

## 平成29（2017）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、山田徹生）

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2015年は520トン（確定値）、2016年は505トン（概数値）となった。資源量は1998年に3,029トンの最高となった後に徐々に減少し、2016年は1,583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1,679トンとなり、2016年には1,169トンとなった。CPUEと親魚量の推移から、資源状態は中位・減少と判断した。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840トンと設定した。2016年の親魚量はBlimitを上回っている。資源が中位・減少であることから、現状を維持する方策が必要と考えられる。現状（2016年）の親魚量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。管理方策として親魚量を安定的に維持するFsusを採用し、Flimitとした。本種は栽培対象種で2015年には252万尾の人工種苗が放流され、0歳の放流魚の混入率は8%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.02と推定された。

管理基準	Target / Limit	2018年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
Fsus	Target	214	16	0.24 (-53%)
	Limit	261	20	0.30 (-41%)

Fsusは資源を中長期的に維持するFで、ここではRPSの低下傾向を考慮してRPSの直近3年間（2013～2015年）の最低値（一般的には平均値）の逆数となるSPRを維持することとし、これをFlimit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、より安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。Ftarget =  $\alpha$  Flimitとし、係数 $\alpha$ には標準値0.8を用いた。F値は2歳における値であり、現状のF値は2013～2015年における最高齢のFとの比の平均値と現状の最高齢のFから算出し、0.51である。将来予測に用いるRPSには、直近3年間の最低値を用いた。

漁獲割合はABC 資源量である。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F値	漁獲割合 (%)
2013	1,930	1,242	654	0.64	34
2014	1,826	1,216	613	0.55	34
2015	1,679	1,176	520	0.47	31
2016	1,583	1,169	505	0.51	32
2017	1,438	1,058	451	0.51	31
2018	1,304	949	-	-	-

2017年、2018年の値は将来予測に基づく。

水準：中位 動向：減少

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別 漁獲尾数	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～大分の11府県） 生物情報収集調査 ・主要港水揚量（大阪～大分の7府県） ・市場調査（月別全長組成）（大阪～大分の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（田内・田中の方法）
漁獲努力量	・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～大分の11府県） ・標本船、標本漁協の小底漁獲量と努力量（2000～2016年：大阪府、香川県、愛媛県、山口県、2002～2016年：岡山県、大分県、2004～2016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～大分の7府県）
標識装着率	放流時の黒化率資料（和歌山県、大阪府、兵庫県、岡山県、山口県、香川県、愛媛県）

\*はコホート解析におけるチューニング指数である。

## 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、2015年の放流尾数は252万尾だった。2016年では、全国のヒラメの漁獲量に対する瀬戸内海の割合は7.2%、瀬戸内海の魚類の漁獲量に対するヒラメの割合は0.4%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  $t$ （4 月 1 起点）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、隠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、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。2016 年における漁法別漁獲量の割合は、小底 52%、刺網 27%、定置網 12%、釣 8%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トンを超えた。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、2015年は520トン、2016年は505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・0.7%であったが（農林水産省統計情報部1998）、2008年では81トン・9.7%となった（農林水産省統計情報部2009）。

## (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（出漁数）は、小底では1978年（1,285,936）に、刺網では1982年（1,034,989）にそれぞれ最大となり、その後経年的に減少した。2006年の出漁数はそれぞれ、718,757と506,802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、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、2015年現在の標本漁協がそろった2004年以降では減少し続けており、2015年では2004年の59%となったが、2016年は2015年とほぼ同じであった（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）、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協の小型底びき網漁船のCPUEを相対資源量の指標として、チューニングコホート解析を行った（一次計算）。近年の資源管理等による小型魚保護により0歳と1歳の漁獲尾数が減少しているため、最近年の0歳と1歳では漁獲尾数から推定した資源尾数は過小推定となっていると考えられる。一方で、再生産成功率（RPS）の低下もみられるため、最近年の0歳資源尾数は、一次計算で得られた親魚量とRPSの近年3年間（2013～2015年）の最低値（補足表2-2）から推定した天然加入尾数と、放流尾数と添加効率の近年3年間の平均値から推定した放流加入尾数の和とした。また、最近年の1歳資源尾数は、1歳漁獲尾数と自然死亡係数および過去3年間の1歳漁獲係数の最低値から推定した。この0歳資源尾数と1歳漁獲係数を用いて、再度チューニングコホート解析を行った（二次計算、詳細は補足資料2（2））。

## (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・標本漁協の小底の各漁獲量で重み付けした CPUE (kg/出漁隻数) は、2004 年に最大の 1.22 および 2010 年に最小の 0.58 となり、近年 5 年間（2012～2016 年）では、2012～2014 年に 0.66～0.87 に増加し、2014～2016 年に 0.87～0.64 に減少している（図 9、表 3）。農林水産統計による CPUE と標本船・標本漁協による CPUE のトレンドは異なるが、資源解析を行った 1994～2016 年では後者のほうが近年までの資源量のトレンドとして適していると考えられる。

### (3) 漁獲物の年齢組成

年別年齢別漁獲尾数を図 10 に、年別年齢別漁獲重量を図 11 にそれぞれ示す（詳細は補足資料 3）。漁獲尾数では、1994～2015 年には 1 歳が最も多かったが、2016 年には 2 歳が最も多くなった。漁獲重量では、2003～2015 年には 2 歳が最も大きかったが、2016 年には 3 歳が最も大きくなった。

漁獲尾数に占める 0 歳の割合は減少しており、1995 年には過去最高の 33%であったが、2016 年には過去最低の 4%となった。また、近年では 1 歳の割合も減少しており、1996 年には過去最高の 60%であったが、2016 年には過去最低の 28%となった。その一方で、2 歳以上の割合は増加しており、2016 年にはそれぞれ過去最高の 2 歳 36%、3 歳 18%、4 歳 8%、5 歳以上 6%となった。

### (4) 資源量と漁獲割合の推移

資源解析結果を表 4 に、その詳細を補足資料 3 に示す。1994 年以降、年齢別資源尾数は 0～2 歳で大きく減少しているが、3 歳以上ではあまり減少していない。資源量は 1998 年に最高の 3,029 トンとなった後に徐々に減少し、2016 年は 1,583 トンと推定された（図 12、表 4）。資源量減少の最も大きな要因は、0～2 歳資源尾数の減少である。漁獲割合は、1999～2002 年まで 37～38%であったが、その後低下して 2003～2014 年では 33～35%となり、2015 年では 31%、2016 年では 32%となった（図 12、表 4）。漁獲係数は 2 歳が最も高く、3 歳がこれに次ぎ、1 歳以下と 4 歳以上ではこれらより低かった。2 歳の漁獲係数は 1994～2008 年では 0.71～0.95 であったが、2009～2015 年では 0.47～0.69 に低下し、2016 年には 0.51 であった（図 13）。年齢別資源量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 1,679 トンとなったが、2006 年に 1,548 トンとなった後に減少傾向となり、2016 年には 1,169 トンとなった（図 14、表 4）。天然加入量は 1995 年をピークに減少し、2004～2011 年では 100 万尾強で安定していたものの 2012 年以降は減少しており、2016 年には過去最低の 51 万尾と推定された（図 14、表 4）。0 歳の資源尾数と漁獲尾数の年変動から、卓越年級群は発生していないと考えられる。

自然死亡係数の値を $\pm 0.1$ （68～132%）変化させ、資源量、親魚量および 0 歳資源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 84～125%、0 歳資源尾数で 81～128%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 15～17）。

瀬戸内海全域の 0 歳魚の混入率（詳細は補足資料 2）は、1995～2015 年では 8～51%で、2016 年では 20%であった。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×0 歳の初期資源尾数+放流尾数) を求めたところ、1995～2015 年の間、0.02～0.33 の範囲を推移し、2016 年(過去 3 年平均)は 0.04 であった(表 5)。なお、1994 年は混入率の情報が十分に得られなかったため、添加効率を 1995～1999 年の平均 0.17 と仮定した。1994～2015 年では、放流尾数と添加効率から放流加入尾数を求め、チューニング VPA で得られた加入尾数からそれを引いて天然加入尾数とした(2016 年の放流加入尾数と天然加入尾数については前述)。放流魚は 5 万～130 万尾程度が資源に加わっていることが示された(図 18、表 4)。

#### (5) 再生産関係

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 19)、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。

#### (6) Blimit の設定

親魚量 SSB (トン) と天然の加入量 R (百万尾) の暫定的な関係として、原点を通る以下の回帰式を推定した。

$$R = 1,080 \times SSB \quad (5)$$

この式より求まる過去の最大親魚量 1,679 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 840 トンを Blimit とした(図 20)。2016 年の親魚量は 1,169 トンで、Blimit 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、Blimit の設定について再検討するものとする。

#### (7) 資源の水準・動向

資源量は 1998 年に 3,029 トンとなった後に徐々に減少して、2016 年には 1,583 トンとなった(図 12、表 4)。一方、親魚量は 1,178～1,679 トンの間を増減し、2016 年には 1,169 トンとなった(図 14、表 4)。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)。また、2 歳の F も低下傾向にある(補足資料 3)。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。暫定的な Blimit ではあるがこれを低位と中位の境界に(840 トン)、最大親魚量と Blimit の中間(1,260 トン)を中位と高位の境界とし(図 14)、2016 年の親魚量は中位水準と判断した。近年 5 年間の親魚量は減少傾向で推移していることから(図 14)、動向を減少と判断した。

#### (8) 今後の加入量の見積もり

天然加入量は 2012 年以降減少傾向を示している(図 14、表 4)。再生産成功率 (RPS) は 0.43～3.04 の範囲であり、1995 年をピークに減少したが 2004～2014 年では 0.60～1.08 の範囲に比較的安定し、2015 年には 0.47、2016 年には 0.43 と低下した(図 21、表 4)。表 6 は 6 月の燧灘でのピーク時の天然稚魚の採集尾数(400m<sup>2</sup>あたり)で、図 22 は天然の 0 歳資源尾数との関係を示す。燧灘での天然稚魚の採集尾数は、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。採集尾数は、香川では 2009 年以降に、愛媛県では 2013 年以降に非常に少なくなっており、2017 年の採集尾数は平均 0.3 尾とわずかであった。卓越

年級群の出現が観察されていないこと、徐々にではあるが親魚量が減少していること、RPSも減少していること、調査による天然稚魚の採集尾数がわずかであること等から、今後も低調な加入が続くと思われる。

#### (9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

図 23 に漁獲係数と YPR および%SPR の関係を示す（詳細は補足資料 2(4)）。2 歳の漁獲係数で代表した現状（2016 年）の F は 0.51 で、F30%SPR の 0.36 や Fmax の 0.40 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（図 13）、小底の出漁隻数の減少傾向から（図 7）、F は今後も減少するものと思われる。

#### (10) 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。放流尾数は 1990 年代後半から 2008 年まで年間 400 万～500 万尾であったが、それ以降は減少傾向となった。2015 年には 252 万尾が放流され、放流魚の 0 歳時混入率は 8%、添加効率は 0.02 と推定された。

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。2018 年から 5 年間放流尾数と漁獲圧を変化させ、期待される 2023 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、2016 年と 2017 年は 2013～2015 年の平均放流尾数 273 万尾とし、2018 年以降 0～600 万尾の範囲で変化させた。2017 年の漁獲係数は 2016 年と同一の値で、2018 年以降 0.2～1.0 の範囲で変化させた（将来予測方法の詳細は補足資料 2(5)）。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 5 に記載した。

図 24、図 25 は、それぞれ 2023 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（小底の出漁隻数）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。なお、近年の小型魚漁獲尾数の減少にともなう 0 歳時混入率推定のための標本数の減少により、放流加入尾数の推定精度は低下している。

## 5. 2018 年 ABC の算定

### (1) 資源評価のまとめ

2016 年の親魚量は暫定的な Blimit を上回っているが、過去最高の親魚量と Blimit の中間を下回っている。過去 5 年間の親魚量は減少傾向で推移している。これらから判断して、資源の水準は中位、動向は減少である。

### (2) ABC の算定

現在の親魚量水準は 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。資源状態は中位・減少であり、現状の水準を維持する方策が必要と考えられる。中長期的に親魚量水準を維持することを管理目標とし、F 基準値として中長期的にこ

の水準を維持する漁獲係数  $F_{sus}$  を求めた。 $F_{sus}$  は平均的な再生産成功率 (RPS) の逆数に対応する SPR を維持するが、ここでは RPS の減少傾向を考慮して過去 3 年間 (2013~2015 年) の RPS の最低値の逆数に対応する SPR を維持することとした。 $F_{sus}$  は 0.30 となり、これを  $F_{limit}$  とした。 $F_{limit}$  に安全率  $\alpha$  (標準値の 0.8) を乗じて  $F_{target}=0.24$  とした。

2017 年以降の資源量は、天然の 0 歳資源尾数を親魚量と RPS、放流による 0 歳資源尾数を放流尾数と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。RPS は減少傾向にあるので、2013~2015 年の最低値 0.47 とした。漁獲率は 2017 年が 2016 年の年齢別漁獲係数に等しく、2018 年以降は 2016 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、2016 年以降も近年 (2013~2015 年) と同程度の種苗放流が実施されると仮定し、放流尾数をその間の平均である 273 万尾、添加効率を 2013~2015 年の平均 0.04 とした。2012 年以降減少している RPS の下で天然加入量の減少をくい止めるためには、 $F$  を減少させなければならない。2018 年から  $F_{limit}$  および  $F_{target}$  で漁獲を続けたときの漁獲量は 2022 年以降に、資源量と親魚量は 2019 年以降に、現状の  $F$  で獲り続けるよりも増加する (図 26)。

管理基準	Target / Limit	2018年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
F <sub>sus</sub>	Target	214	16	0.24 (-53%)
	Limit	261	20	0.30 (-41%)

$F_{sus}$  は資源を中長期的に維持する  $F$  で、ここでは RPS の低下傾向を考慮して RPS の直近 3 年間 (2013~2015 年) の最低値 (一般的には平均値) の逆数となる SPR を維持することとし、これを  $F_{limit}$  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、より安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。 $F_{target}=\alpha F_{limit}$  とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。 $F$  値は 2 歳における値であり、現状の  $F$  値は 2013~2015 年における最高齢の  $F$  との比の平均値と現状の最高齢の  $F$  から算出し、0.51 である。将来予測に用いる RPS には、直近 3 年間の最低値を用いた。漁獲割合は ABC 資源量である。

### (3) ABC の評価

管理後、漁獲量、親魚量、資源量は増加する。将来予測の詳細を補足資料 4 に示す。

管理基準	F 値	漁獲量 (トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.3F <sub>current</sub>	0.15	505	451	142	171	197	226	257	290
0.8F <sub>sus</sub> =F <sub>target</sub>	0.24	505	451	214	241	262	285	308	330
0.5F <sub>current</sub>	0.26	505	451	226	252	271	291	312	332
F <sub>sus</sub> =F <sub>limit</sub>	0.31	505	451	261	281	293	307	320	332
0.7F <sub>current</sub>	0.36	505	451	303	312	314	318	321	323
0.8F <sub>current</sub>	0.41	505	451	339	335	327	321	315	309
0.9F <sub>current</sub>	0.46	505	451	373	355	336	320	306	292
1.0F <sub>current</sub>	0.51	505	451	406	372	341	315	293	273

管理基準	F 値	資源量 (トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.3Fcurrent	0.15	1,583	1,438	1,304	1,546	1,792	2,061	2,344	2,639
0.8Fsus=Ftarget	0.24	1,583	1,438	1,304	1,448	1,580	1,720	1,857	1,990
0.5Fcurrent	0.26	1,583	1,438	1,304	1,433	1,548	1,669	1,788	1,900
Fsus=Flimit	0.31	1,583	1,438	1,304	1,385	1,451	1,522	1,587	1,646
0.7Fcurrent	0.36	1,583	1,438	1,304	1,329	1,342	1,359	1,374	1,382
0.8Fcurrent	0.41	1,583	1,438	1,304	1,281	1,251	1,229	1,208	1,184
0.9Fcurrent	0.46	1,583	1,438	1,304	1,234	1,167	1,113	1,064	1,017
1.0Fcurrent	0.51	1,583	1,438	1,304	1,190	1,090	1,010	939	877

管理基準	F 値	親魚量 (トン)							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.3Fcurrent	0.15	1,169	1,058	949	1,158	1,355	1,575	1,789	2,015
0.8Fsus=Ftarget	0.24	1,169	1,058	949	1,075	1,180	1,295	1,397	1,498
0.5Fcurrent	0.26	1,169	1,058	949	1,062	1,154	1,254	1,341	1,426
Fsus=Flimit	0.31	1,169	1,058	949	1,022	1,074	1,134	1,182	1,225
0.7Fcurrent	0.36	1,169	1,058	949	974	984	1,002	1,012	1,017
0.8Fcurrent	0.41	1,169	1,058	949	933	910	897	880	862
0.9Fcurrent	0.46	1,169	1,058	949	893	842	804	767	732
1.0Fcurrent	0.51	1,169	1,058	949	856	780	722	670	623

F値は2歳における値、Fcurrentは2016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
2015年漁獲量確定値	2015年漁獲量、2015年混入率、2015年年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2016年漁獲量概数値	2016年漁獲量、2016年年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2016年全長組成	2016年年齢別漁獲尾数
2016年年齢、全長測定値	2016年 Age-length key、2016年年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2016年標本船・標本漁港 CPUE	資源量推定値
2015年種苗放流尾数	2015年混入率
放流種苗の標識率	2016年兵庫・山口・愛媛データ、2007～2009年和歌山データ、2006～2009年および2013～2016年大阪データ、2006～2009年および2013～2016年混入率

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) (実際のF 値)
2016年(当初)	F2014	0.56	1,968	546	455	
2016年(2016年再評価)	F2014	0.52	1,792	532	444	
2016年(2017年再評価)	F2014	0.55	1,583	519	435	505 (0.51)
2017年(当初)	Fsus	0.50	1,997	540	450	
2017年(2017年再評価)	Fsus	0.41	1,438	391	324	

2015年漁獲量の修正に伴う年齢別漁獲尾数データの修正、2016年の年齢別漁獲尾数とCPUEデータの追加を行った。また、将来予測に用いるRPSを過去5年平均から過去3年の最低値へ、添加効率・放流尾数を過去5年平均から過去3年平均にそれぞれ変更した。2016年（2017年再評価）では、資源量・将来予測に用いるRPS・添加効率・放流数の下方修正により、ABCは下方修正された。2017年（2017年再評価）では、資源量・Fsus・将来予測に用いるRPSが大きく下方修正されたため、ABCも大きく下方修正された。

## 6. ABC 以外の管理方策への提言

漁獲尾数において、0歳と1歳が大きく減少しているのに対し、2歳以上の減少はそれほどではない（図10）。このような漁獲物の大型化は小型魚再放流等の小型魚混獲回避の効果であると思われる。このような資源管理は、放流種苗を親魚にまで育てて再生産を確保する資源造成型栽培漁業を推進することにもなる。一方で、近年の燧灘での天然稚魚の採集数は低位であることから、稚魚の着底場の環境の悪化等によりRPSが減少している可能性がある。天然稚魚の採集尾数は少ない状況が続いており、今後もその動向を注視する必要がある。

## 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.

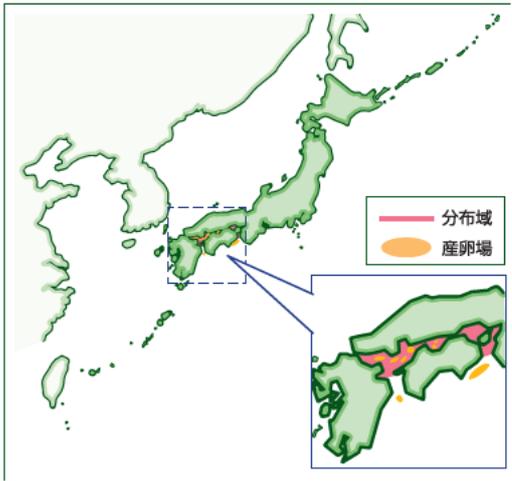


図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

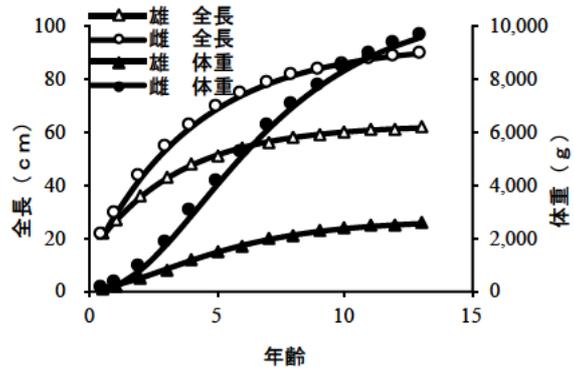


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

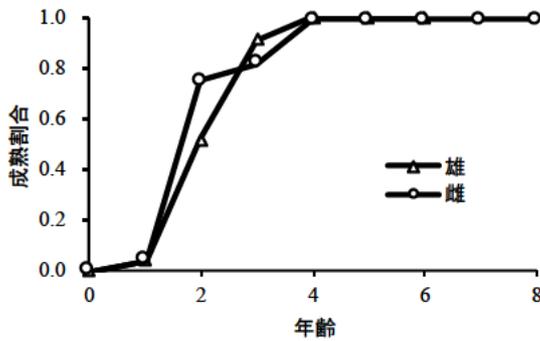


図3. 年齢別成熟割合

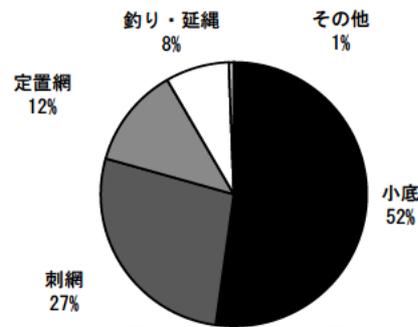


図4. 2015年の漁法別漁獲量の割合



図5. 漁獲量と放流尾数の推移

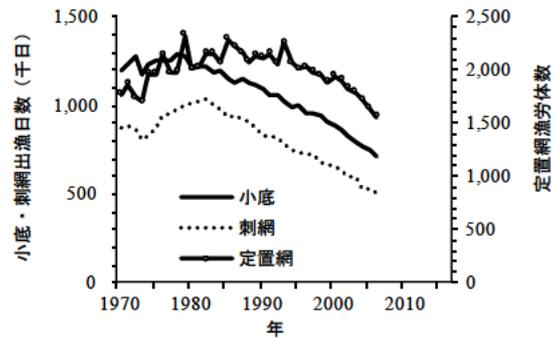


図6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の努力量の推移

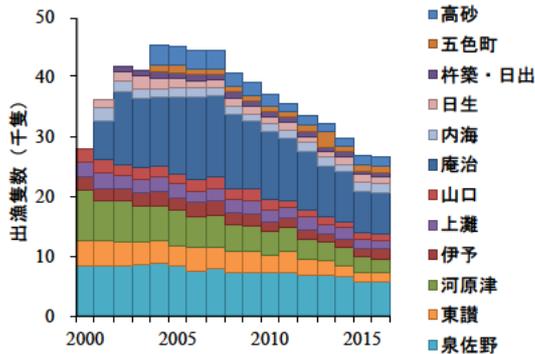


図7. 標本船・標本漁協の小底出漁隻数の推移

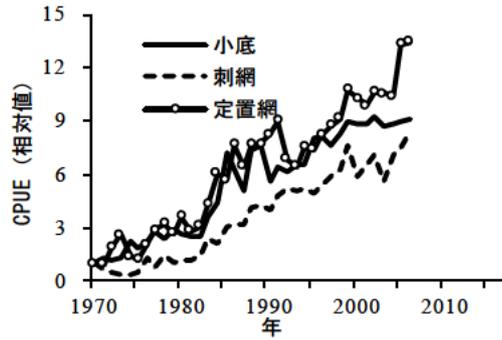


図8. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網のCPUEの推移 1970年を1とした。

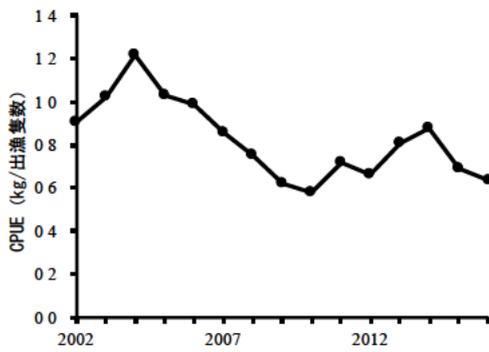


図9. 小底の標本船・標本漁協 CPUE

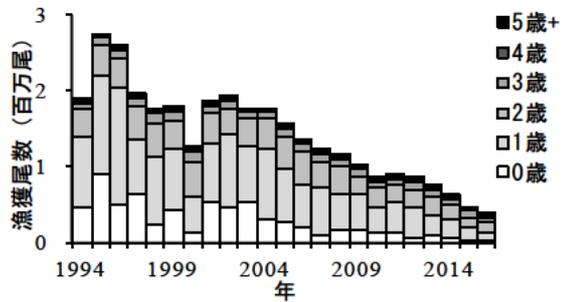


図10. 年齢別漁獲尾数の推移

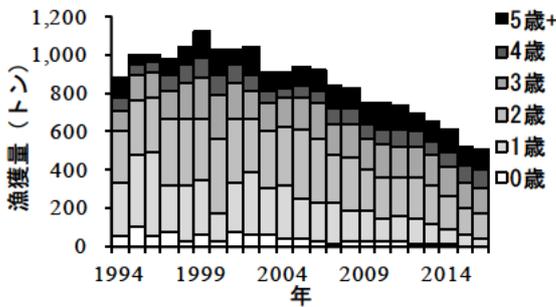


図11. 年齢別漁獲量の推移

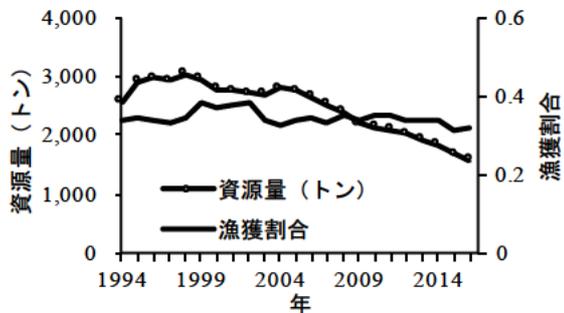


図12. 資源量と漁獲割合の推移

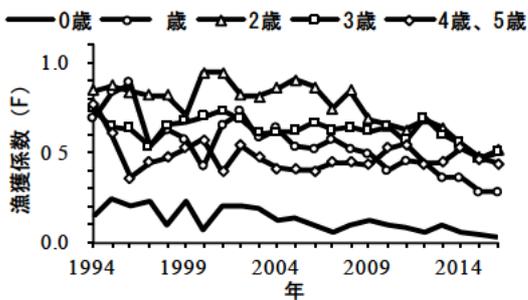


図13. 年齢別漁獲係数の推移

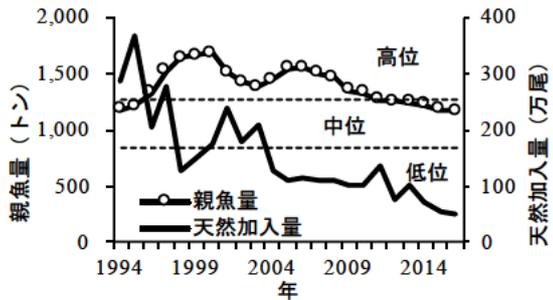


図14. 親魚量と天然魚加入量の推移 中位と低位の境は Blimit、高位と中位の境は最大親魚量と Blimit の中間。

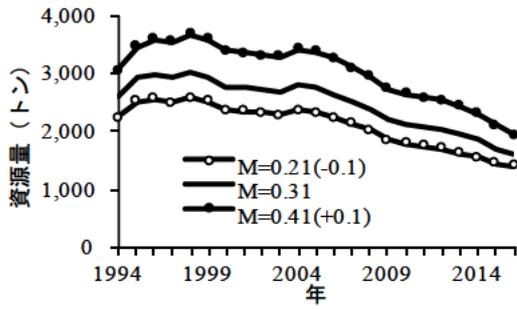


図 15. 自然死亡係数の値による資源量の感度解析

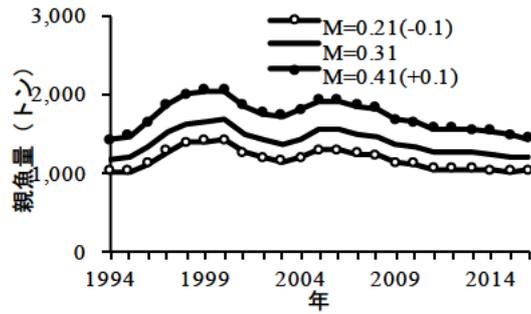


図 16. 自然死亡係数の値による親魚量の感度解析

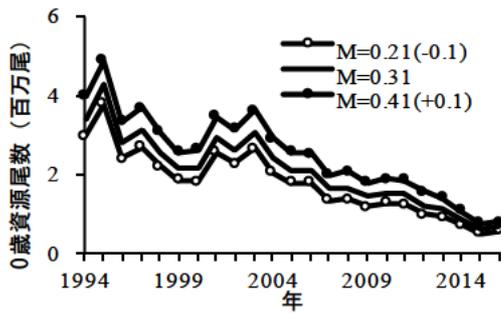


図 17. 自然死亡係数の値による 0 歳資源尾数の感度解析

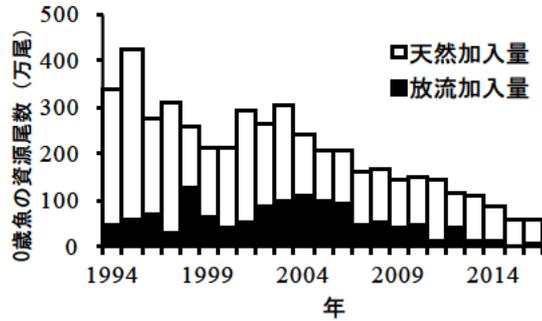


図 18. 0 歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

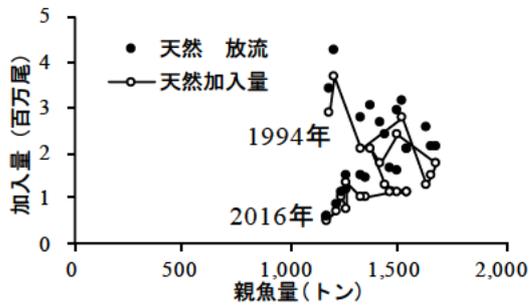


図 19. 再生産関係

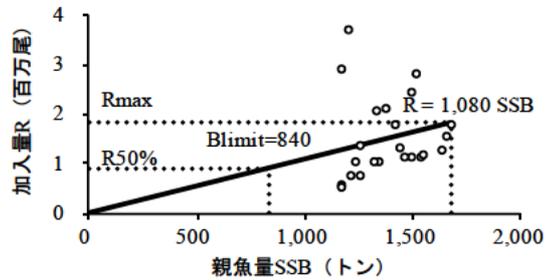


図 20. Blimit の設定、プロットは親魚量と天然の加入量の関係

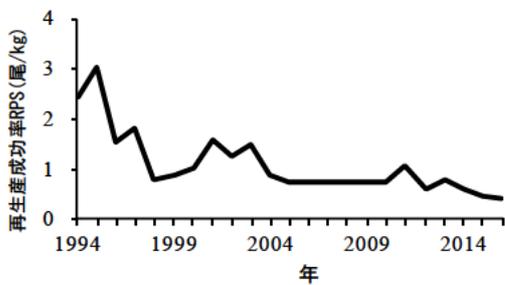


図 21. 再生産成功率 (RPS) の推移

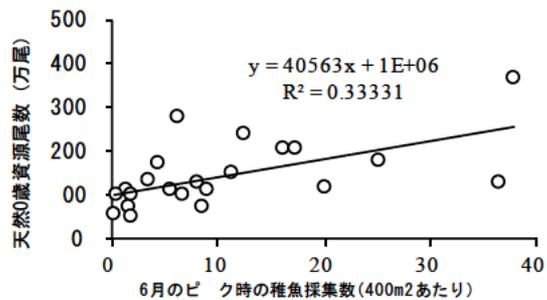


図 22. 6 月のピーク時の稚魚採集数と天然の 0 歳資源尾数の関係

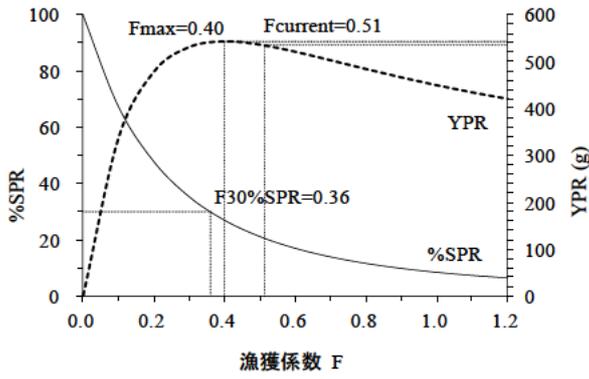


図 23. 漁獲係数と YPR、SPR(%)の関係

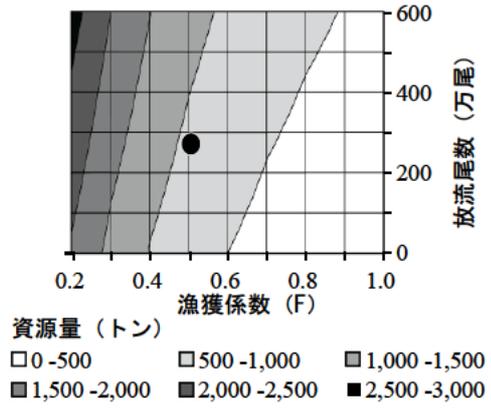


図 24. 2018～2023 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2023 年の資源量 (トン) の等量線図 ●は現状の F と放流尾数のレベル。

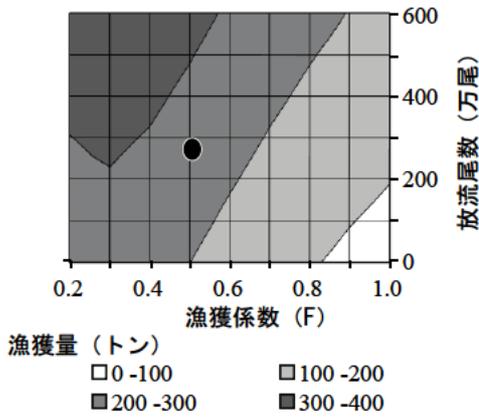


図 25. 2018～2023年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2023 年の漁獲量(トン)の等量線図 ●は現状の F と放流尾数のレベル。

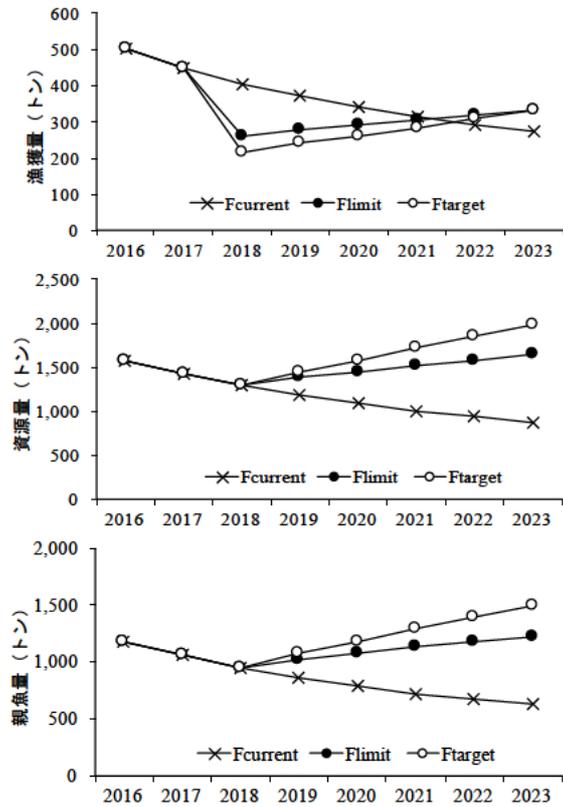


図 26. 2018 年から Fcurrent、Flimit、Ftarget で漁獲を続けたときの漁獲量、資源量、親魚量の推移

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	468	161		
1980	65	8	22	58	76	120	44	24	15	431	227		
1981	63	9	24	58	87	100	19	35	21	415	140		
1982	67	6	22	40	76	107	42	55	21	435	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	1,000	4,134		
1996	101	21	159	99	167	222	107	111	12	1,000	3,817		
1997	87	23	157	108	143	230	108	96	20	973	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	912	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	徳島	香川	愛媛	福岡	大分	合計	放流尾数(千尾)
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	143	35	70	29	28	80	180	1	30	613	2,884
2015**	10	6	88	29	63	29	22	79	168	0	27	520	2,516
2016***	9	6	95	33	57	24	10	75	161	1	23	505	

\* 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。

\*\* 2015 年の漁獲量は確定値となり、昨年の概数値から修正された。

\*\*\* 2016 年の漁獲量合計値は概数値。

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	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	0.309	0.758	0.454	1.121	0.020	0.105	1.143	0.764	0.768	0.424	0.501	0.379	0.873
2015	0.321	0.850	0.415	0.684	0.008	0.105	1.174	0.781	0.566	0.824	0.635	0.359	0.691
2016	0.290	0.950	0.324	0.588	0.013	0.060	1.177	0.808	0.432	0.510	0.598	0.273	0.638

表 4. ヒラメ瀬戸内海系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 (千尾)		漁獲割合	再生産成功率 (尾/kg)
				天然	放流		
1994	876	2,571	1,178	2,871	509	0.34	2.44
1995	1,000	2,913	1,205	3,666	580	0.34	3.04
1996	1,000	2,978	1,331	2,059	726	0.34	1.55
1997	973	2,920	1,518	2,787	324	0.33	1.84
1998	1,039	3,029	1,639	1,268	1,305	0.34	0.77
1999	1,118	2,945	1,661	1,507	630	0.38	0.91
2000	1,023	2,783	1,679	1,746	409	0.37	1.04
2001	1,033	2,756	1,503	2,406	527	0.37	1.60
2002	1,039	2,722	1,418	1,775	860	0.38	1.25
2003	912	2,688	1,376	2,076	979	0.34	1.51
2004	911	2,791	1,441	1,294	1,105	0.33	0.90
2005	934	2,744	1,544	1,123	975	0.34	0.73
2006	918	2,650	1,548	1,155	928	0.35	0.75
2007	835	2,524	1,493	1,123	490	0.33	0.75
2008	831	2,389	1,468	1,107	552	0.35	0.75
2009	750	2,204	1,351	1,019	416	0.34	0.75
2010	751	2,125	1,328	1,011	506	0.35	0.76
2011	728	2,081	1,262	1,364	115	0.35	1.08
2012	691	2,029	1,257	750	441	0.34	0.60
2013	654	1,930	1,242	1,006	113	0.34	0.81
2014	613	1,826	1,216	725	145	0.34	0.60
2015	520	1,679	1,176	551	47	0.31	0.47
2016	505	1,583	1,169	508*	98**	0.32	0.43

\* 2016 年の天然加入尾数は、一次計算における親魚量と再生産成功率 RPS (補足表 2-2) から求めた。

\*\* 2016 年の放流加入尾数は、放流尾数と添加効率 (それぞれ 2013~2015 年の平均) から求めた。

表 5. 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

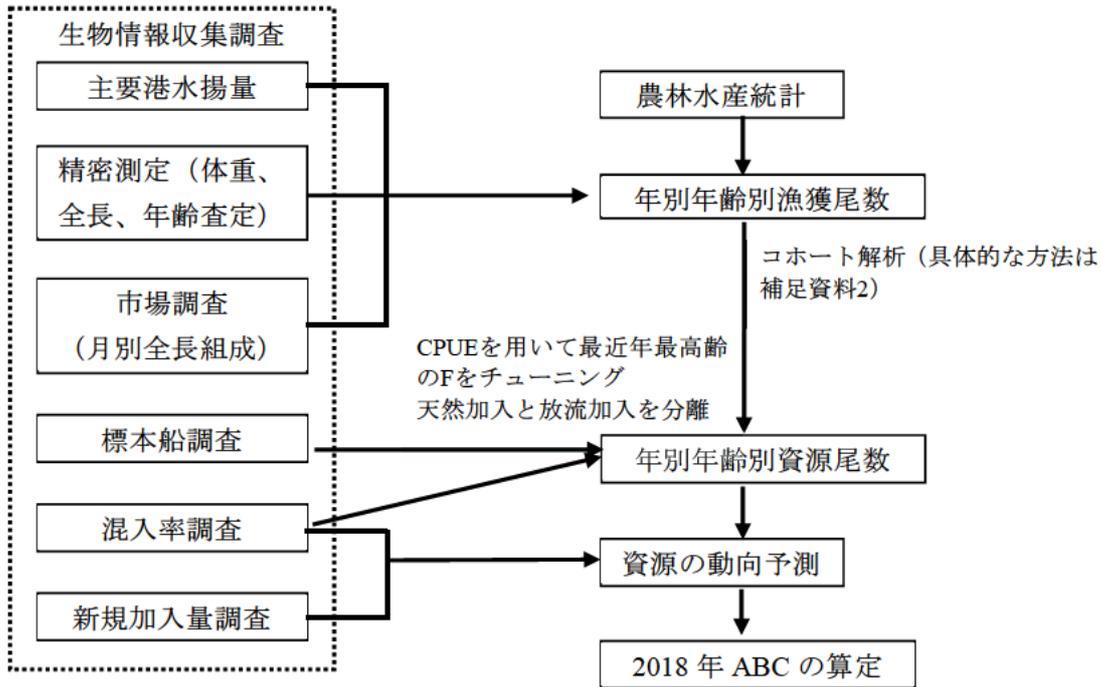
放流年	補正無し 混入率 (%)	標識装着率 (%)	補正済み 混入率 (%)	添加効率 (0歳)
1995	14	100	14	0.14
1996	26	100	26	0.19
1997	10	100	10	0.08
1998	51	100	51	0.33
1999	27	92	29	0.13
2000	19	100	19	0.09
2001	18	100	18	0.12
2002	29	90	33	0.24
2003	29	90	32	0.24
2004	40	87	46	0.22
2005	41	88	46	0.19
2006	34	77	45	0.18
2007	23	75	30	0.10
2008	23	69	33	0.12
2009	22	77	29	0.11
2010	27	81	33	0.17
2011	6	79	8	0.04
2012	25	68	37	0.16
2013	7	71	10	0.04
2014	12	75	17	0.05
2015	5	60	8	0.02
2016	13	66	20	0.04*

\*2016年の添加効率は、2013～2015年の平均とした。

表 6. 6月の着底ピーク時の稚魚採集数(400m<sup>2</sup>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
2016	3.08	0.50	1.79
2017	0.35	0.25	0.30

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

瀬戸内海各地において1995年以降に耳石による年齢査定と全長・体重測定を行い、期別(1～4月、5～8月、9～12月)雌雄別のAge-Length key (ALK)と期別全長階級別雌雄比(それぞれ補足表2-1)および雌雄別体長体重関係を求めた。この際、単年ではデータ数が少ないため、1995～当該年までのデータを用いた。1995～2004年についてはデータ数が少ないため1995～2004年のデータを用いて各年共通の期別雌雄別のALKと期別全長階級別雌雄比および雌雄別体長体重関係を求めた。なお、平成25年度評価までは最新年までのデータを加えて体長-体重関係を更新し、それを用いて年齢別漁獲尾数を過去にわたって更新していた。平成26年度評価以降は、漁獲量に変更された場合を除き過去の年齢別漁獲尾数は更新していない。

1994年以降に瀬戸内海各地の標本漁協において月別漁業種別の全長測定を行い、それぞれの月別漁獲量で重み付けを行って瀬戸内海全体の年別期別全長組成個体数割合をそれぞれ求めた。また、標本漁協の期別の合計漁獲量割合を用いて、瀬戸内海の漁獲量を期別漁獲量に振り分けた。さらに、雌雄別全長体重関係と期別全長階級別雌雄割合を用いて、期別全長組成個体数割合を期別雌雄別全長組成重量割合に変換した。これに期別雌雄別ALKを適用して期別雌雄別年齢別全長組成重量割合を算出し、これに瀬戸内海の期別漁獲量を乗じ、雌雄別全長階級別平均体重で除することによって期別雌雄別年齢別漁獲尾数を算出した。雌雄の漁獲尾数を足し合わせ、期別年齢別漁獲尾数とした。

1996～2005年については、中部海域(広島県、香川県燧灘、愛媛県燧灘)の定置網とその他によるものを分けて求め、それらを足し合わせて全体の年齢別漁獲尾数とした。中部海域の定置網による年齢別漁獲尾数は前述の方法によらず、香川県燧灘の定置網漁獲物か

ら得られた漁獲物の年齢別重量組成と年齢別平均体重、および中部海域の定置網漁獲量から算出した。その他によるものの年齢別漁獲尾数は、東部海域（和歌山県、大阪府、兵庫県、岡山県、徳島県、燧灘を除く香川県）、定置網を除く中部海域、西部海域（山口県、愛媛県伊予灘、福岡県、大分県）についてそれぞれ前述の方法で年齢別漁獲尾数を求めた。

これまでにデータ採集を行った標本漁協と漁業種は、泉佐野（大阪府）、仮屋・神戸市・塩田・由良・浅野浦・坊勢・室津浦・高砂・五色（兵庫県）、河原津（愛媛県燧灘）および伊予・上灘（愛媛県伊予灘）のそれぞれの小底、伊吹・大浜・仁尾（香川県燧灘）および弓削（愛媛県燧灘）のそれぞれの定置網、西条（愛媛県燧灘）の刺網、徳山・宇部・防府（山口県）の小底・他、姫島・国見・安岐（大分県）の刺網・建網・一本釣であった。

## (2) 資源量推定法

1994～2016年までの23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1～12月31の暦年の集計であるため、1歳以上は1月1を年齢の起算とした。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。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_a \exp\left(\frac{M_a}{2}\right) \quad (1)$$

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

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

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

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

最近年の0～3歳の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,2016} = \left(\frac{C_{a,2016}}{(1 - \exp(-F_{a,2016}))}\right) \exp\left(\frac{M_a}{2}\right) \quad (5)$$

最近年の漁獲係数は $F_{4,2016}$ を未知パラメータとし $F_{5+,2016}=F_{4,2016}$ 、また $F_{1,2016} \sim F_{3,2016}$ は選択率が過去3年（2013～2015年）の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,2016} = \left(\frac{\sum_{b=1}^5 F_{a,2016-b}}{\sum_{b=1}^5 F_{4,2016-b}}\right) F_{4,2016} \quad (6)$$

最近年の4歳の漁獲係数は、CPUEの実測値 $u_y$ (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2002~2016年までの15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の理論値と、CPUEの観測値(各標本漁協のCPUEを漁獲量で重み付けした平均値)のトレンドが最も一致するように、未知パラメータ $q$ 、 $F_{4,2016}$ は最小二乗法で推定した(一次計算)。

$$SS = \sum_y \left( \ln(u_y) - \ln \left( q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a \right) \right)^2 \quad (10)$$

最近年の加入量(0歳資源尾数)は、平成27年度まで(5)式を用いて求めていたが、近年では0歳漁獲尾数の減少から過小推定となっていると考えられた(補足図4-1左下)。そこで平成28年度には、近年(2010~2014年)の平均的な再生産成功率 $RPS_{ave5}$ から求めた天然加入尾数 $Rn_{2015}$ と、放流尾数と添加効率(それぞれ2010~2014年の平均)から求めた放流加入尾数 $Ra_{2015}$ の和とした。しかし、2014年以降の天然加入量は低下傾向にあることを勘案して、平成29年度では一次計算における近年(2013~2015年)の再生産成功率の最低値 $RPS_{min}$ (=0.44、補足表2-2)から求めた天然加入尾数 $Rn_{2016}$ と、放流尾数と添加効率(それぞれ2013~2015年の平均)から求めた放流加入尾数 $Ra_{2016}$ の和とした。

$$Rn_{2016} = SSB_{2016} \times RPS_{min} \quad (11)$$

$$Ra_{2016} = \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (12)$$

$$N_{0,2016} = Rn_{2016} + Ra_{2016} \quad (13)$$

最近年の0歳の漁獲係数は、以下とした。

$$F_{0,2016} = -\ln \left( 1 - \frac{C_{2016} \exp \left( \frac{M_0}{2} \right)}{N_{2016}} \right) \quad (14)$$

近年の小型魚の漁獲尾数の減少の影響は、0歳だけでなく1歳にも影響を与えていると考え、平成29年度では最近年(2016年)の1歳のFを近年(2013~2015年)の最低値(F<sub>1,min</sub>)として資源尾数を求めた。

$$N_{1,2016} = \left( \frac{C_{1,2016}}{(1 - \exp(-F_{1,min}))} \right) \exp\left(\frac{M_1}{2}\right) \quad (15)$$

最近年の0歳と1歳資源尾数および漁獲係数を求めた後、再度CPUEによるチューニングにより4歳の漁獲係数を求め、VPAによる資源計算を行った(二次計算)。レトロスペクティブ解析による最近年の資源量・親魚量・加入量・1歳資源尾数は、補正を行った場合(補足図2-1右)の方が補正を行わない場合(補足図2-1左)より安定する。なお、再計算によって最近年の0歳と1歳を除いて資源尾数に変更されるため、新たに計算された最近年の再生産成功率は近年(2013~2015年)の最低値ではなくなる(補足表2-2)。

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<sub>0</sub>=0.08(0.25年<sup>-1</sup>)、M<sub>1</sub>~M<sub>5+</sub>=0.31(年<sup>-1</sup>)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1995~2016年の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)	138	345	841	1,693	2,711	4,157

### (3) 0歳混入率の推定方法

1994~2016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)、雌雄込みで推定した成長曲線

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

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(σ=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混入率を求めた。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、和歌山県、大阪府、兵庫県、岡山県、山口県、香川県、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ていない年(1995~1998年、2000~2001年)の放流魚の標識装着率は100%と仮定した。今年度は和歌山県と大阪府の過去の標識装着率が修正されたため、2006~2009年および2013~2015年について混入率が修正された。

### (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。

$$YPR = \sum_{a=1}^{15} F_a(F_a + M_a)(1 - \exp(-F_a - M_a))S_a M_a \quad (17)$$

$$SPR = \sum_{a=0}^{15} fr_a S_a W_a \quad (18)$$

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

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。

$$N_{0,y} = \sum_{a=1}^{5+} N_{a,y} fr_a S_a W_a RPS \quad + \text{放流尾数} \quad \text{添加効率} \quad (20)$$

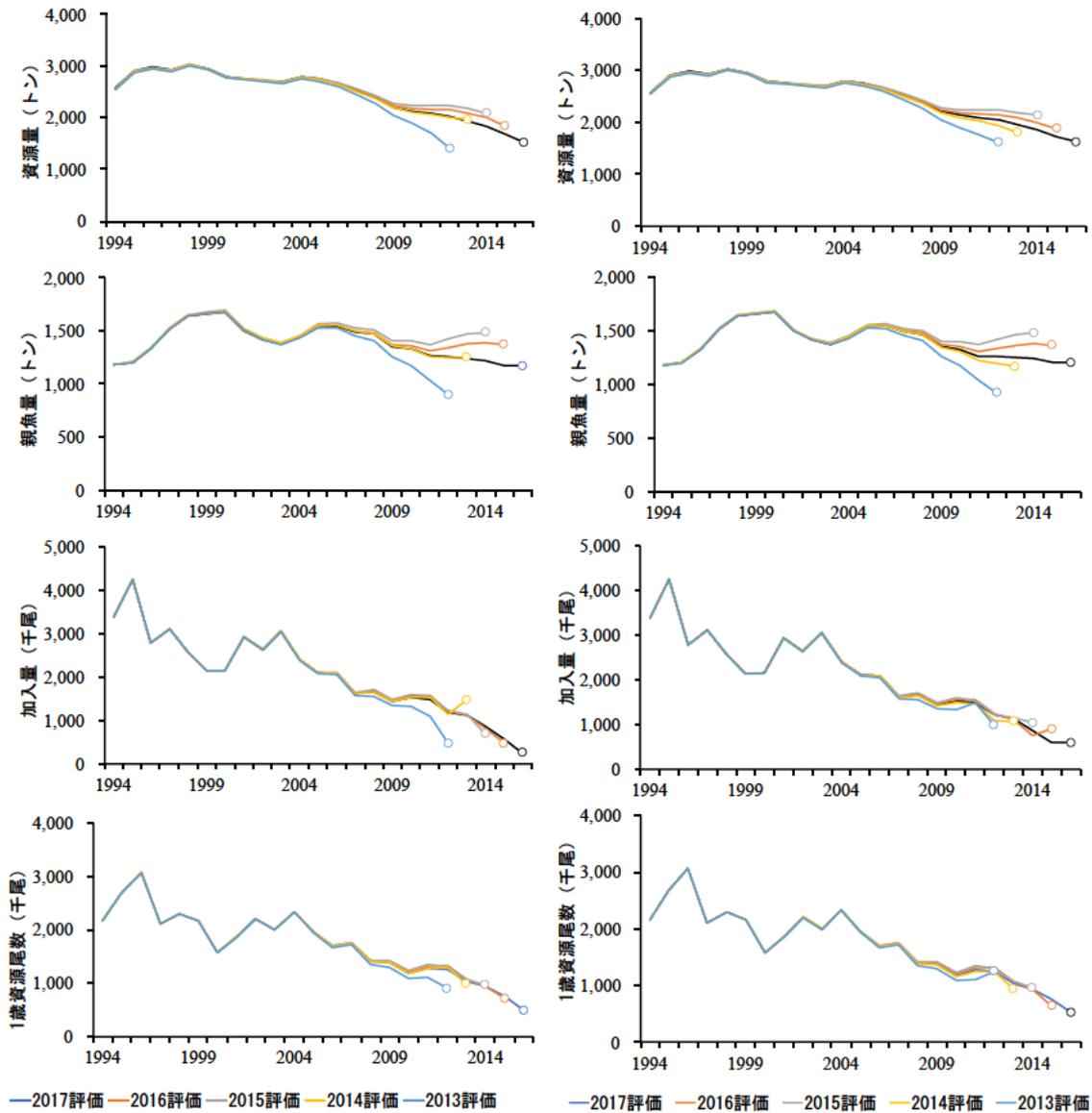
$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1}) - C_{a-1,y-1} \exp\left(-\frac{M_{a-1}}{2}\right) \quad (a = 1, \dots, 4) \quad (21)$$

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

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

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

2017～2023年の将来予測において、再生産成功率（RPS）は2013～2015年の最低値、添加効率は2013～2015年の平均値で、それぞれ0.47と0.04を使用した。



補足図 2-1. 資源量・親魚量・加入量・1歳資源尾数の2013～2016年のレトロスペクティブ解析 左は最近年の加入量の補正を行わないチューニング VPA、右は加入量と1歳資源尾数の補正を行ったチューニング VPA。

補足表 2-1. Age-length key と雌雄割合

全長階級 (mm)	雌						雌						雌							
	1-4 月					雌の 割合	5-8 月					雌の 割合	9-12 月					雌の 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		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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	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	0.00	0.00	0.45
200~240	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.92	0.06	0.02	0.00	0.00	0.34	0.99	0.00	0.01	0.00	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	0.47	0.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56
280~320	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.34	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.47	0.68	0.30	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46
320~360	0.49	0.49	0.02	0.00	0.00	0.33	0.70	0.30	0.00	0.00	0.00	0.40	0.26	0.67	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33
360~400	0.14	0.80	0.05	0.00	0.00	0.23	0.22	0.74	0.04	0.00	0.00	0.29	0.00	0.96	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
400~440	0.05	0.86	0.09	0.00	0.00	0.51	0.03	0.88	0.09	0.00	0.00	0.56	0.00	0.90	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.59
440~480	0.03	0.84	0.12	0.01	0.00	0.79	0.01	0.90	0.08	0.01	0.00	0.77	0.00	0.82	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78
480~520	0.01	0.66	0.32	0.01	0.00	0.80	0.00	0.66	0.30	0.05	0.00	0.83	0.00	0.73	0.23	0.03	0.00	0.00	0.00	0.87
520~560	0.01	0.35	0.60	0.04	0.01	0.81	0.00	0.27	0.64	0.09	0.00	0.87	0.00	0.37	0.48	0.15	0.00	0.00	0.00	0.82
560~600	0.01	0.16	0.63	0.16	0.03	0.78	0.01	0.16	0.63	0.16	0.03	0.78	0.00	0.01	0.16	0.63	0.16	0.03	0.03	0.78
600~640	0.00	0.07	0.51	0.33	0.10	0.85	0.00	0.07	0.51	0.33	0.10	0.85	0.00	0.00	0.07	0.51	0.33	0.10	0.03	0.85
640~680	0.00	0.01	0.34	0.42	0.24	0.91	0.00	0.01	0.34	0.42	0.24	0.91	0.00	0.00	0.01	0.34	0.42	0.24	0.03	0.91
680~720	0.00	0.01	0.15	0.39	0.45	0.95	0.00	0.01	0.15	0.39	0.45	0.95	0.00	0.00	0.01	0.15	0.39	0.45	0.03	0.95
720~760	0.00	0.00	0.05	0.32	0.63	0.97	0.00	0.00	0.05	0.32	0.63	0.97	0.00	0.00	0.00	0.05	0.32	0.63	0.03	0.97
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	0.88	0.03	1.00
800~840	0.00	0.00	0.05	0.00	0.95	1.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.95	1.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.95	0.03	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	0.03	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	0.03	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	0.03	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	0.03	1.00

全長階級 (mm)	雄						雄						雄							
	1-4 月					雄の 割合	5-8 月					雄の 割合	9-12 月					雄の 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		5+歳	
0~40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40~80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80~120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120~160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160~200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200~240	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
240~280	0.86	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
280~320	0.61	0.38	0.01	0.00	0.00	0.00	0.70	0.29	0.01	0.00	0.00	0.00	0.42	0.53	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
320~360	0.17	0.78	0.04	0.00	0.00	0.00	0.24	0.68	0.07	0.01	0.00	0.00	0.06	0.85	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
360~400	0.04	0.86	0.09	0.00	0.00	0.00	0.04	0.83	0.10	0.03	0.00	0.00	0.02	0.80	0.16	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
400~440	0.04	0.63	0.30	0.02	0.01	0.00	0.01	0.59	0.35	0.03	0.01	0.00	0.00	0.82	0.16	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
440~480	0.00	0.35	0.54	0.09	0.02	0.00	0.00	0.46	0.37	0.14	0.03	0.00	0.00	0.43	0.48	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00
480~520	0.01	0.10	0.45	0.24	0.19	0.00	0.00	0.19	0.28	0.33	0.19	0.00	0.00	0.22	0.56	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
520~560	0.00	0.11	0.49	0.20	0.20	0.00	0.00	0.07	0.27	0.27	0.40	0.00	0.00	0.17	0.00	0.33	0.00	0.50	0.00	0.00
560~600	0.00	0.03	0.34	0.41	0.22	0.00	0.00	0.03	0.34	0.41	0.22	0.00	0.00	0.00	0.03	0.34	0.41	0.22	0.00	0.00
600~640	0.00	0.03	0.11	0.38	0.49	0.00	0.00	0.03	0.11	0.38	0.49	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11	0.38	0.49	0.00	0.00
640~680	0.00	0.00	0.07	0.36	0.57	0.00	0.00	0.00	0.07	0.36	0.57	0.00	0.00	0.00	0.07	0.36	0.57	0.00	0.00	0.00
680~720	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	0.00	0.00	0.00
720~	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

補足表 2-2. 一次計算と二次計算における再生産成功率

	2013	2014	2015	2016
一次計算	0.81	0.60	0.44	0.44*
二次計算	0.81	0.60	0.47	0.43**

\* 2013~2015 年の最低値 (2016 年天然加入量の算出に使用)。

\*\* 親魚量と天然加入量から計算。

## 補足資料3 コホート解析結果の詳細

## 資源解析結果 (1994~2004年)

## 年齢別漁獲尾数

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	468,407	899,444	484,363	612,317	230,273	415,449	140,569	532,460	461,669	512,944	278,787
1歳	923,178	1,296,579	1,541,861	748,767	915,159	807,935	461,653	764,183	974,055	752,044	938,780
2歳	374,018	394,613	412,047	442,528	433,735	385,970	466,268	397,986	337,814	369,384	402,485
3歳	77,867	97,915	96,389	94,902	121,324	121,282	138,283	111,520	91,369	88,788	98,741
4歳	25,813	23,549	23,870	28,590	37,174	39,576	40,566	32,446	31,471	25,397	26,184
5+歳	29,972	15,900	10,493	20,795	24,397	30,535	32,179	22,142	34,797	25,424	20,945
合計	1,899,255	2,728,000	2,569,023	1,947,899	1,762,060	1,800,748	1,279,516	1,860,737	1,931,175	1,773,981	1,765,922

## 年齢別漁獲量 (トン)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	55	104	55	79	29	58	19	73	62	67	34
1歳	272	374	436	241	293	283	155	262	327	245	287
2歳	269	278	285	348	339	330	383	332	276	293	301
3歳	113	139	134	150	191	209	228	187	150	142	148
4歳	60	53	53	73	94	109	107	87	83	65	63
5+歳	107	55	36	81	94	129	131	91	141	100	77
合計	876	1,002	999	972	1,039	1,118	1,023	1,033	1,039	911	911

## 年齢別漁獲係数

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	0.16	0.25	0.20	0.23	0.10	0.23	0.07	0.21	0.20	0.19	0.13
1歳	0.69	0.84	0.89	0.54	0.63	0.58	0.42	0.66	0.73	0.58	0.64
2歳	0.85	0.88	0.84	0.82	0.82	0.71	0.95	0.95	0.82	0.81	0.86
3歳	0.74	0.65	0.63	0.53	0.65	0.67	0.70	0.73	0.69	0.61	0.61
4歳	0.77	0.61	0.36	0.44	0.47	0.53	0.58	0.39	0.54	0.47	0.41
5+歳	0.77	0.61	0.36	0.44	0.47	0.53	0.58	0.39	0.54	0.47	0.41
平均	0.66	0.64	0.55	0.50	0.53	0.54	0.55	0.56	0.59	0.52	0.51

## 年齢別資源尾数

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	3,380,074	4,246,326	2,785,138	3,110,325	2,573,056	2,137,064	2,154,578	2,932,516	2,634,753	3,054,665	2,398,985
1歳	2,158,461	2,675,595	3,062,223	2,110,025	2,287,721	2,158,236	1,576,928	1,857,475	2,200,072	1,992,765	2,331,810
2歳	766,142	789,528	848,484	921,546	903,273	890,956	887,936	758,833	705,318	776,453	814,681
3歳	173,906	240,607	240,101	268,322	295,704	289,856	321,699	250,808	214,759	227,073	252,114
4歳	56,069	60,629	92,281	93,215	115,134	112,568	108,325	117,080	88,107	78,969	90,186
5+歳	65,105	40,938	40,565	67,800	75,560	86,851	85,929	79,897	97,420	79,053	72,142
合計	6,599,757	8,053,622	7,068,792	6,571,233	6,250,447	5,675,531	5,135,394	5,996,609	5,940,428	6,208,979	5,959,918

## 年齢別資源量 (トン)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	465	585	383	428	354	294	297	404	363	421	330
1歳	744	922	1,055	727	788	744	544	640	758	687	804
2歳	645	664	714	775	760	750	747	638	593	653	685
3歳	294	407	406	454	501	491	545	425	364	384	427
4歳	152	164	250	253	312	305	294	317	239	214	245
5+歳	271	170	169	282	314	361	357	332	405	329	300
合計	2,571	2,913	2,978	2,920	3,029	2,945	2,783	2,756	2,722	2,688	2,791

## 年齢別親魚量 (トン)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	31	39	44	31	33	31	23	27	32	29	34
2歳	483	498	535	581	570	562	560	479	445	490	514
3歳	241	333	332	372	409	401	445	347	297	314	349
4歳	152	164	250	253	312	305	294	317	239	214	245
5+歳	271	170	169	282	314	361	357	332	405	329	300
合計	1,178	1,205	1,331	1,518	1,639	1,661	1,679	1,503	1,418	1,376	1,441

## 資源解析結果（続き）（2005～2016年）

年齢別漁獲尾数												
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	261,234	191,004	93,720	150,210	152,769	134,134	119,849	66,431	101,992	44,944	25,623	14,569
1歳	692,476	585,757	650,833	486,535	463,729	331,999	396,077	379,740	268,060	243,568	160,562	111,570
2歳	461,577	413,505	330,910	351,345	259,440	254,833	231,580	252,051	239,502	191,535	153,964	143,965
3歳	99,710	110,933	102,392	102,723	88,985	91,084	87,160	96,573	84,366	82,900	71,520	73,059
4歳	28,736	27,931	30,889	31,116	29,467	30,995	30,877	29,702	25,448	30,695	30,553	31,335
5+歳	22,545	24,479	28,206	27,523	26,466	31,039	27,644	20,942	24,176	26,396	22,483	23,436
合計	1,566,278	1,353,610	1,236,950	1,149,452	1,020,857	874,084	893,187	845,439	743,544	620,038	464,706	397,934

年齢別漁獲量（トン）												
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	33	26	12	20	21	19	17	9	15	6	4	2
1歳	222	197	210	163	162	120	143	132	97	88	59	42
2歳	361	339	261	287	221	225	204	214	212	169	139	131
3歳	157	183	163	169	153	162	155	165	151	147	130	134
4歳	73	74	79	82	81	88	88	81	73	87	89	92
5+歳	87	99	110	111	112	136	121	88	106	115	100	105
合計	934	918	835	831	750	751	728	691	654	613	520	505

年齢別漁獲係数												
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	0.14	0.10	0.06	0.10	0.12	0.10	0.09	0.06	0.10	0.06	0.05	0.03
1歳	0.54	0.52	0.57	0.52	0.49	0.40	0.45	0.44	0.36	0.36	0.28	0.28
2歳	0.91	0.87	0.75	0.85	0.69	0.66	0.63	0.69	0.64	0.55	0.47	0.51
3歳	0.62	0.67	0.63	0.64	0.62	0.65	0.57	0.69	0.60	0.55	0.47	0.50
4歳	0.41	0.40	0.45	0.45	0.43	0.53	0.55	0.44	0.45	0.53	0.47	0.44
5+歳	0.41	0.40	0.45	0.45	0.43	0.53	0.55	0.44	0.45	0.53	0.47	0.44
平均	0.50	0.49	0.49	0.50	0.46	0.47	0.47	0.46	0.43	0.43	0.37	0.37

年齢別資源尾数												
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	2,098,157	2,083,429	1,612,708	1,658,312	1,435,067	1,517,400	1,479,450	1,190,603	1,118,817	869,703	598,502	606,956
1歳	1,950,592	1,689,252	1,743,170	1,401,382	1,389,233	1,180,303	1,274,370	1,253,009	1,037,243	936,652	761,122	528,882
2歳	903,007	834,778	734,859	718,644	609,118	619,736	579,554	593,567	591,912	529,579	476,935	419,512
3歳	251,770	265,847	257,047	254,592	225,250	223,730	235,438	225,930	218,672	228,195	223,619	217,241
4歳	99,993	98,912	99,611	100,479	98,400	88,683	85,776	97,698	82,691	87,822	96,043	102,429
5+歳	78,450	86,688	90,959	88,877	88,379	88,808	76,795	68,883	78,555	75,524	70,674	76,608
合計	5,381,969	5,058,906	4,538,355	4,222,285	3,845,445	3,718,659	3,731,382	3,429,691	3,127,890	2,727,475	2,226,895	1,951,629

年齢別資源量（トン）												
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	289	287	222	228	198	209	204	164	154	120	82	84
1歳	672	582	601	483	479	407	439	432	357	323	262	182
2歳	760	702	618	605	512	521	488	499	498	446	401	353
3歳	426	450	435	431	381	379	399	382	370	386	379	368
4歳	271	268	270	272	267	240	233	265	224	238	260	278
5+歳	326	360	378	369	367	369	319	286	327	314	294	318
合計	2,744	2,650	2,524	2,389	2,204	2,125	2,081	2,029	1,930	1,826	1,679	1,583

年齢別親魚量（トン）												
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	28	24	25	20	20	17	18	18	15	14	11	8
2歳	570	527	464	453	384	391	366	375	373	334	301	265
3歳	349	368	356	353	312	310	326	313	303	316	310	301
4歳	271	268	270	272	267	240	233	265	224	238	260	278
5+歳	326	360	378	369	367	369	319	286	327	314	294	318
合計	1,544	1,548	1,493	1,468	1,351	1,328	1,262	1,257	1,242	1,216	1,176	1,169

## 補足資料4 ヒラメ瀬戸内海系群の将来予測

Ftarget (0.8Fsus)

漁獲係数

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1歳	0.28	0.28	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
2歳	0.51	0.51	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
3歳	0.50	0.50	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
4歳	0.44	0.44	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
5歳以上	0.44	0.44	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21

資源尾数

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	606,956	595,472	544,550	603,677	652,964	706,634	754,576	801,694
1歳	528,882	547,332	536,977	497,659	551,695	596,738	645,786	689,600
2歳	419,512	291,508	301,677	343,747	318,578	353,169	382,004	413,402
3歳	217,241	183,782	127,705	173,298	197,466	183,007	202,878	219,442
4歳	102,429	96,446	81,592	73,823	100,179	114,149	105,791	117,278
5歳以上	76,608	84,138	84,865	98,840	102,524	120,362	139,250	145,502
合計	1,951,629	1,798,678	1,677,364	1,791,043	1,923,406	2,074,060	2,230,285	2,386,917

資源量 (トン) と親魚量 (トン)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	84	82	75	83	90	97	104	110
1歳	182	189	185	172	190	206	223	238
2歳	353	245	254	289	268	297	321	348
3歳	368	311	216	293	334	310	343	371
4歳	278	262	221	200	272	309	287	318
5歳以上	318	350	353	411	426	500	579	605
合計	1,583	1,438	1,304	1,448	1,580	1,720	1,857	1,990
親魚量	1,169	1,058	949	1,075	1,180	1,295	1,397	1,498

漁獲尾数

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	14,569	14,293	6,205	6,879	7,440	8,052	8,598	9,135
1歳	111,570	115,462	57,419	53,215	58,993	63,810	69,055	73,740
2歳	143,965	100,037	55,431	63,162	58,537	64,893	70,191	75,960
3歳	73,059	61,807	22,925	31,109	35,448	32,852	36,419	39,393
4歳	31,335	29,505	13,148	11,896	16,143	18,394	17,047	18,898
5歳以上	23,436	25,740	13,675	15,927	16,521	19,395	22,438	23,446
合計	397,934	346,844	168,803	182,187	193,081	207,395	223,748	240,571

漁獲量 (トン)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	2	2	1	1	1	1	1	1
1歳	42	43	21	20	22	24	26	27
2歳	131	91	50	57	53	59	64	69
3歳	134	113	42	57	65	60	67	72
4歳	92	86	38	35	47	54	50	55
5歳以上	105	116	61	72	74	87	101	105
合計	505	451	214	241	262	285	308	330

ヒラメ瀬戸内海系群-29-

Flimit (Fsus)

漁獲係数

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1歳	0.28	0.28	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
2歳	0.51	0.51	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
3歳	0.50	0.50	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
4歳	0.44	0.44	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
5歳以上	0.44	0.44	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26

資源尾数

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	606,956	595,472	544,550	578,570	603,313	631,130	653,558	674,004
1歳	528,882	547,332	536,977	496,178	527,177	549,721	575,068	595,504
2歳	419,512	291,508	301,677	332,460	307,200	326,392	340,350	356,043
3歳	217,241	183,782	127,705	163,131	179,777	166,118	176,496	184,044
4歳	102,429	96,446	81,592	69,601	88,908	97,980	90,536	96,192
5歳以上	76,608	84,138	84,865	93,814	92,100	102,015	112,717	114,552
合計	1,951,629	1,798,678	1,677,364	1,733,754	1,798,475	1,873,357	1,948,725	2,020,339

資源量 (トン) と親魚量 (トン)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	84	82	75	80	83	87	90	93
1歳	182	189	185	171	182	189	198	205
2歳	353	245	254	280	258	275	286	300
3歳	368	311	216	276	304	281	299	312
4歳	278	262	221	189	241	266	245	261
5歳以上	318	350	353	390	383	424	469	476
合計	1,583	1,438	1,304	1,385	1,451	1,522	1,587	1,646
親魚量	1,169	1,058	949	1,022	1,074	1,134	1,182	1,225

漁獲尾数

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	14,569	14,293	7,745	8,228	8,580	8,976	9,295	9,586
1歳	111,570	115,462	70,616	65,250	69,327	72,292	75,625	78,312
2歳	143,965	100,037	67,318	74,187	68,551	72,833	75,948	79,450
3歳	73,059	61,807	27,861	35,589	39,221	36,241	38,505	40,152
4歳	31,335	29,505	16,028	13,672	17,465	19,247	17,785	18,896
5歳以上	23,436	25,740	16,670	18,428	18,092	20,039	22,142	22,502
合計	397,934	346,844	206,237	215,356	221,235	229,628	239,299	248,897

漁獲量 (トン)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	2	2	1	1	1	1	1	1
1歳	42	43	26	24	26	27	28	29
2歳	131	91	61	67	62	66	69	72
3歳	134	113	51	65	72	66	70	73
4歳	92	86	47	40	51	56	52	55
5歳以上	105	116	75	83	81	90	99	101
合計	505	451	261	281	293	307	320	332

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.
- 平松一彦 (2001) 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書. 資源解析手法教科書, 水産資源保護協会
- 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.