

令和元（2019）年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価

担当水研：瀬戸内海区水産研究所

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内海研究部、福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所、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

本系群の資源量を、小型底びき網 CPUE を資源量指標値として考慮したチューニングコホート解析により計算した。漁獲量は、1988 年から 2002 年に掛けて 1 千トン前後で推移した後減少した。2017 年は 504 トン（確定値）、2018 年は 524 トン（概数値）となった。資源量は 1998 年に 2,975 トンに達した後減少したが、2015 年に 1,759 トンの最低値を示した後、わずかに増加し、2018 年の資源量は 1,955 トンとなった。親魚量は 2000 年に 1,648 トンに達した後増加と減少を繰り返し、2018 年は 1,322 トンと推定された。親魚量の推移から、資源状態は高位・横ばいと判断した。Blimit は、過去最大の親魚量の 1/2 にあたる 824 トンと設定した。2018 年の親魚量はこの Blimit を上回っている。現状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 F_{sus} を採用し、F_{limit} とした。本種は栽培対象種で 2017 年には 259 万尾の人工種苗が放流され、また同年の 0 歳魚漁獲物における人工種苗放流魚の混入率は 18%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.08 と推定された。

管理基準	Target/ Limit	2020年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
F _{sus}	Target	443	21	0.32 (－24%)
	Limit	535	25	0.40 (－6%)

F_{sus} は資源を中長期的に維持する漁獲係数 F で、ここでは近年の再生産成功率（RPS）が低水準で推移していることを考慮し、1994 年以降の RPS の最低値（2012 年、0.61 尾/kg）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} = α F_{limit} とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は年齢別漁獲係数 F の最高値である。最新年を除く直近 3 年間（2015～2017 年）の年齢別 F の平均値の比を取り、それに F_{current} あるいは F_{sus} を乗じて、2019 年以降の年齢別 F を求めた。以上の条件で求めた F_{sus}: 0.40 を F_{limit} に、また 0.8F_{sus}: 0.32 を F_{target} とした。漁獲割合は ABC/資源量。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F値	漁獲割合 (%)
2015	1,759	1,202	520	0.47	30
2016	1,778	1,233	482	0.50	27
2017	1,847	1,249	504	0.43	27
2018	1,955	1,322	524	0.42	27
2019	2,048	1,435	547	0.42	27
2020	2,106	1,476	－	－	－

2019 年漁獲量は $F_{current}$ の下で想定される漁獲量。2019 年、2020 年の資源量および親魚量は将来予測結果に基づく。なお ABC 算定ならびに資源量および漁獲量の将来予測に用いる RPS には、SPR 計算時と同様に 1994 年以降の最低値 (0.61 尾/kg) を用いた。

水準：高位 動向：横ばい

本資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別 漁獲尾数	瀬戸内海区および太平洋南区における漁業動向（中国四国農政局、2005 年まで）
人工種苗放流個体の 採捕情報	漁業・養殖業生産統計年報（水産庁、和歌山～大分の 11 府県） 生物情報収集調査（大阪、兵庫、広島、山口、大分、愛媛、香川） ・全長組成測定 ・精密測定（全長、体重、年齢査定、無眼側色素異常個体の検出）
加入量指数	新規加入量調査（愛媛、香川）
自然死亡係数 (M)	$M=0.31/\text{年}$ を仮定（田内・田中の方法）
漁獲努力量	瀬戸内海区および太平洋南区における漁業動向（中国四国農政局、2005 年まで） 漁業・養殖業生産統計年報（水産庁、和歌山～大分の 11 府県） 標本船調査（山口、大分） 漁場別漁獲状況調査（和歌山～大分の 11 府県、標本漁協の小型底びき網漁獲量と努力量を収集）*
標識装着率（人工種 苗放流時における黒 化個体混入率）	放流時の黒化率情報（2018 年実績：和歌山、大阪、兵庫、岡山、広島、山口、徳島、香川、愛媛）

*本調査で得られた標本漁協の小型底びき網漁獲量と努力量から求めた CPUE をチューニングコホートの資源量指標値として採用した。

1. まえがき

本種は北海道から九州にかけて広範囲に分布し、沿岸漁業における重要魚種のひとつである。2018 年における全国のヒラメ漁獲量に対する瀬戸内海の割合は 8.0%、瀬戸内海の

魚類漁獲量に対するヒラメの割合は 0.5%であった。2004 年以降、周防灘の小型底びき網（以下、「小底」と表記）では「周防灘小型機船底びき網漁業対象種の資源管理に関する覚書」により、全長 25 cm 以下のヒラメの採捕を禁じている。また各県においても漁協単位で同様の水揚げサイズ制限（多くは全長 25 cm）や休漁日の設定を行っているところもある。水域によっては全長 25～30 cm 以下の小型魚は単価が低いため、船上で選別した小型魚を水揚げせずに再放流するケースも存在する模様である（関係各県水試からの情報）。瀬戸内海では 1970 年代後半から人工種苗放流が実施されている。

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、徐々にその沖合域へと移動する。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、移出する個体は東部海域（紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸）では紀伊水道へ、中部（燧灘、備後・芸予瀬戸、安芸灘）および西部海域（伊予灘、周防灘）では豊後水道へ向かう（図 1）（愛媛県 1995、徳島県 1995、山口県 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。雌は雄よりも大きく成長し、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（但し自然死亡係数 M の設定に際しては、渡辺ほか（2004）の 8 歳を採用した（補足資料 2）。

1995～2004 年に精密測定を行った個体の全長、体重と耳石切断法による年齢査定値を使用し、雌雄別の年齢 t と全長 L_t (cm) の von Bertalanffy 成長式と、全長 L (cm) と体重 W (g) のアロメトリー式を推定した（図 2）。

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

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

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

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

なお、この年齢-全長関係式における t では年齢の起算日を 4 月 1 日に設定しており、「4. 資源の状態」にて示すコホート解析における年齢起算日: 1 月 1 日とは異なる。

(3) 成熟・産卵

産卵場は、東部海域では徳島県の太平洋海域、中西部海域では周防灘および伊予灘、愛媛県斎灘、燧灘西部および島嶼部に分散していると考えられている（図 1）（愛媛県 1995、徳島県 1995、山口県 1995）。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 歳以上では 100%、雄は 1 歳で 4%、2 歳で 52%、3 歳で 91%、4 歳以上では 100%である（図 3）（愛媛県 1995、山口県 1995）。

(4) 被捕食関係

沿岸の成育場に着底した稚魚は、アミ類を主に捕食し、成長とともにエビジャコや魚類の割合が増加する。漁獲加入後の個体は主に魚類を捕食し、甲殻類やイカ類も捕食する（愛媛県 1995、徳島県 1995、山口県 1995）。被食については、人工種苗の放流後稚魚がヒラメやマゴチ、スズキ等大型の魚類に捕食された報告があるが（愛媛県 1995、広島県 1995、山口県 1995）、天然魚については不明である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

主に小底、刺網、定置網、釣漁業（はえ縄を含む）で漁獲される。2018 年における漁法別漁獲量の割合は、小底:49%、刺網:29%、定置網:12%、釣漁業:9%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 200～500 トン前後であったが、1970 年代後半から 1980 年代にかけて増加し、1999 年には 1,118 トンに達した（図 5、表 1）。1988 年から 2002 年に掛けて 1,000 トン前後で推移したが、2003 年以降は 1,000 トンを割り込み、2016 年は 482 トンまで減少した。その後漸増し、2017 年は 504 トン（確定値）、2018 年は 524 トン（概数値）であった。なお、遊漁による採捕量は 1990 年代には 1992 年: 2 トン、1997 年: 7 トン、2001 年: 7 トンとごく少量に留まっていたが（農林水産省統計情報部 1993、1998、2003）、2008 年には 81 トン、漁獲量全体に対する割合が 9.7%まで増加した（水産庁資源管理部沿岸沖合課 平成 20 年度遊漁採捕量調査報告書データ <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00502002&tstat=000001031445&cycle=8&year=20081&month=0&tclass1=000001031446&tclass2=000001031447>、2018 年 7 月 31 日引用）。これ以降は漁区別の遊漁漁獲量情報は公表されていない。

(3) 漁獲努力量

1968～2006 年の小底、刺網の努力量（延べ出漁日数）は、小底では 1979 年以降、刺網では 1983 年以降減少した（図 6、表 2）。小型定置網（以下、「小定置」と表記）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 統で横ばいであったが、その後減少した。2007 年以降、漁業・養殖業生産統計年報では同型式による努力量の集計は行われなくなった。

2002 年以降、瀬戸内海沿岸のいくつかの小底標本船（大分県、山口県）および小底標本漁協（泉佐野、五色町、高砂、日生、庵治、東讃、内海、河原津、上灘、伊予）においてヒラメの月別漁獲量ならびに月別延べ出漁隻数の情報を収集している（図 7、表 3。なお、一部漁協については 2000 年から努力量を収集しているが、対応する漁獲量の収集は 2002 年以降のみとなる）。これら標本船・標本漁協における延べ出漁隻数の年計は、2004 年に現在情報を収集している標本漁協が出揃って以降、年々減少していた。2018 年の延べ出漁隻数は 2017 年とほぼ同程度であった。

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 を雌雄別に作成し（補足表 2-1）、併せて漁獲物の全長組成と全長階級別雌雄比、年齢別雌雄別平均体重、月別（期別）漁獲量を考慮に加えて年別年齢別雌雄別漁獲尾数を求めた後、標本船および標本漁協の小底漁船の CPUE を相対資源量の指標に用いたチューニングコホート解析を行い、年別年齢別資源尾数、資源量、親魚量を推定した（補足資料 1）。

昨年までの評価では、近年の当該系群における再生産成功率（RPS）の低下傾向に加え、小型魚（ここでは 0 歳魚を対象）に対する年齢別漁獲係数 F （以下、「年齢別 F 」と表記）の低下を考慮する目的で、1 歳魚のターミナル F に直近 3 年間の 1 歳魚の F の最低値を充てる条件の下でチューニングコホート解析を実施していた。しかし、本年の資源解析結果では、これまで年々単調減少していた 1 歳魚の F が 2016 年以降横ばいで推移し、また 2018 年漁期には 0 歳魚が纏まって漁獲されるなど、小型魚に対する漁獲圧の低減傾向が底を打った可能性が示唆された。このことから、本年度の評価においては、1 歳魚のターミナル F についても 2 歳魚以上のターミナル F と同様に、最新年を除く直近 3 年間の F の平均値を選択率に用いる方法へ変更を行った。最新年の 0 歳魚加入尾数については、漁獲量は前年よりも増加したものの、それが加入豊度の増大なのか F の変化によるものなのか現時点では判然としない為、過大推定を防ぐ意味で、これまで通り最新年の親魚量に過去最低の再生産成功率 RPS を乗じる方法で天然由来 0 歳魚の豊度を求めた（補足資料 2）。

(2) 資源量指標値の推移

漁業・養殖業生産統計年報に基づく 1970～2006 年の小底、刺網、小定置の単位努力量当たり漁獲量（CPUE、小底と刺網は kg/出漁日数、小定置はトン/漁労体数）の推移を図 8 および表 2 に示した。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た後、2000 年以降一旦横ばい傾向を示した。その後小定置では 2005 年と 2006 年に、刺網では 2006 年に再び増加した。2006 年の小底、刺網、小定置の CPUE はそれぞれ 0.77、0.41、0.07 であり、1970 年の CPUE（0.09、0.05、0.01）と比較してそれぞれ 8.6、8.2、7.0 倍まで増加していた。

一方、標本船・標本漁協より収集した 2002 年以降の小底 CPUE の加重平均値（kg/出漁隻数）の推移をみると（図 9、表 4）、2004 年に最大の 1.22 に達した後減少し、その後は年による変動はあるものの、0.7 前後で推移している。ここ 2 年ほどは漸増傾向にある。

(3) 漁獲物の年齢組成

1994 年から現在に至るまでの年別年齢別漁獲尾数の推移を図 10、補足表 3-1 に、同じく年別年齢別漁獲重量の推移を図 11、補足表 3-1 にそれぞれ示した

尾数ベースでは、1995 年に 2,728 千尾の最高値に達した後、2016 年まで漁獲尾数は減少し続けたが、2017 年以降は漸増した（図 10）。1 歳魚および 2 歳魚の漁獲が全漁獲尾数の 6～8 割を占め、これに 0 歳魚を加えると、2005 年以前については漁獲尾数全体の 9 割以上を 2 歳魚以下の個体が占めていた。その後 0 歳魚の漁獲尾数は 2014～2017 年まで 5 万尾以下の過去最低の水準で推移したが、2018 年は 9 万尾弱まで増加した。

重量ベースでは、1999年にピークを迎えた後2016年に至るまで減少傾向にあったのは尾数ベースとほぼ同様であるが、漁獲対象年齢が若齢魚側から高齢魚側にシフトしたことで一尾あたり平均重量が上昇し、減少速度は尾数ベースに比べて穏やかになる（図11）。2017年以降漸増に転じるのは、尾数ベースと同様である。

（4）資源量と漁獲割合の推移

年齢別Fの推移は、2000年代以降、4歳魚以上の高齢魚を除く0～3歳魚の年齢別Fが全て減少傾向にあることを示している（図12）。各年齢のFを比較すると、2015年以前は2歳魚のFが最も高かったが、2016年以降は3歳魚のFと同程度で推移している。また2009年以前は1歳魚のFが最高齢群にあたる4、5歳魚以上のFを上回っていたが、2010年以降は4、5歳魚以上のFが1歳魚のFを上回っている。これらのことから、2000年代以降漁獲圧自体は減少傾向にあり、かつ2010年以降は漁獲対象年齢が以前の若齢魚主体から高齢魚主体へと移行していることが分かる。なお、これまで毎年減少を続けていた0、1歳魚のFは2016年以降横ばいで推移しており、近年続いていた小型魚に対するFの低減傾向が下げ止まった可能性が考えられる。

資源尾数は1995年に805万尾、また資源量では1998年に2,975トンのピークを経た後徐々に減少していたが、2016年に尾数ベース、重量ベースともに漸増に転じ、2018年には1,955トンであった（図13、14、表5）。漁獲割合は、1999年および2002年に39%に達し、その後も2015年までは30%を上回る値で推移していたが、2016年以降は30%を割り込む様になった（図15、表5）。

親魚量は2000年に1,648トンに達した後増加と減少を繰り返し、2011年以降は1,200トン強で推移している（図15、表5）。2018年の親魚量は1,322トンと推定された。

自然死亡係数Mの値を ± 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83～124%、親魚量では83～125%、0歳資源尾数では81～128%の変化となった（図16～18）。

「1. まえがき」で述べた通り、瀬戸内海ではヒラメ人工種苗の放流事業が行われており、天然由来の0歳魚資源尾数や再生産成功率RPSの計算に際しては、コホート解析で求められたy年における0歳魚資源尾数 $N_{0,y}$ を天然由来の0歳魚 Rn_y と人工種苗由来の0歳魚 Ra_y に分離した後に計算を行う必要がある。人工種苗放流時の黒化率データならびに各県水試により実施された生物情報収集調査（精密測定）による0歳魚漁獲尾数中の黒化個体混入率調査の結果、1995～2017年の $N_{0,y}$ における人工種苗個体の（補正済み）混入率は0.08～0.51の間で変動し、2018年は0.26であった（表6）。同じく1995～2017年における人工種苗の添加効率は0.03～0.33の範囲を推移していた。なお、1994年は混入率の情報が十分に得られなかったため表6には記載せず、資源評価においては添加効率を1995～1999年の平均0.17と仮定して計算に用いた。 $N_{0,y}$ に補正済み混入率を掛けて求めた各年の Ra_y は、1995～2017年については69千～1,305千尾の範囲で推移していたが、2018年は129千尾であった（図19、表5）。なお、混入率、添加効率ならびに Ra_y の計算法については補足資料2（3）人工種苗個体の混入率、0歳加入尾数の天然由来個体と人工種苗由来個体への分解、天然由来0歳加入尾数に基づくRPSの計算を参照されたい。

これら Ra_y を $N_{0,y}$ から減じて Rn_y を推定した。 Rn_y は1995年の367万尾をピークにその

後約 20 年にわたり減少傾向にある（図 19、表 5）。

（5）再生産関係

再生産成功率 RPS を親魚 1 kg あたりの新規加入尾数で示した。2004 年以降 RPS は 1 を下回る年が続いている（図 20、表 5）。親魚量と加入量の対応をみると、推定された親魚量の分布範囲が 1.2 千～1.6 千トンの間に集中しており、その範囲内では親魚量と加入尾数との間に特に明瞭な関係はみられなかった（図 21）。

（6）Blimit の設定

前述の通り、本資源では得られた親魚量と加入尾数との間に特に明瞭な関係はみられず、再生産曲線などを仮定して Blimit を設定することが出来ない。そこで、平成 25 年度の資源評価より、過去の最大親魚量（具体的には 2000 年の親魚量）の 1/2 の親魚量を暫定的な Blimit として設定している。

本年度の資源解析の結果、2000 年の親魚量は 1,648 トンと推定され、この 1/2 に当たる 824 トンを本年度の暫定 Blimit とした（図 21）。2018 年の親魚量は 1,322 トンであったので、上述の Blimit を上回っている。

なお、最大親魚量の値は毎年の資源計算の過程で若干変化するものの、平成 25 年の資源評価にてこの方法を導入して以降、暫定 Blimit は 820～840 トン付近でほぼ安定している。平成 25 年の当該資源の評価においてこの Blimit を設定した背景には、図 21 に示した原点を通る直線に沿う形で親魚量に応じた天然由来 0 歳魚が加入することを想定していたが、2011 年を除く 2004 年から 2018 年までの期間、親魚量に対する天然加入尾数のプロットは前述の回帰直線を下回り続けている（図 21）。

（7）資源の水準・動向

本資源の水準と動向は親魚量の推移から判断した。水準は Blimit を低位と中位の境界に（824 トン）、最大親魚量と Blimit の中間（1,236 トン）を中位と高位の境界とした。2018 年の親魚量は 1,322 トンで、水準は高位と判断した（図 22）。直近 5 年間の親魚量の推移に回帰直線を当てはめたところ、その傾きは有意ではなかったことから（図 23）、動向は横ばいと判断した。

（8）今後の加入量の見積もり

天然由来の 0 歳魚の加入量は年による変動はありつつも 2012 年より 100 万尾を下回る水準で推移している。（図 22、表 5）。RPS は 1998 年以降急激に低下し、2014 年以降は 0.7 尾/kg 付近の低水準で推移している（図 20、表 5）。

図 24 ならびに表 7 に燧灘における 6 月着底ピーク時の天然由来ヒラメ稚魚の採集尾数（400 m² あたり）を示した。燧灘における天然稚魚採集尾数と瀬戸内海全体の天然由来 0 歳資源尾数との間に弱い正の相関が見られるが、近年は稚魚の採捕数も加入尾数も少ない。

（9）生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

図 25 に F と YPR および %SPR の関係を示した（計算の詳細については「補足資料 2 資

源計算方法（4）YPR、SPR の解析」を参照）。現状（2018 年）の年齢別 F の最大値は 0.42 で、 $F_{0.1}$: 0.24、 $F_{30\%SPR}$: 0.37 など一般に推奨される資源管理基準を上回っている。

（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 4 百万～5 百万尾であったが、それ以降は減少傾向となった（図 5、表 1）。2017 年には 2,592 千尾が放流され、同年の 0 歳魚漁獲物における人工種苗放流魚の混入率は 18%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.08 と推定された（表 6）。なお、2018 年の混入率は 26%であったが、放流尾数が確定していないため添加効率の計算は行わない。

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について試算した。2020 年から 5 年間にわたる様々な放流尾数と漁獲圧の組み合わせの下で期待される 2025 年の資源量と漁獲量を推定した。放流尾数は、2018 年と 2019 年は 2015～2017 年の平均放流尾数 2.6 百万尾とし、2020 年以降 0～6 百万尾の範囲で変化させた。また添加効率については、従来と同様に（最新年を除く）直近 3 年間の平均値 0.05 を用いて検討した。2019 年の年齢別 F は 2018 年と同一の値を与え、また 2020 年以降の F は 0.2～1.0 の範囲で変化させて与えた（補足資料 2）。

図 26 と図 27 はそれぞれ 2025 年の資源量と漁獲量の等量線図である。何れの図も現在の F の周辺では等量値線が右上がりの比較的高い傾きを持つことから、放流尾数が現状から大きく変化しても、資源量および漁獲量にはあまり影響しないことを示す。

なお、「6. ABC 以外の管理方策への提言」でも後述するが、現在の放流効果判定においては基礎データの収集、特に放流時の標識装着率（具体的には無眼側黒化個体の混入率）の把握が十分でなく、また海域によっても把握の程度が大きく異なるといった問題があり、この試算結果のみを以て放流効果判定について述べることは難しい。放流効果判定の精度を上げるためには、抜本的なデータ計測、収集体制の構築が必要である。

5. 2020 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

2018 年の親魚量は、中位水準と高位水準の境界として設定した過去最高の親魚量と B_{limit} の中間値を上回っている。過去 5 年間の親魚量は横ばいで推移している。これらの結果から、資源の水準は高位、動向は横ばいと判断する。

（2）ABC の算定

現在の親魚量水準は B_{limit} を上回ることから、ABC 算定規則の 1-1)-(1)に基づいて ABC を算定する。現状の親魚量水準を維持することを管理目標とし、中長期的にこの水準を維持する漁獲係数 F_{sus} を F_{limit} とする。

2019 年以降の資源量は、0 歳魚については天然由来の 0 歳資源尾数を親魚量と RPS から、また人工種苗由来の 0 歳資源尾数を放流尾数と添加効率よりそれぞれ推定して合算し、また 1 歳魚以上についてはコホート解析の前進法で推定した。天然由来の 0 歳資源尾数の推定にあたっては、近年の RPS が低水準で推移していることを考慮し（図 20）、1994 年以

降の RPS の最低値 (0.61 尾/kg) を計算に用いた。人工種苗の放流尾数および添加効率については、最新年を除く直近 3 年間の平均値: 2.6 百万尾および 0.05 を用いた (それぞれ表 1、6 に記載の数値より算出)。漁獲係数 F については、2019 年は 0 歳魚を除いて 2018 年の年齢別 F と等しい値とし、2020 年以降は 2018 年の各年齢における選択率に F_{sus} あるいは $0.8F_{sus}$ を乗じた値を各年齢の F とした。なお 2018 年の 0 歳魚の F は、同年の 0 歳魚漁獲量の増加により 0.10 まで上昇したが (補足資料 3)、これには何らかの理由により 0 歳魚の漁獲がまとまり、その豊度以上に漁獲尾数が増加した特異的な現象である可能性がある (補足資料 2)。そこで、将来予測においては、2018 年に観察された高い F は検討に加えず、他の年齢群の F と同様、2015～2017 年の 0 歳魚の F の平均値ならびにそれを用いた選択率の下で漁獲を行うものと想定した。

$F_{current}$: 0.42 は $F_{limit}=F_{sus}$: 0.40 を上回っているが、人工種苗放流が現状と同程度の規模で今後も維持される場合には、資源は現状より僅かに増加する (図 28)。

管理基準	Target/ Limit	2020年ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F値 (現状のF値からの増減%)
F_{sus}	Target	443	21	0.32 (-24%)
	Limit	535	25	0.40 (-6%)

F_{sus} は資源を中長期的に維持する漁獲係数 F で、ここでは近年の再生産成功率 (RPS) が低水準で推移していることを考慮し、1994 年以降の RPS の最低値 (2012 年、0.61 尾/kg) 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 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は年齢別漁獲係数 F の最高値である。最新年を除く直近 3 年間 (2015～2017 年) の年齢別 F の平均値の比を取り、それに $F_{current}$ あるいは F_{sus} を乗じて、2019 年以降の年齢別 F を求めた。以上の条件で求めた F_{sus} : 0.40 を F_{limit} に、また $0.8F_{sus}$: 0.32 を F_{target} とした。漁獲割合は ABC/資源量。

(3) ABC の評価

管理開始後、漁獲量、資源量、親魚量いずれも増加する（図28、「補足資料4 ヒラメ瀬戸内海系群の将来予測」を参照）。

管理基準	F 値	漁獲量（トン）							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.5Fcurrent	0.21	524	547	307	368	428	492	565	646
0.6Fcurrent	0.25	524	547	362	419	475	532	596	666
0.7Fcurrent	0.29	524	547	415	465	513	560	613	669
Ftarget	0.32	524	547	443	488	530	572	617	664
0.8Fcurrent	0.34	524	547	466	505	543	579	618	659
0.9Fcurrent	0.38	524	547	514	541	566	589	615	640
Fsus=Flimit	0.40	524	547	535	555	574	592	611	630
1.0Fcurrent	0.42	524	547	561	571	583	593	604	615
管理基準	F 値	資源量（トン）							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.5Fcurrent	0.21	1,955	2,048	2,106	2,501	2,916	3,350	3,840	4,387
0.6Fcurrent	0.25	1,955	2,048	2,106	2,426	2,751	3,081	3,448	3,846
0.7Fcurrent	0.29	1,955	2,048	2,106	2,353	2,597	2,837	3,100	3,377
Ftarget	0.32	1,955	2,048	2,106	2,313	2,516	2,712	2,924	3,145
0.8Fcurrent	0.34	1,955	2,048	2,106	2,282	2,453	2,615	2,790	2,970
0.9Fcurrent	0.38	1,955	2,048	2,106	2,214	2,318	2,412	2,514	2,617
Fsus=Flimit	0.40	1,955	2,048	2,106	2,185	2,261	2,328	2,403	2,476
1.0Fcurrent	0.42	1,955	2,048	2,106	2,149	2,192	2,227	2,269	2,309
管理基準	F 値	親魚量（トン）							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.5Fcurrent	0.21	1,322	1,435	1,476	1,810	2,117	2,438	2,794	3,198
0.6Fcurrent	0.25	1,322	1,435	1,476	1,747	1,984	2,227	2,493	2,785
0.7Fcurrent	0.29	1,322	1,435	1,476	1,685	1,861	2,036	2,226	2,429
Ftarget	0.32	1,322	1,435	1,476	1,652	1,796	1,939	2,092	2,253
0.8Fcurrent	0.34	1,322	1,435	1,476	1,626	1,746	1,863	1,990	2,121
0.9Fcurrent	0.38	1,322	1,435	1,476	1,569	1,639	1,706	1,781	1,855
Fsus=Flimit	0.40	1,322	1,435	1,476	1,545	1,595	1,642	1,696	1,749
1.0Fcurrent	0.42	1,322	1,435	1,476	1,514	1,540	1,564	1,595	1,625

*F値は年齢別Fの最大値（この表では3歳のF）、Fcurrentは2018年のF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
2017 年漁獲量確定値	2017 年漁獲量、2017 年混入率、2017 年年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2018 年漁獲量概数値	2018 年漁獲量、2018 年年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2018 年全長組成	2018 年年齢別漁獲尾数
2018 年年齢査定結果・精密測定結果	2018 年 Age-length key、2018 年年齢別漁獲尾数、資源量推定値、2019 年以降の将来予測に用いる年齢別平均体重
2018 年標本船・標本漁港 CPUE	資源量推定値
2017 年種苗放流尾数	2017 年混入率、2018 年以降の将来予測に用いる平均混入率ならびに平均放流尾数
放流種苗の標識率	2018 年兵庫・山口・愛媛、2017～2018 年和歌山、2012～2015・2018 年広島、2009～2016 年徳島、2014～2016 年香川

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)
2018 年 (当初)	Fsus	0.30	1,304	261	214	
2018 年 (2018 年再評価)	Fsus	0.36	1,686	405	334	
2018 年 (2019 年再評価)	Fsus	0.41	1,955	517	428	524 (0.42)
2019 年 (当初)	Fsus	0.36	1,645	391	323	
2019 年 (2019 年再評価)	Fsus	0.40	2,048	521	432	

2017年漁獲量の確定に伴う年齢別漁獲尾数の修正、2018年の年齢別漁獲尾数とCPUEデータの追加、年齢別平均体重の更新を行った結果、2018年(2019年再評価)、2019年(2019年再評価)について、資源量は約1.2倍、ABCは1.3倍に上方修正された。

2018、2019両年の資源量・ABCが上方修正された主な理由は、2017年級の年級豊度が昨年度の想定よりも多いと推定されたこと、ならびに2017年の2、3歳魚のFが想定よりも低く、獲り残し量の増加が2018年以降の資源量を増大させた効果によると考えられる(表8)。

6. ABC 以外の管理方策への提言

0、1 歳魚といった小型かつ未成魚に対する F の低下は、成長乱獲、加入乱獲の両方を避ける上で有効である。「1. まえがき」で示した通り、現状ではいくつかの水域、漁協で漁獲サイズの規制措置が実施され、また別な水域では小型魚の魚価安による自主的な小型魚獲り控えが行われている模様である。これらの措置が小型魚における F の低下に寄与してい

た可能性は高い。漁獲努力量および F が年々減少、低下する傾向にある現在（図 7、12）、ヒラメ漁業全体の漁獲圧を大幅に下げる様な大規模な漁獲規制措置が行えない場合であっても、小型魚に対する漁獲サイズ規制を全海域で導入する、あるいは各地でまちまちな漁獲規制サイズをより大きい側で統一するなどのインプットコントロールを行うことで、本資源をより健全な状態でより長期にわたり利用することを可能にする効果が期待される。

ヒラメ人工種苗の放流事業は瀬戸内海沿岸の各県において盛んに実施されており（表 1）、その人工種苗由来の資源は年によって 0 歳魚資源尾数の 1～5 割を占め、天然由来の資源を補完している（図 19、「4. 資源の状態（4）資源量と漁獲割合の推移」を参照）。しかし、放流効果判定の基礎資料となる人工種苗放流時の標識装着率の把握は十分とは言えず、現状ではいくつかの限られた府県からしか情報が得られていないため、灘、県といったより詳細な水域単位での添加効率の計算を行うに至っていない。更にはヒラメ人工種苗の生産技術向上に伴い、近年では無眼側黒化個体が全く発生しない生産ロットも実現できるようになった旨を聞くこともあるが、このように種苗として成績の良いロットは、従来の放流効果判定法では検出することが出来ず、将来的には放流効果判定が全く出来なくなるといった恐れもある。まずは人工種苗の放流を実施する団体や上部機関、あるいはその種苗を生産する組織や業者において、放流に用いる種苗の黒化率の把握を確実に実施すること、そしてその数値を各県あるいは水研を通じて確実に報告し、より正確な黒化率情報を収集・解析することが、ヒラメ人工種苗放流が各水域においてどの程度資源の維持に関与しているかを判定する上で非常に重要である。

7. 引用文献

- 愛媛県 (1995) 愛媛. 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.
- 広島県 (1995) 広島. 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, 1-31.
- 農林水産省統計情報部 (1993) 遊漁採捕量調査報告書. 112 pp.
- 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. 115 pp.
- 農林水産省統計情報部 (2003) 平成 14 年遊漁採捕量調査報告書. 72 pp.
- 徳島県 (1995) 徳島. 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.
- 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, 16.
- 山口県 (1995) 山口. 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.

(執筆者：山田徹生、本田 聡)

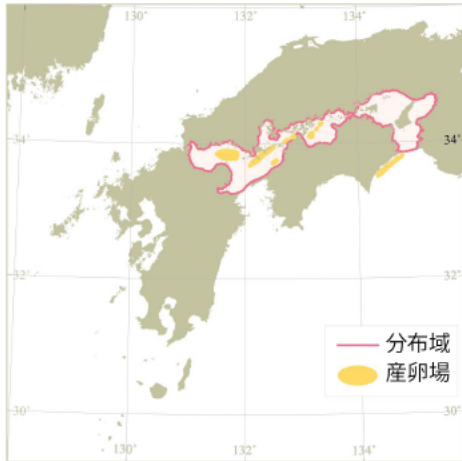


図 1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

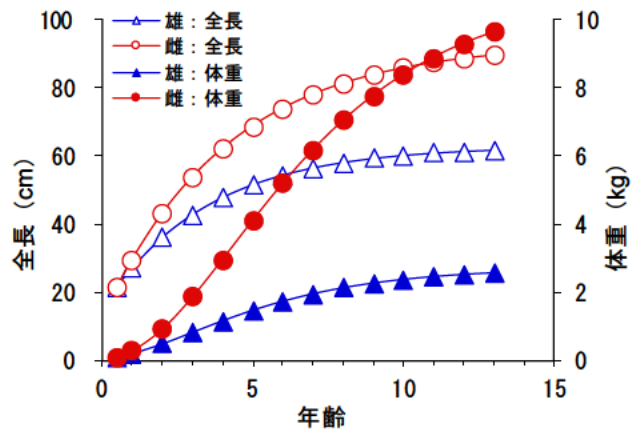


図 2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

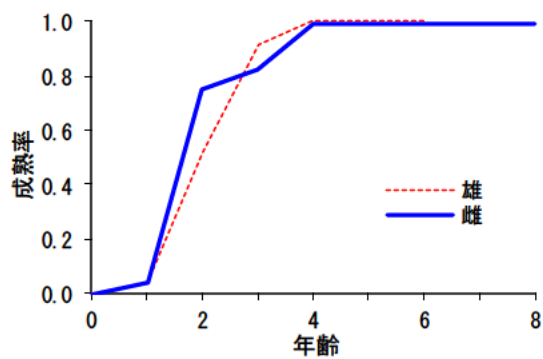


図 3. 雌雄別年齢別成熟割合

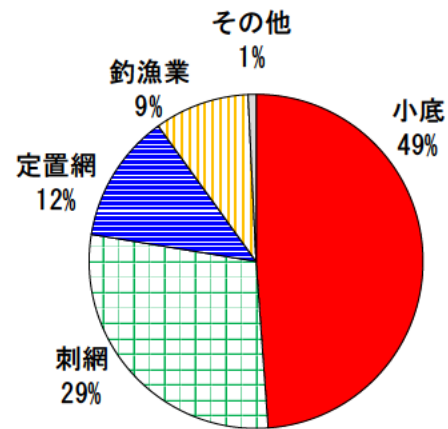


図 4. 2018 年における漁法別漁獲量の割合

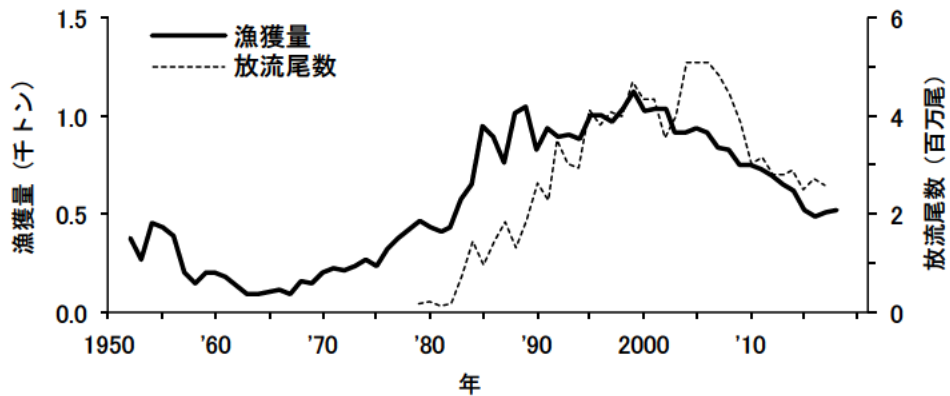


図 5. 漁獲量と放流尾数の推移

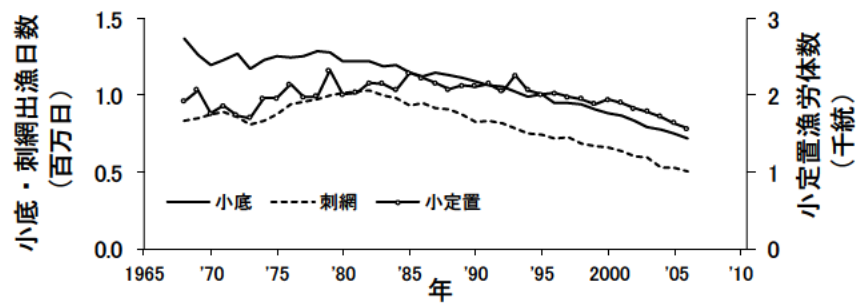


図 6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の努力量の推移 (2006 年まで)

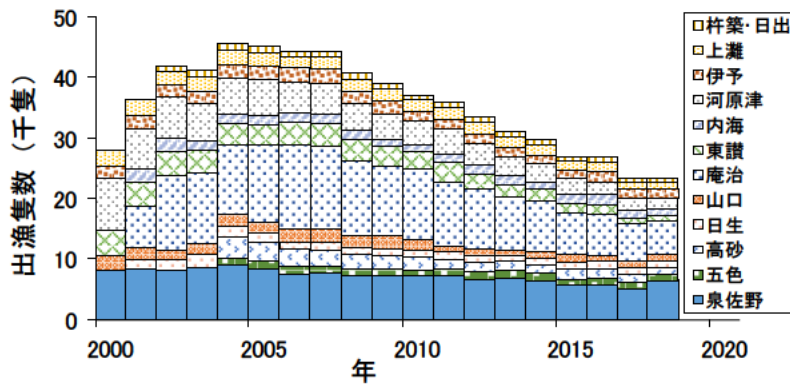


図 7. 小底標本船・標本漁協の出漁隻数の推移

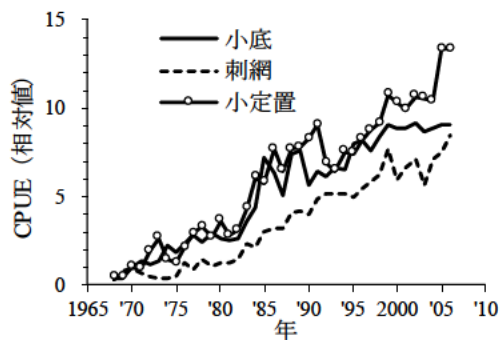


図 8. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の CPUE の推移 (2006 年まで) 1970 年を 1 とした。

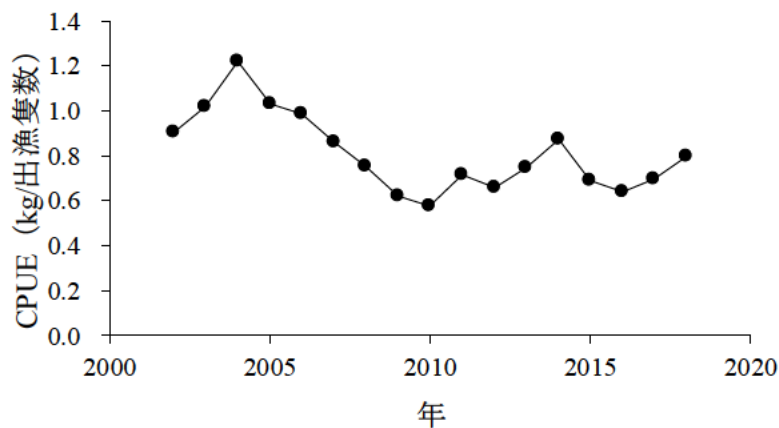


図 9. 小底標本船・標本漁協 CPUE の加重平均値 (2002 年以降)

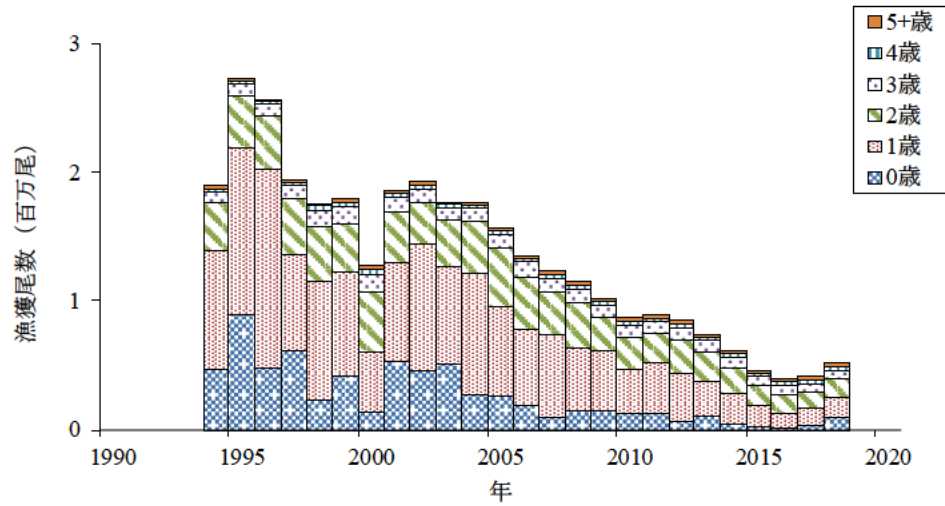


図 10. 年齢別漁獲尾数の推移

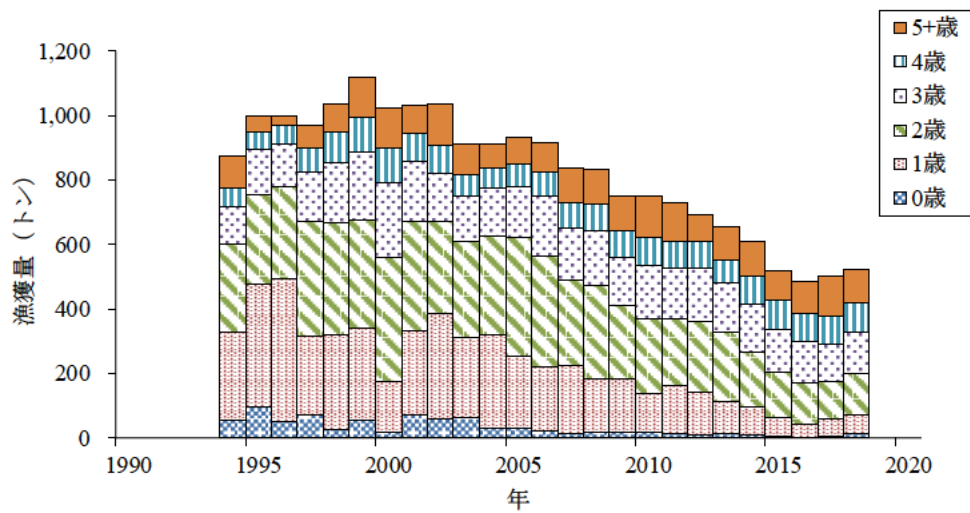


図 11. 年齢別漁獲量の推移

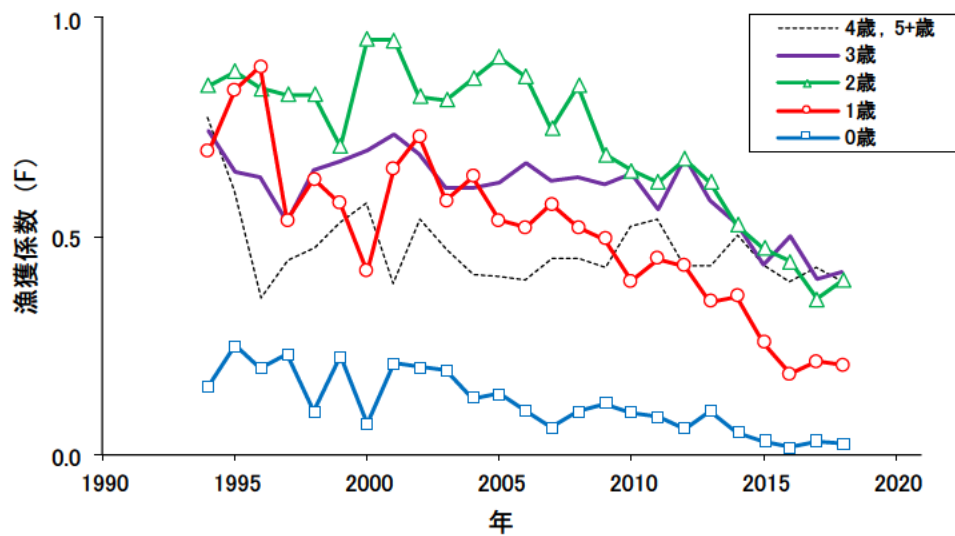


図 12. 年齢別漁獲係数 F の推移

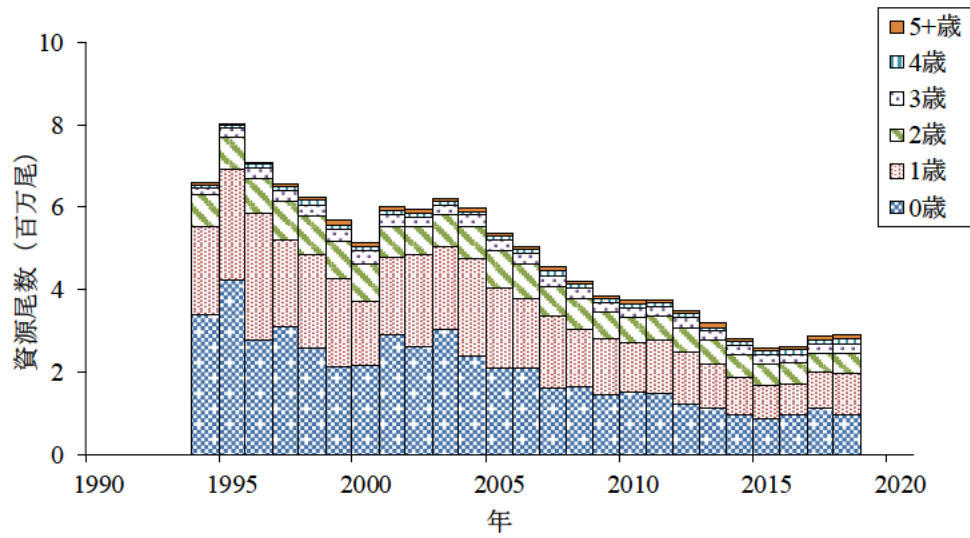


図 13. 年齢別資源尾数の推移

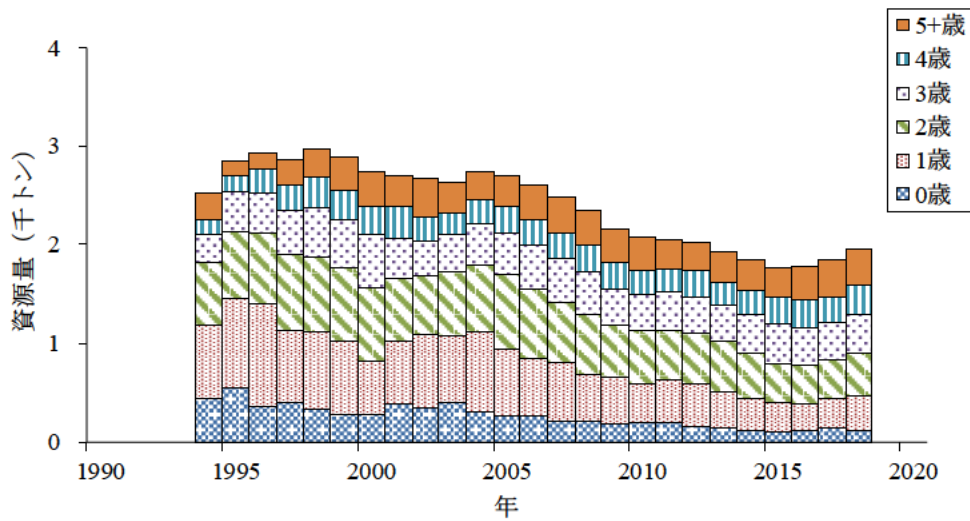


図 14. 年齢別資源量の推移

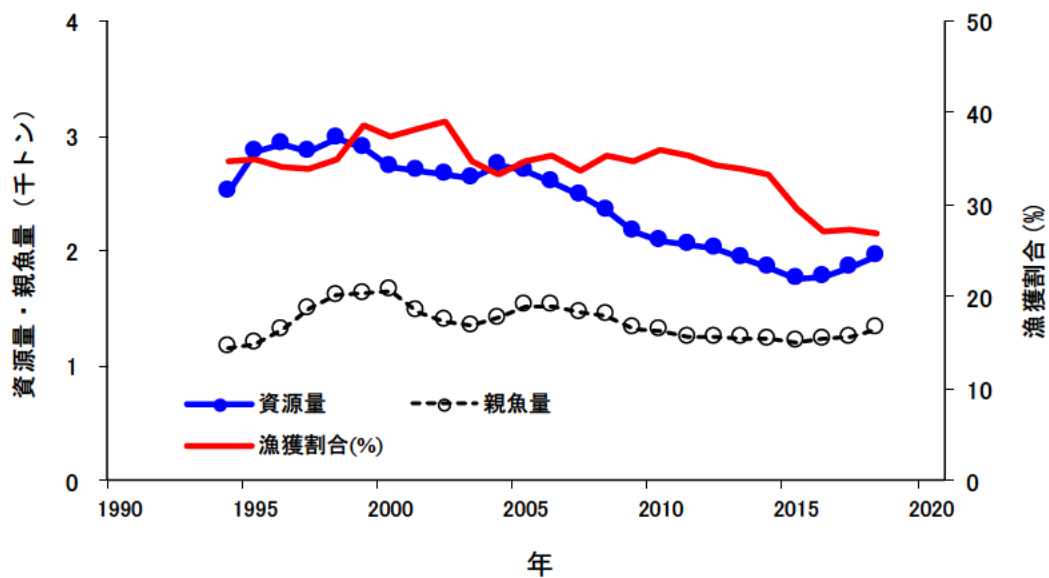


図 15. 資源量、親魚量と漁獲割合の推移

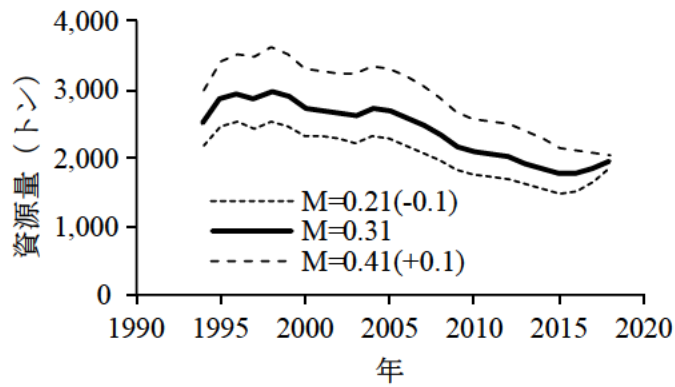


図 16. 自然死亡係数 M の値による資源量の感度解析

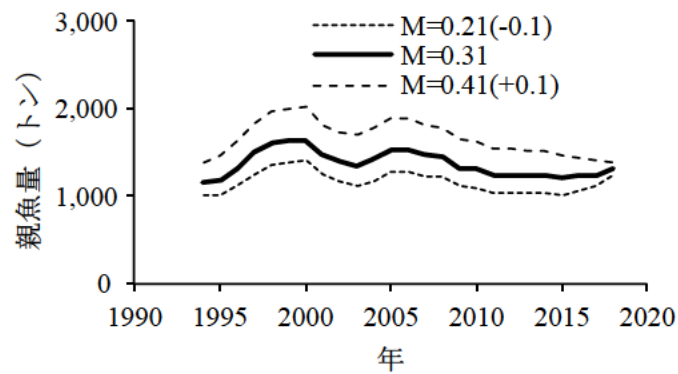


図 17. M の値による親魚量の感度解析

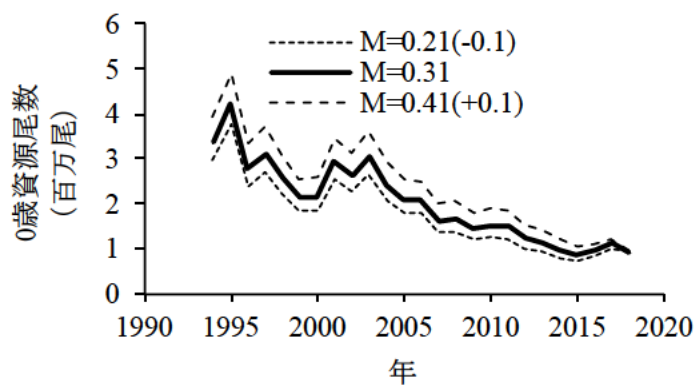


図 18. M の値による 0 歳資源尾数の感度解析

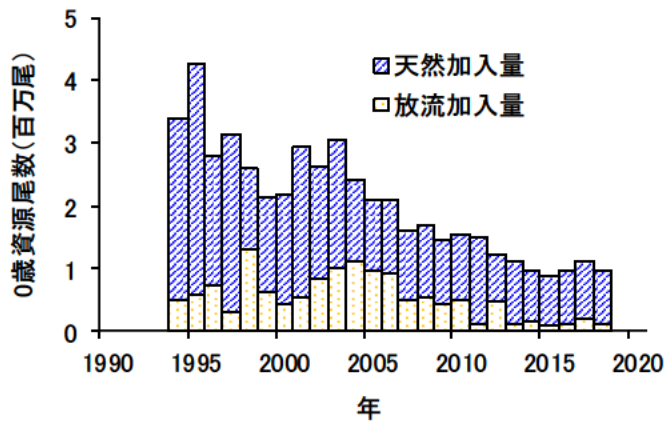


図 19. 0 歳資源尾数における天然由来加入尾数と人工種苗由来加入尾数の内訳

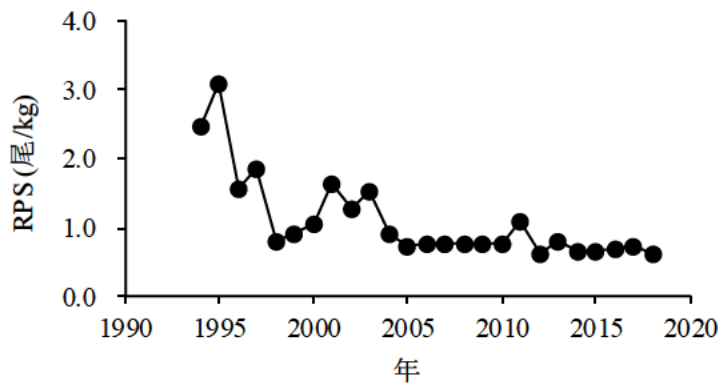


図 20. 再生産成功率 RPS の推移

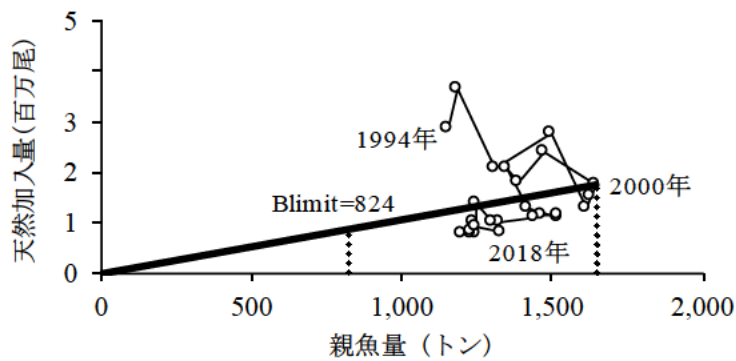


図 21. 再生産関係と Blimit の設定

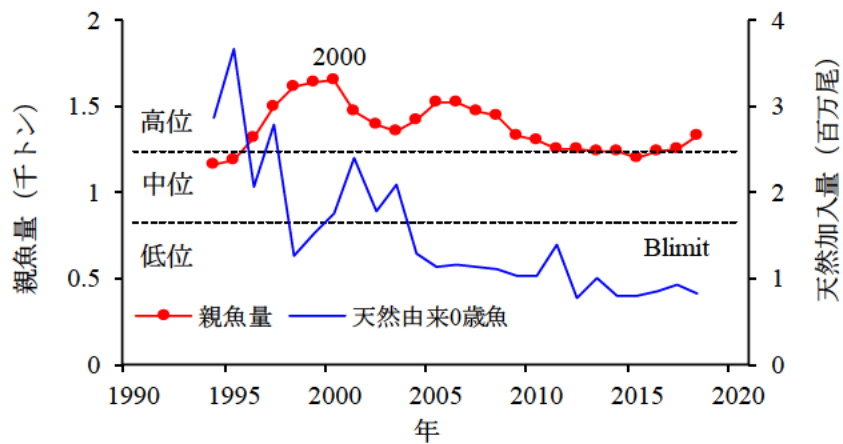


図 22. 親魚量と天然由来 0 歳魚加入尾数の推移

中位と低位の境は Blimit、高位と中位の境は過去最大の親魚量と Blimit の中間。

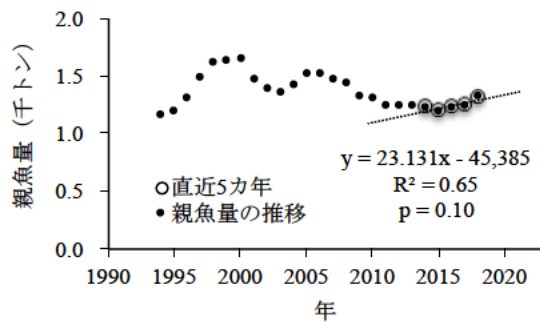


図 23. 直近 5 年間の親魚量の推移と資源動向

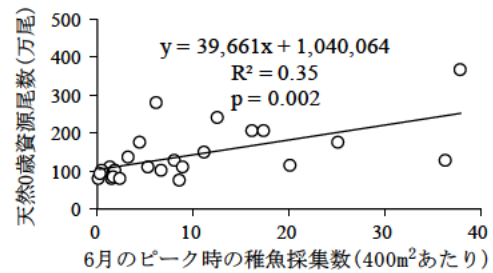


図 24. 新規発生量調査における 6 月（着底ピーク時）の稚魚採集尾数（400 m²あたり）

グラフに表示した値は表 7 における両県の調査結果の平均値。

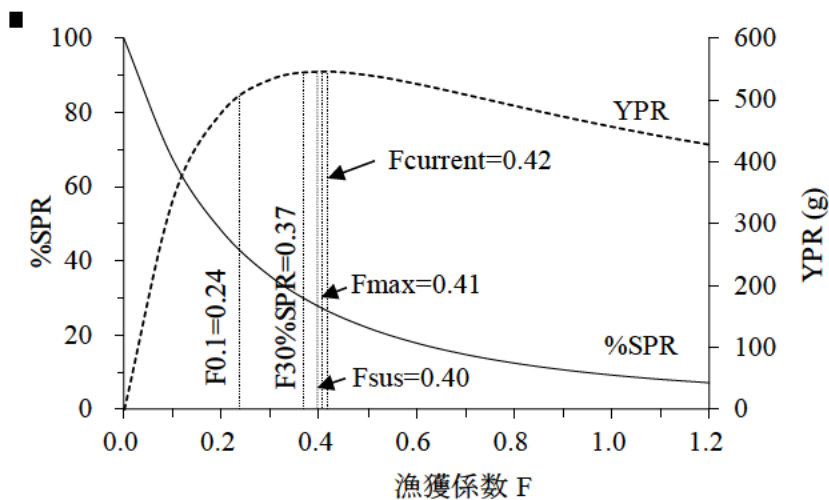


図 25. 漁獲係数と YPR、SPR(%)の関係

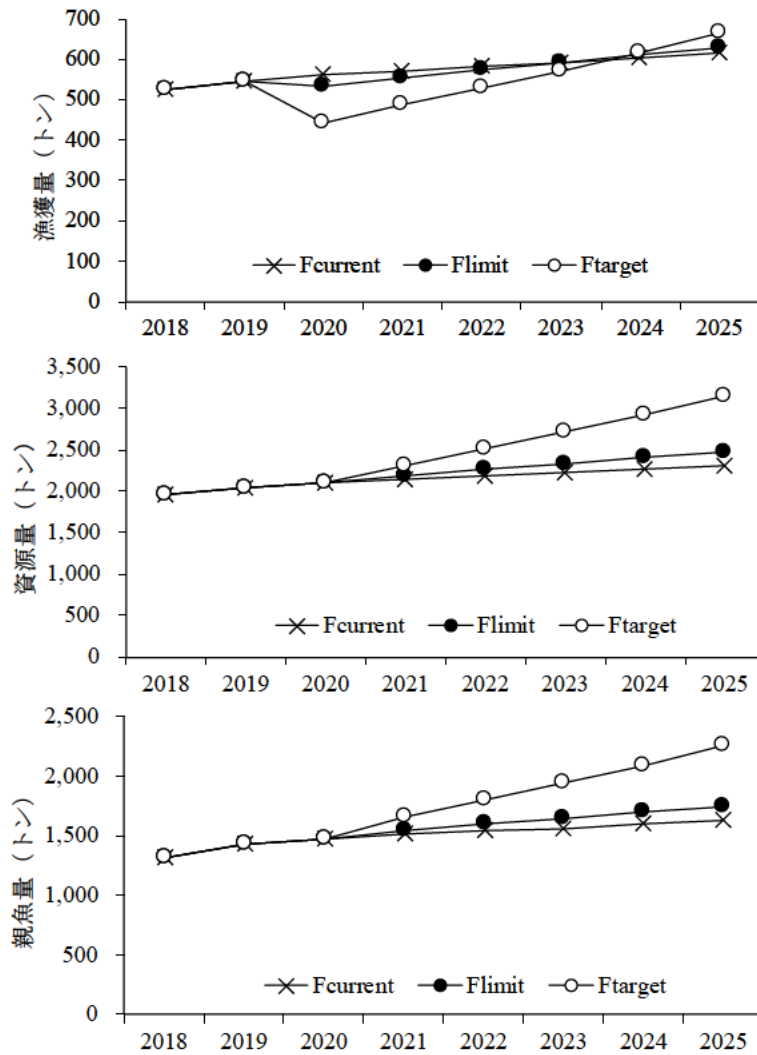
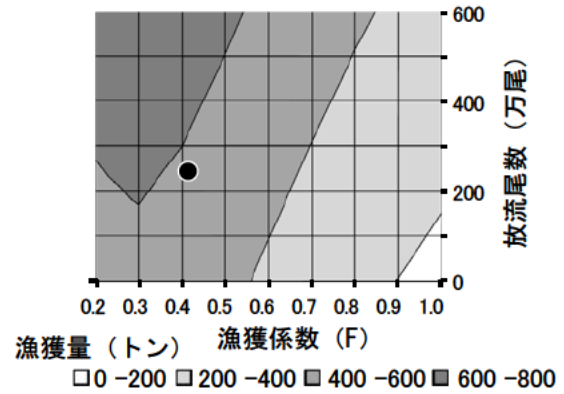
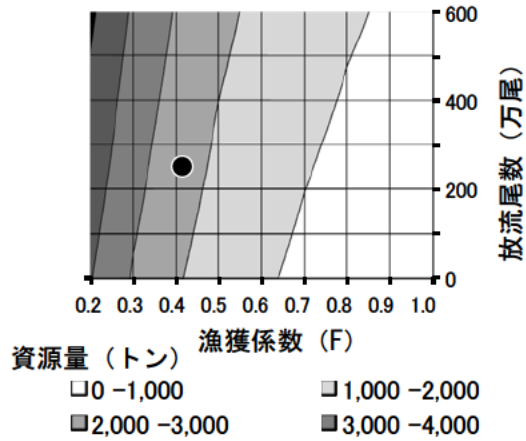


表 1. ヒラメ瀬戸内海系群の灘別（2005 年以前）と県別（2006 年以降）漁獲量（トン）および放流尾数（千尾）の経年変化

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				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	山口	徳島	香川	愛媛	福岡	大分			
2006	26	8	130	28	65	46	36	125	410	1	44	918	5,062	
2007	13	8	118	33	72	35	31	100	383	1	41	835	4,817	
2008	17	6	106	32	122	28	23	108	350	1	39	831	4,440	
2009	13	7	119	31	109	29	24	102	288	1	27	750	3,856	
2010	12	5	124	30	97	31	28	90	301	1	32	751	3,015	
2011	14	7	118	32	98	31	27	90	274	1	36	728	3,144	
2012	11	7	132	31	84	28	28	79	259	1	32	691	2,823	
2013	9	8	129	32	80	28	22	76	239	1	30	654	2,789	
2014	13	5	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	90	29	57	24	20	75	146	1	25	482	2,693	
2017**	12	7	104	27	38	26	24	74	142	1	49	504	2,592	
2018***	15	8	120	29	39	28	25	79	147	1	33	524		

* 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。

** 2017 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。

*** 2018 年の漁獲量合計値は概数値。

表 2. 2006 年までの小底、刺網の CPUE (kg/出漁日数) と努力量 (出漁日数)、小定置の CPUE (トン/漁労体数) と努力量 (漁労体数)

年	小底		刺網		小定置	
	CPUE	出漁日数	CPUE	出漁日数	CPUE	漁労体数
1968	0.04	1,373,678	0.01	834,635	0.00	1,924
1969	0.04	1,261,958	0.04	852,001	0.00	2,068
1970	0.09	1,196,851	0.05	873,766	0.01	1,767
1971	0.12	1,226,470	0.03	889,297	0.00	1,863
1972	0.10	1,275,259	0.02	857,899	0.01	1,740
1973	0.12	1,173,183	0.02	806,015	0.01	1,705
1974	0.19	1,231,561	0.02	830,603	0.01	1,961
1975	0.16	1,259,258	0.02	877,888	0.01	1,959
1976	0.20	1,250,443	0.06	940,174	0.01	2,141
1977	0.24	1,257,197	0.04	960,817	0.01	1,974
1978	0.20	1,285,936	0.07	973,048	0.02	1,985
1979	0.25	1,277,913	0.05	998,513	0.01	2,328
1980	0.22	1,222,827	0.06	1,014,695	0.02	2,007
1981	0.21	1,221,183	0.06	1,027,415	0.01	2,033
1982	0.22	1,219,748	0.07	1,034,989	0.02	2,156
1983	0.31	1,187,619	0.11	1,000,991	0.02	2,150
1984	0.37	1,196,887	0.11	979,294	0.03	2,071
1985	0.62	1,148,855	0.15	933,918	0.03	2,289
1986	0.54	1,123,191	0.16	946,653	0.04	2,224
1987	0.43	1,151,227	0.16	919,477	0.03	2,162
1988	0.63	1,129,380	0.20	909,193	0.04	2,077
1989	0.65	1,114,723	0.21	876,758	0.04	2,130
1990	0.48	1,092,348	0.20	829,300	0.04	2,118
1991	0.55	1,064,092	0.24	833,030	0.05	2,153
1992	0.52	1,058,620	0.26	815,062	0.04	2,054
1993	0.56	1,023,712	0.25	783,039	0.03	2,255
1994	0.56	994,086	0.25	753,895	0.04	2,067
1995	0.68	1,006,915	0.25	741,748	0.04	2,008
1996	0.70	950,983	0.27	720,932	0.04	2,030
1997	0.65	952,662	0.29	729,140	0.04	1,980
1998	0.71	938,420	0.31	683,685	0.05	1,956
1999	0.77	909,769	0.38	665,695	0.05	1,883
2000	0.76	885,218	0.29	658,172	0.05	1,943
2001	0.75	868,645	0.32	635,932	0.05	1,902
2002	0.78	831,926	0.35	599,106	0.05	1,828
2003	0.74	796,401	0.28	593,780	0.05	1,789
2004	0.75	775,278	0.35	528,797	0.05	1,720
2005	0.77	748,152	0.37	529,370	0.07	1,639
2006	0.77	718,757	0.41	506,802	0.07	1,562

*漁獲統計の集計内容変更に伴い、2007 年以降についてはこの形式での努力量の収集と CPUE の計算を継続することが出来なくなった。これに伴い、2002 年以降は表 3 および表 4 に示した標本船・標本漁協所属漁船の努力量および CPUE を参照する形へ移行した。

表 3. 小底標本船・標本漁協の延べ出漁隻数の推移

年	泉佐野 (大阪)	五色 (兵庫)	高砂 (兵庫)	日生 (岡山)	山口標本 船計	庵治 (香川)	東讃 (香川)	内海 (香川)	河原津 (愛媛)	伊予 (愛媛)	上灘 (愛媛)	杵築・ 日出 (大分)	合計
2002	8,223			1,559	1,843	12,052	4,201	1,955	6,731	2,110	2,225	865	41,764
2003	8,526			1,996	1,925	11,606	3,856	1,571	5,932	2,206	2,304	993	40,915
2004	8,957	1,049	3,570	1,824	1,995	11,510	3,530	1,463	5,921	2,337	2,296	985	45,437
2005	8,460	1,157	3,152	1,467	1,644	13,014	3,319	1,536	5,839	2,165	2,335	931	45,019
2006	7,592	1,243	2,878	1,175	1,962	13,932	3,857	1,429	5,155	2,299	1,970	855	44,347
2007	7,722	1,101	2,773	152	2,035	13,693	3,887	1,397	5,171	2,313	2,091	879	43,214
2008	7,331	1,071	2,189	1,262	1,904	12,398	3,507	1,513	4,466	2,129	1,940	919	40,629
2009	7,302	1,039	2,052	1,420	2,090	11,339	3,406	1,084	4,260	2,050	2,122	906	39,070
2010	7,281	977	1,978	1,177	1,841	11,499	2,973	1,153	3,937	1,614	1,768	897	37,095
2011	7,403	1,002	1,487	1,226	1,083	10,580	3,210	1,285	4,096	1,661	1,858	897	35,788
2012	6,732	1,194	1,540	1,090	1,107	9,744	2,669	1,470	3,537	1,457	2,155	852	33,547
2013	6,846	1,241	1,454	880	1,091	8,582	2,191	1,558	3,201	1,484	1,614	811	30,953
2014	6,541	1,087	1,314	1,125	1,099	8,358	1,842	1,308	3,051	1,530	1,663	766	29,684
2015	5,709	1,035	1,546	1,224	1,086	6,977	1,567	1,510	2,622	1,257	1,630	722	26,885
2016	5,698	1,131	1,573	1,145	1,019	6,853	1,530	1,571	2,138	1,787	1,475	737	26,657
2017	5,070	1,229	1,303	1,022	992	6,132	1,077	1,250	1,857	1,467	1,346	710	23,455
2018	6,448	1,104	953	1,160	931	5,682	967	958	1,823	1,447	1,226	667	23,366

表 4. 小底標本船・標本漁協の CPUE (kg/出漁隻数) の推移

年	泉佐野 (大阪)	五色 (兵庫)	高砂 (兵庫)	日生 (岡山)	山口標本 本船計	庵治 (香川)	東讃 (香川)	内海 (香川)	河原津 (愛媛)	伊予 (愛媛)	上灘 (愛媛)	杵築・ 日出 (大分)	加重 平均 CPUE
2002	0.31			1.25	0.38	1.14	0.07	0.14	0.22	0.90	0.74	0.42	0.91
2003	0.36			1.18	0.31	1.30	0.09	0.15	0.25	1.18	0.62	0.29	1.02
2004	0.31	0.68	0.36	1.09	0.45	1.68	0.05	0.25	0.43	0.91	0.24	0.37	1.22
2005	0.25	0.45	0.36	1.09	0.49	1.38	0.05	0.25	0.41	0.77	0.31	0.34	1.03
2006	0.34	1.19	0.49	0.50	0.39	1.26	0.05	0.23	0.49	1.10	0.25	0.60	0.99
2007	0.37	1.51	0.45	0.55	0.39	1.06	0.04	0.11	0.24	0.86	0.44	0.20	0.86
2008	0.18	1.00	0.23	0.87	0.27	0.90	0.03	0.06	0.30	0.86	0.68	0.19	0.75
2009	0.23	0.92	0.36	0.88	0.38	0.77	0.06	0.05	0.21	0.45	0.28	0.55	0.62
2010	0.18	0.41	0.33	1.17	0.24	0.66	0.04	0.06	0.37	0.61	0.35	0.55	0.58
2011	0.21	0.40	0.20	1.35	0.45	0.85	0.02	0.08	0.36	0.52	0.17	0.50	0.71
2012	0.21	0.25	0.42	0.98	0.66	0.82	0.02	0.08	0.29	0.71	0.37	0.22	0.66
2013	0.31	0.31	0.37	1.33	0.57	0.95	0.02	0.07	0.57	0.50	0.30	0.31	0.75
2014	0.31	0.76	0.45	1.14	0.50	1.12	0.02	0.11	0.76	0.77	0.42	0.38	0.87
2015	0.32	0.85	0.42	1.17	0.64	0.68	0.01	0.11	0.78	0.57	0.82	0.36	0.69
2016	0.29	0.95	0.32	1.18	0.60	0.59	0.01	0.06	0.80	0.43	0.51	0.27	0.64
2017	0.34	0.37	0.22	1.17	0.70	0.66	0.02	0.06	0.63	0.71	1.15	0.62	0.70
2018	0.38	0.37	0.57	1.60	0.69	0.80	0.00	0.04	0.91	0.74	0.58	0.58	0.79

表 5. 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 $N_{0,y}$ (千尾)		漁獲割合 (%)	RPS (尾/kg)
				天然 Rn_y	放流 Ra_y		
1994	876	2,517	1,156	2,871	509	35	2.48
1995	1,000	2,856	1,188	3,667	580	35	3.09
1996	1,000	2,931	1,313	2,059	726	34	1.57
1997	973	2,864	1,493	2,787	324	34	1.87
1998	1,039	2,975	1,611	1,268	1,305	35	0.79
1999	1,118	2,891	1,630	1,507	630	39	0.92
2000	1,023	2,730	1,648	1,746	409	37	1.06
2001	1,033	2,699	1,474	2,406	527	38	1.63
2002	1,039	2,664	1,386	1,775	860	39	1.28
2003	912	2,632	1,349	2,076	979	35	1.54
2004	911	2,740	1,416	1,294	1,105	33	0.91
2005	934	2,696	1,517	1,124	975	35	0.74
2006	918	2,600	1,519	1,156	929	35	0.76
2007	835	2,478	1,463	1,124	491	34	0.77
2008	831	2,345	1,440	1,109	553	35	0.77
2009	750	2,165	1,324	1,022	418	35	0.77
2010	751	2,089	1,304	1,017	509	36	0.78
2011	728	2,054	1,244	1,378	117	35	1.11
2012	691	2,015	1,246	766	450	34	0.61
2013	654	1,927	1,239	1,005	113	34	0.81
2014	613	1,845	1,229	786	157	33	0.64
2015	520	1,755	1,199	795	68	30	0.66
2016	482	1,771	1,229	838	116	27	0.68
2017	504	1,852	1,243	999	221	27	0.80
2018	524	1,977	1,313	807	135	27	0.61

表 6. 人工種苗の標識装着率、混入率および添加効率

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	0.14	1.00	0.14	0.14
1996	0.26	1.00	0.26	0.19
1997	0.10	1.00	0.10	0.08
1998	0.51	1.00	0.51	0.33
1999	0.27	0.92	0.29	0.13
2000	0.19	1.00	0.19	0.09
2001	0.18	1.00	0.18	0.12
2002	0.29	0.90	0.33	0.24
2003	0.29	0.90	0.32	0.24
2004	0.40	0.87	0.46	0.22
2005	0.41	0.88	0.46	0.19
2006	0.34	0.77	0.45	0.18
2007	0.23	0.75	0.30	0.10
2008	0.23	0.69	0.33	0.12
2009	0.22	0.77	0.29	0.11
2010	0.27	0.81	0.33	0.17
2011	0.06	0.79	0.08	0.04
2012	0.25	0.68	0.37	0.16
2013	0.07	0.71	0.10	0.04
2014	0.12	0.75	0.17	0.05
2015	0.05	0.60	0.08	0.03
2016	0.07	0.60	0.12	0.04
2017	0.06	0.34	0.18	0.08
2018	0.19	0.74	0.26	—

*2018 年の放流尾数は未確定のため添加効率は計算せず。

表 7. 新規発生量調査における 6 月の稚魚
採集尾数 (/400 m²)

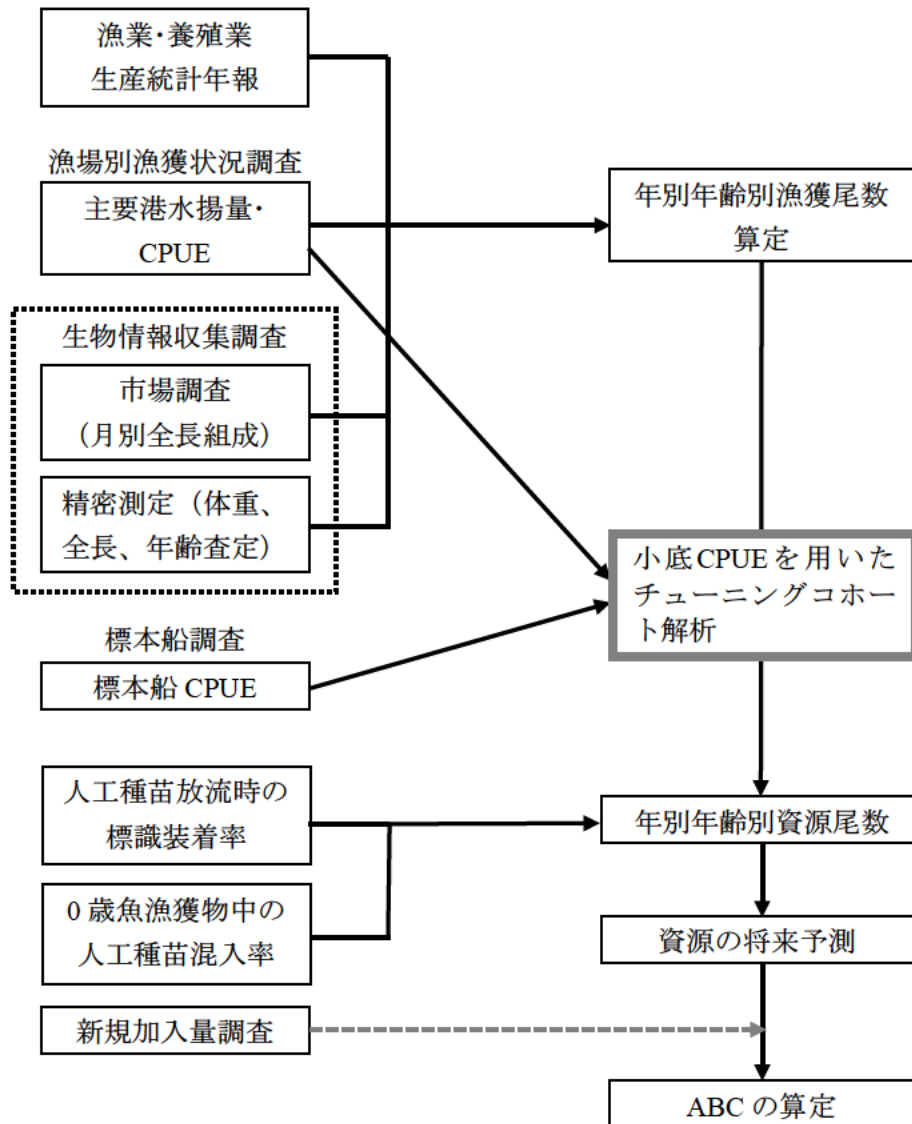
年	河原津(愛媛)	大浜(香川)	平均
1995	24.00	52.00	38.00
1996	18.00	14.30	16.15
1997	6.30	6.00	6.15
1998	25.00	48.00	36.50
1999	11.60	11.00	11.30
2000	0.80	8.00	4.40
2001	8.10	17.00	12.55
2002	12.10	38.30	25.20
2003	14.70	20.00	17.35
2004	14.20	2.00	8.10
2005	0.26	2.50	1.38
2006	29.50	10.75	20.13
2007	4.82	6.00	5.41
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
2018	1.30	3.50	2.40

表 8. 昨年度評価時と今回の評価時における年齢別漁獲係数 F と推定資源尾数の変化

		2016年		2017年		2018年		2019年	
		2018年 評価時	2019年 評価時	2018年 評価時	2019年 評価時	2018年 評価時	2019年 評価時	2018年 評価時	2019年 評価時
0歳魚	F	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.02	-	-
	資源尾数	916,891	960,206	711,750	1,115,260	801,165	941,809	772,021	1,010,925
1歳魚	F	0.22	0.18	0.22	0.21	0.22	0.20	-	-
	資源尾数	655,716	777,355	833,975	874,035	631,529	1,001,062	710,867	850,233
2歳魚	F	0.48	0.44	0.46	0.36	0.46	0.40	-	-
	資源尾数	444,631	470,772	384,301	473,294	488,775	517,316	370,125	596,946
3歳魚	F	0.49	0.50	0.46	0.40	0.46	0.42	-	-
	資源尾数	220,796	217,559	202,159	221,285	177,353	242,695	225,567	253,978
4歳魚	F	0.40	0.40	0.42	0.43	0.42	0.39	-	-
	資源尾数	111,377	112,128	99,047	96,679	93,689	108,385	82,193	116,780
5歳魚	F	0.40	0.40	0.42	0.43	0.42	0.39	-	-
	資源尾数	83,301	83,863	95,580	96,541	93,655	92,111	90,151	98,894

*2019 年の F は再評価には関係しないため、2019 年については年当初の年齢別資源尾数のみを示した。

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

1994 年以降、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加重平均した瀬戸内海全体の年別期別全長階級別頻度組成を求めた。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。

1995 年以降、瀬戸内海各地において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）および雌雄別全長体重関係を求めた。この際、単年毎のデータでは体長階級毎の年齢査定結果が十分でなく、ALK が作成できないため、1995～当該年までのデータを合算して毎年の ALK を作成・更新した。さらに 1995～2004 年については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用いた。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遡って再計算・更新していたが、平成 26 年度評価以降は、漁獲量が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。

期別雌雄別全長組成重量割合に期別雌雄別 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。最後に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（統計値の集計範囲としては、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（統計値の集計範囲としては、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（統計値の集計範囲としては、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・一本釣である。

(2) 資源量推定法

1994～2018 年までの 25 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。1 歳魚以上については 1 月 1 日を年齢の起算日とした。また 0 歳魚は秋頃から漁獲加入することから 10 月 1 日時点での資源量を推定した。これらを全年齢について合計したものを y 年の資源量とした。

自然死亡係数: M_a の推定には田内・田中の方法（田中 1960）を用いた。最高年齢を 8 歳

(渡辺ほか 2004) と仮定し、 $M_1 \sim M_{5+} = 0.31$ (1/年) とした。なお 0 歳魚については 10 月 1 日時点での加入尾数を計算するため、 M_a を 1/4 年で除した $M_0 = 0.08$ を用いた。

資源尾数から資源量への変換には、1995～2018 年の漁獲物精密測定結果 (年齢査定済) 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)	130	342	842	1,675	2,676	3,895

なお、平成 29、30 両年度の資源評価報告書では、近年の当該系群における RPS の低下傾向を考慮する目的で、最近年の 0 歳魚の資源尾数を親魚量 $SSB \times$ 過去最低の RPS で求めているが、本年度の評価では、2018 年度漁期における 0 歳魚の漁獲量が前年比で 3 倍弱まで増加した。2018 年級群が高豊度で加入した可能性について検討したものの、0 歳魚の漁獲量の増加がみられた海域が限定的で、瀬戸内海全域で 0 歳魚の漁獲が目立ったという状況には至っていないこと、また 0 歳魚が纏まって漁獲されたことでこれまで市場に水揚げしていなかった小型魚も水揚げされるようになり、結果的にその豊度以上に 0 歳魚の漁獲尾数が増加した可能性が指摘された。これらの情報から、現時点で 2018 年級群が高豊度で加入し、それが今後本資源の状況を大きく回復・向上させると仮定することには危険があると考え、本年度の評価においては、昨年度までの評価と同様に 2018 年の (天然由来) 0 歳魚資源尾数を最新年の $SSB \times$ 過去最低の RPS で求め、人工種苗放流分を加えることとした。その結果、2018 年の加入尾数は 942 千尾と前年を下回る一方で、0 歳魚漁獲尾数は 89 千尾と前年の 3 倍近い値となり、0 歳魚のターミナル F (F_0) は 0.10 と 2013 年以来の高い値を取る結果となった。

1 歳魚についても、平成 29、30 両年度の資源評価報告書では、近年の当該系群における小型魚 (ここでは主に 0、1 歳魚を対象) に対する漁獲圧の低減を考慮する目的で、2 歳魚以上のターミナル F の与え方とは異なり、1 歳魚のターミナル F (F_1) に直近 3 年間の F_1 の最低値を採用していた。しかし、年齢別 F の推移からは、これまで単調減少していた F_1 が 2017 年には僅かに増加に転じており (図 12)、また前述のように 2018 年漁期には 0 歳魚の漁獲が纏まることで F_0 が上昇した可能性が示唆されたことなどから、本年度の評価においては、これまで仮定してきた小型魚への漁獲圧の低減傾向に一区切りが付いたと考え、 F_1 についても 2 歳魚以上の F と同様に最新年を除く直近 3 年間の F の平均値を選択率に用いる方法へ変更を行った。

詳細については以下の通りである：

最新年を除く y 年 a 歳 (0～3 歳) の資源尾数: $N_{a,y}$ ならびに漁獲係数: $F_{a,y}$ は、それぞれ以下の式で求めた (平松 2001)。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right) \quad (0 \leq a \leq 3) \quad (1)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (0 \leq a \leq 3) \quad (2)$$

なお、 $C_{a,y}$: y 年 a 歳の漁獲尾数である。

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

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

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

チューニングコホート解析における最新年の 1～5+歳の資源尾数は、以下の式で求めた。

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

最新年の F (ターミナル F) は $F_{4,y}$ を未知パラメータとし $F_{5+,y}=F_{4,y}$ 、また $F_{1,y} \sim F_{3,y}$ はそれらの選択率が過去 3 年 (2015～2017 年) の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,y} = \left(\frac{\sum_{b=1}^3 F_{a,y-b}}{\sum_{b=1}^3 F_{4,y-b}} \right) F_{4,y} \quad (1 \leq a \leq 3) \quad (6)$$

なお $N_{0,y}$ ならびに $F_{0,y}$ については、チューニングコホート解析の後に求まる最新年の SSB の時系列、更に 0 歳魚資源尾数の天然由来尾数と人工種苗由来尾数への分割が終了した後求まる RPS の時系列とその最低値が分かった後に、改めて計算する (後述)。

$F_{4,y}$ は、y 年における CPUE の観測値: u_y (標本港および標本船の漁獲量と延べ出漁隻数から求めた CPUE (kg/隻) を各港・船の漁獲量で加重平均した値) を使用したチューニングコホート解析により推定した (平松 2001)。対数変換した 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。

$$\ln(u_y) = \ln q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a + \varepsilon_y \quad \text{なお、} \varepsilon_y \sim N(0, \sigma^2) \quad (7)$$

ここで q 、 $s_{a,y}$ 、 W_a はそれぞれ、漁具能率、y 年 a 歳の選択率、a 歳の平均体重を示す。チューニングコホート解析で推定する資源量より求めた 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 、 $F_{4,y}$ を最小二乗法で推定した。

$$SS = \sum_y \left(\ln(u_y) - \ln(q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a) \right)^2 \quad (8)$$

チューニングコホート解析の結果、最新年を含む親魚量 SSB の時系列データが求まる。また「補足資料 2 資源計算方法 (3) 人工種苗個体の混入率、0 歳魚資源尾数の天然由来個体と人工種苗由来個体への分解、天然由来 0 歳魚資源尾数に基づく RPS の計算」にて、0 歳魚資源尾数の天然由来 0 歳魚と人工種苗由来 0 歳魚への分割が行われる。この SSB と天然由来 0 歳魚資源尾数との関係から、真の RPS の時系列が求まる。本資源では、2004 年以降 RPS が低い水準に留まっていることを考慮し、最新年 (及びそれ以降) (9)

の将来予測も同様)における天然由来の0歳魚資源尾数を、その年のSSBにRPSの最低値(現在は2012年の0.61尾/kg)を乗じた値として与えた。加えて、最新年を除く直近3年間の平均人工種苗放流尾数にやはり直近3年間の平均添加効率を乗じた量の人工種苗が最新年以降毎年加入すると仮定した。

$$N_{0,y} = SSB_y \times RPS_{min} + \text{放流尾数} \times \text{添加効率}$$

最後に(9)式で得られた $N_{0,y}$ と $C_{0,y}$ を(2)式に代入し、最新年の $F_{0,y}$ を求めた。

(3) 人工種苗個体の混入率、0歳加入尾数の天然由来個体と人工種苗由来個体への分解、天然由来0歳加入尾数に基づくRPSの計算

0歳魚漁獲物における人工種苗放流個体の混入率の推定、0歳加入尾数 $N_{0,y}$ の天然由来加入尾数 R_{ny} と人工種苗由来加入尾数 R_{ay} への分解、ならびに天然由来0歳加入尾数に基づくRPSの計算を、以下の方法で推定した。

ヒラメ人工種苗の多くの個体で無眼側に黒色素の沈着異常が発生する。これを人工種苗における標識の代わりに用い、人工種苗放流時の黒化個体混入率(=標識装着率)を、各県を通じて収集した。黒化個体混入率は年や生産施設・業者によって様々に異なり、また放流尾数も異なるため、瀬戸内海全体を代表する標識装着率の計算に際しては、本来であれば各県・海域毎の放流尾数の大小で加重平均する、あるいは海域を区分してそれぞれの場所における標識装着率を別々に取り扱うのが望ましい。しかし、全ての放流海域において標識装着率を調査・把握するには至らず(2018年実績で和歌山、大阪、兵庫、山口、愛媛の5県)、海域毎に分けた詳細な検討を行うのに十分なデータが揃っていないため、現状ではデータのある府県の標識装着率を単純平均した値を瀬戸内海全域の標識装着率として利用している。

続いて、生物情報収集調査で各県より得られるヒラメ漁獲物の精密測定結果を用い、無眼側黒化の判定が行われた0歳魚漁獲物中の黒化個体混入率を推定する。瀬戸内海を東部(紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸)、中部(燧灘、備後・芸予瀬戸、安芸灘)、西部(伊予灘、周防灘)の3海域に分割し、それぞれの海域における測定標本数とその中に含まれる黒化個体数を求め、海域毎の(見かけ上の)混入率を計算する。2018年実績で0歳魚における黒化個体の判定結果が得られている県は、大阪、兵庫、香川、愛媛(東予、中予)、大分の5県であった(なお1歳魚以上まで含めると精密測定で黒化個体を調査している県は増加するが、現時点では毎年異なる標識装着率を複数年級群に反映させるための計算準備が整っておらず、0歳魚に限った判定に留まっている)。その後、3海域の混入率の単純平均を取り(=瀬戸内海全体としての見かけ上の混入率)、人工種苗放流時に求めた標識装着率を乗じて、瀬戸内海全体としての補正済みの人工種苗混入率を求める。

y年における人工種苗由来の0歳加入尾数: R_{ay} は、以下の式で計算される。

$$R_{ay} = N_{0,y} \times \text{補正済み人工種苗混入率} \quad (10)$$

また、添加効率とは全ての放流尾数のうち生残し資源に添加された尾数の割合で、以下の式で計算される。

$$\text{添加効率} = \frac{N_{0,y} \times \text{補正済み人工種苗混入率}}{y\text{年の人工種苗放流尾数}} \quad (11)$$

よって、(10)式は添加効率と人工種苗放流尾数との積に書き直すことが出来る。

$$Ra_y = y\text{年の人工種苗放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (12)$$

その後、 $N_{0,y}$ から Ra_y を減じることで、最新年を除く各年の天然由来加入尾数 Rn_y を求めた。

$$Rn_y = N_{0,y} - Ra_y \quad (13)$$

最後に、各年の Rn_y を各年の親魚量で除して、各年の RPS を計算した。

なお、最新年の $N_{0,y}$ はコホート解析では算出せず、(9)式にて求めた。

(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。

$$YPR = \sum_{a=1}^{15} \frac{F_a}{F_a + M_a} (1 - \exp(-F_a - M_a)) S_a W_a \quad (14)$$

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

$$S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M_a) \quad (\text{ただし } S_0 = 1) \quad (16)$$

ここで、 S_a は a 歳における生残率、 fr_a は a 歳の雌の成熟割合を示す。

なお、本系群における M の推定に際して寿命を 8 歳と仮定しているのに対して、YPR および SPR の計算では、その影響がほぼ消失する 15 歳まで計算を行っている。 F が極めて低い場合には、YPR あるいは SPR に占める 9 歳以上の高齢部分の影響は大きくなるものの ($F=0.1$ の下でともに 10%程度)、 $F=0.3$ 以上では 9 歳以上の高齢部分の占める割合は両者ともに 3%以下に留まり、現状の F_{current} あるいは F_{sus} の下では大きな影響を与えない。

(5) 将来予測方法

各年齢の資源尾数は以下の方法で求めた。

将来予測における天然由来の加入尾数は、 y 年の親魚資源量 SSB_y とこれまでに得られた RPS 時系列の最低値 (但し最新年を除く) を乗じて求めた。人工種苗由来の加入尾数は、今後も現状と同じ放流数と添加効率が継続するとの仮定の下、最新年を除く直近 3 年間の平均放流尾数ならびに直近 3 年間の平均添加効率を乗じて求 (9、再掲)

めた。最後に天然由来の加入尾数と人工種苗由来の加入尾数を合算し、 y 年の加入尾数とした。これはデータのある最新年の $N_{0,y}$ についても同様である。

$$N_{0,y} = SSB_y \times RPS_{min} + \text{放流尾数} \times \text{添加効率}$$

1～4 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1} - F_{a-1}) - C_{a-1,y-1} \exp\left(-\frac{M_{a-1}}{2}\right) \quad (a = 1, \dots, 4) \quad (17)$$

5 歳魚以上のプラスグループの資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{5+,y} = N_{4,y-1} \exp(-M_4) - C_{4,y-1} \exp\left(-\frac{M_4}{2}\right) + N_{5+,y-1} \exp(-M_{5+}) - C_{5+,y-1} \exp\left(-\frac{M_{5+}}{2}\right) \quad (18)$$

また、各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (19)$$

(5) Retrospective bias による各種コホート解析法の結果比較

当該資源の評価における特徴として、漁期終盤（9～12 月）に漁獲される 0 歳魚の漁獲尾数がデータとして利用できることが挙げられる。しかし、仮に 0 歳魚の漁獲が完全加入に至る前の漁獲である場合、その獲られ方の「振れ」がコホート解析で求まる最近年の資源評価結果にも影響を与え、推定精度を落としているのではないかという疑問が 2018 年の資源評価会議にて示された。そこで、レトロスペクティブバイアス (Okamura et al. 2017) を用いて、幾つかのコホート計算法による各種計算結果の偏り (ρ) とばらつき (MSE, Mean Squared Error) を計算し比較を行った (補足図 2-1)。考察したコホート解析法と比較に使用した各種推定値は以下の通りである。また使用したデータは 2017 年までのデータであり、2018 年の年齢別漁獲尾数や CPUE データは含まない。

コホート解析法：

パターン 0. チューニングを行わないコホート解析 (0 歳を含む全年齢の漁獲尾数情報を使用)

パターン 1. 沖底 CPUE でチューニングしたコホート解析。4 歳のターミナル F を CPUE によるチューニングで操作し、最高齢 (5 歳以上) の F はそれと同じ値とする。3 歳以下のターミナル F は、いずれの年齢ともに直近 3 年の年齢別 F の平均値の比を選択率とし、それにチューニングで得た 4 歳魚の F を乗じて計算。一般的なチューニングコホート解析

パターン 2. 沖底 CPUE でチューニングしたコホート解析。2 歳魚以上のターミナル F は 1. と同様の方法で計算。一方 0、1 歳魚のターミナル F は直近 3 年の

年齢別 F の最低値をそのまま採用

パターン 3. 沖底 CPUE でチューニングしたコホート解析。1 歳魚および 2 歳魚以上のターミナル F はそれぞれ 2. と同様の方法で計算。最新年の 0 歳魚の資源尾数は親魚量と過去最低の再生産成功率 RPS を乗じて求めた値を使用（2018 年度までの評価で用いた方法）

パターン 1-2. 0 歳魚の漁獲情報を使わずに 1. のチューニングコホート解析を実施。年齢別ターミナル F の設定は 1. と同じ。

パターン 2-2. 0 歳魚の漁獲情報を使わずに 2. のチューニングコホート解析を実施。年齢別ターミナル F の設定は 2. と同じ。

比較に用いた各種項目：

- ・ 0 歳魚のターミナル F（1-2、2-2 を除く）
- ・ 1 歳魚のターミナル F
- ・ 最新年の 0 歳魚の資源尾数（1-2、2-2 を除く）
- ・ 最新年の 1 歳魚の資源尾数
- ・ 最新年の推定資源量（0 歳魚の資源量を含む、1-2、2-2 を除く）
- ・ 0 歳魚の資源量を除いた最新年の推定資源量

以上のコホート解析と各種推定値の組み合わせで計算を行い、

- 最新年に至る全ての年のデータを用いたコホート解析で推定した各年の値（ $\hat{\theta}_{Y-i}$ ）（年数を重ねるごとに値が安定）を青の折れ線グラフで、
- 推定する年より過去のデータのみを用いてコホート解析を行い推定した、最新年時点での各年の値（ $\hat{\theta}_{Y-i}^{Ri}$ ）を赤の丸で、

それぞれ同じグラフ上に示したのが補足図 2-1 である。赤丸が青の折れ線の近くにプロットされれば、その方法による最新年の各種数値の推定精度は良く、また折れ線の上あるいは下に偏って表示されるようであれば、その方法による推定は過大推定あるいは過小推定の傾向があることを示す。それを数値で示したのがグラフの中に示した ρ と MSE の値で、 ρ はデータ推定値の偏りを、また MSE は推定値のばらつきをそれぞれ表し、以下の式で計算される：

$$\rho = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \left(\frac{\hat{\theta}_{Y-i}^{Ri} - \hat{\theta}_{Y-i}}{\hat{\theta}_{Y-i}} \right) \quad (20)$$

$$MSE = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \left(\frac{\hat{\theta}_{Y-i}^{Ri} - \hat{\theta}_{Y-i}}{\hat{\theta}_{Y-i}} \right)^2 \quad (21)$$

これらの値が小さいほど、各年それぞれ最新年の結果として推定した値が、その後データを重ねた上で再度計算される「より確からしい」値の近くに、より偏り無く推定されていたことを示す。

補足図 2-1 の一番左の列（パターン 0）は、チューニングを行わないコホート解析で求め

た結果である。2 列目より右に示した何らかのチューニングを行った結果に比べ、多くの項目において最新年の推定値（赤丸）はその後得られるより確からしい推定値（青の折れ線）からのずれが大きく、また過大あるいは過小のいずれかに偏る傾向も強い。 ρ および MSE の値も他のパターンよりも大きな値を示した。このことから、当該系群におけるコホート解析を行う上で、CPUE によるチューニングは最新年の若齢群の資源尾数やそれを含めた資源量推定をより精度良く安定した値として得る効果があったと考えられる。

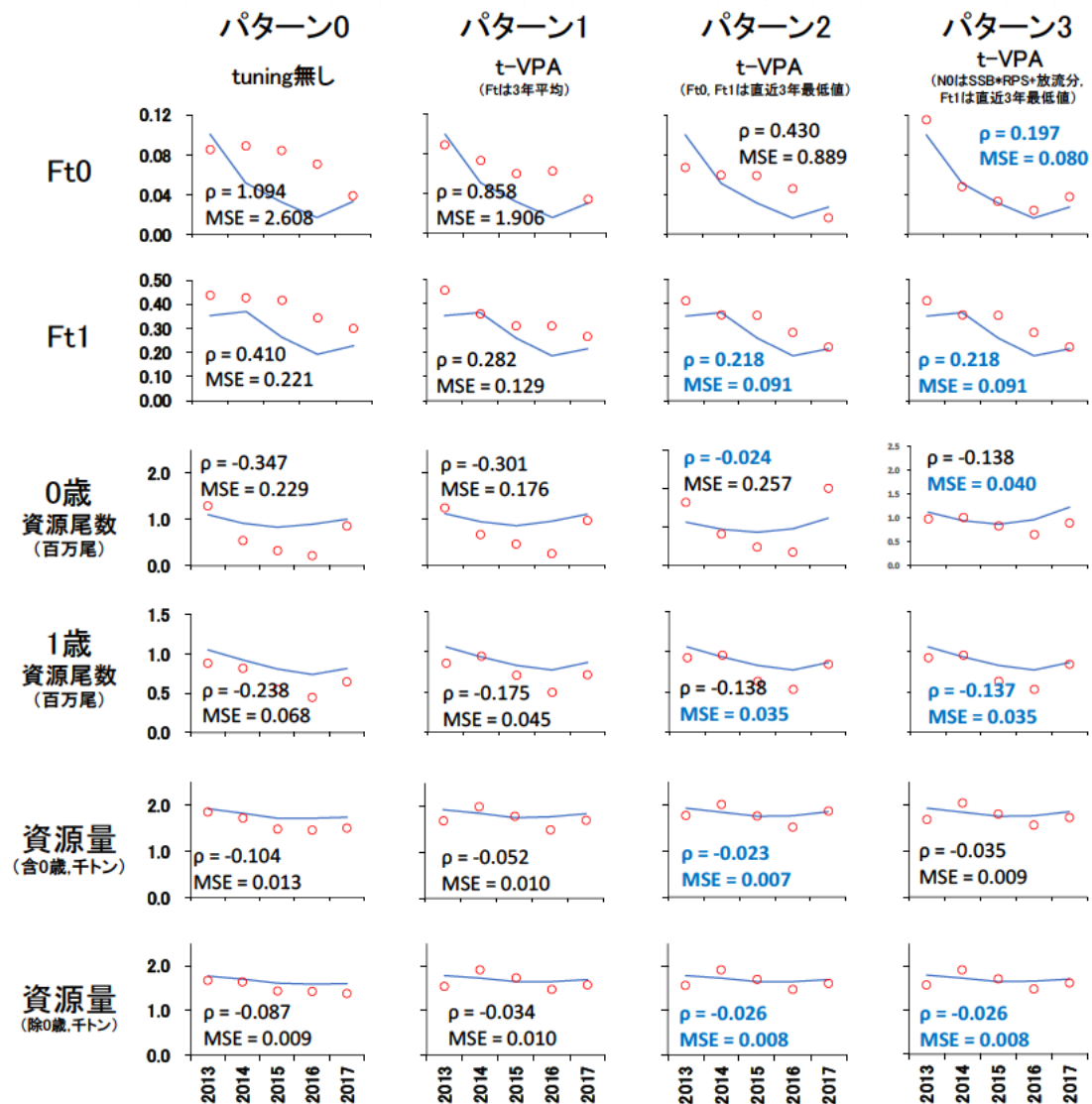
一方、同じチューニングコホート中での比較からは、0 歳魚の漁獲を考慮に入れても（パターン 1、2、3）、0 歳魚の漁獲を除外して計算しても（パターン 1-2、2-2）、その推定結果には殆ど影響が現れなかった。

また、2017～2018 年度の資源評価で実施していたパターン 3（0 歳魚加入尾数を SSB と RPSmin の乗算で求める方法）は、最新年の 0 歳資源尾数の推定において最もばらつきが少なく（補足図 2-1 の上から 3 行目）、またその 0 歳資源尾数と 0 歳漁獲尾数から計算されるターミナル F0 は、翌年以降に判明するより確からしい F0 とほぼ等しい値を示した。このことから、2017～2018 年度に採用した「最新年の 0 歳魚加入尾数を SSB と RPSmin の乗算で求め、1 歳魚のターミナル F は直近 3 年間の F の最低値で、2 歳魚以上のターミナル F は直近 3 年間の F の平均値の比で求める方法（パターン 3）は、本系群の資源解析手法としては適切であったことが示された。

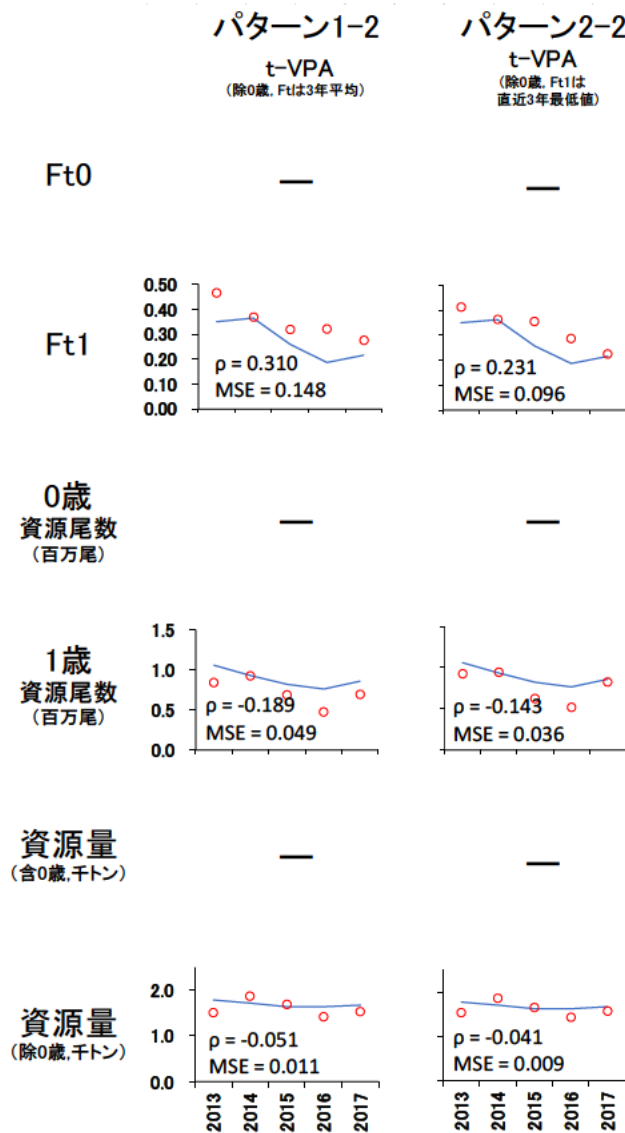
（但し「補足資料 2 資源計算方法（2）資源量推定法」にて述べた通り、最新年の F0 の上昇ならびに F1 の低下傾向が頭打ちにあることを考慮し、本年度の評価においては 1 歳魚のターミナル F に直近 3 年間の F の最低値を用いることを止め、2 歳魚以上と同様に直近 3 年間の平均値の比を用いた。）

引用文献

- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 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—, 日本水産資源保護協会, 104-128.
- Okamura, H., Yamashita, Y. and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Marine Sci., **74**, 2427-2436.
- 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, 16.



補足図 2-1. レトロスペクティブバイアスによる最新年の各種項目の推定精度の評価
 チューニングを行う／行わない、コホート解析に0歳魚を含める／含めない、
 更に最新年の0、1歳魚のFあるいは0歳魚資源尾数の計算方法を変えたコ
 ホート解析法の下で計算した最新年の各種項目値を、その後数年分のデー
 タが溜まった時点で改めて計算したデータと比較した。赤丸はその年までの
 データのみを用いて推定した最新年としての各項目の値、青の折れ線は2017
 年までの全てのデータを用いて計算した各年の各項目の値を示す。 ρ は推定
 値の偏りを、MSE (Mean squared error) は推定値のばらつきの大きさを示す。
 ρ およびMSEを青字で示したものは、各パターンの中で最も良い値を示した
 ものを示す。



補足図 2-1. レトロスペクティブバイアスによる最新
年の各種項目の推定精度の評価 (続き)

補足表 2-1. Age-length key と雌雄割合

雌																		
全長階級 (mm)	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	
0 - 40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
40 - 80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
80 - 120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
120 - 160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35
160 - 200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49
200 - 240	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.92	0.06	0.02	0.00	0.00	0.35	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
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	0.92	0.08	0.00	0.00	0.00	0.55
280 - 320	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.34	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.47	0.70	0.27	0.02	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	0.39	0.27	0.66	0.07	0.00	0.00	0.32
360 - 400	0.14	0.80	0.05	0.00	0.00	0.23	0.21	0.74	0.05	0.00	0.00	0.31	0.00	0.94	0.05	0.01	0.00	0.39
400 - 440	0.05	0.86	0.09	0.00	0.00	0.50	0.03	0.87	0.09	0.00	0.00	0.55	0.00	0.90	0.09	0.01	0.00	0.57
440 - 480	0.03	0.84	0.12	0.01	0.00	0.78	0.01	0.89	0.09	0.01	0.00	0.73	0.00	0.81	0.19	0.00	0.00	0.75
480 - 520	0.01	0.67	0.32	0.01	0.00	0.79	0.00	0.65	0.31	0.04	0.00	0.79	0.00	0.73	0.23	0.03	0.00	0.83
520 - 560	0.00	0.34	0.61	0.03	0.01	0.79	0.00	0.30	0.61	0.08	0.01	0.81	0.00	0.36	0.46	0.14	0.04	0.80
560 - 600	0.01	0.16	0.62	0.17	0.03	0.76	0.01	0.16	0.62	0.17	0.03	0.76	0.00	0.01	0.16	0.62	0.17	0.03
600 - 640	0.00	0.06	0.49	0.34	0.11	0.84	0.00	0.06	0.49	0.34	0.11	0.84	0.00	0.00	0.06	0.49	0.34	0.11
640 - 680	0.00	0.01	0.30	0.44	0.25	0.90	0.00	0.01	0.30	0.44	0.25	0.90	0.00	0.00	0.01	0.30	0.44	0.25
680 - 720	0.00	0.01	0.13	0.41	0.45	0.96	0.00	0.01	0.13	0.41	0.45	0.96	0.00	0.00	0.01	0.13	0.41	0.45
720 - 760	0.00	0.00	0.04	0.27	0.69	0.97	0.00	0.00	0.04	0.27	0.69	0.97	0.00	0.00	0.00	0.04	0.27	0.69
760 - 800	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	1.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	1.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89
800 - 840	0.00	0.00	0.04	0.00	0.96	1.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.96	1.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.96
840 - 880	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
880 - 920	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
920 - 960	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
960 -	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
雄																		
全長階級 (mm)	1-4月						5-8月						9-12月					
	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	
0 - 40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
40 - 80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
80 - 120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
120 - 160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
160 - 200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00		1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
200 - 240	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00		0.99	0.01	0.00	0.00	0.00		0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	
240 - 280	0.86	0.14	0.00	0.00	0.00		0.87	0.13	0.00	0.00	0.00		0.83	0.16	0.01	0.00	0.00	
280 - 320	0.61	0.38	0.01	0.00	0.00		0.70	0.29	0.01	0.00	0.00		0.42	0.53	0.04	0.00	0.00	
320 - 360	0.17	0.78	0.04	0.00	0.00		0.24	0.69	0.07	0.01	0.00		0.07	0.83	0.09	0.01	0.00	
360 - 400	0.04	0.86	0.09	0.00	0.00		0.03	0.83	0.10	0.03	0.00		0.02	0.77	0.18	0.02	0.02	
400 - 440	0.04	0.63	0.30	0.02	0.01		0.01	0.57	0.37	0.03	0.01		0.00	0.76	0.18	0.00	0.01	
440 - 480	0.00	0.35	0.54	0.09	0.02		0.00	0.42	0.33	0.13	0.12		0.00	0.36	0.40	0.04	0.12	
480 - 520	0.01	0.10	0.44	0.25	0.21		0.00	0.15	0.29	0.29	0.27		0.00	0.17	0.42	0.25	0.00	
520 - 560	0.00	0.09	0.40	0.22	0.29		0.00	0.04	0.38	0.27	0.31		0.00	0.14	0.00	0.29	0.00	
560 - 600	0.01	0.03	0.30	0.38	0.27		0.01	0.03	0.30	0.38	0.27		0.00	0.01	0.03	0.30	0.38	
600 - 640	0.00	0.02	0.10	0.36	0.52		0.00	0.02	0.10	0.36	0.52		0.00	0.00	0.02	0.10	0.36	
640 - 680	0.00	0.00	0.06	0.29	0.65		0.00	0.00	0.06	0.29	0.65		0.00	0.00	0.00	0.06	0.29	
680 - 720	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67		0.00	0.00	0.00	0.33	0.67		0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	
720 -	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

補足資料3 コホート解析結果の詳細

補足表 3-1. 資源解析結果（1994～2002 年）

年齢別漁獲尾数									
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	468,407	899,444	484,363	612,317	230,273	415,449	140,569	532,460	461,669
1歳	923,178	1,296,579	1,541,861	748,767	915,159	807,935	461,653	764,183	974,055
2歳	374,018	394,613	412,047	442,528	433,735	385,970	466,268	397,986	337,814
3歳	77,867	97,915	96,389	94,902	121,324	121,282	138,283	111,520	91,369
4歳	25,813	23,549	23,870	28,590	37,174	39,576	40,566	32,446	31,471
5+歳	29,972	15,900	10,493	20,795	24,397	30,535	32,179	22,142	34,797
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

年齢別漁獲量（トン）									
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	53	99	52	75	28	56	18	70	59
1歳	275	376	439	243	294	286	156	264	330
2歳	274	281	288	354	343	335	388	337	281
3歳	113	139	134	151	191	210	229	188	151
4歳	60	53	53	73	93	109	107	87	83
5+歳	101	52	34	77	89	123	124	87	134
合計	876	1,000	1,000	973	1,039	1,118	1,023	1,033	1,039

年齢別漁獲係数									
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	0.16	0.25	0.20	0.23	0.10	0.23	0.07	0.21	0.20
1歳	0.69	0.84	0.89	0.54	0.63	0.58	0.42	0.66	0.73
2歳	0.85	0.88	0.84	0.82	0.82	0.71	0.95	0.95	0.82
3歳	0.74	0.65	0.63	0.53	0.65	0.67	0.70	0.73	0.69
4歳	0.77	0.61	0.36	0.44	0.47	0.53	0.58	0.39	0.54
5+歳	0.77	0.61	0.36	0.44	0.47	0.53	0.58	0.39	0.54
平均	0.66	0.64	0.55	0.50	0.53	0.54	0.55	0.56	0.59

年齢別資源尾数									
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	3,380,080	4,246,336	2,785,154	3,110,356	2,573,090	2,137,117	2,154,674	2,932,677	2,634,993
1歳	2,158,464	2,675,600	3,062,232	2,110,040	2,287,749	2,158,268	1,576,976	1,857,564	2,200,221
2歳	766,143	789,530	848,488	921,553	903,284	890,976	887,959	758,868	705,383
3歳	173,907	240,608	240,102	268,325	295,709	289,864	321,714	250,825	214,785
4歳	56,069	60,629	92,282	93,217	115,136	112,571	108,331	117,091	88,120
5+歳	65,105	40,938	40,565	67,801	75,562	86,853	85,933	79,905	97,434
合計	6,599,768	8,053,642	7,068,824	6,571,290	6,250,529	5,675,650	5,135,588	5,996,930	5,940,935

年齢別資源量（トン）									
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	438	550	361	403	333	277	279	380	342
1歳	739	916	1,049	722	783	739	540	636	753
2歳	645	665	714	776	760	750	747	639	594
3歳	291	403	402	449	495	485	539	420	360
4歳	150	162	247	249	308	301	290	313	236
5+歳	254	159	158	264	294	338	335	311	379
合計	2,517	2,856	2,931	2,864	2,975	2,891	2,730	2,699	2,664

年齢別親魚量（トン）									
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	31	38	44	30	33	31	23	27	32
2歳	484	498	536	582	570	562	561	479	445
3歳	238	330	329	368	405	397	441	344	294
4歳	150	162	247	249	308	301	290	313	236
5+歳	254	159	158	264	294	338	335	311	379
合計	1,156	1,188	1,313	1,493	1,611	1,630	1,648	1,474	1,386

補足表 3-1. 資源解析結果（続き）（2003～2011 年）

年齢別漁獲尾数									
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	512,944	278,787	261,234	191,004	93,720	150,210	152,769	134,134	119,849
1歳	752,044	938,780	692,476	585,757	650,833	486,535	463,729	331,999	396,077
2歳	369,384	402,485	461,577	413,505	330,910	351,345	259,440	254,833	231,580
3歳	88,788	98,741	99,710	110,933	102,392	102,723	88,985	91,084	87,160
4歳	25,397	26,184	28,736	27,931	30,889	31,116	29,467	30,995	30,877
5+歳	25,424	20,945	22,545	24,479	28,206	27,523	26,466	31,039	27,644
合計	1,773,981	1,765,922	1,566,278	1,353,610	1,236,950	1,149,452	1,020,857	874,084	893,187

年齢別漁獲量（トン）									
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	64	32	32	24	12	19	20	19	17
1歳	247	289	223	198	212	164	164	122	145
2歳	298	305	366	344	265	291	225	230	208
3歳	143	149	157	184	163	169	154	163	156
4歳	65	63	72	74	79	82	81	89	88
5+歳	95	73	83	94	105	106	106	129	115
合計	912	911	934	918	835	831	750	751	728

年齢別漁獲係数									
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0.19	0.13	0.14	0.10	0.06	0.10	0.12	0.10	0.09
1歳	0.58	0.64	0.54	0.52	0.57	0.52	0.49	0.40	0.45
2歳	0.81	0.86	0.91	0.86	0.75	0.85	0.69	0.65	0.62
3歳	0.61	0.61	0.62	0.67	0.63	0.64	0.62	0.64	0.56
4歳	0.47	0.41	0.41	0.40	0.45	0.45	0.43	0.52	0.54
5+歳	0.47	0.41	0.41	0.40	0.45	0.45	0.43	0.52	0.54
平均	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.50	0.46	0.47	0.47

年齢別資源尾数									
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	3,055,026	2,399,557	2,099,035	2,084,647	1,614,699	1,662,227	1,440,208	1,525,928	1,495,221
1歳	1,992,988	2,332,144	1,951,120	1,690,064	1,744,296	1,403,223	1,392,853	1,185,058	1,282,258
2歳	776,562	814,844	903,252	835,164	735,453	719,467	610,465	622,385	583,033
3歳	227,121	252,194	251,889	266,026	257,330	255,027	225,852	224,715	237,376
4歳	78,988	90,221	100,051	98,999	99,742	100,686	98,718	89,124	86,497
5+歳	79,072	72,170	78,496	86,765	91,079	89,061	88,665	89,249	77,440
合計	6,209,758	5,961,130	5,383,843	5,061,664	4,542,598	4,229,690	3,856,760	3,736,459	3,761,825

年齢別資源量（トン）									
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	396	311	272	270	209	215	187	198	194
1歳	682	799	668	579	597	480	477	406	439
2歳	654	686	760	703	619	606	514	524	491
3歳	380	422	422	445	431	427	378	376	397
4歳	211	241	268	265	267	269	264	238	231
5+歳	308	281	306	338	355	347	345	348	302
合計	2,632	2,740	2,696	2,600	2,478	2,345	2,165	2,090	2,054

年齢別親魚量（トン）									
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	29	34	28	24	25	20	20	17	18
2歳	490	514	570	527	464	454	385	393	368
3歳	311	345	345	364	352	349	309	308	325
4歳	211	241	268	265	267	269	264	238	231
5+歳	308	281	306	338	355	347	345	348	302
合計	1,349	1,416	1,517	1,519	1,463	1,440	1,324	1,304	1,245

補足表 3-1. 資源解析結果（続き）（2012～2018 年）

年齢別漁獲尾数							
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	66,431	101,992	44,944	25,623	14,569	31,595	89,361
1歳	379,740	268,060	243,568	160,562	111,570	142,798	158,353
2歳	252,051	239,502	191,535	153,964	143,965	121,090	145,554
3歳	96,573	84,366	82,900	71,520	73,059	62,560	71,059
4歳	29,702	25,448	30,695	30,553	31,335	28,811	30,205
5+歳	20,942	24,176	26,396	22,483	23,436	28,770	25,670
合計	845,439	743,544	620,038	464,706	397,934	415,624	520,201

年齢別漁獲量（トン）							
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	9	14	6	4	2	5	12
1歳	133	98	89	60	40	55	58
2歳	218	216	172	141	127	114	132
3歳	166	151	148	131	129	118	128
4歳	82	73	88	89	88	87	87
5+歳	84	101	110	95	96	126	107
合計	691	654	613	520	482	504	524

年齢別漁獲係数							
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	0.06	0.10	0.05	0.03	0.02	0.03	0.10
1歳	0.43	0.35	0.36	0.26	0.18	0.21	0.20
2歳	0.68	0.62	0.53	0.47	0.44	0.36	0.40
3歳	0.68	0.58	0.53	0.44	0.50	0.40	0.42
4歳	0.43	0.43	0.50	0.43	0.40	0.43	0.39
5+歳	0.43	0.43	0.50	0.43	0.40	0.43	0.39
平均	0.45	0.42	0.41	0.34	0.32	0.31	0.32

年齢別資源尾数							
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	1,217,384	1,119,460	945,460	867,164	960,206	1,115,260	941,809
1歳	1,267,596	1,062,011	937,247	831,186	777,355	874,035	1,001,062
2歳	599,338	602,584	547,700	477,370	470,772	473,294	517,316
3歳	228,475	222,894	236,002	236,877	217,559	221,285	242,695
4歳	99,116	84,553	90,911	101,755	112,128	96,679	108,385
5+歳	69,883	80,324	78,181	74,878	83,863	96,541	92,111
合計	3,481,792	3,171,825	2,835,501	2,589,229	2,621,882	2,877,093	2,903,379

年齢別資源量（トン）							
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	158	145	123	112	124	145	122
1歳	434	364	321	285	266	299	343
2歳	504	507	461	402	396	398	435
3歳	383	373	395	397	364	371	406
4歳	265	226	243	272	300	259	290
5+歳	272	313	304	292	327	376	359
合計	2,016	1,928	1,847	1,759	1,778	1,847	1,955

年齢別親魚量（トン）							
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	0	0	0	0	0	0	0
1歳	18	15	13	12	11	13	14
2歳	378	380	346	301	297	299	327
3歳	313	305	323	324	298	303	332
4歳	265	226	243	272	300	259	290
5+歳	272	313	304	292	327	376	359
合計	1,247	1,240	1,230	1,202	1,233	1,249	1,322

補足資料4 ヒラメ瀬戸内海系群の将来予測

補足表 4-1. 漁獲シナリオに基づく将来予測 (Ftarget)

Ftarget (0.8Fsus)								
漁獲係数								
年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1歳	0.20	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
2歳	0.40	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
3歳	0.42	0.42	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
4歳	0.39	0.39	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
5歳以上	0.39	0.39	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
資源尾数								
年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	941,809	1,010,925	1,036,346	1,144,758	1,233,311	1,320,724	1,414,916	1,514,233
1歳	1,001,062	850,233	912,629	941,126	1,039,578	1,119,994	1,199,376	1,284,914
2歳	517,316	596,946	507,005	572,136	590,001	651,722	702,135	751,900
3歳	242,695	253,978	293,072	274,437	309,692	319,362	352,771	380,060
4歳	108,385	116,780	122,209	156,246	146,311	165,107	170,262	188,073
5歳以上	92,111	98,894	106,380	124,169	152,321	162,216	177,801	189,067
合計	2,903,379	2,927,756	2,977,640	3,212,873	3,471,214	3,739,125	4,017,262	4,308,248
資源量 (トン) と親魚量 (トン)								
年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	122	131	134	148	160	171	183	196
1歳	343	291	312	322	356	383	411	440
2歳	435	502	427	482	497	549	591	633
3歳	406	425	491	460	519	535	591	636
4歳	290	312	327	418	391	442	456	503
5歳以上	359	385	414	484	593	632	692	736
合計	1,955	2,048	2,106	2,313	2,516	2,712	2,924	3,145
親魚量	1,322	1,435	1,476	1,652	1,796	1,939	2,092	2,253
漁獲尾数								
年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	89,361	23,214	18,027	19,913	21,454	22,974	24,613	26,340
1歳	158,353	134,494	111,718	115,207	127,259	137,103	146,820	157,291
2歳	145,554	167,959	112,815	127,307	131,282	145,016	156,234	167,307
3歳	71,059	74,362	68,008	63,684	71,864	74,108	81,861	88,193
4歳	30,205	32,545	26,920	34,418	32,230	36,370	37,506	41,429
5歳以上	25,670	27,560	23,434	27,352	33,554	35,733	39,166	41,648
合計	520,201	460,133	360,922	387,881	417,642	451,305	486,199	522,209
漁獲量 (トン)								
年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	12	3	3	3	3	3	3	4
1歳	58	49	41	42	47	50	54	58
2歳	132	152	102	115	119	131	141	151
3歳	128	134	122	114	129	133	147	159
4歳	87	93	77	99	93	104	108	119
5歳以上	107	115	98	114	140	149	164	174
合計	524	547	443	488	530	572	617	664

補足表 4-2 漁獲シナリオに基づく将来予測 (Flimit)

Flimit (Fsus)

漁獲係数

年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
1歳	0.20	0.20	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
2歳	0.40	0.40	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
3歳	0.42	0.42	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
4歳	0.39	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
5歳以上	0.39	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37

資源尾数

年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	941,809	1,010,925	1,036,346	1,078,665	1,109,275	1,138,292	1,171,636	1,204,359
1歳	1,001,062	850,233	912,629	936,841	975,097	1,002,769	1,028,999	1,059,142
2歳	517,316	596,946	507,005	550,465	565,069	588,144	604,834	620,655
3歳	242,695	253,978	293,072	254,525	276,342	283,674	295,258	303,637
4歳	108,385	116,780	122,209	144,360	125,373	136,119	139,731	145,437
5歳以上	92,111	98,894	106,380	115,261	130,908	129,224	133,793	137,918
合計	2,903,379	2,927,756	2,977,640	3,080,116	3,182,064	3,278,221	3,374,251	3,471,147

資源量 (トン) と親魚量 (トン)

年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	122	131	134	140	144	148	152	156
1歳	343	291	312	321	334	343	352	363
2歳	435	502	427	463	476	495	509	522
3歳	406	425	491	426	463	475	494	508
4歳	290	312	327	386	335	364	374	389
5歳以上	359	385	414	449	510	503	521	537
合計	1,955	2,048	2,106	2,185	2,261	2,328	2,403	2,476
親魚量	1,322	1,435	1,476	1,545	1,595	1,642	1,696	1,749

漁獲尾数

年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	89,361	23,214	22,483	23,401	24,065	24,695	25,418	26,128
1歳	158,353	134,494	137,054	140,690	146,435	150,591	154,530	159,057
2歳	145,554	167,959	136,095	147,761	151,681	157,875	162,355	166,602
3歳	71,059	74,362	81,904	71,131	77,229	79,277	82,515	84,856
4歳	30,205	32,545	32,488	38,377	33,329	36,186	37,146	38,663
5歳以上	25,670	27,560	28,280	30,641	34,801	34,353	35,568	36,665
合計	520,201	460,133	438,305	452,002	467,540	482,977	497,532	511,971

漁獲量 (トン)

年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0歳	12	3	3	3	3	3	4	4
1歳	58	49	50	52	54	55	57	58
2歳	132	152	123	134	137	143	147	151
3歳	128	134	147	128	139	143	148	153
4歳	87	93	93	110	96	104	107	111
5歳以上	107	115	118	128	146	144	149	153
合計	524	547	535	555	574	592	611	630