

平成27（2015）年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研究所（阪地英男、山本圭介）

参画機関：和歌山県水産試験場、大阪府立環境農林水産総合研究所水産技術センター、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、香川県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。漁獲量は、1999年にそれまでの最高の1,118トンとなり、2002年まで1,000トン程度が続いたが、その後減少して2014年は654トン（概数値）となった。資源量は1998年の3,042トンの最高となった後に徐々に減少し、2014年は2,107トンと推定された。親魚量は1994年の1,178トンから増加して2000年に最大の1,694トンとなり、2014年には1,479トンとなった。CPUEと親魚量の推移から、資源状態は高位・増加と判断した。Blimitは、再生産関係より最大の加入量の50%が得られる親魚量847トンと設定した。2014年の親魚量はBlimitを上回っている。資源が高位・増加であることから、現状を維持する方策が必要と考えられる。現状（2014年）の資源水準を維持することを管理目標とし、ABC算定のための基本規則1-1)-(1)に基づいてABCを算出した。Flimitは現状（2014年）の漁獲係数（Fcurrent）とした。本種は栽培対象種で2013年には279万尾の人工種苗が放流され、0歳の放流魚の混入率は10%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.04と推定された。

管理基準	Limit/ Target	F値	漁獲割合 (%)	2016年ABC（トン）
Fcurrent	Limit	0.56	28	546
	Target	0.45	23	455

Fcurrentは2014年の2歳における値とした。Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。Ftarget = α Flimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2013	2,178	654	0.59	30%
2014	2,107	654	0.56	31%
2015	2,008	—	—	—

水準：高位 動向：増加

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	瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向（中国四国農政局） 農林水産統計年報（和歌山～大分（11）府県） 生物情報収集調査 ・主要港水揚量（大阪～大分（7）府県） ・市場調査（月別全長組成）（大阪～大分（7）府県） ・精密測定（体重、全長、年齢査定）（兵庫県、香川県、愛媛県）
加入量指数	新規加入量調査（香川県、愛媛県）・ソリネット
自然死亡係数（M）	年当たり $M=0.31$ を仮定
2015 年加入量	2015 年親魚量と 2009～2013 年の再生産成功率の平均値より算出
漁獲努力量指数	・瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向（中国四国農政局） 農林水産統計年報（和歌山～大分（11）府県） ・標本船、標本漁協の小底漁獲量と努力量（2000～2014 年：大阪府、 香川県、愛媛県、山口県、2002～2014 年：岡山県、大分県、2004 ～2014 年：兵庫県）
混入率	生物情報収集調査 ・市場調査（月別全長組成、黒化の有無）（大阪～大分（7）府県）
標識装着率	放流時の黒化率資料（兵庫県、山口県、愛媛県）

1. まえがき

本種は北海道から九州にかけて広範囲にわたって分布し、沿岸漁業にとって重要な魚種であり、栽培漁業および資源管理型漁業等の対象となっている。瀬戸内海では 1980 年代から全域で種苗放流が実施されており、2013 年の放流尾数は 279 万尾だった。2013 年では、全国のヒラメの漁獲量と生産額に対する瀬戸内海の割合は 9%と 15%、瀬戸内海の魚類の漁獲量と生産額に対するヒラメの割合は 0.5%と 2.1%であった。2004 年度に周防灘小型機船底びき網漁業対象種資源回復計画の対象魚種に指定され、小型魚混獲回避のための漁具改良や種苗放流などの措置が実施されていた。資源回復計画は 2011 年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、2012 年度以降も新たな枠組みである資源管理指針・計画の下で継続して実施されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

春に瀬戸内海で生まれた仔稚魚は、ごく沿岸域で成長し、徐々に沖合域に分布を拡げるが、未成魚期まで瀬戸内海に分布する。成魚になると、瀬戸内海に留まるものと外海へ移出するものがあり、移出の場合は東部海域では紀伊水道へ、中西部海域では豊後水道へ向かう（図 1）（山口県 1995、愛媛県 1995、徳島県 1995）。

(2) 年齢・成長

本種は雌雄により成長に顕著な差が見られる。雌は雄よりも大型に成長し、5 歳では雌は雄の 2 倍以上の体重となる。寿命は 15 歳程度である。1995～2004 年に精密測定を行った個体の全長、体重と耳石切断法による年齢査定値を使用し、雌雄別の年齢 t と全長 L_t (cm) の von Bertalanffy 成長式と、全長 L (cm) と体重 W (g) のアロメトリー式を推定した (図 2)。

$$\text{年齢－全長関係式} \quad \text{雄} : L_t = 62.78 (1 - \exp (-0.29 (t + 0.96))) \quad (1)$$

$$\text{雌} : L_t = 92.94 (1 - \exp (-0.24 (t + 0.59))) \quad (2)$$

$$\text{全長－体重関係式} \quad \text{雄} : W = 0.0072 L^{3.10} \quad (3)$$

$$\text{雌} : W = 0.0047 L^{3.23} \quad (4)$$

(3) 成熟・産卵

産卵場は、東部海域では徳島県の太平洋海域、中西部海域では山口県周防灘及び伊予灘、愛媛県斎灘、燧灘西部及び島嶼部に分散していると考えられている (図 1)。産卵期は東部海域では 2～5 月、中西部海域では 3～6 月である。年齢別成熟割合は雌が 1 歳で 4%、2 歳で 75%、3 歳で 82%、4 歳以上で 100%、雄は 1 歳で 4%、2 歳で 52%、3 歳で 91%、4 歳以上で 100%である (図 3) (愛媛県 1995)。

(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。稚魚はマゴチ等の大型魚に捕食される (山口県 1995、愛媛県 1995、徳島県 1995)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

小型底びき網 (以下、「小底」という)、刺網、定置網、釣で主に漁獲される。2014 年における漁法別漁獲量の割合は、小底 59%、刺網 21%、定置網 13%、釣 7%であった (図 4)。秋には未成魚、冬から春にかけては成魚が漁獲の主体である。

(2) 漁獲量の推移

漁獲量は 1970 年代前半までは 200 トン前後だったが、1970 年代後半から 1980 年代にかけて増加し、1988 年には 1,000 トンを越えた。1999 年には最高値の 1,118 トンとなり、2002 年まで 1,000 トン程度が続いたが、2003 年以降は 1,000 トンを割り込み、2013 年は 654 トン、2014 年は 654 トン (概数値) となった (図 5、表 1)。なお、遊漁による採捕量とその漁獲量に対する割合は、1997 年では 7 トン (農林水産省統計情報部 1998) ・ 0.7%であったが、2008 年では 81 トン (農林水産省統計情報部 2009) ・ 9.7%となった。

(3) 漁獲努力量

農林水産統計による 2006 年までの小底、刺網の努力量 (出漁日数) は、小底では 1978

年（1,285,936 日）に、刺網では 1982 年（1,034,989 日）にそれぞれ最大となり、その後経年的に減少した。2006 年の出漁日数はそれぞれ、718,757 日と 506,802 日であり、1980 年の 0.6 倍、0.5 倍だった。小型定置網の努力量（漁労体数）は、1970 年代後半から 1990 年代前半にかけて 2,000～2,200 統で横ばいだったが、その後減少傾向で、2006 年の漁労体数は 1,562 統だった（図 6、表 2）。2007 年以降、農林水産統計で努力量の集計は行われていない。

小底標本船（大分、山口）と小底標本漁協（泉佐野、五色町、高砂、日生、庵治、東讃、内海、河原津、上灘、伊予）の合計の努力量（出漁隻数）は、2014 年現在の標本漁協がそろった 2004 年以降では減少傾向にある（図 7）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1994 年以降について、1～4 月、5～8 月、9～12 月の 3 期ごとに 0 歳～5+歳の Age-Length key を作成し（補足表 2-1、詳細は補足資料 2）、標本の全長組成と漁獲量から毎年の年齢別漁獲尾数を求めた。標本船および標本漁港の小型底びき網漁船の CPUE を相対資源量の指標としてし、チューニングコホート解析で年別年齢別資源尾数を推定した。

（2）資源量指標値の推移

1970～2006 年まで農林水産統計による小底、刺網、定置網の CPUE（小底と刺網は kg/出漁日数、定置網はトン/漁労体数）の推移は、いずれの漁法においても 1980 年代から 90 年代にかけて、増加傾向が見られていた。それぞれの漁業種とも 2000 年以降横ばい傾向となったが、定置網では 2005 年と 2006 年に、刺し網では 2006 年に増加した。2006 年の小底、刺網、定置網の CPUE はそれぞれ 0.77、0.41、0.07 であり、1970 年の CPUE と比較してそれぞれ 9.0、8.4、13.3 倍となった（図 8、表 2）。一方、2002 年以降の標本船・標本漁協の小底の CPUE は、2004 年に最大および 2010 年に最小となり、近年 5 年間は増加傾向である（図 9、表 3）。なお、標本船・標本漁協の小底の CPUE については、昨年まで単純平均を用いていたが、各標本船・標本漁協の漁獲量の差が大きいため、漁獲量で重み付けを行った。

（3）漁獲物の年齢組成

年別年齢別漁獲尾数を表 4、図 10 に、年別年齢別漁獲重量を表 5、図 11 にそれぞれ示す。漁獲尾数では 1 歳が最も多く、漁獲重量では 2 歳が最も多い傾向がある。前年に比べて 2014 年では、0 歳の漁獲尾数が半減し、3 歳以上の漁獲尾数が増加した。

（4）資源量と漁獲割合の推移

資源量は 1998 年に最高の 3,042 トンとなった後に徐々に減少し、2014 年は 2,107 トンと推定された（図 12、表 6、7）。漁獲割合は、1999～2002 年まで 37～38%であったがその後徐々に低下し、2011 年以降は 30～33%となっている（図 12）。2 歳の漁獲係数は 1994～2008 年では 0.72～0.97 であったが、2009 年以降では 0.56～0.68 に減少し、2014 年では過去最低の 0.56 だった（表 8）。漁獲係数は 2 歳が高く、3 歳がこれに次ぎ、1 歳と 4 歳以上では

これらより低かった（表 8）。年齢別資源量（表 7）と雌の年齢別成熟割合（図 3）から算出した親魚量は、1994 年の 1,178 トンから増加して 2000 年に最大の 1,694 トンとなり、2003 年以降では 1,358～1,562 トン、2014 年には 1,479 トンとなった（図 13、表 9）。0 歳の資源尾数と漁獲尾数の年変動から、ヒラメ太平洋北部系群で見られるような卓越年級群は発生していないと考えられる。

瀬戸内海全域の 0 歳魚の混入率（詳細は補足資料 2）は、1995～2014 年では 8～46%で、2013 年級群では 10%、2014 年級群では 15%だった。放流尾数、0 歳の初期資源尾数、0 歳の混入率から、添加効率（ $=0$ 歳の混入率 $\times$ 0 歳の初期資源尾数 $\div$ 放流尾数）を求めたところ、1995～2013 年の間、平均 0.16 で 0.04～0.33 の範囲を推移し、2013 年は 0.04 だった（表 10）。1994 年は混入率の情報が十分に得られなかったので、添加効率を 1995～1999 年の平均 0.18 と仮定した。0 歳資源尾数を天然魚と放流魚に分離したところ、1994 年以降放流魚は放流年の 10 月の時点で 12 万～133 万尾程度が資源に加わっていることが示された（図 14）。なお、0 歳を 9～12 月のものとして再集計したことから、過去の混入率が修正された。

再生産成功率は 0.70～3.12 の範囲で平均 1.19 であり、1995 年をピークに減少したが 2004～2010 年では 0.70～0.91 で安定し、2011～2013 年では 0.56～1.06 と不安定である（図 15）。表 11 は 6 月の燧灘でのピーク時の天然 0 歳魚の採集尾数（400m²あたり）で、図 16 は翌年の天然の 0 歳資源尾数との関係を示す。燧灘での天然 0 歳魚の採集尾数は、瀬戸内海全体の天然 0 歳資源尾数と弱い正の相関がある。2015 年の天然 0 歳魚の採集尾数は、平均で 0.22 尾/400m²と過去最低の水準であった（表 11）。

自然死亡係数の値を ± 0.1 （52～132%）変化させた場合の資源量と親魚量および天然加入尾数の感度解析を行ったところ、資源量では 83～125%、親魚量では 83～126%、天然加入尾数で 82～125%の変化となり、それらは自然死亡係数の変化より小さかった（図 17～19）。

（5）Blimit の設定

親魚量が 1,100～1,700 トンの間に集中し、1,100 トン以下の情報が無いため（図 20）、再生産曲線により加入量が極大となる親魚量を推定することは困難と判断した。そこで、暫定的な親魚量 SSB（トン）と天然の加入量 R（百万尾）の関係として、原点を通る以下の回帰式を推定した。

$$R = 1,124 \times SSB \quad (5)$$

この式より求まる過去の最大親魚量 1,694 トンでの加入量を R_{max} とし、その 50%の加入量（R_{50%}）が得られる親魚量 847 トンを当面の B_{limit} とした（図 21）。2014 年の親魚量は 1,479 トンで、B_{limit} を上回っている。親魚量が今後 1,100 トン以下に減少した場合には、再生産関係式の妥当性および、B_{limit} の設定について再検討するものとする。

（6）資源の水準・動向

資源量は 1998 年に 3,042 トンとなった後に徐々に減少して、2014 年には 2,107 トンとなった。一方、親魚量は 1,178～1,694 トンの間を増減し、2014 年には 1,479 トンとなった。昨年まで資源量から資源水準を判断していた。しかし、近年では小型魚の混獲回避等により、未成魚である 0・1 歳の漁獲割合が減少している（図 10、11）。このため、資源水準の判断には漁獲対象とならなくなっている未成魚を除いた親魚量を用いることが適当である

と考えられる。本系群の B_{limit} は暫定的なものであるためこれを水準判断には用いず、親魚量の 0～最大値の間で 3 等分してそれぞれ低位、中位、高位水準とすると、1994 年以来 2014 年まで高位水準が続いている（表 9、図 13）。1994 年以前の親魚量は不明であるが、漁獲量と CPUE は増大していたことから（図 5、8）、1994 年以降を高位水準と判断した。近年 5 年間の親魚量と標本船・標本漁協の CPUE は増加していることから、動向を増加と判断した（図 9、13）。

(7) 資源と漁獲の関係

図 22 に年齢別漁獲係数の経年変化を、図 23 に親魚量と漁獲係数の関係を、図 24 に漁獲係数と YPR および %SPR の関係を、それぞれ示す（詳細は補足資料 2）。2 歳の漁獲係数で代表した現状（2014 年）の F 値は 0.56 で、 $F_{30\%SPR}$ の 0.41 や $F_{0.1}$ の 0.30 などの一般に推奨される経験的資源管理基準を上回っている。しかし、2009 年以降の F は減少傾向にあり、親魚量は安定している。

(8) 種苗放流効果

瀬戸内海では、1980 年代から大規模なヒラメの種苗放流が実施されてきた。1990 年代後半から 2008 年まで年間 400 万～500 万尾が放流されたが、それ以降は減少傾向となり、2013 年は 279 万尾が放流された。種苗放流の影響を評価するため、放流尾数と漁獲圧を変化させた場合の資源量と漁獲量の変化を試算した。2016 年から 5 年間放流尾数と漁獲圧を変化させ、期待される 2020 年の資源量と漁獲量を推定した。放流尾数は、減少傾向が続いているが、2014 年と 2015 年は 2013 年の放流尾数 279 万尾、2016 年以降 0～600 万尾の範囲で変化させた。2015 年の漁獲係数は 2014 年と同一の値で、2016 年以降 0.3～1.4 の範囲で変化させた（将来予測方法の詳細は補足資料参照）。なお、種苗放流効果の算定にあたり、収集、推定した標識装着率や混入率、添加効率などについては、表 10 に記載した。図 25、図 26 は、それぞれ 2020 年の資源量と漁獲量の等量線図である。今後、放流尾数を減少させたとしても、同時に漁獲圧を減少させることができれば、現状の資源量を維持できる可能性がある。漁獲努力量が減少し続けている現状から、放流尾数の減少が資源量に与える影響は小さいと考えられる。

5. 2016 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2014 年の親魚量は暫定的な B_{limit} を上回っている。資源量と CPUE の推移から判断して、資源の水準は高位、動向は横ばいである。

(2) ABC の算定

現在の資源水準は B_{limit} を上回ることから、ABC 算定規則の 1-1)-(1)に基づいて ABC を算定した。資源状態は高位で安定しており、現状を維持する方策が必要と考えられる。現状（2014 年）の資源水準を維持することを管理目標とし、 F 基準値として昨年と同様に長期的にこの水準を維持する漁獲係数 F_{sus} （将来予測において 50 年後の資源量が 2014 年の資源量と同じになる F を求めた。 F_{sus} は 0.60 となり、現状の漁獲圧（ $F_{current}=0.56$ ）より

大きくなった。近年（2011～2013 年）の再生産成功率がやや不安定であることを考慮すると（図 15）、漁獲圧の増大は好ましくない。このため、 F_{limit} を $F_{current}$ とした。

2015 年以降の資源量は、天然の 0 歳資源尾数を親魚量と再生産成功率、放流尾数、添加効率より推定し、1 歳以降をコホート解析の前進法で推定した。再生産成功率は 2009～2013 年の平均値 0.78 とした。漁獲圧は 2015 年が 2014 年の年齢別漁獲係数に等しく、2016 年以降は 2014 年の選択率に等しいと仮定した。2004 年以降、放流尾数は減少し続けているが、2014 年以降も 2013 年と同程度の種苗放流が実施されると仮定し、放流尾数を 279 万尾、添加効率を 1996～2013 年の平均 0.11 とした。2016 年から F_{limit} で漁獲を続けたときの資源量と親魚量、漁獲量の推移を図 27 に示す。

管理基準	Limit/ Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC (トン)
$F_{current}$	Limit	0.56	28	546
	Target	0.45	23	455

$F_{current}$ は 2014 年の 2 歳における値とした。Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(3) ABC の評価

現状の漁獲圧で漁獲しても、漁獲量と資源量は増加する。

F	管理基準	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
資源量 (トン)								
0.06	0.1 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,777	3,894	5,347	7,362
0.11	0.2 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,675	3,615	4,793	6,380
0.17	0.3 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,577	3,358	4,300	5,536
0.23	0.4 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,484	3,122	3,863	4,811
0.28	0.5 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,395	2,904	3,474	4,187
0.34	0.6 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,309	2,704	3,127	3,650
0.39	0.7 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,227	2,519	2,819	3,188
0.45	0.8 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,149	2,348	2,544	2,789
0.51	0.9 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,073	2,191	2,299	2,445
0.56	1.0 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	2,001	2,045	2,080	2,147
0.60	F_{sus}	2,107	2,008	1,968	1,954	1,953	1,945	1,968
0.62	1.1 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	1,932	1,911	1,885	1,890
0.68	1.2 $F_{current}$	2,107	2,008	1,968	1,866	1,787	1,710	1,668
漁獲量 (トン)								
0.06	0.1 $F_{current}$	654	574	66	97	137	184	253
0.11	0.2 $F_{current}$	654	574	129	182	248	323	430
0.17	0.3 $F_{current}$	654	574	189	257	338	427	549
0.23	0.4 $F_{current}$	654	574	247	323	410	501	623
0.28	0.5 $F_{current}$	654	574	302	381	467	552	665
0.34	0.6 $F_{current}$	654	574	355	431	511	585	681
0.39	0.7 $F_{current}$	654	574	406	474	543	603	680
0.45	0.8 $F_{current}$	654	574	455	511	567	609	667
0.51	0.9 $F_{current}$	654	574	501	543	582	607	644
0.56	1.0 $F_{current}$	654	574	546	570	591	598	616
0.60	F_{sus}	654	574	575	586	594	589	595
0.62	1.1 $F_{current}$	654	574	589	592	595	584	584
0.68	1.2 $F_{current}$	654	574	630	611	595	567	551

$F_{current}$ は 2014 年の値とした。

(4) ABC の再評価

昨年度資源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	資源量推定値、2013 年漁獲量、2013 年混入率
2014 年漁獲量概数値	資源量推定値、2014 年漁獲量
2014 年全長組成	2014 年年齢別漁獲尾数
2014 年年齢、全長測定値	Age-length key の更新、年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2013 年種苗放流尾数	仮定した値からの置き換え

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)
2014 年 (当初)	Fsus	0.68	1,453	467	392	
2014 年 (2014 年再評価)	Fsus	0.64	2,253	700	586	
2014 年 (2015 年再評価)	Fsus	0.64	2,107	626	538	654
2015 年 (当初)	F2013	0.57	2,351	676	564	
2015 年 (2015 年再評価)	F2013	0.59	2,008	552	460	

2014 年 (2015 年再評価) と 2015 年 (2015 年再評価) の ABC は、それぞれ 2014 年 (2014 年再評価) と 2015 年 (当初) からやや下方修正された。これは、2014 年評価における 2013 年加入尾数が過大評価であったことによる。

6. ABC 以外の管理方策への提言

瀬戸内海において漁獲されるヒラメの 6 割近くは小底で漁獲されているが、小底は網目が小さく、小型魚も多く混獲されている。また、複合的資源管理型漁業促進対策事業魚種別全体計画 (水産庁管理課資源管理推進事務局 1999) によると、再放流サイズは瀬戸内海以外の全国平均が全長 28cm であるのに比べ、瀬戸内海では 20～28cm で平均 24cm とやや小さく、他海域よりも小型魚が多く漁獲されていると考えられる。そこで、F2014 のもとで、全長制限サイズを 18～36cm、放流尾数を 0～600 万尾に変化させたときの、2020 年の漁獲量をシミュレーションで予測した (図 28)。同一年齢の 1 年間に再放流後、再度入網する可能性があるため、資源量の将来予測は、ABC の算定のように 1 年間隔での解析ではなく、1 ヶ月間隔で行い、2020 年の 1～12 月に全長制限サイズ以上で漁獲される量を推定した。放流尾数が 300 万尾のとき、全長制限サイズを 24cm から 28cm に引き上げたとしても、2020 年に見込まれる漁獲量増大は 13 トンにすぎない (全長制限サイズ規制の効果の予測方法の詳細は補足資料参照)。種苗放流量は減少しているものの、主要漁業種である小底の努力量も減少し続けていることから、資源は良好な状態にあると判断される。ただし、2015 年の年齢別漁獲尾数次第で、来年には評価結果が下方修正される可能性もある。急激な漁獲圧の増大は避けるべきである。

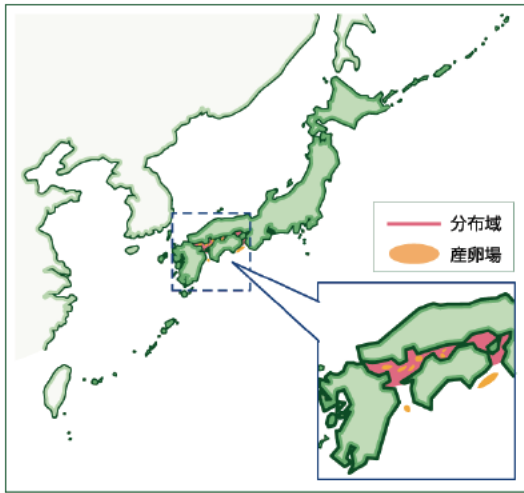


図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

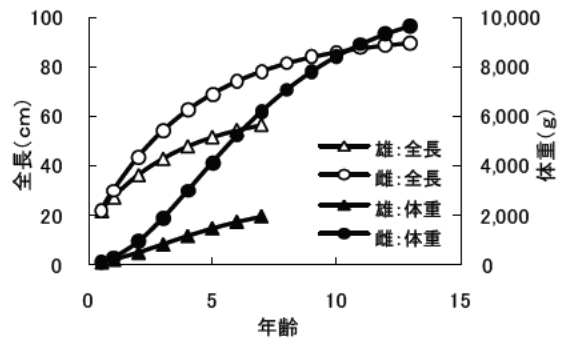


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

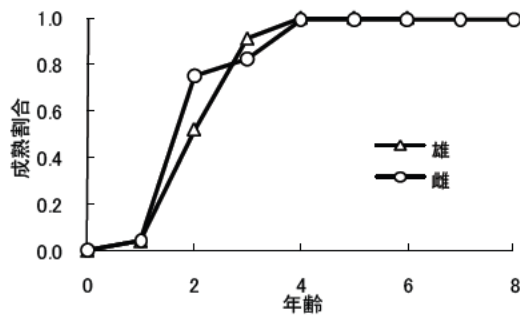


図3. 年齢別成熟割合

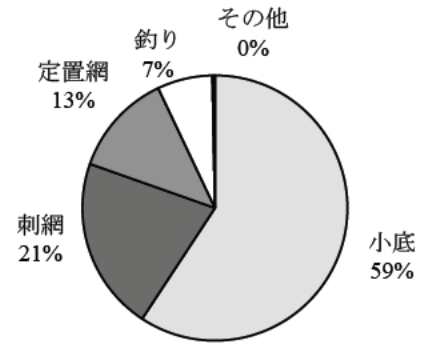


図4. 2014年の漁法別漁獲量の割合

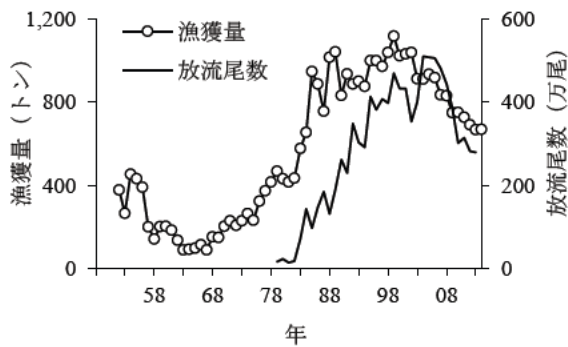


図5. 漁獲量と放流尾数の推移

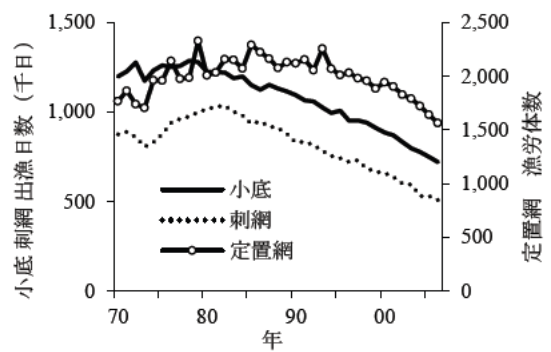


図6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の努力量の推移

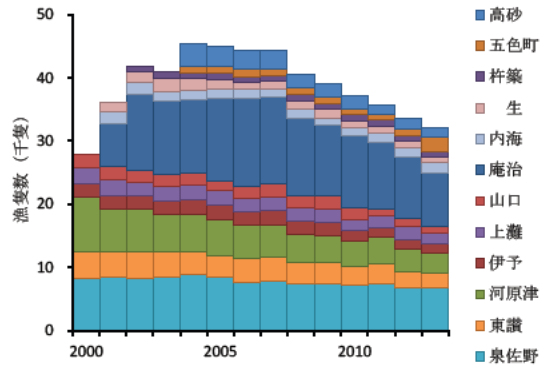


図7. 標本船・標本漁協の小底出漁隻数の推移

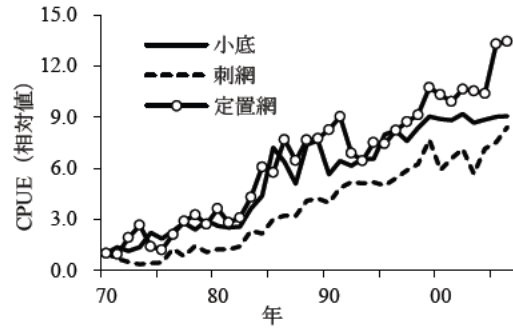


図8. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網のCPUEの推移

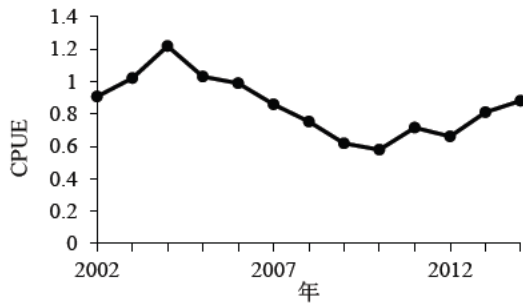


図9. 小底の標本船・標本漁協 CPUE

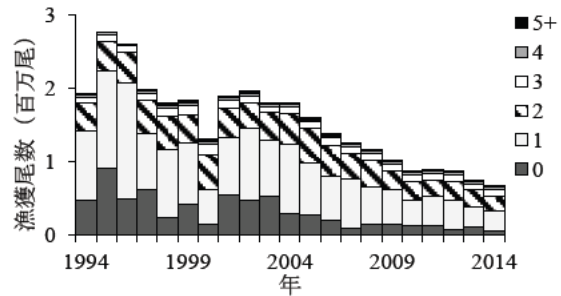


図10. 年齢別漁獲尾数の推移

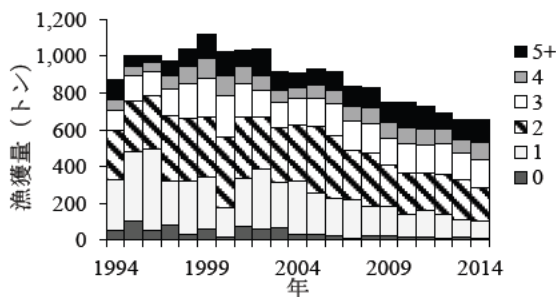


図11. 年齢別漁獲量の推移

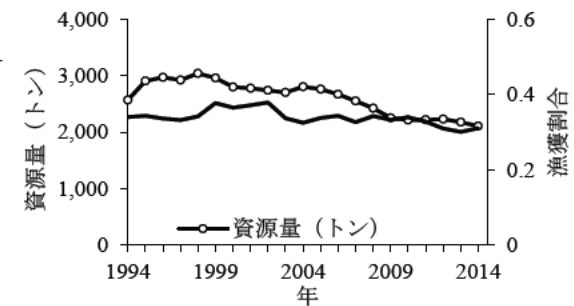


図12. 資源量と漁獲割合の推移

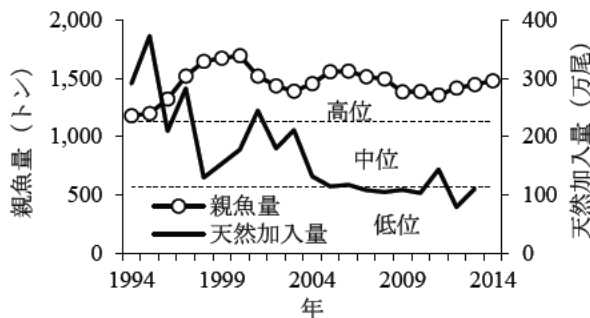


図13. 親魚量と天然魚加入量の関係、および親魚量の最高と0の間を三等分した線

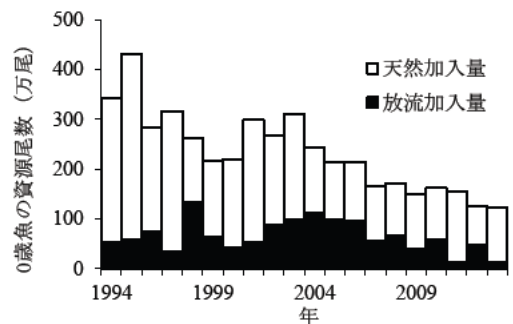


図14. 0歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

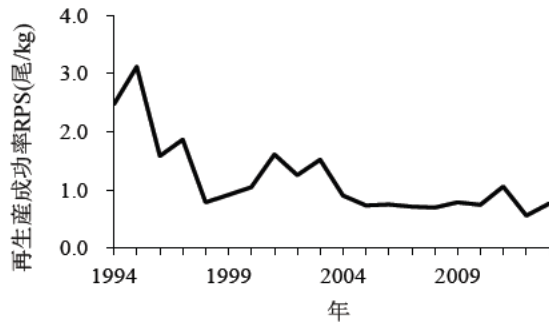


図 15. 再生産成功率の推移

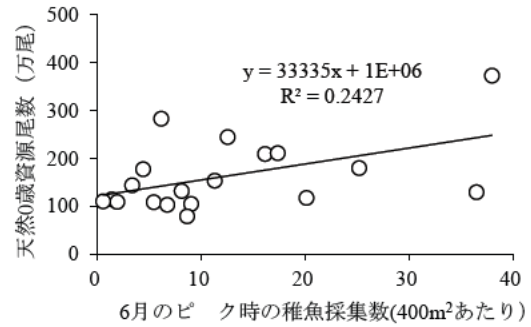


図 16. 6 月のピーク時の稚魚採集数と天然の 0 歳資源尾数の関係

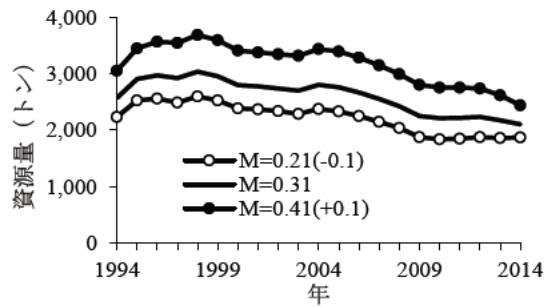


図 17. 自然死亡係数の値による資源量の感度解析

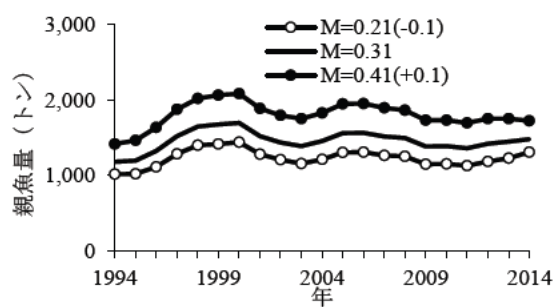


図 18. 自然死亡係数の値による親魚量の感度解析

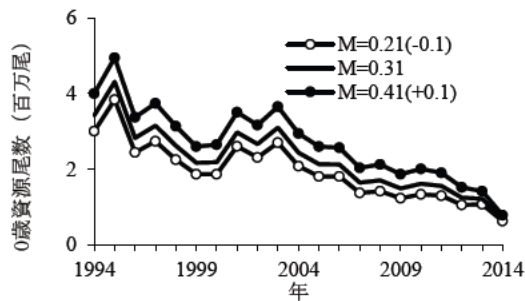


図 19. 自然死亡係数の値による 0 歳資源尾数の感度解析

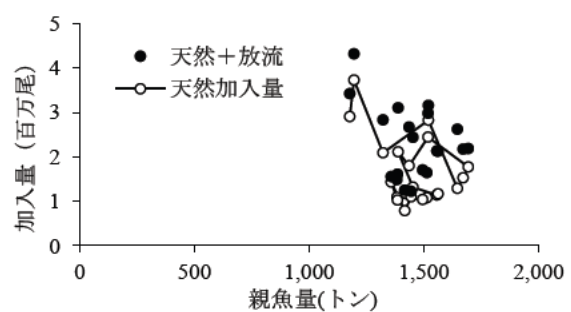


図20. 再生産関係

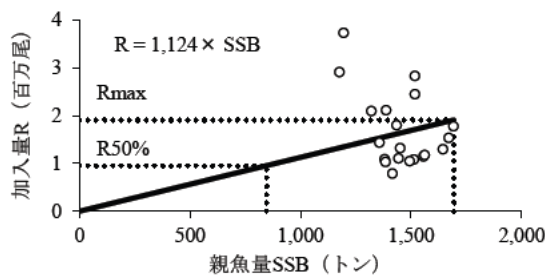


図21. Blimit の設定、プロットは親魚量と天然の加入量の関係

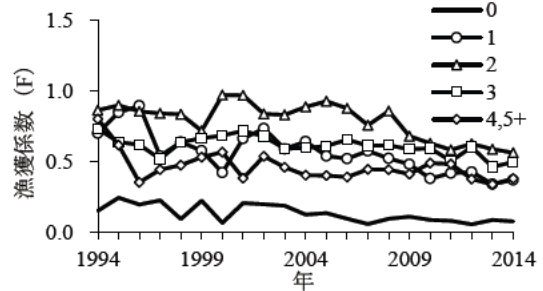


図 22. 年齢別漁獲係数の推移

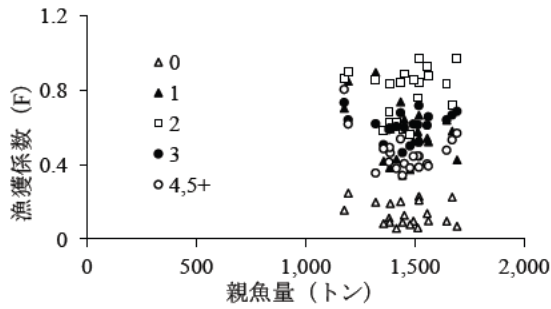


図 23. 親魚量と漁獲係数の関係

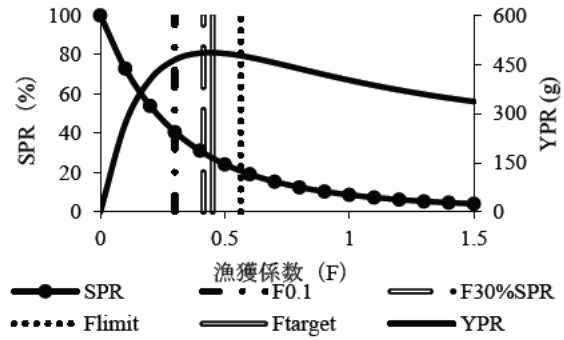


図 24. 漁獲係数と YPR、SPR(%)の関係

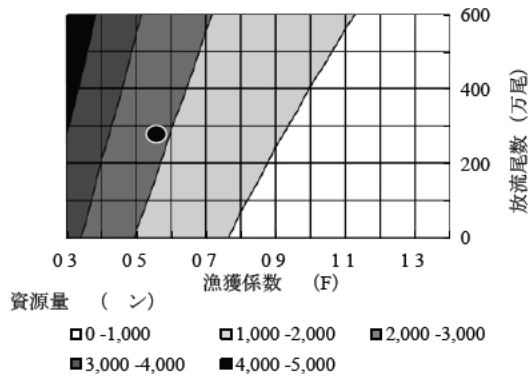


図 25. 2016～2020 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2020 年の資源量(トン)の等量線図(●は現状の F と放流尾数のレベル)

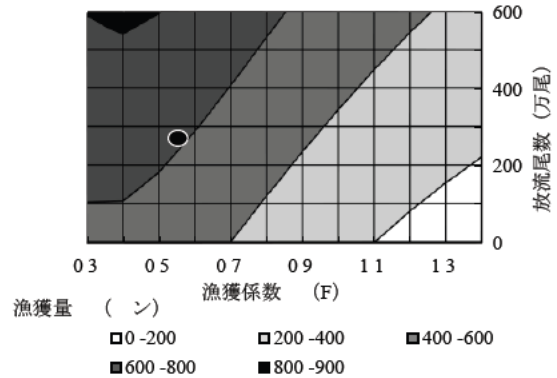


図 26. 2016～2020 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2020 年の漁獲量(トン)の等量線図(●は現状の F と放流尾数のレベル)

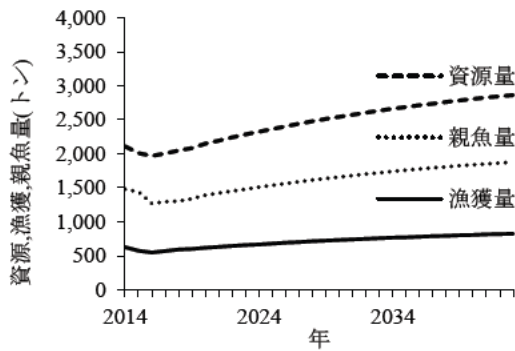


図 27. 2016 年から Flimit で漁獲を続けたときの資源量と親魚量、漁獲量の推移

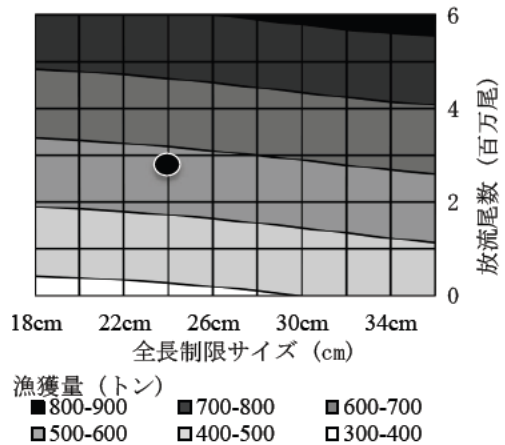


図 28. 2016～2020 年にかけて全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの 2020 年の漁獲量の等量線図(●は現状の F と放流尾数のレベル)

ヒラメ瀬戸内海系群－13－

表 1. ヒラメ瀬戸内海系群の灘別（2005 年以前）と県別（2006 年以降）漁獲量（トン）および放流尾数（千尾）の経年変化

年	紀伊 水道	大阪 湾	播磨 灘	備讃 瀬戸	燧灘	備後 芸予	安芸 灘	伊予 灘	周防 灘			合計	放流尾数 (千尾)
1955	8	2	79	90	74		15	79	84			431	
1960	0	0	18	10	19		13	66	77			203	
1965	11	1	18	3	13		14	37	1			98	
1970	15	1	10	13	88		6	49	21			203	
1975	23	7	64	18	87		7	16	9			231	
1976	24	4	13	15	119		15	118	15			323	
1977	38	6	19	43	158		10	85	14			373	
1978	34	6	16	51	39	126	62	49	33			416	
1979	30	9	21	69	60	144	58	56	19			466	161
1980	65	8	22	58	76	120	44	24	15			432	227
1981	63	9	24	58	87	100	19	35	21			416	140
1982	67	6	22	40	76	107	42	55	21			436	171
1983	56	9	57	49	92	132	73	98	11			577	719
1984	78	15	44	41	109	154	62	125	27			655	1,431
1985	80	32	207	54	127	155	77	207	9			948	966
1986	74	22	204	50	134	182	93	119	10			888	1,462
1987	71	19	71	50	145	198	102	93	8			757	1,840
1988	76	9	222	49	181	255	100	102	23			1,017	1,314
1989	65	44	155	58	206	304	114	92	4			1,042	1,897
1990	65	34	106	57	141	240	96	89	4			832	2,616
1991	80	25	185	56	155	221	103	108	3			936	2,293
1992	91	26	144	53	155	181	116	117	5			888	3,486
1993	95	40	135	56	138	168	118	135	16			901	3,031
1994	106	37	126	76	160	114	127	122	8			876	2,919
1995	118	26	151	95	238	179	104	83	8			1,002	4,134
1996	101	21	159	99	167	222	107	111	12			999	3,817
1997	87	23	157	108	143	230	108	96	20			972	4,078
1998	87	44	185	99	113	276	96	108	31			1,039	3,982
1999	86	40	209	88	93	258	116	191	37			1,118	4,695
2000	74	25	167	92	104	266	93	158	44			1,023	4,332
2001	76	27	153	74	89	333	92	156	33			1,033	4,327
2002	71	52	135	109	242	174	93	142	21			1,039	3,537
2003	58	39	155	92	230	137	93	70	37			911	4,001
2004	69	44	158	120	106	234	71	59	50			911	5,102
2005	81	41	142	107	120	280	73	58	31			934	5,079
	和歌山	大阪	兵庫	岡山	広島	山口	徳島	香川	愛媛	福岡	大分		
2006	26	8	130	28	65	46	36	125	410	1	44	918	5,062
2007	13	8	118	33	72	35	31	100	383	1	41	835	4,817
2008	17	6	106	32	122	28	23	108	350	1	39	831	4,440
2009	13	7	119	31	109	29	24	102	288	1	27	750	3,856
2010	12	5	124	30	97	31	28	90	301	1	32	751	3,015
2011	14	7	118	32	98	31	27	90	274	1	36	728	3,144
2012	11	7	132	31	84	28	28	79	259	1	32	691	2,823
2013	9	8	129	32	80	28	22	76	239	1	30	654	2,789
2014	13	5	128	35	68	29	28	80	237	1	29	654	

※ 2014年の漁獲量合計値は概数値。

※ 備後芸予瀬戸の漁獲量は1977年まで燧灘に含まれており、1978年以降分離した。

表 2. 小型底びき網、刺網の CPUE (kg/出漁 数) と努力量 (出漁 数)、定置網の CPUE (トン/漁労体数) と努力量 (漁労体数)

年	小底		刺網		定置網	
	CPUE	出漁日数	CPUE	出漁日数	CPUE	漁労体数
1970	0.085	1,196,851	0.049	873,766	0.005	1,767
1971	0.116	1,226,470	0.034	889,297	0.005	1,863
1972	0.098	1,275,259	0.024	857,899	0.010	1,740
1973	0.116	1,173,183	0.017	806,015	0.013	1,705
1974	0.188	1,231,561	0.020	830,603	0.007	1,961
1975	0.159	1,259,258	0.023	877,888	0.006	1,959
1976	0.197	1,250,443	0.063	940,174	0.011	2,141
1977	0.238	1,257,197	0.041	960,817	0.015	1,974
1978	0.205	1,285,936	0.071	973,048	0.017	1,985
1979	0.250	1,277,913	0.053	998,513	0.014	2,328
1980	0.222	1,222,827	0.061	1,014,695	0.018	2,007
1981	0.214	1,221,183	0.060	1,027,415	0.014	2,033
1982	0.219	1,219,748	0.070	1,034,989	0.016	2,156
1983	0.309	1,187,619	0.115	1,000,991	0.022	2,150
1984	0.373	1,196,887	0.106	979,294	0.031	2,071
1985	0.615	1,148,855	0.148	933,918	0.029	2,289
1986	0.541	1,123,191	0.158	946,653	0.039	2,224
1987	0.433	1,151,227	0.158	919,477	0.033	2,162
1988	0.629	1,129,380	0.201	909,193	0.039	2,077
1989	0.650	1,114,723	0.208	876,758	0.039	2,130
1990	0.481	1,092,348	0.195	829,300	0.042	2,118
1991	0.548	1,064,092	0.238	833,030	0.046	2,153
1992	0.523	1,058,620	0.255	815,062	0.035	2,054
1993	0.560	1,023,712	0.252	783,039	0.033	2,255
1994	0.558	994,086	0.255	753,895	0.038	2,067
1995	0.680	1,006,915	0.245	741,748	0.038	2,008
1996	0.699	950,983	0.266	720,932	0.042	2,030
1997	0.648	952,662	0.289	729,140	0.044	1,980
1998	0.713	938,420	0.307	683,685	0.047	1,956
1999	0.769	909,769	0.377	665,695	0.055	1,883
2000	0.757	885,218	0.290	658,172	0.052	1,943
2001	0.752	868,645	0.324	635,932	0.050	1,902
2002	0.783	831,926	0.351	599,106	0.054	1,828
2003	0.738	796,401	0.280	593,780	0.054	1,789
2004	0.755	775,278	0.352	528,797	0.053	1,720
2005	0.769	748,152	0.370	529,370	0.068	1,639
2006	0.771	718,757	0.414	506,802	0.068	1,562

表 3. 標本船・標本漁協の CPUE (kg/出漁隻数) の推移

年	泉佐野	五色	高砂	庵治	東讃	内海	日生	河原津	伊予	上灘	山口	杵築 日出	漁獲量による 重み付け平均
2002	0 305			1 137	0 069	0 142	1 248	0 216	0 903	0 736	0 379	0 418	0 907
2003	0 360			1 295	0 094	0 151	1 179	0 253	1 175	0 616	0 307	0 292	1 020
2004	0 305	0 675	0 364	1 683	0 046	0 248	1 092	0 431	0 905	0 239	0 453	0 365	1 219
2005	0 253	0 453	0 359	1 376	0 050	0 245	1 089	0 405	0 771	0 305	0 492	0 342	1 031
2006	0 340	1 188	0 486	1 261	0 051	0 228	0 496	0 494	1 104	0 247	0 385	0 598	0 989
2007	0 369	1 512	0 451	1 057	0 036	0 113	0 549	0 242	0 856	0 439	0 389	0 195	0 858
2008	0 178	0 996	0 228	0 895	0 026	0 061	0 866	0 302	0 864	0 680	0 272	0 191	0 751
2009	0 234	0 924	0 358	0 769	0 055	0 053	0 881	0 212	0 454	0 283	0 384	0 551	0 619
2010	0 183	0 407	0 329	0 658	0 039	0 058	1 172	0 368	0 611	0 346	0 236	0 548	0 578
2011	0 205	0 466	0 202	0 847	0 021	0 080	1 352	0 363	0 521	0 171	0 446	0 503	0 716
2012	0 206	0 248	0 422	0 824	0 019	0 078	0 984	0 290	0 706	0 371	0 663	0 222	0 661
2013	0 314	1 116	0 373	0 951	0 020	0 073	1 330	0 571	0 496	0 299	0 569	0 309	0 809
2014	0 383	0 758	0 454	1 121	0 020	0 105	1 143	0 764	0 768	0 424	0 501	0 379	0 881

表 4. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別漁獲尾数 (尾)

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳	合計
1994	475,931	946,499	380,075	74,945	25,840	31,025	1,934,315
1995	912,529	1,326,173	402,217	95,506	23,358	15,559	2,775,342
1996	491,373	1,577,703	417,648	93,315	23,307	9,942	2,613,287
1997	622,081	767,640	452,798	91,204	28,536	20,457	1,982,715
1998	233,888	938,692	441,793	118,337	37,141	24,276	1,794,128
1999	422,197	828,876	392,743	120,375	39,918	30,337	1,834,446
2000	142,638	474,323	479,077	135,455	40,267	31,611	1,303,372
2001	540,789	783,752	406,506	109,212	32,145	21,918	1,894,321
2002	468,698	997,181	344,773	89,548	31,643	35,020	1,966,863
2003	520,898	771,025	377,824	85,968	24,951	25,291	1,805,957
2004	282,725	961,906	410,686	95,823	25,769	20,821	1,797,729
2005	265,225	710,545	471,574	96,054	28,485	22,681	1,594,563
2006	193,262	599,489	421,790	108,327	27,066	24,430	1,374,364
2007	95,078	667,619	339,270	100,580	30,756	28,173	1,261,476
2008	152,828	499,771	360,540	100,543	31,154	27,464	1,172,302
2009	153,165	468,976	261,656	86,283	29,194	25,955	1,025,228
2010	134,423	335,474	257,935	88,154	30,553	30,530	877,070
2011	120,025	399,491	232,704	85,144	30,395	27,080	894,838
2012	68,304	395,075	261,336	97,130	29,782	21,174	872,802
2013	101,836	271,617	240,009	81,398	24,728	23,432	743,022
2014	50,676	274,262	208,451	85,995	31,935	27,461	678,779

表 5. ヒラメ瀬戸内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	合計
1994	55	272	269	108	60	111	876
1995	104	374	279	135	54	55	1,000
1996	55	440	287	130	53	35	1,000
1997	79	243	353	144	73	81	973
1998	29	294	341	185	95	95	1,039
1999	58	283	330	206	111	129	1,118
2000	19	156	388	223	108	130	1,023
2001	73	263	335	183	88	92	1,033
2002	62	326	278	147	84	143	1,039
2003	67	246	297	137	65	101	912
2004	34	289	303	144	63	78	911
2005	34	223	365	151	73	89	934
2006	26	198	343	179	73	101	918
2007	12	211	264	159	79	111	835
2008	20	163	289	164	83	112	831
2009	21	162	223	149	82	112	750
2010	19	120	228	158	89	137	751
2011	17	143	205	153	89	121	728
2012	9	133	216	163	81	89	691
2013	15	98	214	148	73	106	654
2014	7	97	182	153	92	122	654

表 6. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別資源尾数（尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳	合計
1994	3,423,810	2,190,132	766,985	168,470	54,682	65,656	6,669,735
1995	4,316,440	2,708,809	792,751	236,042	59,151	39,402	8,152,596
1996	2,828,242	3,114,484	847,471	235,955	91,001	38,816	7,155,969
1997	3,156,224	2,143,148	929,124	262,790	92,812	66,537	6,650,635
1998	2,621,827	2,320,781	911,363	292,463	114,250	74,676	6,335,361
1999	2,169,895	2,199,865	895,013	288,882	112,752	85,688	5,752,096
2000	2,187,381	1,600,802	900,481	318,875	108,388	85,090	5,201,016
2001	2,978,410	1,885,823	765,462	249,030	117,433	80,071	6,076,227
2002	2,667,033	2,234,507	709,319	212,321	88,780	98,255	6,010,214
2003	3,103,575	2,015,860	781,866	224,049	78,743	79,817	6,283,910
2004	2,438,454	2,369,395	815,342	248,856	90,386	73,030	6,035,462
2005	2,134,989	1,983,307	910,724	245,238	100,105	79,708	5,454,072
2006	2,125,414	1,719,477	843,257	262,942	97,261	87,790	5,136,141
2007	1,645,628	1,779,828	745,226	256,164	99,715	91,340	4,617,901
2008	1,703,203	1,430,522	731,105	255,026	101,383	89,374	4,310,613
2009	1,490,305	1,428,232	619,115	226,501	100,582	89,422	3,954,157
2010	1,612,802	1,231,009	643,781	229,148	91,910	91,839	3,900,489
2011	1,554,784	1,362,324	613,680	250,376	92,246	82,187	3,955,597
2012	1,249,751	1,322,514	654,995	249,936	110,352	78,457	3,666,004
2013	1,219,204	1,090,143	629,646	255,672	99,777	94,550	3,388,992
2014	693,423	1,029,644	565,239	255,368	117,430	100,979	2,762,083

表 7. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別資源量（トン）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳	合計
1994	469	745	642	287	151	279	2,573
1995	591	921	664	402	164	167	2,909
1996	387	1,059	710	402	252	165	2,974
1997	432	729	778	447	257	283	2,926
1998	359	789	763	498	316	317	3,042
1999	297	748	750	492	312	364	2,962
2000	299	544	754	543	300	361	2,802
2001	408	641	641	424	325	340	2,779
2002	365	760	594	361	245	417	2,743
2003	425	686	655	381	218	339	2,703
2004	334	806	683	424	250	310	2,806
2005	292	675	763	417	277	339	2,762
2006	291	585	706	448	269	373	2,671
2007	225	605	624	436	276	388	2,554
2008	233	487	612	434	280	380	2,426
2009	204	486	518	386	278	380	2,252
2010	221	419	539	390	254	390	2,213
2011	213	463	514	426	255	349	2,220
2012	171	450	549	425	305	333	2,233
2013	167	371	527	435	276	402	2,178
2014	95	350	473	435	325	429	2,107

表 8. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別漁獲係数

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳
1994	0.16	0.70	0.87	0.73	0.80	0.80
1995	0.25	0.85	0.90	0.64	0.62	0.62
1996	0.20	0.90	0.86	0.62	0.36	0.36
1997	0.23	0.54	0.84	0.52	0.45	0.45
1998	0.10	0.64	0.84	0.64	0.48	0.48
1999	0.23	0.58	0.72	0.67	0.53	0.53
2000	0.07	0.43	0.97	0.69	0.57	0.57
2001	0.21	0.67	0.97	0.72	0.39	0.39
2002	0.20	0.74	0.84	0.68	0.54	0.54
2003	0.19	0.59	0.83	0.60	0.46	0.46
2004	0.13	0.64	0.89	0.60	0.41	0.41
2005	0.14	0.54	0.93	0.61	0.40	0.40
2006	0.10	0.52	0.88	0.66	0.39	0.39
2007	0.06	0.58	0.76	0.61	0.45	0.45
2008	0.10	0.53	0.86	0.62	0.45	0.45
2009	0.11	0.48	0.68	0.59	0.41	0.41
2010	0.09	0.38	0.63	0.60	0.49	0.49
2011	0.08	0.42	0.59	0.51	0.49	0.49
2012	0.06	0.43	0.63	0.61	0.38	0.38
2013	0.09	0.34	0.59	0.47	0.34	0.34
2014	0.08	0.37	0.56	0.50	0.38	0.38

表 9. ヒラメ瀬戸内海系群の漁獲量（トン）、資源量（トン）、漁獲割合、親魚量（トン）
天然の加入尾数（尾）、放流の加入尾数（尾）、再生産成功率（RPS）（尾/kg）

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	漁獲 割合	親魚量 (トン)	加入尾数(尾)		RPS (尾/kg)
					天然	放流	
1994	876	2,573	0.34	1,178	2,906,325	517,486	2.47
1995	1,002	2,909	0.34	1,196	3,727,033	589,407	3.12
1996	999	2,974	0.34	1,322	2,090,665	737,577	1.58
1997	972	2,926	0.33	1,519	2,827,796	328,429	1.86
1998	1,039	3,042	0.34	1,646	1,292,450	1,329,377	0.79
1999	1,118	2,962	0.38	1,672	1,530,362	639,533	0.92
2000	1,023	2,802	0.37	1,694	1,772,525	414,856	1.05
2001	1,033	2,779	0.37	1,519	2,443,172	535,238	1.61
2002	1,039	2,743	0.38	1,436	1,796,598	870,435	1.25
2003	911	2,703	0.34	1,389	2,109,405	994,170	1.52
2004	911	2,806	0.32	1,453	1,315,053	1,123,401	0.91
2005	934	2,762	0.34	1,557	1,142,981	992,008	0.73
2006	918	2,671	0.34	1,562	1,171,497	953,917	0.75
2007	835	2,554	0.33	1,514	1,079,142	566,486	0.71
2008	831	2,426	0.34	1,495	1,042,475	660,728	0.70
2009	750	2,252	0.33	1,383	1,084,609	405,695	0.78
2010	751	2,213	0.34	1,385	1,027,725	585,076	0.74
2011	728	2,220	0.33	1,358	1,433,476	121,308	1.06
2012	691	2,233	0.31	1,417	786,908	462,843	0.56
2013	654	2,178	0.30	1,445	1,101,992	117,212	0.76
2014	654	2,107	0.31	1,479			

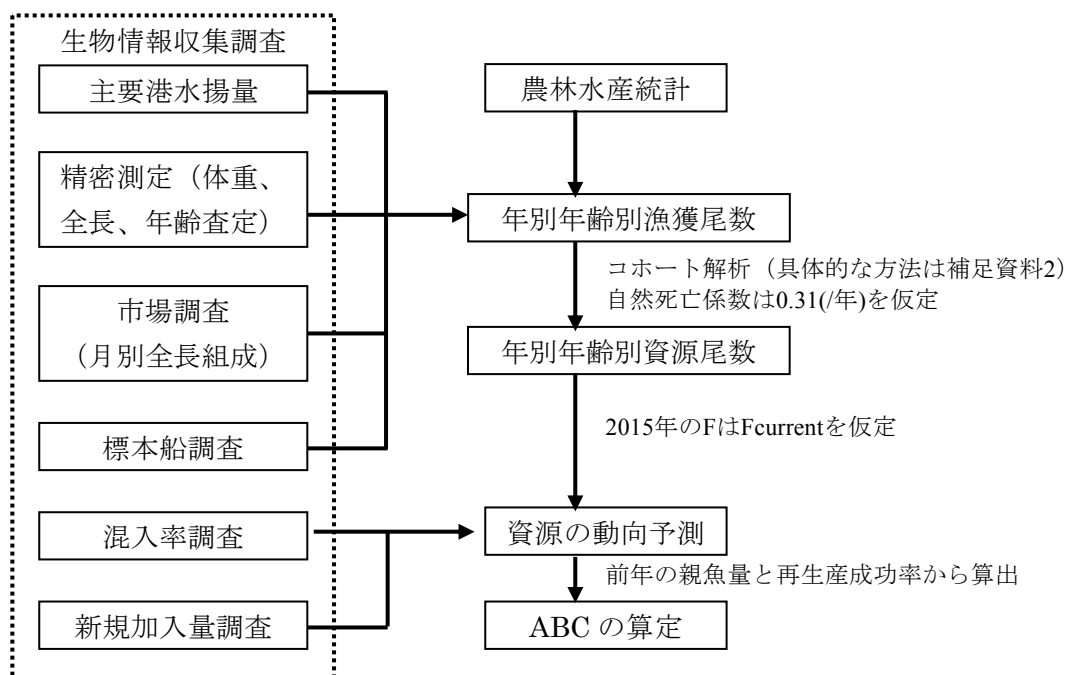
表10. ヒラメ瀬戸内海系群の放流魚の0歳時の混入率と標識装着率
および添加効率（0歳を9～12月のものとして再集計した
ことから、今年から混入率が修正された）

放流年	補正無し 混入率 (%)	標識装着 率 (%)	補正済み混 入率 (%)	添加効率 (0歳)
1995	14	100	14	0.14
1996	26	100	26	0.19
1997	10	100	10	0.08
1998	51	100	51	0.33
1999	27	92	29	0.14
2000	19	100	19	0.10
2001	18	100	18	0.12
2002	29	90	33	0.25
2003	29	90	32	0.25
2004	40	87	46	0.22
2005	41	88	46	0.20
2006	34	76	45	0.19
2007	23	67	34	0.12
2008	23	59	39	0.15
2009	22	82	27	0.11
2010	27	74	36	0.19
2011	6	79	8	0.04
2012	25	68	37	0.16
2013	7	75	10	0.04
2014	12	82	15	

表 11. 6 月のピーク時の稚魚採集数
(400m² あたり)

年	愛媛県 河原津	香川県 大浜	平均
1995	24.00	52.00	38.00
1996	18.00	14.30	16.15
1997	6.30	6.00	6.15
1998	25.00	48.00	36.50
1999	11.60	11.00	11.30
2000	0.80	8.00	4.40
2001	8.10	17.00	12.55
2002	12.10	38.30	25.20
2003	14.70	20.00	17.35
2004	14.20	2.00	8.10
2005	0.26	2.50	1.38
2006	29.50	10.75	20.13
2007	4.82	6.00	5.41
2008	15.32	2.75	9.04
2009	3.33	0.50	1.92
2010	12.22	1.25	6.73
2011	6.68	0.00	3.34
2012	11.52	5.75	8.64
2013	1.07	0.00	0.53
2014	2.87	0.25	1.56
2015	0.44	0.00	0.22

補足資料 1. 資源評価の流れ



補足資料 2. 資源計算方法

(1) 年別年齢別漁獲尾数の推定

ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別漁獲尾数は、1996～2005 年の中部海域の年齢組成を耳石年齢査定により直接求めたものと、それ以外の全長測定と Age-Length key の情報で年齢変換したものとに分けられ、両者を合計し推定した。

年齢別漁獲尾数の推定に際し、平成 25 年から 1～4 月、5～8 月、9～12 月の 3 期に分けて Age-Length key を作成し使用している（付表 1）。これにより、成長が速い 0 歳や 1 歳の年齢分解の精度が向上するものと考えられる。

1996～2005 年の中部海域の定置網の年齢別漁獲尾数は、伊吹、大浜、仁尾で定置網の漁獲物の生物測定情報をもとに、定置網の漁獲量に年齢組成の重量比をかけ、年齢別漁獲量を算出した。これを 1 尾当たり平均体重で割り、定置網の年別年齢別漁獲尾数を推定した。

1996～2005 年の中部海域の定置網以外では、1995～2014 年に河原津、1994～2014 年に伊予、上灘、徳山、2000～2014 年に泉佐野、仮屋、神戸市、塩田、由良、2001～2014 年に浅野浦、坊勢、室津浦における小底の漁獲物の全長組成を、1995、1998～2014 年に西条における刺網の漁獲物の全長組成を、2004～2014 年に姫島、国見、安岐における刺網、建網、一本釣りによる漁獲物の全長組成を、2006～2014 年に弓削、伊吹、大浜、仁尾における定置網による全長組成を計測した。このうち、1994～2005 年は、1～4 月、5～8 月、9～12 月の各期について、瀬戸内海の東部、中部、西部の海域・漁法別の全長組成を標本漁協の月別水揚げ重量で加重平均し、さらに、海域・漁法別漁獲量で加重平均し、瀬戸内海全体の全長組成を推定した。また、2006～2014 年は、1～4 月、5～8 月、9～12 月の各期について、瀬戸内海の県別・漁法別の全長組成を標本漁協の月別水揚げ重量で加重平均し、さらに、県・漁法別漁獲量で加重平均し、瀬戸内海全体の全長組成を推定した。瀬戸内海全体

の全長組成を補足表 2-1 の期別の全長階級値別雌割合を使用し、雌雄別全長組成に分解し、雌雄別全長階級値毎の体重（全長-体重関係式より算出）と全長組成の積から全長組成を重量割合に変換した。さらに Age-Length key と雌雄別全長階級毎の体重、漁獲量を用い年別年齢別漁獲尾数を求めた。

(2) 資源量推定法

1994～2014 年までの 21 年間の 0～4 歳と 5 歳以上をプラスグループとした年別年齢別漁獲尾数を用い、コホート解析で資源量推定を行った。漁獲統計が 1 月 1 日～12 月 31 日の暦年の集計であるため、1 歳以上は 1 月 1 日を年齢の起算日とした。0 歳魚は 10 月頃から漁獲が開始されるので 10 月 1 日時点での資源量を推定し、全年齢について合計したものを y 年の資源量とした。年別年齢別漁獲尾数から、 a 歳、 y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ 、漁獲係数 $F_{a,y}$ は、それぞれ以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_{a,y} \exp(M_a/2) \quad (1)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp(M_a/2)}{N_{a,y}} \right) \quad (2)$$

ここで、5 歳以上はプラスグループとし、4 歳と 5+歳の漁獲計数は等しいと仮定し、資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{4,y} = \frac{C_{4,y}}{C_{4,y} + C_{5+,y}} N_{5+,y+1} \exp(M_4) + C_{4,y} \exp(M_4/2) \quad (3)$$

$$N_{5+,y} = \frac{C_{5+,y}}{C_{4,y}} N_{4,y} \quad (4)$$

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2014} = \frac{C_{a,2014}}{1 - \exp(-F_{a,2014})} \exp(M_a/2) \quad (5)$$

で求めた。最近年の漁獲係数は $F_{4,2014}$ を未知パラメータとし $F_{5+,2014}=F_{4,2014}$ 、また $F_{0,2014} \sim F_{3,2014}$ は、選択率が過去 5 年（2009～2013 年）の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,2014} = \frac{\sum_{b=1}^5 F_{a,2014-b}}{\sum_{b=1}^5 F_{4,2014-b}} F_{4,2014} \quad (6)$$

最近年の 4 歳の漁獲係数は、CPUE の実測値 uy （標本港の漁獲量と努力量から算出した値）を使用してチューニングにより推定した（平松 2001）。CPUE は、レトロスペクティブ解析で直近年の推定値が最も安定する 2002～2014 年までの 13 年間の瀬戸内海各地の標本船と標本漁協の CPUE（kg/出漁隻数）の漁獲量で重み付けをした平均値を使用した。 y 年に

おける対数変換した CPUE の観測値 $\ln(u_y)$ は、次のような正規分布の確率変数であると仮定した。

$$\ln(u_y) = \ln q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a + \varepsilon_y \quad (7)$$

$$s_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{\text{Max}_a F_{a,y}} \quad (8)$$

$$\varepsilon_y \sim N(0, \sigma^2) \quad (9)$$

q 、 $s_{a,y}$ 、 W_a はそれぞれ、漁具能率、 a 歳 y 年における選択率、 a 歳の平均体重を示す。コホート解析で推定した資源量より求めた CPUE ((7) 式右辺) と、CPUE の実測値 ((7) 式左辺) のトレンドが最も一致するように、未知パラメータ q 、 $F_{4,2014}$ 、 σ^2 を最尤法で推定した。

$$LL = - \sum_y \left[\frac{1}{2} \ln(2\pi\sigma^2) + \frac{\left(\ln(u_y) - \ln \left(q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a \right) \right)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (10)$$

自然死亡係数は田内・田中の方法 (田中 1960) を使用し、最高年齢は 8 歳 (渡辺ら 2004) と仮定し $M_0 = 0.08$ (0.25 年^{-1})、 $M_1 \sim M_{5+} = 0.31$ (年^{-1}) とした。資源尾数から資源量への変換は、年齢査定を行った漁獲物標本から求めた雌雄込みの年齢別平均体重を使用した。

年齢	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5+歳
平均体重(g)	136	335	832	1,695	2,773	4,277

(3) 0 歳混入率の推定方法

1994～2014 年級群についての 0 歳魚の混入率を、市場調査で得られた全長の測定値と、無眼側の黒化より天然魚か放流魚かを判断した情報を用いて推定した。1 歳までは雌雄の成長差が小さいことから (図 2)、混入率は、雌雄込みで推定した成長曲線

$$L_t = 101.74 \left(1 - \exp(-0.17(t + 0.88)) \right) \quad (11)$$

を使用し、10～12 月の期間に 0 歳の全長の推定値の標準誤差 ($\sigma = 5.73$) の範囲内に含まれる総個体数と、その中の放流魚の個体数から求めた。海域別の混入率の平均を瀬戸内海全体の値とした。

1998 年以降の混入率は、大阪府、兵庫県、岡山県、山口県、愛媛県の放流時の標識装着率 (黒化率) の平均で補正した。なお、各府県で混入率調査が行われる以前の放流魚の標識装着率は 1.0 と仮定した。

(4) YPR、SPR の解析

加入あたり漁獲量 (YPR) と加入あたり親魚量 (SPR) は、以下の式で求めた。

$$YPR = \sum_{a=1}^8 \frac{F_a}{F_a + M_a} \left(1 - \exp(-F_a - M_a) \right) S_a M_a \quad (12)$$

$$SPR = \sum_{a=0}^8 fr_a S_a W_a \quad (13)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M_a) \quad (\text{ただし } S_0=1) \quad (14)$$

ここで、 fr_a は a 歳の成熟率 (雌) を示す。

(5) 将来予測方法

各年齢の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{0,y} = \sum_{a=1}^{5+} N_{a,y} fr_a W_a RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (15)$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}) - C_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}/2) \quad (a=1, \dots, 4) \quad (16)$$

$$N_{5+,y} = N_{4,y-1} \exp(-M_4) - C_{4,y-1} \exp(-M_4/2) + N_{5+,y-1} \exp(-M_{5+}) - C_{5+,y-1} \exp(-M_{5+}/2) \quad (17)$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y}) \right) \exp(-M_a/2) \quad (18)$$

2015～2020 年の将来予測において、再生産成功率 (RPS) は 2009～2013 年の平均で 0.78、添加効率は 1995～2013 年の平均で 0.11 を使用した。

(6) 全長制限サイズ規制の効果の予測方法

- ・全長制限サイズの変化による新たな月別年齢別漁獲係数の推定

全長制限サイズ規制の効果のシミュレーションは、コホート解析の前進法を 1 ヶ月間隔で実施した。月別年齢別漁獲係数は、2014 年の年齢別漁獲係数に、標本船・標本漁協の月別漁獲量割合を乗じて算出した。これらの値を年齢と月の関係から月齢 (t) に置換したものを、現在の瀬戸内海での全長制限サイズ lc (cm) の平均 24cm における、 t 月齢での漁業による死亡係数 $FI_{t,lc=24}$ とした。全長制限サイズの変化により、網に入網する個体のうち、

漁獲される個体の割合 g_{lc} 、再放流後に死亡する個体の割合 h_{lc} 、生残する個体の割合 h'_{lc} がそれぞれ変化すると考えた。漁業による死亡係数は、漁獲と再放流による死亡をあわせた減少係数とした。全長制限サイズ規制を 24cm から lccm に変化させたときの新たな漁業による死亡係数 $Fl_{t,lc}$ は、 $Fl_{t,lc=24}$ に漁業による死亡係数が変化する倍率 $(g_{lc}+h_{lc})/(g_{lc=24}+h_{lc=24})$ を乗じ、以下の式で推定した。

$$Fl_{t,lc} = (g_{lc} + h_{lc}) / (g_{lc=24} + h_{lc=24}) Fl_{t,lc=24} \quad (19)$$

g_{lc} は、(5)式より計算した t 月齢の全長の L_t を用いて、正規分布 $N(L_t, \sigma^2)$ の l_c より大きい確率とした。

$$g_{lc} = \int_{l_c}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-L_t)^2}{2\sigma^2}\right) dx \quad (20)$$

h_{lc} と h'_{lc} は、再放流にともなう生残率 SR を 0.7 (平川、田中 1997) とし、以下の式で求めた。

$$h_{lc} = (1 - g_{lc})(1 - SR) \quad (21)$$

$$h'_{lc} = (1 - g_{lc})SR \quad (22)$$

・資源尾数および漁獲尾数の推定

a 歳 y 年 m 月の資源尾数 $N_{a,y,m}$ は、 a 歳 y 年 m 月に漁獲と再放流で死亡する合計の尾数 $C'_{a,y,m}$ を使用し、以下の式で求めた。

$a=0, m=10$ のとき

$$N_{0,y,10} = \sum_{a=1}^{5+} N_{a,y,1} fr_a W_a RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (23)$$

$a=1, \dots, 4, m=1$ のとき

$$N_{a,y,1} = N_{a-1,y-1,12} \exp(-M/12) + C'_{a,y-1,12} \exp(-M/12/2) \quad (24)$$

$a=5, m=1$ のとき

$$N_{5+,y,1} = N_{4,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{4,y-1,12} \exp(-M/12/2) + N_{5+,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{5+,y-1,12} \exp(-M/12/2) \quad (25)$$

$m=2, \dots, 12$ のとき

$$N_{a,y,m} = N_{a,y,m-1} \exp(-M/12) - C'_{a,y,m-1} \exp(-M/12/2) \quad (26)$$

ここで、 $C'_{a,y,m}$ は以下の式で求めた。

$$C'_{a,y,m} = N_{a,y,m} \left(1 - \exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m}) \right) \exp(-M/2) \quad (27)$$

$F_{a,y,m}$ 、 $F'_{a,y,m}$ は、それぞれ a 歳 y 年 m 月 (t 月齢) の全長制限サイズ変更後の漁業による死亡係数 $FI_{t,lc}$ のうちの漁獲と再放流による死亡分で、以下の関係から求めた。

$$F_{a,y,m} = g_{lc} / (g_{lc} + h_{lc}) FI_{t,lc} \quad (28)$$

$$F'_{a,y,m} = h_{lc} / (g_{lc} + h_{lc}) FI_{t,lc} \quad (29)$$

y 年の 1 年間の漁獲量 CW_y は以下の式で求めた。

$$CW_y = \sum_a \sum_m N_{a,y,m} \frac{F_{a,y,m}}{F_{a,y,m} + F'_{a,y,m}} \left(1 - \exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m}) \right) \exp(-M/12/2) \quad (30)$$

引用文献

- 平川英人, 田中利幸 (1997) 小型底びき網における再放流ヒラメの生存率. 月刊海洋, 29(6), 376-379.
- 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.
- 渡辺昭生, 武智昭彦, 前原務, 福田雅明 (2004) 燧灘西部海域におけるヒラメの着底密度と加入尾数の関係. 2004 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集.

補足表 2-1. Age-length key と雌雄割合

全長階級 (mm)	雌						雌の						雌の					
	1-4月					割合	5-8月					割合	9-12月					割合
	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	
0～ 40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
40～ 80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
80～ 120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
120～ 160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35
160～ 200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45
200～ 240	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.92	0.07	0.02	0.00	0.00	0.34	0.99	0.00	0.01	0.00	0.00	0.50
240～ 280	0.98	0.02	0.00	0.00	0.00	0.37	0.91	0.09	0.00	0.00	0.00	0.48	0.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.55
280～ 320	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.34	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.48	0.67	0.30	0.03	0.00	0.00	0.47
320～ 360	0.49	0.50	0.01	0.00	0.00	0.34	0.70	0.30	0.00	0.00	0.00	0.44	0.26	0.67	0.07	0.00	0.00	0.33
360～ 400	0.15	0.80	0.05	0.00	0.00	0.22	0.23	0.75	0.02	0.00	0.00	0.30	0.00	0.96	0.04	0.00	0.00	0.40
400～ 440	0.04	0.89	0.07	0.00	0.00	0.51	0.04	0.89	0.07	0.00	0.00	0.57	0.00	0.92	0.07	0.01	0.00	0.60
440～ 480	0.02	0.88	0.10	0.00	0.00	0.79	0.01	0.91	0.07	0.01	0.00	0.77	0.00	0.81	0.19	0.00	0.00	0.78
480～ 520	0.00	0.68	0.31	0.01	0.00	0.80	0.00	0.67	0.31	0.02	0.00	0.85	0.00	0.75	0.21	0.04	0.00	0.86
520～ 560	0.00	0.35	0.61	0.03	0.01	0.83	0.00	0.27	0.67	0.07	0.00	0.89	0.00	0.43	0.43	0.14	0.00	0.78
560～ 600	0.00	0.17	0.62	0.16	0.04	0.81	0.00	0.17	0.62	0.16	0.04	0.81	0.00	0.00	0.17	0.62	0.16	0.81
600～ 640	0.00	0.06	0.51	0.34	0.09	0.85	0.00	0.06	0.51	0.34	0.09	0.85	0.00	0.00	0.06	0.51	0.34	0.85
640～ 680	0.00	0.01	0.32	0.40	0.28	0.91	0.00	0.01	0.32	0.40	0.28	0.91	0.00	0.00	0.01	0.32	0.40	0.91
680～ 720	0.00	0.01	0.15	0.37	0.47	0.94	0.00	0.01	0.15	0.37	0.47	0.94	0.00	0.00	0.01	0.15	0.37	0.94
720～ 760	0.00	0.00	0.06	0.35	0.60	0.96	0.00	0.00	0.06	0.35	0.60	0.96	0.00	0.00	0.00	0.06	0.35	0.96
760～ 800	0.00	0.00	0.02	0.10	0.88	1.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.88	1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	1.00
800～ 840	0.00	0.00	0.06	0.00	0.94	1.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.94	1.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	1.00
840～ 880	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
880～ 920	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
920～ 960	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
960～	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
全長階級 (mm)	雄						雄の						雄の					
	1-4月					割合	5-8月					割合	9-12月					割合
	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	
0～ 40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
40～ 80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
80～ 120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
120～ 160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
160～ 200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
200～ 240	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	
240～ 280	0.86	0.14	0.00	0.00	0.00		0.87	0.13	0.00	0.00	0.00		0.82	0.18	0.00	0.00	0.00	
280～ 320	0.61	0.38	0.01	0.00	0.00		0.73	0.27	0.00	0.00	0.00		0.42	0.53	0.05	0.00	0.00	
320～ 360	0.15	0.81	0.04	0.00	0.00		0.29	0.70	0.01	0.00	0.00		0.05	0.86	0.08	0.00	0.00	
360～ 400	0.03	0.88	0.09	0.00	0.00		0.04	0.89	0.06	0.01	0.01		0.01	0.83	0.16	0.01	0.00	
400～ 440	0.02	0.66	0.29	0.02	0.01		0.02	0.63	0.35	0.01	0.00		0.00	0.85	0.15	0.00	0.00	
440～ 480	0.00	0.34	0.54	0.10	0.02		0.00	0.48	0.36	0.13	0.03		0.00	0.45	0.45	0.05	0.05	
480～ 520	0.02	0.10	0.44	0.25	0.19		0.00	0.24	0.24	0.31	0.21		0.00	0.22	0.56	0.22	0.00	
520～ 560	0.00	0.14	0.50	0.17	0.19		0.00	0.09	0.36	0.09	0.45		0.00	0.17	0.00	0.33	0.00	
560～ 600	0.00	0.04	0.36	0.42	0.18		0.00	0.04	0.36	0.42	0.18		0.00	0.00	0.04	0.36	0.42	
600～ 640	0.00	0.03	0.13	0.44	0.41		0.00	0.03	0.13	0.44	0.41		0.00	0.00	0.03	0.13	0.44	
640～ 680	0.00	0.00	0.08	0.42	0.50		0.00	0.00	0.08	0.42	0.50		0.00	0.00	0.00	0.08	0.42	
680～ 720	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67		0.00	0.00	0.00	0.33	0.67		0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	
720～	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	