

令和 3（2021）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 年にかけて 1,000 トン前後で推移した後減少し 2016 年に 482 トンとなったが、2017 年以降は増加に転じ、2019 年は 588 トン（確定値）、2020 年は 602 トン（概数値）となった。資源量は 1998 年に 2,926 トンに達した後減少し、2015 年に 1,774 トンとなったが、その後は増加し 2020 年は 3,147 トンとなった。親魚量は 2000 年に 1,644 トンに達した後やや減少しその後は同程度の水準で推移していたが、2016 年以降は増加傾向が続き 2020 年も資源計算を開始した 1994 年以降で最高となる 2,190 トンと推定された。本種は栽培対象種で 2019 年には 270 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 7%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.03 と推定された。

将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	1,974	1,322	504	0.39	26
2018	2,300	1,439	519	0.37	23
2019	2,770	1,758	588	0.39	21
2020	3,147	2,190	602	0.31	19

年は暦年、2020 年の漁獲量は暫定値、F 値は各年の年齢別漁獲係数 F の最高値である。

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)	年当たり $M=0.31$ を仮定(0歳魚は10月加入として $M=0.08$ を仮定)
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)*
人工種苗放流尾数、 標識装着率(人工種苗 放流時における黒化 個体混入率)等	栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績(水産庁増殖推進部、国立研究開発法人水産研究・教育機構、公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会) 放流時の黒化率情報(2020年実績:和歌山、大阪、兵庫、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。2020年における全国のヒラメ漁獲量は6,386トン(概数値)であり、これに対する瀬戸内海の割合は9.4%、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」という)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

本系群は瀬戸内海の沿岸を中心に分布しており(図1)、春に瀬戸内海で生まれた仔稚魚

はごく沿岸域で成長したのち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（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。寿命については不明であるが、1994～2020年における精密測定個体の最高齢は16歳であった。

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 (図3) 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 (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。漁法別漁獲量では小底が中心であり、2020年における割合は小底: 53%、刺網: 26%、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100～500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、1989年には1,042トンに達した(図4、表1)。1988年から2002年に掛けては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年には482トンまで減少した。その後は増加傾向にあり、2019年は588トン(確定値)、2020年は602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年は2トン、1997年および2001年は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トンとなり漁獲量全体に対する割合も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5、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6、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年以降のみである。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、年々減少傾向にある。2004年の延べ出漁隻数は4.5万隻・日であったが2020年は1.8万隻・日であり半分以下となっている。

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)。

なお、昨年度までの資源評価報告書ではチューニングにおける指標値と対象の資源量との間には線形の比例関係を仮定していたが、この点について非線形関係の検討を行ったところパラメータ推定を行うことが妥当と判断された(補足資料4)。このため、今年度評価よりVPAのチューニングにおいては非線形係数の推定も行うこととした。

(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7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年と比較するとそれぞれ9.0倍、8.4倍、13.3倍に増加した。

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・日）の推移をみると（図8、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年に急増し1.27となり、2020年にはさらに増加して1.94となった。

(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9に、年別年齢別漁獲量の推移を図10にそれぞれ示した。

尾数ベースでは、1995年に273万尾の最高値に達した後、2016年まで漁獲尾数は減少し、2017～2019年は増加したが、2020年は1歳魚の漁獲尾数が減少したことから総漁獲尾数もやや減少した（図9）。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点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10）。その後尾数と同様に2017年以降漸増に転じ、2020年も増加した。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

年齢別Fの推移では、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り、2015年ごろから高齢魚でも減少傾向となっている（図11）。各年齢のFを比較すると、2010年頃までは概ね2歳魚のFが最も高かったが、その後は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年以降は概ね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年代以降では漁獲圧自体は減少傾向にあり、かつ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と考えられる。

資源尾数（図12）は1995年に805万尾、資源量（図13）では1998年に2,926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年に漸増に転じた。2017年以降は急増し、2020年には資源尾数が468万尾、資源量が3,147トンに達した。なお2020年の資源量については、0歳資源尾数が仮定値であるため今後変更となる可能性が高い。漁獲割合は、2010年ごろまでは40%前後で推移していたがその後は減少し、2020年は19%であった（図14）。

親魚量は2000年に1,644トンに達した後減少し、2003年以降は1,200～1,300トン付近

で推移していたが、2016年以降は増加傾向にある（図15）。2020年の親魚量は2,190トンとなり、2019年に続き1994年以降の最大値を更新した。

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80～130%、親魚量では81～129%、0歳資源尾数では77～136%の変化となった（図16～18）。

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（図19）、天然由来の加入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歳資源尾数 $N_{0,y}$ を天然由来の加入尾数 R_{ny} と人工種苗由来の加入尾数 R_{ay} に分離し計算を行った（詳細は補足資料2（3））。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歳漁獲尾数中の黒化個体混入率調査の結果、1995～2020年の $N_{0,y}$ における人工種苗個体の（補正済み）混入率は0.07～0.53の間で変動し、2020年はこれまでで最も高い0.53となった（表5）。同じく1995～2019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、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 R_{ay} は7万～131万尾の範囲で推移した。2020年については19万尾と推定されたが、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20）。これら R_{ay} を $N_{0,y}$ から減じて R_{ny} を推定した。 R_{ny} （表6）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ったが、2016年以降はやや増加傾向となっている。なお、当初評価において高豊度年級群であると推察されていた2018年級群の0歳資源尾数については、本年度の評価では177万尾と下方修正されたが、依然として2004年以降で最も良い加入であったと判断される。

（5）生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

図21に F （最大値）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（4）参照）。現状（2020年）の F （ $F_{current}$ 、0.31）は、 $F_{0.1}$ （0.25）は上回るものの $F_{30\%SPR}$ （0.39）や F_{max} （0.46）などの資源管理基準値を下回っている。

（6）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年まで年間約400万～500万尾で推移したが、それ以降は減少傾向となった（表5）。2019年には270万尾が放流され、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7%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.03と推定された。

なお、2020年の混入率は53%と高くなったが、放流尾数が確定していないため添加効率の計算は行っていない。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見られている。放流効果判定の精度を上げるためには継続したデータ計測、収集体制の構築が必要である。

5. 資源評価のまとめ

2020年の親魚量は、1994年以降で最大であった2019年からさらに増加した。VPAによる解析からは、当系群に対する漁獲圧は長期的に低下傾向にあり、資源量は増加傾向にあると判断される。また近年の0歳資源尾数には不確実性が高いが、特に0～1歳魚に対する漁獲圧は低い水準にあると考えられる。

6. その他

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。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、また別の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6、11）、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テクニカル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。

加入量の早期把握に関しては、1995～2020年において燧灘における着底ピーク時と考えられる6月に天然由来ヒラメ稚魚の採集調査が実施された。図22および表7にこの結果（400m²あたり採集尾数）を示す。ここで、期間全体としては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加入尾数との間には正の相関が認められていたが、近年の稚魚の採捕数は少ない傾向にあり、比較的良い加入であると考えられる2018年級群についてもこの調査結果による採集数は低い値となっていた。これらの状況から、当該調査は2020年をもって一旦終了となった。ただし、本系群では0歳魚の漁獲圧が非常に低いことから直近年の加入尾数を仮定しているが、この推定値には不確実性が高く、加入量を把握するための新たな調査の速やかな構築が必須となっている。

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5）、その人工種苗由来の資源は年によって0歳資源尾数の1～5割を占め、天然由来の資源を補完している（図20）。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：山下夕帆、山田徹生、真鍋明弘、金谷彩友美、阪地英男)



図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

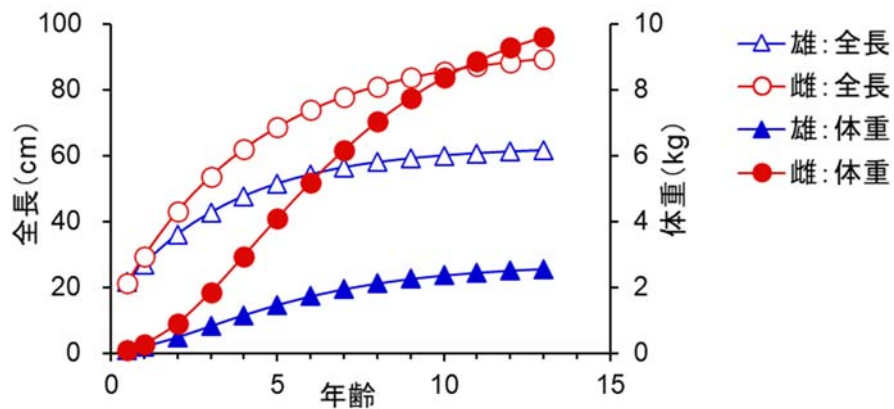


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係（年齢は4月1日起算）

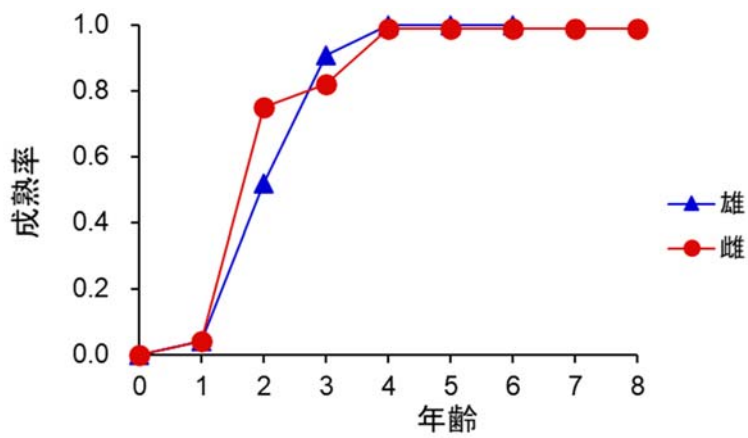


図3. 雌雄別年齢別成熟割合

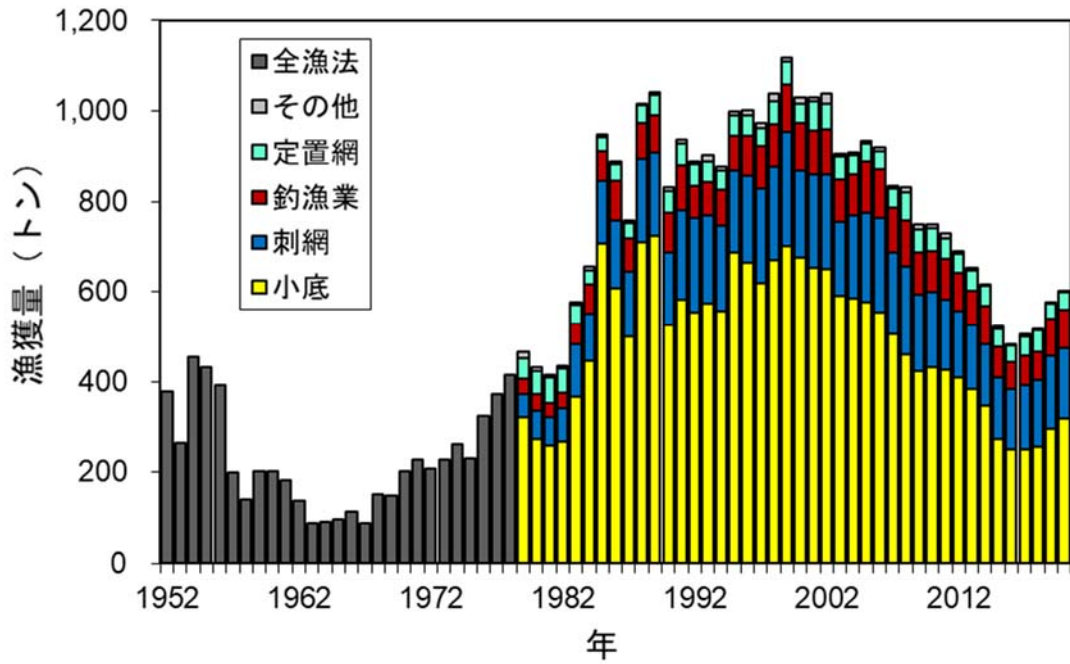


図 4. 漁業種類別漁獲量の推移 1978 年以前は全漁業合計値を示す。

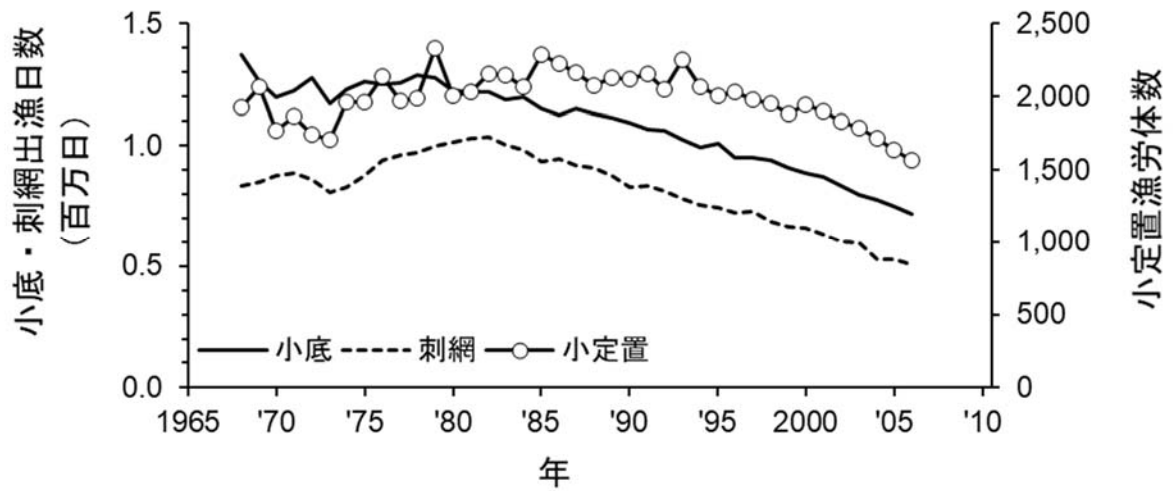


図 5. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の努力量の推移 (2006 年まで)

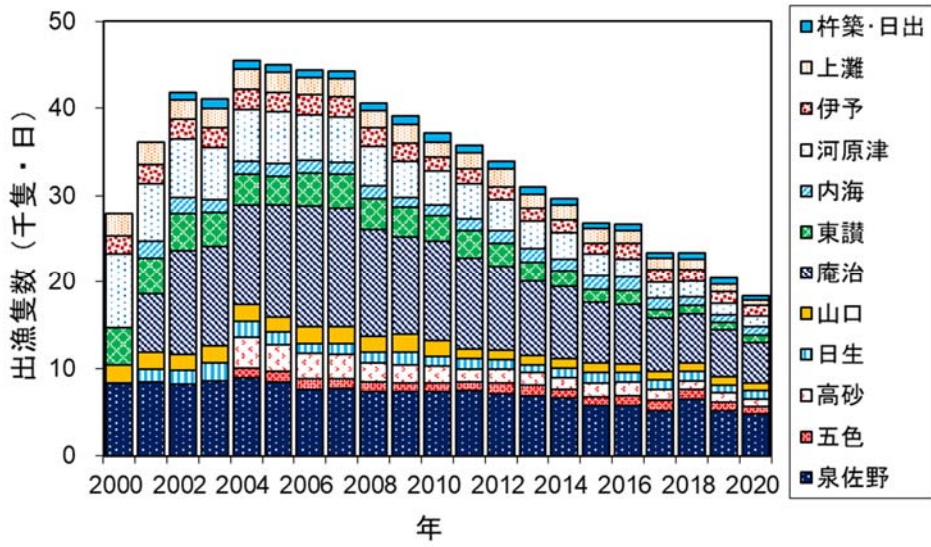


図 6. 小底標本船・標本漁協の出漁隻数の推移

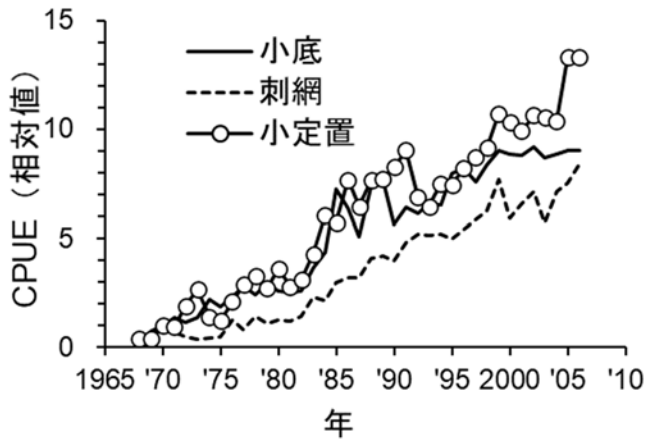


図 7. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の CPUE の推移（2006 年まで） 1970 年を 1 とした。

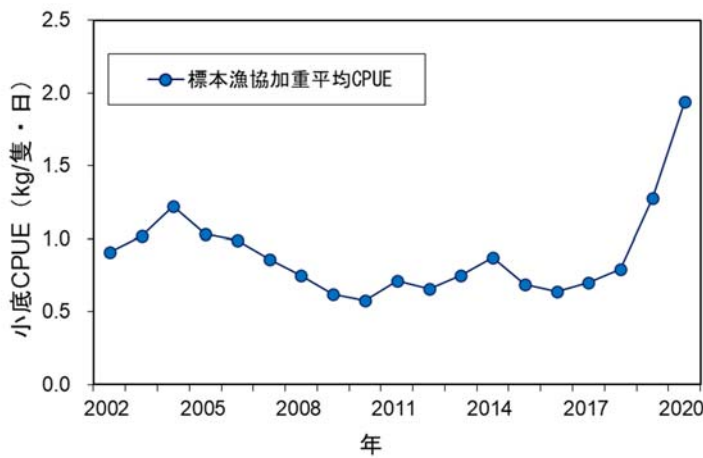


図 8. 小底標本船・標本漁協 CPUE の加重平均値（2002 年以降）

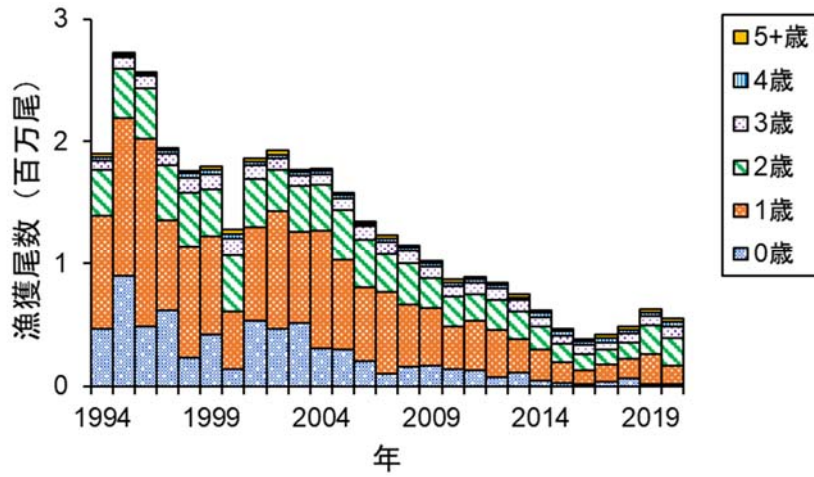


図 9. 年齢別漁獲尾数の推移

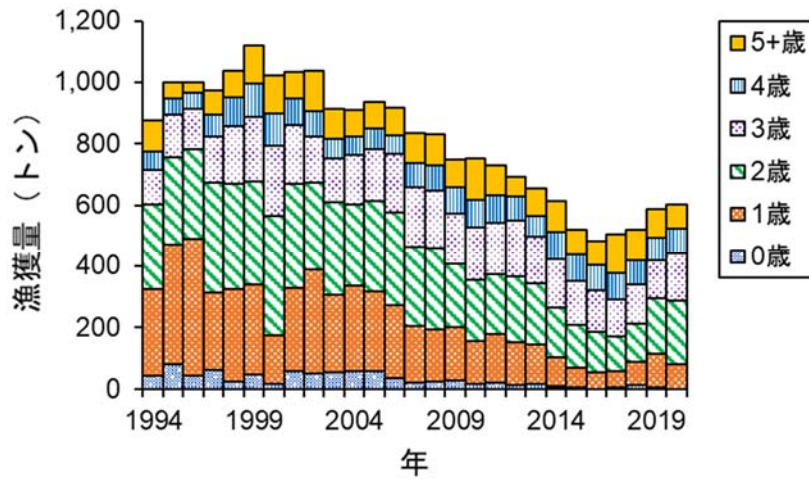


図 10. 年齢別漁獲量の推移

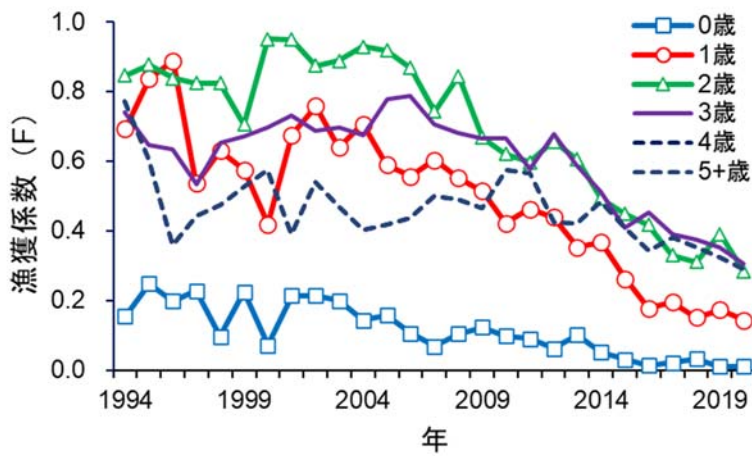


図 11. 年齢別漁獲係数 F の推移

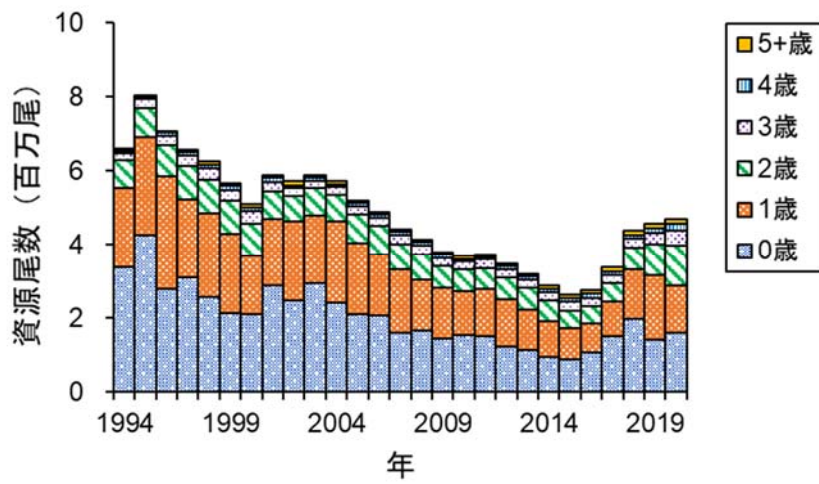


図 12. 年齢別資源尾数の推移

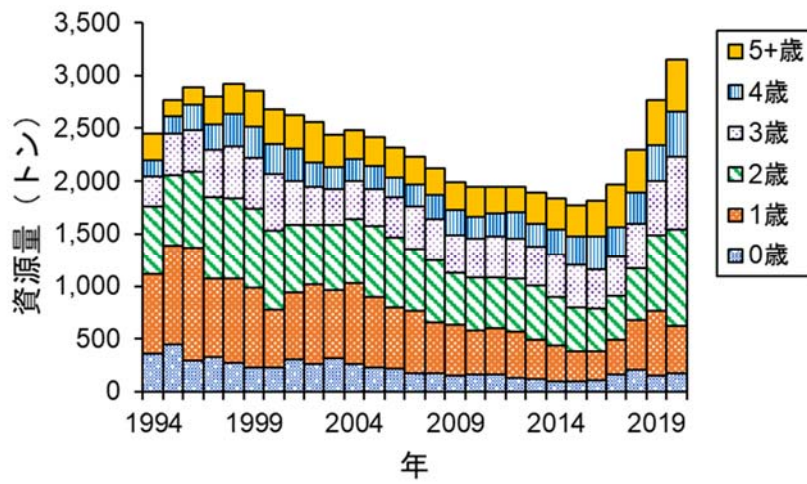


図 13. 年齢別資源量の推移

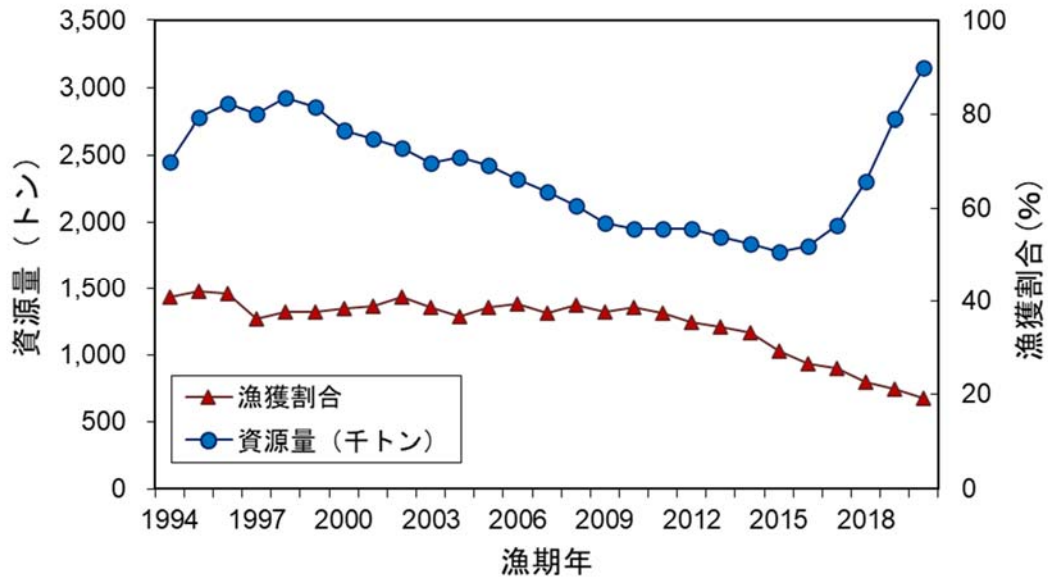


図 14. 資源量と漁獲割合の推移

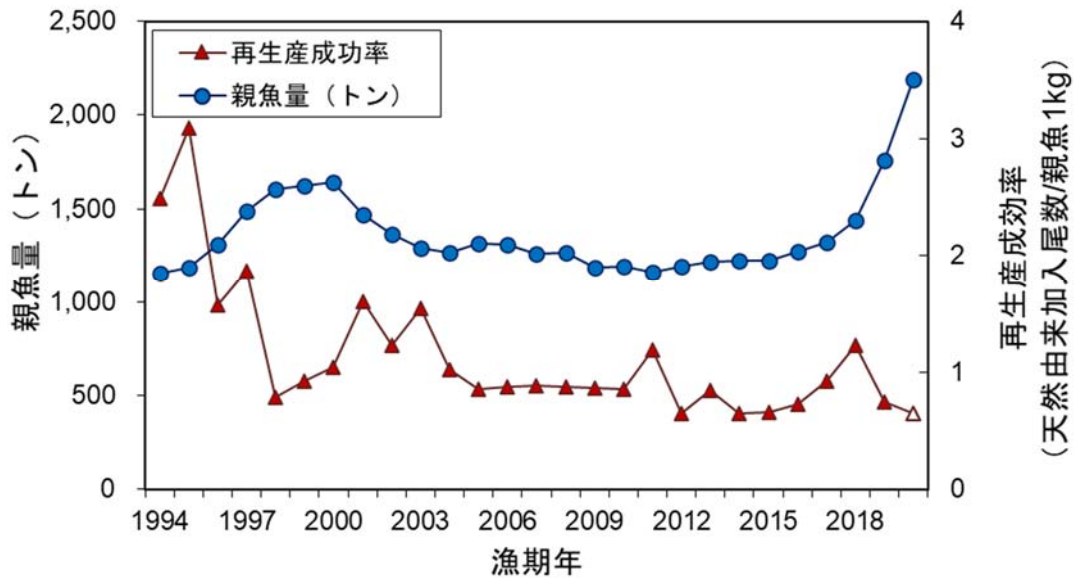


図 15. 親魚量と再生産成功率の推移 2020年の天然由来加入尾数は仮定値のためRPSは白抜きで示す。

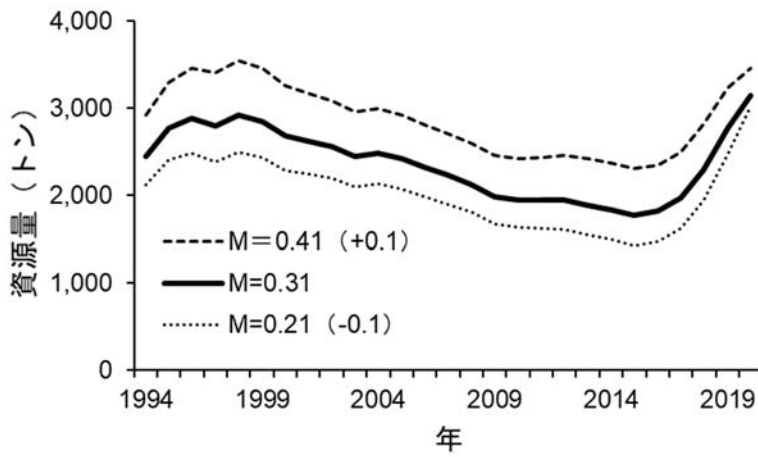


図 16. 自然死亡係数 M の値による資源量の感度解析

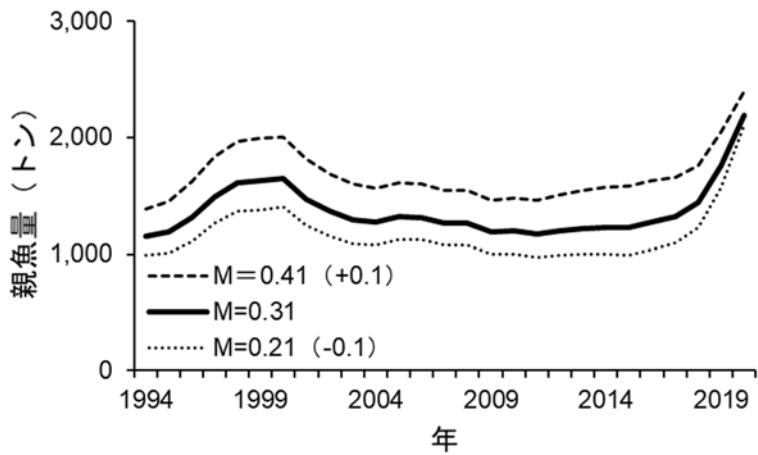


図 17. 自然死亡係数 M の値による親魚量の感度解析

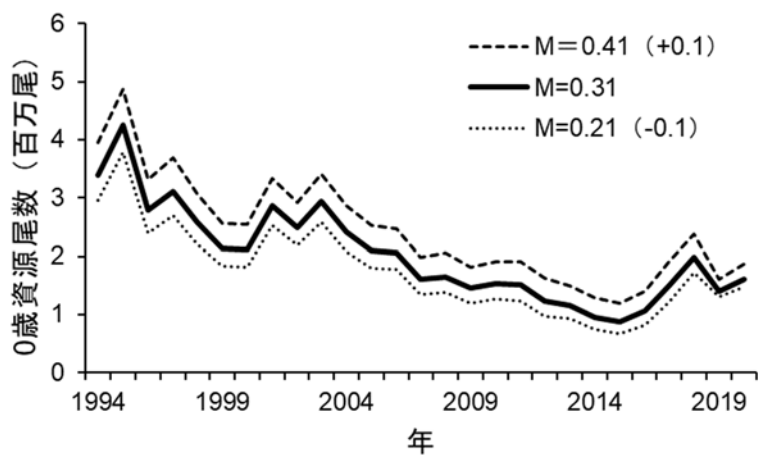


図 18. 自然死亡係数 M の値による 0 歳資源尾数の感度解析 2020 年の値は仮定値。

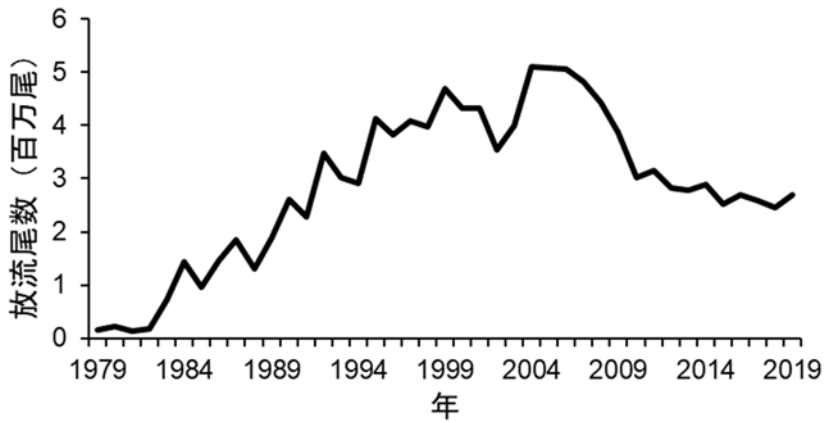


図 19. 1979 年以降の放流尾数の推移

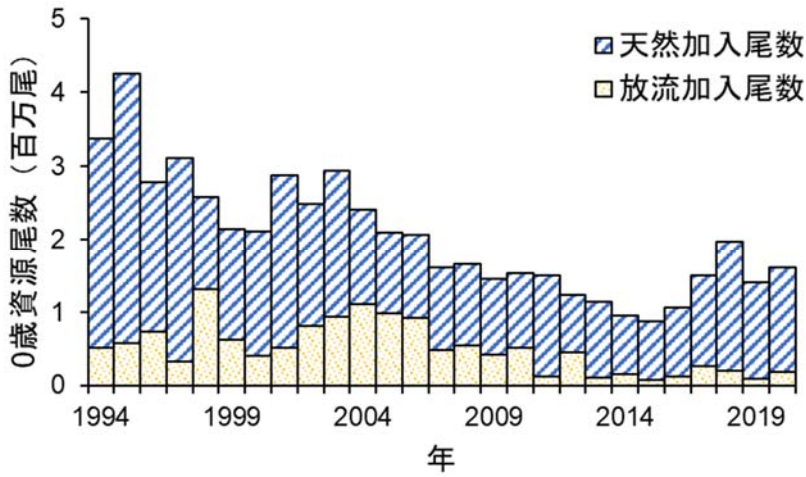


図 20. 0 歳資源尾数における天然由来加入尾数と人工種苗由来加入尾数の内訳 2020 年の値は天然加入尾数、放流加入尾数ともに仮定値。

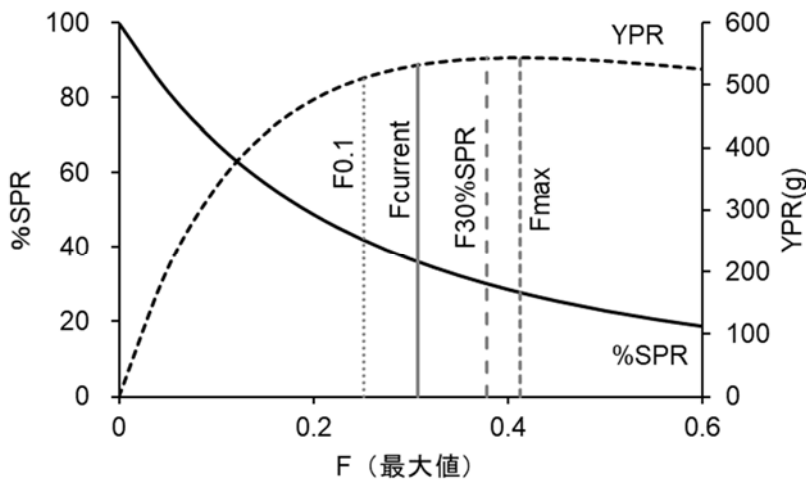


図 21. 漁獲係数 (F) と YPR、%SPR の関係

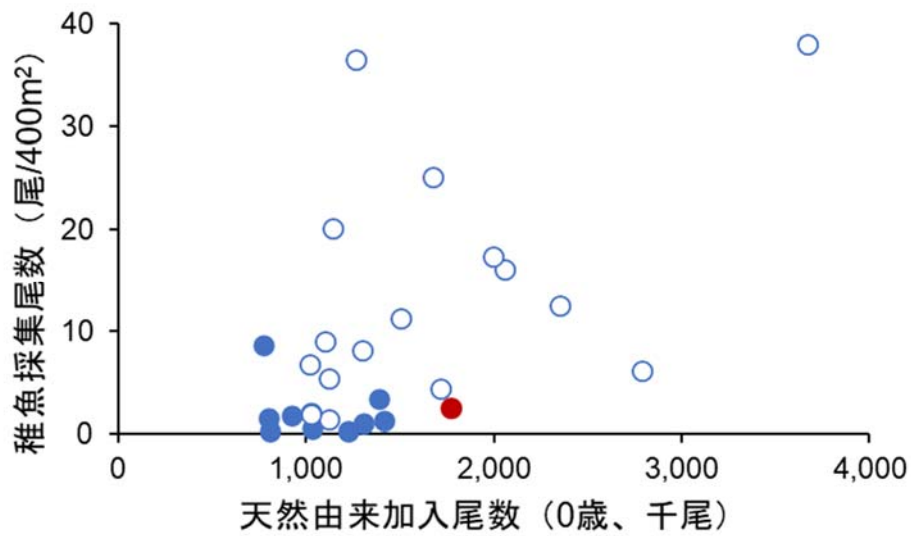


図 22. 新規加入量調査における 6 月（着底ピーク時）の稚魚採集尾数（400 m²あたり）と天然由来加入尾数の関係 値は表 7 における両県の調査結果の平均値。○は 1995～2010 年、●は 2011～2020 年の値であり、2018 年を赤丸で示した。

表 1. ヒラメ瀬戸内海系群の漁獲量（トン）

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
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
1980	65	8	22	58	76	120	44	24	15	431
1981	63	9	24	58	87	100	19	35	21	415
1982	67	6	22	40	76	107	42	55	21	435
1983	56	9	57	49	92	132	73	98	11	577
1984	78	15	44	41	109	154	62	125	27	655
1985	80	32	207	54	127	155	77	207	9	948
1986	74	22	204	50	134	182	93	119	10	888
1987	71	19	71	50	145	198	102	93	8	757
1988	76	9	222	49	181	255	100	102	23	1,017
1989	65	44	155	58	206	304	114	92	4	1,042
1990	65	34	106	57	141	240	96	89	4	832
1991	80	25	185	56	155	221	103	108	3	936
1992	91	26	144	53	155	181	116	117	5	888
1993	95	40	135	56	138	168	118	135	16	901
1994	106	37	126	76	160	114	127	122	8	876
1995	118	26	151	95	238	179	104	83	8	1,000
1996	101	21	159	99	167	222	107	111	12	1,000
1997	87	23	157	108	143	230	108	96	20	973
1998	87	44	185	99	113	276	96	108	31	1,039
1999	86	40	209	88	93	258	116	191	37	1,118
2000	74	25	167	92	104	266	93	158	44	1,023
2001	76	27	153	74	89	333	92	156	33	1,033
2002	71	52	135	109	242	174	93	142	21	1,039
2003	58	39	155	92	230	137	93	70	37	912
2004	69	44	158	120	106	234	71	59	50	911
2005	81	41	142	107	120	280	73	58	31	934

表 1. (続き) ヒラメ瀬戸内海系群の漁獲量 (トン)

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
2006	26	8	130	28	65	46	36	125	410	1	44	918
2007	13	8	118	33	72	35	31	100	383	1	41	835
2008	17	6	106	32	122	28	23	108	350	1	39	831
2009	13	7	119	31	109	29	24	102	288	1	27	750
2010	12	5	124	30	97	31	28	90	301	1	32	751
2011	14	7	118	32	98	31	27	90	274	1	36	728
2012	11	7	132	31	84	28	28	79	259	1	32	691
2013	9	8	129	32	80	28	22	76	239	1	30	654
2014	13	5	143	35	70	29	28	80	180	1	30	613
2015	10	6	88	29	63	29	22	79	168	0	27	520
2016	9	6	90	29	57	24	20	75	146	1	25	482
2017	12	7	104	27	38	26	24	74	142	1	49	504
2018	15	7	119	30	38	29	25	79	147	1	30	519
2019**	13	18	156	35	30	33	31	85	144	1	41	588
2020***	11	25	165	37	32	32	31	86	140	1	42	602

2005年以前は灘別、2006年以降は県別の集計である。

* 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。

** 2019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。

*** 2020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（隻・日）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			2,093	1,925	11,606	3,856	1,571	5,932	2,206	2,304	993	41,012
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	1,224	2,035	13,693	3,887	1,397	5,171	2,313	2,091	879	44,286
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	7,138	1,194	1,540	1,090	1,107	9,744	2,669	1,470	3,537	1,457	2,155	852	33,953
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	849	783	20,446
2020	4,724	909	835	974	833	4,693	809	1,004	1,297	1,194	546	562	18,380

表 4. 小底標本船・標本漁協の CPUE (kg/隻・日) 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	0.22	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	0.93	0.22	1.27
2020	2.73	0.51	1.16	1.76	0.90	1.13	0.04	0.07	1.22	0.93	1.17	0.52	1.94

表 5. 人工種苗の放流尾数および標識装着率、混入率と添加効率

放流年	放流尾数 (千尾)	補正なし 混入率	標識装着率	補正済み 混入率	添加効率 (0歳)
1979	161				
1980	227				
1981	140				
1982	171				
1983	719				
1984	1,431				
1985	966				
1986	1,462				
1987	1,840				
1988	1,314				
1989	1,897				
1990	2,616				
1991	2,293				
1992	3,486				
1993	3,031				
1994	2,919				
1995	4,134	0.14	1.00	0.14	0.14
1996	3,817	0.26	1.00	0.26	0.19
1997	4,078	0.10	1.00	0.10	0.08
1998	3,982	0.51	1.00	0.51	0.33
1999	4,695	0.27	0.92	0.29	0.13
2000	4,332	0.19	1.00	0.19	0.09
2001	4,327	0.18	1.00	0.18	0.12
2002	3,537	0.29	0.90	0.33	0.23
2003	4,001	0.29	0.90	0.32	0.23
2004	5,102	0.40	0.87	0.46	0.22
2005	5,079	0.41	0.88	0.46	0.19
2006	5,062	0.34	0.77	0.45	0.18
2007	4,817	0.23	0.75	0.30	0.10
2008	4,440	0.23	0.69	0.33	0.12
2009	3,856	0.22	0.77	0.29	0.11
2010	3,015	0.27	0.81	0.33	0.17
2011	3,144	0.06	0.79	0.08	0.04
2012	2,823	0.25	0.68	0.37	0.16
2013	2,789	0.07	0.71	0.10	0.04
2014	2,884	0.12	0.75	0.17	0.06
2015	2,516	0.05	0.60	0.08	0.03
2016	2,693	0.07	0.60	0.12	0.05
2017	2,592	0.06	0.34	0.18	0.10
2018	2,452	0.07	0.73	0.10	0.08
2019	2,702	0.03	0.46	0.07	0.03
2020		0.25	0.48	0.53	—

2020 年は放流尾数が未確定であり添加効率も計算していない。

表 6. ヒラメ瀬戸内海系群の資源解析結果

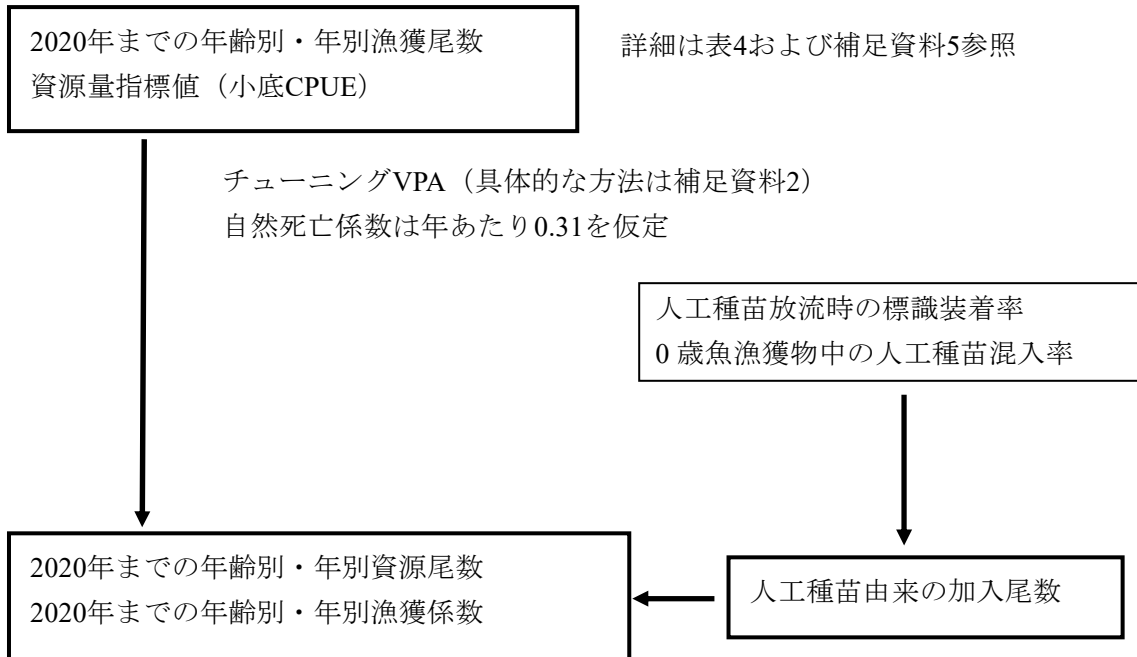
年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 $N_{0,y}$ (千尾)		漁獲割合 (%)	RPS (尾/kg)
				天然 R_{ny}	放流 R_{ay}		
1994	876	2,451	1,154	2,871	509	41	2.49
1995	1,000	2,773	1,186	3,667	580	42	3.09
1996	1,000	2,884	1,311	2,059	726	42	1.57
1997	973	2,803	1,490	2,787	324	36	1.87
1998	1,039	2,926	1,606	1,269	1,305	38	0.79
1999	1,118	2,851	1,626	1,508	630	38	0.93
2000	1,023	2,682	1,644	1,713	401	38	1.04
2001	1,033	2,620	1,470	2,354	516	39	1.60
2002	1,039	2,555	1,365	1,678	813	41	1.23
2003	912	2,443	1,291	1,995	940	39	1.55
2004	911	2,486	1,269	1,299	1,110	37	1.02
2005	934	2,419	1,318	1,125	976	39	0.85
2006	918	2,323	1,312	1,145	920	40	0.87
2007	835	2,228	1,263	1,121	490	37	0.89
2008	831	2,125	1,266	1,102	549	39	0.87
2009	750	1,989	1,186	1,029	420	38	0.87
2010	751	1,946	1,193	1,018	509	39	0.85
2011	728	1,944	1,165	1,386	117	37	1.19
2012	691	1,945	1,196	774	455	36	0.65
2013	654	1,889	1,216	1,031	116	35	0.85
2014	613	1,836	1,226	798	159	33	0.65
2015	520	1,774	1,224	808	69	29	0.66
2016	482	1,817	1,273	927	129	27	0.73
2017	504	1,974	1,322	1,223	271	26	0.92
2018	519	2,300	1,439	1,772	201	23	1.23
2019	588	2,770	1,758	1,309	93	21	0.74
2020	602	3,147	2,190	1,418	190	19	—

2020年の加入尾数は天然由来、放流由来ともに仮定値。

表 7. 新規加入量調査における 6 月の稚魚採集尾数 (/400 m²)

年	河原津 (愛媛県)	大浜 (香川県)	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
2020	0.00	2.50	1.25

補足資料 1 資源評価の流れ



将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

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。

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類は、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。

なお本年度評価において、2004～2017 年の年齢別漁獲尾数の推定に用いた測定データを 2018、2019 年の推定に用いたものと同様のものに更新した。これに伴い 2004～2017 年の年齢別漁獲尾数の値も更新された。この影響については補足資料 3 に示す。

(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。

コホート計算に用いた生物パラメータを補足表 2-2 に示す。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、最高年齢を 8 歳（渡辺ほか 2004）と仮定し算出した。なお 0 歳魚については 10 月 1 日時点での加入を想定し、 M_a を 1/4 年で除した

値を用いた。資源尾数から資源量への変換には、1995～2020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。

ここで、当系群の毎年の資源評価においては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新たに年齢別平均体重を更新し、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ている。過去年の資源水準を算出するパラメータが毎年変化することについては問題が指摘されているが、近年のサンプリングの状況には変化が見られているため、今年度評価においてもこれまで同様に平均体重値の更新を行った。ただし、現在の状況となってから一定量のデータも得られていることから、次年度以降については基本としてこの更新は行わないこととする。

実漁獲物における平均体重については、年毎に補足資料2(1)で求めた年齢別重量組成を年齢別漁獲尾数で割ることで算出した。ただし2003年以前については、補足表2-2の平均体重に漁獲尾数×重量の和が実漁獲量と等しくなる係数をかけた値とした（数値は補足資料5）。

最新年を除くy年a歳（0～3歳）の資源尾数（ $N_{a,y}$ ）および漁獲係数（ $F_{a,y}$ ）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、 $C_{a,y}$ は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+）であり、4歳と5+歳の漁獲係数は等しいと仮定して、4歳魚以上の資源尾数を以下の式で求めた。

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

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

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Fの過去3年平均値（2017～2019年）の選択率に等しいと仮定した。

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

$F_{4,y}$ は、 y 年における CPUE の観測値 u_y (表 4、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・日) を各港または各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。

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

$s_{a,y}$ 、 W_a はそれぞれ y 年 a 歳の選択率と a 歳の平均体重であり、 b はチューニング指標値と対象資源量との非線形関係を表すパラメータである。ここで、これまで b については 1 を仮定し、指標値と対象資源量とは線形関係にあると仮定してきたが、今年度評価においてはこれらの関係について再検討し、 b の値もパラメータとして推定することとした (詳細は補足資料 4)。

q は漁具能率であり、チューニングに使用した調査の年数を T 年とすると (8) 式により求められる。

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

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、(9) 式を最小とするパラメータ $F_{4,y}$ と b を推定した。

$$SS = \sum_y \left(\ln(u_y) - \ln \left(q \sum_a (s_{a,y} N_{a,y} W_a)^b \right) \right)^2 \quad (9)$$

$N_{0,y}$ と $F_{0,y}$ については、近年 0 歳魚に対する漁獲圧が非常に低いことから、漁獲尾数からの推定は行わず 0 歳資源尾数のうち天然由来の尾数から算出される RPS の時系列と親魚量 (SSB)、および人工種苗の加入尾数を用いて推定した (RPS と人工種苗添加効率の算出方法については補足資料 2 (3) 参照)。

親魚量は 1 歳以上の資源尾数に平均体重と成熟率 (fra、補足表 2-2) をかけることで求めた。なお、ここで用いている成熟率は雌の値である。

$$SSB_y = \sum_{a=1}^{5+} N_{a,y} W_a f r_a \quad (10)$$

ここで、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、2020 年における天然由来の 0 歳資源尾数を、2020 年の SSB に RPS の最低値を乗じた値として与

えた。また人工種苗の加入については、直近3年間（2017～2019年）の平均人工種苗放流尾数に直近3年間（2017～2019年）の平均添加効率を乗じた量が加入すると仮定した。

$$N_{0,2020} = SSB_{2020} \times RPS_{min} + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (11)$$

最新年の $F_{0,y}$ は (11) 式で得られた $N_{0,y}$ と $C_{0,y}$ を (2) 式に代入して算出した。

(3) 人工種苗個体の混入率、0歳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歳資源尾数 $N_{0,y}$ 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（2020年実績で和歌山・大阪・兵庫・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。2019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、山口、香川、愛媛（東予、中予）、大分の6府県であった（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）、この値を人工種苗放流時に求めた標識装着率で割ることで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。

$$R_{ay} = N_{0,y} \times \text{補正済み人工種苗混入率} \quad (12)$$

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。

$$\text{添加効率} = \frac{Ra_y}{y\text{年の人工種苗放流尾数}} \quad (13)$$

よって、(12)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。

$$Ra_y = y\text{年の人工種苗放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (14)$$

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。

$$Rn_y = N_{0,y} - Ra_y \quad (15)$$

最後に、各年の Rn_y を $SSBy$ で除して、各年の RPS を計算した。

(4) YPR、SPR の解析

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

$$YPR = \sum_{a=1}^{15} S_a W_a \exp(-M_a/2) (1 - \exp(-F_a)) \quad (16)$$

$$SPR = \sum_{a=0}^{15} fra S_a W_a \quad (17)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M_a) \quad (\text{ただし } S_0 = 1) \quad (18)$$

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、 $F=0.3$ 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、大きな影響を与えないものと判断される。

(5) モデル診断結果

「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針(令和 3 年度)FRA-SA2021-ABCWG02-03」に従い、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。

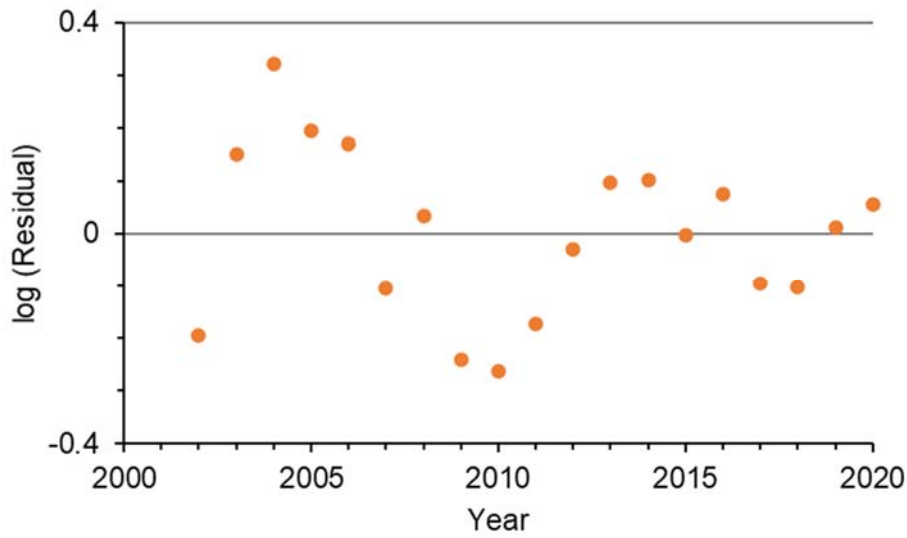
チューニングにおける残差を補足図 2-1 に示す。ここではやや同じ値が続く傾向は見られるものの、大きなずれは見られず近年の残差も比較的小さくなっている。レトロスペクティブ解析(補足図 2-2)においても、データの追加・更新が行われることで資源量や 0 歳

資源尾数には依然としてやや上方修正される傾向があるものの、親魚量としては大きな変化は見られなかった。

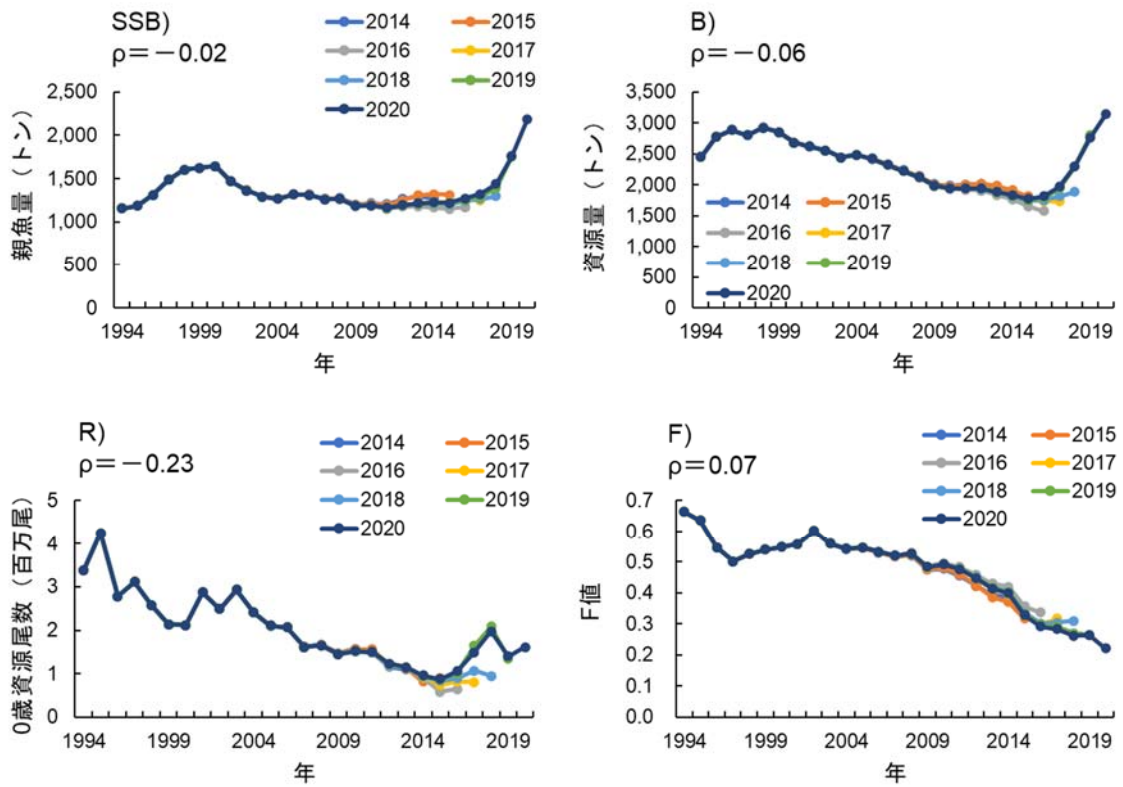
また、今年度評価計算においては過去年の年齢別漁獲尾数の更新および係数 b 推定の追加を行ったため、補足図 2-3 に昨年度評価結果との差異を示す。2004～2010 年頃および直近年で親魚量、資源量、加入量は下方修正となり、 F は上方修正となる傾向が見られた。このうち 2000 年代の下方修正については主に年齢別漁獲尾数の更新の影響であり（補足資料 3）、近年の下方修正については b 推定の影響が大きい（補足資料 4）。

引用文献

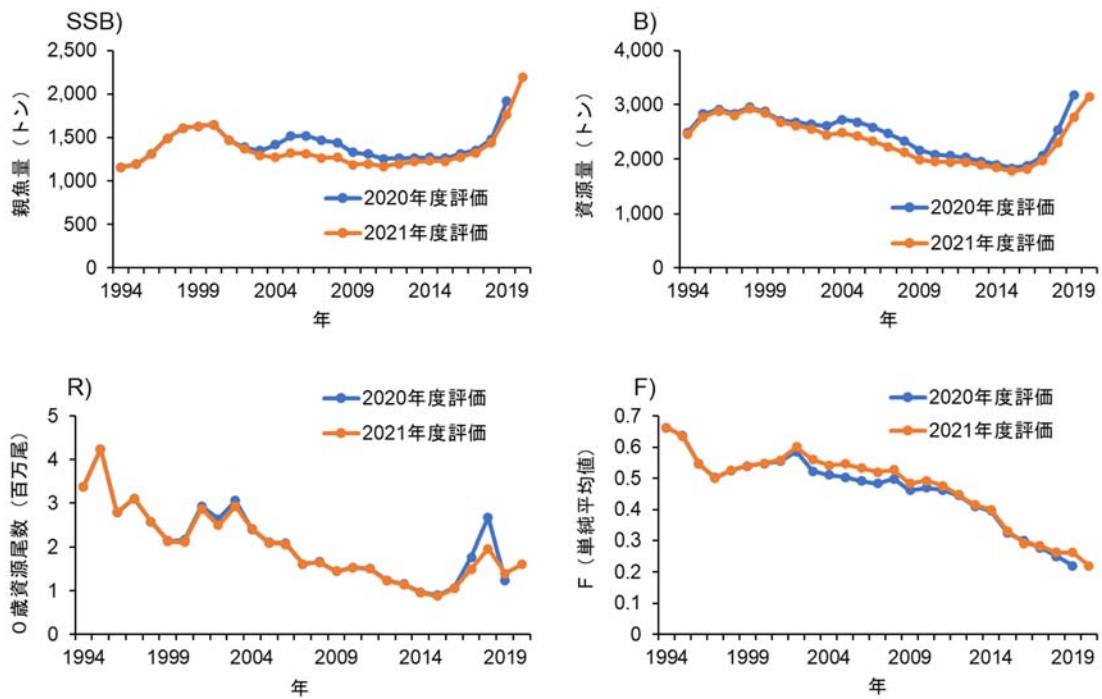
- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—, 日本水産資源保護協会, 104-128.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.
- 渡辺昭生, 武智昭彦, 前原 務, 福田雅明 (2004) 燧灘西部海域におけるヒラメの着底密度と加入尾数の関係. 2004 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 16.



補足図 2-1. チューニング VPA における残差プロット



補足図 2-2. 親魚量 (SSB)、資源量 (B)、0歳資源尾数 (R)、漁獲係数 (F) のレトロスペクティブ解析結果 Fは全年齢の単純平均値、凡例の数字は VPA 最終年を示す。



補足図 2-3. 親魚量 (SSB)、資源量 (B)、0 歳資源尾数 (R)、漁獲係数 (F、単純平均値) の 2020 年度資源評価結果との差異 (青線が 2020 年度資源評価結果、赤線が本年度資源評価結果を示す)。

補足表 2-1. Age-length key と雌雄割合 (1~4 月、5~8 月)

雌												
全長階級 (mm)	1~4月					雌の割合	5~8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	
0~40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
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
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
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
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
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
240~280	0.98	0.02	0.00	0.00	0.00	0.38	0.91	0.09	0.00	0.00	0.00	0.47
280~320	0.84	0.16	0.00	0.00	0.00	0.35	0.85	0.15	0.00	0.00	0.00	0.47
320~360	0.49	0.48	0.02	0.00	0.00	0.33	0.69	0.31	0.00	0.00	0.00	0.39
360~400	0.16	0.79	0.05	0.00	0.00	0.23	0.26	0.70	0.04	0.00	0.00	0.31
400~440	0.07	0.85	0.09	0.00	0.00	0.49	0.03	0.87	0.10	0.00	0.00	0.53
440~480	0.03	0.83	0.13	0.01	0.00	0.77	0.01	0.88	0.10	0.01	0.00	0.73
480~520	0.02	0.64	0.33	0.01	0.00	0.79	0.00	0.65	0.30	0.05	0.00	0.78
520~560	0.01	0.34	0.60	0.04	0.01	0.77	0.00	0.31	0.59	0.09	0.01	0.77
560~600	0.01	0.18	0.60	0.17	0.04	0.75	0.01	0.18	0.60	0.17	0.04	0.75
600~640	0.00	0.06	0.50	0.34	0.10	0.83	0.00	0.06	0.50	0.34	0.10	0.83
640~680	0.00	0.01	0.30	0.42	0.27	0.89	0.00	0.01	0.30	0.42	0.27	0.89
680~720	0.00	0.01	0.12	0.39	0.48	0.96	0.00	0.01	0.12	0.39	0.48	0.96
720~760	0.00	0.00	0.04	0.26	0.70	0.97	0.00	0.00	0.04	0.26	0.70	0.97
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
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
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
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
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
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
雄												
全長階級 (mm)	1~4月					雌の割合	5~8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	
0~40	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	
80~120	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	
160~200	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	
240~280	0.86	0.14	0.00	0.00	0.00		0.87	0.13	0.00	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	
320~360	0.18	0.78	0.04	0.00	0.00		0.24	0.69	0.07	0.00	0.00	
360~400	0.04	0.86	0.09	0.00	0.00		0.03	0.83	0.10	0.02	0.00	
400~440	0.05	0.61	0.30	0.02	0.01		0.02	0.54	0.38	0.04	0.01	
440~480	0.01	0.36	0.52	0.09	0.02		0.00	0.39	0.35	0.14	0.11	
480~520	0.01	0.16	0.41	0.22	0.20		0.00	0.21	0.26	0.28	0.25	
520~560	0.00	0.09	0.40	0.23	0.28		0.00	0.03	0.36	0.28	0.33	
560~600	0.01	0.04	0.31	0.37	0.27		0.01	0.04	0.31	0.37	0.27	
600~640	0.00	0.02	0.08	0.42	0.48		0.00	0.02	0.08	0.42	0.48	
640~680	0.00	0.00	0.05	0.25	0.70		0.00	0.00	0.05	0.25	0.70	
680~720	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67		0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	
720~	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

補足表 2-1. Age-length key と雌雄割合 (続き : 9~12 月)

雌							
全長階級 (mm)	9~12月						雌の割合
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳	
0~40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
40~80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
80~120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
120~160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44
160~200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
200~240	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
240~280	0.94	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
280~320	0.70	0.28	0.02	0.00	0.00	0.00	0.46
320~360	0.26	0.68	0.07	0.00	0.00	0.00	0.32
360~400	0.00	0.94	0.04	0.01	0.00	0.00	0.40
400~440	0.00	0.88	0.11	0.01	0.00	0.00	0.58
440~480	0.00	0.76	0.24	0.00	0.00	0.00	0.75
480~520	0.00	0.66	0.31	0.03	0.00	0.00	0.83
520~560	0.00	0.32	0.52	0.13	0.03	0.00	0.76
560~600	0.00	0.01	0.18	0.60	0.17	0.04	0.75
600~640	0.00	0.00	0.06	0.50	0.34	0.10	0.83
640~680	0.00	0.00	0.01	0.30	0.42	0.27	0.89
680~720	0.00	0.00	0.01	0.12	0.39	0.48	0.96
720~760	0.00	0.00	0.00	0.04	0.26	0.70	0.97
760~800	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09	0.89	1.00
800~840	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.96	1.00
840~880	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
880~920	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
920~960	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
960~	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00
雄							
全長階級 (mm)	9~12月						雄の割合
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳	
0~40	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40~80	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80~120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120~160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160~200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
200~240	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
240~280	0.87	0.12	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
280~320	0.42	0.54	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
320~360	0.06	0.84	0.10	0.01	0.00	0.00	0.00
360~400	0.01	0.76	0.19	0.01	0.02	0.00	0.00
400~440	0.00	0.72	0.21	0.01	0.01	0.04	0.00
440~480	0.00	0.33	0.44	0.04	0.11	0.07	0.00
480~520	0.00	0.14	0.36	0.36	0.00	0.14	0.00
520~560	0.00	0.10	0.10	0.20	0.10	0.50	0.00
560~600	0.00	0.01	0.04	0.31	0.37	0.27	0.00
600~640	0.00	0.00	0.02	0.08	0.42	0.48	0.00
640~680	0.00	0.00	0.00	0.05	0.25	0.70	0.00
680~720	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.67	0.00
720~	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00

補足表 2-2. VPA 計算に用いた年齢別平均体重、成熟率および自然死亡係数

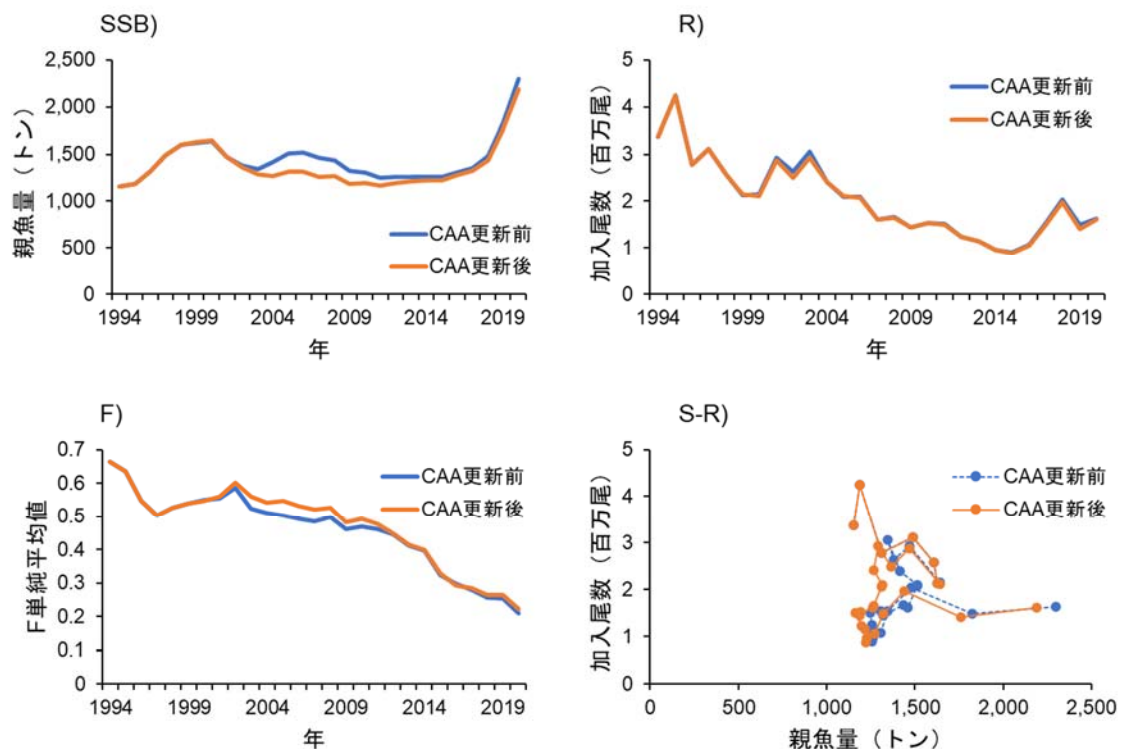
年齢	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5+ 歳
平均体重 (g)	107	349	848	1,660	2,651	3,853
成熟率	0	0.042	0.750	0.818	1.000	1.000
自然死亡係数	0.078	0.3125	0.3125	0.3125	0.3125	0.3125

補足資料3 ヒラメ瀬戸内海系群における過去年の年齢別漁獲尾数の更新の影響

昨年度の資源評価時点で年齢別漁獲尾数の算定の基礎となったデータなどを精査したところ、当初評価の後にデータの追加更新が行われた際の情報などが反映されていなかった部分の確認された。ここで、昨年度評価時点においては各種パラメータの更新が行われ、2018、2019年の年齢別漁獲尾数(CAA)の算出には更新後の値が使用されている。しかし、同時に算定された2004～2017年の値については、昨年度評価時点では確認のための作業時間が限られていたことから更新が見送られ、過去年に算定された値が継続して用いられた。ここで、今年度評価においては2004～2017年の値についても更新を行うため、その影響を検討した。

更新前後のCAAを補足表3-1および補足表3-2に、更新前後の比を補足表3-3に示す。CAAは若齢部分で尾数が増加し、高齢部分で尾数が減少する傾向が見られ、特に2012年頃までの変化が大きく示された。

更新前後のコホート解析結果を補足図3-1に示す。青線がCAA更新前の値、赤線が変更後の値である。ここで、2004～2011年頃の値にはやや差異が見られ、親魚量では最大で約13%減少した。ただし近年についてはCAA値の変化も小さいため変化は小さく、また漁獲係数や0歳資源尾数に対する影響も軽微なものに留まっている。



補足図 3-1. 2004～2017年の年齢別漁獲尾数の更新に伴う親魚量(SSB)、0歳資源尾数(R)、漁獲係数(F、単純平均値)および再生産関係(S-R)の変化。青が更新前、赤が更新後の値を示す。

補足表 3-1. パラメータ更新前の年齢別漁獲尾数

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	278,787	261,234	191,004	93,720	150,210	152,769	134,134	119,849	66,431	101,992	44,944	25,623	14,569	31,595
1歳	938,780	692,476	585,757	650,833	486,535	463,729	331,999	396,077	379,740	268,060	243,568	160,562	111,570	142,798
2歳	402,485	461,577	413,505	330,910	351,345	259,440	254,833	231,580	252,051	239,502	191,535	153,964	143,965	121,090
3歳	98,741	99,710	110,933	102,392	102,723	88,985	91,084	87,160	96,573	84,366	82,900	71,520	73,059	62,560
4歳	26,184	28,736	27,931	30,889	31,116	29,467	30,995	30,877	29,702	25,448	30,695	30,553	31,335	28,811
5歳以上	20,945	22,545	24,479	28,206	27,523	26,466	31,039	27,644	20,942	24,176	26,396	22,483	23,436	28,770

補足表 3-2. パラメータ更新後の年齢別漁獲尾数

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	309,977	295,358	201,320	102,669	158,290	162,184	137,344	126,069	72,089	107,457	46,897	26,435	14,617	32,445
1歳	962,340	734,852	606,516	664,916	504,804	472,796	348,819	405,341	386,581	271,703	251,814	165,868	110,011	146,726
2歳	371,110	411,790	388,392	311,502	334,545	243,957	237,986	218,448	242,809	232,123	182,701	149,882	137,867	115,627
3歳	92,595	95,941	109,380	104,212	102,428	89,688	91,295	88,790	96,391	85,085	82,033	70,583	70,610	63,096
4歳	21,436	24,146	21,108	26,204	28,765	28,448	30,357	30,631	28,684	24,884	29,856	30,083	29,574	28,655
5歳以上	20,570	21,227	22,584	22,920	21,457	21,624	27,091	23,430	17,956	22,165	25,267	21,826	21,782	29,155

補足表 3-3. パラメータ更新に伴う年齢別漁獲尾数の変化率（更新後の値/更新前の値の比）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0歳	1.11	1.13	1.05	1.10	1.05	1.06	1.02	1.05	1.09	1.05	1.04	1.03	1.00	1.03
1歳	1.03	1.06	1.04	1.02	1.04	1.02	1.05	1.02	1.02	1.01	1.03	1.03	0.99	1.03
2歳	0.92	0.89	0.94	0.94	0.95	0.94	0.93	0.94	0.96	0.97	0.95	0.97	0.96	0.95
3歳	0.94	0.96	0.99	1.02	1.00	1.01	1.00	1.02	1.00	1.01	0.99	0.99	0.97	1.01
4歳	0.82	0.84	0.76	0.85	0.92	0.97	0.98	0.99	0.97	0.98	0.97	0.98	0.94	0.99
5歳以上	0.98	0.94	0.92	0.81	0.78	0.82	0.87	0.85	0.86	0.92	0.96	0.97	0.93	1.01

補足資料 4 ヒラメ瀬戸内海系群のチューニングにおける係数 b の推定について

昨年度までのコホート計算のチューニングにおいては、指標値と対象資源量との関係に線形関係を想定し、チューニングの目的関数

$$SS = \sum_y \left(\ln(u_y) - \ln \left(q \sum_a (S_{a,y} N_{a,y} W_a)^b \right) \right)^2 \quad (\text{補足資料 2 式 (9)})$$

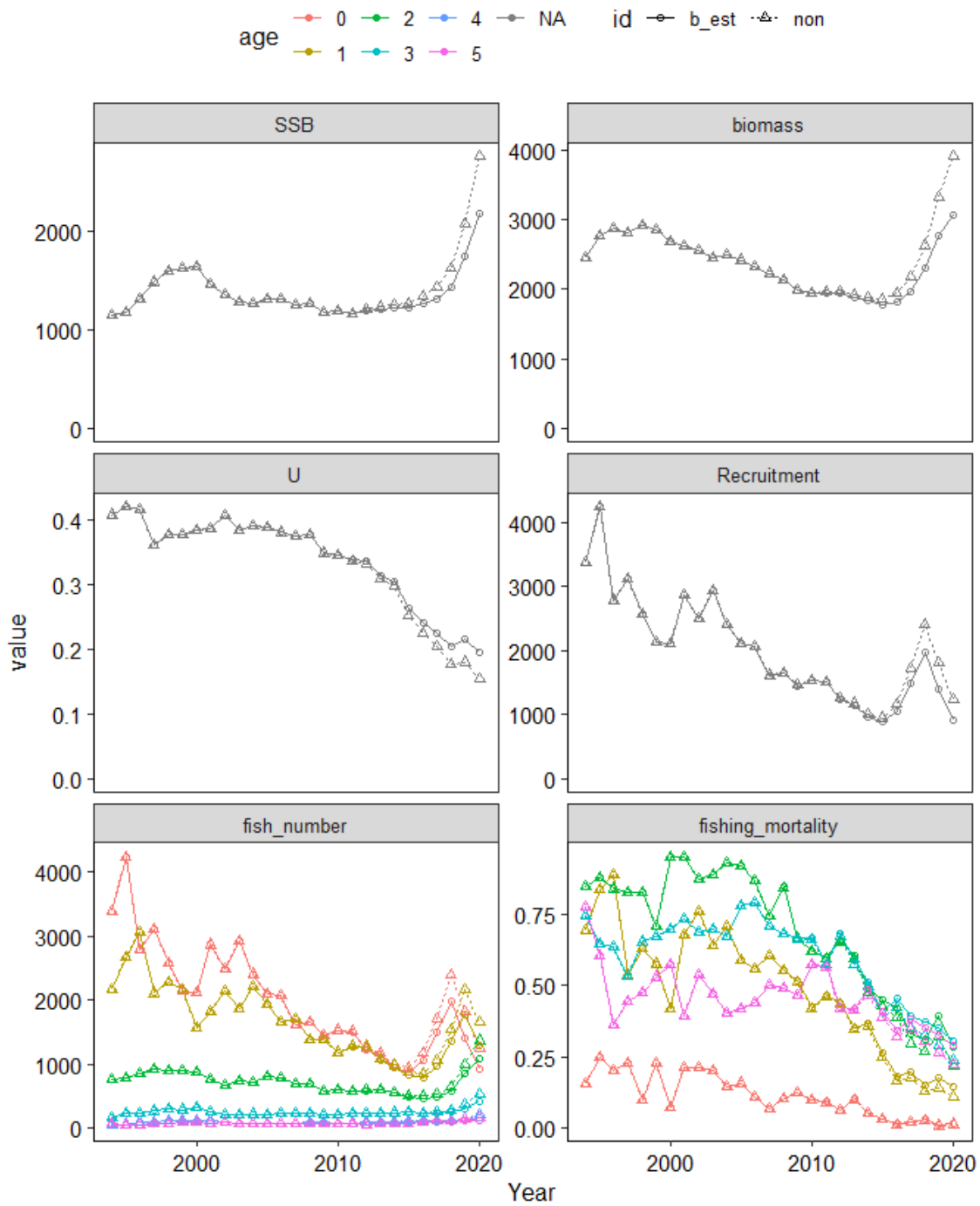
において $b=1$ と仮定していた。しかし、チューニング VPA において b を推定した場合にはやや高い値が算出されるため（今年度評価では $b=1.71$ ）、本年度の資源評価においては b もパラメータとして推定しコホート計算を行った。ここで、 b をパラメータとして推定した場合の資源量推定値への影響およびモデル診断の結果を以下に示す。

なお直近年の 0 歳資源尾数の仮定については、0 歳魚は親魚量には算入されず近年では漁獲尾数も非常に少ないため、チューニングや資源量への影響は非常に軽微であることから、ここでは計算の簡素化のため仮定を置かずに算出した。

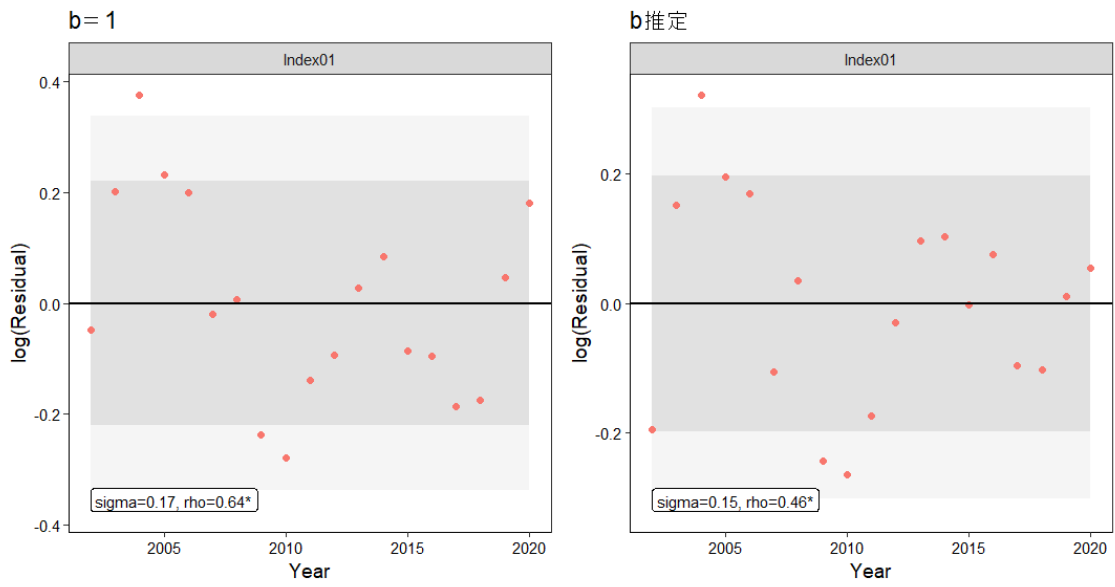
b 推定の有無によるコホート計算結果の差異を補足図 4-1 に示す。 b 推定を行った場合、近年の親魚量および資源量はやや小さく推定され、漁獲割合と F 値はやや高く推定される。しかしその差は大きくはなく、資源の増加傾向および漁獲圧の減少傾向については変化しない。また 2019 年以降の親魚量が過去年において高かった 2000 年の値を超えている点についても同様の判断となった。

チューニング残差を補足図 4-2 に、対象資源量とチューニング指標値との対応を補足図 4-3、4-4 にそれぞれ示す。 b を推定した場合には残差のばらつきは小さくなり、直近年における指標値の増加傾向についても当てはまりの改善が示された。また AIC を比較すると、 $b=1$ とした場合は -12.86 、 b を推定した場合は -15.21 となり、 b を推定した場合に予測力が向上した。

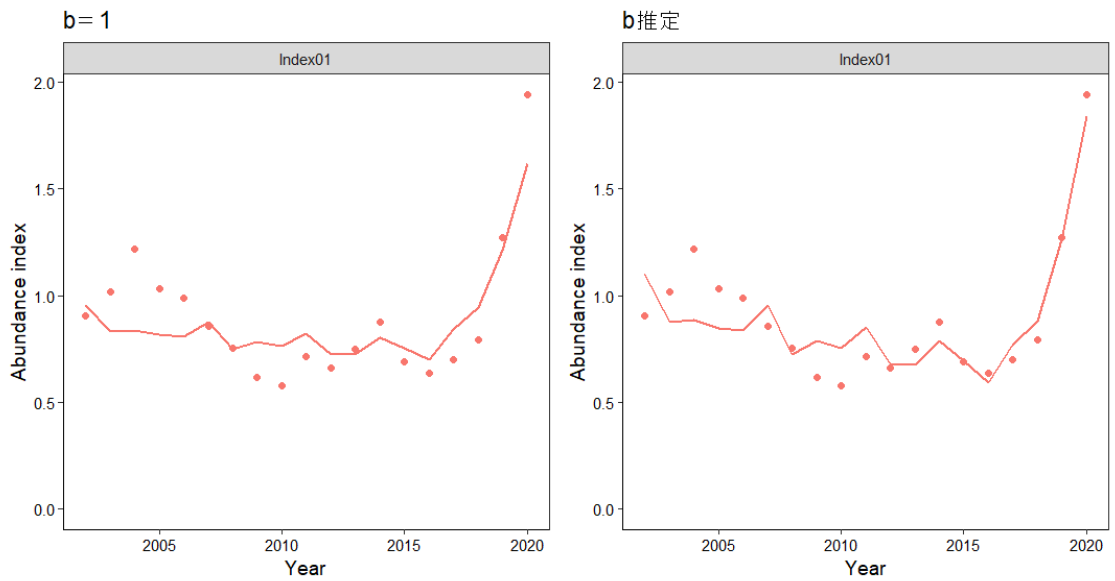
これらの結果から、当系群のチューニングコホート計算においては非線形関係を想定し係数 b を推定することが妥当と判断した。



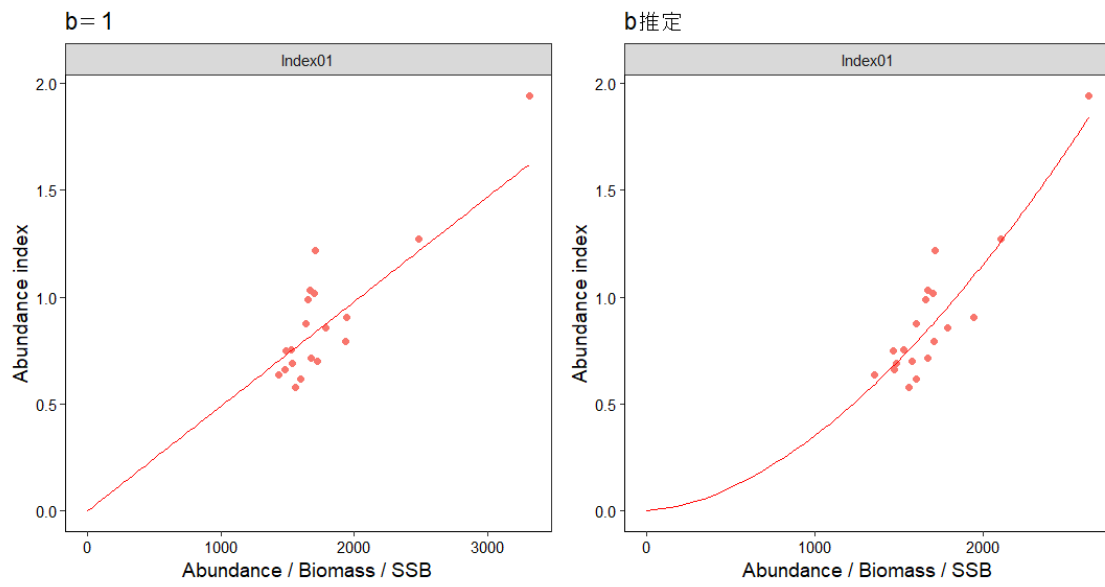
補足図 4-1. b 推定の有無による親魚量 (SSB、トン)、資源量 (biomass、トン)、漁獲割合 (U)、0 歳資源尾数 (Recruitment、千尾)、年齢別資源尾数 (fish_number、千尾)、年齢別漁獲係数 (fishing_mortality) の変化 ○が b を推定した場合、△が b=1 とした場合の結果を示す。



補足図 4-2. $b=1$ とした場合 (左) および b を推定した場合 (右) の残差プロット 濃い灰色が 80%、薄い色が 95%の信頼区間を示す



補足図 4-3. チューニング指標値と漁獲対象資源の推移 (左 : $b=1$ 、右 : b を推定)



補足図 4-4. 漁獲対象資源とチューニング指標値の対応 (左 : $b=1$ 、右 : b を推定)

補足資料5 コホート解析結果の詳細

資源解析結果 (1994~2003年)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	468	899	484	612	230	415	141	532	462	513
1歳	923	1,297	1,542	749	915	808	462	764	974	752
2歳	374	395	412	443	434	386	466	398	338	369
3歳	78	98	96	95	121	121	138	112	91	89
4歳	26	24	24	29	37	40	41	32	31	25
5+歳	30	16	10	21	24	31	32	22	35	25
合計	1,899	2,728	2,569	1,948	1,762	1,801	1,280	1,861	1,931	1,774

年齢別漁獲量 (トン)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	44	82	43	63	23	46	15	58	49	53
1歳	281	387	447	250	300	292	159	271	338	254
2歳	277	286	291	360	346	340	392	343	285	303
3歳	113	139	133	151	189	209	227	188	151	143
4歳	60	53	53	73	93	109	107	87	83	65
5+歳	101	52	34	77	88	122	123	87	133	95
合計	876	1,000	1,000	973	1,039	1,118	1,023	1,033	1,039	912

年齢別漁獲係数

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	0.156	0.249	0.199	0.229	0.098	0.226	0.072	0.214	0.214	0.201
1歳	0.693	0.836	0.888	0.536	0.630	0.575	0.419	0.675	0.759	0.640
2歳	0.846	0.878	0.839	0.824	0.824	0.706	0.951	0.949	0.873	0.888
3歳	0.741	0.646	0.634	0.533	0.653	0.671	0.698	0.733	0.686	0.695
4歳	0.773	0.605	0.360	0.444	0.474	0.529	0.575	0.391	0.539	0.469
5+歳	0.773	0.605	0.360	0.444	0.474	0.529	0.575	0.391	0.539	0.469
平均	0.663	0.636	0.547	0.502	0.525	0.539	0.548	0.559	0.602	0.560

年齢別資源尾数 (千尾)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	3,380	4,246	2,785	3,111	2,574	2,138	2,114	2,870	2,491	2,935
1歳	2,159	2,676	3,062	2,110	2,288	2,159	1,578	1,820	2,142	1,860
2歳	766	790	849	922	903	891	888	759	678	734
3歳	174	241	240	268	296	290	322	251	215	207
4歳	56	61	92	93	115	113	108	117	88	79
5+歳	65	41	41	68	76	87	86	80	98	79
合計	6,600	8,054	7,069	6,572	6,252	5,677	5,097	5,898	5,712	5,894

年齢別資源量 (トン)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	360	453	297	331	274	228	225	306	265	313
1歳	753	933	1,068	736	798	753	550	635	747	648
2歳	650	669	719	781	766	756	753	644	575	622
3歳	289	399	399	445	491	481	534	417	357	344
4歳	149	161	245	247	305	299	287	311	234	210
5+歳	251	158	156	261	291	335	331	308	376	306
合計	2,451	2,773	2,884	2,803	2,926	2,851	2,682	2,620	2,555	2,443
漁獲割合 (%)	35.7	36.1	34.7	34.7	35.5	39.2	38.1	39.4	40.7	37.3

年齢別親魚量 (トン)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	32	39	45	31	34	32	23	27	31	27
2歳	487	502	540	586	575	567	565	483	431	467
3歳	236	327	326	364	402	394	437	341	292	281
4歳	149	161	245	247	305	299	287	311	234	210
5+歳	251	158	156	261	291	335	331	308	376	306
合計	1,154	1,186	1,311	1,490	1,606	1,626	1,644	1,470	1,365	1,291
RPS (尾/kg)	2.49	3.09	1.57	1.87	0.79	0.93	1.04	1.60	1.23	1.55

漁獲物平均体重 (g)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	93	91	89	102	100	111	106	108	106	103
1歳	305	298	290	334	328	362	345	354	347	337
2歳	741	726	705	813	797	880	840	861	844	820
3歳	1,451	1,420	1,380	1,591	1,560	1,723	1,645	1,686	1,651	1,606
4歳	2,318	2,269	2,205	2,542	2,492	2,752	2,627	2,693	2,638	2,565
5+歳	3,369	3,297	3,205	3,694	3,622	4,000	3,819	3,914	3,834	3,728

資源解析結果（続き：2004～2013年）

年齢別漁獲尾数（千尾）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	310	295	201	103	158	162	137	126	72	107
1歳	962	735	607	665	505	473	349	405	387	272
2歳	371	412	388	312	335	244	238	218	243	232
3歳	93	96	109	104	102	90	91	89	96	85
4歳	21	24	21	26	29	28	30	31	29	25
5+歳	21	21	23	23	21	22	27	23	18	22
合計	1,778	1,583	1,349	1,232	1,150	1,019	873	893	845	743

年齢別漁獲量（トン）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	60	57	35	20	23	28	16	19	14	16
1歳	275	262	237	185	170	174	140	157	136	129
2歳	268	295	304	256	265	204	199	198	214	200
3歳	160	167	192	196	189	168	174	167	185	151
4歳	58	70	57	79	84	85	88	91	78	69
5+歳	89	83	93	99	100	92	134	95	63	89
合計	911	934	918	835	831	750	751	728	691	654

年齢別漁獲係数

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	0.144	0.158	0.107	0.069	0.105	0.124	0.098	0.091	0.063	0.102
1歳	0.706	0.589	0.557	0.604	0.552	0.514	0.422	0.462	0.440	0.353
2歳	0.928	0.917	0.867	0.742	0.844	0.667	0.621	0.597	0.656	0.605
3歳	0.673	0.778	0.789	0.706	0.682	0.665	0.664	0.578	0.679	0.587
4歳	0.403	0.419	0.437	0.500	0.489	0.464	0.574	0.566	0.424	0.420
5+歳	0.403	0.419	0.437	0.500	0.489	0.464	0.574	0.566	0.424	0.420
平均	0.543	0.547	0.532	0.520	0.527	0.483	0.492	0.477	0.448	0.415

年齢別資源尾数（千尾）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	2,409	2,101	2,064	1,611	1,651	1,449	1,527	1,503	1,229	1,147
1歳	2,221	1,929	1,659	1,715	1,391	1,375	1,184	1,280	1,269	1,068
2歳	717	802	783	695	686	586	601	568	590	598
3歳	221	207	234	241	242	216	220	236	229	224
4歳	76	82	70	78	87	90	81	83	97	85
5+歳	73	72	75	68	65	68	73	63	61	76
合計	5,716	5,195	4,885	4,408	4,122	3,783	3,686	3,734	3,475	3,197

年齢別資源量（トン）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	257	224	220	172	176	154	163	160	131	122
1歳	774	673	579	598	485	479	413	446	443	372
2歳	608	680	664	589	582	497	510	482	500	507
3歳	367	344	389	399	402	358	365	392	379	372
4歳	201	219	185	207	231	238	215	220	257	225
5+歳	280	279	287	263	250	262	279	244	234	291
合計	2,486	2,419	2,323	2,228	2,125	1,989	1,946	1,944	1,945	1,889
漁獲割合（%）	36.6	38.6	39.5	37.5	39.1	37.7	38.6	37.4	35.5	34.6

年齢別親魚量（トン）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	33	28	24	25	20	20	17	19	19	16
2歳	456	510	498	442	436	373	382	361	375	380
3歳	300	282	318	327	329	293	299	321	310	304
4歳	201	219	185	207	231	238	215	220	257	225
5+歳	280	279	287	263	250	262	279	244	234	291
合計	1,269	1,318	1,312	1,263	1,266	1,186	1,193	1,165	1,196	1,216
RPS（尾/kg）	1.02	0.85	0.87	0.89	0.87	0.87	0.85	1.19	0.65	0.85

漁獲物平均体重（g）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	192	192	172	197	144	171	119	155	194	149
1歳	286	356	391	278	337	367	400	388	352	475
2歳	723	716	783	823	792	837	835	905	883	860
3歳	1,731	1,745	1,756	1,881	1,844	1,873	1,904	1,885	1,923	1,775
4歳	2,718	2,895	2,720	3,008	2,927	2,986	2,898	2,960	2,730	2,792
5+歳	4,345	3,914	4,110	4,299	4,671	4,232	4,960	4,071	3,494	4,012

資源解析結果（続き：2014～2020年）

年齢別漁獲尾数（千尾）

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	47	26	15	32	63	15	16
1歳	252	166	110	147	163	241	147
2歳	183	150	138	116	132	235	229
3歳	82	71	71	63	68	79	95
4歳	30	30	30	29	29	30	34
5+歳	25	22	22	29	27	27	27
合計	619	465	384	416	481	626	548

年齢別漁獲量（トン）

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	11	5	3	6	12	4	3
1歳	92	66	52	54	76	111	78
2歳	161	139	130	110	126	180	206
3歳	159	139	136	123	126	126	156
4歳	88	88	84	86	77	74	81
5+歳	102	83	78	127	103	94	79
合計	613	520	482	504	519	588	602

年齢別漁獲係数

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.052	0.032	0.014	0.023	0.034	0.011	0.010
1歳	0.367	0.262	0.179	0.196	0.152	0.174	0.143
2歳	0.493	0.448	0.417	0.330	0.311	0.391	0.283
3歳	0.513	0.410	0.453	0.391	0.374	0.353	0.307
4歳	0.483	0.410	0.343	0.382	0.353	0.325	0.291
5+歳	0.483	0.410	0.343	0.382	0.353	0.325	0.291
平均	0.399	0.329	0.292	0.284	0.263	0.263	0.221

年齢別資源尾数（千尾）

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	957	877	1,056	1,494	1,973	1,402	1,608
1歳	957	840	786	963	1,351	1,765	1,283
2歳	549	485	473	481	579	849	1,085
3歳	239	245	227	228	253	310	420
4歳	91	105	119	105	113	127	160
5+歳	77	76	88	107	106	113	127
合計	2,870	2,628	2,748	3,378	4,375	4,566	4,682

年齢別資源量（トン）

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	102	93	113	159	210	149	171
1歳	334	293	274	336	471	615	447
2歳	465	411	401	408	491	720	920
3歳	397	407	376	378	420	515	697
4歳	242	277	316	280	299	337	423
5+歳	297	292	338	413	409	434	488
合計	1,836	1,774	1,817	1,974	2,300	2,770	3,147
漁獲割合（%）	33.4	29.3	26.5	25.5	22.6	21.2	19.1

年齢別親魚量（トン）

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0	0	0	0	0	0	0
1歳	14	12	12	14	20	26	19
2歳	349	308	301	306	368	540	690
3歳	324	333	308	309	343	421	570
4歳	242	277	316	280	299	337	423
5+歳	297	292	338	413	409	434	488
合計	1,226	1,224	1,273	1,322	1,439	1,758	2,190
RPS（尾/kg）	0.65	0.66	0.73	0.92	1.23	0.74	0.65

漁獲物平均体重（g）

年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	226	177	201	171	187	251	168
1歳	367	397	472	366	464	459	531
2歳	883	926	942	949	953	765	899
3歳	1,936	1,975	1,922	1,944	1,866	1,594	1,638
4歳	2,959	2,937	2,825	2,993	2,680	2,463	2,356
5+歳	4,019	3,796	3,583	4,343	3,798	3,504	2,888