

平成 26（2014）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2013年は668トン（概数値）となった。年齢別の漁獲尾数をもとにコホート解析により算定した資源量は、1998年の2,944トンの最高となった後に徐々に減少し、2013年は2,172トンと推定された。CPUEと資源量の推移から、資源状態は高位・横ばいと判断した。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826トンと設定した。2013年の親魚量は1,409トンであり、Blimitを上回っている。資源が高位・横ばいであることから、現状を維持する方策が必要と考えられる。現状（2013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は現状の漁獲係数(Fcurrent)とした。本種は栽培対象種で2012年には282万尾の人工種苗が放流され、0歳の放流魚の混入率は25%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.11と推定された。

	2015 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	676 トン	Fcurrent	0.57	29%
ABCtarget	564 トン	0.8Fcurrent	0.46	24%

漁獲割合はABC／資源量、F値は完全加入年齢である2歳の値を示す。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合
2012	2,183	691	0.63	32%
2013	2,172	668	0.57	31%
2014	2,253	—	—	—

F値は2歳におけるF

水準：高位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年別年齢別 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
2014 年加入量	2014 年親魚量と 2008～2012 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（2000～2013 年：大阪府、 香川県、愛媛県、山口県、2002～2013 年：岡山県、大分県、2004 ～2013 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（大阪府、兵庫県、岡山県、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、2012 年の放流尾数は 282 万尾だった。2012 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 11%と 16%、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 1.7%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 $L_t(\text{cm})$ の von Bertalanffy 成長式と、全長 $L(\text{cm})$ と体重 $W(\text{g})$ のアロメトリー式を推定した (図 2)。

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

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

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

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

(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)、刺網、定置網で主に漁獲される。2013 年における漁法別漁獲量の割合は、小底 58%、刺網 25%、定置網 12%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、2012 年は 691 トン、2013 年は 668 トン (概数値) となった (表 1、図 5)。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（表 2、図 6）。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（出漁隻日数）は、2013 年現在の標本がそろった 2004 年以降減少傾向にある（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（付表 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、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。小底や刺網では 2000 年以降横ばいの傾向で推移していた。2006 年の小底、刺網、定置網の CPUE は、それぞれ 0.77、0.41、0.07 で、1970 年の CPUE と比較し 9.0、8.4、13.3 倍であった（表 2、図 8）。一方、2002 年以降の標本船・標本漁協の小底の CPUE はやや減少しているが、近年 5 年間は横ばいである（表 3、図 9）。

(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。2013 年では、前年に比べて 0 歳と 5 歳以上の漁獲尾数が多かった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は 1998 年に最高の 2,944 トンとなった後に徐々に減少し、2013 年は 2,172 トンと推定された（表 6、7、図 12）。漁獲割合は、1999～2002 年まで 0.34～0.39 であったがその後徐々に低下し、2011 年以降は 0.31～0.33 となっている（図 12）。2013 年の 2 歳の漁獲係数は 0.57 だった。漁獲係数は 2 歳が高く、1 歳と 3 歳がこれに次ぎ、4 歳以上ではこれら

より低かった。しかし、近年では3歳が高くなって2歳に近くなり、1歳が低下して4歳以上に近づいている（表8）。年齢別資源量（表7）とメスの年齢別成熟割合（図3）から算出した親魚量は、最大であった2000年の1,652トンからやや減少して2003～2013年では1,346～1,549トンとなり、2013年には1,409トンとなった（表9、図13）。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、1995～2012年では16～41%で、2012年級群では25%、2013年級群では11%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、1995～2012年の間、平均0.15で0.11～0.25の範囲を推移し、2012年は0.11だった（表10）。0歳資源尾数を天然魚と放流魚に分離したところ、1995年以降放流魚は放流年の10月の時点で30万～100万尾程度が天然資源に加わっていることが示された（図14）。なお、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0.14と仮定し、この期間の0歳魚を天然と放流とに分離した。

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15）、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）と天然の加入尾数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。

$$R = 1,187 \times \text{SSB} \quad (5)$$

この式より求まる過去の最大親魚量1,652トンでの加入量をRmaxとし、その50%の加入量(R50%)が得られる親魚量826トンを当面のBlimitとした（図16）。なお、ABC算定のシミュレーションでは、最大親魚量の1,652トンを越えるレベルには達していない。また、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、Blimitの設定について再検討するものとする。

再生産成功率は0.65～2.99の範囲で平均1.26であるが、1995年以来減少傾向にあり、特に2012年は0.65と過去最低であった（図17）。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18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歳資源尾数と正の相関がある。2014年の天然0歳魚の採集尾数は、平均で1.56尾/400m²と低水準であった（表11）。

自然死亡係数の値を ± 0.1 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84～124%、親魚量では83～126%、天然加入尾数で83～124%の変化が見られた（図19～21）。

(5) 資源の水準・動向

資源量は1998年に2,944トンとなった後に徐々に減少しているが、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、資源量は1994年以来2013年まで高位水準が続いている（図12、表9）。近年5年間の資源量と標本船・標本漁協のCPUEは横

ばいであることから、漁獲量は減少しているものの動向を横ばいと判断した(図 5、9、11)。

(6) 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の F 値は 0.57 で、F30%SPR の 0.42 や F0.1 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、2008 年以降の F は減少傾向にあり、親魚量は安定している。

(7) 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、2012 年は 282 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。2015 年から 5 年間放流尾数と漁獲圧を変化させ、期待される 2019 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、2013 年と 2014 年は 2012 年の放流尾数 282 万尾、2015 年以降 0～600 万尾の範囲で変化させた。2014 年の漁獲係数は 2013 年と同一の値で、2015 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 2019 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. 2015 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

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 Blimit 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(2013 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 2013 年の資源量と同じになる F) を求めた。 F_{sus} は 0.64 となり、現状の漁獲圧 ($F_{current}=0.57$) より大きくなった。最近年の資源量推定の不確実性のため、漁獲圧の増大は好ましくないと判断し、F 基準値は $F_{current}$ とした。

2014 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、経年的に低下傾向がみられたため（図 17）、2008～2012 年の平均値 0.78 とした。漁獲圧は 2014 年が 2013 年の年齢別漁獲係数に等しく、2015 年以降は 2013 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、2013 年以降も 2012 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 282 万尾、添加効率を 1995～2012 年の平均 0.15 とした。2015 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。再生産成功率の低下や放流数の減少などの、不確実性を考慮した F_{target} は、安全率を標準値の $\alpha=0.8$ と設定した。

	2015 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	676 トン	$F_{current}$	0.57	29%
ABCTarget	564 トン	$0.8F_{current}$	0.46	24%

漁獲割合は ABC／資源量、F 値は完全加入年齢である 2 歳の値を示す。

(3) ABClimit 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	基準値	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
資源量 (トン)								
0.06	$0.1F_{current}$	2,172	2,253	2,351	3,438	4,870	6,781	9,217
0.11	$0.2F_{current}$	2,172	2,253	2,351	3,305	4,509	6,063	7,974
0.17	$0.3F_{current}$	2,172	2,253	2,351	3,178	4,178	5,427	6,908
0.23	$0.4F_{current}$	2,172	2,253	2,351	3,057	3,874	4,864	5,994
0.28	$0.5F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,941	3,595	4,364	5,210
0.34	$0.6F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,831	3,339	3,921	4,536
0.40	$0.7F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,725	3,104	3,528	3,957
0.46	$0.8F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,624	2,887	3,178	3,458
0.51	$0.9F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,527	2,689	2,867	3,029
0.57	$1.0F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,435	2,506	2,590	2,659
0.63	$1.1F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,347	2,337	2,344	2,340
0.64	F_{sus}	2,172	2,253	2,351	2,332	2,310	2,304	2,290
0.68	$1.2F_{current}$	2,172	2,253	2,351	2,263	2,182	2,124	2,065
漁獲量 (トン)								
0.06	$0.1F_{current}$	625	642	82	122	169	233	318
0.11	$0.2F_{current}$	625	642	161	230	307	408	539
0.17	$0.3F_{current}$	625	642	236	323	417	538	686
0.23	$0.4F_{current}$	625	642	308	405	505	630	779
0.28	$0.5F_{current}$	625	642	376	476	574	693	829
0.34	$0.6F_{current}$	625	642	442	537	626	733	849
0.40	$0.7F_{current}$	625	642	504	589	665	754	847
0.46	$0.8F_{current}$	625	642	564	633	692	761	829
0.51	$0.9F_{current}$	625	642	621	671	710	757	800
0.57	$1.0F_{current}$	625	642	676	702	720	745	765
0.63	$1.1F_{current}$	625	642	728	728	724	727	725
0.64	F_{sus}	625	642	736	732	724	723	718
0.68	$1.2F_{current}$	625	642	778	749	722	704	684

(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
2012 年漁獲量確定値	資源量推定値、2012 年漁獲量、2012 年混入率
2013 年漁獲量概数値	資源量推定値、2013 年漁獲量
2013 年全長組成	2013 年年齢別漁獲尾数
2013 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
2012 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)	ABC _{limit} (トン)	ABC _{target} (トン)	漁獲量 (トン)
2013 年 (当初)	F _{sus}	0.69	1,498	445	373	
2013 年 (2013 年再評価)	F _{sus}	0.68	1,584	483	405	
2013 年 (2014 年再評価)	F _{sus}	0.60	2,260	729	611	668
2014 年 (当初)	F _{sus}	0.68	1,453	467	392	
2014 年 (2014 年再評価)	F _{sus}	0.67	2,161	685	575	

2013 年 (2014 年再評価) と 2014 年 (2014 年再評価) の資源量と ABC は、それぞれ 2013 年 (2013 年再評価) と 2014 年 (当初) から上方修正された。これは、2012 年の 0 歳と 5 歳以上の漁獲尾数が近年の平均的な値と比べて少なかったため (表 4)、2013 年評価において資源量と再生産成功率が小さく計算されたためである。

2013 年度報告書において年齢別漁獲尾数の推定方法を変更した際、最高年齢を 6+歳から 5+歳とした。この時、それ以前に使用していた 5 歳の体重である 3,735g を 5+歳のものとして使用した。今年度報告書では、精密測定結果から 5+歳の体重として 4,277g を用いた。これを用いて 2013 年当時のデータで資源計算を行ったところ、2012 年の資源量は 2.1%、親魚量は 2.8%それぞれ大きくなった。

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、F_{current} 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、2019 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、2019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、2019年に見込まれる漁獲量増大は14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）。

昨年の資源評価では、資源の水準・動向は中位・減少であり、天然資源の加入量と種苗放流量は減少傾向であることから、資源水準維持のため努力量削減と種苗放流量を考慮した対策を早急に講じる必要があるとした。しかし、この結果は、2012年の0歳と5歳以上の漁獲尾数が近年の平均的な値と比べて少なかったため（表4）、2013年評価において資源量と再生産成功率が小さく計算されたことによる。2013年の年齢別漁獲量は近年の平均的な値に近くなったため、今年の資源評価では資源量は上方修正され、漁獲係数は下方修正された。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、2014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。

7. 引用文献

- 愛媛県 (1995) 平成2～6年度放流技術開発事業総括報告書資料編（瀬戸内海・九州海域ブロックヒラメ班）, 1-58.
- 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, 115pp.
- 水産庁管理課資源管理推進事務局 (1999) 平成11年度複合的資源管理型漁業促進対策事業魚種別全体計画, 282pp.
- 徳島県 (1995) 平成2～6年度放流技術開発事業総括報告書資料編（瀬戸内海・九州海域ブロックヒラメ班）, 1-38.
- 山口県 (1995) 平成2～6年度放流技術開発事業総括報告書資料編（瀬戸内海・九州海域ブロックヒラメ班）, 1-28.

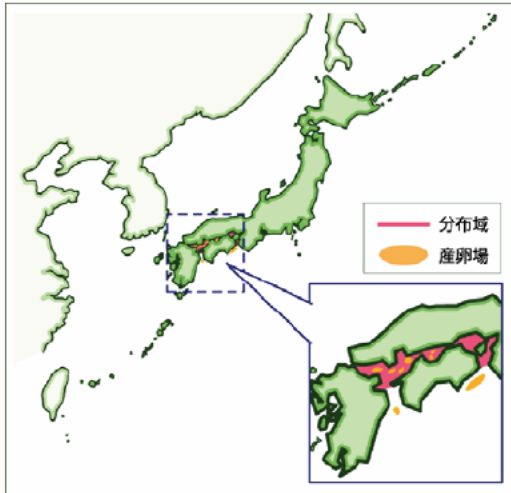


図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

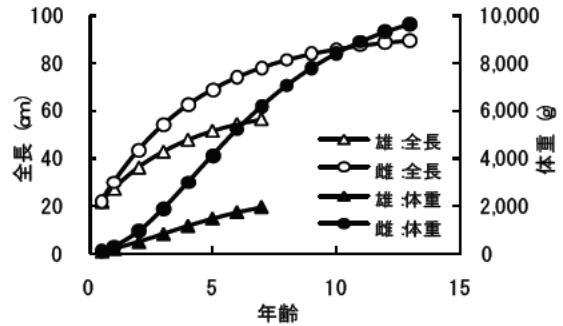


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

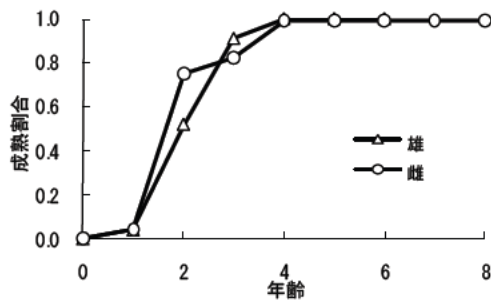


図3. 年齢別成熟割合

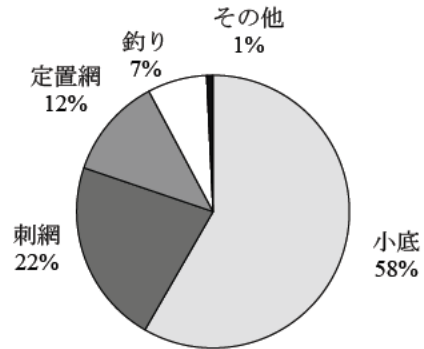


図4. 2013年の漁法別漁獲量の割合

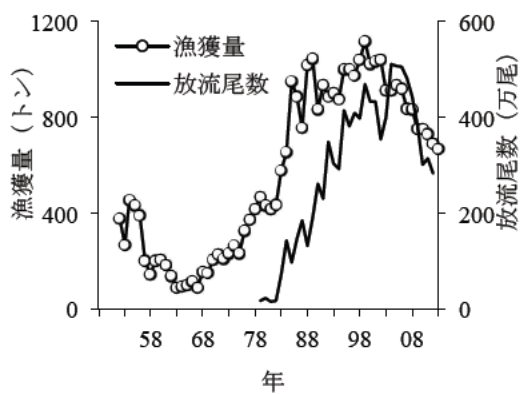


図5. 漁獲量と放流尾数の推移

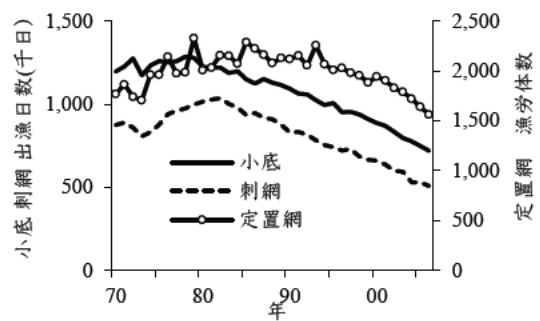


図6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の努力量の推移

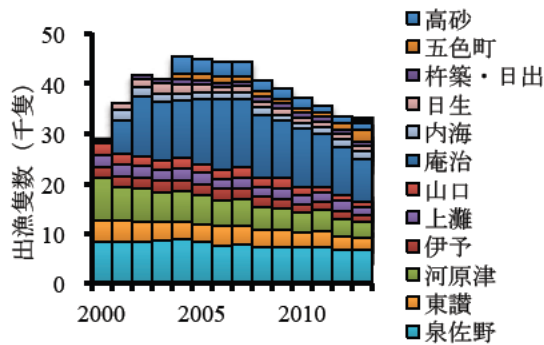


図7. 標本船・標本漁協の小底出漁隻数の推移

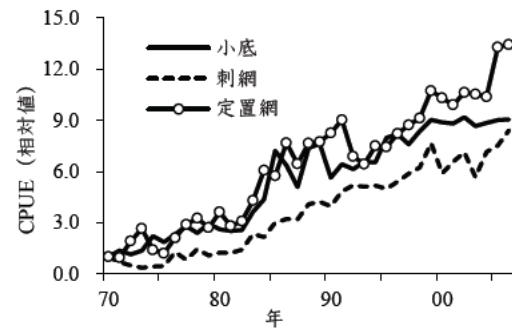


図8. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網のCPUEの推移

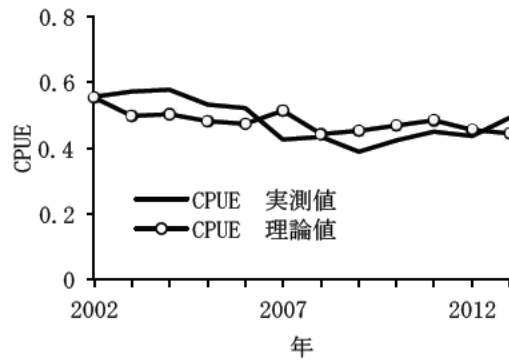


図9. 小底の標本船・標本漁協CPUE

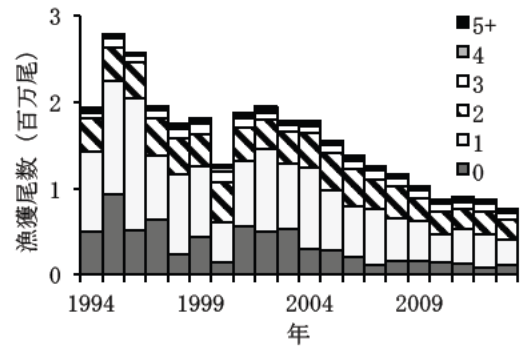


図10. 年齢別漁獲尾数の推移

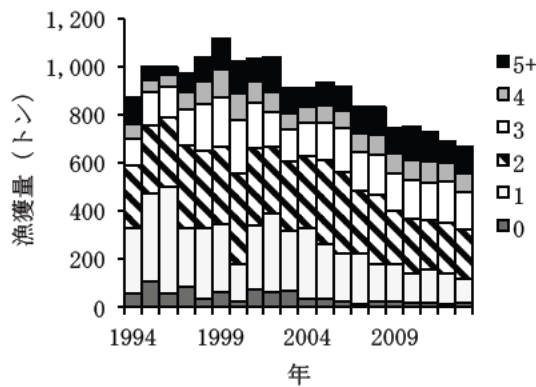


図11. 年齢別漁獲量の推移

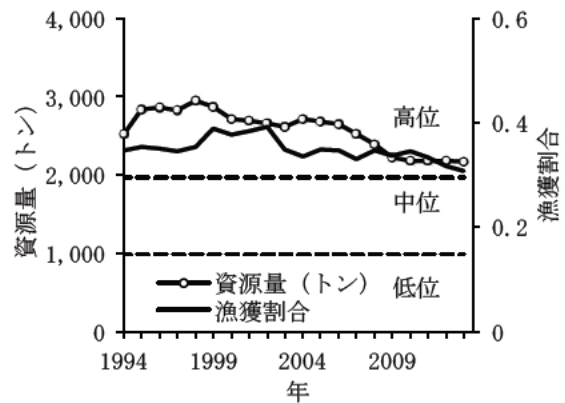


図12. 資源量と漁獲割合の推移 点線で区分された領域のうち上側が高位、中央が中位、下側が低位の水準を示す。

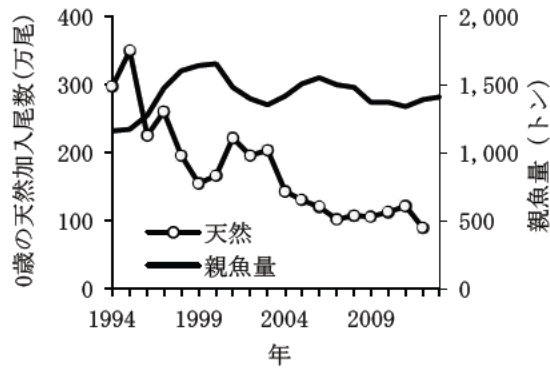


図13. 親魚量と天然魚加入量の関係

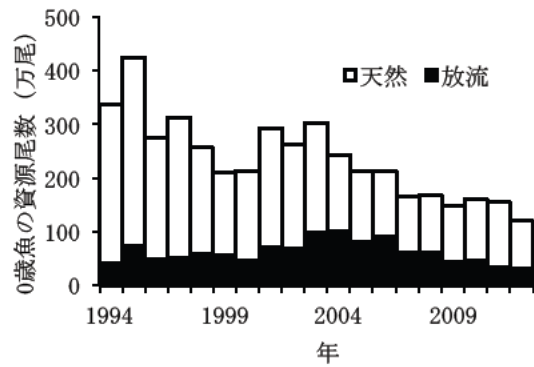


図14. 0歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

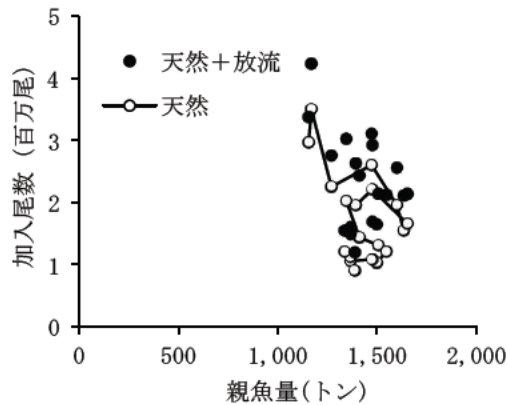


図15. 再生産関係

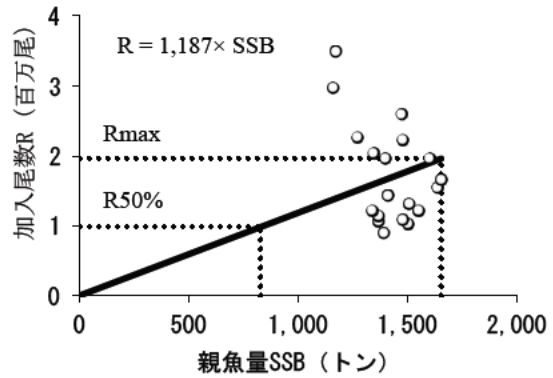


図16. Blimitの設定、プロットは親魚量と天然の加入尾数の関係を示す

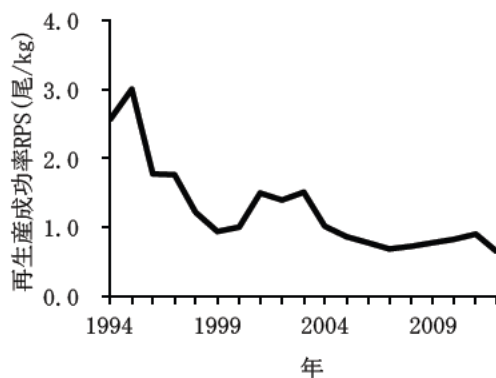


図17. 再生産成功率の推移

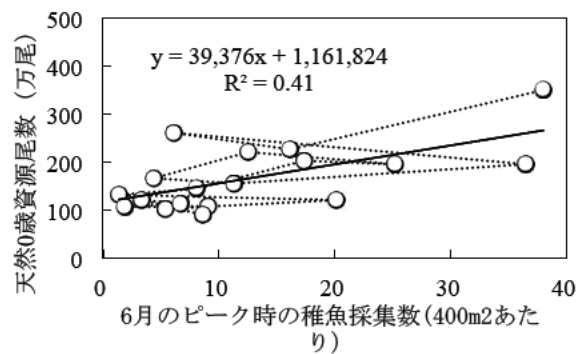


図18. 6月のピーク時の稚魚採集数と天然の0歳資源尾数の関係

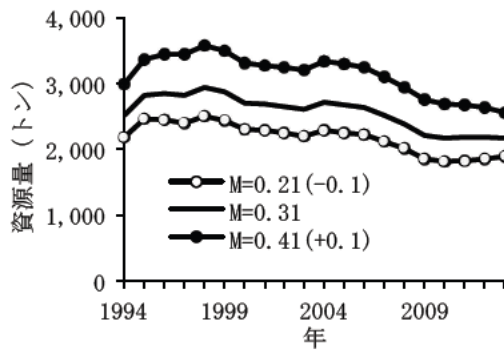


図19. 自然死亡係数の値による資源量の感度解析

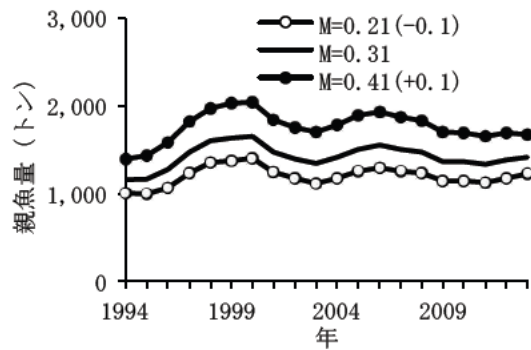


図20. 自然死亡係数の値による親魚量の感度解析

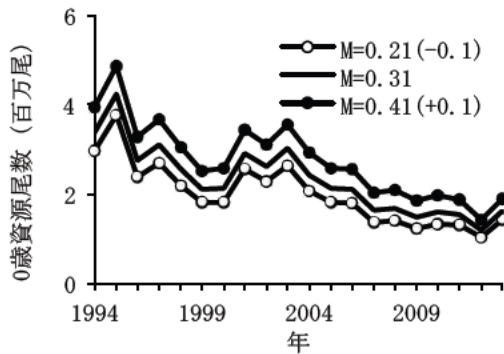


図21. 自然死亡係数の値による0歳資源尾数の感度解析

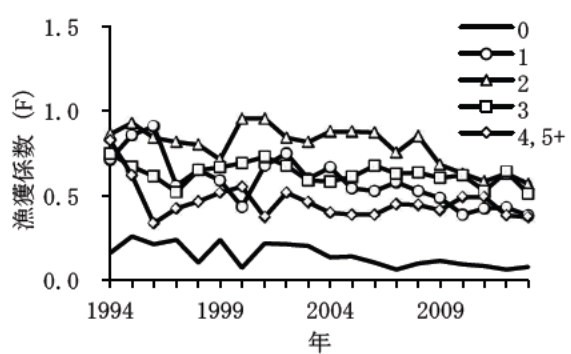


図22. 年齢別漁獲係数の推移

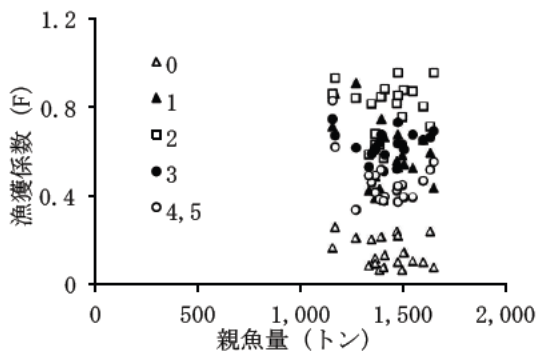


図23. 親魚量と漁獲係数の関係

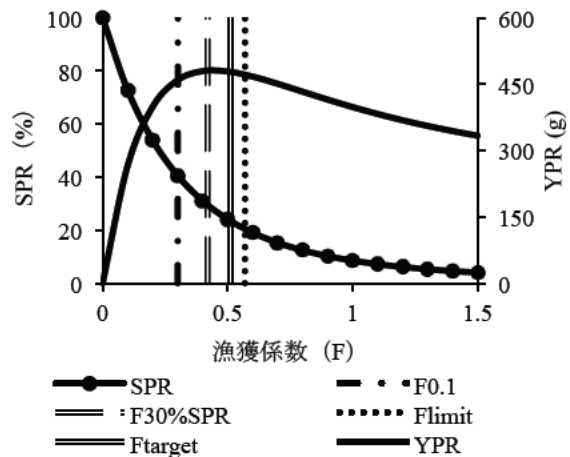


図24. 漁獲係数とYPR、SPR(%)の関係

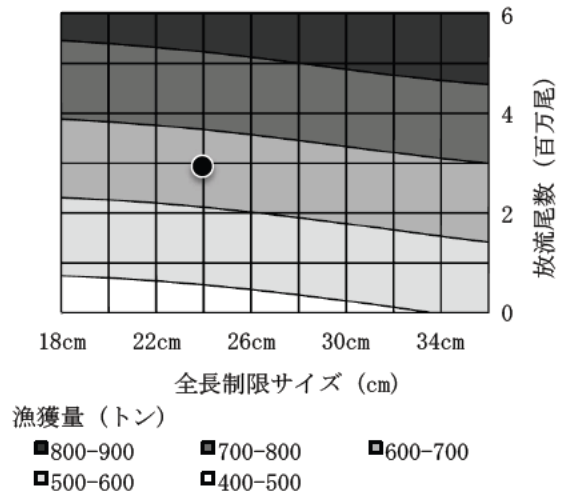
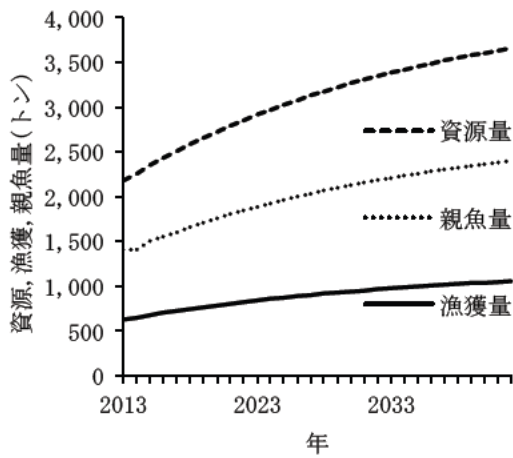
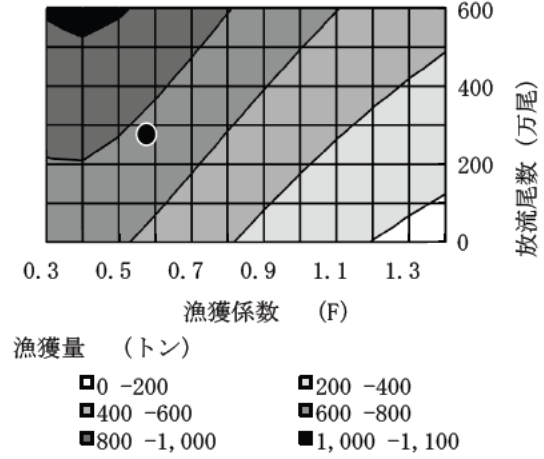
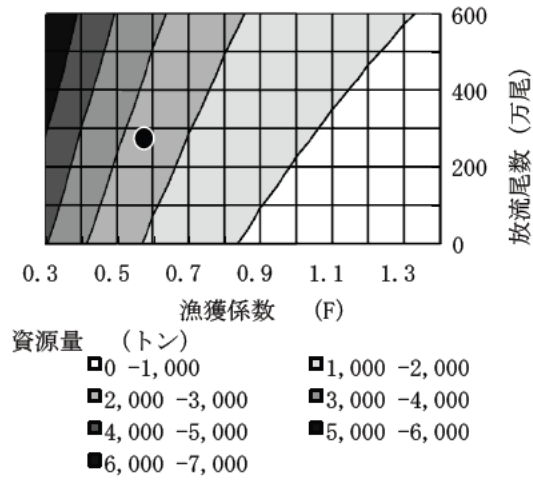


表 1. ヒラメ瀬戸内海系群の灘別（2005 年以前）と県別（2006 年以降）漁獲量（トン）および放流尾数（千尾）の経年変化

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	120	32	89	28	22	76	253	1	31	668		

※ 2013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。

表 2. 小型底びき網、刺網の CPUE (kg/出漁日数) と努力量 (出漁日数)、定網の 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 (操業隻数/kg) の推移

年	泉佐野	庵治	東讃	内海	日生	河原津	伊予	上灘	山口	杵築 日出	平均
2002	0.31	1.14	0.07	0.14	1.25	0.22	0.90	0.74	0.38	0.42	0.56
2003	0.36	1.29	0.09	0.15	1.18	0.25	1.17	0.62	0.31	0.29	0.57
2004	0.30	1.68	0.05	0.25	1.09	0.43	0.91	0.24	0.45	0.37	0.58
2005	0.25	1.38	0.05	0.25	1.09	0.41	0.77	0.30	0.49	0.34	0.53
2006	0.34	1.26	0.05	0.23	0.50	0.49	1.10	0.25	0.39	0.60	0.52
2007	0.37	1.06	0.04	0.11	0.55	0.24	0.86	0.44	0.39	0.20	0.42
2008	0.18	0.90	0.03	0.06	0.87	0.30	0.86	0.68	0.27	0.19	0.43
2009	0.23	0.77	0.06	0.05	0.88	0.21	0.45	0.28	0.38	0.55	0.39
2010	0.18	0.66	0.04	0.06	1.17	0.37	0.61	0.35	0.24	0.55	0.42
2011	0.20	0.85	0.02	0.08	1.35	0.36	0.52	0.17	0.45	0.50	0.45
2012	0.21	0.82	0.02	0.08	0.98	0.29	0.71	0.37	0.66	0.22	0.44
2013	0.31	0.95	0.02	0.07	1.33	0.57	0.50	0.30	0.57	0.31	0.49

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	485,918	943,681	372,565	75,583	25,637	31,153	1,934,537
1995	926,112	1,310,154	402,847	97,797	22,971	14,849	2,774,729
1996	505,282	1,547,051	401,062	88,252	21,262	9,228	2,572,138
1997	632,587	752,214	427,588	89,961	26,175	19,250	1,947,775
1998	238,878	928,824	407,609	118,000	35,917	23,501	1,752,728
1999	433,084	814,786	376,211	118,047	38,191	29,665	1,809,984
2000	149,634	464,688	455,146	132,290	38,868	30,929	1,271,555
2001	553,410	767,807	382,788	107,597	30,146	21,528	1,863,275
2002	485,292	977,614	331,941	86,134	29,683	33,976	1,944,641
2003	532,215	758,310	358,374	81,652	23,908	25,131	1,779,590
2004	292,513	948,241	394,284	92,186	24,286	20,222	1,771,732
2005	273,108	704,525	429,636	93,545	27,453	21,614	1,549,880
2006	198,521	597,640	417,340	110,071	26,280	24,301	1,374,153
2007	99,680	665,586	335,616	102,285	30,103	27,964	1,261,235
2008	155,533	500,832	355,846	102,313	30,526	26,981	1,172,031
2009	156,373	467,133	259,235	88,077	28,583	25,504	1,024,905
2010	135,401	337,567	254,387	89,655	29,875	29,851	876,735
2011	122,539	398,008	230,271	87,045	29,775	26,913	894,550
2012	70,457	394,274	257,822	99,980	29,164	20,903	872,601
2013	116,220	282,280	232,007	86,327	25,570	24,371	766,774

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	57	270	265	110	61	114	876
1995	106	369	281	139	53	53	1,002
1996	59	443	285	128	50	34	999
1997	84	245	345	148	70	80	972
1998	31	299	325	192	96	96	1,039
1999	61	283	325	208	110	132	1,118
2000	20	156	380	225	108	133	1,023
2001	77	263	326	187	86	94	1,033
2002	66	326	275	145	82	145	1,039
2003	71	247	290	135	64	105	911
2004	36	291	300	143	62	79	911
2005	36	230	349	155	74	90	934
2006	26	196	340	183	71	102	918
2007	13	209	261	162	78	112	835
2008	21	162	287	168	82	112	831
2009	22	161	221	153	81	112	750
2010	20	120	225	162	88	136	751
2011	18	141	203	156	88	122	728
2012	10	131	213	168	80	89	691
2013	17	101	206	156	76	111	668

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	3,378,129	2,166,260	754,445	167,936	53,192	64,636	6,584,598
1995	4,240,443	2,656,955	777,697	233,292	58,215	37,630	8,004,232
1996	2,755,075	3,031,136	823,236	224,402	87,030	37,773	6,958,651
1997	3,107,583	2,062,102	894,364	259,246	88,690	65,228	6,477,213
1998	2,555,433	2,265,692	865,264	288,595	112,721	73,755	6,161,458
1999	2,112,603	2,133,662	863,150	284,394	110,210	85,606	5,589,626
2000	2,131,994	1,537,346	864,097	309,704	107,096	85,221	5,035,459
2001	2,922,444	1,827,871	727,277	242,880	113,430	81,002	5,914,905
2002	2,627,887	2,170,609	680,559	204,672	85,663	98,051	5,867,442
2003	3,023,702	1,963,698	751,854	213,983	76,067	79,958	6,109,261
2004	2,432,257	2,284,641	788,055	243,535	86,713	72,205	5,907,405
2005	2,133,301	1,968,163	860,406	239,304	99,323	78,197	5,378,693
2006	2,120,109	1,710,335	837,327	261,999	95,065	87,907	5,112,744
2007	1,644,009	1,769,865	740,119	255,632	97,534	90,601	4,597,760
2008	1,691,745	1,424,598	725,555	254,415	99,535	87,976	4,283,824
2009	1,487,204	1,415,033	613,874	226,456	98,621	87,998	3,929,186
2010	1,598,988	1,225,057	635,701	227,384	90,342	90,270	3,867,742
2011	1,548,756	1,348,608	607,534	247,500	89,672	81,053	3,923,123
2012	1,198,435	1,314,521	646,229	247,521	106,621	76,417	3,589,743
2013	1,627,193	1,040,613	624,483	252,265	95,572	91,089	3,731,215

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	460	726	628	285	148	276	2,522
1995	578	890	647	395	161	161	2,833
1996	376	1,015	685	380	241	162	2,859
1997	424	691	744	439	246	279	2,823
1998	348	759	720	489	313	315	2,944
1999	288	715	718	482	306	366	2,875
2000	291	515	719	525	297	364	2,711
2001	398	612	605	412	315	346	2,688
2002	358	727	566	347	238	419	2,655
2003	412	658	626	363	211	342	2,611
2004	332	765	656	413	240	309	2,715
2005	291	659	716	406	275	334	2,681
2006	289	573	697	444	264	376	2,642
2007	224	593	616	433	270	388	2,524
2008	231	477	604	431	276	376	2,395
2009	203	474	511	384	273	376	2,221
2010	218	410	529	385	251	386	2,179
2011	211	452	505	420	249	347	2,183
2012	163	440	538	420	296	327	2,183
2013	222	349	520	428	265	390	2,172

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	0.71	0.86	0.75	0.83	0.83
1995	0.26	0.86	0.93	0.67	0.62	0.62
1996	0.21	0.91	0.84	0.62	0.34	0.34
1997	0.24	0.56	0.82	0.52	0.42	0.42
1998	0.10	0.65	0.80	0.65	0.47	0.47
1999	0.24	0.59	0.71	0.66	0.52	0.52
2000	0.08	0.44	0.96	0.69	0.55	0.55
2001	0.22	0.68	0.96	0.73	0.37	0.37
2002	0.21	0.75	0.84	0.68	0.52	0.52
2003	0.20	0.60	0.81	0.59	0.46	0.46
2004	0.13	0.66	0.88	0.58	0.40	0.40
2005	0.14	0.54	0.88	0.61	0.39	0.39
2006	0.10	0.53	0.87	0.68	0.39	0.39
2007	0.07	0.58	0.76	0.63	0.45	0.45
2008	0.10	0.53	0.85	0.64	0.44	0.44
2009	0.12	0.49	0.68	0.61	0.41	0.41
2010	0.09	0.39	0.63	0.62	0.49	0.49
2011	0.09	0.42	0.59	0.53	0.49	0.49
2012	0.06	0.43	0.63	0.64	0.39	0.39
2013	0.08	0.38	0.57	0.51	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 天然(尾)	加入尾数 放流(尾)	RPS □尾/kg□
1994	876	2,522	0.35	1,158	2,965,288	412,841	2.56
1995	1,002	2,833	0.35	1,169	3,497,388	743,055	2.99
1996	999	2,859	0.35	1,270	2,253,454	501,621	1.77
1997	972	2,823	0.34	1,471	2,598,006	509,578	1.77
1998	1,039	2,944	0.35	1,600	1,954,024	601,409	1.22
1999	1,118	2,875	0.39	1,635	1,549,149	563,455	0.95
2000	1,023	2,711	0.38	1,652	1,658,875	473,119	1.00
2001	1,033	2,688	0.38	1,477	2,213,664	708,779	1.50
2002	1,039	2,655	0.39	1,396	1,954,113	673,775	1.40
2003	911	2,611	0.35	1,346	2,030,837	992,865	1.51
2004	911	2,715	0.34	1,411	1,434,328	997,929	1.02
2005	934	2,681	0.35	1,506	1,309,154	824,147	0.87
2006	918	2,642	0.35	1,549	1,206,703	913,406	0.78
2007	835	2,524	0.33	1,499	1,025,116	618,892	0.68
2008	831	2,395	0.35	1,478	1,078,378	613,367	0.73
2009	750	2,221	0.34	1,367	1,061,315	425,889	0.78
2010	751	2,179	0.34	1,366	1,128,665	470,323	0.83
2011	728	2,183	0.33	1,337	1,209,289	339,466	0.90
2012	691	2,183	0.32	1,387	896,518	301,917	0.65
2013	668	2,172	0.31	1,409			

表 10. ヒラメ瀬戸内海系群の 0 歳の混入率と標識装着率
および添加効率 括弧は 2011 年 0 歳の混入率を補
正しない場合の値

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	18	100	18	0.18
1996	18	100	18	0.13
1997	16	100	16	0.12
1998	24	100	24	0.15
1999	24	92	27	0.12
2000	22	100	22	0.11
2001	24	100	24	0.16
2002	23	90	26	0.19
2003	30	90	33	0.25
2004	36	87	41	0.20
2005	34	88	39	0.16
2006	33	76	43	0.18
2007	25	67	38	0.13
2008	21	59	36	0.14
2009	24	82	29	0.11
2010	22	74	29	0.16
2011	17 (4)	79	22 (6)	0.11
2012	17	68	25	0.11
2013	8	75	11	

表 11. 6 月のピーク時の稚魚採集数
(400m²あたり)

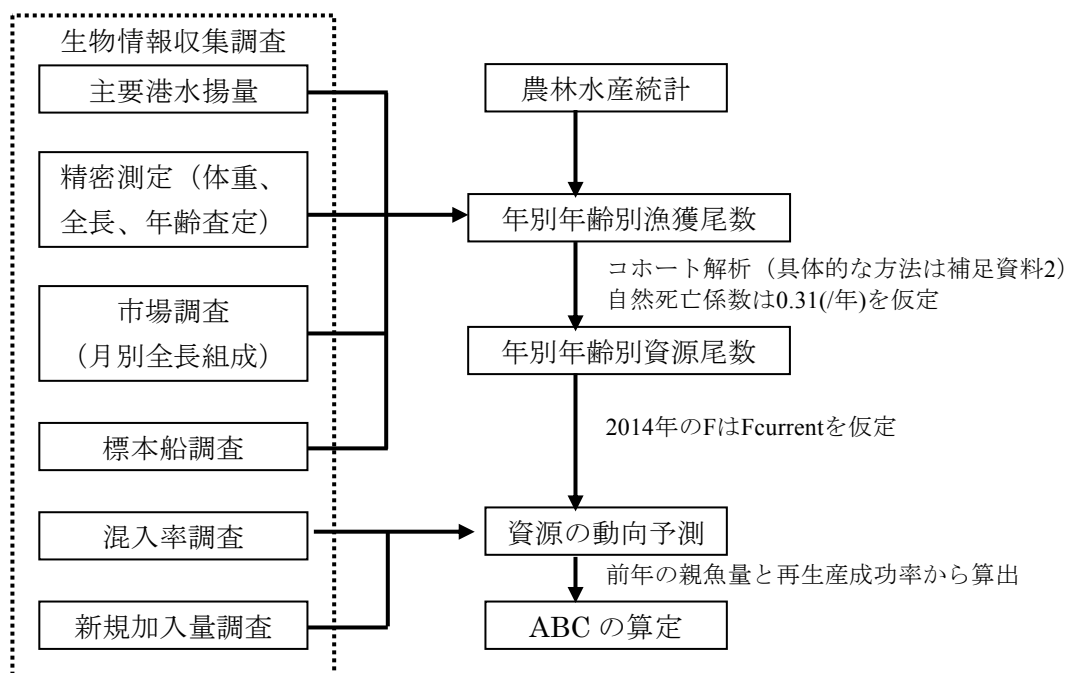
年	愛媛県 河原津	香川県 大浜	平均
1995	24.00	52.00	38.00
1996	18.00	14.30	16.15
1997	6.30	6.00	6.15
1998	25.00	48.00	36.50
1999	11.60	11.00	11.30
2000	0.80	8.00	4.40
2001	8.10	17.00	12.55
2002	12.10	38.30	25.20
2003	14.70	20.00	17.35
2004	14.20	2.00	8.10
2005	0.26	2.50	1.38
2006	29.50	10.75	20.13
2007	4.82	6.00	5.41
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

付表 1. Age-length key と雌雄割合

		雌																		雌の					
全長階級		1-4月					雌の割合	5-8月					雌の割合	9-12月					雌の割合						
(mm)		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		5+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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	0.35					
160□	200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45					
200□	240	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.91	0.07	0.02	0.00	0.00	0.38	0.99	0.00	0.01	0.00	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	0.00	0.55					
280□	320	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.35	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.48	0.73	0.24	0.03	0.00	0.00	0.00	0.47					
320□	360	0.52	0.47	0.01	0.00	0.00	0.33	0.75	0.25	0.00	0.00	0.00	0.43	0.31	0.61	0.08	0.00	0.00	0.00	0.35					
360□	400	0.15	0.79	0.05	0.00	0.00	0.22	0.24	0.73	0.03	0.00	0.00	0.30	0.00	0.96	0.04	0.00	0.00	0.00	0.41					
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	0.91	0.08	0.02	0.00	0.00	0.61					
440□	480	0.02	0.88	0.10	0.00	0.00	0.79	0.01	0.92	0.07	0.00	0.00	0.79	0.00	0.83	0.17	0.00	0.00	0.00	0.77					
480□	520	0.00	0.68	0.31	0.01	0.00	0.81	0.00	0.67	0.31	0.01	0.00	0.88	0.00	0.75	0.21	0.04	0.00	0.00	0.90					
520□	560	0.00	0.35	0.62	0.02	0.01	0.83	0.00	0.25	0.68	0.07	0.00	0.89	0.00	0.50	0.31	0.19	0.00	0.00	0.73					
560□	600	0.00	0.14	0.66	0.17	0.03	0.82	0.00	0.14	0.66	0.17	0.03	0.82	0.00	0.00	0.14	0.66	0.17	0.03	0.82					
600□	640	0.00	0.06	0.52	0.33	0.09	0.88	0.00	0.06	0.52	0.33	0.09	0.88	0.00	0.00	0.06	0.52	0.33	0.09	0.88					
640□	680	0.00	0.01	0.31	0.40	0.28	0.91	0.00	0.01	0.31	0.40	0.28	0.91	0.00	0.00	0.01	0.31	0.40	0.28	0.91					
680□	720	0.00	0.01	0.14	0.36	0.49	0.94	0.00	0.01	0.14	0.36	0.49	0.94	0.00	0.00	0.01	0.14	0.36	0.49	0.94					
720□	760	0.00	0.00	0.04	0.34	0.62	0.96	0.00	0.00	0.04	0.34	0.62	0.96	0.00	0.00	0.00	0.04	0.34	0.62	0.96					
760□	800	0.00	0.00	0.02	0.11	0.87	1.00	0.00	0.00	0.02	0.11	0.87	1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.11	0.87	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	0.94	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	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	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	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	1.00					

		雄																			
全長階級		1-4月					割合	5-8月					割合	9-12月					割合		
(mm)		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		5+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	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	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	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	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	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	0.00		
240□	280	0.87	0.13	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	0.00		
280□	320	0.67	0.33	0.01	0.00	0.00		0.74	0.25	0.00	0.00	0.00		0.47	0.47	0.05	0.00	0.00	0.00		
320□	360	0.16	0.81	0.03	0.00	0.00		0.29	0.70	0.01	0.00	0.00		0.07	0.83	0.10	0.00	0.00	0.00		
360□	400	0.03	0.89	0.08	0.00	0.00		0.03	0.90	0.06	0.01	0.01		0.01	0.78	0.20	0.01	0.00	0.00		
400□	440	0.02	0.66	0.29	0.02	0.00		0.02	0.60	0.37	0.01	0.00		0.00	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00		
440□	480	0.00	0.34	0.55	0.09	0.02		0.00	0.45	0.37	0.15	0.03		0.00	0.44	0.50	0.06	0.00	0.00		
480□	520	0.02	0.10	0.44	0.25	0.19		0.00	0.18	0.14	0.41	0.27		0.00	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00		
520□	560	0.00	0.15	0.53	0.15	0.18		0.00	0.10	0.30	0.10	0.50		0.00	0.17	0.00	0.33	0.00	0.50		
560□	600	0.00	0.03	0.41	0.41	0.15		0.00	0.03	0.41	0.41	0.15		0.00	0.00	0.03	0.41	0.41	0.15		
600□	640	0.00	0.04	0.16	0.44	0.36		0.00	0.04	0.16	0.44	0.36		0.00	0.00	0.04	0.16	0.44	0.36		
640□	680	0.00	0.00	0.10	0.50	0.40		0.00	0.00	0.10	0.50	0.40		0.00	0.00	0.00	0.10	0.50	0.40		
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	0.67		
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	1.00		

補足資料１ データと資源評価の関係を示すフロー



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、成長が早い 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、1995～2013 年に河原津、1994～2013 年に伊予、上灘、徳山、2000～2013 年に泉佐野、仮屋、神戸市、塩田、由良、2001～2013 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、1998～2013 年に西条における刺網の漁獲物の全長組成を、2004～2013 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、2006～2013 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、2006～2013 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

の全長組成を付表 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

1994～2013 年までの 20 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。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_{a,y} \exp(M_a / 2) \quad (6)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y} \exp(M_a / 2)}{N_{a,y}} \right) \quad (7)$$

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。

$$N_{4,y} = \frac{C_{4,y}}{C_{4,y} + C_{5+,y}} N_{5+,y+1} \exp(M_4) + C_{4,y} \exp(M_4 / 2) \quad (8)$$

$$N_{5+,y} = \frac{C_{5+,y}}{C_{4,y}} N_{4,y} \quad (9)$$

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2013} = \frac{C_{a,2013}}{1 - \exp(-F_{a,2013})} \exp(M_a / 2) \quad (10)$$

で求めた。最近年の漁獲係数は $F_{4,2013}$ を未知パラメータとし $F_{5+,2013}=F_{4,2013}$ 、また $F_{0,2013} \sim F_{3,2013}$ は、選択率が過去 5 年（2008～2012 年）の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,2013} = \frac{\sum_{b=1}^5 F_{a,2013-b}}{\sum_{b=1}^5 F_{4,2013-b}} F_{4,2013} \quad (11)$$

最近年の 4 歳の漁獲係数は、CPUE と一致するよう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 2002～2013 年までの 12 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。

$$\ln(u_y) = \ln q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a + \varepsilon_y \quad (12)$$

$$s_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{\text{Max}_a F_{a,y}} \quad (13)$$

$$\varepsilon_y \sim N(0, \sigma^2) \quad (14)$$

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 の理論値と、CPUE の観測値のトレンドが最も一致するように、未知パラメータ q 、 $F_{4,2012}$ 、 σ^2 は最尤法で推定した。

$$LL = - \sum_y \left(\frac{1}{2} \ln(2\pi\sigma^2) + \frac{(\ln(u_y) - \ln(q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a))^2}{2\sigma^2} \right) \quad (15)$$

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

1994～2010 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

$$L_t = 101.74(1 - \exp(-0.17(t+0.88))) \quad (16)$$

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。2000 年以前は東部海域での市場調査データが十分でないため、この間の混入率は 2001～2003 年の平均を用い、29%と仮定した。

2011 年の東部海域の 0 歳混入率のみ他の年より低かったが、同年級群の 1 歳の混入率には、そのような傾向は見られなかった。2011 年級群の 1 歳混入率が過去 3 年の平均とほぼ一致したことから、2011 年級群の 0 歳混入率も同様に推定し補正した。補正前の混入率を表 10 に括弧で示した。

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。

$$YPR = \sum_{a=0}^8 \frac{F_a}{F_a + M_a} \{1 - \exp(-F_a - M_a)\} S_a W_a \quad (17)$$

$$SPR = \sum_{a=0}^8 fr_a S_a W_a \quad (18)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp\{-(F_a + M_a)\} \quad (\text{ただし } S_0=1) \quad (19)$$

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。

$$N_{0,y} = \sum_{a=0}^5 N_{a,y} fr_a W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (20)$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}) - C_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}/2) \quad (a=1, \dots, 4) \quad (21)$$

$$N_{5+,y} = N_{4,y-1} \exp(-M_4) - C_{4,y-1} \exp(-M_4/2) + N_{5+,y-1} \exp(-M_{5+}) - C_{5+,y-1} \exp(-M_{5+}/2) \quad (22)$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp(-M_a/2) \quad (23)$$

2014～2019 年の将来予測において、再生産成功率(RPS)は 2008～2012 年の平均で 0.78、添加効率は 1995～2012 年の平均で 0.15 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、2013 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 $l_c(\text{cm})$ の平均 24cm における、t 月齢での漁業による死亡係数 $FI_{t,l_c=24}$ 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 l_{ccm} に変化させたときの新たな漁業による死亡係数 FI_{t,l_c} は、 $FI_{t,l_c=24}$ 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。

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

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。

$$g_{lc} = \int_{l_c}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-L_t)^2}{2\sigma^2}\right) dx \quad (25)$$

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。

$$h_{lc} = (1 - g_{lc}) \times (1 - SR) \quad (26)$$

$$h'_{lc} = (1 - g_{lc}) \times SR \quad (27)$$

●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

$$N_{0,y,10} = \sum_{a=1}^{5+} N_{a,y,1} fr_a W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (28)$$

a=1,...,4, m=1 のとき

$$N_{a,y,1} = N_{a-1,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{a-1,y-1,12} \exp(-M/12/2) \quad (29)$$

a=5, m=1 のとき

$$\begin{aligned} N_{5+,y,1} &= N_{4,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{4,y-1,12} \exp(-M/12/2) \\ &+ N_{5+,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{5+,y-1,12} \exp(-M/12/2) \end{aligned} \quad (30)$$

m=2,...,12 のとき

$$N_{a,y,m} = N_{a,y,m-1} \exp(-M/12) - C'_{a,y,m-1} \exp(-M/12/2) \quad (31)$$

ここで、 $C'_{a,y,m}$ は以下の式で求めた。

$$C'_{a,y,m} = N_{a,y,m} (1 - \exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m})) \exp(-M/2) \quad (32)$$

$F_{a,y,m}$ 、 $F'_{a,y,m}$ 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。

$$F_{a,y,m} = g_{lc} / (g_{lc} + h_{lc}) FI_{t,lc} \quad (33)$$

$$F'_{a,y,m} = h_{lc} / (g_{lc} + h_{lc}) FI_{t,lc} \quad (34)$$

y 年の 1 年間の漁獲量 CW_y は以下の式で求めた。

$$CW_y = \sum_a \sum_m N_{a,y,m} \frac{F_{a,y,m}}{F_{a,y,m} + F'_{a,y,m}} (1 - \exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m})) \exp(-M/12/2) \quad (35)$$

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.