再評価では 2,941 トンとなり、若干の下方修正となった。一方、2015 年 (当初) の資源量は 2,879 トンであったが、2015 年の再評価では 2,764 トンとなり下方修正となった。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、2013 年には 1986 年以降の最低値の 0.49 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。

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 2020 年の資源量の差は約 250 トン、漁獲量の差は約 100 トンであると算定された (補足図 3-1)。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 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 2013 年は 0.49 尾/kg となった (図 16、表 7)。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 (図 13、表 5)、RPS の低下が大きな要因と考えられ、今後の動向に注視すべきである。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が、最も多くのヒラメが漁獲されている刺網の目合いを大きくするなど、F を抑制する努力が必要と考えられる。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、近年トラフグで検討され始めている有効放流尾数を検討する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, 21, 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, 910-921.
- 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）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.
- 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.
- 農林水産省統計部（2003）平成14年遊漁採捕量調査報告書, 52.



図1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

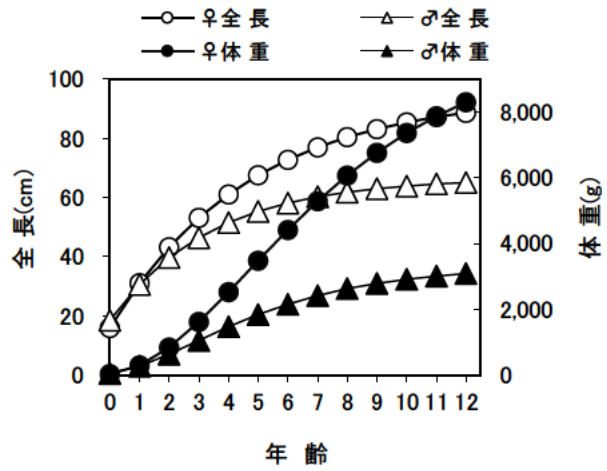


図2. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成長

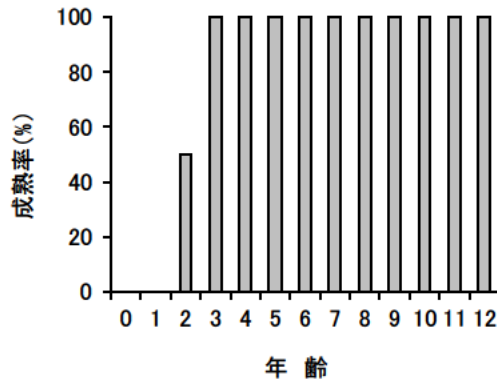


図3. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

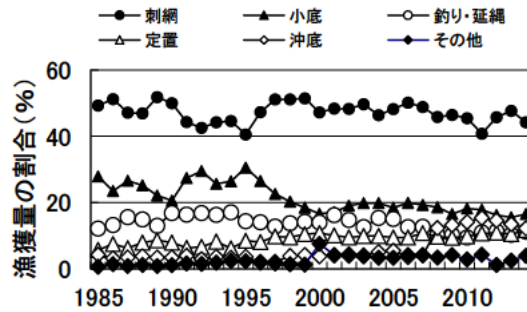


図4. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群における漁業種類別漁獲割合の推移

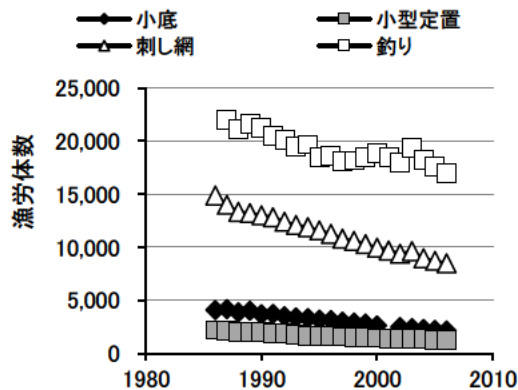


図5. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群分布域の主な沿岸漁業漁労体数の推移

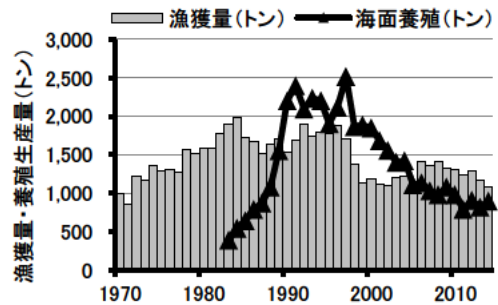


図6. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量および海面養殖収穫量の推移

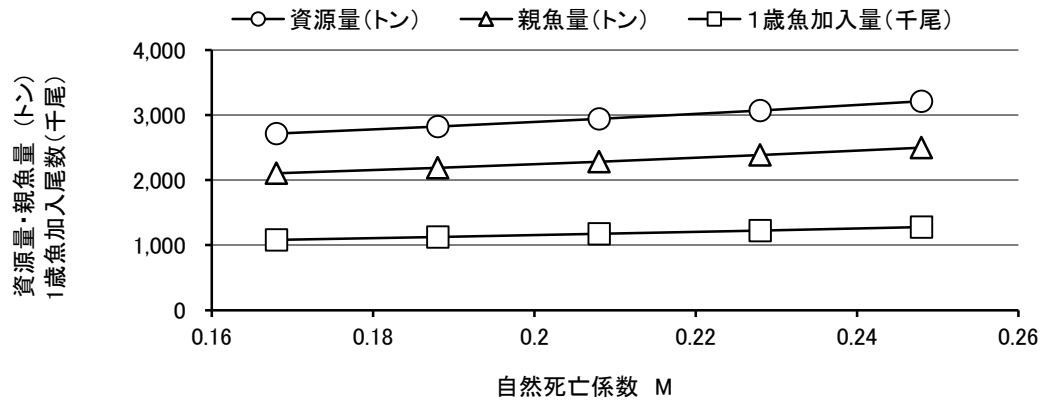


図7. Mを変化させた場合の資源量、親魚量、1歳魚加入尾数の推定値の変化

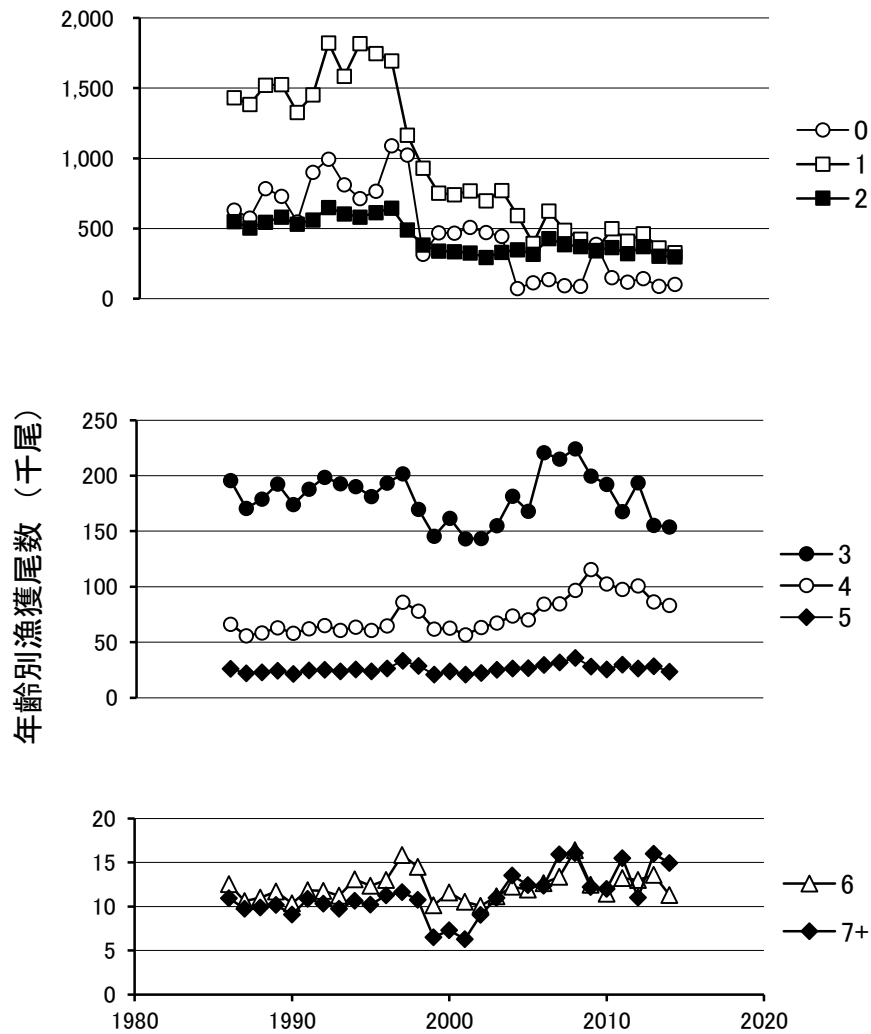


図8. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数の推移
(凡例の数値は年齢を示す)

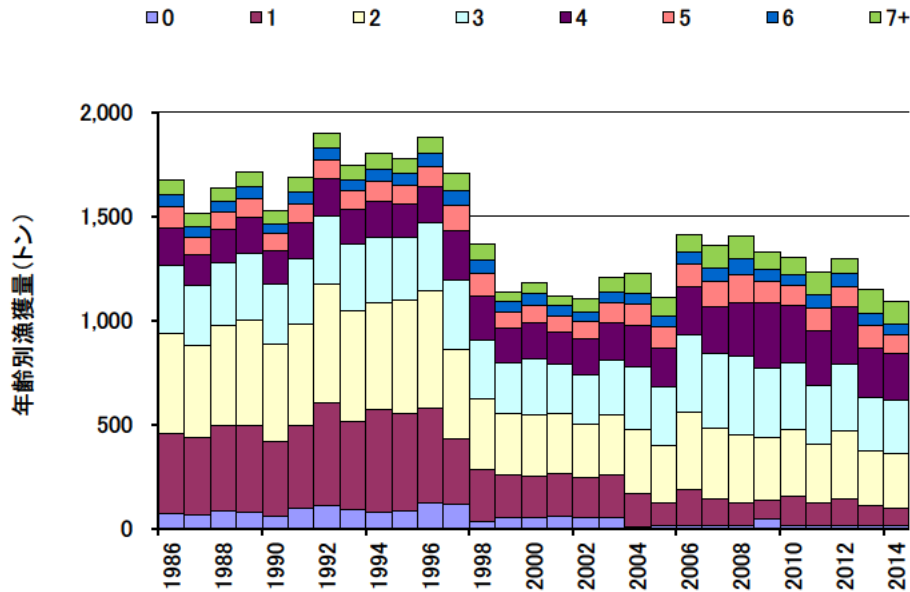


図 9. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲量の推移
(年齢別漁獲尾数を基にした計算値、凡例の数値は年齢を示す)

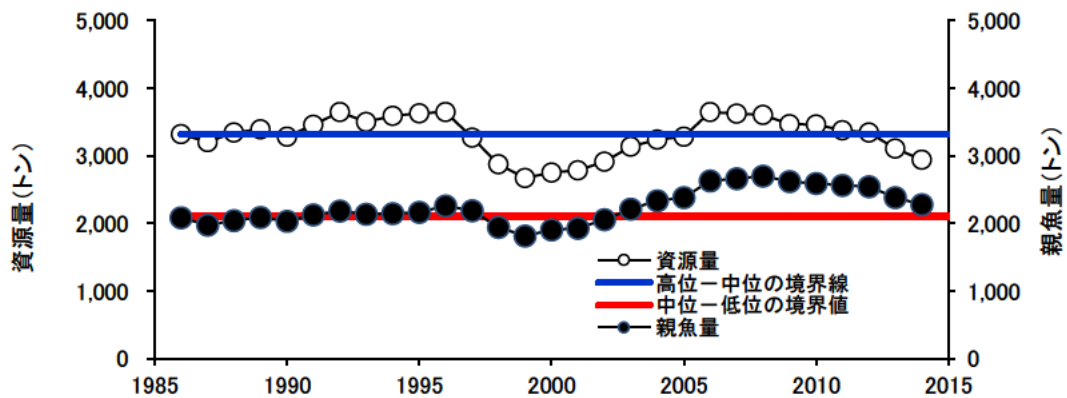


図 10. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量の推移と水準

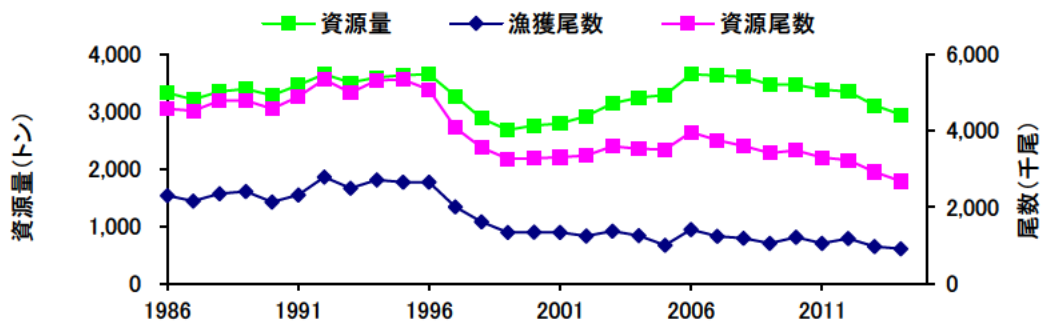


図 11. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量、資源尾数および漁獲尾数の推移

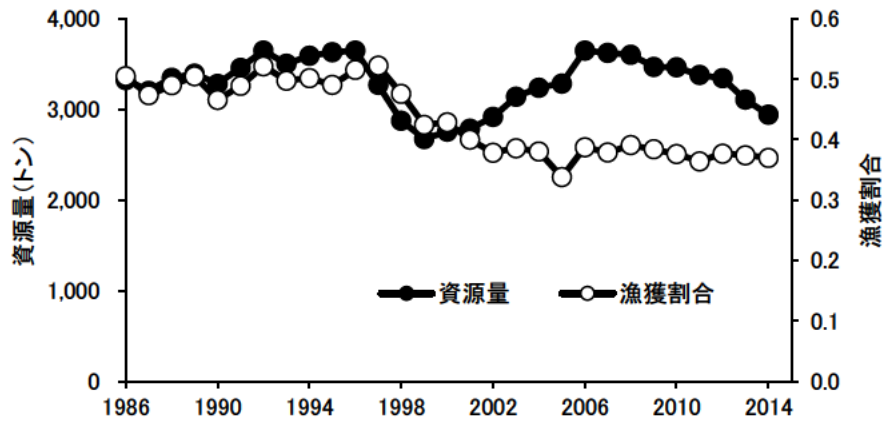


図 12. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量と漁獲割合の推移

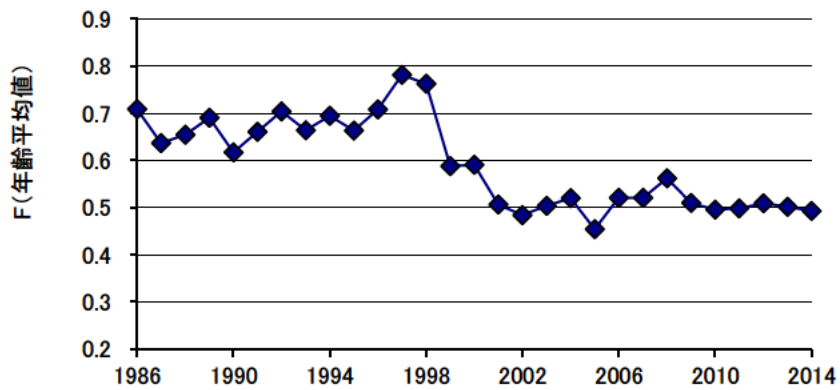


図 13. コホート解析により推定された F 値の経年変化

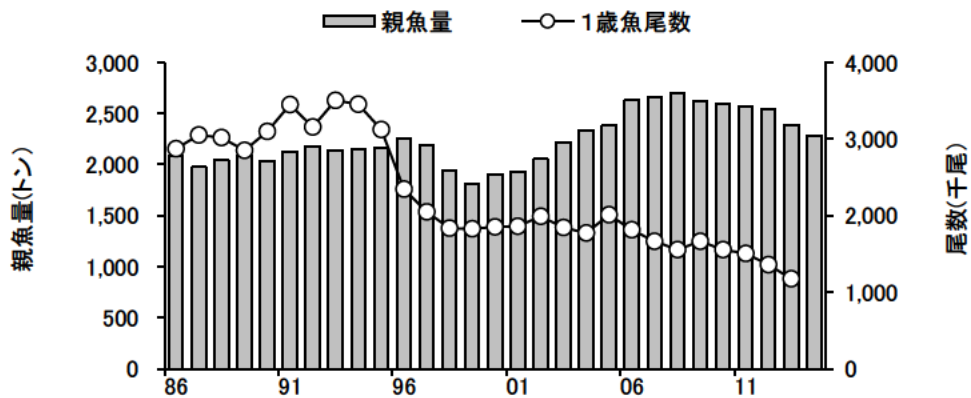


図 14. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の親魚量と 1 歳魚尾数の経年変化

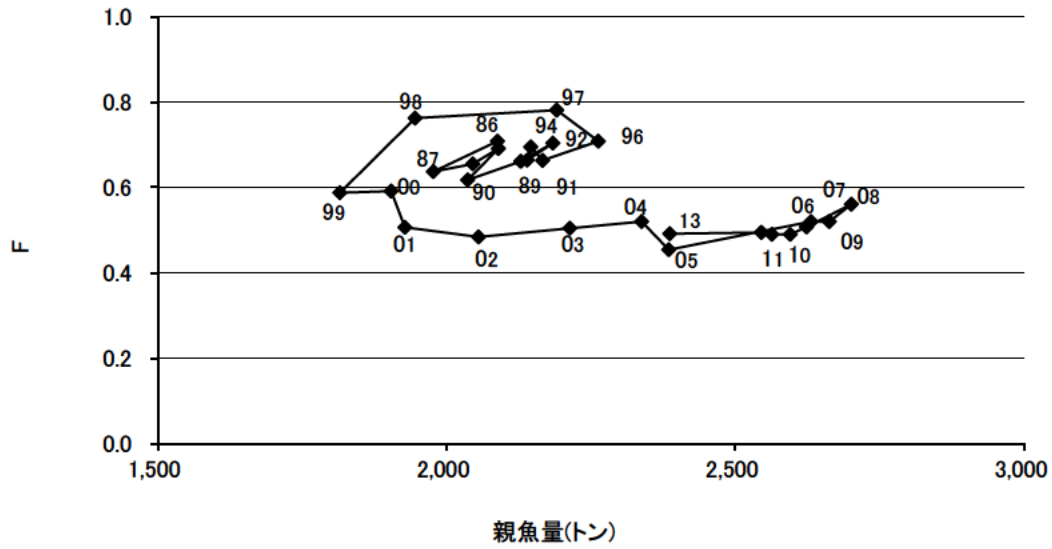


図 15. 親魚量と漁獲係数 F の関係

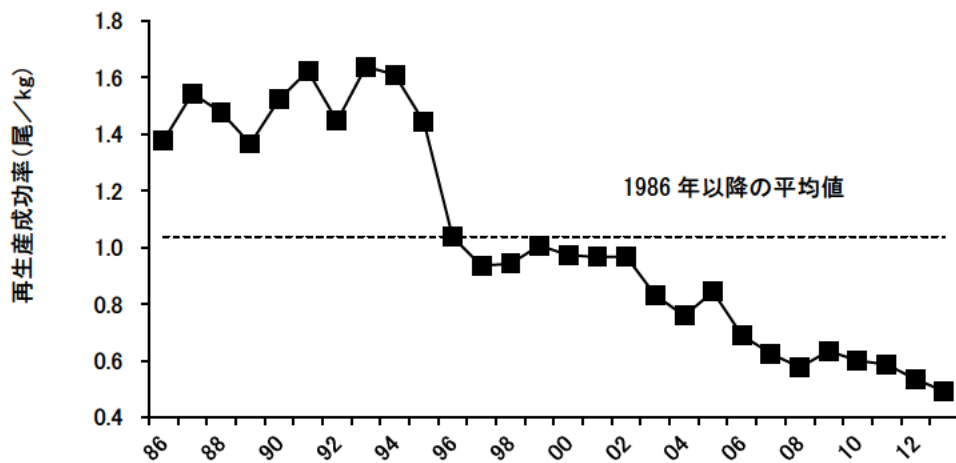


図 16. 再生産成功率の経年変化

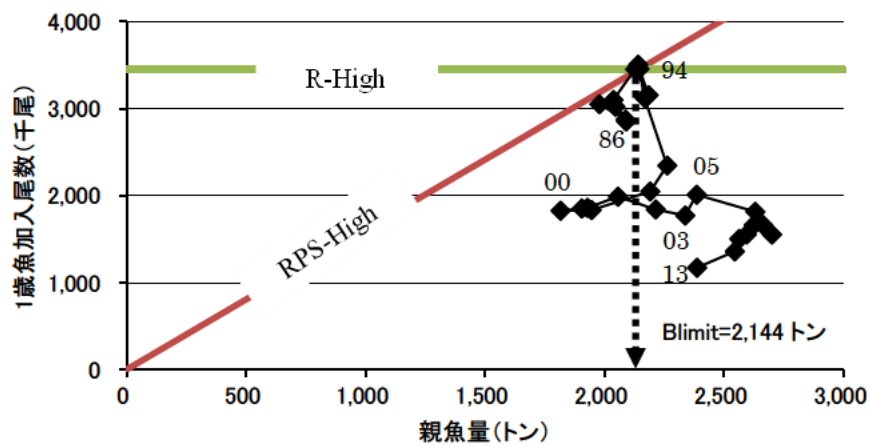


図 17. 再生産関係図

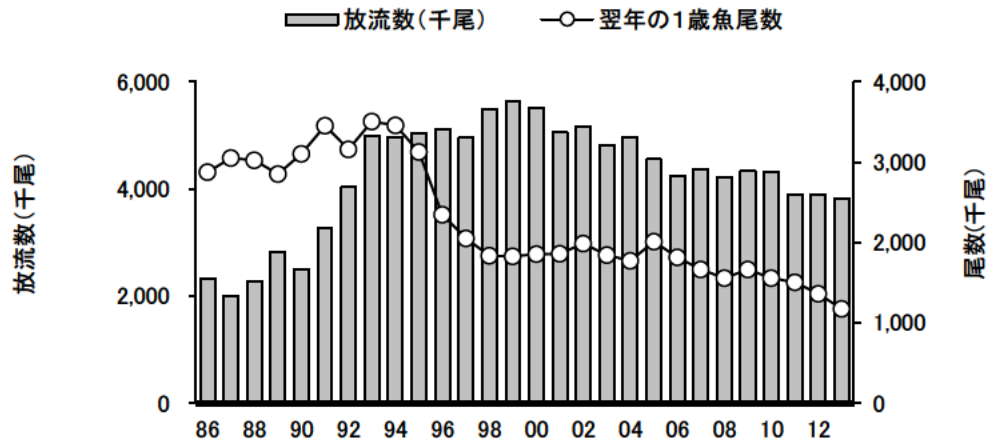


図 18. 人工種苗放流数と 1 歳魚加入尾数推定値の推移

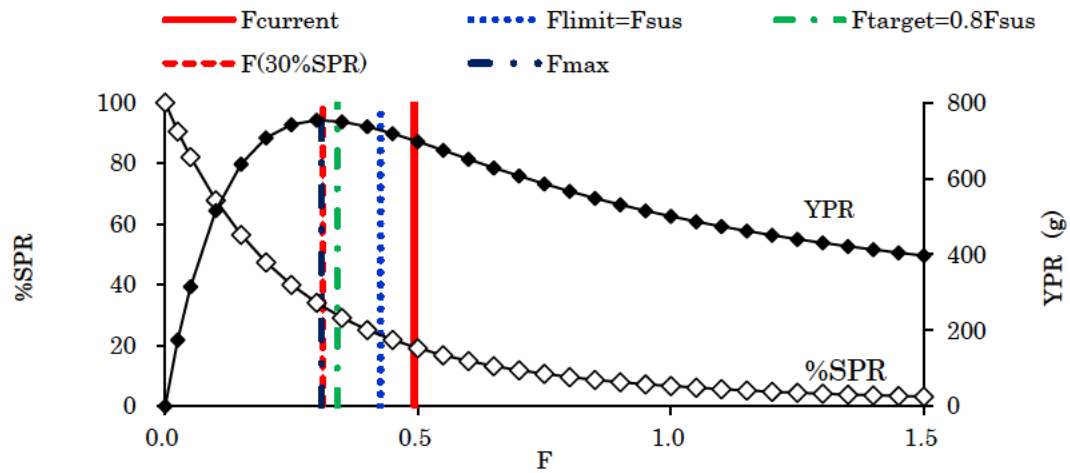


図 19. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の%SPR、YPR および F の参考値

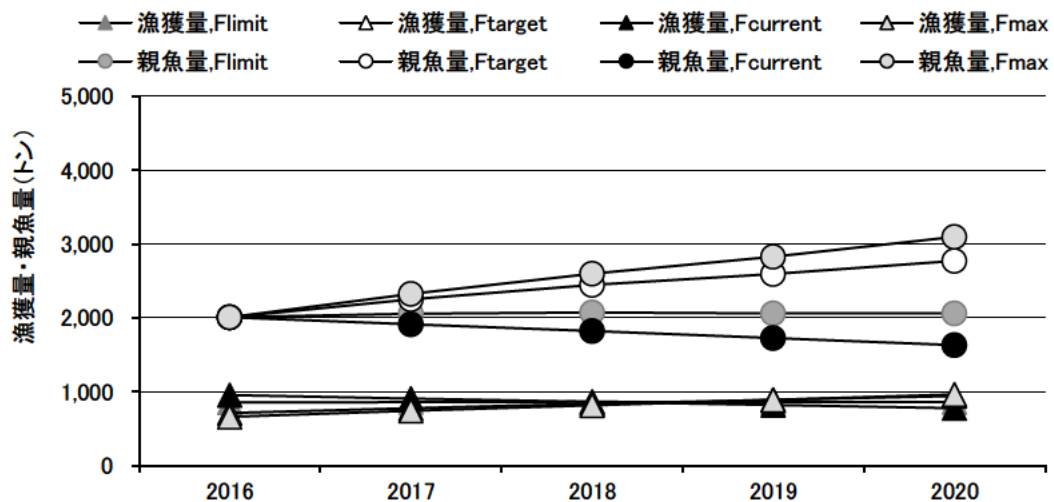


図 20. 異なる F 値による漁獲量、親魚量の将来予測の比較

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	2014					
漁獲量	1,302	1,230	1,300	1,164	1,088					

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	363	302	155	87	28	14	16	965
2014	102	328	298	154	83	23	11	15	913

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	98	266	260	234	106	64	111	1,147
2014	11	88	262	257	225	88	53	104	1,088

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	219	2,916
2003	537	776	662	456	274	176	257	3,138
2004	497	811	699	492	285	173	283	3,240
2005	478	846	726	476	305	179	276	3,286
2006	543	953	826	544	298	198	287	3,650
2007	490	941	822	548	327	179	316	3,623
2008	449	909	871	556	331	199	289	3,604
2009	420	852	843	598	299	186	271	3,469
2010	449	840	794	621	282	187	290	3,463
2011	420	792	746	575	352	180	313	3,379
2012	406	787	738	571	317	233	292	3,344
2013	367	708	654	498	302	211	368	3,107
2014	317	685	636	480	268	188	368	2,941

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

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	0.59	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	0.63	0.53	0.40	0.40	0.52
2007	0.35	0.51	0.66	0.62	0.52	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	0.43	0.43	0.51
2010	0.41	0.55	0.60	0.68	0.47	0.38	0.38	0.50
2011	0.35	0.50	0.54	0.71	0.43	0.48	0.48	0.50
2012	0.42	0.62	0.67	0.75	0.43	0.34	0.34	0.51
2013	0.35	0.54	0.58	0.73	0.49	0.41	0.41	0.50
2014	0.37	0.55	0.60	0.73	0.45	0.37	0.37	0.49

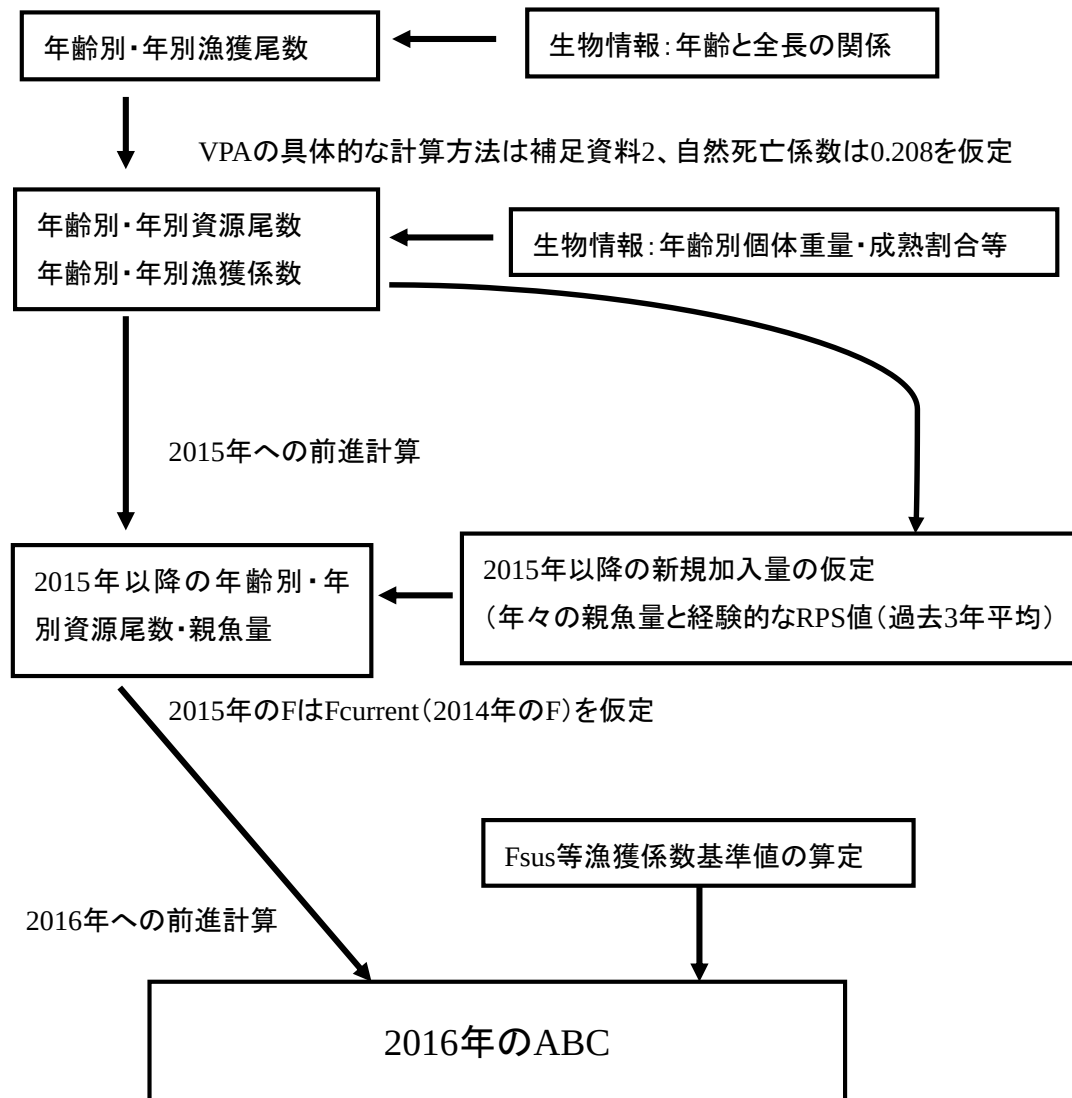
表 6. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の推定資源尾数（千尾）

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	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	397	169	73	38	37	3,584
2004	1,842	921	419	182	76	37	41	3,518
2005	1,772	961	435	176	82	38	40	3,503
2006	2,010	1,083	495	202	80	42	41	3,954
2007	1,814	1,070	492	203	88	38	45	3,750
2008	1,663	1,034	521	206	89	42	42	3,597
2009	1,555	968	505	221	80	40	39	3,409
2010	1,662	955	476	230	76	40	42	3,480
2011	1,556	900	447	213	94	39	45	3,293
2012	1,503	894	442	212	85	50	42	3,228
2013	1,361	804	392	184	81	45	53	2,920
2014	1,173	778	381	178	72	40	53	2,675

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	2,055	1,988	0.97
2003	2,213	1,842	0.83
2004	2,337	1,772	0.76
2005	2,385	2,010	0.84
2006	2,631	1,814	0.69
2007	2,662	1,663	0.62
2008	2,700	1,555	0.58
2009	2,623	1,662	0.63
2010	2,594	1,556	0.60
2011	2,563	1,503	0.59
2012	2,545	1,361	0.53
2013	2,386	1,173	0.49
2014	2,282		

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。

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

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。

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

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。

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

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

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.

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。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 3-1）。

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 3-2）。

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 3-3）。

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 2020 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（補足図 3-1）、および等資源量線図（補足図 3-2）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 2020 年の資源量の差は約 250 トン、漁獲量の差は約 100 トンと算定された。

引用文献

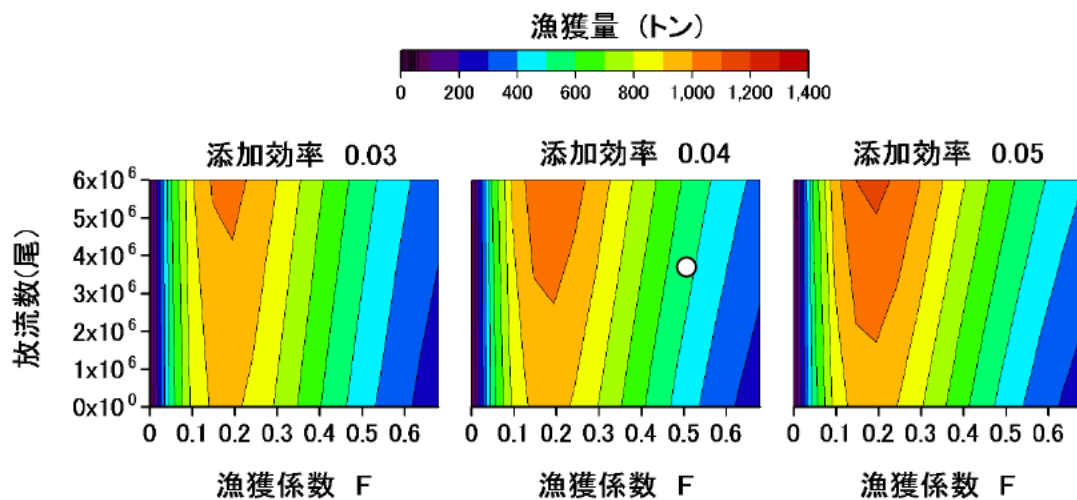
- 亘 真吾（2013）平成 25 年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価．平成 25 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, p.1419.
- 阪地英男・山本圭介（2015）平成 26（2014）年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価．平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 1445-1471.
- 栗田 豊・玉手 剛・伊藤正木（2015）平成 26（2014）年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価．平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 1420-1444.
- 上原伸二・井関智明・八木裕太（2015）平成 26（2014）年度ヒラメ日本海北・中部系群の資源評価．平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 1472-1502.
- 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）, 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）, 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）, 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）, 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）, 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),83.

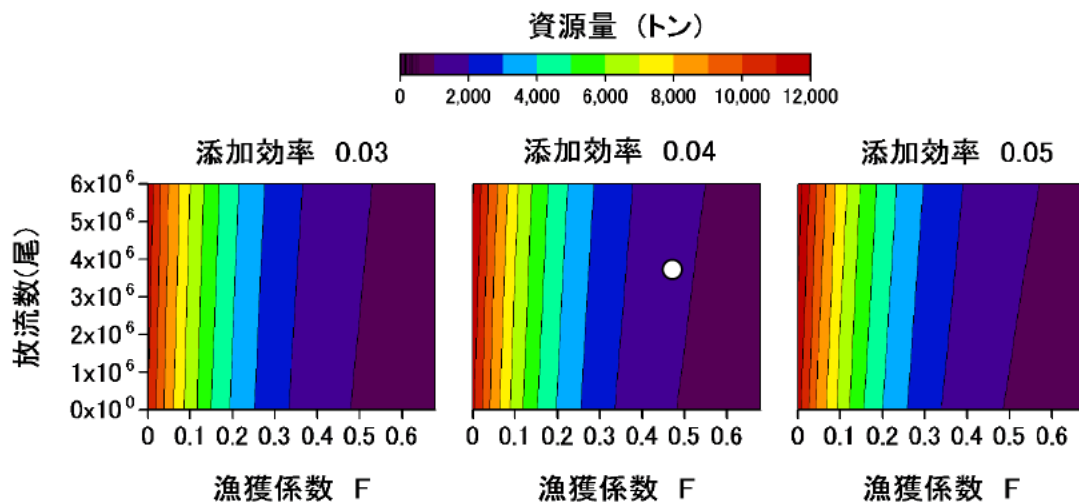
(独)水産総合研究センター(2013)平成23年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績(全国)総括編・動向編,77.

(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,79-80.

(独)水産総合研究センター(2015)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,78-79.



補足図 3-1. 放流数と F を変えた場合の、2020 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 3-2. 放流数と F を変えた場合の、2020 年における等資源量線図
(白丸は現状の位置を示す)

補足表 3-1. 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	2014	グループ 平均
鳥取			61	62	57	70	57	57	76	
	(1.5)	(2.4)	(1.6)	(2.9)	(2.0)	(3.8)	(3.5)	(7.3)	(11.8)	
島根	727	598	633	649	601	578	424	197	464	
	(1.4)	(3.6)	(5.1)	(3.7)	(3.8)	(2.4)	(2.7)	(3.0)	(2.6)	
山口	461	614	635	601	644	615	650	636	614	264
	(2.9)	(2.2)	(4.2)	(5.2)	(4.0)	(1.4)	(4.3)	(3.2)	(9.4)	(7.9)
福岡	104	77	99	65	125	126	114	49	11	
	(－)	(－)	(－)	(－)	(－)	(－)	(－)	(－)	(－)	
佐賀	189	150	196	156	170	112	114	102	156	
	(17.0)	(15.1)	(13.2)	(4.3)	(4.6)	(3.4)	(9.3)	(8.8)	(－)	
長崎	1,196	1,061	1,076	1,029	1,030	1,052	931	1,069	774	
	(－)	(－)	(－)	(－)	(－)	(10.7)	(13.3)	(10.3)	(13.9)	
熊本	924	802	719	825	826	988	815	872	910	830
	(30.0)	(22.5)	(35.5)	(38.1)	(24.8)	(24.7)	(24.9)	(23.8)	(22.6)	(18.0)
鹿児島	949	935	947	836	876	783	788	911	807	
	(19.5)	(12.9)	(16.9)	(22.7)	(28.6)	(17.9)	(15.8)	(11.9)	(17.6)	
全体	4,550	4,237	4,366	4,223	4,329	4,324	3,893	3,893	3,812	477
	(12.9)	(10.4)	(12.9)	(15.1)	(15.7)	(12.3)	(12.1)	(10.9)	(13.1)	(13.1)

混入率の単位：(%)、放流尾数の単位：千尾

補足表 3-2. 添加効率推定データ一覧

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
前年の放流数(千尾)	4,550	4,237	4,366	4,223	4,329	4,324	3,893
1歳魚尾数(千尾)	2,010	1,814	1,663	1,555	1,682	1,556	1,508
混入率(%)	12.9%	10.4%	12.9%	15.1%	15.7%	12.3%	12.1%
放流魚加入数(千尾)	259	188	215	235	260	191	182
添加効率	0.06	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05
	2013	2014					
前年の放流数(千尾)	3,893	3,812					
1歳魚尾数(千尾)	1,361	1,173					
混入率(%)	10.9%	13.1%					
放流魚加入数(千尾)	149	153					
添加効率	0.04	0.04					

補足表 3-3. 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（2014 年推定値）	0.05
日本海北・中部（2014 年推定値）	0.03
瀬戸内海区（0 歳魚加入時で計算：2014 年推定値）	0.11
日本海西・東シナ海区（2015 年推定値）	0.04