

## 令和 2（2020）年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

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栽培資源研究所、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、全国豊かな海づくり推進協会

### 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サポ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。2018 年は 519 トン（確定値）、2019 年は 580 トン（概数値）となった。資源量は 1998 年に 2,955 トンに達した後減少し、2015 年に 1,830 トンの最低値を示した後増加し、2019 年の資源量は 3,208 トンとなった。親魚量は 2000 年に 1,645 トンに達した後増加と減少を繰り返し、2019 年は資源計算を開始した 1994 年以降で最高となる 1,923 トンと推定された。親魚量の推移から、資源状態は高位・増加と判断した。Blimit は、2018 年以前における過去最大親魚量（1,645 トン）の 1/2 にあたる 822 トンと設定した。2019 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<sub>sus</sub> を採用し、Flimit とした。本種は栽培対象種で 2018 年には 2,452 千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 10%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.10 と推定された。

管理基準	Target/ Limit	2021 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	938	21	0.34 (+8%)
	Limit	1,130	25	0.43 (+35%)

F<sub>sus</sub> 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、0.62 尾/kg）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係数（F 値）による漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、より安定的な資源の維持が期待される漁獲量である。F<sub>target</sub>=α Flimit 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（2016～2018 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、2020 年以降の年齢別  $F$  を求めた。以上の条件で求めた  $F_{sus}: 0.43$  を  $F_{limit}$  に、また  $0.8F_{sus}: 0.34$  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 (%)
2016	1,879	1,311	482	0.46	26
2017	2,060	1,350	504	0.38	24
2018	2,535	1,477	519	0.37	20
2019	3,208	1,923	580	0.32	18
2020	3,924	2,752	772	0.32	20
2021	4,475	3,178	—	—	—

2020 年漁獲量は  $F_{current}$  の下で想定される漁獲量。2020 年、2021 年の資源量および親魚量は将来予測結果に基づく。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 (0.62 尾/kg) を用いた。

水準：高位      動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数 人工種苗放流個体の 採捕情報	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) 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)	$M=0.31/年$ 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)	人工種苗放流尾数(豊かな海づくり協会) 放流時の黒化率情報(2019 年実績:大阪、兵庫、和歌山、広島、山口、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。2019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8.4%、瀬戸内海の魚類漁獲量に対するヒラメの割合は0.4%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25cm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25cm）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25～30cm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。2019年における漁法別漁獲量の割合は、小底:51%、刺網:28%、定置網:14%、釣漁業:6%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、2018年は519トン(確定値)、2019年は580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。2019年の延べ出漁隻

数は2018年からやや減少した。

#### 4. 資源の状態

##### (1) 資源評価の方法

1994年以降に漁獲され、精密測定された年齢査定済みの個体データを用いて、毎年追加登録される新たなデータを加えながら、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・更新し（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、雌雄別全長階級別平均体重、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）。

2018年度までの資源評価報告書では、小型魚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、2019年度の資源評価において、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、また本年度の評価において推定された1歳魚のFも前年度と同程度の値にとどまったことから（後述）、本年度の評価においても、昨年度と同様に、1歳魚のターミナルFの算出には、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た。

##### (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前後で推移していたが、2019年に過去最高の1.28に達した。

##### (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、補足資料3に、同じく年別年齢別漁獲量の推移を図11、補足資料3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年以前については多くの年で漁獲尾数全体の9割以上を2歳魚以下の個体が占めていた。その後若齢魚、特に0、1歳魚の漁獲は減少した。

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であった(図11)。その後尾数と同様に2017年以降漸増に転じた。

#### (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と同程度もしくはそれを下回る値で推移している。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年代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歳魚のFは2016年以降、1歳魚のFは2018年以降それぞれ横ばいで推移しており、小型魚のFの低下傾向は収まりつつあるように見える。

資源尾数は1995年に8.1百万尾、また資源量では1998年に2,955トンのピークを経た後徐々に減少していたが、尾数ベース、重量ベースともに2016年に漸増に転じ、2017年以降は急増した。2018年には資源尾数が5.4百万尾、資源量が2,535トンに達した。なお2019年の資源量(3,208トン)は過去最高値ではあるが、0歳魚の加入量が仮定値であるため、今後変更となる可能性が高い(図13、14、表5)。漁獲割合は、2000年前後には40%近くまで達し、その後も2014年までは30%を上回る値で推移していたが、2015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1,645トンに達した後減少し、2011年以降は1.2千~1.3千トン付近で推移していたが、2016年以降漸増傾向にある(図15、表5)。2019年の親魚量は1,923トンとなり、1994年以降で最大となった。

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81~126%、親魚量では82~126%、0歳資源尾数では78~131%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 $R_{ny}$ と人工種苗由来の0歳魚 $Ray$ 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府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、1995~2019年の $N_{0,y}$ における人工種苗個体の(補正済み)混入率は0.07~0.51の間で変動し、2019年はこれまでで最も低い0.07であった(表6)。同じく1995~2018年における人工種苗の添加効率は0.03~0.33の範囲で推移した。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 $Ray$ は71千~1,305千尾の範囲で推移した。2019年については244千尾と推定されたが、この値は放流量と添加効率の両方にそれぞれ直近3年間の平均値を仮定し

て求めた値である（図 19、表 5）。なお、混入率、添加効率ならびに Ray 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 Ray を  $N_{0,y}$  から減じて  $R_{ny}$  を推定した。 $R_{ny}$  は 1995 年の 3.7 百万尾をピークにその後約 20 年にわたり減少傾向にあったが、2018 年は 15 年振りに高い加入が見られた（図 19、表 5）。

なお、昨年度当初の資源評価報告書案では、2018 年級群が 5.8 百万尾に至る高豊度年級群である可能性を想定したが、本年度の評価では 2018 年級群の加入尾数は 2.4 百万尾となった。2 百万尾を超える加入は 2003 年以来であり近年では高い豊度であったことは確かだが、その水準については当初予測した規模には至らなかった。

#### (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。2004～2017 年は 2011 年（1.09）を除き RPS は 1 を下回る年が続いていたが（図 20、表 5）、2018 年には 1.6 を上回る高い値を示した。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た Blimit の設定を行っていない。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 1,645 トンと推定され、この 1/2 に当たる 822 トンを本年度の暫定 Blimit とした（図 21）。2019 年の親魚量は 1,923 トンであったので、上述の Blimit を上回っている。

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 歳魚が加入するという想定があった。しかし、2011 年を除く 2004～2016 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った（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（822 トン）、最大親魚量と Blimit の中間（1,234 トン）を中位と高位の境界とした。2019 年の親魚量は 1,923 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当てはめた回帰直線の傾きは有意な正の値をとり（図 23）、動向は増加と判断した。

#### (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 年および 2014～2016 年にかけて 1 百万尾を下回る水準で推移していたが、2018 年には 2.4 百万尾の加入が見られ

た（図 22、表 5）。RPS は 2004 年以降低迷し、2014～2016 年は 0.6 尾/kg 付近で推移していたが（図 20、表 5）、2017 年以降は増加傾向にある。

図 24 ならびに表 7 に、燧灘における着底ピーク時と考えられる 6 月に実施している天然由来ヒラメ稚魚の採集調査の結果（400 m<sup>2</sup> あたり採集尾数）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は有意な低い正の相関が見られるが、近年の稚魚の採捕数は少ない傾向にあり、近年では大きな加入となった 2018 年級群もこの調査結果では特に多く漁獲されることはなかった。

#### (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（2019 年）の F（F<sub>current</sub>）は 0.32 で、F<sub>sus</sub>: 0.43 や F<sub>30%SPR</sub>: 0.40 などの資源管理基準値を下回った。

#### (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）。2018 年には 2,452 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 10%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.10 と推定された（表 6）。なお、2019 年の混入率は 7%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。2021 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 2026 年の資源量と漁獲量を推定した。放流尾数は、2019 年と 2020 年は 2016～2018 年の平均放流尾数 2.6 百万尾とし、2021 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 0.09 を用いて検討した。2020 年の年齢別 F は 2019 年と同一の値を与え、また 2021 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 2026 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ち、特に資源量においては、放流尾数が現状から大きく変化しても、資源量への影響は少ないことを示している。

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. 2021 年 ABC の算定

### (1) 資源評価のまとめ

2019 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 Blimit の中間値を上回っている。過去 5 年間の親魚量は有意な増加で推移している。これ



らの結果から、資源の水準は高位、動向は増加と判断する。

## (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。

2020 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、2017 年以降の RPS に上昇傾向が見られるものの、2004 年以降 RPS が長年低水準で推移してきたことを考慮し（図 20）、本年度についてもこれまでと同様、資源計算を始めた 1994 年以降での RPS の最低値（2012 年：0.62 尾/kg）を将来予測の計算に用いた。なお次年度の資源評価においても直近年の RPS が高い値をとり、低水準を脱したとみなせるようになった場合は、過去の資源評価において採用していた直近 5 年間の RPS 平均値を将来予測に再び用いることを検討する。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 0.09 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、2020 年は 2019 年の年齢別  $F$  と等しい値とし、2021 年以降は 2019 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。

$F_{current}$ : 0.32 は  $F_{limit}=F_{sus}$ : 0.43 を下回っており、資源は現状より増加する。また、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、 $F_{limit}$  で漁獲した場合でも資源は現状より少しずつ増加する（図 28）。

管理基準	Target/ Limit	2021 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	938	21	0.34 (+8%)
	Limit	1,130	25	0.43 (+35%)

$F_{sus}$  は資源を中長期的に維持する漁獲係数  $F$  で、ここでは 1994 年以降の RPS の最低値（2012 年、0.62 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  $\alpha$  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（2016～2018 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、2021 年以降の年齢別  $F$  を求めた。以上の条件で求めた  $F_{sus}$ : 0.43 を  $F_{limit}$  に、また  $0.8F_{sus}$ : 0.34 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 を参照）。

管理基準	F 値	漁獲量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0.7Fcurrent	0.22	580	773	641	745	869	989	1,141	1,309
0.8Fcurrent	0.26	580	773	722	820	939	1,050	1,191	1,343
0.9Fcurrent	0.29	580	773	802	889	998	1,098	1,224	1,357
1.0Fcurrent	0.32	580	773	879	952	1,049	1,135	1,243	1,355
Ftarget	0.34	580	773	938	997	1,084	1,157	1,250	1,345
1.1Fcurrent	0.35	580	773	954	1,009	1,092	1,162	1,251	1,341
1.2Fcurrent	0.38	580	773	1,026	1,061	1,128	1,180	1,250	1,318
Fsus=Flimit	0.43	580	773	1,130	1,129	1,169	1,195	1,234	1,270
		資源量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0.7Fcurrent	0.22	3,208	3,924	4,475	5,294	6,155	6,996	8,049	9,230
0.8Fcurrent	0.26	3,208	3,924	4,475	5,177	5,903	6,593	7,456	8,405
0.9Fcurrent	0.29	3,208	3,924	4,475	5,062	5,663	6,218	6,912	7,660
1.0Fcurrent	0.32	3,208	3,924	4,475	4,951	5,436	5,867	6,412	6,988
Ftarget	0.34	3,208	3,924	4,475	4,866	5,265	5,607	6,048	6,506
1.1Fcurrent	0.35	3,208	3,924	4,475	4,843	5,219	5,538	5,952	6,380
1.2Fcurrent	0.38	3,208	3,924	4,475	4,737	5,013	5,231	5,529	5,831
Fsus=Flimit	0.43	3,208	3,924	4,475	4,587	4,726	4,812	4,964	5,112
		親魚量(トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0.7Fcurrent	0.22	1,923	2,752	3,178	3,892	4,475	5,074	5,858	6,736
0.8Fcurrent	0.26	1,923	2,752	3,178	3,791	4,272	4,758	5,402	6,105
0.9Fcurrent	0.29	1,923	2,752	3,178	3,692	4,079	4,464	4,984	5,538
1.0Fcurrent	0.32	1,923	2,752	3,178	3,596	3,896	4,190	4,601	5,027
Ftarget	0.34	1,923	2,752	3,178	3,523	3,759	3,989	4,323	4,661
1.1Fcurrent	0.35	1,923	2,752	3,178	3,503	3,723	3,935	4,250	4,566
1.2Fcurrent	0.38	1,923	2,752	3,178	3,412	3,558	3,698	3,928	4,151
Fsus=Flimit	0.43	1,923	2,752	3,178	3,282	3,330	3,375	3,500	3,610

\*F 値は年齢別 F の最大値（この表では 3 歳の F）、Fcurrent は 2019 年の F とした。

## (4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2018 年漁獲量確定値	2018 年漁獲量、2018 年混入率、2018 年年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2019 年漁獲量概数値	2019 年漁獲量、2019 年年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2019 年全長組成	2019 年 Age-length key、年齢別漁獲尾数(2005 年以降分について全て再計算の上修正)
2019 年年齢査定結果・精密測定結果	2019 年 Age-length key、2019 年年齢別漁獲尾数、資源量推定値、2005～2019 年の年別年齢別平均体重、2020 年以降の将来予測に用いる年齢別平均体重
2019 年標本船・標本漁港 CPUE	資源量推定値
2018 年種苗放流尾数	2018 年混入率、2019 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
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(2019 年実績:大阪、兵庫、和歌山、広島、山口、香川、愛媛)

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)
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	
2019 年(2020 年再評価)	Fsus	0.43	3,208	748	619	580 (0.32)
2020 年(当初)	Fsus	0.40	2,106	535	443	
2020 年(2020 年再評価)	Fsus	0.43	3,924	994	825	

2018 年漁獲量の確定に伴う年齢別漁獲尾数の修正、2019 年の年齢別漁獲尾数と CPUE データを追加し再計算を行った結果、2019 年(2020 年再評価)、2020 年(2020 年再評価)について、資源量は再々評価が 1.6 倍、再評価が 1.9 倍、ABC は再々評価が 1.4 倍、再評価が 1.9 倍にそれぞれ前年から上方修正された。

2019、2020 両年の資源量・ABC が上方修正された主な理由は、2018 年級群の豊度が 2.6 百万尾を超える高豊度年級群として出現したこと、2017 年級群の豊度が当初想定よりも大きく、前年の 1.1 百万尾から 1.8 百万尾(ともに 0 歳魚時点)へと上方修正された影響が大きい。さらに両年級群が親魚となることにより、2020 年の推定加入量が増加したことも寄与している(表 8)。

## 6. ABC 以外の管理方策の提言

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）

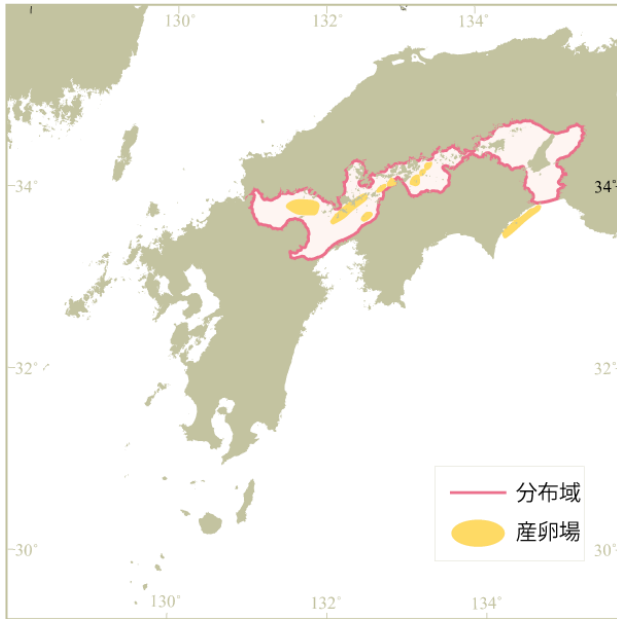


図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

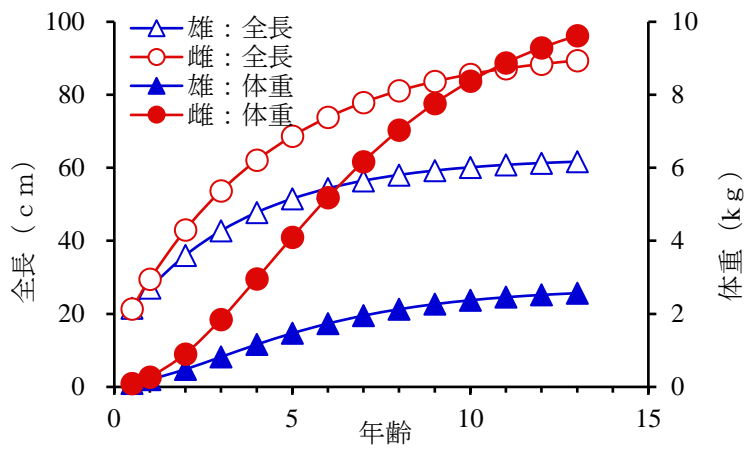


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

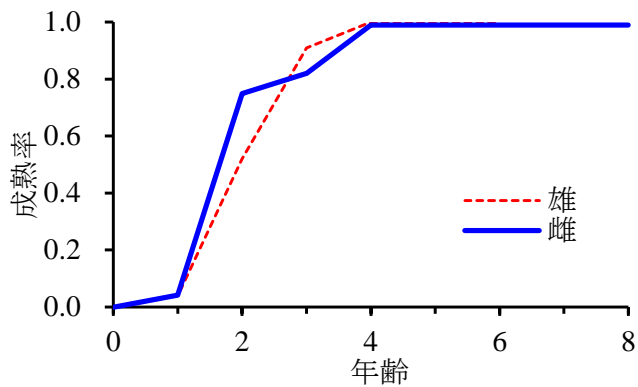


図3. 雌雄別年齢別成熟割合

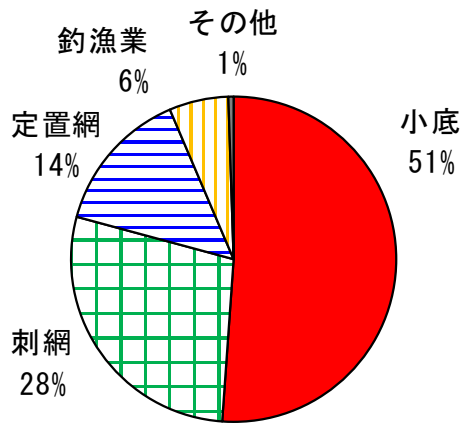


図4. 2019年における漁法別漁獲量の割合

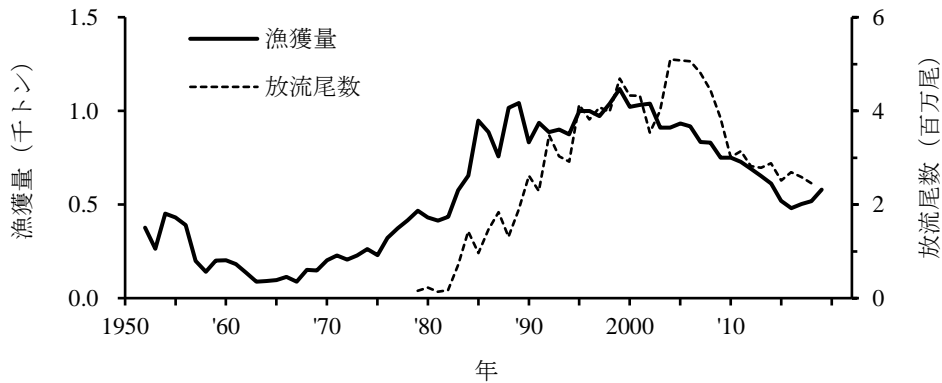


図5. 漁獲量と放流尾数の推移

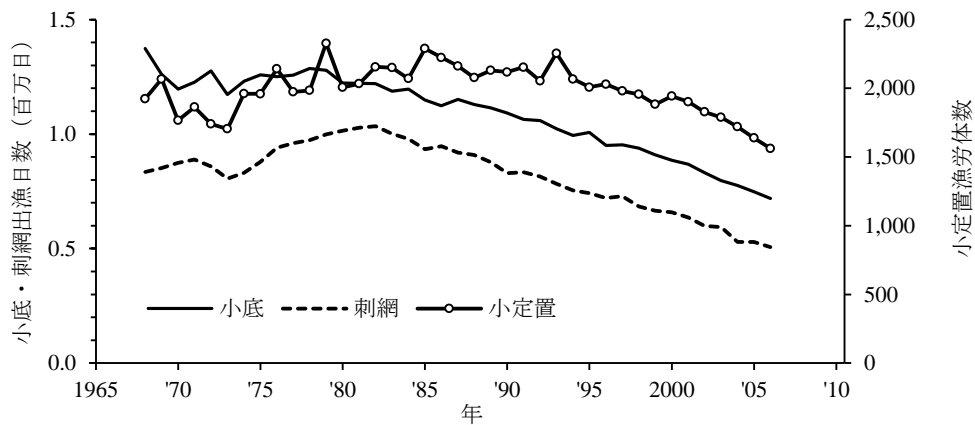


図6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の努力量の推移(2006年まで)

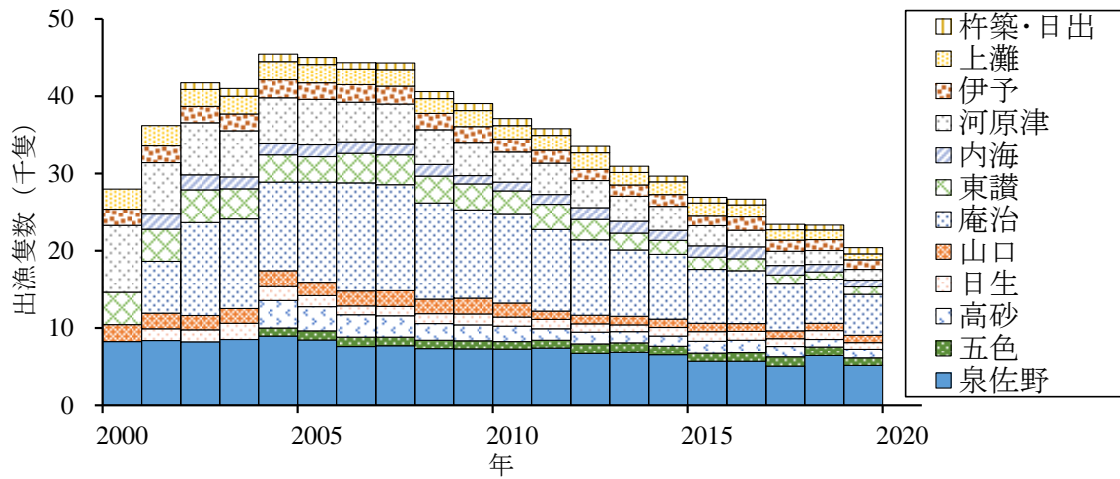


図 7. 小底標本船・標本漁協の出漁隻数の推移

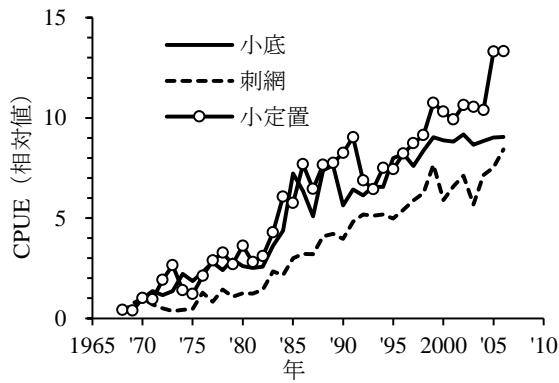


図 8. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の CPUE の推移 (2006 年まで) 1970 年を 1 とした。

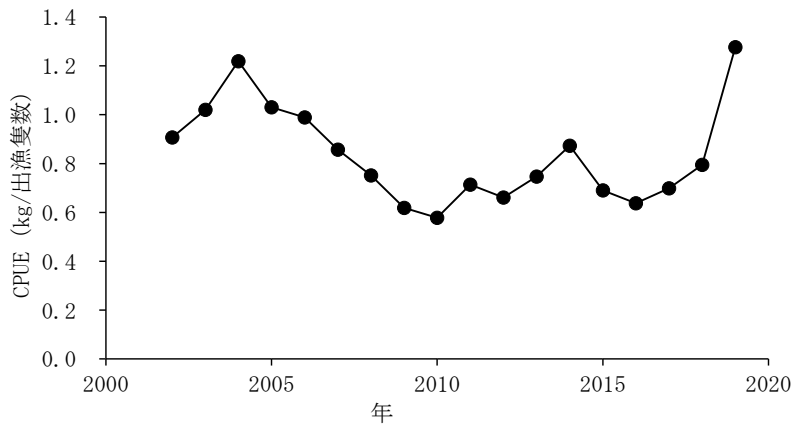


図 9. 小底標本船・標本漁協 CPUE の加重平均値 (2002 年以降)

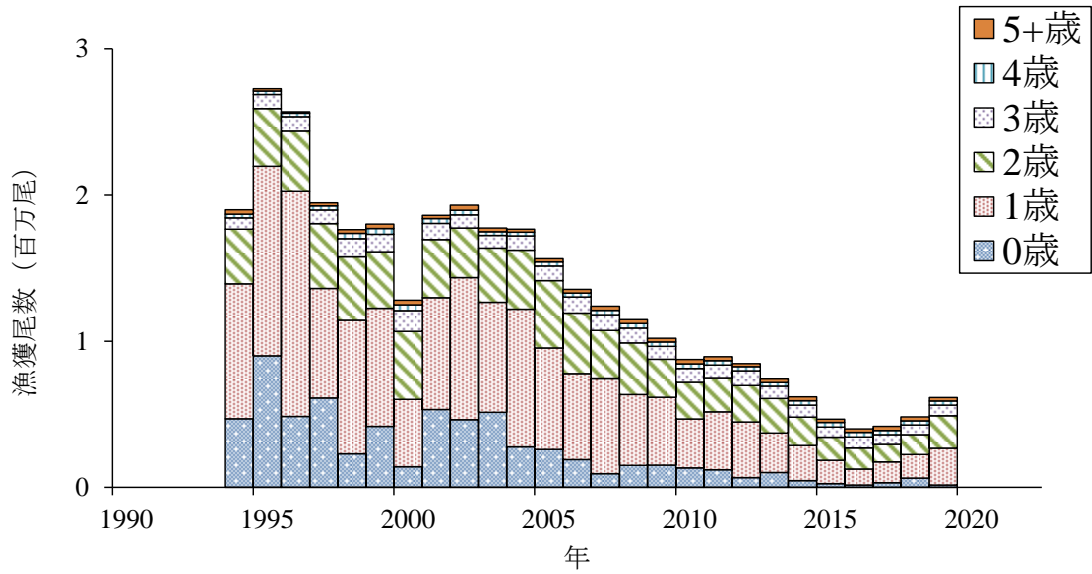


図 10. 年齢別漁獲尾数の推移

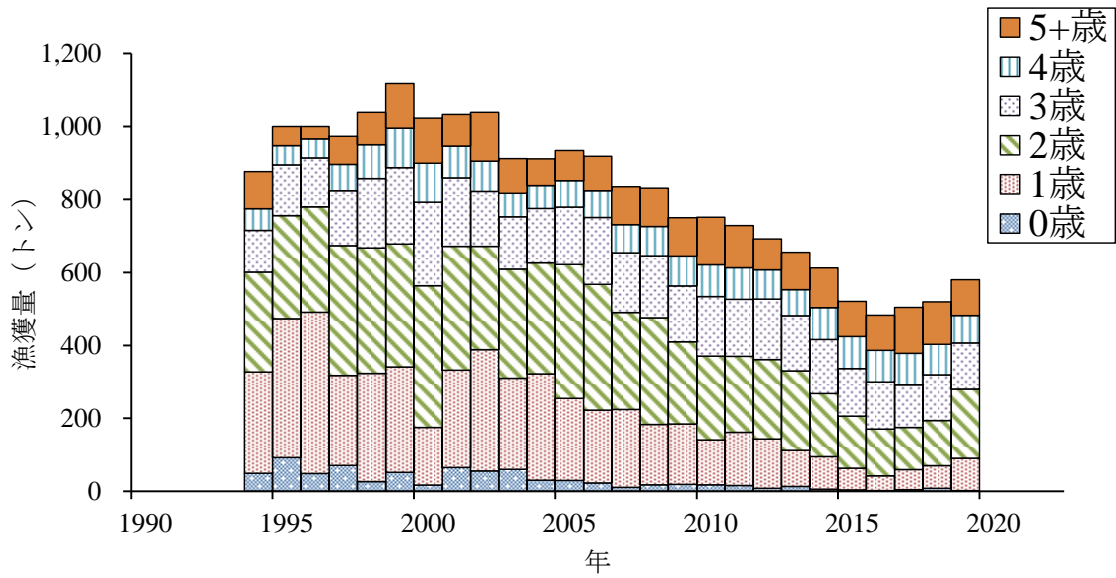


図 11. 年齢別漁獲量の推移



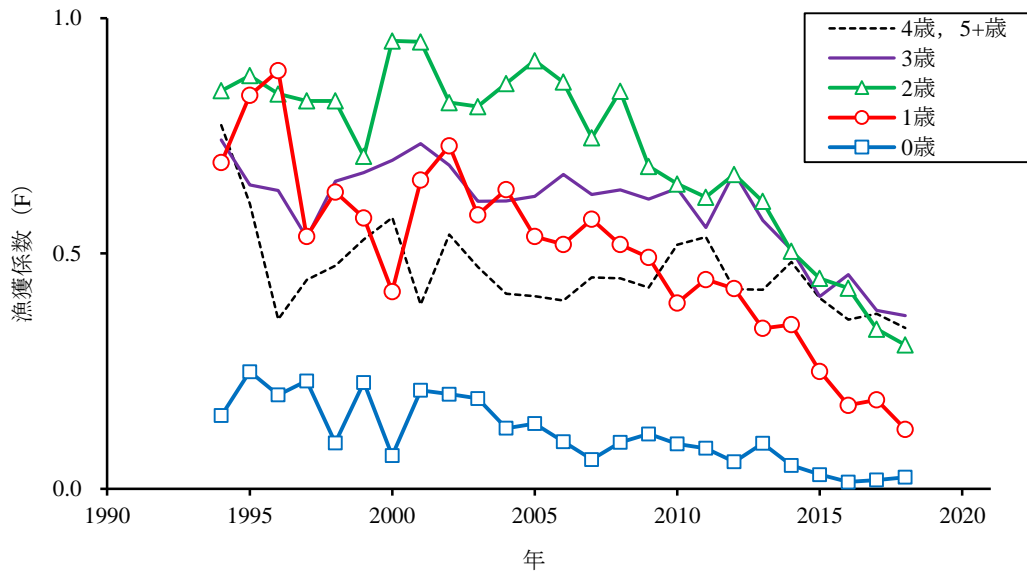


図 12. 年齢別漁獲係数 F の推移

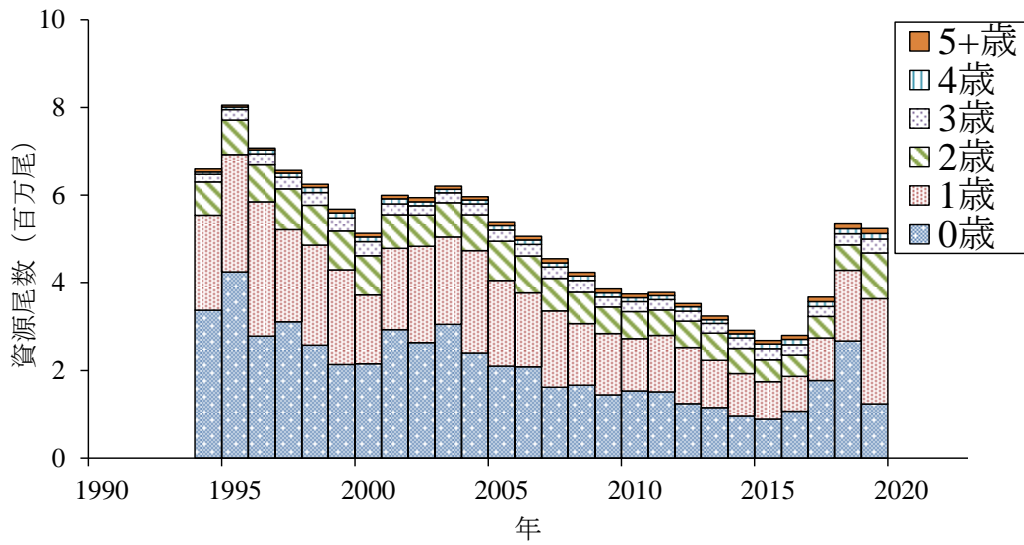


図 13. 年齢別資源尾数の推移

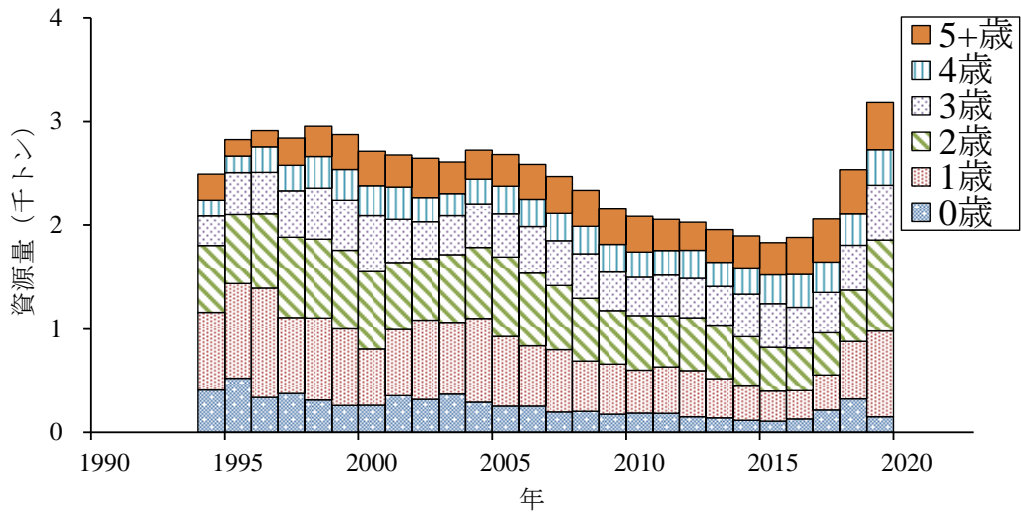


図 14. 年齢別資源量の推移

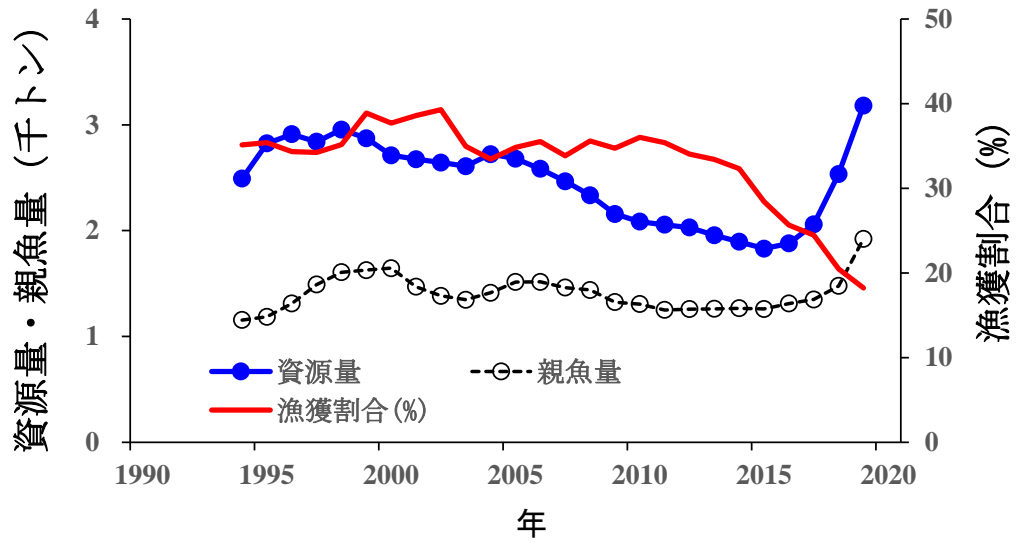


図 15. 資源量、親魚量と漁獲割合の推移

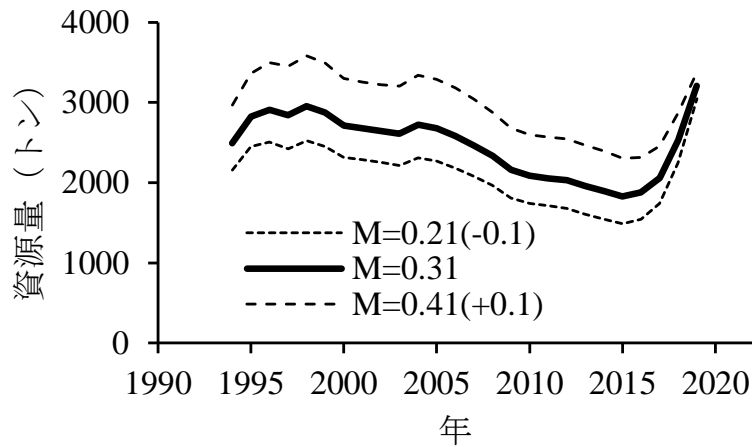


図 16. 自然死亡係数 M の値による資源量の感度解析

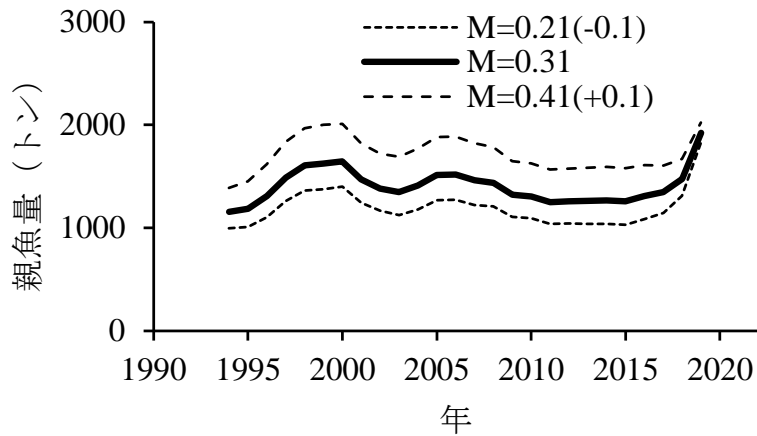


図 17. 自然死亡計数 M の値による親魚量の感度解析

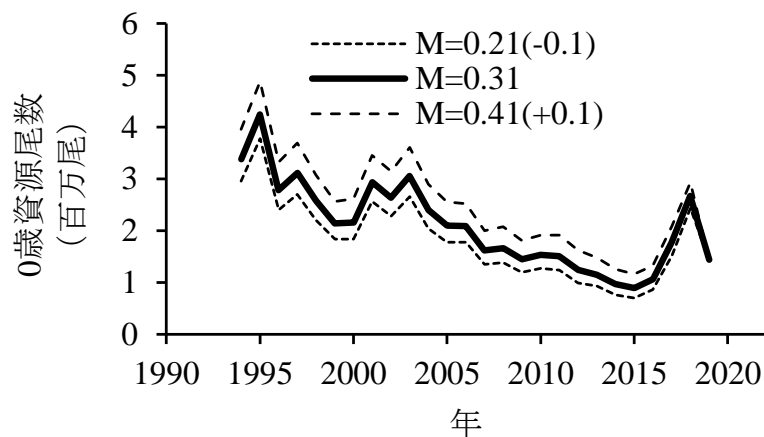


図 18. 自然死亡計数 M の値による 0 歳資源尾数の感度解析 なお、最新年の値については仮定値。

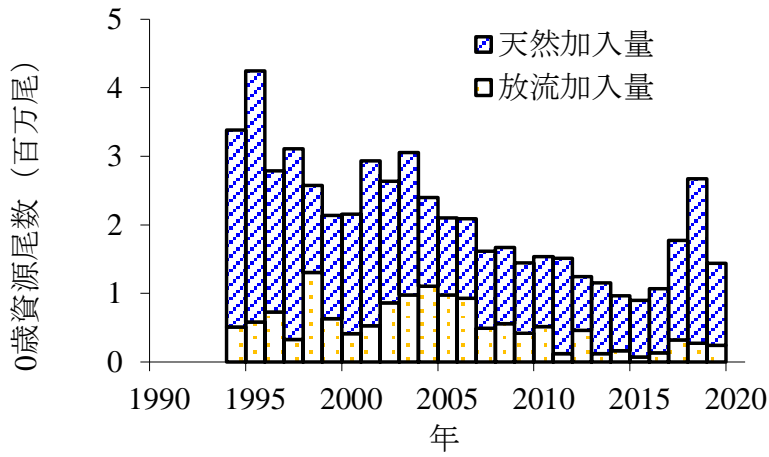


図 19. 0歳資源尾数における天然由来加入尾数と人工種苗由来加入尾数の内訳 なお、最新年の値については天然加入量・放流加入量ともに仮定値。

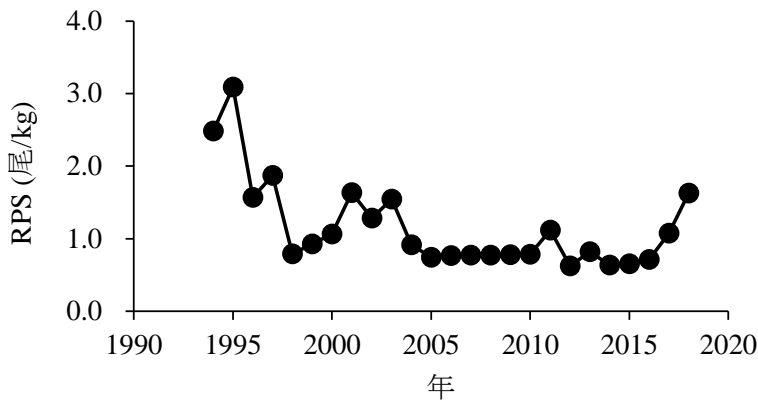


図 20. 再生産成功率 RPS の推移

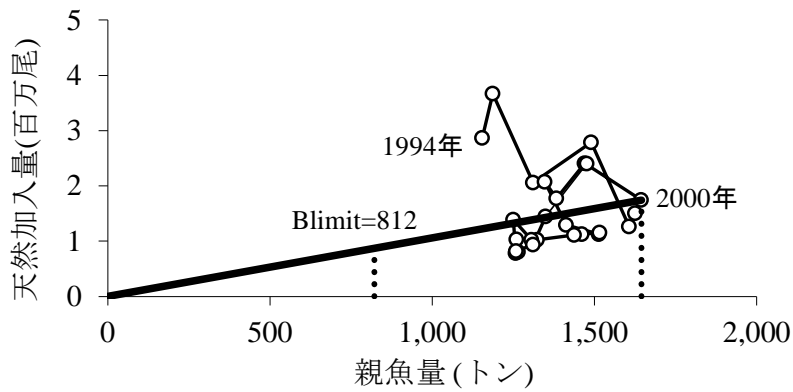


図 21. 再生産関係と Blimit の設定

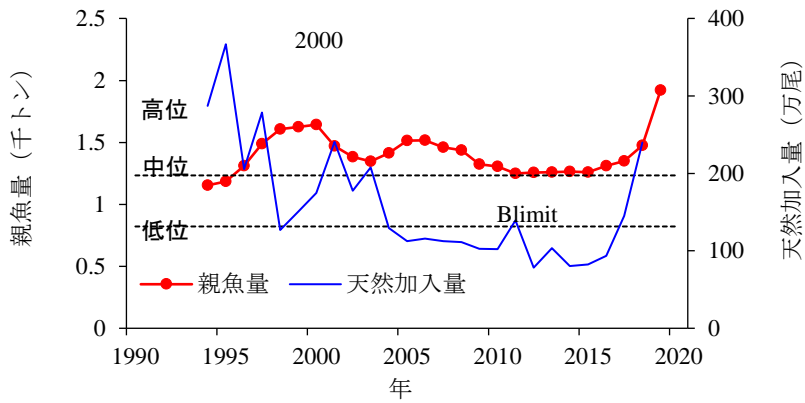


図 22. 親魚量と天然由来 0 歳魚加入尾数の推移  
 中位と低位の境は Blimit、高位と中位の境は過去最大の親魚量と Blimit の中間。

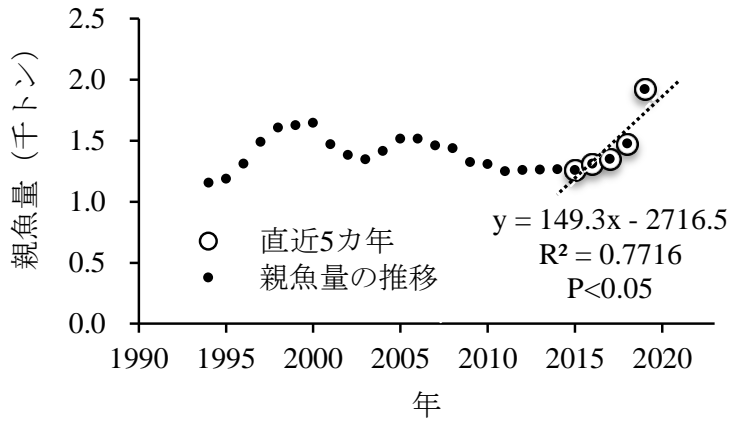


図 23. 直近 5 年間の親魚量の推移と資源動向

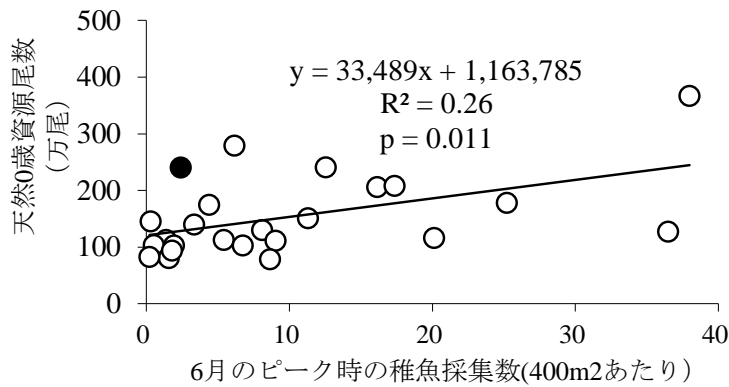


図 24. 新規発生量調査における 6 月（着底ピーク時）の稚魚採集尾数（400 m<sup>2</sup>あたり）  
 グラフに表示した値は表 7 における両県の調査結果の平均値。黒丸は 2018 年を示す。

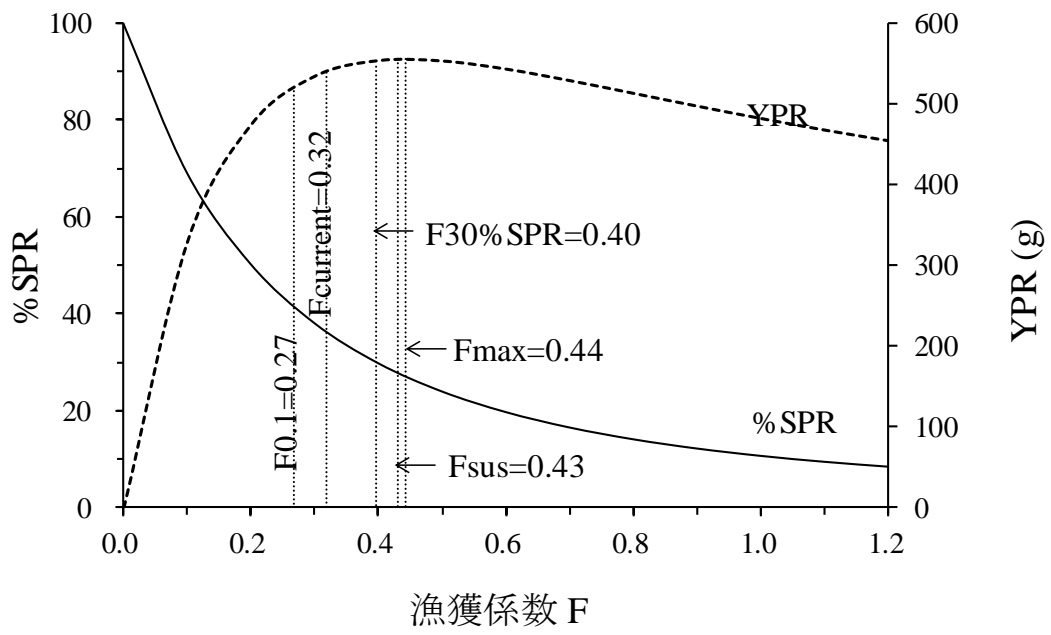


図 25. 漁獲係数と YPR、SPR (%) の関係

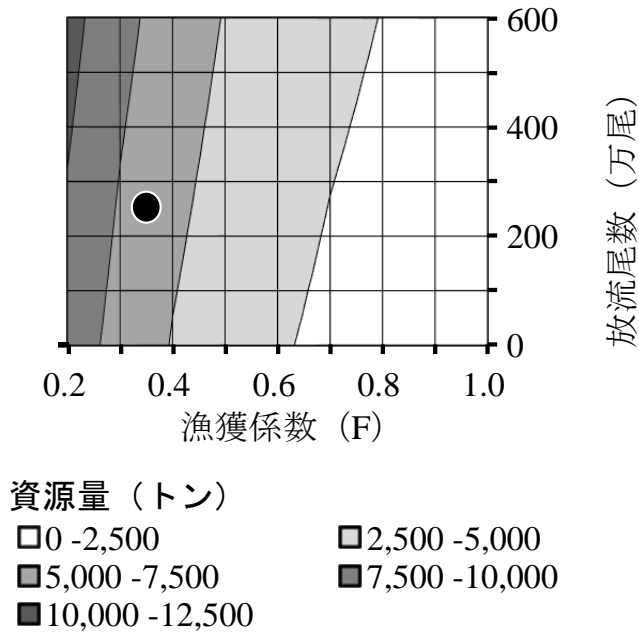


図 26. 2021～2025 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2026 年の資源量 (トン) の等量線図 ●は現状の F と放流尾数のレベル。

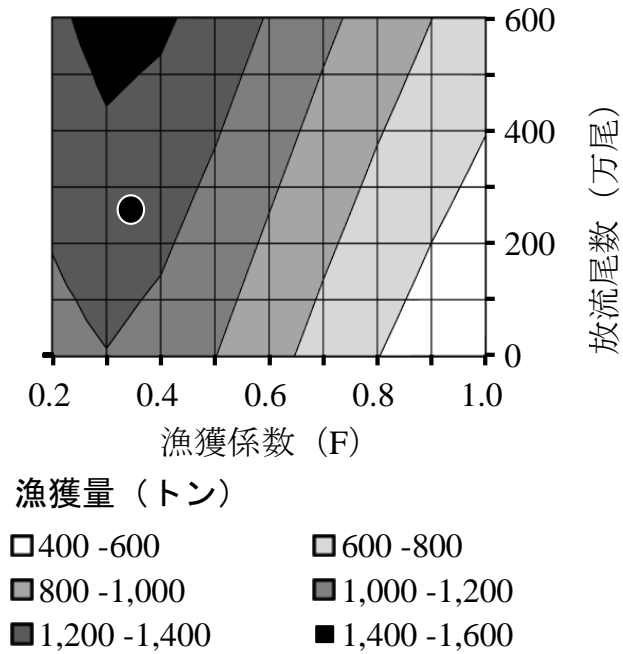


図 27. 2021～2025 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2026 年の漁獲量 (トン) の等量線図 ●は現状の F と放流尾数のレベル。



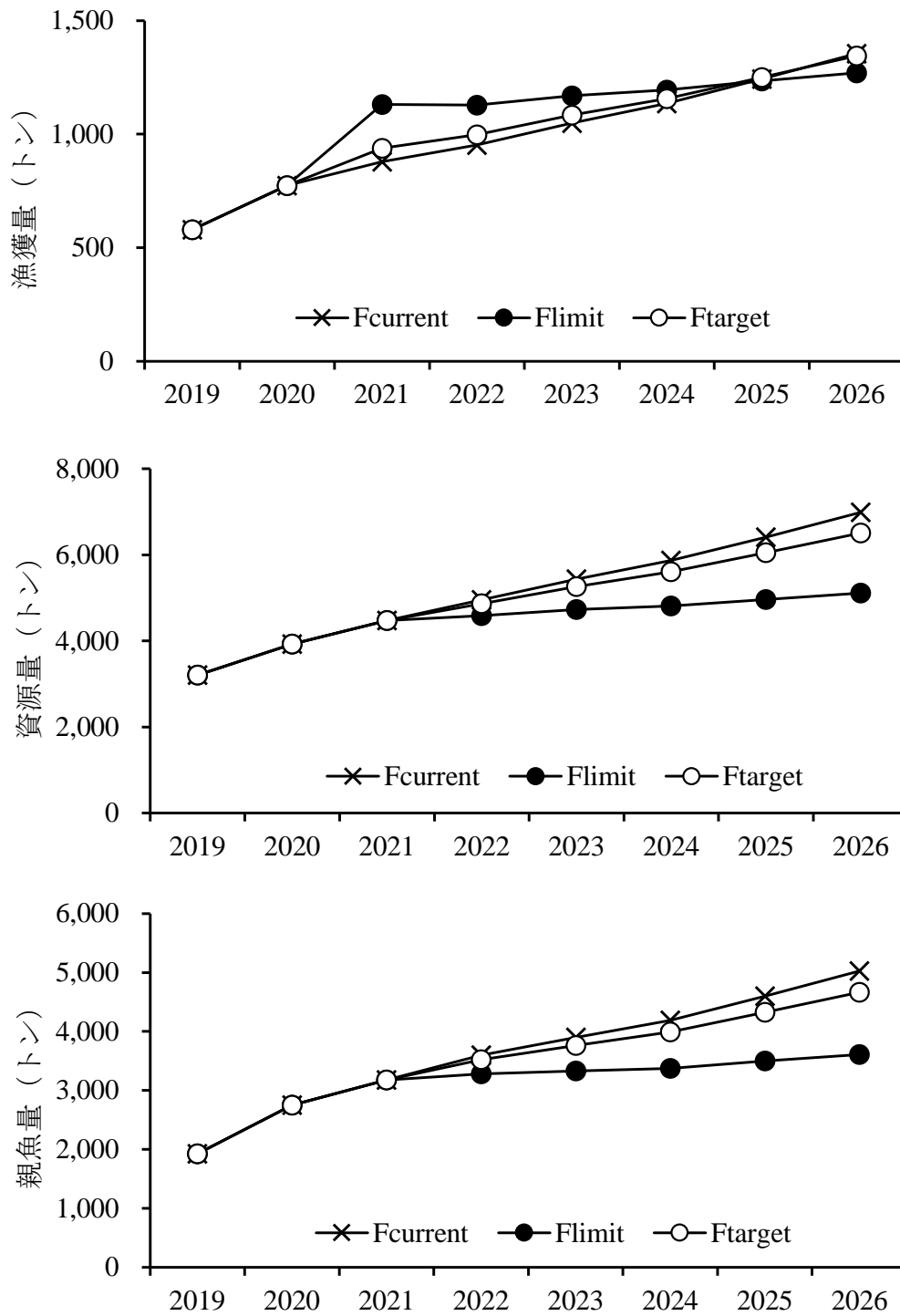


図 28. 2021 年から Fcurrent、Flimit、Ftarget で漁獲を続けたときの漁獲量、資源量、親魚量の推移

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)
1952	18	10	102	106	43		14	45	39	377	
1953	9	4	54	77	40		7	36	38	265	
1954	16	5	111	84	88		8	69	72	453	
1955	8	2	79	90	74		15	79	84	431	
1956	25	3	110	61	38		13	46	95	391	
1957	11	2	44	27	38		22	39	16	199	
1958	7	1	39	2	23		19	47	3	141	
1959	4	1	20	12	28		13	75	48	201	
1960	0	0	18	10	19		13	66	77	203	
1961	7	0	12	0	14		19	31	100	183	
1962	3	1	8	7	18		17	37	45	136	
1963	6	1	11	2	19		11	15	23	88	
1964	4	0	16	1	14		16	33	8	92	
1965	11	1	18	3	13		14	37	1	98	
1966	10	1	9	27	18		11	30	8	114	
1967	12	1	5	16	25		3	21	5	88	
1968	16	1	11	52	24		4	34	10	152	
1969	28	0	6	32	31		8	34	9	148	
1970	15	1	10	13	88		6	49	21	203	
1971	37	0	12	16	96		29	15	23	228	
1972	28	0	4	17	96		21	22	19	207	
1973	27	4	9	26	117		10	27	9	229	
1974	21	3	43	29	119		7	26	15	263	
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

表 1. つづき

年	和歌山	大阪	兵庫	岡山	広島	山口	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	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	7	119	30	38	29	25	79	147	1	30	519	2,452
2019***	13	18	148	33	30	33	31	86	146	1	41	580	

\* 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。

\*\* 2018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。

\*\*\* 2019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)	山口県内 標本船 5隻計	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
2019	5,165	982	1,089	890	921	5,357	956	787	1,416	1,251	798	783	20,395

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)	山口県内 標本船 5隻計	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	1.29	0.09	0.15	0.25	1.17	0.62	0.29	1.02
2004	0.30	0.67	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	0.30	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	0.20	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	0.10	0.76	0.77	0.42	0.38	0.87
2015	0.32	0.85	0.41	1.17	0.63	0.68	0.01	0.10	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	0.69	0.66	0.02	0.06	0.62	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
2019	1.33	0.57	0.88	2.80	1.25	0.79	0.02	0.05	1.10	0.71	0.99	0.22	1.28

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 $R_{ny}$	放流 $R_{ay}$		
1994	876	2,492	1,155	2,871	509	35	2.49
1995	1,000	2,825	1,186	3,667	580	35	3.09
1996	1,000	2,912	1,311	2,059	726	34	1.57
1997	973	2,841	1,490	2,787	324	34	1.87
1998	1,039	2,955	1,607	1,268	1,305	35	0.79
1999	1,118	2,874	1,626	1,507	630	39	0.93
2000	1,023	2,712	1,645	1,746	409	38	1.06
2001	1,033	2,676	1,470	2,406	527	39	1.64
2002	1,039	2,644	1,383	1,775	860	39	1.28
2003	912	2,609	1,347	2,077	979	35	1.54
2004	911	2,723	1,413	1,294	1,106	33	0.92
2005	934	2,680	1,514	1,124	976	35	0.74
2006	918	2,585	1,516	1,157	929	36	0.76
2007	835	2,467	1,461	1,125	491	34	0.77
2008	831	2,334	1,439	1,112	554	36	0.77
2009	750	2,158	1,324	1,026	419	35	0.77
2010	751	2,086	1,306	1,022	512	36	0.78
2011	728	2,056	1,250	1,392	118	35	1.11
2012	691	2,029	1,258	782	460	34	0.62
2013	654	1,957	1,260	1,035	117	33	0.82
2014	613	1,895	1,266	806	161	32	0.64
2015	520	1,830	1,259	824	71	28	0.65
2016	482	1,879	1,311	934	130	26	0.71
2017	504	2,060	1,350	1,450	322	24	1.07
2018	519	2,535	1,477	2,401	273	20	1.63
2019	580	3,208	1,923	1,196	244	18	—

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	0.23
2003	0.29	0.90	0.32	0.23
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	0.05
2017	0.06	0.34	0.18	0.11
2018	0.07	0.73	0.10	0.10
2019	0.03	0.46	0.07	—

\*2019 年は放流尾数が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 m<sup>2</sup>)

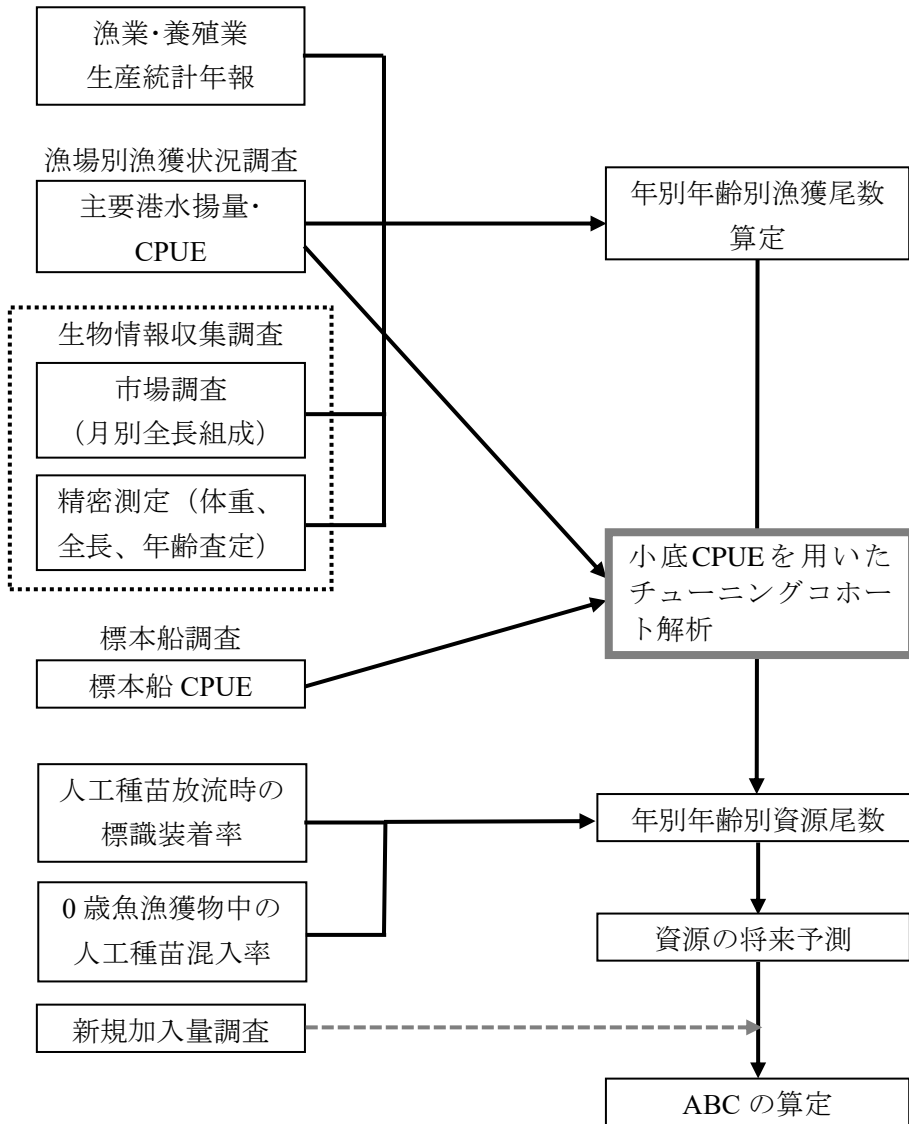
年	河原津 (愛媛)	大浜 (香川)	平均
1995	24.00	52.00	38.00
1996	18.00	14.30	16.15
1997	6.30	6.00	6.15
1998	25.00	48.00	36.50
1999	11.60	11.00	11.30
2000	0.80	8.00	4.40
2001	8.10	17.00	12.55
2002	12.10	38.30	25.20
2003	14.70	20.00	17.35
2004	14.20	2.00	8.10
2005	0.26	2.50	1.38
2006	29.50	10.75	20.13
2007	4.82	6.00	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
2019	0.33	1.75	1.04

表 8. 年齢別漁獲係数 F、推定資源尾数および資源量の変化

	2017年		2018年		2019年		2020年		
	2019年 評価時	2020年 評価時	2019年 評価時	2020年 評価時	2019年 評価時	2020年 評価時	2019年 評価時	2020年 評価時	
0歳魚	F	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	—	—	
	資源尾数	1,115,260	1,771,919	941,809	2,673,222	1,010,925	1,439,891	1,036,346	1,955,838
	資源量(トン)	145	216	122	326	131	175	134	238
1歳魚	F	0.21	0.19	0.20	0.13	0.20	0.13	—	—
	資源尾数	874,035	970,223	1,001,062	1,608,372	850,233	2,412,191	912,629	1,316,248
	資源量(トン)	299	334	343	554	291	830	312	453
2歳魚	F	0.36	0.34	0.40	0.31	0.40	0.28	—	—
	資源尾数	473,294	491,998	517,316	587,689	596,946	1,037,152	507,005	1,548,329
	資源量(トン)	398	415	435	495	502	874	427	1,305
3歳魚	F	0.40	0.38	0.42	0.37	0.42	0.32	—	—
	資源尾数	221,285	231,722	242,695	256,380	253,978	316,817	293,072	570,842
	資源量(トン)	371	387	406	428	425	529	491	954
4歳魚	F	0.43	0.37	0.39	0.34	0.39	0.29	—	—
	資源尾数	96,679	108,433	108,385	116,021	116,780	129,821	122,209	168,386
	資源量(トン)	259	287	290	307	312	344	327	446
5歳魚 以上	F	0.43	0.37	0.39	0.34	0.39	0.29	—	—
	資源尾数	96,541	108,278	92,111	109,297	98,894	117,165	106,380	135,864
	資源量(トン)	376	421	359	425	385	455	414	528



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の割合を用いて、瀬戸内海の漁獲量を期別漁獲量に振り分けた値と、雌雄別全長体重関係、さらに期別全長階級別雌雄割合を用いて、年別期別全長階級別頻度組成を年別期別雌雄別全長階級別重量組成に変換した。

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。年別期別雌雄別全長階級別重量組成に期別雌雄別 ALK を適用して期別雌雄別年齢別全長階級別重量組成を算出し、これに瀬戸内海の期別漁獲量を乗じ、雌雄別各期の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。最後に各期の雌雄の漁獲尾数を足し合わせ、年齢別漁獲尾数とした。この際、1995 年から最新年までの魚体精密測定データに基づく年齢査定済個体の体重データを用いて、毎年新たに年齢別平均体重を更新しながら求め、その値を最新年から過去に遡って毎年の年齢別資源尾数に乗じて年齢別資源量を計算し直した。

年齢別漁獲尾数の算定に際し、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:  $Ma$  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、 $M1 \sim M5+ = 0.31$ （/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、 $Ma$  を 1/4 年で除した  $M0 = 0.08$  を用いた。

資源尾数から資源量への変換には、1995～2019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）	122	344	843	1,671	2,647	3,887

ただし、この年齢別平均体重と、実漁獲物における平均体重には差異が生じる。このため、年齢別漁獲量については、各年の実漁獲量と上記の平均体重から推定される総漁獲量との比を乗じることで補正した。

1歳魚のターミナルFの設定について、平成29、30両年度の資源評価報告書では、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（F1）に直近3年間のF1の最低値を採用していた。しかし、最新年の評価におけるF1は前年と同じ0.13を示した。このことから、前年度評価時と同様に、小型魚への漁獲圧の低減傾向には一区切りが付いたと判断し、昨年度の評価と同様F1についても2歳魚以上のFと同じく、最新年を除く直近3年間のFの平均値を選択率に用いた。

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親魚量 (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には求まる 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 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」に記述した方法に従い、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。

$$N_{0,y} = SSB_y \times RPS_{min} + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (9)$$

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。

補足図 2-1 に、tuning を行わない VPA の場合と、tuning を行った VPA (本評価) の両者におけるレトロスペクティブ解析の結果を示した。2016 年、即ち 3 年以上前の年については、tuning VPA の方が資源量、親魚量の変化が少なく、故に本資源の評価においては従来より t-VPA を採用してきたが、直近の 1、2 年については、tuning を行うことで資源量や親魚量が大きく上方修正される結果となった。これは、2017、2018 両年級群の加入が、その後の漁獲に本格加入することによって捉えられた結果であろうと考える。標本漁協におけ

る出漁隻数が2005年以降毎年減少し、2019年の努力量は2013年の2/3まで減少する中で（図7、表3）、2019年漁期における2018年級群1歳魚の漁獲尾数は25万尾、2017年級群2歳魚の漁獲尾数は22万尾と、何れも2013年以降6年振りの高い漁獲量を示した（図10、補足表3-1）。そして、ちょうどそれと合致するこの1、2年の間に、大阪、兵庫、岡山、山口、愛媛といった広い範囲にわたってCPUEの上昇がみられた（表4）。これをtuningの指標値に用いたが故に、2019年の資源量は大きく伸びる結果となった。仮にtuningを行わなければ、2019年の資源量や親魚量は、より小さな値に留まることになるが（補足図2-1）、上述した理由に依り、本年の評価においては、CPUEの上昇をtuning指標として用い、その結果として2017、2018両年級群が近年では大きな年級として漁獲加入したことを早期に取り込むべきであると考え、引き続きtuningVPAによる評価結果を採用した。

（tuningVPAによる）直近1、2年に関する推定値の過小推定とその後の上方修正については、上述した2017、2018両年級群の加入で説明出来るとしても、それよりも更に前、3年以上前の年においても同様に、毎年過小に推定し、翌年以降徐々に上方修正される傾向がみられる（除2016年評価、補足図2-1）。これについては、年齢別Fの年々の減少傾向が影響を与えたことが考えられる（図12）。ここ2、3年、特に若齢魚における年齢別Fの低下傾向が弱まり、前年と同程度のFをとりつつあることから、今後この過小推定傾向は解消するものと思われる。

### （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（2019年実績で大阪・兵庫・和歌山・広島・山口・香川・愛媛の7府県）、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:  $Ra_y$  は、以下の式で計算される。

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

また、添加効率とは全ての放流尾数のうち生き残り、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。

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

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

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

ここで、 $S_a$  は a 歳における生残率、 $fra$  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。

$$N_{0,y} = SSB_y \times RPS_{min} + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (9, \text{再掲})$$

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。

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

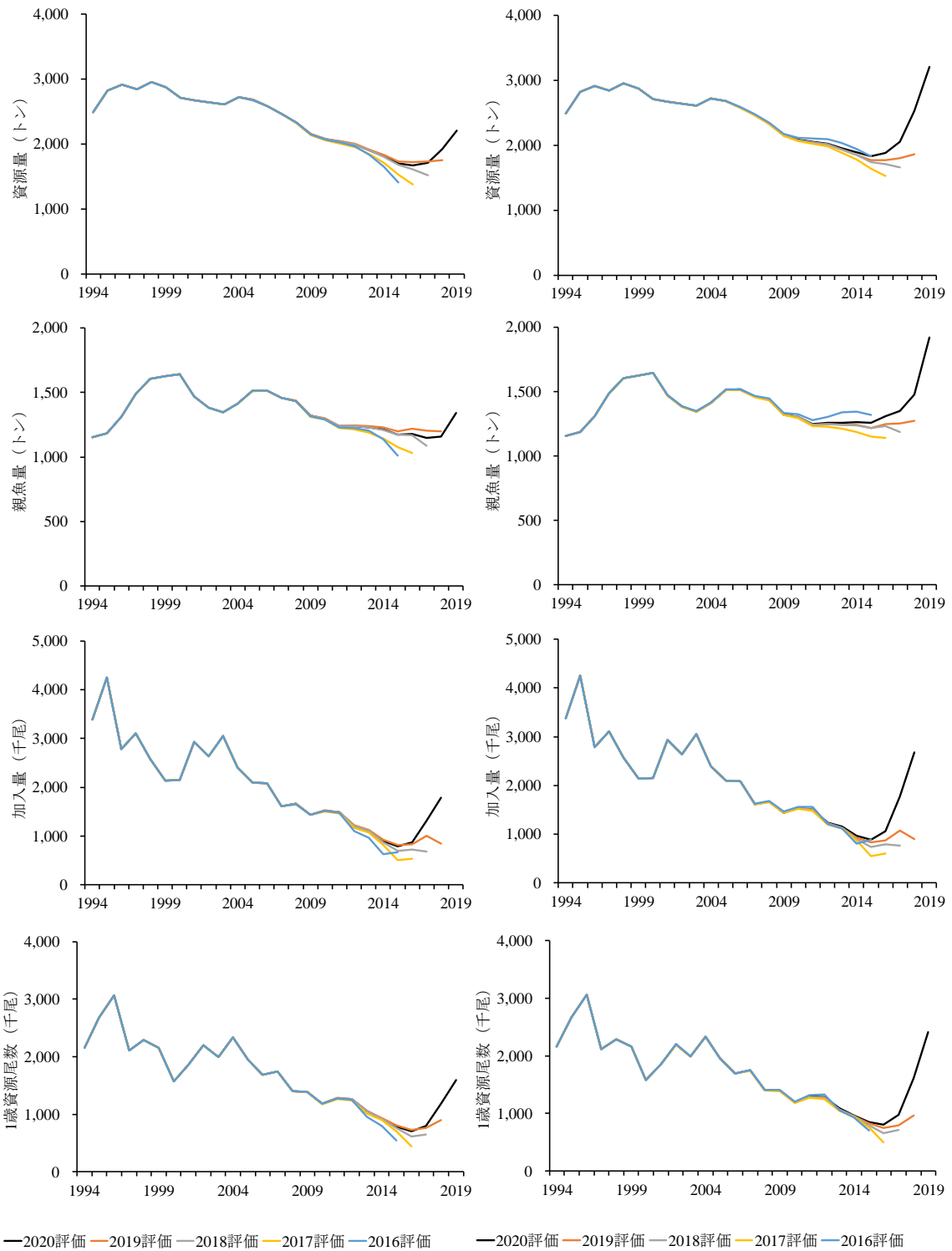
将来予測における漁獲量は、ここで求めた漁獲尾数と平均体重から推定される漁獲量に、2019 年の実漁獲量/推定漁獲量の比 (1.02) を乗じて算出した。

#### 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.

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. 資源量・親魚量・0歳加入尾数・1歳加入尾数のレトロスペクティブ解析  
 1歳ターミナルFを直近3年間のFの最低値とした。左図はチューニングなし、  
 右図はチューニングあり（本評価で採用）の場合





## 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	50	93	49	71	26	52	17	66	56
1歳	277	379	441	246	296	288	157	266	333
2歳	275	283	289	356	344	337	389	339	282
3歳	113	139	134	151	191	210	229	188	151
4歳	60	53	53	72	93	108	106	87	83
5+歳	102	53	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	3,380,086	4,246,345	2,785,169	3,110,385	2,573,122	2,137,167	2,154,765	2,932,830	2,635,221
1歳	2,158,467	2,675,606	3,062,241	2,110,054	2,287,776	2,158,298	1,577,022	1,857,648	2,200,362
2歳	766,145	789,532	848,492	921,559	903,294	890,996	887,981	758,902	705,444
3歳	173,907	240,609	240,104	268,328	295,713	289,871	321,728	250,841	214,809
4歳	56,069	60,630	92,282	93,218	115,139	112,575	108,337	117,102	88,131
5+歳	65,105	40,938	40,566	67,802	75,563	86,856	85,937	79,912	97,447
合計	6,599,779	8,053,660	7,068,854	6,571,344	6,250,607	5,675,762	5,135,771	5,997,234	5,941,414

年齢別資源量 (トン)									
年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0歳	412	517	339	379	313	260	262	357	321
1歳	743	921	1,054	726	787	743	543	639	757
2歳	646	666	715	777	761	751	749	640	595
3歳	291	402	401	448	494	484	537	419	359
4歳	148	161	244	247	305	298	287	310	233
5+歳	253	159	158	264	294	338	334	311	379
合計	2,492	2,825	2,912	2,841	2,955	2,874	2,712	2,676	2,644

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	39	44	31	33	31	23	27	32
2歳	484	499	536	583	571	563	561	480	446
3歳	238	329	328	367	404	396	440	343	294
4歳	148	161	244	247	305	298	287	310	233
5+歳	253	159	158	264	294	338	334	311	379
合計	1,155	1,186	1,311	1,490	1,607	1,626	1,645	1,470	1,383

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	60	31	30	23	11	18	19	18	16	
1歳	249	291	225	199	213	165	165	123	146	
2歳	300	305	367	345	266	292	226	230	209	
3歳	143	148	157	183	163	169	153	163	156	
4歳	65	62	72	73	78	81	81	88	87	
5+歳	95	73	83	94	104	105	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	0.39	0.44	
2歳	0.81	0.86	0.91	0.86	0.75	0.84	0.68	0.65	0.62	
3歳	0.61	0.61	0.62	0.67	0.62	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	0.53	
5+歳	0.47	0.41	0.41	0.40	0.45	0.45	0.43	0.52	0.53	
平均	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.50	0.46	0.47	0.46	

年齢別資源尾数										
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
0歳	3,055,368	2,400,098	2,099,866	2,085,798	1,616,583	1,665,932	1,445,072	1,533,999	1,510,145	
1歳	1,993,198	2,332,460	1,951,621	1,690,832	1,745,361	1,404,965	1,396,280	1,189,557	1,289,722	
2歳	776,666	814,998	903,483	835,531	736,015	720,246	611,739	624,891	586,324	
3歳	227,166	252,269	252,001	266,195	257,598	255,438	226,422	225,648	239,210	
4歳	79,006	90,254	100,107	99,082	99,866	100,882	99,018	89,541	87,179	
5+歳	79,090	72,196	78,539	86,837	91,192	89,234	88,935	89,667	78,051	
合計	6,210,494	5,962,276	5,385,617	5,064,274	4,546,614	4,236,697	3,867,467	3,753,303	3,790,631	

年齢別資源量（トン）										
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
0歳	372	292	256	254	197	203	176	187	184	
1歳	686	803	672	582	601	484	481	409	444	
2歳	655	687	762	704	620	607	516	527	494	
3歳	380	421	421	445	430	427	378	377	400	
4歳	209	239	265	262	264	267	262	237	231	
5+歳	307	281	305	338	354	347	346	349	303	
合計	2,609	2,723	2,680	2,585	2,467	2,334	2,158	2,086	2,056	

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	19	
2歳	491	515	571	528	465	455	387	395	371	
3歳	310	345	344	364	352	349	309	308	327	
4歳	209	239	265	262	264	267	262	237	231	
5+歳	307	281	305	338	354	347	346	349	303	
合計	1,347	1,413	1,514	1,516	1,461	1,439	1,324	1,306	1,250	

補足表 3-1. 資源解析結果（続き）（2012～2019年）

年齢別漁獲尾数								
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	152,769	134,134	119,849	66,431	101,992	44,944	25,623	14,569
1歳	463,729	331,999	396,077	379,740	268,060	243,568	160,562	111,570
2歳	259,440	254,833	231,580	252,051	239,502	191,535	153,964	143,965
3歳	88,985	91,084	87,160	96,573	84,366	82,900	71,520	73,059
4歳	29,467	30,995	30,877	29,702	25,448	30,695	30,553	31,335
5+歳	26,466	31,039	27,644	20,942	24,176	26,396	22,483	23,436
合計	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	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	8	13	6	3	2	4	8	2
1歳	134	99	90	60	40	55	62	89
2歳	218	217	173	142	128	115	123	189
3歳	166	151	148	131	129	118	125	127
4歳	81	72	87	88	87	86	84	75
5+歳	84	101	110	95	96	126	116	99
合計	691	654	613	520	482	504	519	580

年齢別漁獲係数								
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.06	0.10	0.05	0.03	0.01	0.02	0.02	0.01
1歳	0.43	0.34	0.35	0.25	0.18	0.19	0.13	0.13
2歳	0.67	0.61	0.50	0.45	0.43	0.34	0.31	0.28
3歳	0.67	0.57	0.51	0.41	0.46	0.38	0.37	0.32
4歳	0.42	0.42	0.48	0.41	0.36	0.37	0.34	0.29
5+歳	0.42	0.42	0.48	0.41	0.36	0.37	0.34	0.29
平均	0.45	0.41	0.40	0.32	0.30	0.28	0.25	0.22

年齢別資源尾数								
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1,242,725	1,151,913	966,544	894,808	1,064,210	1,771,919	2,673,222	1,439,891
1歳	1,281,398	1,085,447	967,261	850,685	802,920	970,223	1,608,372	2,412,191
2歳	604,798	612,682	564,846	499,328	485,038	491,998	587,689	1,037,152
3歳	230,884	226,889	243,390	249,422	233,624	231,722	256,380	316,817
4歳	100,458	86,314	93,834	107,160	121,306	108,433	116,021	129,821
5+歳	70,829	81,998	80,694	78,855	90,727	108,278	109,297	117,165
合計	3,531,092	3,245,244	2,916,569	2,680,258	2,797,826	3,682,572	5,350,981	5,453,036

年齢別資源量（トン）								
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	151	140	118	109	130	216	326	175
1歳	441	374	333	293	276	334	554	830
2歳	510	516	476	421	409	415	495	874
3歳	386	379	407	417	390	387	428	529
4歳	266	229	248	284	321	287	307	344
5+歳	275	319	314	306	353	421	425	455
合計	2,029	1,957	1,895	1,830	1,879	2,060	2,535	3,208

年齢別親魚量（トン）								
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	19	16	14	12	12	14	23	35
2歳	382	387	357	316	307	311	372	656
3歳	316	310	333	341	319	317	350	433
4歳	266	229	248	284	321	287	307	344
5+歳	275	319	314	306	353	421	425	455
合計	1,258	1,260	1,266	1,259	1,311	1,350	1,477	1,923

## 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	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1歳	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
2歳	0.28	0.28	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
3歳	0.32	0.32	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
4歳	0.29	0.29	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
5歳以上	0.29	0.29	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31

資源尾数								
年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,439,891	1,955,838	2,221,147	2,435,322	2,582,695	2,725,386	2,933,172	3,143,834
1歳	2,412,191	1,316,248	1,787,891	2,028,561	2,224,166	2,358,761	2,489,080	2,678,850
2歳	1,037,152	1,548,329	844,869	1,135,883	1,288,786	1,413,057	1,498,569	1,581,363
3歳	316,817	570,842	852,190	454,741	611,377	693,675	760,562	806,588
4歳	129,821	168,386	303,398	441,717	235,707	316,896	359,553	394,224
5歳以上	117,165	135,864	167,364	253,231	373,825	327,878	346,835	379,979
合計	5,453,036	5,695,507	6,176,859	6,749,456	7,316,555	7,835,653	8,387,772	8,984,837

資源量 (トン) と親魚量 (トン)								
年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	175	238	271	297	315	332	357	383
1歳	830	453	615	698	765	812	857	922
2歳	874	1,305	712	958	1,086	1,191	1,263	1,333
3歳	529	954	1,424	760	1,021	1,159	1,271	1,348
4歳	344	446	803	1,169	624	839	952	1,044
5歳以上	455	528	650	984	1,453	1,274	1,348	1,477
合計	3,208	3,924	4,475	4,866	5,265	5,607	6,048	6,506
親魚量	1,923	2,752	3,178	3,523	3,759	3,989	4,323	4,661

漁獲尾数								
年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	16,048	21,799	26,686	29,259	31,030	32,744	35,241	37,772
1歳	253,076	138,095	201,282	228,377	250,398	265,551	280,223	301,587
2歳	219,741	328,044	191,008	256,801	291,369	319,464	338,797	357,515
3歳	74,125	133,559	212,497	113,392	152,449	172,971	189,650	201,126
4歳	27,551	35,736	68,706	100,029	53,377	71,763	81,423	89,274
5歳以上	24,865	28,834	37,901	57,346	84,655	74,250	78,543	86,048
合計	615,408	686,067	738,081	785,204	863,279	936,744	1,003,876	1,073,323

漁獲量 (トン)								
年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	2	3	3	4	4	4	4	5
1歳	89	49	71	80	88	93	99	106
2歳	189	283	165	221	251	275	292	308
3歳	127	228	363	194	260	295	324	343
4歳	75	97	186	271	144	194	220	241
5歳以上	99	114	150	228	336	295	312	342
合計	580	773	938	997	1,084	1,157	1,250	1,345

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	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
0歳	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
1歳	0.13	0.13	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
2歳	0.28	0.28	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
3歳	0.32	0.32	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	
4歳	0.29	0.29	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	
5歳以上	0.29	0.29	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	

## 資源尾数

年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	1,439,891	1,955,838	2,221,147	2,285,833	2,315,453	2,343,547	2,421,067	2,489,699
1歳	2,412,191	1,316,248	1,787,891	2,022,195	2,081,088	2,108,055	2,133,632	2,204,208
2歳	1,037,152	1,548,329	844,869	1,096,506	1,240,204	1,276,322	1,292,861	1,308,548
3歳	316,817	570,842	852,190	421,151	546,587	618,218	636,222	644,466
4歳	129,821	168,386	303,398	405,252	200,275	259,925	293,988	302,550
5歳以上	117,165	135,864	167,364	234,491	318,662	258,487	258,225	275,062
合計	5,453,036	5,695,507	6,176,859	6,465,428	6,702,268	6,864,554	7,035,996	7,224,534

## 資源量 (トン) と親魚量 (トン)

年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	175	238	271	278	282	285	295	303
1歳	830	453	615	696	716	726	734	759
2歳	874	1,305	712	924	1,045	1,076	1,090	1,103
3歳	529	954	1,424	704	913	1,033	1,063	1,077
4歳	344	446	803	1,073	530	688	778	801
5歳以上	455	528	650	911	1,239	1,005	1,004	1,069
合計	3,208	3,924	4,475	4,587	4,726	4,812	4,964	5,112
親魚量	1,923	2,752	3,178	3,282	3,330	3,375	3,500	3,610

## 漁獲尾数

年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	16,048	21,799	33,306	34,275	34,720	35,141	36,303	37,332
1歳	253,076	138,095	247,319	279,730	287,876	291,607	295,145	304,908
2歳	219,741	328,044	230,280	298,867	338,033	347,878	352,386	356,661
3歳	74,125	133,559	255,129	126,084	163,637	185,082	190,472	192,941
4歳	27,551	35,736	82,827	110,633	54,674	70,959	80,258	82,595
5歳以上	24,865	28,834	45,690	64,015	86,994	70,566	70,495	75,091
合計	615,408	686,067	894,550	913,604	965,935	1,001,233	1,025,059	1,049,529

## 漁獲量 (トン)

年	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
0歳	2	3	4	4	4	4	5	5
1歳	89	49	87	98	101	103	104	107
2歳	189	283	198	257	291	300	303	307
3歳	127	228	435	215	279	316	325	329
4歳	75	97	224	299	148	192	217	223
5歳以上	99	114	181	254	345	280	280	298
合計	580	773	1,130	1,129	1,169	1,195	1,234	1,270