

令和 4（2022）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

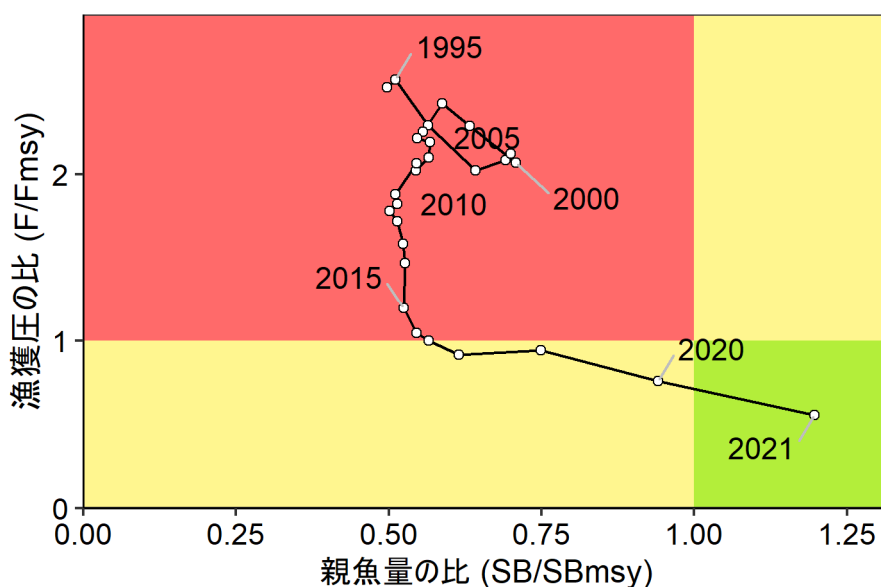
本系群の資源量を、小型底びき網 CPUE を資源量指標値としたチューニングコホート解析により計算した。漁獲量は 1988 年から 2002 年にかけて 1,000 トン前後で推移した後減少し 2016 年に 482 トンとなった。2017 年以降は増加に転じ 2020 年は 615 トンとなったが、2021 年はやや減少し 576 トン（概数値）となった。資源量は 1998 年に 29 百トンに達した後減少し、2015 年に 18 百トンとなったが、その後は増加し 2021 年は 38 百トンとなった。親魚量は 2000 年に 16 百トンに達した後やや減少しその後は同程度の水準で推移していたが、2016 年以降は増加傾向が続き 2021 年は 28 百トンと推定された。

本種は栽培対象種であり、2020 年には 245 万尾の人工種苗が放流された。2020 年の 0 歳魚漁獲物における人工種苗放流魚の混入率は 53%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.34 と非常に高い値が推定されたが、これは瀬戸内海東部の 0 歳魚の標本において人工種苗放流魚が非常に高い頻度で確認されたためであり、これ以前の 2017～2019 年平均の混入率は 11%、添加効率は 0.08 であった。本系群の加入尾数（0 歳魚資源尾数）は、87 万～425 万尾の範囲で推移した。このうち天然由来の加入尾数は 1994、1995、1997 年には 250 万尾を超え、その後は概ね 70 万～200 万尾の範囲で推移した。漁獲圧は 2000 年代後半頃から減少傾向を示しており、さらに 2015 年頃からは 0 歳および 1 歳に対する漁獲圧が低い値で推移している。本系群においては、これらの低い漁獲圧と比較的安定した加入により近年の資源量の着実な増加がもたらされていると推察される。

令和 3 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 24 百トンである。この基準に従うと、本系群の 2021 年の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。また、本系群に対する 2021 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2017～2021 年）の推移から「増加」と判断される。

本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した。

要 約 図 表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	24 百トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の親魚量の動向	増加
最大持続生産量 (MSY)	806 トン
2023 年の ABC	-
コメント: ・ ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・ 近年の漁獲圧は低く、資源量は増加傾向を示している。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	20	13	504	1.00	26
2018	23	14	519	0.92	23
2019	28	17	588	0.94	21
2020	33	22	615	0.76	18
2021	38	28	576	0.56	15
2022	43	34	654	0.56	15
2023	46	37	-	-	-

・2021年の漁獲量は概数値。
 ・2022年、2023年の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

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	山口県殖生沿岸加入量予備調査(水産研究・教育機構)
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)*
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、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(2021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をチューニングゴホートの資源量指標値として採用した。

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2-1)、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、1994～2021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2-2)。

年齢－全長関係式	雄： $L_t=62.78 (1-\exp (-0.29 (t+0.96)))$	(1)
	雌： $L_t=92.94 (1-\exp (-0.24 (t+0.59)))$	(2)
全長－体重関係式	雄： $W=0.0072 L^{3.10}$	(3)
	雌： $W=0.0047 L^{3.23}$	(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 2-1) (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 2-3) 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、2021 年における割合は小底: 55%、刺網: 25%、定置網: 15%、釣漁業: 5% であった (図 3-1)。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。

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

(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 3-1、表 3-1)。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、2020 年は 615 トンになったのち、2021 年はやや減少して 576 トン (概数値) であった。

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3-2に、年別年齢別漁獲量の推移を図3-3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傾向を示し、2017～2019年は増加したが、2020、2021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3-2)。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年以前で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が、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3-3)。

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3-4、表3-2)。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3-5、表3-3)。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、2021年は1.7万隻・日であり2004年の約4割となっている。

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、2）。

(2) 資源量指標値の推移

漁業・養殖業生産統計年報に基づく 1970～2006 年の小底、刺網、小定置の単位努力量当たり漁獲量（CPUE、小底と刺網は kg/出漁日数、小定置はトン/漁労体数）の推移を図 4-1 および表 3-2 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。

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）は図 4-2 および表 4-1 に示した。ここでの推移をみると、CPUE は 2005 年以降は減少傾向を示し、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 1.29 となり、2020 年ではさらに増加して 1.94 となった。2021 年も 2020 年とほぼ同程度の 1.91 であった。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

資源尾数（図 4-3）は 1995 年に 805 万尾、資源量（図 4-4）では 1998 年に 29 百トンのピークを経た後徐々に減少し、2015 年に資源尾数が 262 万尾、資源量が 18 百トンとなった。尾数ベース、重量ベースともに 2016 年に増加に転じ、2021 年の資源尾数は 491 万尾、資源量は 38 百トンであった。親魚量は 2000 年に 16 百トンに達した後減少し、2003 年以降は 12 百～13 百トン程度で推移していたが、2016 年以降は増加傾向にある（図 4-5）。2021 年の親魚量は 28 百トンと推定され、2020 年に引き続き 1994 年以降の最大値を更新した。加入量（0 歳資源尾数）は、1995 年の 425 万尾をピークにその後は減少傾向を示し、2015 年に 87 万尾となった（図 4-5）。その後は 2019 年の 203 万尾まで増加したのち、2021 年はやや減少し 131 万尾であった。

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 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 4-6～4-8）。

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、2010 年ごろからは 4 歳魚も減少傾向となっている（図 4-9）。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おり、2015 年頃以降では 4、5 歳以上の F も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、その後は概ね 4、5 歳魚以上の F を下回っており、2016 年以降では 1 歳の F は 0.2 未満で推移している。0 歳の F も同様に近年は低い水準にあり、2015 年以降では 0.04 未満で推移している。これらのことから、2000 年代以降では漁獲圧自体が減少傾向にあり、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。漁獲割合も F と同様に 2000 年代以降で減少傾向が続いており、2010 年ごろまでは 40% 前後で推移していたがその後減少し、2021 年は 15% であった（図 4-10）。

昨年度の評価と比べると、資源量、親魚量の推定値には大きな違いは生じていない。ただし、2021年において2歳魚（2019年級群）が比較的多く漁獲されたことから、2019年の加入尾数は遡って上方修正された。

(4) 種苗放流と加入量

本種は栽培漁業の代表的な対象種であり、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。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ており、2020年の放流尾数は245万尾であった（図4-11）。

ここで、本系群の加入尾数についてはコホート解析で求められた0歳資源尾数を天然由来の加入尾数と人工種苗由来の加入尾数に分離し推定した（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0歳資源尾数における人工種苗個体の（補正済み）混入率は7～53%の間で変動した（表4-3）。ただし、2020年において混入率が53%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.34と非常に高い値が推定されたが、これは瀬戸内海東部の0歳魚の標本においてのみ人工種苗放流魚が非常に高い頻度で確認されたためであることから、瀬戸内海全体としての状況は反映できていない可能性が高い。またこの直近である2017～2019年平均の混入率は12%、添加効率は0.08であった。このため、放流尾数が確定していない2021年の人工種苗由来の加入尾数については、2020年の値は不確実性が高いと判断して参照から外し、2017～2019年の平均添加効率と平均放流尾数を乗じた値として推定した。

ここで、人工種苗由来の加入尾数は7万～130万尾の範囲で推移しており、最大は1998年、最少は2015年であった（表4-2、図4-5）。天然由来の加入尾数は、1994、1995、1997年には250万尾を超えていたが、その後は2001年の235万尾を除き72万尾（2020年）から199万尾（2003年）の範囲で推移した。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歳資源尾数は本年度の評価でも179万尾と推定されたほか、2019年級群の0歳資源尾数も189万尾と推定され、これらは2003年級群に次ぐ比較的良い加入であったと判断される。

(5) 加入量当たり漁獲量（YPR）、加入量当たり親魚量（SPR）および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図4-12に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合（%SPR）の推移を示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPRは増加傾向にあり、2021年は45%となった。

現状の漁獲圧に対するYPRと%SPRの関係を図4-13に示す。ここで、現状の漁獲圧（F2022）は、選択率に令和3年9月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量MSYを実現するF（Fmsy）の推定に用いた値（山下ほか2021）を用い、%SPRが2021年の値（45%）となるFとした。また、年齢別平均体重および成熟割合についてもFmsy算出時の値を使用した。Fmsyは%SPRに換算すると28%に相当する。現状の漁獲圧（F2022）はFmsyやF0.1、F30%SPRを下回る。

(6) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-14 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはホッカー・スティック型再生産関係が適用されている（山下ほか 2021）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは令和 3（2021）年度の資源評価（山下ほか 2022）に基づく 1994～2019 年の親魚量・加入量とした。なお、加入量としては天然由来の加入尾数のみを使用した。最適化方法には最小二乗法を用い、加入量の残差の自己相関を考慮した。また「再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 3 年度）（FRA-SA2021-ABCWG01-03）」に従い、観測範囲の最小親魚量を変曲点とした。再生産関係式の各パラメータを補足表 6-1 に示す。

(7) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在（1994 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する漁獲量として、上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値（山下ほか 2021）を補足表 6-2 に示す。

(8) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-15 に示す。また、2021 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 6-3 に示した。本系群における 2021 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回っており、2021 年の親魚量は SBmsy の 1.14 倍である。また、2021 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、2021 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の 0.56 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（ F/F_{msy} ）とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から増加と判断される。本系群の親魚量は 2020 年までは SBmsy を下回っていたが、2018 年以降は漁獲圧が Fmsy 以下に減少しており、2021 年の親魚量は SBmsy を上回る水準にまで増加した。

5. 資源評価のまとめ

2021 年の親魚量は、1994 年以降で最大であった 2020 年からさらに増加し、MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回った。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、近年の 0 歳資源尾数には不確実性が高いが、特に若齢魚に対する漁獲圧は低い水準にあると考えられる。2017 年以降は漁獲圧が MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）以下に減少しており、本系群においては、これらの低い漁獲圧と安定した加入により近年の資源量の着実な増加がもたらされていると推察される

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 3-5、4-9）、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。

新規加入量の早期把握に関しては、1995～2020 年において釜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が、その後の資源の加入の傾向と一致しなくなったため当該調査は終了となった。新規加入量の把握のためのこれに代わる調査については現在検討中であり、2021 年より予備的に山口県埴生沿岸においてヒラメ 0 歳魚の周年調査を開始した。

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 4-3）、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と考えられる（図 4-5）。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については、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.
- 資源評価高度化作業部会（2021）再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 3 年度）. FRA-SA2021-ABCWG01-03.
<https://abchan.fra.go.jp/reference/FRA-SA2021-ABCWG01-03.pdf> (last accessed 29 August 2022)
- 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.

山下夕帆・山田徹生・真鍋明弘・金谷彩友美・阪地英男（2021）令和 3（2021）年度ヒラメ瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構, 1-40. FRA-SA2021-BRP04-001

http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-

[1/20210928/doc_hirame_setonaikai_RIM.pdf](http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20210928/doc_hirame_setonaikai_RIM.pdf) (last accessed 13 July 2022)

山下夕帆・山田徹生・真鍋明弘・金谷彩友美・阪地英男（2022）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. 1-45, FRA-SA2021-RC03-3.

<https://abchan.fra.go.jp/digests2021/details/202161.pdf> (last accessed 13 July 2022)

（執筆者：山下夕帆、山田徹生、真鍋明弘、阪地英男）

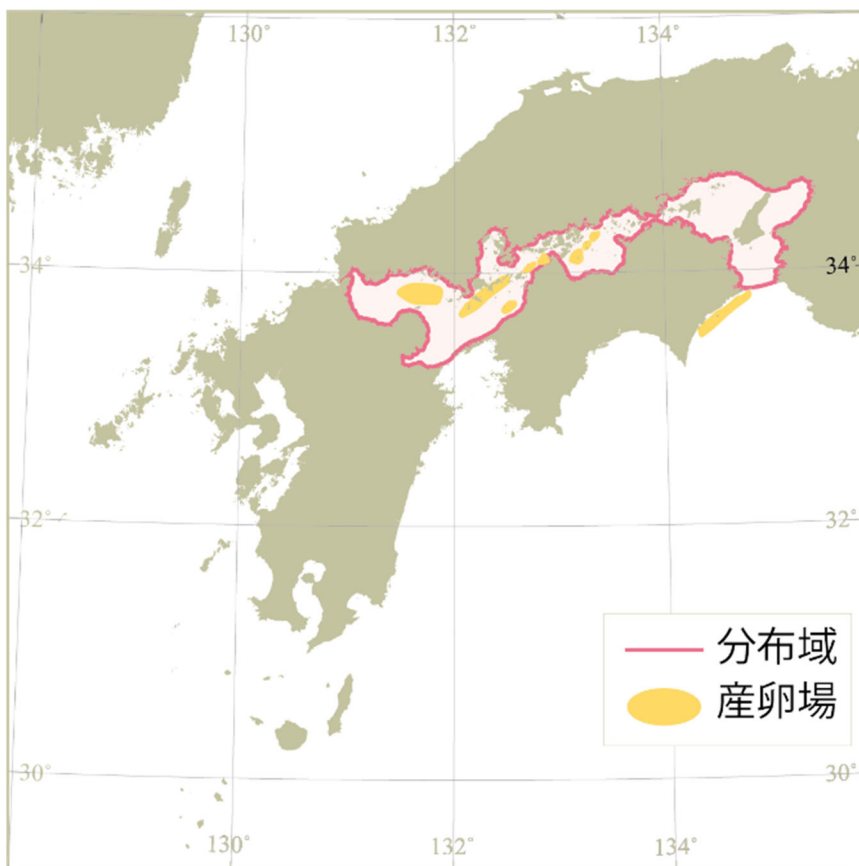


図 2-1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

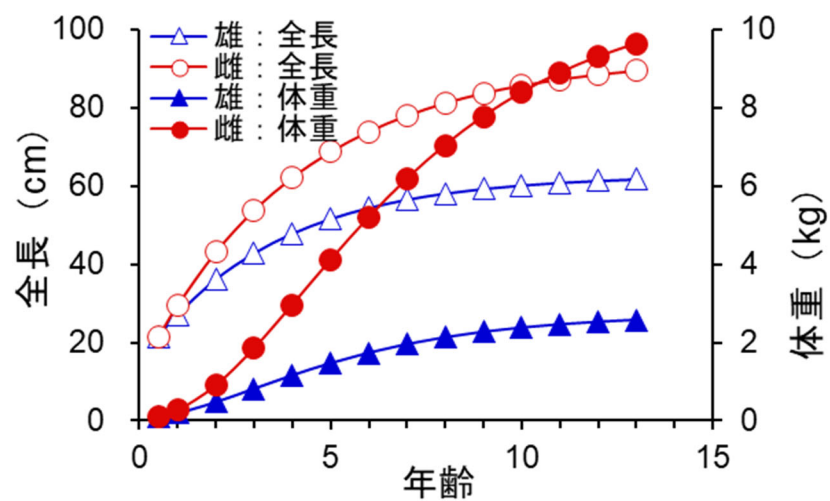


図 2-2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係（年齢は4月1日起算）

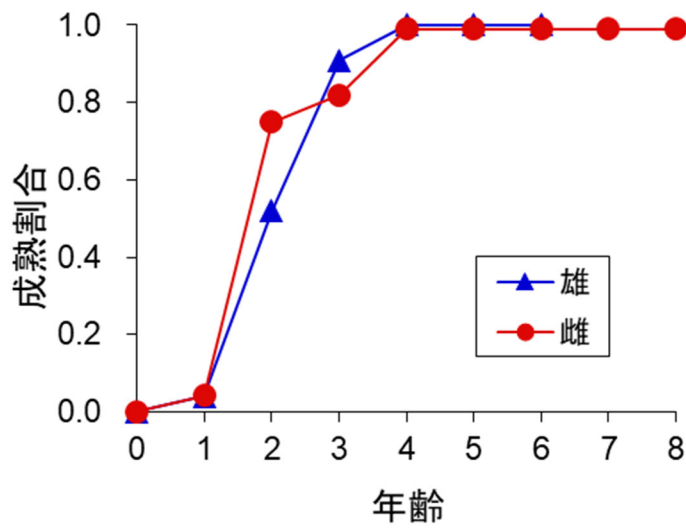


図 2-3. 雌雄別年齢別成熟割合

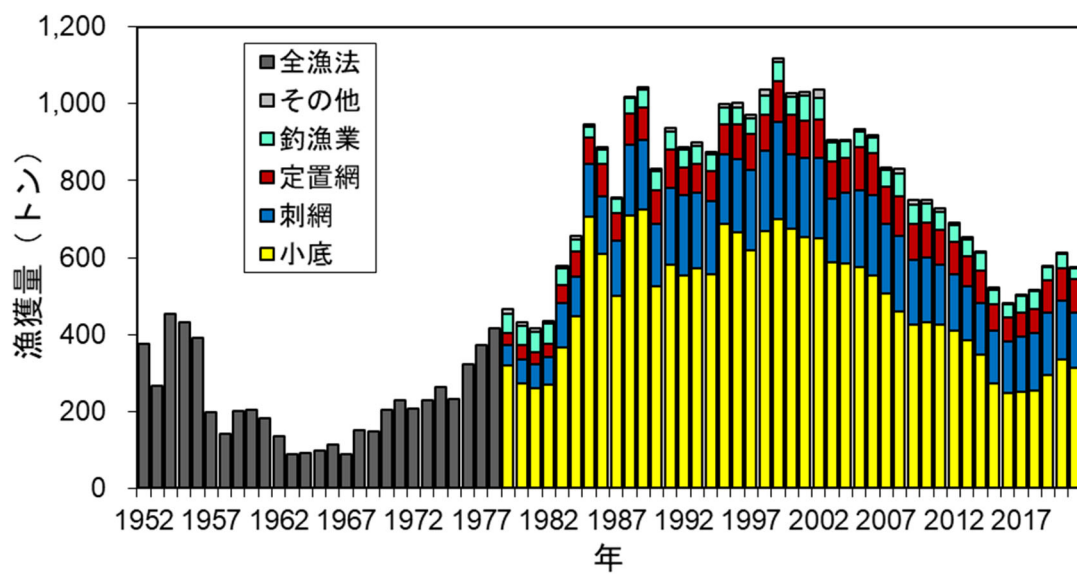


図 3-1. 漁業種類別漁獲量の推移 1978年以前は全漁業合計値を示す。

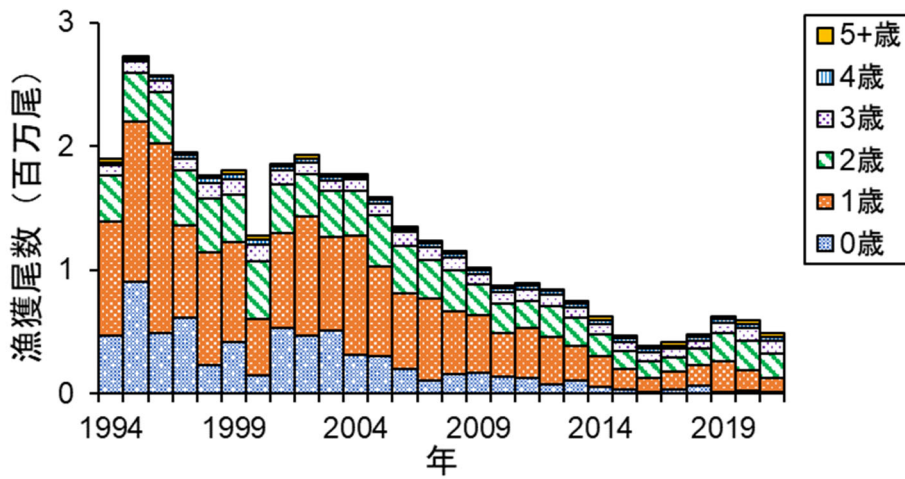


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

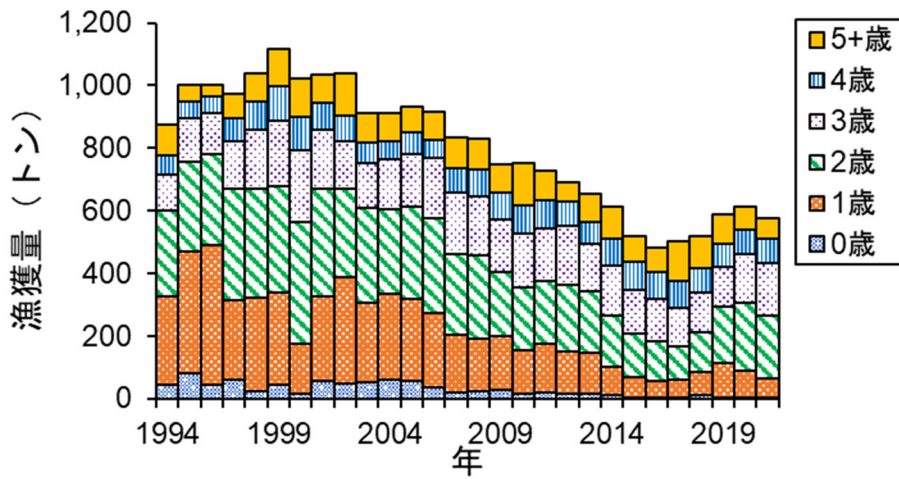


図 3-3. 年齢別漁獲量の推移

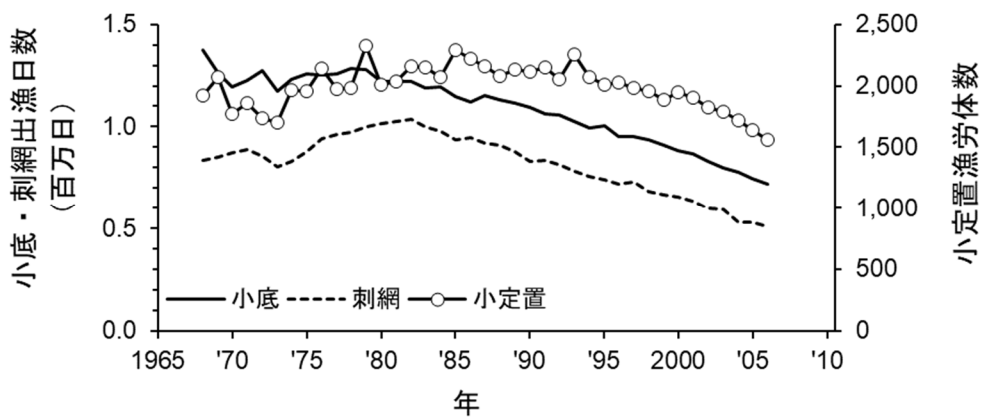


図 3-4. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の努力量の推移 (2006年まで)

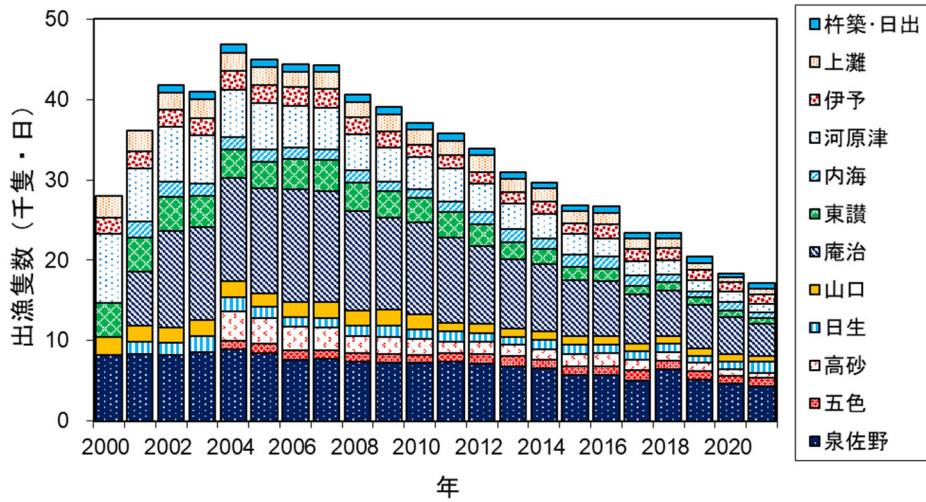


図 3-5. 小底標本船・標本漁協の出漁隻数の推移

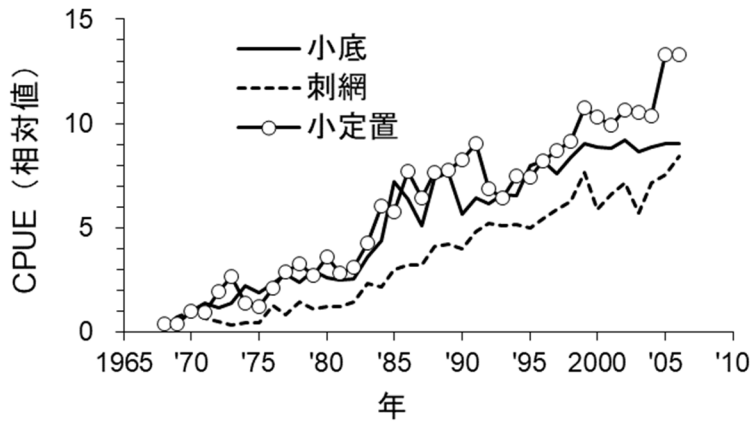


図 4-1. 農林水産統計による瀬戸内海区の小底、刺網、小定置の CPUE の推移 (2006 年まで) 1970 年を 1 とした。

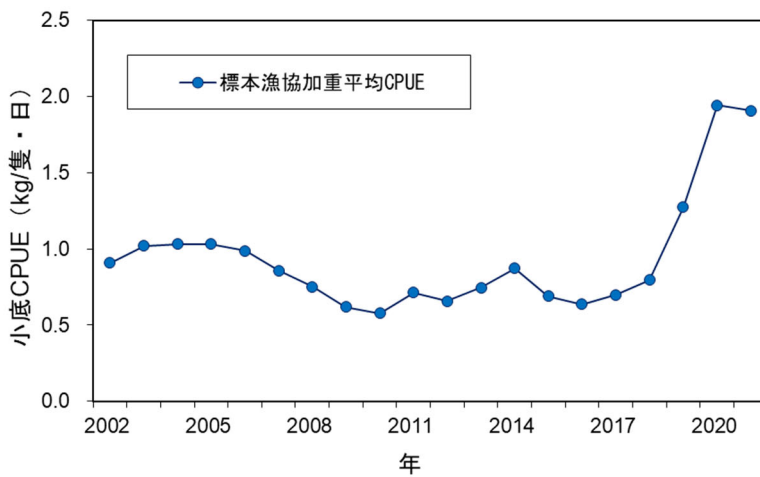


図 4-2. 小底標本船・標本漁協 CPUE の加重平均値 (2002 年以降)

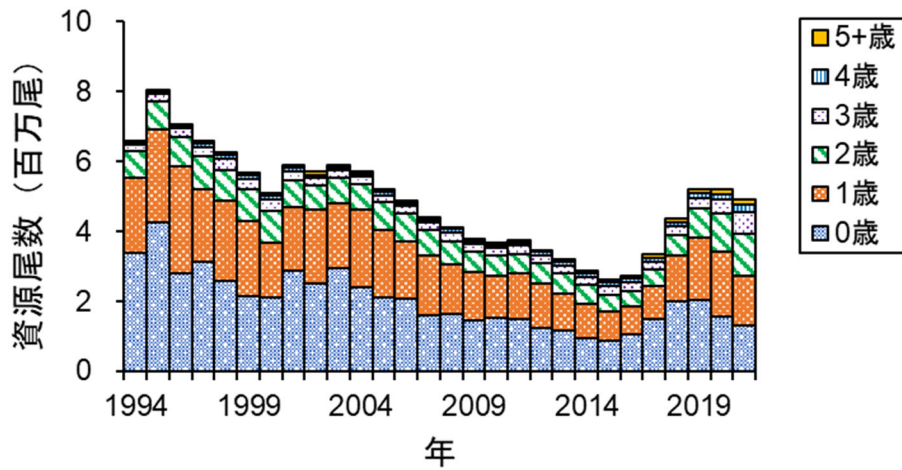


図 4.3. 年齢別資源尾数の推移

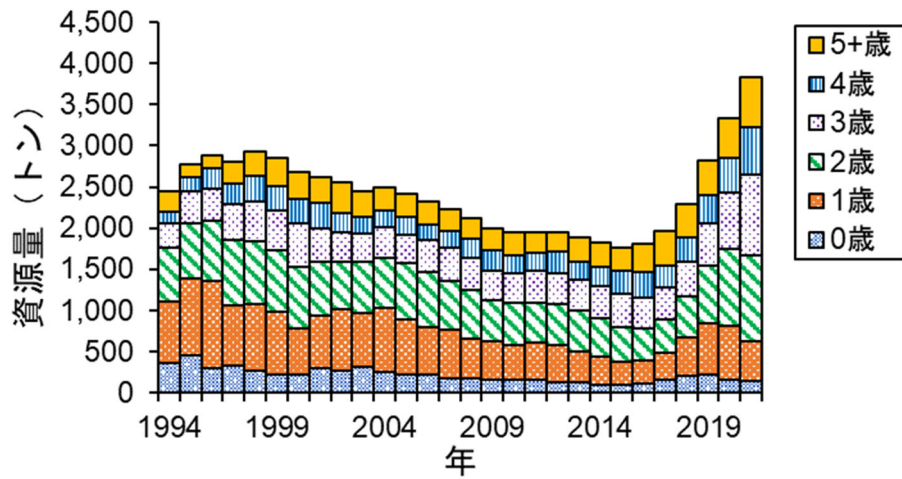


図 4.4. 年齢別資源量の推移

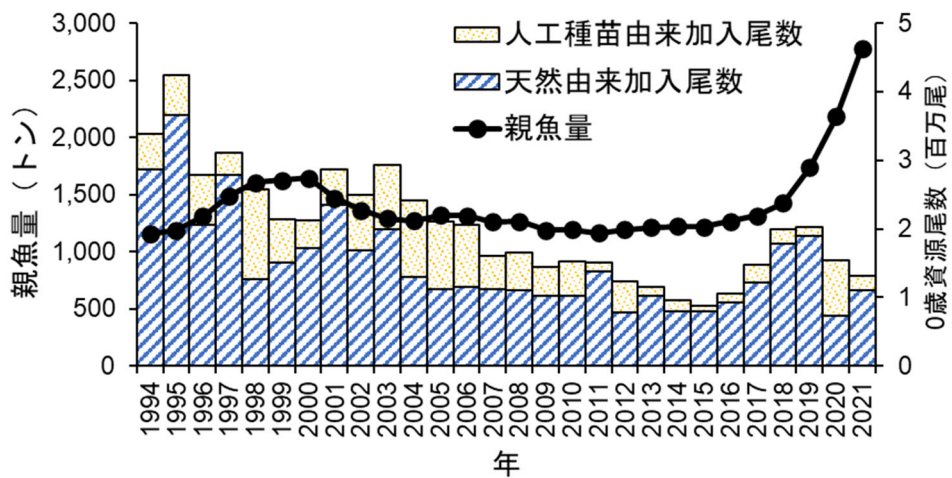


図 4.5. 親魚量および加入尾数の推移

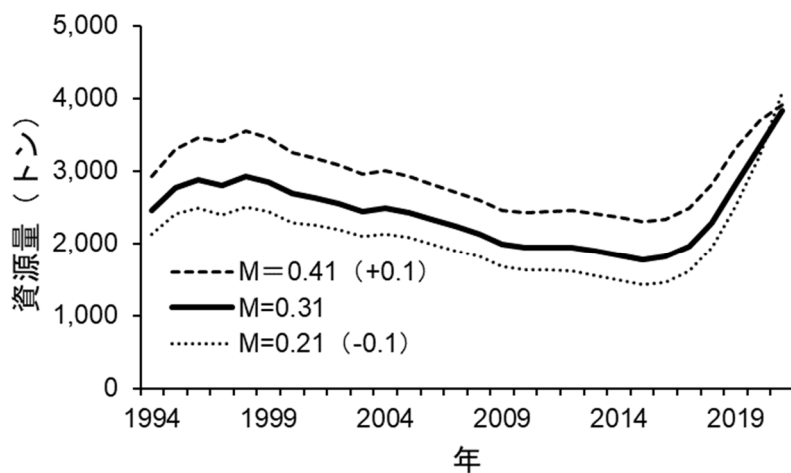


図 4-6. 自然死亡係数 M の値による資源量の感度解析

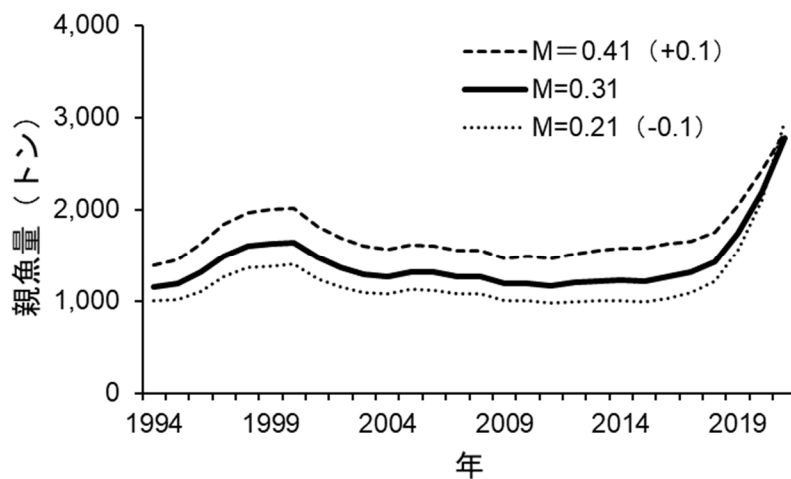


図 4-7. 自然死亡係数 M の値による親魚量の感度解析

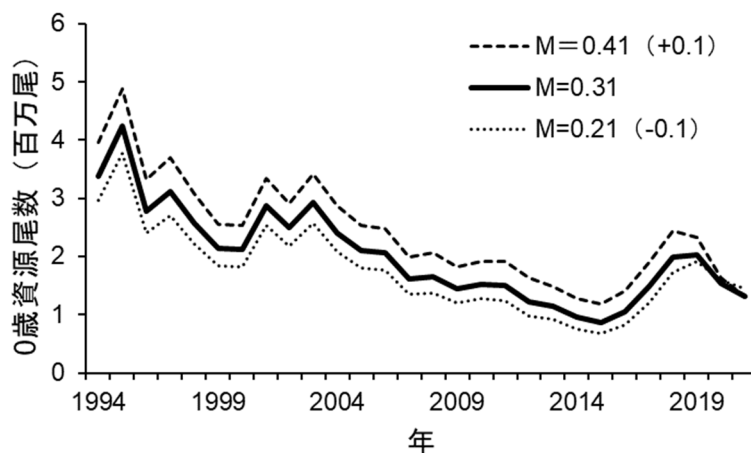


図 4-8. 自然死亡係数 M の値による 0 歳資源尾数の感度解析

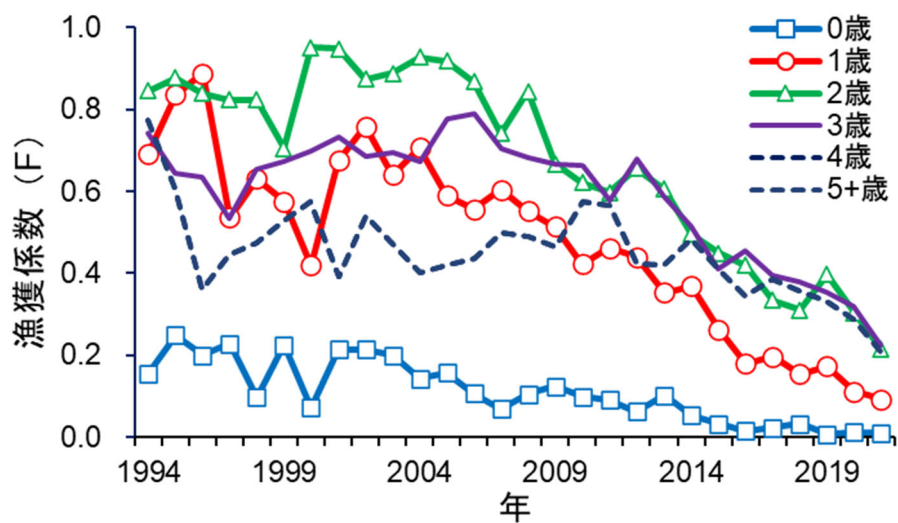


図 4-9. 年齢別漁獲係数 F の推移

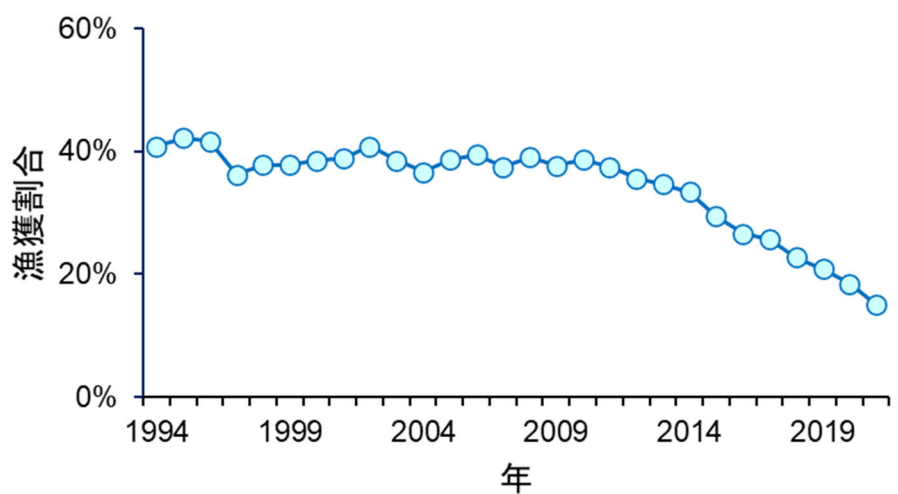


図 4-10. 漁獲割合の推移

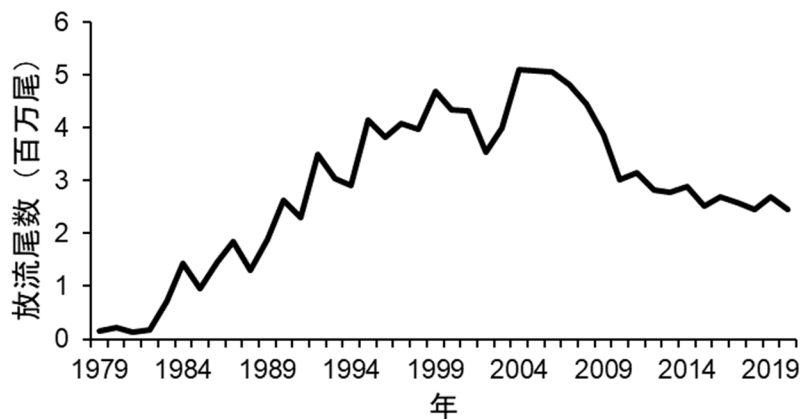


図 4-11. 1979 年以降の放流尾数の推移

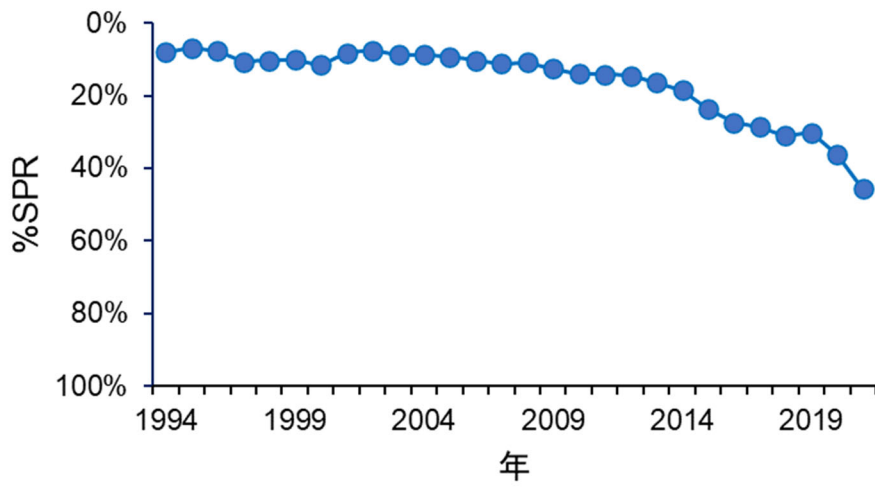


図 4-12. 各年における%SPR 値の経年推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、Fが高い（低い）と%SPRは小さく（大きく）なる。

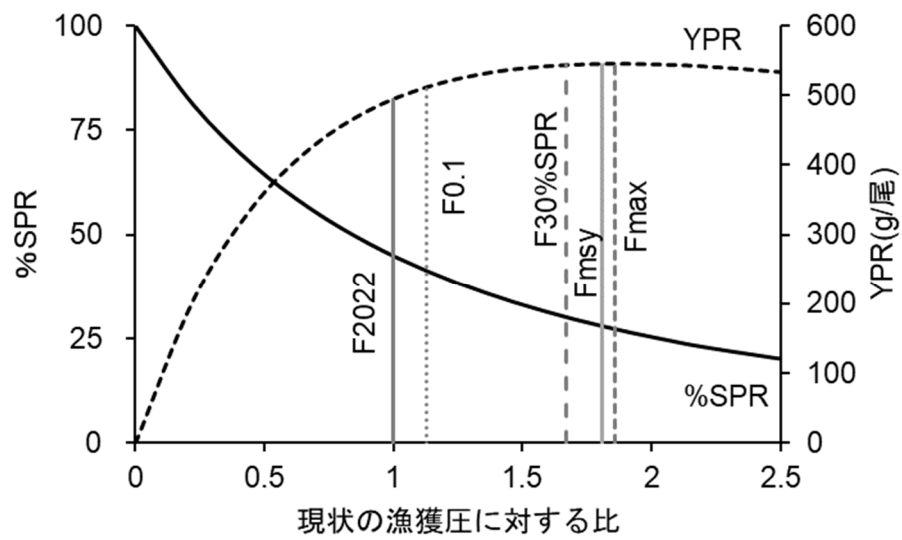
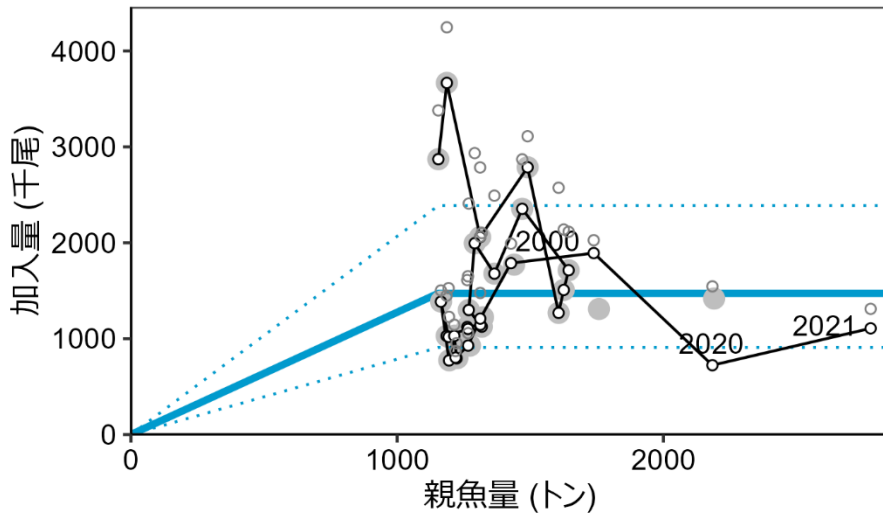


図 4-13. 現状の漁獲圧 (F2022) に対する YPR、%SPR の関係



関数形: HS, 自己相関: 1, 最適化法L2, AICc: 20.68

図 4-14. 親魚量と加入量の関係 青実線は本系群で適用した再生産関係式であり、上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。再生産関係式のパラメータは令和 3 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」(山下ほか 2021) に示された値に基づき、塗りつぶしの灰色丸印はこの再生産関係推定時の親魚量と加入量を示す。白抜き丸印は今年度評価において推定された 1994~2021 年の親魚量と加入量を示し、黒色は天然のみ、灰色は種苗放流を加味した加入量である。図中の数字は加入群の年級(生まれ年)を示す。

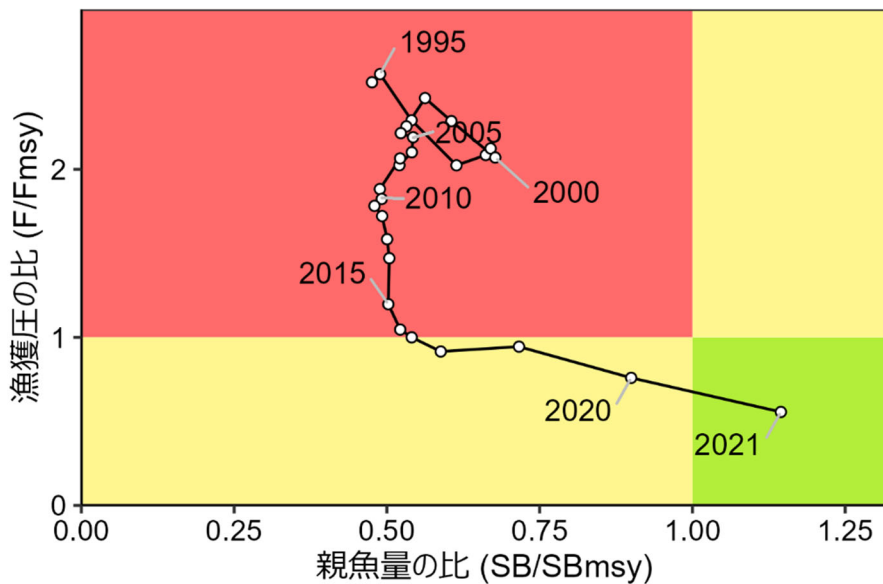


図 4-15. 神戸プロット

表 3-1. 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

表 3-1. (続き) 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	
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	
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	180	37	32	32	31	87	137	1	42	615
2021***	17	24	165	28	31	33	47	78	107	2	44	576

* 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

** 2020年の漁獲量合計値は確定値となり、昨年の概数値から修正された

*** 2021年の漁獲量合計値は概数値

表 3-2. 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 3-3. 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	12,910	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
2021	4,360	1,013	648	1,309	810	3,937	755	705	1,087	1,129	716	655	17,124

表 4-1. 小底標本船・標本漁協の加重平均 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	1.39	0.05	0.25	0.43	0.91	0.24	0.37	1.03
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
2021	2.68	0.34	1.42	0.89	1.55	1.24	0.08	0.15	1.30	0.81	0.79	0.38	1.91

表 4-2. ヒラメ瀬戸内海系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 (千尾)		漁獲 割合 (%)
				天然 由来	人工種苗 由来	
1994	876	2,451	1,154	2,871	509	41
1995	1,000	2,773	1,186	3,667	580	42
1996	1,000	2,884	1,311	2,059	726	42
1997	973	2,803	1,490	2,787	324	36
1998	1,039	2,926	1,606	1,269	1,305	38
1999	1,118	2,851	1,625	1,508	630	38
2000	1,023	2,682	1,644	1,713	401	38
2001	1,033	2,620	1,470	2,354	516	39
2002	1,039	2,555	1,365	1,678	813	41
2003	912	2,443	1,291	1,995	940	39
2004	911	2,486	1,269	1,299	1,110	37
2005	934	2,419	1,318	1,125	976	39
2006	918	2,323	1,312	1,145	919	40
2007	835	2,228	1,263	1,121	490	37
2008	831	2,125	1,266	1,102	549	39
2009	750	1,988	1,186	1,028	420	38
2010	751	1,945	1,193	1,018	509	39
2011	728	1,944	1,164	1,385	117	37
2012	691	1,943	1,195	773	455	36
2013	654	1,887	1,214	1,029	116	35
2014	613	1,832	1,223	795	159	33
2015	520	1,768	1,219	802	69	29
2016	482	1,808	1,266	928	129	27
2017	504	1,960	1,312	1,209	268	26
2018	519	2,283	1,427	1,787	203	23
2019	588	2,820	1,738	1,892	134	21
2020	615	3,326	2,184	723	822	18
2021	576	3,827	2,778	1,107	203	15

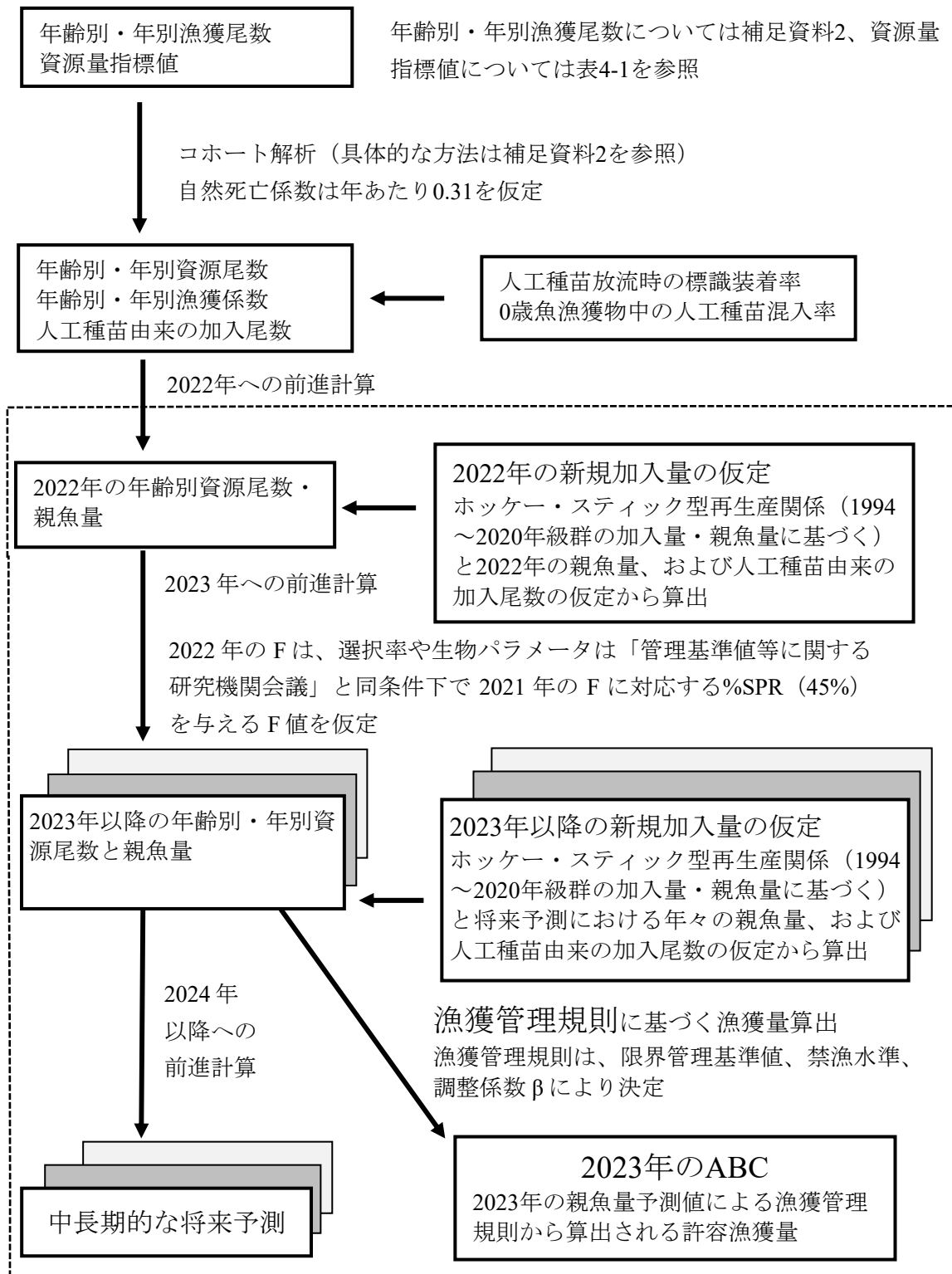
2021年の加入尾数は天然由来、人工種苗由来ともに仮定値。

表 4-3. 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	13.7	1.00	13.7	0.14
1996	3,817	26.1	1.00	26.1	0.19
1997	4,078	10.4	1.00	10.4	0.08
1998	3,982	50.7	1.00	50.7	0.33
1999	4,695	27.0	0.92	29.5	0.13
2000	4,332	19.0	1.00	19.0	0.09
2001	4,327	18.0	1.00	18.0	0.12
2002	3,537	29.5	0.90	32.6	0.23
2003	4,001	28.8	0.90	32.0	0.23
2004	5,102	40.0	0.87	46.1	0.22
2005	5,079	41.0	0.88	46.5	0.19
2006	5,062	34.3	0.77	44.5	0.18
2007	4,817	22.9	0.75	30.4	0.10
2008	4,440	22.9	0.69	33.3	0.12
2009	3,856	22.4	0.77	29.0	0.11
2010	3,015	26.9	0.81	33.3	0.17
2011	3,144	6.1	0.79	7.8	0.04
2012	2,823	25.1	0.68	37.0	0.16
2013	2,789	7.2	0.71	10.1	0.04
2014	2,884	12.4	0.75	16.6	0.06
2015	2,516	4.8	0.60	7.9	0.03
2016	2,693	7.3	0.60	12.2	0.05
2017	2,592	6.1	0.34	18.1	0.10
2018	2,452	7.4	0.73	10.2	0.08
2019	2,702	3.0	0.46	6.6	0.05
2020	2,447	25.4	0.48	53.2	0.34
2021		4.3	0.39	11.1	—

2021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。

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。

(http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html)

補足資料 2 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。

なお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。

(2) 資源量推定法

1994～2021 年までの 28 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。

なお、当系群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たが、当該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たため、令和 3 (2021) 年度の資源評価において、今年度以降の 5 年間程度はこの更新を行わないこととされた(山下ほか 2022 補足資料 2 (2) 参照)。

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。

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 $F_{0,y} \sim F_{3,y}$ は、4+歳の F との比が F の過去 3 年平均値 (2018~2020 年平均値) の比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 (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)、数値は表 4-1 参照) 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 (その年の年齢別 F の最大値に対する a 歳の比) 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。

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。

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

ここで、非線形パラメータ b は 1.45 と推定された。

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。

$$SB_y = \sum_{a=1}^{5+} N_{a,y} W_a fra \quad (10)$$

以上の計算から推定されたコホート解析の結果の詳細は補足表 2-3 に示した。

(3) 混入率および天然由来、人工種苗由来の加入尾数の推定

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、および 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} への分解は以下の方法で行った。

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 (2021 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。2021 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 Ra_y は、以下の式で計算される。

$$Ra_y = N_{0,y} \times \text{補正済み人工種苗混入率} \quad (11)$$

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。

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

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。

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

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。

$$Rn_y = N_{0,y} - Ra_y \quad (14)$$

(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。

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

$$SPR = \sum_{a=0}^{\infty} f r_a S_a W_a \quad (16)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M_a) \quad (\text{ただし } S_0=1) \quad (17)$$

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

なお、本系群における M の推定では寿命を 8 歳と仮定しているが、YPR および SPR の計算においては MSY 算定の際の設定に合わせて寿命を与えずに計算を行った。

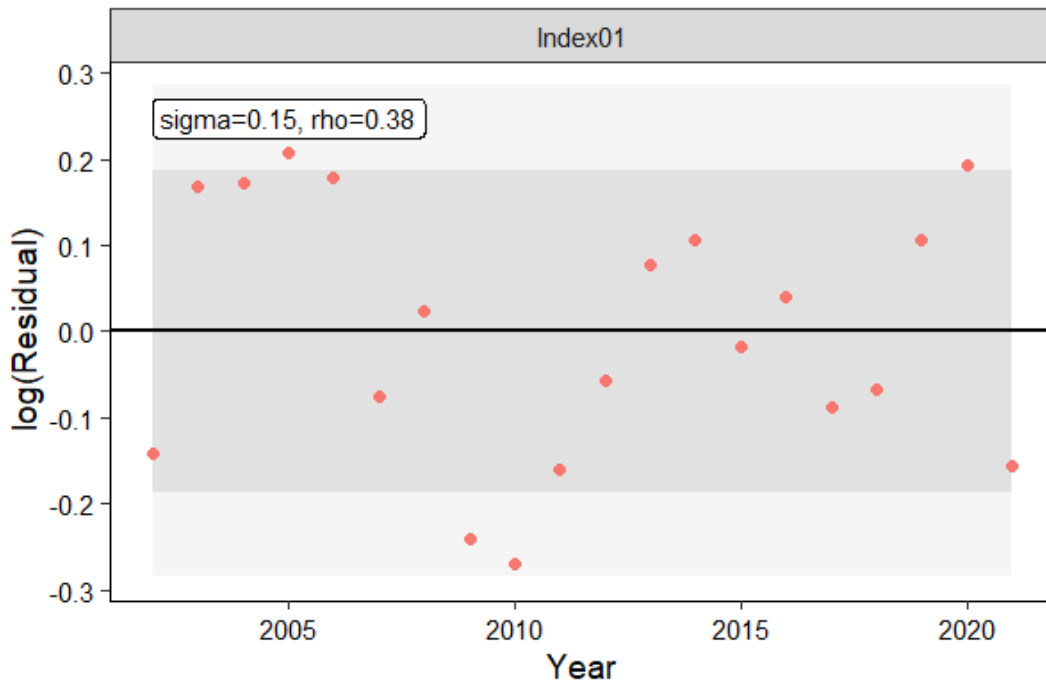
(5) モデル診断結果

「令和 4 (2022) 年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針 (FRA-SA2022-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。

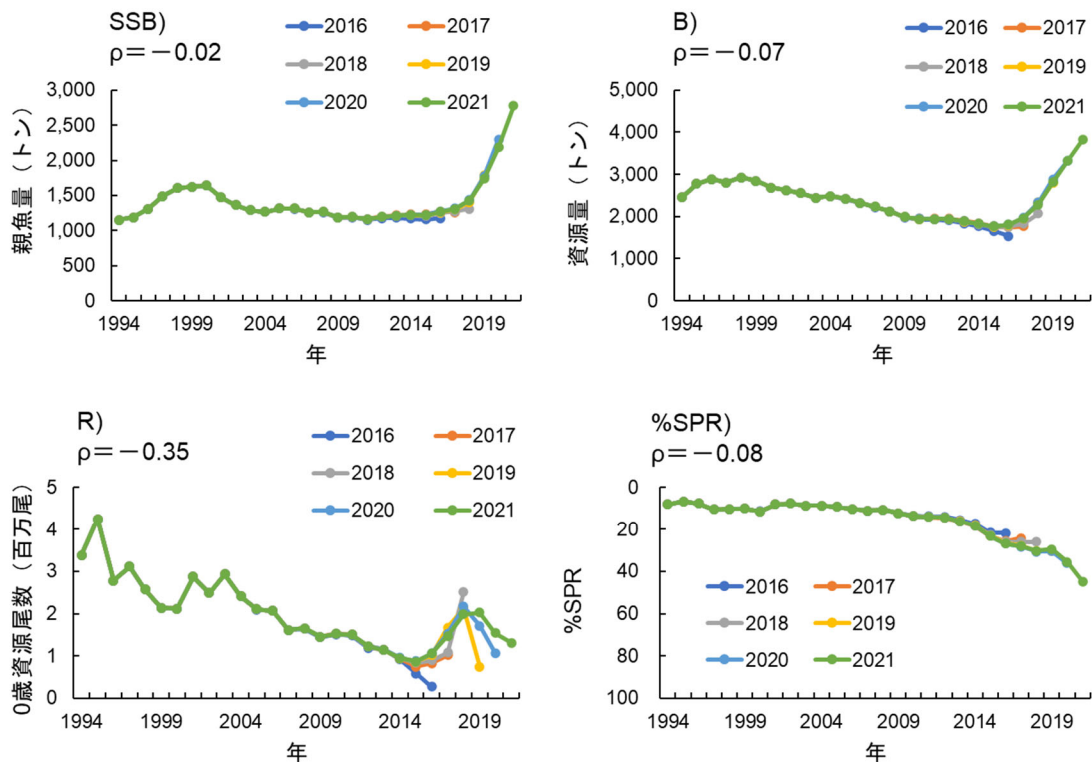
チューニングにおける残差を補足図 2-1 に示す。ここではやや同じ値が続く傾向は見られるものの、大きなバイアスはないと判断される。レトロスペクティブ解析 (補足図 2-2) においても、データの追加・更新が行われることで 0 歳資源尾数は上方修正される傾向があるものの、親魚量や資源量、漁獲圧 (%SPR) には大きな変化は見られなかった。

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.
- 資源評価高度化作業部会 (2022) 令和 4 (2022) 年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針. FRA-SA2022-ABCWG02-03.
- 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.
- 山下夕帆・山田徹生・真鍋明弘・金谷彩友美・阪地英男 (2022) 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. 1-45. FRA-SA2021-RC03-3 <https://abchan.fra.go.jp/digests2021/details/202161.pdf> (last accessed 13 July 2022)



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)、%SPR のレトロスペクティブ解析結果 凡例の数字は VPA 最終年を示す。

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	0.34
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	0.85	0.15	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	0.03	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	0.27	0.68	0.04	0.00	0.00	0.31
400~440	0.06	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	0.86	0.12	0.01	0.00	0.71
480~520	0.02	0.64	0.33	0.01	0.00	0.79	0.00	0.64	0.32	0.05	0.00	0.76
520~560	0.01	0.33	0.61	0.04	0.01	0.77	0.00	0.30	0.58	0.11	0.01	0.78
560~600	0.01	0.18	0.60	0.17	0.04	0.76	0.01	0.18	0.60	0.17	0.04	0.76
600~640	0.00	0.06	0.49	0.35	0.10	0.83	0.00	0.06	0.49	0.35	0.10	0.83
640~680	0.00	0.01	0.29	0.42	0.27	0.89	0.00	0.01	0.29	0.42	0.27	0.89
680~720	0.00	0.01	0.13	0.39	0.47	0.96	0.00	0.01	0.13	0.39	0.47	0.96
720~760	0.00	0.00	0.05	0.25	0.70	0.98	0.00	0.00	0.05	0.25	0.70	0.98
760~800	0.00	0.00	0.01	0.10	0.88	1.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.88	1.00
800~840	0.00	0.00	0.03	0.00	0.97	1.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.97	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	0.19	0.77	0.04	0.00	0.00		0.23	0.69	0.07	0.00	0.00	
360~400	0.04	0.85	0.10	0.00	0.00		0.04	0.83	0.10	0.02	0.00	
400~440	0.05	0.61	0.31	0.02	0.01		0.02	0.53	0.40	0.04	0.01	
440~480	0.01	0.36	0.52	0.09	0.02		0.00	0.38	0.38	0.14	0.10	
480~520	0.01	0.16	0.41	0.22	0.20		0.00	0.18	0.26	0.32	0.23	
520~560	0.00	0.09	0.42	0.22	0.28		0.00	0.03	0.35	0.30	0.32	
560~600	0.01	0.03	0.31	0.37	0.28		0.01	0.03	0.31	0.37	0.28	
600~640	0.00	0.02	0.08	0.40	0.51		0.00	0.02	0.08	0.40	0.51	
640~680	0.00	0.00	0.05	0.24	0.71		0.00	0.00	0.05	0.24	0.71	
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. (続き) Age-length key と雌雄割合 (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	0.46
160~200	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52
200~240	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58
240~280	0.95	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59
280~320	0.70	0.27	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	0.57
440~480	0.00	0.73	0.27	0.00	0.00	0.00	0.76
480~520	0.00	0.65	0.32	0.03	0.00	0.00	0.83
520~560	0.00	0.31	0.53	0.13	0.03	0.00	0.76
560~600	0.00	0.01	0.18	0.60	0.17	0.04	0.76
600~640	0.00	0.00	0.06	0.49	0.35	0.10	0.83
640~680	0.00	0.00	0.01	0.29	0.42	0.27	0.89
680~720	0.00	0.00	0.01	0.13	0.39	0.47	0.96
720~760	0.00	0.00	0.00	0.05	0.25	0.70	0.98
760~800	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.88	1.00
800~840	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.97	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	0.88	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	0.18	0.01	0.02	0.00	0.00
400~440	0.00	0.71	0.22	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	0.03	0.31	0.37	0.28	0.00
600~640	0.00	0.00	0.02	0.08	0.40	0.51	0.00
640~680	0.00	0.00	0.00	0.05	0.24	0.71	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	0.0781	0.3125	0.3125	0.3125	0.3125	0.3125

補足表 2-3. 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
%SPR	7.92	6.62	7.49	10.39	10.15	9.88	11.28	8.04	7.46	8.59

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	1,625	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

補足表 2-3. (続き) 資源解析結果 (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	0.103
1歳	0.706	0.589	0.557	0.604	0.552	0.514	0.422	0.462	0.441	0.354
2歳	0.928	0.917	0.867	0.742	0.844	0.667	0.621	0.598	0.657	0.606
3歳	0.673	0.778	0.789	0.706	0.682	0.665	0.664	0.578	0.680	0.588
4歳	0.403	0.419	0.437	0.500	0.489	0.464	0.574	0.566	0.424	0.421
5+歳	0.403	0.419	0.437	0.500	0.489	0.464	0.574	0.566	0.424	0.421
%SPR	8.62	9.16	10.13	10.96	10.56	12.26	13.62	13.91	14.27	16.14

年齢別資源尾数 (千尾)										
年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	2,408	2,101	2,064	1,611	1,651	1,449	1,527	1,502	1,228	1,145
1歳	2,221	1,929	1,659	1,715	1,391	1,375	1,184	1,280	1,268	1,066
2歳	717	802	783	695	686	586	601	568	590	597
3歳	221	207	234	241	242	216	220	236	228	224
4歳	76	82	70	78	87	90	81	83	97	85
5+歳	73	72	75	68	65	68	73	63	61	75
合計	5,716	5,195	4,885	4,408	4,122	3,782	3,685	3,732	3,472	3,192

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	442	372
2歳	608	680	664	589	582	497	510	481	500	506
3歳	367	344	389	399	402	358	365	392	379	371
4歳	200	219	185	207	230	237	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	1,988	1,945	1,944	1,943	1,887
漁獲割合 (%)	36.6	38.6	39.5	37.5	39.1	37.7	38.6	37.5	35.6	34.7

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	200	219	185	207	230	237	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	1,164	1,195	1,214
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

補足表 2-3. (続き) 資源解析結果 (2014~2021年)

年齢別漁獲尾数 (千尾)								
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	47	26	15	32	63	15	17	14
1歳	252	166	110	147	163	241	167	107
2歳	183	150	138	116	132	235	246	201
3歳	82	71	71	63	68	79	96	101
4歳	30	30	30	29	29	30	34	35
5+歳	25	22	22	29	27	27	26	25
合計	619	465	384	416	481	626	587	483

年齢別漁獲量 (トン)								
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	11	5	3	6	12	4	3	3
1歳	92	66	52	54	76	111	88	63
2歳	161	139	130	110	126	180	214	199
3歳	159	139	136	123	126	126	155	167
4歳	88	88	84	86	77	74	79	78
5+歳	102	83	78	127	103	94	75	65
合計	613	520	482	504	519	588	615	576

年齢別漁獲係数								
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.053	0.032	0.014	0.023	0.033	0.008	0.011	0.011
1歳	0.368	0.264	0.180	0.196	0.154	0.172	0.111	0.093
2歳	0.494	0.450	0.420	0.333	0.310	0.397	0.304	0.215
3歳	0.515	0.412	0.456	0.395	0.379	0.352	0.319	0.223
4歳	0.485	0.412	0.345	0.386	0.358	0.332	0.288	0.207
5+歳	0.485	0.412	0.345	0.386	0.358	0.332	0.288	0.207
%SPR	18.16	23.23	26.78	28.11	30.35	29.55	35.60	44.88

年齢別資源尾数 (千尾)								
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	953	871	1,057	1,477	1,990	2,026	1,545	1,310
1歳	955	837	780	964	1,334	1,781	1,860	1,413
2歳	548	484	470	477	579	837	1,097	1,218
3歳	238	244	226	226	250	311	411	592
4歳	91	104	118	105	111	125	160	219
5+歳	77	76	87	106	105	111	124	156
合計	2,862	2,616	2,739	3,354	4,371	5,190	5,197	4,907

年齢別資源量 (トン)								
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	102	93	113	157	212	216	165	140
1歳	333	292	272	336	465	621	648	493
2歳	464	410	399	404	491	709	930	1,033
3歳	396	405	374	375	415	516	683	982
4歳	241	276	314	277	295	332	424	580
5+歳	296	291	336	410	405	426	477	600
合計	1,832	1,768	1,808	1,960	2,283	2,820	3,326	3,827
漁獲割合 (%)	33.5	29.4	26.7	25.7	22.7	20.9	18.5	15.1

年齢別親魚量 (トン)								
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	14	12	11	14	20	26	27	21
2歳	348	307	299	303	368	532	697	775
3歳	324	332	306	307	339	422	558	803
4歳	241	276	314	277	295	332	424	580
5+歳	296	291	336	410	405	426	477	600
合計	1,223	1,219	1,266	1,312	1,427	1,738	2,184	2,778
RPS (尾/kg)	0.65	0.66	0.73	0.92	1.25	1.09	0.33	0.40

漁獲物平均体重 (g)								
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	226	177	201	171	187	251	184	205
1歳	367	397	472	366	464	459	527	593
2歳	883	926	942	949	953	765	870	988
3歳	1,936	1,975	1,922	1,944	1,866	1,594	1,612	1,653
4歳	2,959	2,937	2,825	2,993	2,680	2,463	2,323	2,231
5+歳	4,019	3,796	3,583	4,343	3,798	3,504	2,847	2,623

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

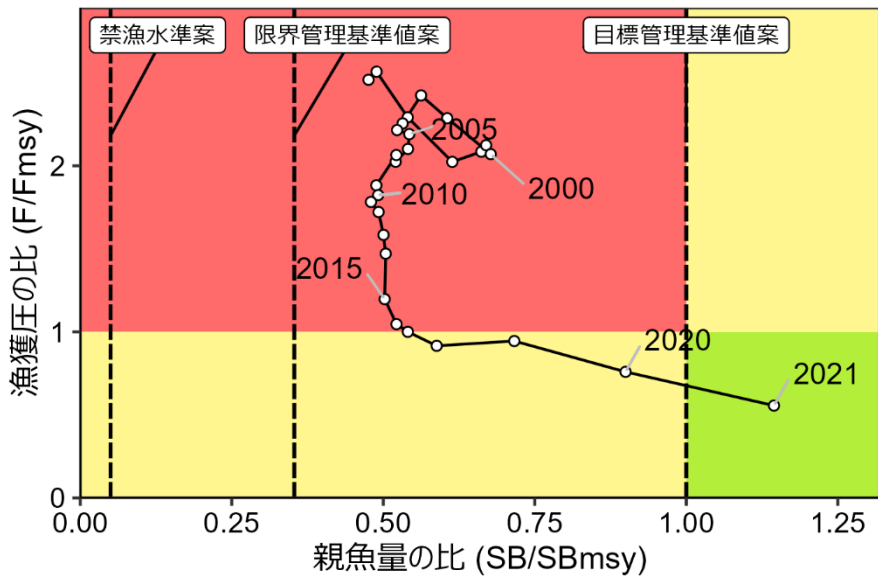
令和 3 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 24 百トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 9 百トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 1 百トン) を用いることが提案されている (山下ほか 2021, 補足表 6-2)。この推定に用いたパラメータ値は補足表 3-1 に示す。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2021 年の親魚量 (SB2021 : 28 百トン) は目標管理基準値案、限界管理基準値案および禁漁水準案を上回る。本系群における 2018 年以降の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧を下回っていたと判断される (補足表 6-3)。

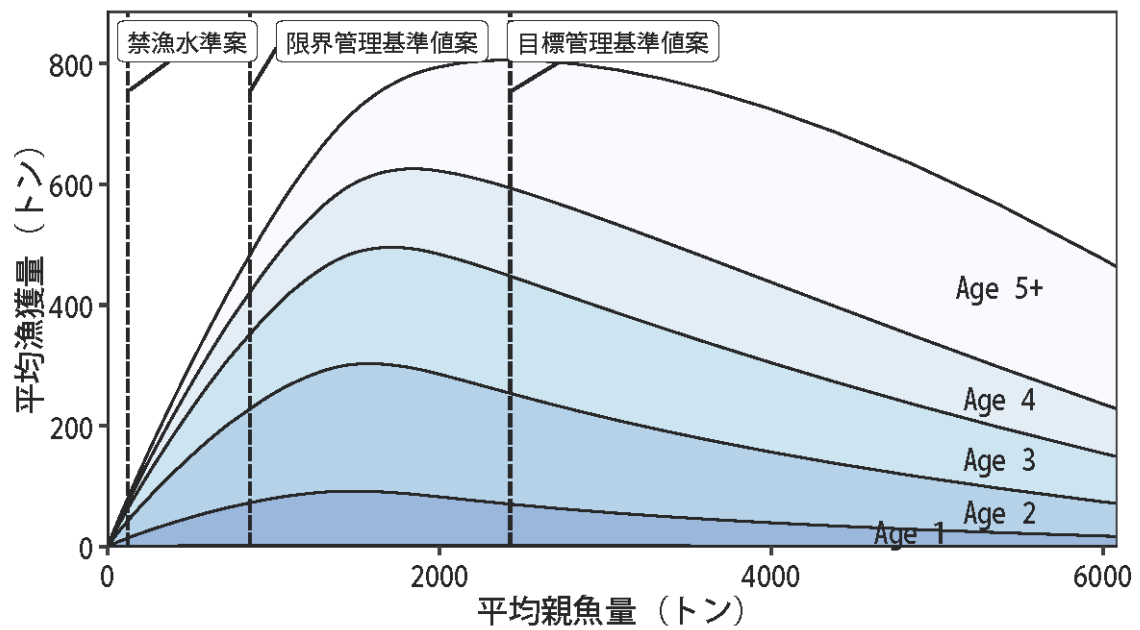
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。親魚量が SBlimit 以下では 1 歳~3 歳魚が多くを占めるが、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられ、SBmsy 達成時においては 3 歳以上の漁獲が主体となると推測された。

引用文献

山下夕帆・山田徹生・真鍋明弘・金谷彩友美・阪地英男 (2021) 令和 3 (2021) 年度ヒラメ瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-40. FRA-SA2021-BRP04-001
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20210928/doc_hirame_setonaikai_RIM.pdf (last accessed 13 July 2022)



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）



補足図 3-2. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係（漁獲量曲線）

補足表 3-1 最大持続生産量 MSY を実現する水準の推定に用いたパラメータ値

	選択率	F _{msy}	現状の漁獲圧 (F2020)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.034	0.014	0.010	107	0.078	0
1 歳	0.467	0.187	0.143	349	0.313	0.042
2 歳	0.922	0.369	0.283	848	0.313	0.750
3 歳	1.000	0.400	0.307	1,660	0.313	0.818
4 歳	0.949	0.380	0.291	2,651	0.313	1.000
5 歳以上	0.949	0.380	0.291	3,853	0.313	1.000

補足資料 4. 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2022～2052 年までの将来予測計算を行った（補足資料 5）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、1 万回の繰り返し計算を行った。また本系群においては継続して種苗放流が行われているため、現状の放流が継続される場合として、2017～2019 年の平均添加効率と平均放流尾数を乗じた値を人工種苗由来の加入尾数として毎年の加入量に加算した条件での予測も行った。

2022 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2022）から仮定した。現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で、今年度評価における 2021 年の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2023 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では「親魚量が限界管理基準値を下回るリスクは低いが、本資源は資源評価対象期間が短く再生産関係等に不確実性が懸念されるため、 β は標準値である 0.8 以下にすることが望ましい。」とされている。

(3) 2023 年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された 2023 年の平均漁獲量は、加入量として再生産関係による加入のみを想定した場合、 β を 0.8 とした場合には 958 トン、 β を 1.0 とした場合には 1,156 トンであった（補足表 6-4a）。現状の放流を想定した場合は、2023 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 966 トン、 β を 1.0 とした場合には 1,166 トンであった（補足表 6-4b）。2023 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値案を上回り、どちらの場合でも平均 37 百トンと見込まれた。この親魚量は限界管理基準値案以上であるため、2023 年の漁獲圧は $\beta \times F_{msy}$ として求めた。

(4) 2024 年以降の予測

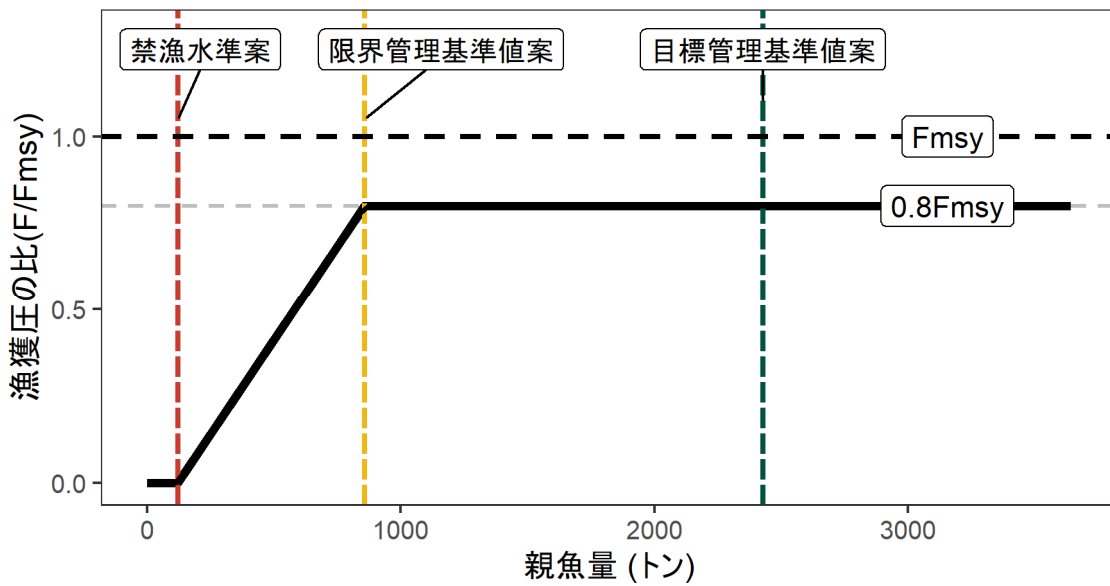
2024 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2、4-3 および補足表 4-1～4-4 に示す。

漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、将来の加入量として再生産関係による加入のみを想定した場合（補足図 4-2、補足表 4-1a、4-2a、4-3a、4-4a）では 2033 年の親

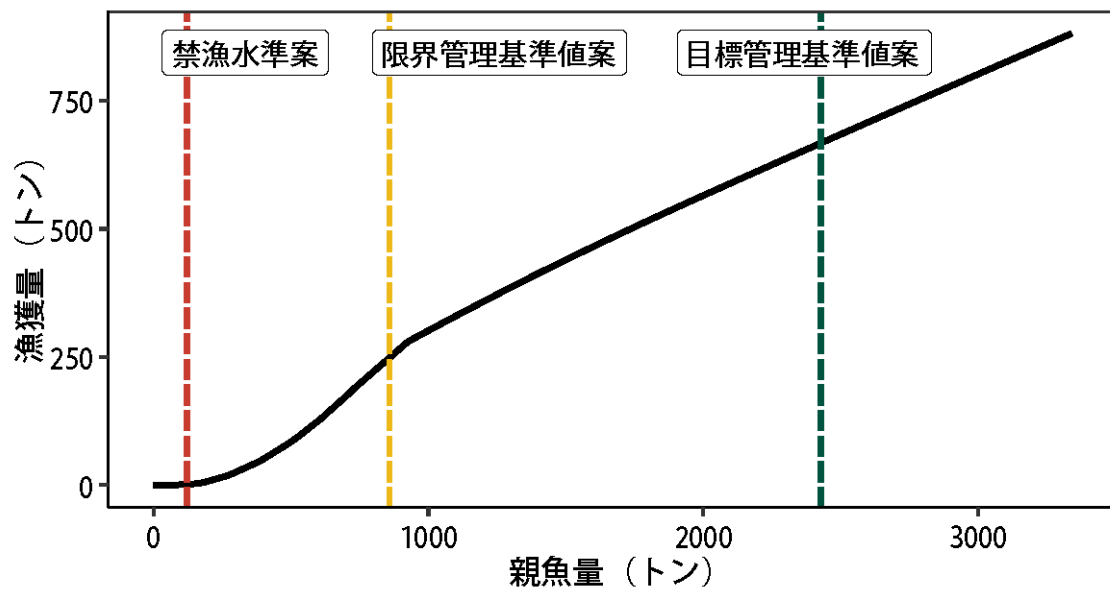
魚量の予測値は β を0.8とした場合には29百トン（90%予測区間は17百～47百トン）であり、 β を1.0とした場合には24百トン（90%予測区間は14百～38百トン）である（補足表6-5a）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が0.9以下で50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率はいずれの β においても50%を上回る。現状の漁獲圧（F2022）を継続した場合の2033年の親魚量の予測値は38百トン（90%予測区間は23百～61百トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は92%、限界管理基準値案を上回る確率は100%である。

同様に、現状の放流を想定した場合（補足図4-3、補足表4-1b、4-2b、4-3b、4-4b）では、2033年の親魚量の予測値は β を0.8とした場合には33百トン（90%予測区間は21百～51百トン）であり、 β を1.0とした場合には27百トン（90%予測区間は17百～42百トン）である（補足表6-5b）。予測値が目標管理基準値案および限界管理基準値案を上回る確率は、いずれの β においても50%を上回る。現状の漁獲圧（F2022）を継続した場合の2033年の親魚量の予測値は44百トン（90%予測区間は28百～66百トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は99%、限界管理基準値案を上回る確率は100%である。

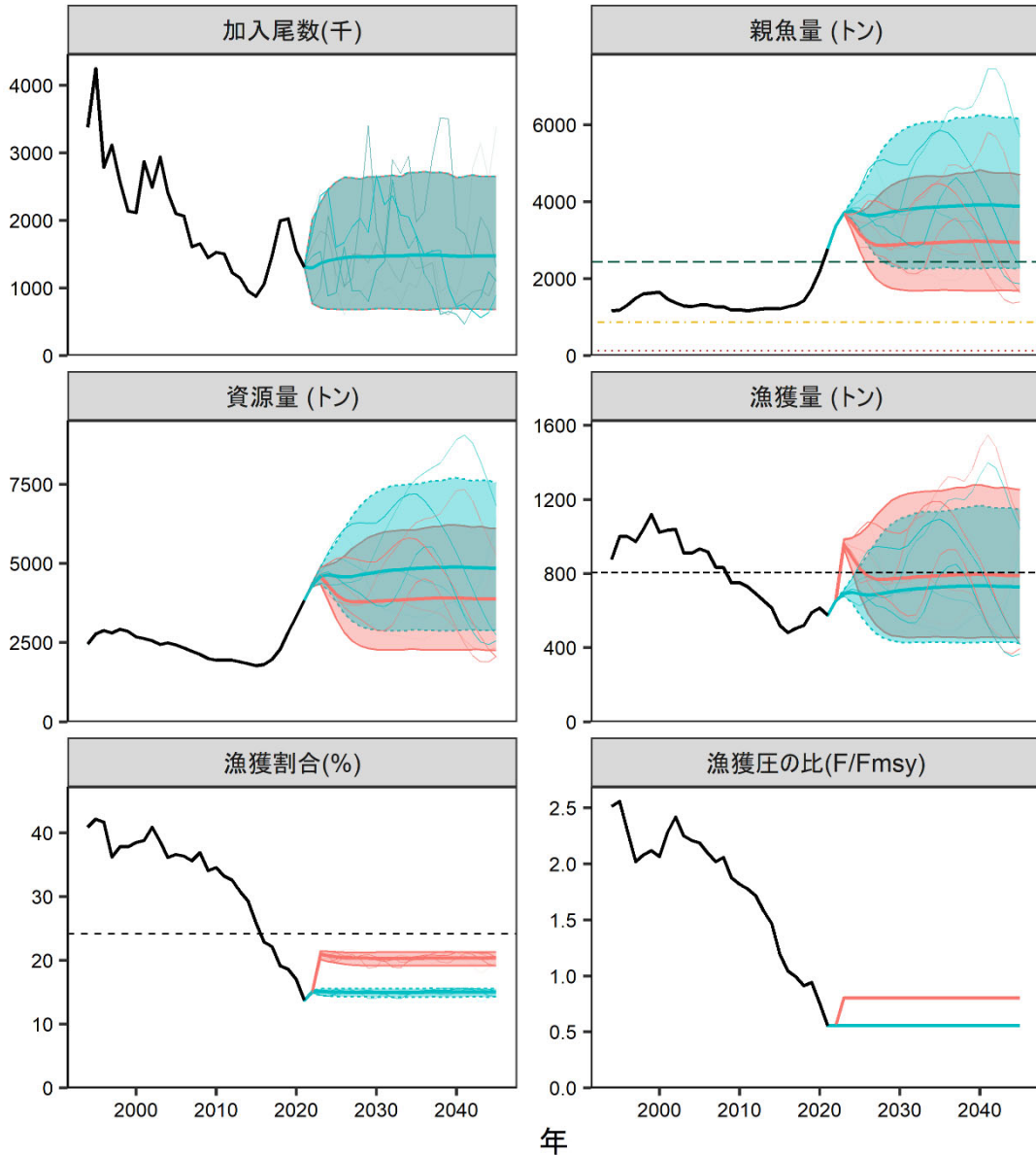
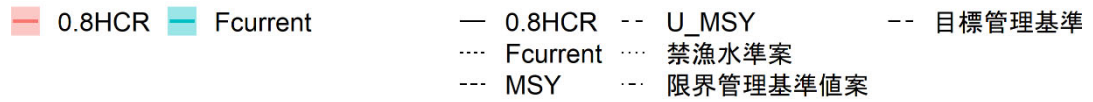
a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

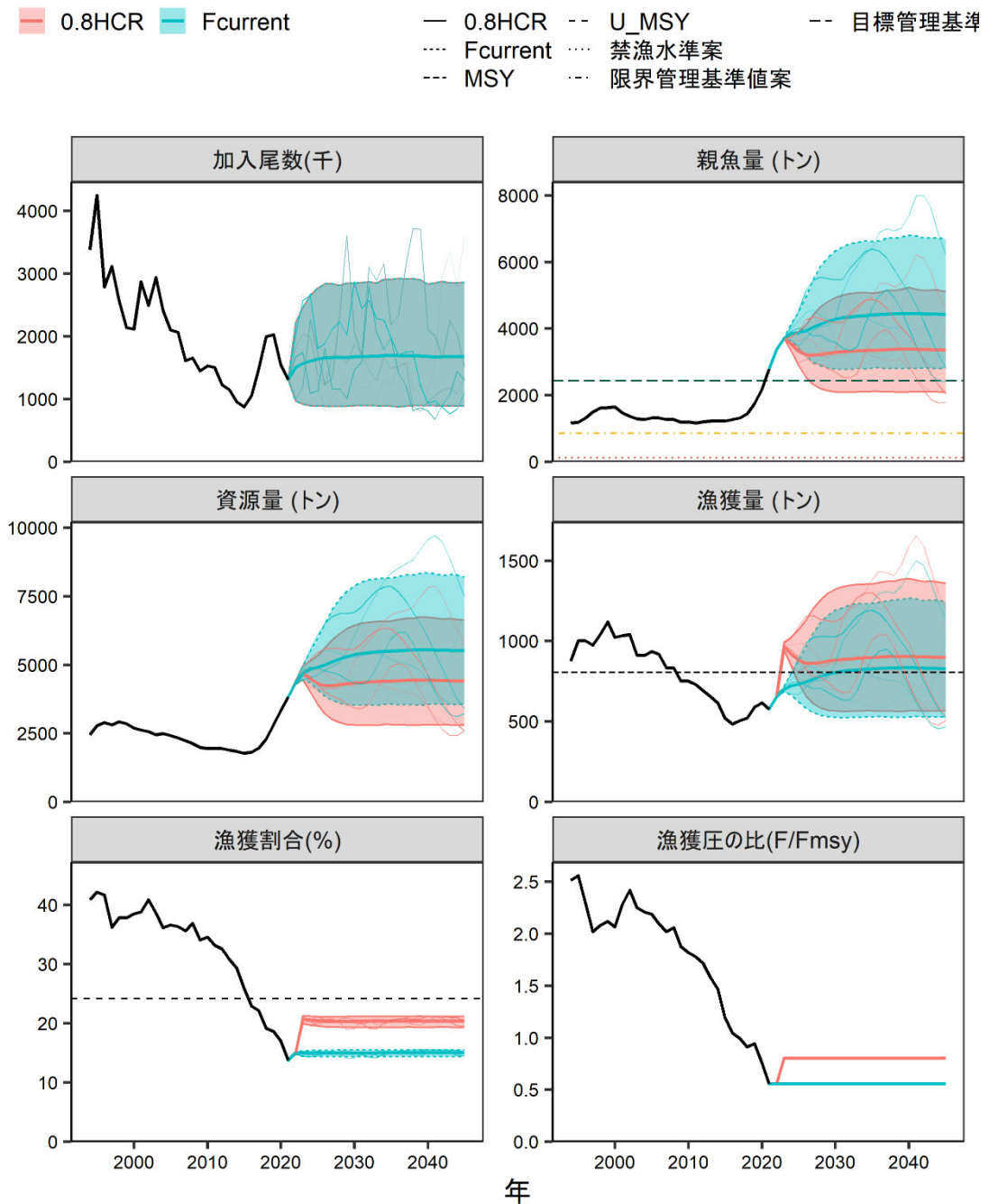


補足図 4-1. 漁獲管理規則案 目標管理基準値 (SBtarget) 案は HS 再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 4-2. 将来の加入量として再生産関係による加入のみを想定した場合の漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（緑色） 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄点線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F_{2022}) により仮定し、2023 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 4-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 4-3. 現状の放流を想定した場合の漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（緑色） 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄点線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2022 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F_{2022}) により仮定し、2023 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 4-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017~2019 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 4-1 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	100	100	100	100	91	53	42	40	40	40	41	42	42	43	43
0.9	100	100	100	100	99	72	58	54	53	53	54	54	54	55	55
0.8	100	100	100	100	100	88	74	68	67	67	67	67	67	68	68
0.7	100	100	100	100	100	97	87	82	80	79	79	79	79	80	79
0.6	100	100	100	100	100	100	96	92	89	88	88	88	89	89	88
0.5	100	100	100	100	100	100	99	97	96	95	95	95	95	95	95
0.4	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	98	98	98	98	98
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	100	100	100	100	100	100	98	95	93	92	92	92	92	92	92

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	100	100	100	100	99	74	63	60	59	60	60	60	61	61	61
0.9	100	100	100	100	100	90	79	75	73	73	73	73	74	74	74
0.8	100	100	100	100	100	98	91	87	85	85	85	85	85	85	85
0.7	100	100	100	100	100	100	98	95	94	93	93	93	93	93	93
0.6	100	100	100	100	100	100	100	99	98	98	98	98	98	98	98
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	100	99
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2019 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 4-2 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

b) 現状の放流を想定した場合 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2019 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 4-3 将来の親魚量の平均値の推移

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	2,778	3,369	3,701	3,215	2,778	2,515	2,402	2,369	2,368	2,375	2,382	2,389	2,396	2,416	2,412
0.9	2,778	3,369	3,701	3,330	2,958	2,726	2,627	2,601	2,604	2,614	2,624	2,633	2,640	2,666	2,661
0.8	2,778	3,369	3,701	3,450	3,152	2,959	2,879	2,864	2,875	2,890	2,902	2,914	2,923	2,955	2,948
0.7	2,778	3,369	3,701	3,574	3,360	3,216	3,164	3,166	3,187	3,209	3,226	3,241	3,252	3,292	3,284
0.6	2,778	3,369	3,701	3,704	3,584	3,499	3,485	3,510	3,547	3,579	3,604	3,624	3,638	3,689	3,678
0.5	2,778	3,369	3,701	3,838	3,823	3,813	3,848	3,906	3,965	4,013	4,049	4,075	4,095	4,161	4,148
0.4	2,778	3,369	3,701	3,977	4,081	4,160	4,259	4,361	4,451	4,522	4,573	4,611	4,639	4,728	4,712
0.3	2,778	3,369	3,701	4,121	4,357	4,543	4,723	4,885	5,019	5,122	5,197	5,252	5,292	5,416	5,398
0.2	2,778	3,369	3,701	4,270	4,654	4,968	5,250	5,491	5,685	5,833	5,943	6,024	6,083	6,265	6,244
0.1	2,778	3,369	3,701	4,426	4,973	5,438	5,849	6,192	6,467	6,681	6,841	6,961	7,049	7,327	7,304
0	2,778	3,369	3,701	4,587	5,316	5,959	6,528	7,005	7,391	7,694	7,928	8,106	8,240	8,680	8,661
F2022	2,778	3,369	3,701	3,766	3,694	3,642	3,650	3,689	3,735	3,774	3,803	3,825	3,842	3,899	3,888

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	2,778	3,369	3,704	3,289	2,930	2,741	2,681	2,675	2,687	2,701	2,712	2,721	2,729	2,752	2,748
0.9	2,778	3,369	3,704	3,406	3,116	2,965	2,927	2,933	2,953	2,972	2,986	2,997	3,006	3,034	3,029
0.8	2,778	3,369	3,704	3,527	3,316	3,213	3,203	3,226	3,257	3,283	3,302	3,316	3,327	3,362	3,355
0.7	2,778	3,369	3,704	3,653	3,531	3,485	3,514	3,561	3,607	3,643	3,669	3,687	3,701	3,744	3,736
0.6	2,778	3,369	3,704	3,784	3,761	3,786	3,864	3,943	4,010	4,061	4,096	4,122	4,140	4,196	4,185
0.5	2,778	3,369	3,704	3,919	4,008	4,117	4,258	4,380	4,477	4,549	4,598	4,634	4,658	4,732	4,720
0.4	2,778	3,369	3,704	4,060	4,272	4,484	4,703	4,882	5,020	5,120	5,191	5,241	5,276	5,377	5,361
0.3	2,778	3,369	3,704	4,206	4,557	4,888	5,207	5,459	5,652	5,793	5,894	5,965	6,016	6,160	6,142
0.2	2,778	3,369	3,704	4,357	4,862	5,336	5,777	6,125	6,391	6,590	6,733	6,837	6,911	7,125	7,104
0.1	2,778	3,369	3,704	4,514	5,190	5,831	6,423	6,894	7,259	7,536	7,741	7,892	8,003	8,332	8,311
0	2,778	3,369	3,704	4,677	5,542	6,379	7,156	7,784	8,281	8,666	8,959	9,181	9,347	9,870	9,854
F2022	2,778	3,369	3,704	3,847	3,874	3,937	4,042	4,140	4,220	4,280	4,321	4,351	4,372	4,435	4,424

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2019 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 4-4 将来の漁獲量の平均値の推移

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	576	653	1,156	1,007	889	822	794	787	787	790	792	794	796	801	801
0.9	576	653	1,059	953	861	808	786	781	782	785	788	790	793	799	798
0.8	576	653	958	891	825	785	770	768	771	775	778	781	783	790	789
0.7	576	653	853	820	779	753	745	747	752	756	760	763	766	774	772
0.6	576	653	744	740	721	709	708	714	721	727	732	735	738	747	745
0.5	576	653	632	649	649	650	657	667	676	683	689	693	696	706	704
0.4	576	653	514	546	561	573	586	600	611	620	626	631	635	645	643
0.3	576	653	393	432	455	474	492	508	521	530	537	542	546	558	556
0.2	576	653	267	303	329	350	368	384	396	406	413	418	422	433	432
0.1	576	653	136	160	178	194	207	218	227	234	239	243	246	255	254
0	576	653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2022	576	653	692	698	689	683	686	694	702	709	714	718	721	730	728

b) 現状の放流を想定した場合（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1.0	576	653	1,166	1,042	950	903	890	890	894	898	902	905	907	913	912
0.9	576	653	1,068	985	920	886	879	882	888	893	897	900	903	909	908
0.8	576	653	966	921	880	860	860	867	875	881	885	889	892	899	898
0.7	576	653	860	847	829	823	831	842	852	859	865	869	872	880	879
0.6	576	653	750	763	766	773	789	804	816	825	832	837	840	850	848
0.5	576	653	637	669	688	707	730	749	764	775	783	788	792	803	801
0.4	576	653	519	563	595	622	650	673	690	702	711	717	722	734	732
0.3	576	653	396	445	482	514	545	569	587	600	610	616	621	634	633
0.2	576	653	269	312	347	378	407	429	446	459	468	474	479	492	491
0.1	576	653	137	164	188	209	228	244	256	264	271	276	280	290	289
0	576	653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2022	576	653	698	721	731	745	764	781	794	804	811	816	820	830	828

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2019 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足資料 5. 将来予測の方法

将来予測は、「令和 4 (2022) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2022-ABCWG02-01)」の 1 系資源の管理規則に従い、和 3 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた再生産関係 (山下ほか 2021) と、補足表 5-1 に示した各種設定 (自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧) を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (FRA-SA2022-ABCWG02-04)」に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.0.2) および計算パッケージ frasyr (コミット番号 f0e0c11) を用いた。

また本系群は栽培対象種であり種苗放流が継続的に行われている (表 4-3)。将来予測において種苗放流を考慮する場合には、将来の人工種苗由来の加入尾数として 2017~2019 年の平均放流尾数 (258 万尾) と平均添加効率 (0.0786) の積である 20 万尾を毎年の加入量に加算して予測を行った。なお、従来の資源評価においては、将来予測における種苗放流の仮定には直近 3 年分の平均値を用いている (山田・本田 2020) が、今年度の資源評価においては、最近年である 2020 年の混入率には不確実性が高いと考えられるため、この値は除外しこれ以前の 3 年間の平均値を用いた。

将来予測における 1~4 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1} - F_{a-1,y-1}) \quad (a = 1, \dots, 4) \quad (18)$$

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。

$$N_{5+,y} = N_{4,y-1} \exp(-M_{4,y-1} - F_{4,y-1}) + N_{5+,y-1} \exp(-M_{5+,y-1} - F_{5+,y-1}) \quad (19)$$

将来予測における漁獲圧 (F) は 1 系資源の漁獲管理規則に従い、以下の式で求めた。

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{ban} \\ \beta \gamma(SB_t) F_{msy} & \text{if } SB_{ban} \leq SB_t < SB_{limit} \\ \beta F_{msy} & \text{if } SB_t \geq SB_{limit} \end{cases} \quad (20)$$

$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}} \quad (21)$$

ここで、SB_y は y 年の親魚量、F_{msy} および SB_{target}、SB_{limit}、SB_{ban} はそれぞれ補足表 6-2 に案として示した親魚量の基準値である。

また、各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (22)$$

将来予測における資源量および漁獲量は、ここで求めた資源尾数または漁獲尾数に補足表 5-1 の平均体重を乗じて求め、親魚量はこの資源量に成熟割合を乗じて算出した。

引用文献

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 (2022) 令和 4 (2022) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.

<https://abchan.fra.go.jp/reference/FRA-SA2022-ABCWG02-01.pdf> (last accessed 29 August 2022)

資源評価高度化作業部会 (2022) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA2022-ABCWG02-04.

<https://abchan.fra.go.jp/reference/FRA-SA2022-ABCWG02-04.pdf> (last accessed 29 August 2022)

山田徹生・本田 聡 (2020) 令和元 (2019) 年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価. 1-43.

<https://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201961.pdf> (last accessed 13 July 2022)

山下夕帆・山田徹生・真鍋明弘・金谷彩友美・阪地英男 (2021) 令和 3 (2021) 年度ヒラメ瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-40. FRA-SA2021-BRP04-001

http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20210928/doc_hirame_setonaikai_RIM.pdf (last accessed 13 July 2022)

補足表 5-1. 将来予測計算に用いた設定値

	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2022 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.034	0.014	0.008	107	0.078	0
1 歳	0.467	0.187	0.103	349	0.313	0.042
2 歳	0.922	0.369	0.204	848	0.313	0.750
3 歳	1.000	0.400	0.221	1,660	0.313	0.818
4 歳	0.949	0.380	0.210	2,651	0.313	1.000
5 歳以上	0.949	0.380	0.210	3,853	0.313	1.000

注 1： 令和 3 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 3 年度資源評価での $F_{current}$ の選択率）。

注 2： 令和 3 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、令和 3 年度資源評価での $F_{current}$ に $F_{msy}/F_{current}$ を掛けたもの）。

注 3： 上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2021 年の年齢別 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2022 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 6. 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小二乗法	有	1.28	1,154	0.294	0.703

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D. は加入量の標準偏差、 ρ は自己相関係数である。

補足表 6-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	2,427 トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)。
SBlimit 案	857 トン	限界管理基準値案。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)。
SBban 案	121 トン	禁漁水準案。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)。
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) =(0.01, 0.19, 0.37, 0.40, 0.38, 0.38)	
%SPR (Fmsy)	28%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	806 トン	最大持続生産量 MSY

補足表 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	2,778トン	2021年の親魚量
F2021	2021年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0歳, 1歳, 2歳, 3歳, 4歳, 5歳以上) =(0.01, 0.09, 0.21, 0.22, 0.21, 0.21)	
U2021	15.1%	2021年の漁獲割合
%SPR(F2021)	44.9%	2021年の%SPR
管理基準値案との比較		
SB2021/ SBmsy (SBtarget)	1.14	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値案)に対する2021年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	0.56	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する2021年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSYを実現する水準を上回る	
漁獲圧の水準	MSYを実現する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2021年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

a) 再生産関係による加入のみを想定した場合

2023年の親魚量(予測平均値):トン			
項目	2023年の 漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022)	2023年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	1,156	1.81	25.2
$\beta=0.9$	1,059	1.63	23.1
$\beta=0.8$	958	1.45	20.9
$\beta=0.7$	853	1.27	18.6
$\beta=0.6$	744	1.08	16.2
$\beta=0.5$	632	0.90	13.8
$\beta=0.4$	514	0.72	11.2
$\beta=0.3$	393	0.54	8.6
$\beta=0.2$	267	0.36	5.8
$\beta=0.1$	136	0.18	3.0
$\beta=0$	0	0	0
F2022	692	1.00	15.1

b) 現状の放流を想定した場合

2023年の親魚量(予測平均値):トン			
項目	2023年の 漁獲量 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022)	2023年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	1,166	1.81	25.0
$\beta=0.9$	1,068	1.63	22.9
$\beta=0.8$	966	1.45	20.7
$\beta=0.7$	860	1.27	18.4
$\beta=0.6$	750	1.08	16.1
$\beta=0.5$	637	0.90	13.6
$\beta=0.4$	519	0.72	11.1
$\beta=0.3$	396	0.54	8.5
$\beta=0.2$	269	0.36	5.8
$\beta=0.1$	137	0.18	2.9
$\beta=0$	0	0	0
F2022	698	1.00	14.9

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2019 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

a) 再生産関係による加入のみの場合

考慮している不確実性: 加入量					
β	2033年 の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2033年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	2,396	1,362 – 3,849	42	100	100
$\beta=0.9$	2,640	1,513 – 4,231	54	100	100
$\beta=0.8$	2,923	1,691 – 4,662	67	100	100
$\beta=0.7$	3,252	1,894 – 5,165	79	100	100
$\beta=0.6$	3,638	2,137 – 5,742	89	100	100
$\beta=0.5$	4,095	2,425 – 6,440	95	100	100
$\beta=0.4$	4,639	2,767 – 7,276	98	100	100
$\beta=0.3$	5,292	3,188 – 8,248	100	100	100
$\beta=0.2$	6,083	3,694 – 9,421	100	100	100
$\beta=0.1$	7,049	4,319 – 10,836	100	100	100
$\beta=0$	8,240	5,104 – 11,550	100	100	100
F2022	3,842	2,263 – 6,058	92	100	100

b) 現状の放流を想定した場合

考慮している不確実性: 加入量					
β	2033年 の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2033年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	2,729	1,698 – 4,181	61	100	100
$\beta=0.9$	3,006	1,881 – 4,596	74	100	100
$\beta=0.8$	3,327	2,095 – 5,066	85	100	100
$\beta=0.7$	3,701	2,344 – 5,614	93	100	100
$\beta=0.6$	4,140	2,639 – 6,244	98	100	100
$\beta=0.5$	4,658	2,989 – 7,003	99	100	100
$\beta=0.4$	5,276	3,404 – 7,913	100	100	100
$\beta=0.3$	6,016	3,912 – 8,972	100	100	100
$\beta=0.2$	6,911	4,522 – 10,249	100	100	100
$\beta=0.1$	8,003	5,273 – 11,790	100	100	100
$\beta=0$	9,347	6,211 – 13,657	100	100	100
F2022	4,372	2,793 – 6,588	99	100	100

現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2017～2019 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 6-6. 将来予測における加入の想定を変化させた場合に予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率のまとめ

将来の加入の想定	β	10年後の目標達成確率 (%)	予測平均親魚量 (トン)		予測平均漁獲量 (トン)		
			5年後	10年後	0年後	5年後	10年後
			2028年	2033年	2023年	2028年	2033年
再生産関係による加入のみ	1	42	2,435	2,396	1,156	787	796
	0.9	54	2,671	2,640	1,059	781	793
	0.8	67	2,939	2,923	958	768	783
	0.7	79	3,244	3,252	853	747	766
	0.6	89	3,592	3,638	744	714	738
	0.5	95	3,991	4,095	632	667	696
	F2022	92	4,435	3,842	692	694	721
種苗放流を考慮* (258万尾放流、添加効率0.08)	1	61	3,208	2,729	1,166	890	907
	0.9	74	3,510	3,006	1,068	882	903
	0.8	85	3,852	3,327	966	867	892
	0.7	93	4,240	3,701	860	842	872
	0.6	98	4,682	4,140	750	804	840
	0.5	99	5,187	4,658	637	749	792
	F2022	99	7,035	4,372	698	781	820

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.5～1.0 にて 0.1 刻みで変更した結果をまとめた。

漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度（0年後）の2023年の値と、5年および10年管理を行った後の値（2028年および2033年）を示した。

*種苗放流を考慮する場合の人工種苗由来の加入尾数は、2017～2019年平均放流尾数（258万尾）と平均添加効率（0.0786）の積である20万尾とした。