

令和 7（2025）年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価

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（富樫博幸・藤原邦浩・下光利明・
鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・永尾次郎）

参画機関：岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産資源研究
所、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究セ
ンター

要 約

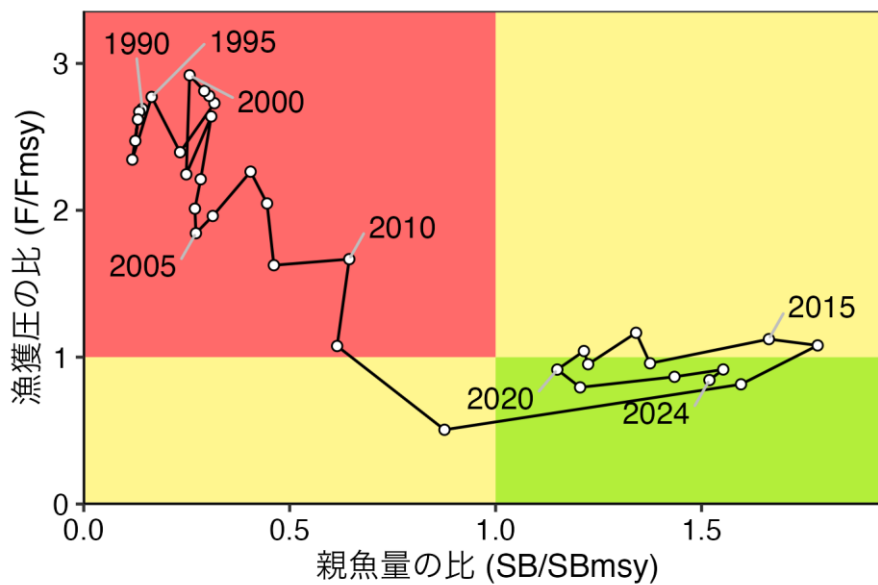
1990～2024年に岩手県～千葉県（夷隅地域以北）で採取された雌雄込・年齢別漁獲尾数のデータを基にコホート解析の一種である Virtual Population Analysis (VPA) により資源量を推定した。資源量は、2011年の加入尾数（2010年級）が多かったことと東日本大震災（以下、「震災」という）による漁獲努力量の減少により、2011年以降増加し、2013～2014年には約10,000トンになった。その後、資源量は2020年まで減少して、2021年以降にやや増加、2024年は8,443トンと推定された。親魚量も資源量同様、2012年と2013年に急増し、2014年は約7,000トンを超えた。その後、親魚量は2020年まで減少し、2024年は6,194トンと推定された。

本種は栽培対象種であり、2024年には2,985千尾の人工種苗が放流された。2024年の補正混入率は4.8%、添加効率（放流魚の漁獲加入1歳までの生残率）は0.035と推定された。本系群の加入量（1歳魚資源尾数）は、2011年（2010年級）で約9,000千尾と多く、2012～2023年は約2,000千～4,000千尾で安定していた。2024年の加入量は2,501千尾と推定され、このうち人工種苗由来の加入尾数は121千尾であった。

令和4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カー・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）を実現する水準の親魚量（SBmsy）は4,078トンと推定された。この基準に従うと、本系群の2024年の親魚量は、MSYを実現する水準を上回る（SBmsyの1.52倍）。また2024年の漁獲圧は、SBmsyを維持する漁獲圧（Fmsy）を下回る（Fmsyの0.84倍）。親魚量の動向は直近5年間（2020～2024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資料において提案された値を暫定的に示した。

要 約 図 表



最大持続生産量 (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 (SBmsy)	4,078 トン
2024 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る (SBmsy の 1.52 倍)
2024 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る (Fmsy の 0.84 倍)
2024 年の親魚量の動向	増加
MSY	1,551 トン
2026 年の ABC	-
コメント: ・ABC は、本系群の漁獲シナリオが「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。	

直近5年と将来2年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2020	7,063	4,689	1,721	0.92	24.4
2021	7,591	4,913	1,632	0.79	21.5
2022	8,565	5,848	1,825	0.87	21.3
2023	8,738	6,330	2,032	0.92	23.3
2024	8,443	6,194	1,943	0.84	23.0
2025	7,881	5,856	1,798	0.85	22.8
2026	7,607	5,570	—	—	—

・2024年の漁獲量は暫定値。
 ・2025、2026年の値は将来予測に基づく平均値である。
 ・2026年は再生産関係による加入のみの場合である。

English title (authors)

Stock assessment and evaluation of the northern Pacific stock of bastard halibut (fiscal year 2025).
 (Hiroyuki Togashi, Kunihiro Fujiwara, Toshiaki Shitamitsu, Yuto Suzuki, Eisuke Morikawa, Shun Tokioka, Jiro Nagao)

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
雌雄別年齢別漁獲尾数(岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県夷隅地域以北)	月別全長組成 ・市場調査(岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県夷隅地域以北) age-length key (2003 年以降、年 2 回逐次作成) ・生物測定(水産機構、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県夷隅地域以北) 成長曲線、全長一体重関係 ・生物測定(水産機構、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県夷隅地域以北) 漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省)
混入率	市場調査(岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県夷隅地域以北)
人工種苗放流尾数	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、水産機構、公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会)
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.23$ (雄の寿命を 10 歳、雌を 12 歳とし、田中 1960 の方法より雌雄別に算出した後、雌雄平均とした)を仮定
以下、参考にした情報 0 歳魚加入量	加入量水準の指標 ・新規加入量調査(水産機構、岩手県、宮城県、福島県、茨城県)

2. 生態

(1) 分布・回遊

東北海域のヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) は、主に水深 30～150 m 以浅の陸棚域に分布する(図 2-1)。産卵期には、水深 20～50 m 以浅の粗砂および砂礫地帯に移動し、孵化仔魚は、水温 16℃では約 40 日間、水温 19℃では約 30 日間の浮遊生活を送った後に変態し、着底する(Seikai et al. 1986)。着底した稚魚は、水深 15 m 以浅の砂または砂泥域で過ごし、全長 10 cm 以上になると次第に深所に移動する(Kurita et al. 2018)。

岩手県沿岸は陸棚域が狭く、本種の漁獲量は他県に比べて相対的に少ない傾向にある(図 3-2、表 3-1)。さらに、岩手県中～南部沿岸は親潮第 1 分枝の影響を強く受けるため比較的低温であり、ヒラメの南北交流の障壁になっている可能性がある。標識放流の結果では、岩手県や青森県沿岸で放流された個体は北に移動する傾向が強く(石戸 1990、後藤・佐々木 2015)、宮城県や茨城県沿岸で放流された個体は逆に放流地点よりも南で再捕される傾向がある(二平ほか 1988)。

東北海域におけるヒラメの分布水深は、全長および季節により異なる。全長 30 cm 以下の個体は通年で水深 50 m 以浅に多く分布し、全長 30 cm を超える個体は、冬季には深場(最大 220 m)、夏季には 100 m 以浅に多く分布する傾向が見られる(Kurita et al. 2021)。

また、標識放流などの結果から、一部の個体は夏季に北方、冬季に南方へ移動することが示唆されている（栗田ほか 未発表）。

(2) 年齢・成長

満1歳時の全長は雌雄同程度であるが、2歳以上では雌の成長が雄を上回るため、同齢でも雌の方が大型となる（Yoneda et al. 2007、図 2-2）。宮城県～茨城県の成長および全長－体重関係式（Yoneda et al. (2007) で使用した標本から計算）は次のとおりである。なお、本系群のヒラメの最高年齢は自然死亡係数（M）を推定する根拠に使用し、雌は12歳、雄は10歳とした。

a) 成長式

宮城県～茨城県

$$\text{雌: } TL = 99.2 \left(1 - \exp(-0.19(t + 0.96)) \right) \quad (1)$$

$$\text{雄: } TL = 88.3 \left(1 - \exp(-0.14(t + 1.94)) \right) \quad (2)$$

b) 全長－体重関係

宮城県～茨城県

$$\text{雌: } BW = 5.56 \times 10^{-3} \times TL^{3.18} \quad (3)$$

$$\text{雄: } BW = 6.99 \times 10^{-3} \times TL^{3.12} \quad (4)$$

TLは全長（cm）、BWは体重（g）、 t は年齢であり、年齢の起算日は7月1日である。

(3) 成熟・産卵

茨城県では、雌の最小成熟全長は42 cmで、満2歳のごく一部が産卵に加わり（茨城県水産試験場 1975）、2歳で産卵する割合は年によって変動する。また、茨城県の雄の最小成熟全長は30 cmで、2歳で全個体が成熟する。本評価報告書で仮定した雌雄別年齢別成熟率および雌雄別全長別成熟率を図 2-3a および 2-3b に示す。年齢の起算日は1月1日とし、雄では2歳魚の半分および3歳魚以上、雌では3歳魚の半分および4歳魚以上の資源量の合計を親魚量として計算した。

仙台湾・常磐海区における産卵期は5～9月（産卵盛期：6～8月）であり、産卵様式は数十回に分けて行う多回産卵型である（竹野ほか 1999、Kurita 2012）。飼育下では2ヶ月以上にわたってほぼ毎日産卵を行う（平野・山本 1992）。卵は分離浮性卵で、水温15℃では約60時間、水温20℃では約35時間で孵化する（安永 1988）。

(4) 被捕食関係

着底後の稚魚は甲殻類のアミ類を主に捕食するが、全長10 cm以上になると、主にカタクチイワシやマイワシ、イカナゴ科を中心とした魚類を捕食ようになる。一方、被食については、着底直後のヒラメ稚魚がエビジャコ類に、着底後1～2ヶ月の稚魚が、1～2歳のヒラメを含む大型魚類に被食されることが報告されている（古田 1998）。仙台湾・常磐

海区においては、ヒラメ高齢魚、クサウオ、コモンカスベ、ヒラツメガニなどに放流稚魚が被食される (Tomiyama et al. 2009) もの、天然稚魚の被食例は稀であるとの報告もある (Tomiyama et al. 2009、Kurita et al. 2018)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群は、沖合底びき網漁業 (以下、「沖底」という) ・小型底びき網漁業 (以下、「小底」という) ・刺網・定置網等によって周年漁獲されている (図 3-1、表 3-2)。近年、資源の保護・管理を目的として、漁具漁法、目合制限、操業時期などのさまざまな規制措置が行われている。また、各県において小型魚の保護を目的に漁獲対象サイズ規制が実施されている (宮城県の中南部海域 (石巻～山元) では全長 35 cm 以上、福島県では 2016 年 9 月 2 日以降、漁獲物の全長 50 cm 規制を導入し、2021 年 4 月からは、いわき地区が全長 40 cm、相双地区が全長 50 cm、他は全長 30 cm 以上を漁獲対象としている)。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、10 年程度の周期的な変動をしている (図 3-2)。1972、1973 年や 1986 年の漁獲量は 1,500 トン以上であったものの、1980 年代前半や 1990 年代前半には 500 トン前後であった。1995 年以降の漁獲量は増加傾向にあり、2003～2005 年と震災に伴う漁獲努力量の大幅な減少の影響がみられる 2011、2012 年を除き、概ね 1,500 トン程度あるいはそれ以上であった。漁獲努力量が回復した 2014 年と 2015 年の漁獲量は 2,500 トンを超えたものの、その後減少し、2016～2022 年は約 1,600～2,300 トンで推移している。2024 年の漁獲量は 1,943 トンで、前年 (2,032 トン) よりやや減少した。

年齢別漁獲尾数ならびに漁獲量の推移を見ると、本系群におけるヒラメの年齢構成は 2013 年頃を境に大きく変化していた (図 3-3、3-4)。1990～2013 年の漁獲量では、1～3 歳が全体の 7～8 割を占め、4～5+歳が 2～3 割であった。2013 年は 3 歳魚 (3 歳魚は 2010 年級に相当) の割合が急増し、全体の約 6 割を占めた。2014 年以降、漁獲量では 4～5+歳が全体の約 5 割を占めるようになり、2024 年は 1～3 歳が 40%、4～5+歳が 60%であった。

なお、青森県竜飛～茨城県で実施された遊漁採捕量調査によれば、遊漁 (船釣り遊漁船) による採捕量は 1992 年では 19 トン (当年の漁獲量に対して 3.2%、遊漁採捕量調査の海域と資源評価の系群が異なっているので参考値とする) に留まっていたが、1997 年では 91 トン (5.1%)、2002 年では 110 トン (7.6%) (農林水産省統計情報部 1993、1998、2003)、2008 年は 79 トン (5.2%) と報告されている (水産庁資源管理部沿岸沖合課 2009)。これ以降、漁区別の遊漁漁獲量情報は公表されておらず、近年の採捕量は不明である。

(3) 漁獲物の体長・年齢組成

2024 年に各県で漁獲されたヒラメの全長組成を図 3-5 に示す。岩手県では 40～45 cm を中心とした分布が見られ、2～3 歳魚が主流を占めていたと推察される。30～35 cm の個体も一定数漁獲されていた一方、60 cm 以上の大型個体の出現頻度は低く、高齢魚の比率は限定的と考えられる。宮城県では、35 cm および 40 cm 付近にピークがあり、小型個体の割合が高いことから、1～2 歳魚が漁獲の中心であったと推察される。福島県では最頻値が

50 cm 前半に位置し、他県とは異なる全長組成を示した。この違いは、各県（地域）における漁獲物の全長規制の違いによると考えられる（(1) 漁業の概要を参照）。茨城県では 40 cm 後半および 50 cm 後半にピークがあり、3~5+歳の比較的大型の個体が漁獲の中心となっていた。千葉県（夷隅地域以北）では、全長分布が右に裾を引く形（右裾長）を示し、30~35 cm の小型個体が主流であった一方、60 cm 以上の大型個体も一定数漁獲されており、年齢構成の幅は比較的広いと考えられる。

(4) 漁獲努力量

本系群では漁業の多様性と操業形態の地域差により、ヒラメに対する漁獲努力量全体の把握が困難である。参考として、金華山~房総海区における沖底（オッタートロール）の有漁網数（ヒラメが漁獲された操業日の網数）の推移を図 3-6 および表 3-3 に示した。年間有漁網数の推移は、海区によって大きく異なっていた。金華山海区では 1990~2000 年にかけて増加し、2000 年代は約 3,000~9,000 網/年で推移し、震災によって一時的に減少したが 2013~2023 年は約 5,000~8,000 網/年となり、2024 年は 4,487 網/年であった。常磐海区の有漁網数は 1990~1994 年まで減少傾向を示し、その後急増して 1996~2010 年では一部の年を除き 20,000 網/年を超えていた。2011 年以降は震災の影響で大きく減少したが、その後増加し、2024 年は 6,563 網/年で震災前年（2010 年）の約 4 割であった。房総海区では 1990 年以降、長期的に減少しており、2024 年は 3,580 網/年であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1990~2023 年のデータに加え、2024 年に精密測定された年齢査定済みの個体データを用いて、1~6 月、7~12 月の 2 期別に 1~5+歳の Age-Length key を雌雄別に作成し（補足表 2-1）、併せて漁獲物の全長組成、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、雌雄を合わせて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

金華山~房総海区における沖底（オッタートロール）の年間有漁網数当たりの年間漁獲量（以下、「ノミナル CPUE」という）を年ごとの平均値で示した（図 4-1、表 4-1）。海区別のノミナル CPUE は、どの海区でも 1990 年代前半まで 1~5 kg/網程度の低い値で推移していた。その後、1995~2010 年まで 2~12 kg/網程度で推移し、さらに震災以降に急増した。2024 年のノミナル CPUE は、金華山海区で 13.5 kg/網、常磐海区で 59.4 kg/網、房総海区で 11.8 kg/網であり、常磐海区では他海区に比べて高い状態を維持していた。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

コホート解析で推定した資源尾数と資源量を図 4-2、4-3、表 4-2 に示した。資源量は、1990 年代前半は 1,300 トン前後であったが、1995~2002 年は 3,000 トン前後に増加した。2003 年と 2004 年の資源量は 2,500 トン以下に減少したものの、2005 年以降、再び増加し、2006~2010 年は約 4,000~5,000 トンとなった。震災以降、資源量はさらに急増し、2012 年

には約 7,000 トン、2013～2014 年には約 10,000 トンになった。その後、資源量は 2020 年まで減少して、2021 年以降に増加、2024 年は 8,443 トンと推定された。

1990 年以降の資源量と漁獲量から計算した漁獲割合は、震災前の 1990～2010 年は 35～51% で推移していたが、震災直後の 2011、2012 年はそれぞれ 20、13% に低下した。2013～2023 年の漁獲割合は 21～30%、2024 年は 23% であり、震災前年（2010 年）の約 6 割であった（図 4-3、表 4-2）。親魚量は資源量同様に、2012 年と 2013 年に急増し、2014 年は 7,000 トンを超えた（図 4-4、表 4-2）。その後、親魚量は 2020 年まで減少し、その後に増加、2024 年は 6,194 トンと推定された。

コホート解析の推定結果に与える仮定値の感度分析として、自然死亡係数（M）の違いが資源量、親魚量、天然加入尾数に及ぼす影響を図 4-5 に示す。資源量については、M の推定値を 1.5 倍にした場合、115～158% に増加し、0.5 倍にした場合、72～88% に減少した。なお、M による推定値への影響は、高齢魚の割合が高い震災以降で大きい傾向があった。

年齢別漁獲係数（F）の推移を図 4-6 に示す。年齢平均の F では、1990～2010 年は 0.50～0.93 の範囲で推移したが、2011 年は 0.35、2012 年には 0.17 に大きく低下した。2013～2023 年の年齢平均の F は 0.26～0.38 で推移し、2024 年は 0.27 であり、震災前の水準と比較して低い値となっていた。なお、1 歳魚の F 値は全期間を通して低い傾向にあった他、3 歳魚の F 値は 1990 年代に他の年齢よりも高い傾向にあった。

（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る。本系群における放流尾数は 1990～2000 年にかけて増加し、その後は震災前（2010 年）まで年間約 4,000 千尾を放流してきた（図 4-7、表 4-3）。震災の影響で放流尾数は激減したものの、その後回復し、2024 年の放流尾数は 2,985 千尾と、概ね震災前の水準に戻っている。

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 1 歳魚の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））。人工種苗生産時における黒化率の全国平均値（67.8%）で補正した補正混入率は、2006～2023 年は 1.5～21.2% の間で変動し、2024 年は 4.8% であった（表 4-4）。

1 歳魚の天然加入尾数は 2006、2008、2011 年（年級群はそれぞれ -1 年）の加入群が多かった（図 4-8、表 4-2）。2012～2023 年の天然加入尾数は約 2,000 千～4,000 千尾であり、2024 年は 2,380 千尾であった。

1991～2010 年の添加効率（放流魚の漁獲加入 1 歳までの生残率）は、0.047～0.378 の範囲で推移していた（表 4-3）。震災以降、添加効率は低下し、2016 年以降は 0.1 以下となっている。2024 年の添加効率は 0.035 であった。

（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 4-9 および表 4-2 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。1990～2010 年の %SPR は、概ね 10% 以下で推移していた。2012 年の %SPR は、震災の影響による漁獲圧の低下によって約 40% に

増加した。2013～2023年の%SPRは20～30%で推移し、2024年は27.1%であった。

Fmsy に対する YPR と %SPR の関係を図 4-10 に示す。このとき F の選択率としては、令和 4 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 SBmsy を維持する漁獲圧 F (Fmsy) の推定に用いた値 (富樫ほか 2022a) を用いた。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 および現状の漁獲圧 (F2021-2023) を %SPR に換算すると、それぞれ 22.9、27.0%に相当することから、現状の漁獲圧 (F2021-2023) の水準は Fmsy を下回る。

(6) 再生産関係

親魚量 (重量) と加入量 (1 歳魚資源尾数) の関係 (再生産関係) を図 4-11 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ケ- スティック型再生産関係が適用されている (富樫ほか 2022a)。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 4 (2022) 年度の資源評価 (富樫ほか 2022b) に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。なお、加入量としては天然由来の加入尾数のみを使用している。再生産関係式の各パラメータを補足表 7-1 に示す。

(7) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在 (1990 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 SBmsy を維持する漁獲量として、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 (富樫ほか 2022a) を補足表 7-2 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 4-12 に示す。また、2024 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 7-3 に示した。本系群における 2024 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SBmsy) を上回っており、SBmsy の 1.52 倍である。また、2024 年の漁獲圧は、SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を下回っており、SBmsy を維持する漁獲圧の 0.84 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy) 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、直近 5 年間 (2020～2024 年) の推移から増加と判断される。

5. 資源評価のまとめ

ヒラメ太平洋北部系群の資源量は、2011 年に加入した 1 歳魚の加入尾数 (2010 年級) が多かったことと震災による漁獲努力量の減少により、2011 年以降増加し、2013～2014 年には約 10,000 トンに達した。その後、資源量は 2020 年まで減少して、2021 年以降に増加、2024 年は 8,443 トンと推定された。親魚量も資源量同様、2012 年と 2013 年に急増し、2014 年の親魚量は 7,000 トンを超えた。その後、親魚量は 2020 年まで減少して増加、2024 年は 6,194 トンと推定された。

2024 年の親魚量は MSY を実現する水準を上回り (SBmsy の 1.52 倍)、その動向は直近 5 年間 (2020～2024 年) の推移から増加と判断された。2024 年の漁獲圧は、SBmsy を維持す

る漁獲圧 (Fmsy) を下回っている (Fmsy の 0.84 倍)。

6. その他

ヒラメの資源管理においては、小型魚の漁獲をしないことが有効であり (太平洋北ブロック資源管理型漁業推進協議会 1994)、各県では 1990 年代後半に全長 30 cm 未満 (宮城県の中南部海域 (石巻～山元) では全長 35 cm 未満、福島県では 2021 年 4 月から、いわき地区が 40 cm、相双地区が 50 cm 未満) の漁獲禁止・再放流の管理措置を実施している。今後も小型魚を水揚げしない措置を継続することが重要である。ただし、混獲された小型個体の再放流後の生残率が低いとの指摘もあり、適切な管理方策の策定にあたっては、放流した後の生残率に関する知見等の充実を図ることも重要である。

また、遊漁による採捕量調査については、2008 年以降実施されておらず、近年の採捕量は不明であることから、調査を検討していくことも必要である。

7. 引用文献

- 古田晋平 (1998) 鳥取県におけるヒラメ人工種苗放流技術の開発に関する行動・生態学的研究. 鳥取水試報告, **35**, 1-76.
- 後藤友明・佐々木律子 (2015) 標識放流・再捕データに基づくヒラメ若齢魚の岩手県北部からの移動パターン. 岩手水技セ研報, **8**, 5-11.
- 平野ルミ・山本栄一 (1992) 個別飼育実験によるヒラメの産卵周期と産卵数の確認. 鳥取水試報告, **33**, 18-28.
- 茨城県水産試験場 (1975) 太平洋北区栽培漁業漁場資源生態調査結果報告書. 84 pp.
- 石戸芳男 (1990) 東北海区北部におけるヒラメ若齢魚の分布と移動. 東北水研研報, **52**, 33-43.
- Kurita, Y. (2012) Revised concepts for estimation of spawning fraction in multiple batch spawning fish considering temperature-dependent duration of spawning markers and spawning time frequency distribution. *Fish. Res.*, 117-118, 121-129.
- Kurita, Y., Y. Okazaki and Y. Yamashita (2018) Ontogenetic habitat shift of age-0 Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* on the Pacific coast of northeastern Japan: differences in timing of the shift among areas and potential effects on recruitment success. *Fish. Sci.*, **84**, 1-15.
- Kurita, Y., T. Sakuma, S. Kakehi, S. Shimamura, A. Sanematsu, H. Kitagawa, S. Ito, R. Kawabe, Y. Shibata and T. Tomiyama (2021) Seasonal changes in depth and temperature of habitat for Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* on the Pacific coast of northeastern Japan. *Fish. Sci.*, **87**, 223-237.
- 二平 章・高瀬英臣・別井一栄・石川弘毅 (1988) 茨城県沿岸海域におけるヒラメの標識放流. 茨城水試研報, **26**, 137-159.
- 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.

- Seikai, T., J.B. Tanangonan and M. Tanaka (1986) Temperature influence on larval growth and metamorphosis of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the laboratory. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 52, 977-982.
- 水産庁資源管理部沿岸沖合課 (2009) 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](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) (last accessed 31 Jul. 2024)
- 太平洋北ブロック資源管理型漁業推進協議会 (1994) 太平洋北ブロック資源管理推進指針, 84pp.
- 竹野功壘・濱中雄一・木下 泉・宮嶋俊明 (1999) 若狭湾西部海域におけるヒラメの成熟. 日水誌, **65**, 1023-1029.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研研報, **28**, 1-200.
- 富樫博幸・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・金森由妃・永尾次郎・櫻井慎大 (2022a) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ太平洋北部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, 1-45. FRA-SA2022-BRP07-01. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220930/FRA-SA2022-BRP07-01.pdf (last accessed 31 Jul. 2023)
- 富樫博幸・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・金森由妃・永尾次郎・櫻井慎大 (2022b) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産研究・教育機構, 1-40. FRA-SA2022-AC-60. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_60.pdf (last accessed 31 Jul. 2023)
- Tomiyama, T., Ebe K., Kawata, G. and Fujii, T. (2009) Post-release predation on hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the coast of Fukushima, Japan. J. Fish Biol., **75**, 2629-2641.
- 安永義暢 (1988) ヒラメ仔稚魚の生理生態に関する研究. 水工研研報, **9**, 9-164.
- Yoneda, M., Y. Kurita, D. Kitagawa, M. Ito, T. Tomiyama, T. Goto and K. Takahashi (2007) Age validation and growth variability of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* off the Pacific coast of northern Japan. Fish. Sci., **73**, 585-592.



図 2-1. ヒラメ太平洋北部系群の分布

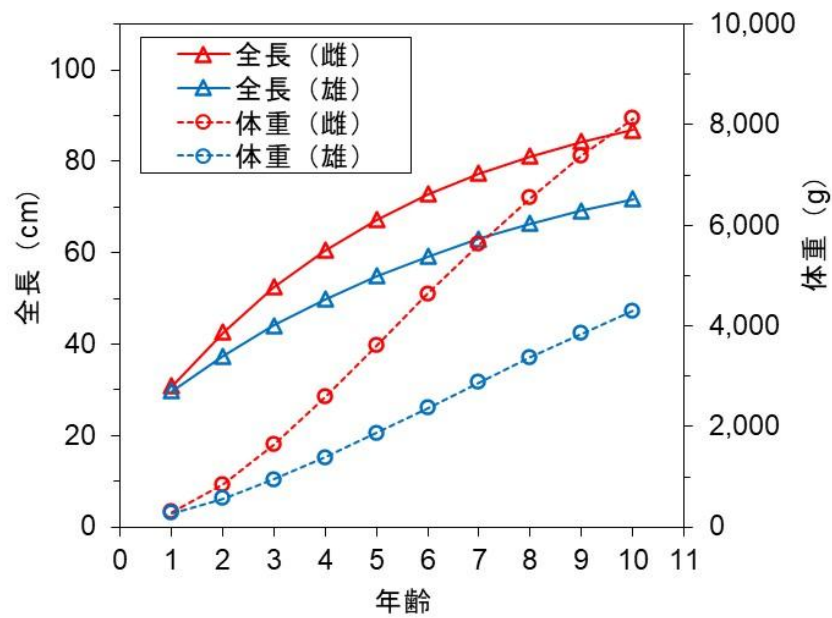


図 2-2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係 Yoneda et al. (2007) より作成、年齢の起算日は7月1日である。

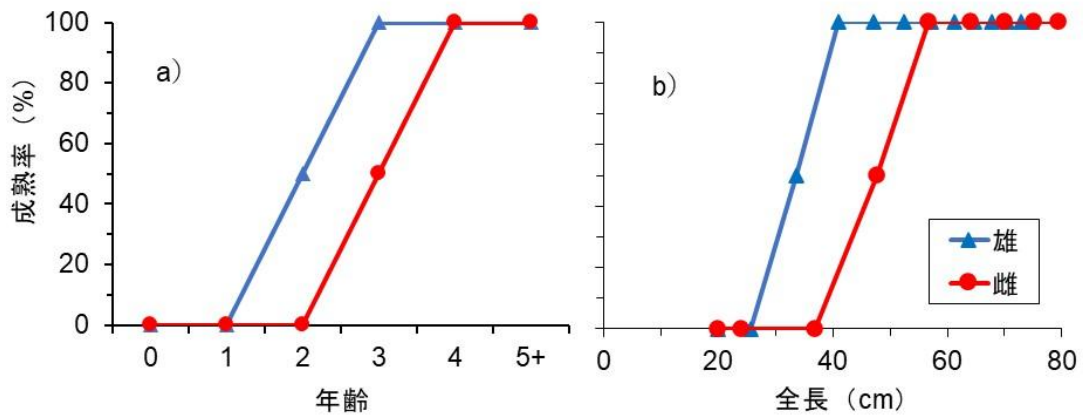


図 2-3. 雌雄別年齢別成熟率（左図 a）および雌雄別全長別成熟率（右図 b） 年齢の起算日は1月1日である。

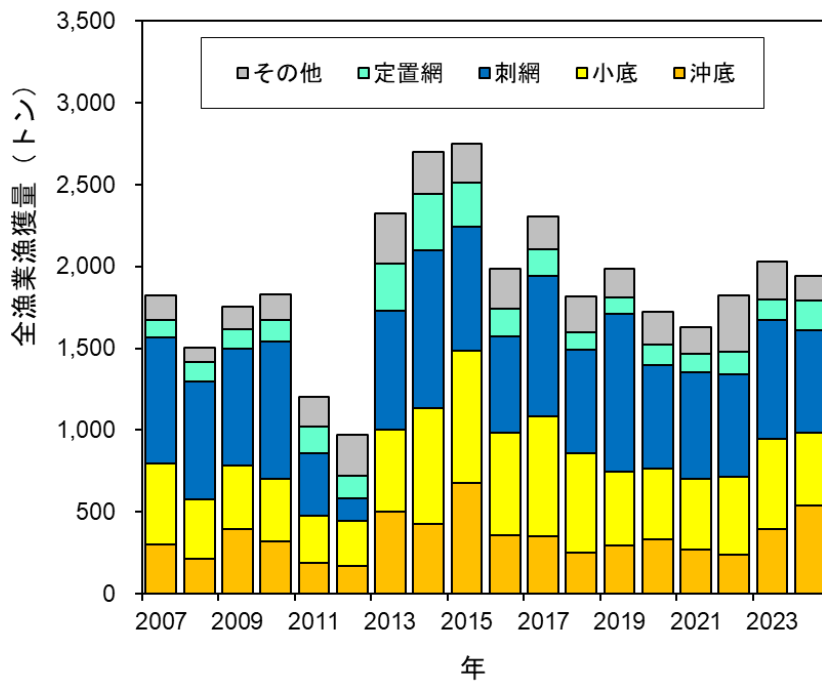


図 3-1. 漁業種類別漁獲量の推移 岩手県～千葉県（夷隅地域以北）の全漁業合計値を示す。

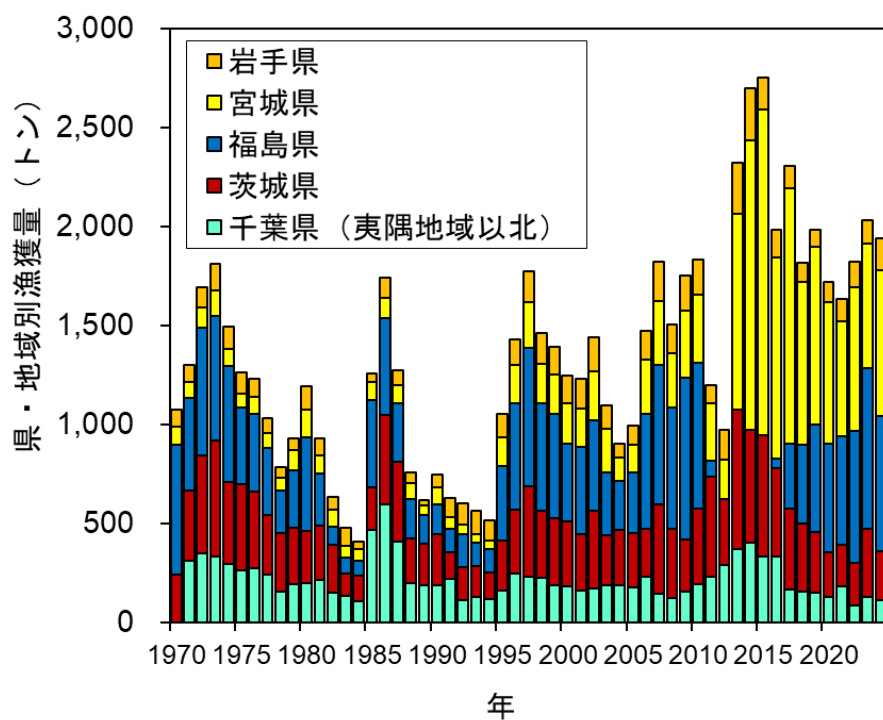


図 3-2. 県・地域別漁獲量の推移 漁業・養殖業生産統計年報より作成した。1970 年の千葉県 (夷隅地域以北) の漁獲量は、ひらめ・かれい区分のため表記していない。

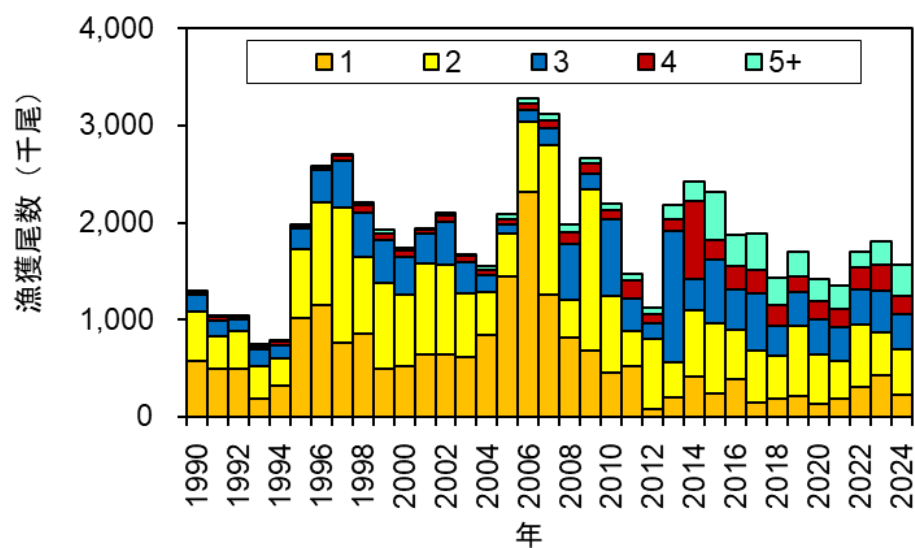


図 3-3. 年齢別漁獲尾数の推移

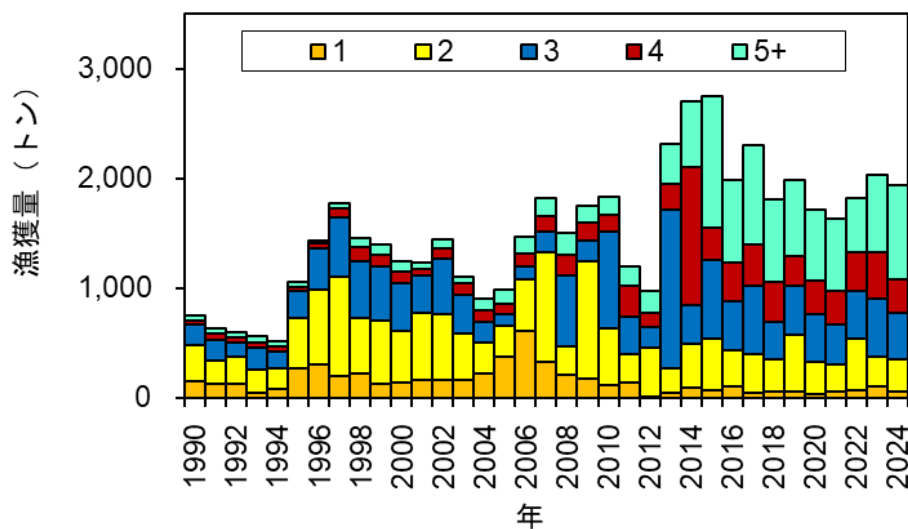


図 3-4. 年齢別漁獲量の推移

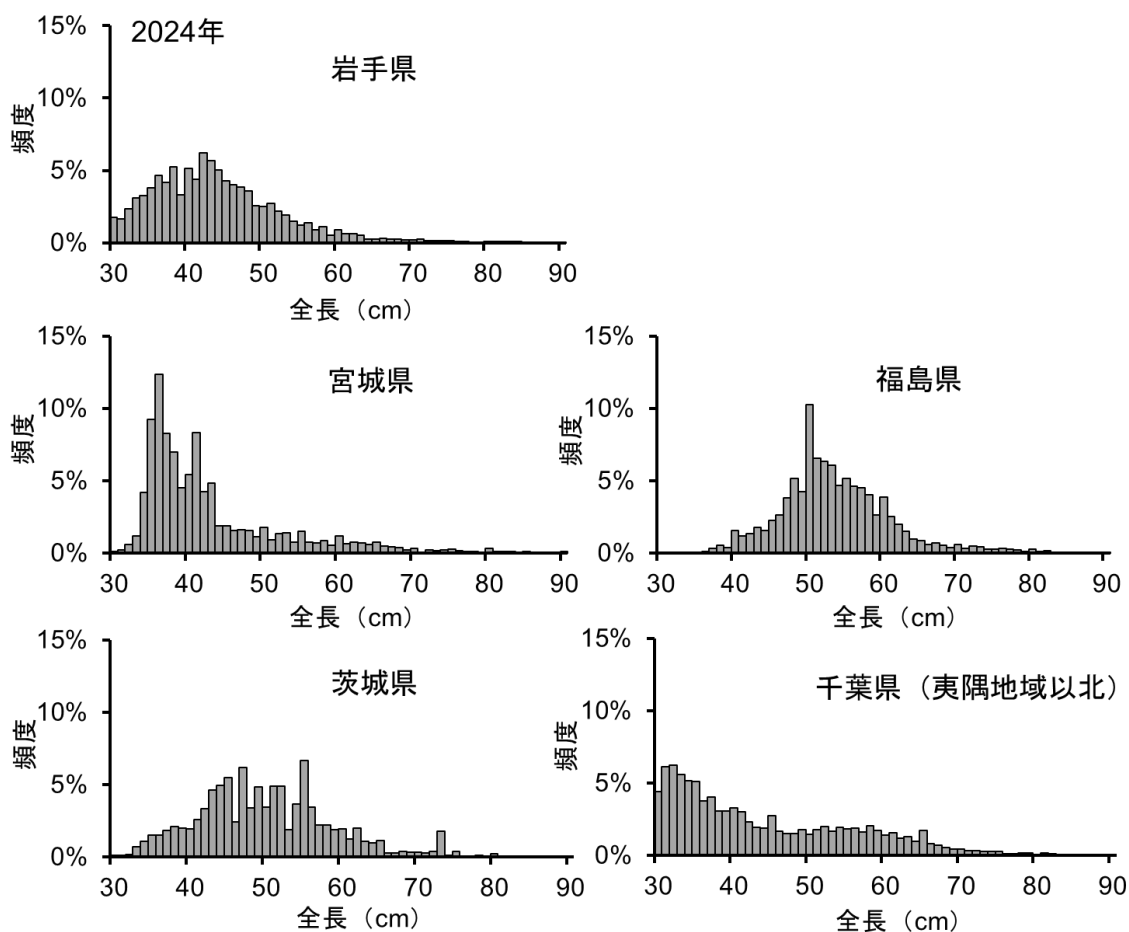


図 3-5. 2024 年における各県のヒラメ漁獲物の全長組成

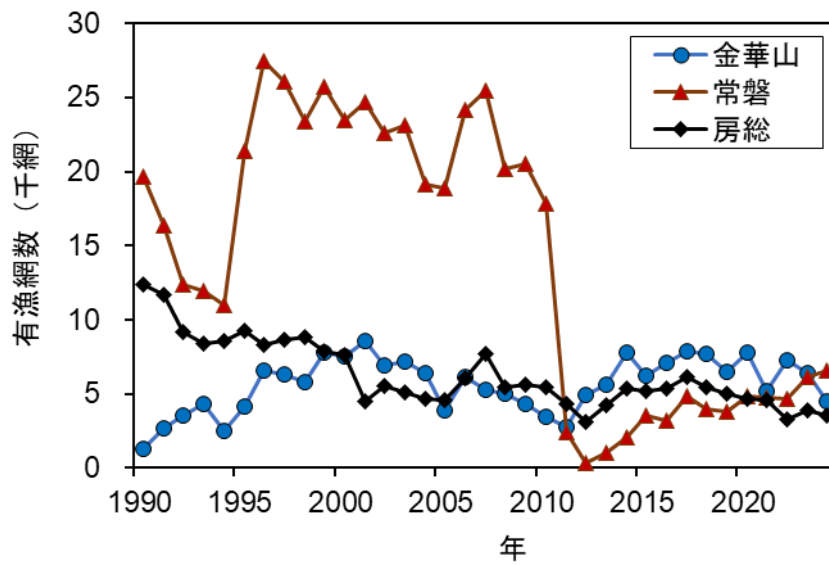


図 3-6. 海域別の沖底（オッタートロール）によるヒラメの有漁網数の経年変化

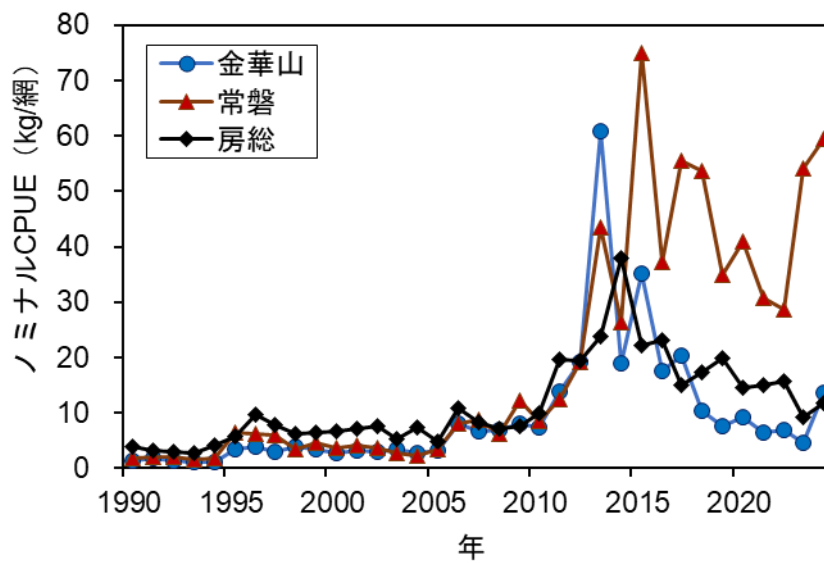


図 4-1. 海域別の沖底（オッタートロール）によるヒラメのノミナル CPUE ノミナル CPUE は有漁 1 網あたりの漁獲量を年ごとの平均値で示した。

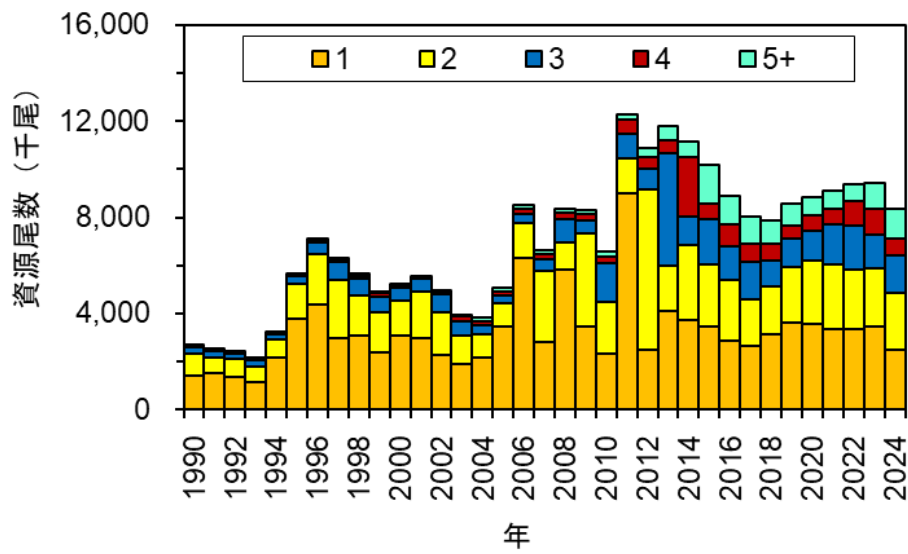


図 4-2. 年齢別資源尾数の推移

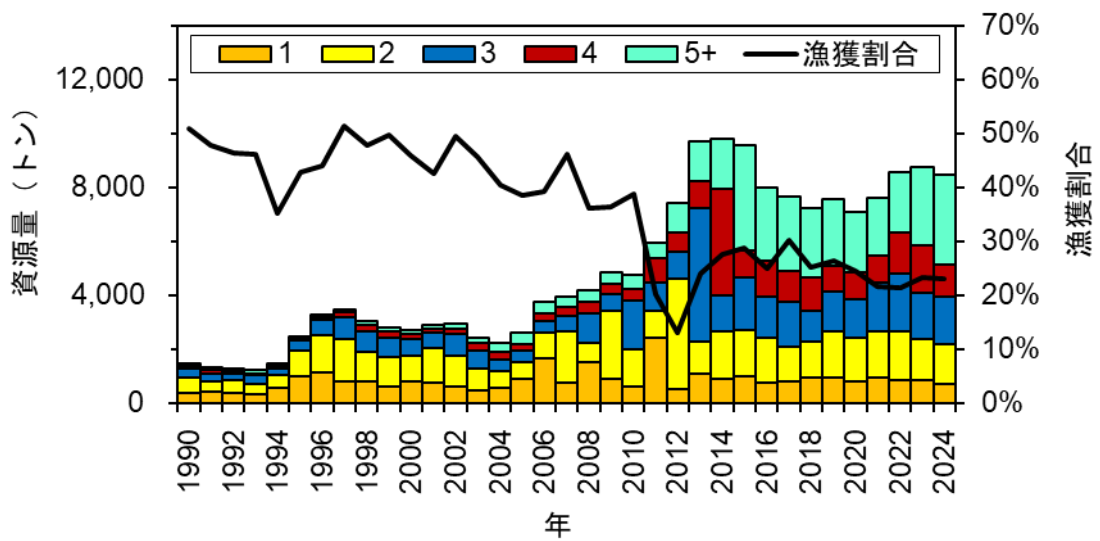


図 4-3. 年齢別資源量および漁獲割合の推移

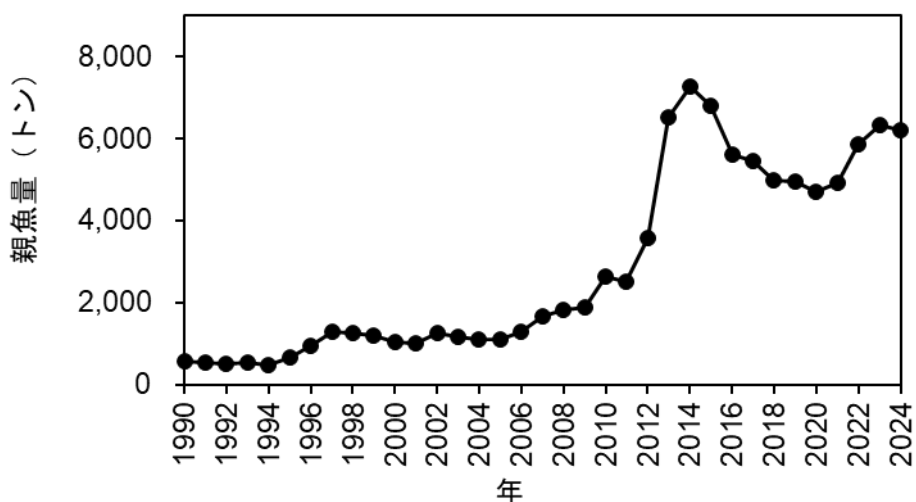


図 4-4. 親魚量の推移 雌雄込で 2 歳魚の 1/4、3 歳魚の 3/4、4 歳以上魚の資源量の合計値とした。

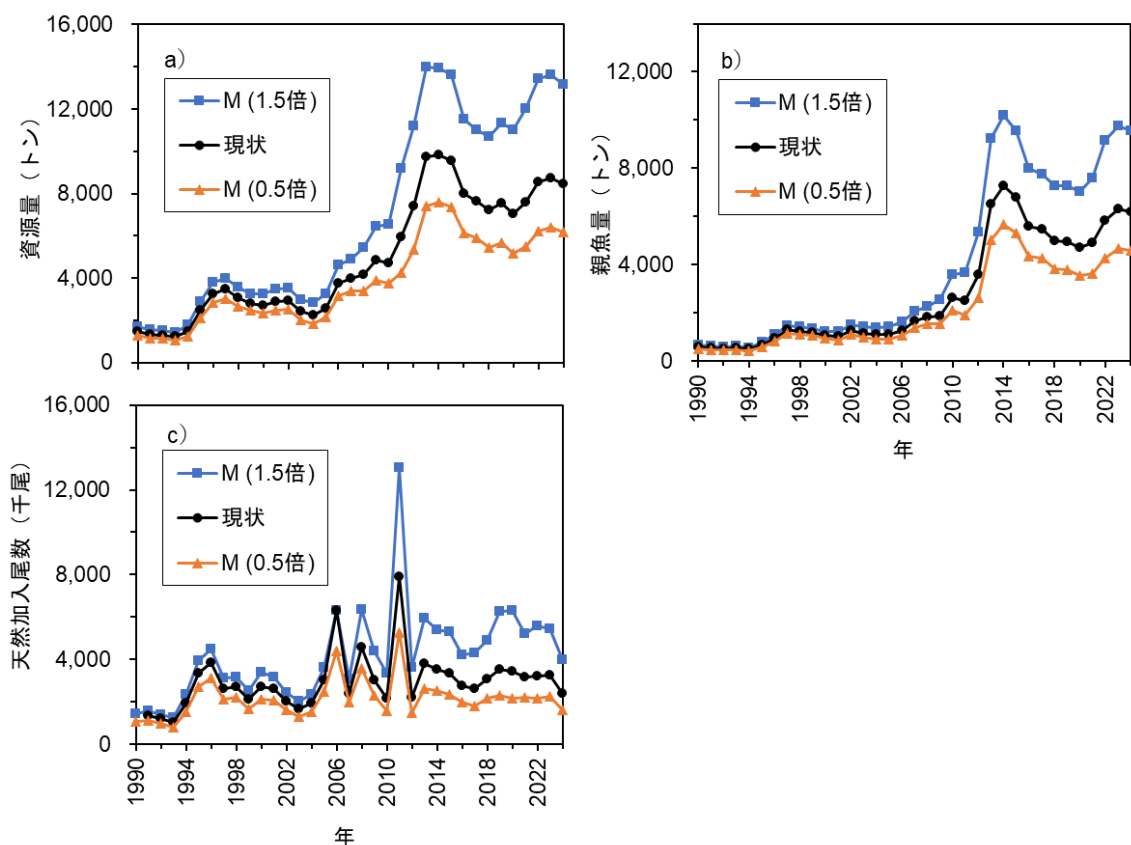


図 4-5. 自然死亡係数 M の値についての a) 資源量、b) 親魚量、c) 天然加入尾数の感度解析

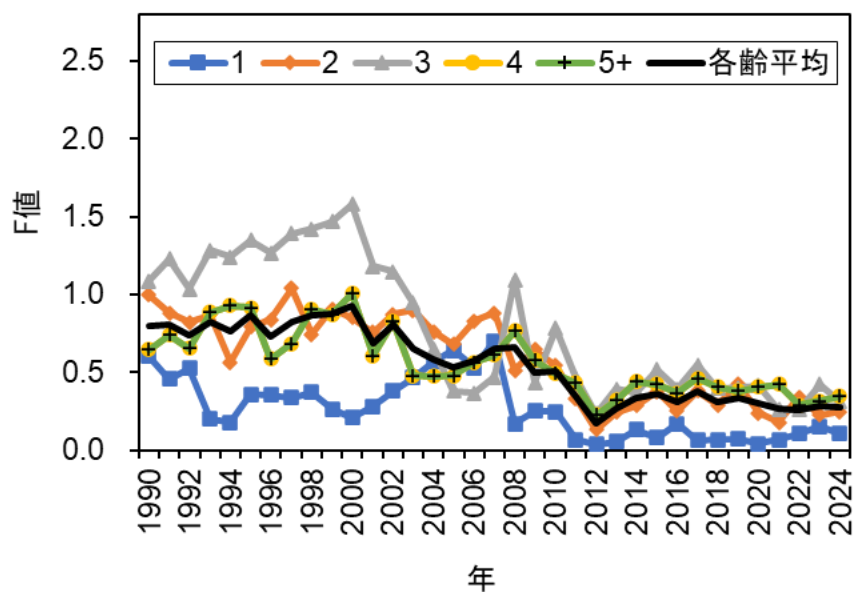


図 4-6. 年齢別漁獲係数 F の推移

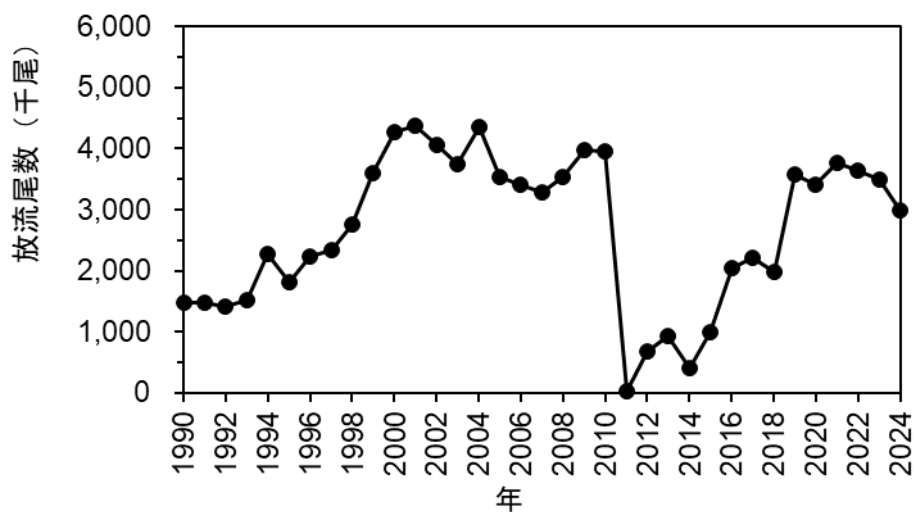


図 4-7. 放流尾数の推移 震災年（2011 年）は 34 千尾である。

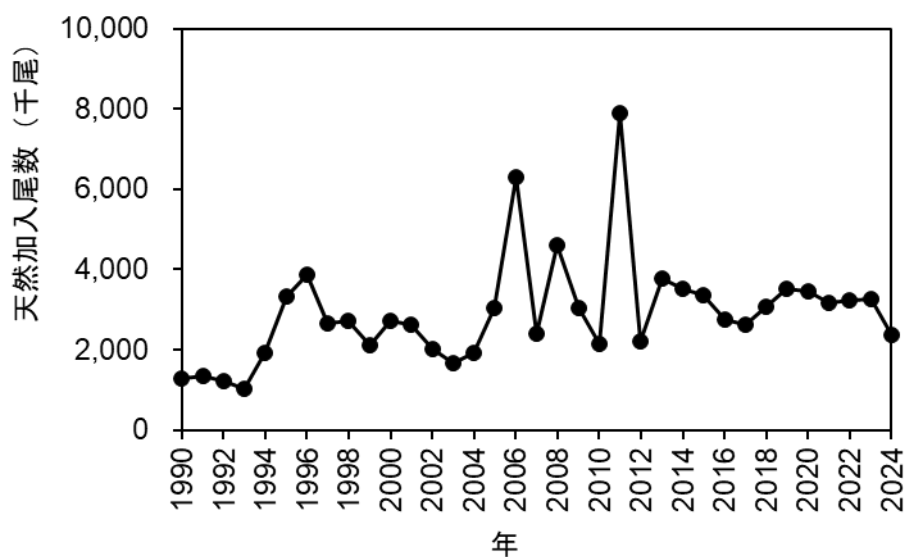


図 4-8. 天然加入尾数 (1 歳魚) の推移 天然の加入尾数は、コホート解析で推定した 1 歳魚の資源尾数 (天然+放流) と各年の補正混入率 (漁獲尾数に占める放流尾数の割合を黒化率で補正した値、表 4-4) から、1 歳魚資源尾数 × (1 - 補正混入率) として計算した。

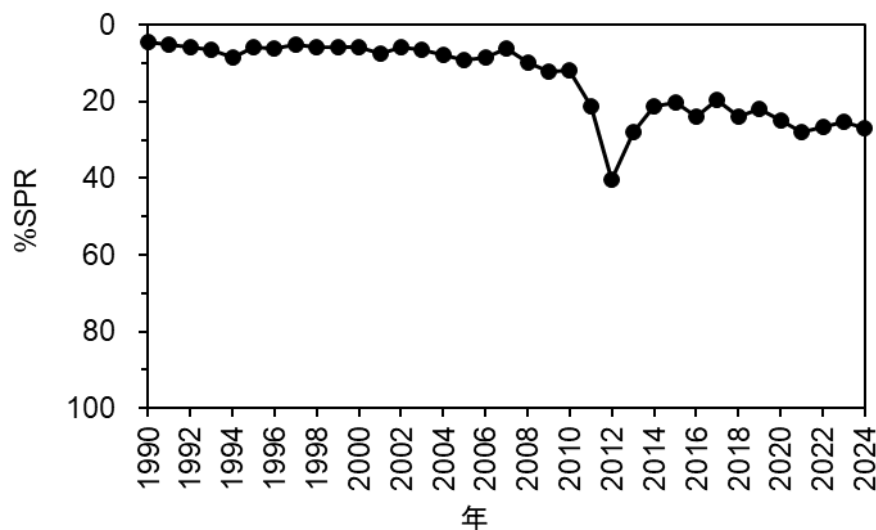


図 4-9. %SPR 値の経年推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い (低い) と %SPR は小さく (大きく) なる。

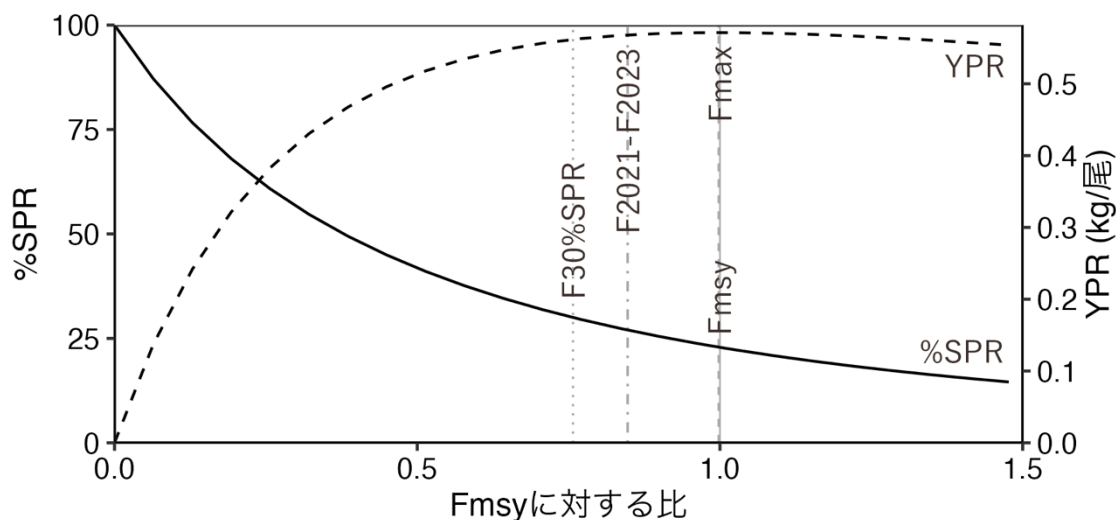


図 4-10. Fmsy に対する YPR と%SPR の関係

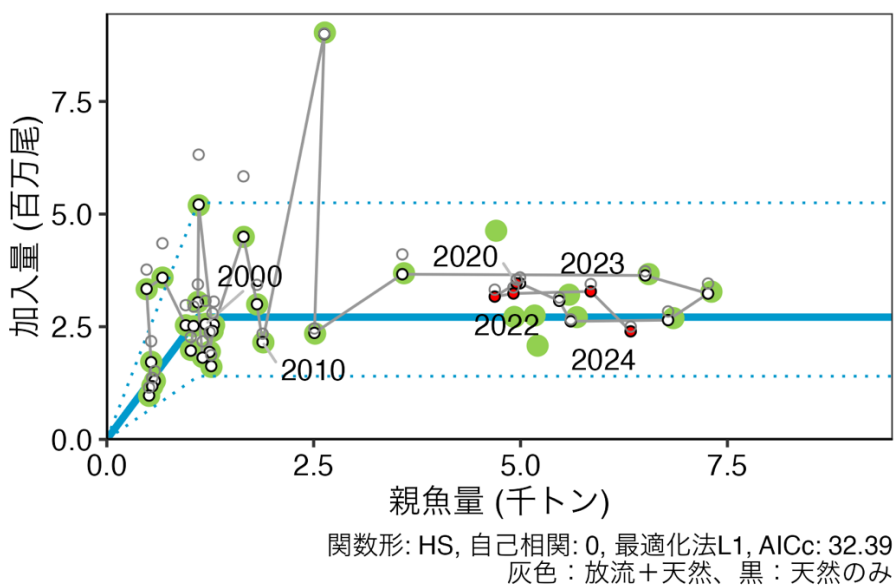


図 4-11. 親魚量と加入量の関係 青実線は本系群で適用した再生産関係式であり、上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。再生産関係式のパラメータ（自己相関を考慮しないホッカー・スティック (HS) 型再生産関係式を用い、最小絶対値法により推定）は令和 4 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（富樫ほか 2022a）に示された値に基づく。塗りつぶしの黄緑丸印は、この再生産関係推定時の親魚量と加入量を示す。白抜丸印および赤丸印は本年度評価における 1990～2023 年の親魚量と 1991～2024 年の加入量を示し、黒色は天然のみ、灰色は種苗放流を加味した値である。図中の数字は加入群（1 歳魚）の加入年を示す。

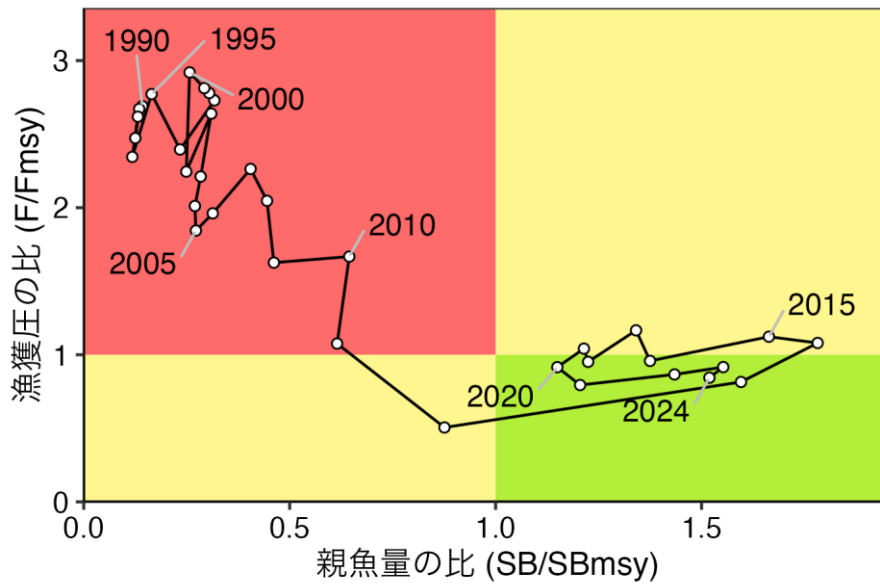


図 4-12. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

表 3-1. ヒラメ太平洋北部系群の県別・地域別漁獲量 (トン)

年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
岩手県	87	87	100	138	110	105	92	71	54	61	121
宮城県	92	80	101	126	86	68	81	77	63	103	139
福島県	656	466	646	629	589	387	394	336	217	288	472
茨城県	243	353	495	582	413	434	388	302	295	282	264
千葉県北部	-	316	351	338	296	268	275	245	157	198	201
計	-	1,302	1,693	1,813	1,494	1,262	1,230	1,031	786	932	1,197
年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
岩手県	82	64	89	42	41	105	74	55	30	64	99
宮城県	93	87	63	55	95	100	92	81	45	89	61
福島県	264	88	78	79	438	487	297	196	147	150	115
茨城県	271	245	115	129	215	453	403	229	210	255	133
千葉県北部	219	151	135	108	470	598	408	199	189	192	225
計	929	635	480	413	1,259	1,743	1,274	760	621	750	633
年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
岩手県	106	117	102	121	127	156	156	140	139	150	171
宮城県	49	44	42	145	194	232	195	202	201	195	250
福島県	163	116	117	375	536	700	544	525	396	439	458
茨城県	170	155	134	248	323	451	336	339	326	287	388
千葉県北部	114	132	123	166	251	236	230	189	184	161	176
計	602	564	518	1,055	1,431	1,775	1,461	1,395	1,246	1,232	1,443

表 3-1. (続き)

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
岩手県	120	70	96	142	201	146	177	177	96	149	258
宮城県	220	120	137	276	320	271	339	344	288	197	987
福島県	315	243	304	580	704	615	813	734	78	0	0
茨城県	251	280	277	242	452	349	265	380	505	336	702
千葉県北部	193	192	179	233	146	124	158	197	235	291	375
計	1,099	905	993	1,473	1,823	1,505	1,752	1,832	1,202	973	2,322
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
岩手県	262	161	141	113	98	87	100	109	129	120	163
宮城県	1,465	1,644	1,015	1,289	819	894	718	579	725	624	737
福島県	0	0	51	328	397	541	545	549	669	814	681
茨城県	566	614	446	407	344	308	227	212	212	341	248
千葉県北部	406	333	333	169	158	153	131	183	90	133	114
計	2,699	2,752	1,986	2,306	1,816	1,983	1,721	1,632	1,825	2,032	1,943

漁業・養殖業生産統計年報より作成した。

1970年の千葉県北部の漁獲量は、ひらめ・かれい区分のため表記していない。

千葉県北部は夷隅地域以北である。

2024年は暫定値である。

表 3-2. ヒラメの県別漁業種類別漁獲量 (トン)

漁業種類		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
岩 手 県	沖底	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	小底	-	-	-	0	0	-	-	0	0
	刺網	110	61	80	68	27	43	63	72	28
	定置網	78	77	85	92	66	100	184	176	118
	その他	14	8	10	10	4	6	11	14	15
	計	201	146	177	177	96	149	258	262	161
宮 城 県	沖底	32	34	31	24	42	99	374	171	377
	小底	89	68	112	90	28	-	119	421	463
	刺網	173	131	164	188	119	48	390	702	655
	定置網	25	34	26	40	96	34	101	168	148
	その他	2	4	5	2	2	0	1	3	1
	計	320	271	339	344	288	197	987	1,465	1,644
福 島 県	沖底	246	166	325	216	33	0	0	0	0
	小底	137	85	133	105	25	0	0	0	0
	刺網	304	348	338	396	19	0	0	0	0
	定置網	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	その他	17	16	17	16	1	0	0	0	0
	計	704	615	813	734	78	0	0	0	0
茨 城 県	沖底	-	-	22	59	77	47	93	138	255
	小底	225	159	97	117	164	151	269	180	208
	刺網	150	141	110	154	194	27	235	160	45
	定置網	-	-	5	-	-	-	-	-	-
	その他	42	-	31	30	62	111	73	69	72
	計	452	349	265	380	505	336	702	566	614
千 葉 県 北 部	沖底	18	9	14	19	34	20	30	112	36
	小底	33	37	46	61	69	120	104	107	126
	刺網	21	17	23	21	23	17	26	19	19
	定置網	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	74	61	75	96	109	134	215	168	152
	計	146	124	158	197	235	291	375	406	333

表 3-2. (続き)

漁業種類		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
岩手県	沖底	1	-	1	0	2	1	0	0	1
	小底	0	2	0	0	0	0	0	0	0
	刺網	38	28	34	23	21	24	31	26	28
	定置網	88	67	53	55	69	74	81	76	117
	その他	14	12	10	8	9	10	17	18	17
	計	141	113	98	87	100	109	129	120	163
宮城県	沖底	141	191	95	51	67	29	55	32	69
	小底	312	382	286	193	242	203	275	168	211
	刺網	485	629	393	604	363	306	171	372	387
	定置網	76	86	42	45	45	36	47	42	63
	その他	0	1	3	0	1	5	177	10	7
	計	1,015	1,289	819	894	718	579	725	624	737
福島県	沖底	-	-	-	124	160	86	133	252	301
	小底	7	56	70	74	89	97	83	184	129
	刺網	1	35	74	277	208	305	400	310	187
	定置網	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	9	37	69	66	87	61	53	68	64
	計	51	328	397	541	545	549	669	814	681
茨城県	沖底	168	93	86	74	69	40	24	71	105
	小底	168	166	144	142	62	95	91	155	77
	刺網	42	82	61	46	38	46	25	22	18
	定置網	-	-	-	-	11	6	11	7	4
	その他	57	57	43	30	46	25	61	86	44
	計	446	407	344	308	227	212	212	341	248
千葉県北部	沖底	38	32	41	41	37	56	27	43	63
	小底	127	61	45	43	37	53	25	40	25
	刺網	11	3	2	2	1	1	1	0	7
	定置網	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	157	73	70	67	56	73	37	50	19
	計	333	169	158	153	131	183	90	133	114

「漁業・養殖業生産統計年報」による。

2024年の漁獲量は統計情報部による暫定値。

-は、秘匿情報を含むため不明であることを示す。

2006年以前の県別漁業種類別漁獲量はデータ未整理である。

千葉県北部は夷隅地域以北である。

2024年は暫定値である。

表 3-3. 沖底（オッタートロール）による海区別有漁網数（網/年）と 3 海区の平均値

年	有漁網数(網/年)			
	金華山	常磐	房総	3 海区平均
1990	1,277	19,657	12,404	11,113
1991	2,707	16,351	11,681	10,246
1992	3,585	12,404	9,162	8,384
1993	4,294	11,983	8,392	8,223
1994	2,546	10,969	8,554	7,356
1995	4,125	21,349	9,239	11,571
1996	6,552	27,484	8,277	14,104
1997	6,323	26,106	8,669	13,699
1998	5,815	23,374	8,848	12,679
1999	7,773	25,734	7,886	13,798
2000	7,512	23,448	7,639	12,866
2001	8,536	24,721	4,544	12,600
2002	6,948	22,568	5,554	11,690
2003	7,183	23,103	5,109	11,798
2004	6,370	19,104	4,645	10,040
2005	3,920	18,844	4,578	9,114
2006	6,114	24,156	6,079	12,116
2007	5,246	25,459	7,709	12,805
2008	5,057	20,153	5,434	10,215
2009	4,297	20,519	5,634	10,150
2010	3,460	17,797	5,436	8,898

表 3-3. (続き)

年	有漁網数(網/年)			
	金華山	常磐	房総	3海区平均
2011	2,737	2,392	4,315	3,148
2012	4,911	380	3,117	2,803
2013	5,635	1,064	4,200	3,633
2014	7,802	2,060	5,375	5,079
2015	6,225	3,537	5,199	4,987
2016	7,140	3,203	5,407	5,250
2017	7,885	4,852	6,134	6,290
2018	7,685	3,997	5,490	5,724
2019	6,520	3,774	5,004	5,099
2020	7,765	4,834	4,681	5,760
2021	5,189	4,758	4,557	4,835
2022	7,302	4,643	3,332	5,092
2023	6,448	6,139	3,891	5,493
2024	4,487	6,563	3,580	4,877

表 4-1. 沖底（オッタートロール）によるノミナル CPUE (kg/網) と 3 海区の平均値

年	ノミナル CPUE (kg/網)			
	金華山	常磐	房総	3 海区平均
1990	1.28	1.74	3.84	2.28
1991	1.84	2.09	3.30	2.41
1992	1.37	2.10	3.08	2.18
1993	1.07	1.51	2.65	1.75
1994	1.11	1.81	4.15	2.36
1995	3.35	6.41	5.75	5.17
1996	4.03	6.34	9.77	6.71
1997	3.02	6.03	7.90	5.65
1998	3.87	3.56	6.14	4.52
1999	3.55	4.58	6.57	4.90
2000	2.66	3.61	6.81	4.36
2001	3.31	4.17	7.11	4.86
2002	2.92	3.64	7.52	4.69
2003	3.39	2.80	5.21	3.80
2004	2.83	2.24	7.35	4.14
2005	3.24	3.40	4.96	3.86
2006	8.14	8.00	10.7	8.96
2007	6.78	8.78	8.25	7.93
2008	6.91	6.28	7.21	6.80
2009	8.01	12.1	7.58	9.24
2010	7.42	8.53	9.89	8.61

表 4-1. (続き)

年	ノミナル CPUE (kg/網)			
	金華山	常磐	房総	3 海区平均
2011	14.0	12.4	19.7	15.3
2012	19.1	19.3	19.5	19.3
2013	60.8	43.5	23.9	42.7
2014	19.0	26.4	37.9	27.8
2015	35.1	75.0	22.3	44.1
2016	17.5	37.2	23.1	25.9
2017	20.3	55.6	15.1	30.3
2018	10.4	53.8	17.3	27.1
2019	7.51	34.9	19.9	20.8
2020	9.15	41.0	14.6	21.6
2021	6.47	30.7	14.9	17.4
2022	6.84	28.8	15.8	17.1
2023	4.58	54.2	9.13	22.6
2024	13.5	59.4	11.8	28.2

表 4-2. ヒラメ太平洋北部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)	漁獲 割合 (%)	1 歳魚 加入 尾数 (千尾)	1 歳魚 天然加入 尾数 (千尾)	再生産 成功率 (尾/kg)	%SPR	F/Fmsy
1990	750	1,473	580	50.9	1,434	1,229	2.24	4.51	2.69
1991	633	1,325	549	47.8	1,517	1,301	2.13	5.24	2.67
1992	602	1,297	510	46.4	1,364	1,169	1.93	5.67	2.47
1993	564	1,222	535	46.2	1,149	985	3.49	6.47	2.62
1994	518	1,476	482	35.1	2,178	1,867	6.70	8.43	2.35
1995	1,055	2,460	673	42.9	3,767	3,230	5.55	5.69	2.77
1996	1,431	3,258	954	43.9	4,351	3,731	2.68	6.24	2.40
1997	1,775	3,457	1,294	51.4	2,978	2,553	2.03	5.05	2.73
1998	1,461	3,058	1,242	47.8	3,057	2,621	1.64	5.70	2.78
1999	1,395	2,809	1,192	49.7	2,381	2,041	2.21	5.60	2.81
2000	1,246	2,711	1,047	46.0	3,075	2,636	2.41	5.84	2.92
2001	1,232	2,891	1,016	42.6	2,947	2,527	1.91	7.32	2.24
2002	1,443	2,922	1,260	49.4	2,270	1,946	1.27	5.71	2.64
2003	1,099	2,410	1,157	45.6	1,869	1,602	1.61	6.46	2.21
2004	905	2,237	1,101	40.5	2,175	1,864	2.68	7.64	2.01
2005	993	2,587	1,111	38.4	3,439	2,948	4.65	8.97	1.84
2006	1,473	3,746	1,276	39.3	6,319	5,169	1.88	8.32	1.96
2007	1,823	3,961	1,653	46.0	2,800	2,393	2.78	6.14	2.26
2008	1,505	4,156	1,815	36.2	5,837	4,600	1.68	9.79	2.05
2009	1,752	4,831	1,884	36.3	3,429	3,045	1.15	12.3	1.63
2010	1,832	4,731	2,628	38.7	2,345	2,157	3.00	11.7	1.67

表 4-2. (続き)

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲 割合 (%)	1 歳魚 加入 尾数 (千尾)	1 歳魚 天然加入 尾数 (千尾)	再生産 成功率 (尾/kg)	%SPR	F/Fmsy
2011	1,202	5,957	2,511	20.2	9,007	7,889	0.88	21.2	1.08
2012	973	7,406	3,571	13.1	2,462	2,211	1.06	40.4	0.51
2013	2,322	9,714	6,505	23.9	4,106	3,787	0.54	28.0	0.82
2014	2,699	9,815	7,267	27.5	3,732	3,512	0.46	21.1	1.08
2015	2,752	9,546	6,784	28.8	3,459	3,370	0.40	20.2	1.12
2016	1,986	7,983	5,606	24.9	2,839	2,744	0.47	23.9	0.96
2017	2,306	7,636	5,467	30.2	2,662	2,623	0.56	19.4	1.17
2018	1,816	7,210	4,993	25.2	3,147	3,064	0.71	24.0	0.95
2019	1,983	7,543	4,954	26.3	3,593	3,522	0.70	21.9	1.04
2020	1,721	7,063	4,689	24.4	3,542	3,460	0.68	24.9	0.92
2021	1,632	7,591	4,913	21.5	3,322	3,182	0.66	28.0	0.79
2022	1,825	8,565	5,848	21.3	3,371	3,233	0.56	26.7	0.87
2023	2,032	8,738	6,330	23.3	3,448	3,279	0.38	25.1	0.92
2024	1,943	8,443	6,194	23.0	2,501	2,380	-	27.1	0.84

親魚量は、雌雄込で2歳魚の1/4、3歳魚の3/4、4歳以上魚の資源量の合計。

再生産成功率は (y+1年の天然1歳魚加入尾数) / (y年の親魚量) で計算し、年級年で示した。

表 4-3. ヒラメの県別種苗放流実績（千尾）と添加効率

年	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	計	添加効率(1歳)
1990	571	265	394	238	1,468	-
1991	499	382	429	171	1,481	0.147
1992	398	325	428	264	1,415	0.131
1993	461	328	327	410	1,526	0.116
1994	335	787	387	774	2,283	0.204
1995	287	839	436	254	1,816	0.235
1996	41	551	1,015	631	2,238	0.342
1997	94	487	1,184	584	2,349	0.190
1998	75	709	1,150	820	2,754	0.186
1999	239	924	1,015	1,428	3,606	0.123
2000	701	1,155	1,050	1,358	4,264	0.122
2001	1,158	1,119	1,034	1,056	4,367	0.099
2002	1,204	1,028	1,054	785	4,071	0.074
2003	1,335	1,116	439	850	3,740	0.065
2004	1,353	899	1,120	983	4,355	0.083
2005	1,235	605	1,056	640	3,536	0.113
2006	1,113	290	1,040	967	3,410	0.325
2007	1,210	220	1,040	805	3,275	0.120
2008	1,282	268	1,040	953	3,543	0.378
2009	1,518	440	1,022	999	3,979	0.108
2010	1,472	639	1,030	820	3,961	0.047

表 4-3. (続き)

年	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	計	添加効率(1歳)
2011	0	30	0	4	34	0.282
2012	252	203	100	117	672	0.149
2013	192	220	100	417	929	0.475
2014	0	20	100	280	400	0.236
2015	501	170	100	234	1,005	0.222
2016	1,138	200	100	609	2,047	0.094
2017	1,170	213	100	724	2,207	0.019
2018	1,160	200	100	518	1,978	0.037
2019	1,176	218	1,130	1,057	3,581	0.036
2020	1,262	211	1,254	680	3,407	0.023
2021	1,140	290	1,324	1,012	3,766	0.041
2022	1,140	204	1,129	1,158	3,631	0.037
2023	1,242	229	1,035	990	3,496	0.047
2024	1,128	212	1,050	595	2,985	0.035

「栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）」より。
 添加効率は放流1歳魚の加入年で示した。

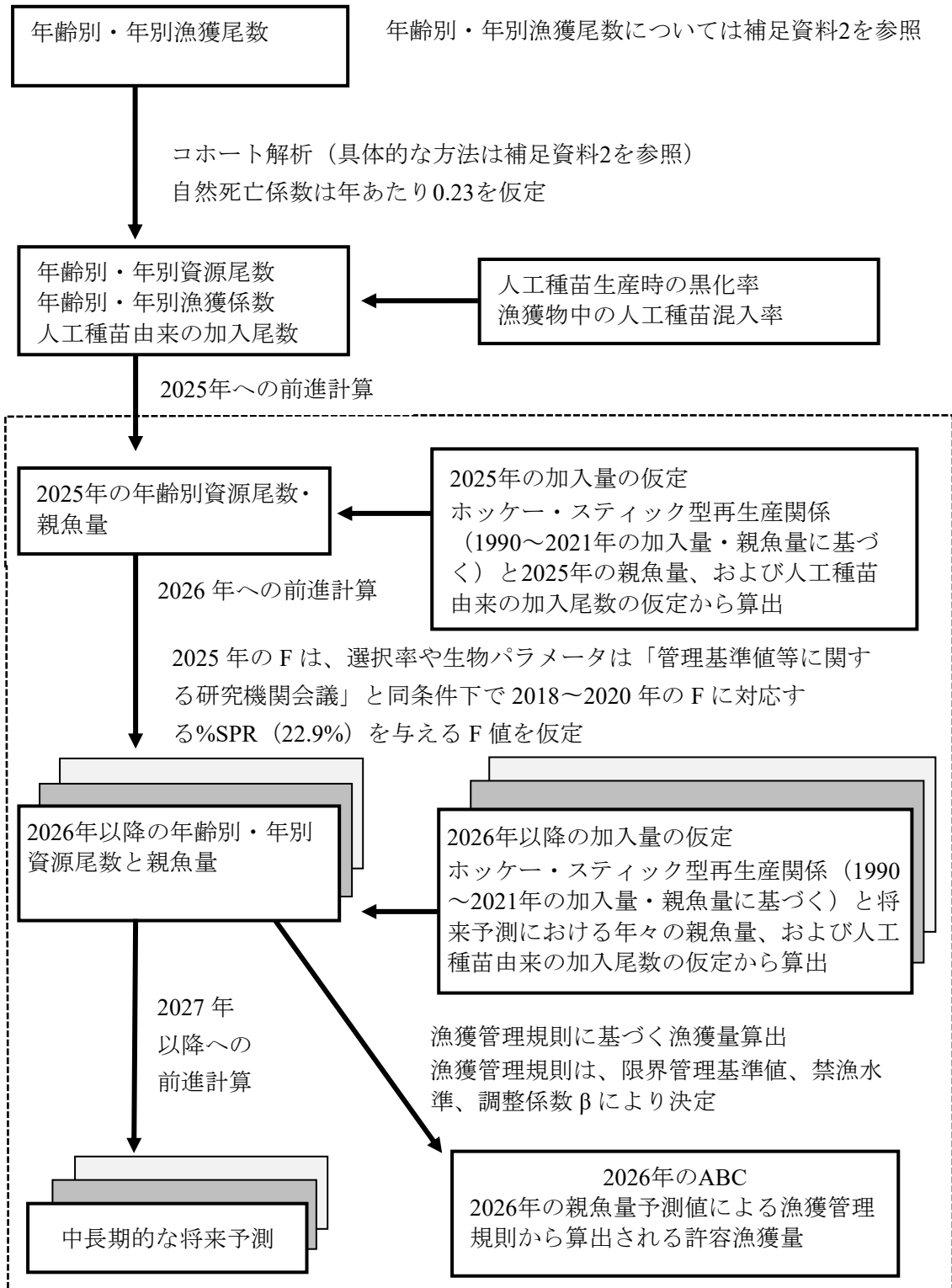
表 4-4. 各県の人工種苗の混入率 (%) と黒化率 (%)

年	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	全体	黒化率	補正混入率 (全体)
2006	14.4	12.0	11.1	14.3	12.3	67.8	18.2
2007	11.2	8.4	7.7	13.7	9.9	67.8	14.6
2008	16.6	13.7	18.2	7.2	14.4	67.8	21.2
2009	13.2	5.0	8.6	4.3	7.6	67.8	11.2
2010	10.9	2.7	6.5	3.3	5.4	67.8	8.0
2011	19.7	12.0	-	5.5	8.4	67.8	12.4
2012	17.1	7.1	-	2.3	6.9	67.8	10.2
2013	6.6	5.6	-	4.3	5.3	67.8	7.8
2014	4.8	4.2	-	3.1	4.0	67.8	5.9
2015	3.9	1.2	-	2.7	1.7	67.8	2.6
2016	2.7	2.0	-	3.0	2.3	67.8	3.3
2017	3.4	0.6	-	2.5	1.0	67.8	1.5
2018	3.0	2.1	-	2.8	1.8	67.8	2.6
2019	7.0	0.4	2.4	0.6	1.3	67.8	2.0
2020	5.0	0.4	2.5	1.3	1.6	67.8	2.3
2021	14.1	0.4	3.8	1.4	2.8	67.8	4.2
2022	10.1	0.3	3.1	5.8	2.8	67.8	4.1
2023	10.8	0.9	3.9	3.7	3.3	67.8	4.9
2024	9.3	1.0	2.5	8.3	3.3	67.8	4.8

黒化率は 2006 年以降の全国平均値、補正混入率（全体）は全体の混入率を黒化率（67.8%）で除した値。

-は、データ未整理であることを示す。

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。

補足資料 2 計算方法

(1) これまでの経緯

平成 24 (2012) 年度 (2012 年漁期) までは福島県の全長組成データと雌雄別の age-length key (以下、「ALK」という) によって得られた雌雄別・年齢別漁獲尾数を用いて資源量を計算していた。しかし、震災の影響で、2011 年 3 月以降、福島県の漁獲がない状況が続いたため、平成 25 (2013) 年度からは、2006 年漁期以降の宮城県と茨城県で漁獲されたヒラメの耳石による年齢査定結果を基に全長別 (1 cm 間隔) の雌雄別・年齢比率を求め、宮城県と茨城県で水揚げされたヒラメの全長組成から雌雄別・年齢別の漁獲尾数を算出した。なお、全長組成および全長 (1 cm 間隔) と雌雄・年齢比率の関係は、各年の前半 (1~6 月) と後半 (7~12 月) に分けて集計した。

平成 29 (2017) 年度は、南部海域 (宮城県、福島県および茨城県) の年齢別漁獲尾数を定数倍 (1.54 倍) して系群全体の資源量を推定した (栗田ほか 2018)。しかし、資源量計算に用いた年齢別漁獲尾数の漁獲量と統計値の漁獲量が異なっていたため、漁獲量 (統計値) / 推定資源量で計算される漁獲割合が年によって非常に高い値となる場合もあった。そこで平成 30 年度以降は、資源量計算に用いる雌雄別・年齢別漁獲尾数に雌雄別・年齢別の体重を乗じた合計値が表 3-1 に示す年の漁獲量の合計値と等しくなるように年齢別漁獲尾数を補正し、系群全体の資源量を推定した。

令和 2 (2020) 年度からは、福島県の漁獲量も回復してきたことから、宮城県、茨城県および福島県の 3 県のヒラメの耳石の年齢査定結果を基に全長別 (1 cm 間隔) の雌雄別・年齢比率を求め、各県で漁獲されたヒラメの全長組成から雌雄別・年齢別の漁獲尾数を算出した。なお、全長組成および全長 (1 cm 間隔) と雌雄・年齢比率の関係は、各年の前半 (1~6 月) と後半 (7~12 月) に分けて集計した。

令和 3 (2021) 年度からは、系群区分の変更と集計単位を漁期年 (7 月~翌年 6 月) から暦年 (1~12 月) へ変更した。その際、年齢の起算日を 7 月 1 日から翌年 1 月 1 日に変えたことにより、成長、年齢別体重の変更も行った。また、岩手県~千葉県 (夷隅地域以北) で漁獲されたヒラメの全長組成から雌雄別・年齢別の漁獲尾数を算出した。

令和 4 (2022) 年度からは、1990 年代の雌雄別の年齢別漁獲尾数の分解精度が低いことで、各齢の F が雌雄によって大きく異なり、得られた結果が漁業の実態をミスリードする可能性があったことから、雌雄込の年齢別漁獲尾数でコホート解析を行った。また、コホート解析計算に用いた雌雄別・年齢別体重は、Yoneda et al. (2007) の成長式から推定された体重から、2011 年以降、精密測定によって得られた実測値に変更した。2010 年以前の年齢別体重は 2011~2021 年の平均値とした。

これまで本種の資源評価では、チューニングを伴わないノーマル VPA を用いてきた。これは、評価対象海域 (岩手~千葉県北部) に対応する網羅的かつ安定的な標準化 CPUE が十分に整備されておらず、適切なチューニングインデックスを選定することが困難であったためである。特に、小底など主要漁業の一部では、標準化 CPUE の整備が進行中である点も背景にある。

令和 6 (2024) 年度には、ヒラメの主漁場である金華山~房総海区の沖底 (オッタートロール) 漁業による標準化 CPUE (補足資料 8) を用い、チューニング VPA の適用可能性について検討を行った。各年齢・各年における資源尾数および漁獲係数 F の推定は、補足

資料 2 (2)「資源計算方法」に従って行い (ステップ 1)、評価時の最近年 (2023 年) の F については、平松 (2001) に基づく手法によりチューニングを行った (ステップ 2)。この際、最近年の年齢別 F 比 (選択率) には、チューニングをしない VPA から得られた 2020～2022 年の平均値を使用した。

解析の結果、チューニング VPA では、親魚量・資源量・1 歳天然資源尾数がノーマル VPA よりも低く、各齢の平均 F が高く推定された。また、レトロスペクティブ解析の結果、親魚量および資源量に毎年共通の過小推定傾向が見られ、信頼性に課題が残ることが明らかとなった。

こうした課題を踏まえ、本年度はノーマル VPA の構造を維持しつつ、選択率の変動性を抑制する方法として、リッジペナルティ (Ridge Penalty) を用いた VPA (以下、リッジ VPA) の導入可能性を検討した。これは、過度に不安定な選択率推定に対して適度な制約を加えることで、解析の頑健性を向上させることを目的としたものである。詳細は補足資料 3 を参照されたい。

(2) 資源計算方法

年齢別漁獲尾数の推定には宮城県、福島県および茨城県で漁獲されたヒラメの精密測定結果と耳石の年齢査定結果から雌雄別の ALK を求めると共に、岩手県～千葉県 (夷隅地域以北) で漁獲されたヒラメの全長組成 (1 cm 間隔) から、雌雄別・年齢別漁獲尾数を算出した。なお、年齢別漁獲尾数は各年の前半 (1～6 月) と後半 (7～12 月) に分けて雌雄別に作成し、これらを合算して雌雄込の年計値とした。

以上で求めた年齢別漁獲尾数を用いて、下記の方法 (コホート解析) で資源量を推定した。なお、本資源量推定方法では、年の中間時 (7 月 1 日) に一斉に漁獲されると仮定し、 y 年 a 歳の資源尾数 ($N_{a,y}$) を、以下の Pope (1972) の近似式を用いて算出した。

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

$C_{a,y}$ は y 年 a 歳の漁獲尾数、 M_a は a 歳の自然死亡係数である。自然死亡係数 (M) は、雌雄の平均値である 0.23 を使用した (雌雄の寿命をそれぞれ 12 歳、10 歳として、2.5/寿命 (田中 1960) より、雌雄の M はそれぞれ 0.21、0.25 となる)。

y 年 a 歳の漁獲係数 ($F_{a,y}$) は、

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (6)$$

とした。

y 年 4 歳および y 年 5+歳の資源尾数 ($N_{4,y}$ および $N_{5+,y}$) は、それぞれ以下の通りに算出した。

$$N_{4,y} = \left(\frac{C_{4,y}}{(C_{4,y} + C_{5+,y})}\right) N_{5+,y+1} \exp(M_4) + C_{4,y} \exp\left(\frac{M_4}{2}\right) \quad (7)$$

$$N_{5+,y} = \left(\frac{C_{5+,y}}{C_{4,y}}\right) N_{4,y} \quad (8)$$

そして、最近年の a 歳の資源尾数 ($N_{a,term}$) と漁獲係数 ($F_{a,term}$) を

$$N_{a,term} = \frac{C_{a,term}}{1 - \exp(-F_{a,term})} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right) \quad (9)$$

$$F_{a,term} = \frac{1}{3} \sum_{y=2021}^{2023} F_{a,y} \quad (10)$$

により求めた。

最後に、

$$F_{5+,term} = F_{4,term} \quad (11)$$

となるような $F_{5+,term}$ を探索的に求め、年齢別の資源尾数を推定した。

資源量はコホート解析で求めた年齢別資源尾数に、年別・年齢別、雌雄別の体重を雌雄で平均した値を乗じ、全年齢の値を合算して推定した。

令和 7 年度の資源量計算に用いた雌雄込の年齢別漁獲尾数およびコホート解析による計算結果を補足表 2-1 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

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 1 歳資源尾数 $N_{1,y}$ 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。

ヒラメの人工種苗の生産過程において、多くの個体で無眼側に黒色素の沈着異常が発生する。黒化判定は、中川 (2010) の基準に従い混入率を収集した。さらに混入率は、2006 年以降の人工種苗生産時の黒化率の全国平均値 (67.8%) で補正して補正混入率としてコホート解析に使用した。2005 年以前の混入率のデータは未整理であるため、2006~2011 年の平均値 (14.3%) として計算した。

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。

$$R_{ay} = N_{1,y} \times \text{補正混入率} \quad (12)$$

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。

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

よって、上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。

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

その後、 $N_{1,y}$ から R_{ay} を減じることで、天然由来加入尾数 R_{ny} を求めた。

$$Rn_y = N_{1,y} - Ra_y \quad (15)$$

(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。

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

$$SPR = \sum_{a=0}^{\infty} f \tau_a S_a W_a \quad (17)$$

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

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

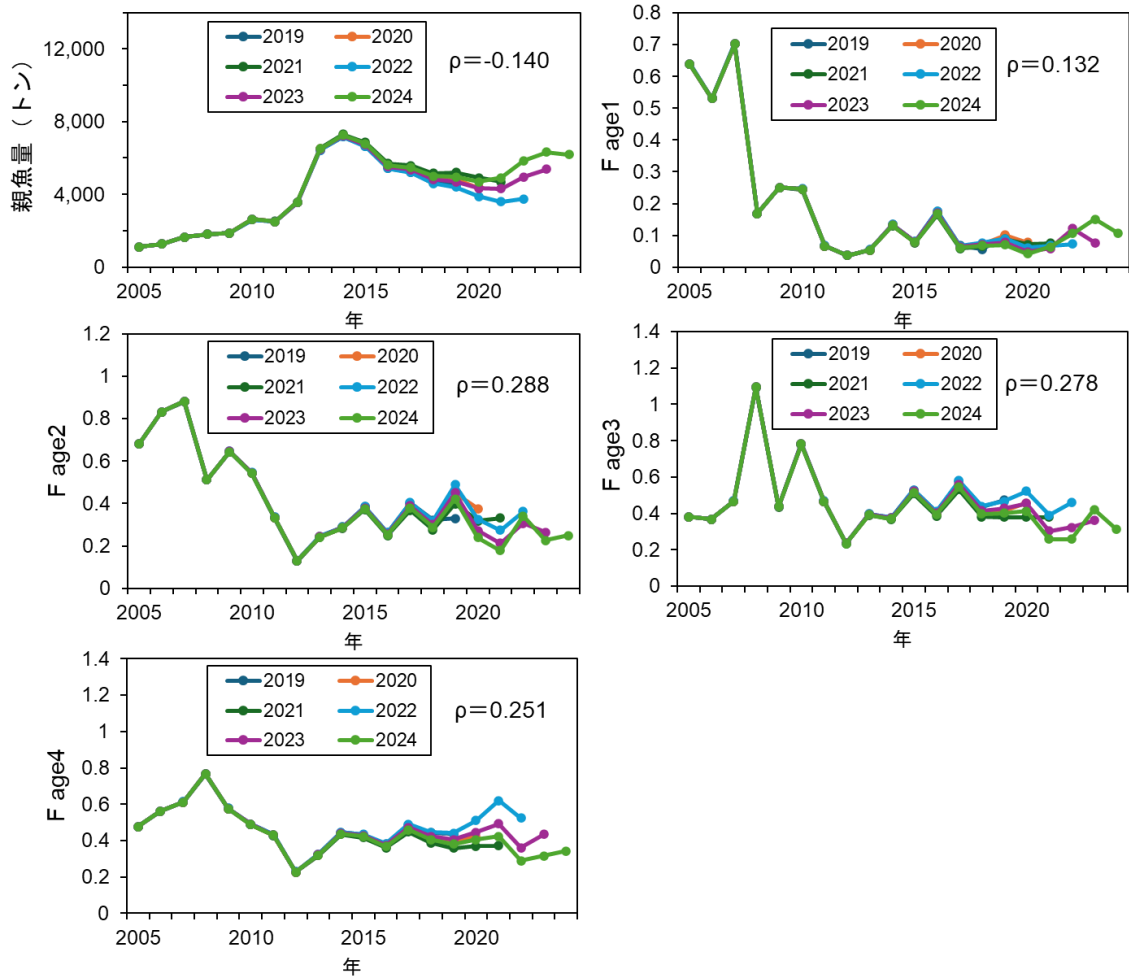
なお、本系群における M の推定では雌の寿命を 12 歳と仮定しているが、YPR および SPR の計算においては MSY 算定の際の設定に合わせて寿命を与えずに計算を行った。

(5) モデル診断結果

「令和 7 (2025) 年度 資源評価におけるモデル診断手順と診断結果の情報提供指針 (FRA-SA2025-ABCWG02-03)」に従い、本系群の評価に用いたコホート解析のデータに対する頑健性について診断した。レトロスペクティブ解析 (補足図 2-1) では、親魚量および各齢 (1~5+歳) F 値に大きな変化は見られず、また毎年同じ傾向を持ったレトロスペクティブパターンも見られなかった。

引用文献

- 平松一彦 (2001) VPA. 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.
- 栗田 豊・富樫博幸・服部 努・柴田泰宙 (2018) 平成 29 (2017) 年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価. 平成 29 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 1672-1702.
- 中川 亨 (2010) 日本海中西部ヒラメ連携調査における無眼側黒化判定基準. 日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書 (平成 21 年度), 日本海区水産研究所, 18-22.
- Pope (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish., 9, 65-74.
- 資源評価高度化作業部会 (2025) 令和 7 (2025) 年度 資源評価におけるモデル診断手順と診断結果の情報提供指針. FRA-SA2025-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.



補足図 2-1. ノーマル VPA による親魚量および各齢 F 値のレトロスペクティブ解析結果
 凡例中の数字はコホート解析における最終年を、 ρ は Mohn's rho の値を示す。

補足表 2-1. 資源解析結果

年齢別漁獲尾数 (千尾)											
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	577	495	498	186	314	1,012	1,154	756	848	490	515
2	507	327	382	331	288	707	1,058	1,401	791	889	744
3	167	167	119	173	136	223	335	483	463	440	382
4	23	35	26	30	32	26	28	52	76	68	66
5+	18	19	19	23	18	16	10	19	34	35	37
合計	1,292	1,042	1,044	743	787	1,984	2,584	2,711	2,211	1,922	1,745

年齢別漁獲量 (トン)											
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	152	130	131	49	83	266	303	199	223	129	135
2	328	211	247	214	186	457	683	905	511	574	481
3	186	187	133	193	152	250	375	541	518	493	427
4	36	56	42	48	50	42	44	82	120	108	105
5+	48	49	50	60	47	41	26	49	90	91	98
合計	750	633	602	564	518	1,055	1,431	1,775	1,461	1,395	1,246

年齢別平均体重 (g)											
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
2	646	646	646	646	646	646	646	646	646	646	646
3	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119
4	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581
5+	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637

1990～2010年の年齢別体重は、2011～2021年の平均値である。

年齢別漁獲係数 (F)											
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	0.60	0.46	0.53	0.20	0.18	0.36	0.35	0.33	0.37	0.26	0.21
2	1.00	0.88	0.82	0.87	0.57	0.79	0.84	1.04	0.74	0.90	0.85
3	1.08	1.23	1.04	1.28	1.24	1.35	1.27	1.39	1.42	1.47	1.58
4	0.65	0.74	0.65	0.88	0.93	0.92	0.58	0.68	0.90	0.87	1.00
5+	0.65	0.74	0.65	0.88	0.93	0.92	0.58	0.68	0.90	0.87	1.00
平均	0.80	0.81	0.74	0.82	0.77	0.87	0.72	0.83	0.87	0.88	0.93

年齢別資源尾数 (千尾)											
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	1,434	1,517	1,364	1,149	2,178	3,767	4,351	2,978	3,057	2,381	3,075
2	902	626	765	640	748	1,452	2,093	2,431	1,694	1,675	1,457
3	282	265	206	268	214	338	523	721	684	642	539
4	53	76	62	58	59	49	70	117	143	131	118
5+	43	40	44	44	33	29	25	42	64	67	66
合計	2,715	2,523	2,441	2,158	3,232	5,635	7,063	6,290	5,642	4,896	5,254

年齢別資源量 (トン)											
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1	377	399	358	302	572	990	1,144	783	804	626	808
2	583	404	494	413	483	937	1,352	1,570	1,094	1,082	941
3	316	296	231	300	240	378	586	807	766	718	603
4	84	120	97	92	93	78	110	186	226	208	186
5+	114	106	116	115	88	77	66	111	169	176	173
合計	1,473	1,325	1,297	1,222	1,476	2,460	3,258	3,457	3,058	2,809	2,711
親魚量	580	549	510	535	482	673	954	1,294	1,242	1,192	1,047

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

年齢/年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	640	642	618	839	1,448	2,319	1,260	809	677	454
2	941	920	651	444	432	727	1,544	394	1,660	793
3	306	450	321	170	98	108	166	578	166	792
4	36	60	63	61	56	72	89	119	101	93
5+	22	31	21	42	51	60	64	77	59	63
合計	1,944	2,103	1,675	1,557	2,085	3,287	3,123	1,977	2,664	2,196

年齢別漁獲量 (トン)

年齢/年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	168	169	162	220	380	610	331	213	178	119
2	608	594	420	287	279	469	997	254	1,072	512
3	342	504	359	191	110	121	186	647	186	886
4	57	95	100	97	89	114	140	188	160	147
5+	57	81	57	110	135	158	168	203	156	167
合計	1,232	1,443	1,099	905	993	1,473	1,823	1,505	1,752	1,832

年齢別平均体重 (g)

年齢/年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
2	646	646	646	646	646	646	646	646	646	646
3	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119
4	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581
5+	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637

1990～2010年の年齢別体重は、2011～2021年の平均値である。

年齢別漁獲係数 (F)

年齢/年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	0.28	0.38	0.46	0.57	0.64	0.53	0.70	0.17	0.25	0.24
2	0.76	0.87	0.90	0.76	0.68	0.83	0.88	0.51	0.64	0.54
3	1.18	1.15	0.94	0.65	0.38	0.37	0.47	1.09	0.44	0.78
4	0.61	0.82	0.48	0.47	0.48	0.56	0.61	0.77	0.58	0.49
5+	0.61	0.82	0.48	0.47	0.48	0.56	0.61	0.77	0.58	0.49
平均	0.69	0.81	0.65	0.59	0.53	0.57	0.66	0.66	0.50	0.51

年齢別資源尾数 (千尾)

年齢/年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	2,947	2,270	1,869	2,175	3,439	6,319	2,800	5,837	3,429	2,345
2	1,986	1,773	1,232	935	981	1,443	2,957	1,103	3,920	2,122
3	495	740	589	399	347	395	500	975	526	1,637
4	88	121	187	182	166	189	217	249	259	270
5+	53	62	64	124	151	157	156	161	151	184
合計	5,569	4,964	3,941	3,815	5,084	8,502	6,630	8,325	8,286	6,558

年齢別資源量 (トン)

年齢/年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	775	596	491	572	904	1,661	736	1,534	901	616
2	1,282	1,145	796	604	634	932	1,909	712	2,531	1,371
3	554	828	660	447	389	442	559	1,091	589	1,832
4	140	191	296	288	262	298	343	394	410	427
5+	141	162	168	326	400	413	413	425	399	485
合計	2,891	2,922	2,410	2,237	2,587	3,746	3,961	4,156	4,831	4,731
親魚量	1,016	1,260	1,157	1,101	1,111	1,276	1,653	1,815	1,884	2,628

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (千尾)										
年齢/年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	519	80	191	411	231	392	141	185	216	130
2	369	726	362	684	726	507	536	444	718	505
3	326	155	1,354	326	665	413	589	304	351	368
4	185	88	128	795	198	241	250	215	157	188
5+	69	76	141	201	497	323	372	283	251	233
合計	1,468	1,126	2,177	2,416	2,318	1,875	1,889	1,430	1,692	1,424

年齢別漁獲量 (トン)										
年齢/年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	140	16	51	98	65	104	42	55	56	30
2	255	447	223	394	480	330	359	296	522	302
3	349	185	1,443	359	706	443	623	345	445	437
4	276	131	235	1,250	298	362	373	362	264	294
5+	182	193	370	598	1,202	747	909	759	695	657
合計	1,202	973	2,322	2,699	2,752	1,986	2,306	1,816	1,983	1,721

年齢別平均体重 (g)										
年齢/年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	269	200	265	237	283	266	299	295	261	231
2	692	616	617	576	662	651	669	667	727	598
3	1,070	1,193	1,066	1,102	1,061	1,073	1,057	1,134	1,270	1,187
4	1,490	1,485	1,839	1,573	1,501	1,502	1,492	1,686	1,684	1,569
5+	2,637	2,527	2,615	2,978	2,418	2,314	2,439	2,686	2,768	2,820

年齢別漁獲係数 (F)										
年齢/年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	0.07	0.04	0.05	0.13	0.08	0.17	0.06	0.07	0.07	0.04
2	0.33	0.13	0.24	0.28	0.38	0.25	0.38	0.29	0.42	0.24
3	0.47	0.24	0.39	0.37	0.52	0.39	0.55	0.40	0.40	0.41
4	0.43	0.23	0.32	0.44	0.42	0.37	0.46	0.40	0.38	0.40
5+	0.43	0.23	0.32	0.44	0.42	0.37	0.46	0.40	0.38	0.40
平均	0.35	0.17	0.27	0.33	0.36	0.31	0.38	0.31	0.33	0.30

年齢別資源尾数 (千尾)										
年齢/年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	9,007	2,462	4,106	3,732	3,459	2,839	2,662	3,147	3,593	3,542
2	1,460	6,700	1,887	3,095	2,601	2,545	1,908	1,991	2,337	2,665
3	980	832	4,681	1,177	1,851	1,421	1,572	1,039	1,188	1,218
4	595	489	523	2,515	646	879	762	724	555	632
5+	221	423	578	635	1,617	1,179	1,134	952	889	785
合計	12,264	10,906	11,775	11,154	10,174	8,862	8,037	7,853	8,562	8,842

年齢別資源量 (トン)										
年齢/年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	2,426	492	1,089	886	980	754	795	927	938	817
2	1,011	4,127	1,164	1,783	1,721	1,657	1,277	1,327	1,700	1,595
3	1,049	993	4,989	1,297	1,965	1,525	1,661	1,178	1,509	1,446
4	887	726	962	3,956	969	1,320	1,137	1,221	935	992
5+	584	1,068	1,511	1,892	3,911	2,728	2,766	2,557	2,462	2,214
合計	5,957	7,406	9,714	9,815	9,546	7,983	7,636	7,210	7,543	7,063
親魚量	2,511	3,571	6,505	7,267	6,784	5,606	5,467	4,993	4,954	4,689

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (千尾)				
年齢/年	2021	2022	2023	2024
1	185	302	431	227
2	393	640	434	463
3	339	366	429	367
4	197	230	267	189
5+	232	162	252	322
合計	1,346	1,699	1,812	1,567

年齢別漁獲量 (トン)				
年齢/年	2021	2022	2023	2024
1	53	75	104	63
2	247	465	275	294
3	372	435	526	414
4	309	349	424	316
5+	651	501	702	857
合計	1,632	1,825	2,032	1,943

年齢別平均体重 (g)				
年齢/年	2021	2022	2023	2024
1	285	247	241	278
2	628	727	635	635
3	1,099	1,191	1,226	1,129
4	1,567	1,518	1,591	1,670
5+	2,809	3,089	2,791	2,659

年齢別漁獲係数 (F)				
年齢/年	2021	2022	2023	2024
1	0.06	0.11	0.15	0.11
2	0.18	0.34	0.23	0.25
3	0.26	0.26	0.42	0.31
4	0.42	0.29	0.32	0.34
5+	0.42	0.29	0.32	0.34
平均	0.27	0.26	0.29	0.27

年齢別資源尾数 (千尾)				
年齢/年	2021	2022	2023	2024
1	3,322	3,371	3,448	2,501
2	2,701	2,476	2,411	2,358
3	1,668	1,798	1,399	1,530
4	640	1,025	1,104	730
5+	752	724	1,041	1,243
合計	9,083	9,393	9,403	8,362

年齢別資源量 (トン)				
年齢/年	2021	2022	2023	2024
1	948	831	832	694
2	1,695	1,801	1,531	1,497
3	1,833	2,142	1,715	1,728
4	1,003	1,555	1,756	1,219
5+	2,111	2,236	2,905	3,306
合計	7,591	8,565	8,738	8,443
親魚量	4,913	5,848	6,330	6,194

補足資料 3 沖底（オッタートロール）標準化 CPUE をチューニング指標としたリッジ VPA 導入に向けた事前検討

ヒラメの主漁場である金華山～房総海区の沖底（オッタートロール）漁業における標準化 CPUE（補足資料 8）をチューニング指数とし、Okamura et al. (2017) によるリッジ VPA の導入可能性を予備的に検討した。リッジ VPA は、F の大きさに応じてペナルティを課すことで、推定の不安定性を軽減させる手法である。推定は、チューニング指標値に対する適合度（負の対数尤度 $-\ln L$ として定義）と、F に対するペナルティ項を組み合わせた目的変数（式 19）を最小化することで行った。なお、式 19 の α は λ の探索を容易にするためにペナルティ項に便宜的に与える重みであり、本解析では $\alpha=20$ とした。

$$\text{最小} \quad -(1-\lambda)\ln L + \alpha\lambda \sum_{a=1}^5 (\hat{F}_{a,(Y-4,Y-1)} - F_{a,Y})^2 \quad (19)$$

ここで、ペナルティ項は、最近年を含まない過去 3 年間の平均値 $\hat{F}_{a,(Y-4,Y-1)}$ に対する残差平方和とした。近年、沖底（オッタートロール）の操業状況は安定している（図 3-6）ことから、同期間の F に大きな変化がないと仮定するのは妥当と判断した。同様のアプローチは、向ほか（2025）にも見られる。

ペナルティ項の λ ($0 \leq \lambda < 1$) は、レトロスペクティブ解析に基づき、親魚量（SSB）および各年齢 F 値（1～4 歳、4 歳と 5+歳の F は同値となるため 5+歳を除外した）の Mohn's ρ （Mohn, 1999、式 20）の絶対値の平均値が最小となるよう探索した。ここで R_i は i 年分のレトロスペクティブ計算の値であることを示す。レトロスペクティブ計算においてデータを遡る年数 P は 5 年とした。

$$\rho_{SSB'} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{SSB'_{Y-i}^{R_i} - SSB'_{Y-i}}{SSB'_{Y-i}} \quad (20)$$

※親魚量のレトロスペクティブバイアス ρ を計算する場合の例

λ を 0.05 刻みで探索した結果、 $\lambda=0.65$ のときに親魚量および各年齢 F 値の Mohn's ρ の絶対値の平均値 (0.2968) が最小となった（補足表 3-1）。このときのリッジ VPA ($\lambda=0.65$) による親魚量および各年齢 F 値のレトロスペクティブ解析結果を補足図 3-1 に示す。5 年分のデータを除いた 2019 年の親魚量については、他の年と比較して著しく高い値となった。一方、リッジペナルティを与えない通常のチューニング VPA ($\lambda=0$) における同平均値は 0.3295 であり、リッジ VPA はレトロスペクティブ解析における推定値のバイアスを抑える効果が見られた（補足表 3-1）。ただし、Mohn's ρ は過大推定と過小推定が相殺されることで値が小さくなる可能性があり、推定のばらつきの実態を正確に反映しにくい点には留意が必要である。実際、本系群では、2019～2021 年の過小推定を後年で打ち消す形となっており、Mohn's ρ の低下が必ずしも推定の不安定性の本質的な改善を意味するとは限らない（補足図 3-1）。そこで、追加の指標として、平方二乗誤差（RMSE: Root Mean Square Error）および平方二乗誤差率（RMSPE: Root Mean Square Percentage Error）を式 21 および 22 に従って算出し、ノーマル VPA（チューニング無し）、チューニング VPA（リッジペナルティ無し）、およびリッジ VPA との比較を行った。いずれの指標においても、リッジ

VPA ではそれぞれ最小となる λ を用いた。ここで、 n は推定値の差を比較する範囲であり、本解析ではコホート年数分だけ比較するため $n=5$ とした。なお、RMSPE を指標としてリッジ VPA を導入している例として、境 (2025) がある。

$$\text{RMSE}_{SSB'} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n (SSB'_k{}^{R_i} - SSB'_k)^2} \quad (21)$$

$$\text{RMSPE}_{SSB'} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n \left(\frac{SSB'_k{}^{R_i} - SSB'_k}{SSB'_k} \right)^2} \quad (22)$$

※親魚量の RMSE および RMSPE を計算する場合の例

補足表 3-2 に各指標の比較結果を示す。チューニングありの VPA では、リッジペナルティ ($\lambda=0.65$) を適用した場合に Mohn's ρ が小さくなった。一方で、RMSE および RMSPE は、 λ を 0 とした場合 (すなわちリッジペナルティを課さない場合) に最も低い値を示した。なお、これらの指標はいずれも、チューニングを行わない場合 (ノーマル VPA) においてさらに低い値を示していた。

今回の解析では、チューニング指標として沖底 (オッタートロール) 標準化 CPUE を用いたが、リッジ VPA の手法を適用しても、現状では推定の不安定性の著しい軽減には至らなかった。特に、レトロスペクティブ解析において 5 年分のデータを除いた場合に、著しく高い親魚量が推定される傾向が見られ、この問題は依然として解消されていない。そのため、現時点ではチューニングの導入は困難であると判断された。

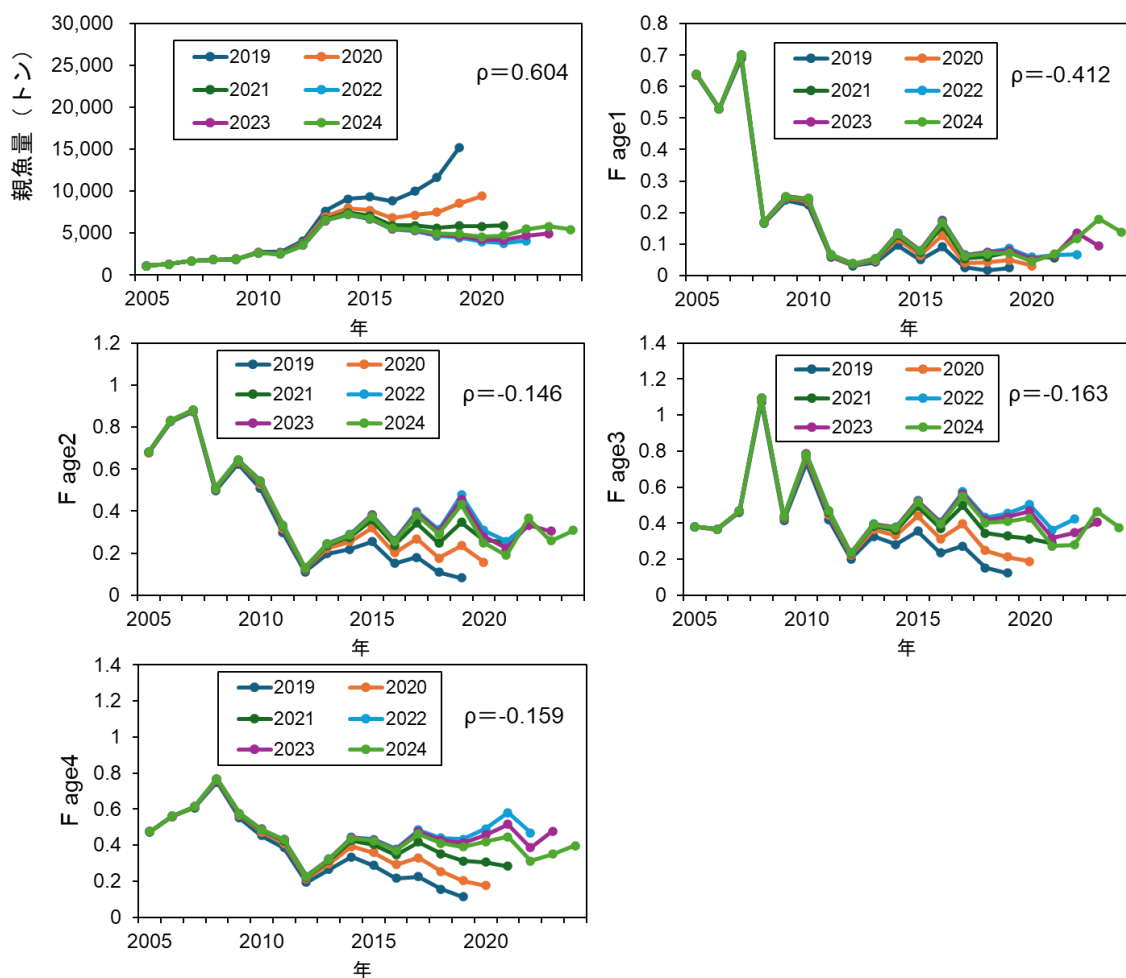
チューニングを行わないノーマル VPA が比較的安定した推定結果を示す理由としては、以下のような要因が考えられる。例えば、沖底 (オッタートロール) 指数が系群全体の変動を捉えていない可能性があるほか、現行の VPA のデータセット (漁獲量や選択率等) の品質が比較的高く、系群動態を過不足なく反映している可能性がある。また、近年の漁獲圧が年齢にかかわらず安定しており、急激な F の変動が起こりにくい状況にあることや (図 4-6)、沖底 (オッタートロール) 指標の変動幅がやや小さい時期が続いており、外部情報に強く引っ張られにくいことなども挙げられる (補足図 8-5)。さらに、これらの要因が複合的に作用していることも考えられるが、そもそもノーマル VPA では最終年の F をその前 3 年間の F の平均とする仮定が推定を強く制限しており、結果的に安定した推定につながっている可能性もある。今後は、より詳細な解析を進めるとともに、適切なチューニング指標の選定についても引き続き検討していく予定である。

引用文献

- Mohn, R., (1999). The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci. **56**, 473-488.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., **74**, 2427-2436.
- 境 磨・千村昌之・千葉 悟・濱邊昂平・佐藤隆太・桑原風沙・伊藤正木・濱津友紀・鈴木勇人 (2025) 令和 6 (2024) 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水

域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 87pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2025/03/details_2024_12.pdf (last accessed 23 July 2025)

向草世香・依田真里・藤波裕樹・国松翔太・高橋素光・佐々千由紀・平岡優子・齋藤 類・石川和雄・飯田 茜 (2025) 令和 6 (2024) 年度マサバ対馬暖流系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 65pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2025/03/details_2024_06.pdf (last accessed 23 July 2025)



補足図 3-1. リッジ VPA ($\lambda=0.65$) による親魚量および各齢 F 値のレトロスペクティブ解析結果. 凡例中の数字はコホート解析における最終年を、 ρ は Mohn's rho の値を示す。

補足表 3-1. ペナルティ λ (lambda) を 0.05 刻みで変化させた場合の親魚量 (SSB) および年齢別 F 値の Mohn's ρ とそれらの絶対値の平均値

lambda	Mohn's ρ					絶対値の平均
	SSB	Fage 1	Fage 2	Fage 3	Fage 4	
0	0.589	-0.444	-0.195	-0.219	-0.201	0.3295
0.05	0.588	-0.443	-0.193	-0.217	-0.199	0.3280
0.10	0.587	-0.441	-0.191	-0.214	-0.197	0.3266
0.15	0.585	-0.440	-0.189	-0.212	-0.195	0.3244
0.20	0.584	-0.438	-0.187	-0.209	-0.193	0.3223
0.25	0.583	-0.436	-0.185	-0.206	-0.191	0.3200
0.30	0.582	-0.434	-0.182	-0.202	-0.188	0.3176
0.35	0.581	-0.432	-0.178	-0.198	-0.185	0.3149
0.40	0.581	-0.429	-0.175	-0.194	-0.181	0.3120
0.45	0.581	-0.427	-0.170	-0.189	-0.178	0.3089
0.50	0.582	-0.423	-0.166	-0.183	-0.174	0.3056
0.55	0.585	-0.420	-0.160	-0.177	-0.169	0.3023
0.60	0.591	-0.416	-0.153	-0.171	-0.164	0.2991
0.65	0.604	-0.412	-0.146	-0.163	-0.159	0.2968
0.70	0.632	-0.407	-0.137	-0.156	-0.153	0.2969
0.75	0.699	-0.403	-0.126	-0.147	-0.148	0.3044
0.80	0.886	-0.396	-0.110	-0.138	-0.142	0.3344
0.85	1.501	-0.341	-0.051	-0.101	-0.110	0.4209
0.90	7.302	-0.635	-0.375	-0.505	-0.513	1.8658
0.95	888.4	-0.669	-0.405	-0.542	-0.554	178.1116

親魚量および年齢別 F 値、およびそれらの絶対値の平均値の最小値を太文字にした。

補足表 3-2. レトロスペクティブ解析に基づくノーマル VPA (チューニング無し)、チューニング VPA (リッジペナルティ無し) およびリッジ VPA (各指標を最小化する λ を使用) による評価指標の比較

	Mohn's rho			RMSE			RMSPE		
	ノーマル VPA	チュー ニング VPA	リッジ VPA $\lambda=0.65$	ノーマル VPA	チュー ニング VPA	リッジ VPA $\lambda=0$	ノーマル VPA	チュー ニング VPA	リッジ VPA $\lambda=0$
SSB	-0.140	0.589	0.604	505.4	2140.6	2140.6	0.094	0.442	0.442
Fage 1	0.132	-0.444	-0.412	0.021	0.032	0.032	0.307	0.316	0.316
Fage 2	0.288	-0.195	-0.146	0.057	0.095	0.095	0.247	0.274	0.274
Fage 3	0.278	-0.219	-0.163	0.058	0.119	0.119	0.193	0.288	0.288
Fage 4	0.251	-0.201	-0.159	0.059	0.132	0.132	0.170	0.321	0.321
Average*	0.218	0.330	0.297	101.1	428.2	428.2	0.202	0.328	0.328

*Mohn's ρ の Average は絶対値の平均値である。

各指標のうち、最小値を太文字とした。

RMSE および RMSPE は、 $\lambda=0$ のとき、レトロスペクティブバイアスが最小となったため、リッジ VPA はチューニング VPA と同じ推定結果となる。

補足資料 4 管理基準値案と禁漁水準案等

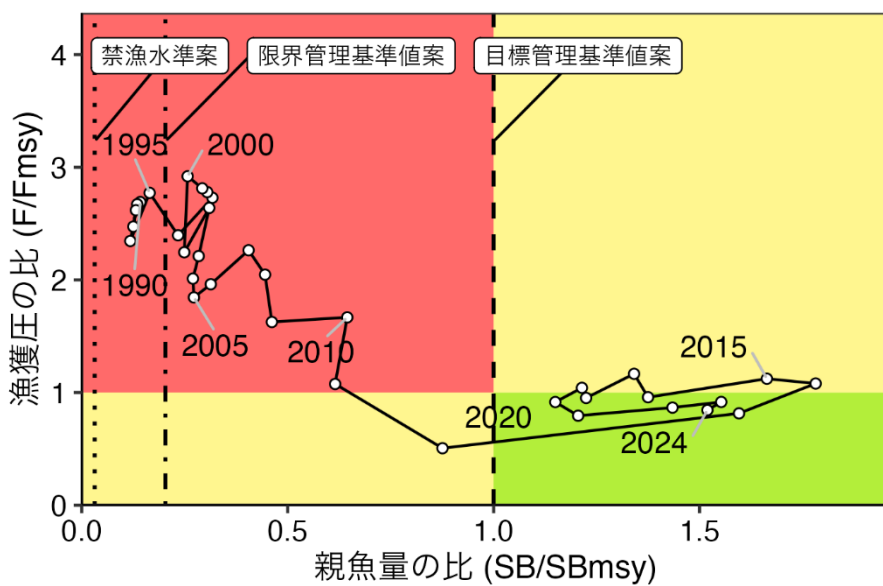
令和 4 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値(SBtarget)には MSY を実現する親魚量(SBmsy:4,078 トン)、限界管理基準値(SBlimit)には MSY の 60%が得られる親魚量 (SB0.6msy : 828 トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10%が得られる親魚量 (SB0.1msy : 128 トン) を用いることが提案されている(富樫ほか 2022a, 補足表 7-2)。

目標管理基準値案と、SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を基準にした神戸プロットを補足図 4-1 に示す。コホート解析により得られた 2024 年の親魚量 (SB2024 : 6,194 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(SBmsy の 1.52 倍)。また、2024 年の漁獲圧は Fmsy を下回る (Fmsy の 0.84 倍、補足図 4-1、補足表 7-3)。

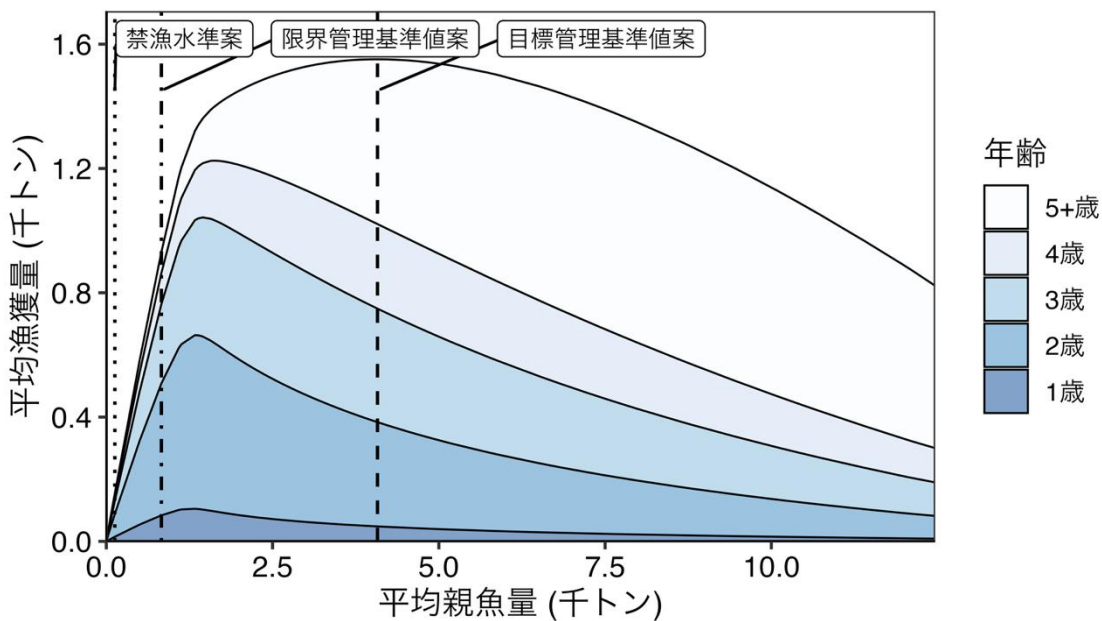
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 4-2 に示す。親魚量が SBlimit 以下では 1 歳~3 歳魚が多くを占めるが、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられ、SBmsy 達成時においては 3 歳以上の漁獲が主体となると推測された。

引用文献

富樫博幸・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・金森由妃・永尾次郎・櫻井慎大 (2022a) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ太平洋北部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. 1-45. FRA-SA2022-BRP07-01.
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220930/FRA-SA2022-BRP07-01.pdf (last accessed 31 Jul. 2024)



補足図 4-1. 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 4-2. 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)

補足資料 5 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 2024 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2025～2056 年までの将来予測計算を行った。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、5,000 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、現状の種苗放流が継続される場合として、直近 3 年（2022～2024 年）の平均放流尾数（3,371 千尾）と平均添加効率（0.0397）の積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。

2025 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2021-2023）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 2024 年の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2026 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 5-1 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「 β が 0.9 以下であれば、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされている。

(3) 2026 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2026 年の平均漁獲量は、再生産関係による加入のみの場合（=種苗放流を考慮しない場合）、 β を 0.8 とした場合には 1,646 トン、 β を 1.0 とした場合には 1,987 トンであった（補足表 5-4a、7-4a）。現状の種苗放流を考慮した場合は、2026 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 1,650 トン、 β を 1.0 とした場合には 1,991 トンであった（補足表 5-4b、7-4b）。2026 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、再生産関係による加入のみで平均 5,570 トン、現状の種苗放流を考慮した場合で平均 5,572 トンと見込まれた。この親魚量は限界管理基準値以上であるため、2026 年の漁獲圧は $\beta \times F_{msy}$ として求めた。

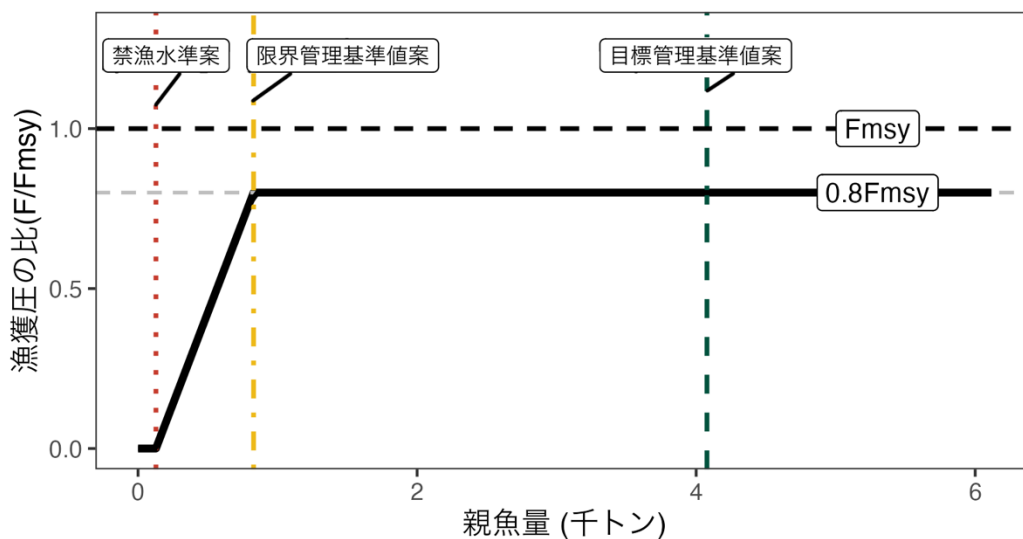
(4) 2027 年以降の予測

2027 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 5-2、5-3、補足表 5-1～5-4 および 7-6 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、再生産関係による加入のみの場合（補足図 5-2、補足表 5-1a～5-4a、7-6）では 2036 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした

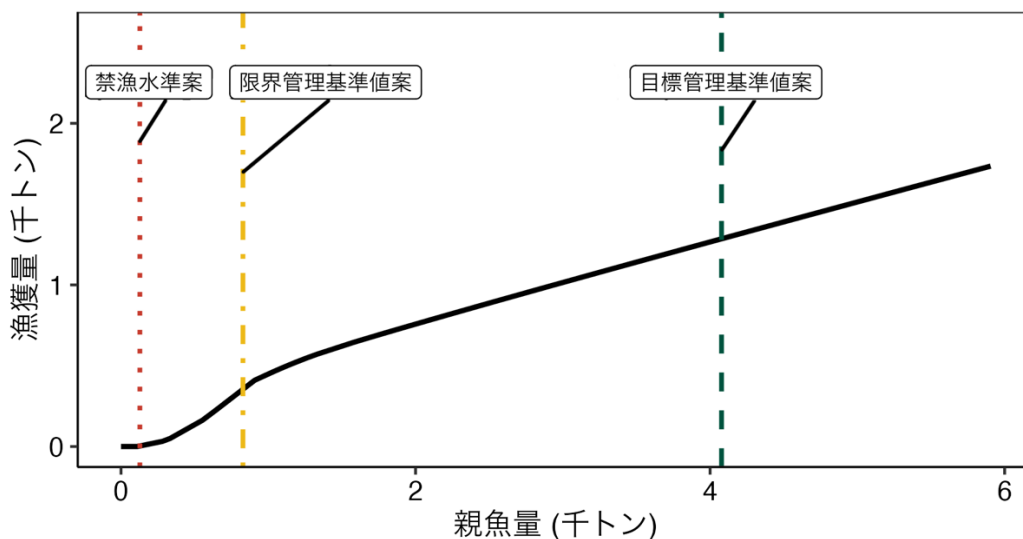
場合には平均 5,090 トン（90%予測区間は 3,847～6,641 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 4,082 トン（90%予測区間は 3,048～5,343 トン）である（補足表 7-5a、7-6）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下において 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2021-2023）を継続した場合の 2036 年の親魚量の予測値は平均 4,820 トン（90%予測区間は 3,635～6,289 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 82%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

同様に、現状の種苗放流を考慮した場合（補足図 5-3、補足表 5-1b～5-4b、7-6）では、2036 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には平均 5,337 トン（90%予測区間は 4,090～6,879 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 4,282 トン（90%予測区間は 3,245～5,545 トン）である（補足表 7-5b、7-6）。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（F2021-2023）を継続した場合の 2036 年の親魚量の予測値は平均 5,055 トン（90%予測区間は 3,865～6,522 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 90%、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

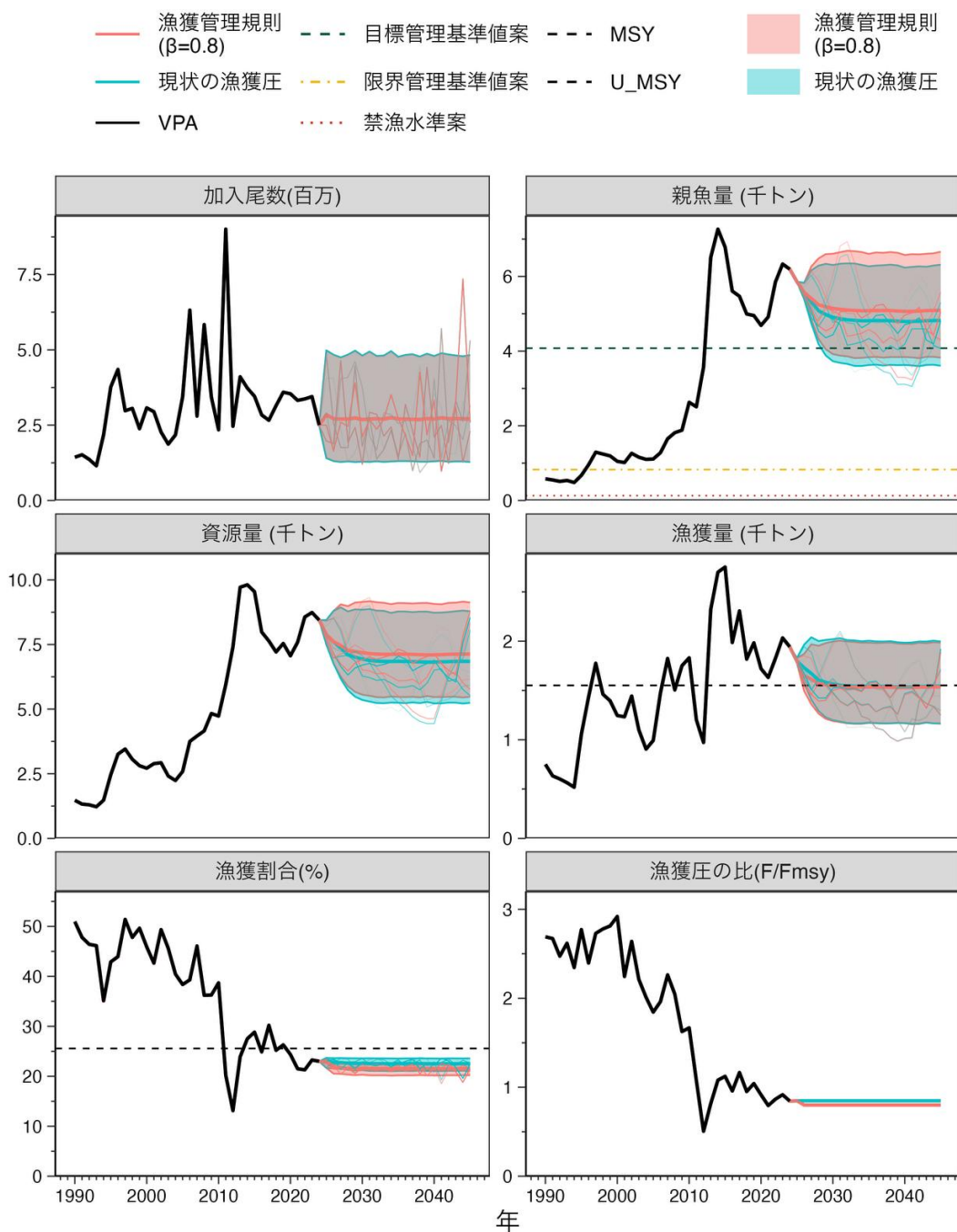


b) 縦軸を漁獲量にした場合

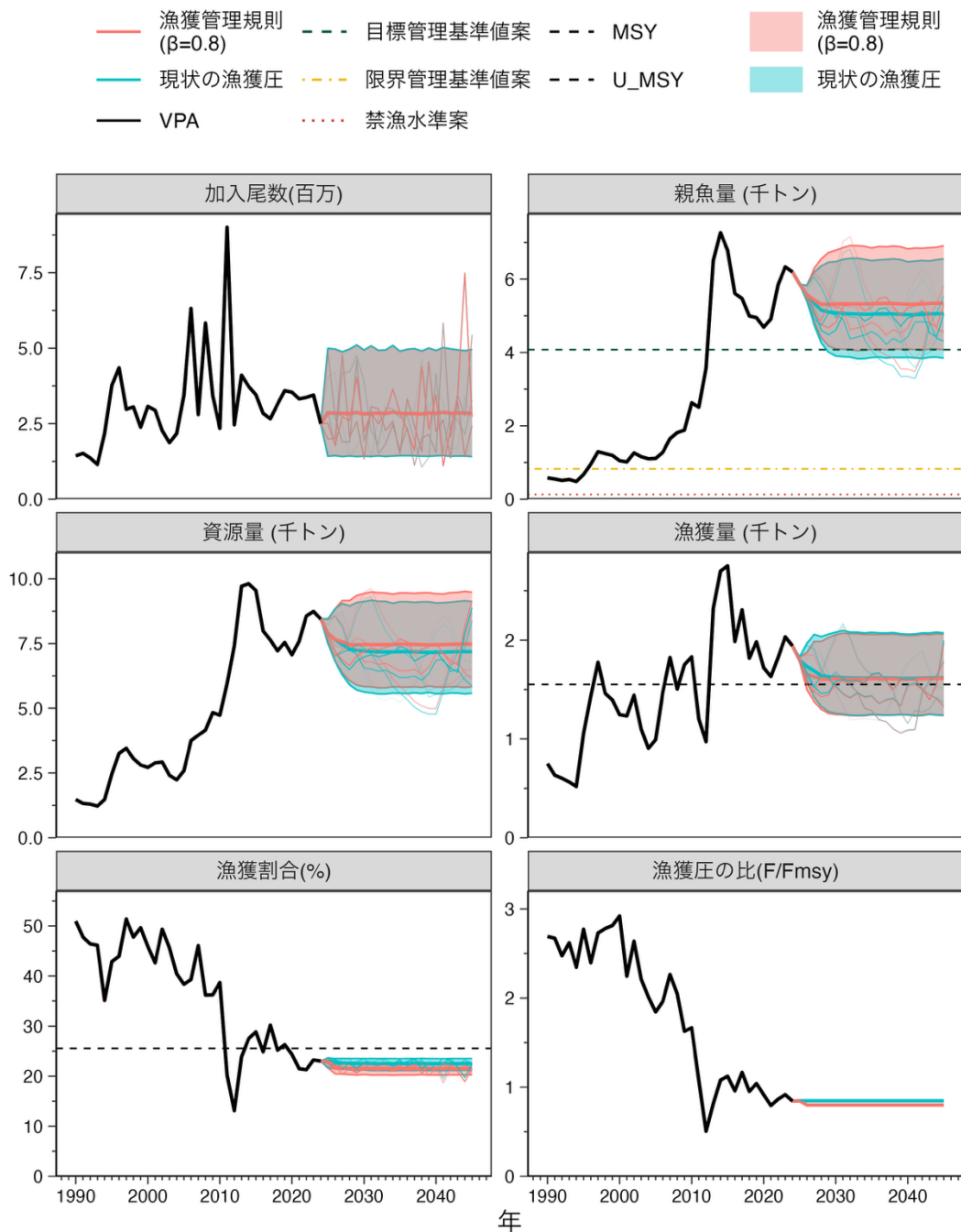


補足図 5-1. 漁獲管理規則 (HCR) 案

目標管理基準値 (SBtarget) 案は HS 型再生産関係に基づき算出した SB_{msy} である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ研究機関会議で提案された値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8F_{msy}$ 、黒太線は HCR、赤点線は禁漁水準案、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。



補足図 5-2. 再生産関係による加入のみを考慮した場合における漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2021-2023）での将来予測（青色） 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 5 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。漁獲量の図の破線は MSY、漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2025 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2021-2023) により仮定し、2026 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 5-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。



補足図 5-3. 現状の種苗放流を考慮した場合における漁獲管理規則案を用いた場合(赤色)と現状の漁獲圧 (F2021-2023) での将来予測 (青色) 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 5 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。漁獲量の図の破線は MSY、漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2025 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2021-2023) により仮定し、2026 年以降の漁獲は漁獲管理規則案 (補足図 5-1) 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 2022~2024 年平均の放流尾数 (3,371 千尾) と添加効率 (0.0397) の積とした。

補足表 5-1. 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の場合 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056		
1.0	100	100	100	82	64	55	51	47	46	46	46	46	46	45		
0.9			100	94	83	78	74	72	70	70	70	70	71	70	70	
0.8			100	99	94	92	91	90	89	89	89	89	90	90	90	
0.7			100	100	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
0.6			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
0.4			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
0.2			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
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧					100	97	90	86	84	83	81	81	82	82	82	82

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056		
1.0	100	100	100	86	71	65	61	58	58	57	57	58	57	57		
0.9			100	96	88	85	83	81	80	80	81	81	81	81	81	
0.8			100	100	97	95	95	95	95	94	95	95	95	95	95	95
0.7			100	100	100	99	99	99	99	99	99	100	99	100	99	99
0.6			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
0.4			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
0.2			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
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の 漁獲圧					100	99	93	92	90	90	89	89	90	90	90	90

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2022～2024年平均の放流尾数(3,371 千尾)と添加効率(0.0397)の積とした。

β を0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2021-2023)から予測される1,798トンとし、2026年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧(F2021-F2023、 $\beta=0.85$ に相当)で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 5-2. 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の場合 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056		
1.0	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	
0.8			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	
0.6			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	
0.4			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	
0.2			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	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056		
1.0	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	
0.8			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	
0.6			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	
0.4			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	
0.2			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	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2022～2024年平均の放流尾数(3,371千尾)と添加効率(0.0397)の積とした。

β を0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2021-2023)から予測される1,798トンとし、2026年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧(F2021-F2023、 $\beta=0.85$ に相当)で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 5-3. 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の場合 (トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056		
1.0	5,856	5,570	5,036	4,600	4,374	4,234	4,161	4,115	4,092	4,077	4,075	4,082	4,078	4,066		
0.9			5,220	4,908	4,761	4,661	4,608	4,571	4,553	4,539	4,538	4,546	4,542	4,529		
0.8			5,412	5,239	5,189	5,143	5,119	5,099	5,088	5,079	5,080	5,090	5,089	5,074		
0.7			5,611	5,595	5,662	5,687	5,706	5,710	5,715	5,713	5,719	5,733	5,738	5,721		
0.6			5,817	5,977	6,185	6,303	6,381	6,423	6,451	6,464	6,480	6,500	6,517	6,499		
0.5			6,032	6,388	6,764	7,000	7,159	7,255	7,321	7,358	7,390	7,422	7,464	7,443		
0.4			6,255	6,829	7,405	7,791	8,058	8,232	8,353	8,429	8,488	8,541	8,630	8,608		
0.3			6,486	7,303	8,115	8,689	9,099	9,382	9,585	9,720	9,825	9,912	10,091	10,070		
0.2			6,726	7,813	8,903	9,710	10,307	10,740	11,061	11,287	11,464	11,607	11,959	11,945		
0.1			6,975	8,362	9,776	10,871	11,712	12,349	12,839	13,202	13,490	13,725	14,402	14,414		
0.0			7,234	8,952	10,745	12,195	13,350	14,262	14,990	15,556	16,017	16,398	17,686	17,776		
現状の 漁獲圧					5,320	5,079	4,980	4,907	4,867	4,838	4,823	4,811	4,811	4,820	4,817	4,803

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056		
1.0	5,856	5,572	5,057	4,667	4,488	4,388	4,337	4,303	4,286	4,274	4,274	4,282	4,278	4,266		
0.9			5,242	4,978	4,882	4,827	4,799	4,777	4,766	4,757	4,758	4,767	4,766	4,752		
0.8			5,434	5,312	5,317	5,322	5,328	5,325	5,325	5,321	5,326	5,337	5,339	5,324		
0.7			5,633	5,670	5,797	5,881	5,934	5,960	5,978	5,984	5,995	6,011	6,020	6,004		
0.6			5,840	6,056	6,329	6,512	6,631	6,699	6,744	6,768	6,790	6,814	6,838	6,819		
0.5			6,055	6,469	6,917	7,227	7,434	7,563	7,649	7,700	7,741	7,779	7,831	7,811		
0.4			6,278	6,914	7,567	8,037	8,361	8,574	8,722	8,816	8,888	8,949	9,054	9,033		
0.3			6,510	7,392	8,288	8,956	9,433	9,764	10,001	10,160	10,282	10,380	10,587	10,567		
0.2			6,750	7,905	9,087	10,001	10,677	11,168	11,532	11,791	11,990	12,150	12,546	12,534		
0.1			7,000	8,457	9,972	11,189	12,122	12,830	13,375	13,780	14,100	14,358	15,107	15,124		
0.0			7,259	9,051	10,954	12,541	13,806	14,805	15,602	16,223	16,727	17,143	18,550	18,652		
現状の 漁獲圧					5,342	5,150	5,105	5,079	5,067	5,054	5,048	5,042	5,044	5,055	5,055	5,040

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2022～2024年平均の放流尾数(3,371 千尾)と添加効率(0.0397)の積とした。

β を0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2021-2023)から予測される1,798トンとし、2026年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧(F2021-F2023、 $\beta=0.85$ に相当)で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 5-4. 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の場合 (トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056
1.0	1,798	1,987	1,830	1,699	1,635	1,597	1,574	1,560	1,555	1,551	1,553	1,553	1,551	1,547
0.9		1,820	1,730	1,642	1,604	1,580	1,564	1,554	1,550	1,546	1,549	1,549	1,547	1,544
0.8		1,646	1,615	1,570	1,558	1,549	1,541	1,536	1,534	1,532	1,535	1,536	1,534	1,531
0.7		1,466	1,485	1,478	1,492	1,499	1,501	1,502	1,504	1,503	1,507	1,508	1,508	1,505
0.6		1,280	1,338	1,364	1,403	1,426	1,439	1,446	1,452	1,455	1,460	1,462	1,464	1,461
0.5		1,086	1,172	1,226	1,285	1,323	1,346	1,361	1,372	1,378	1,385	1,389	1,394	1,391
0.4		884	986	1,058	1,132	1,182	1,215	1,237	1,253	1,263	1,272	1,278	1,288	1,286
0.3		676	778	857	936	993	1,032	1,059	1,080	1,093	1,104	1,112	1,129	1,127
0.2		459	546	618	690	744	783	811	833	848	860	870	892	892
0.1		234	287	334	382	419	447	469	485	498	508	516	538	539
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧	1,730	1,671	1,606	1,582	1,566	1,553	1,546	1,543	1,540	1,543	1,543	1,542	1,538	

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056
1.0	1,798	1,991	1,851	1,738	1,687	1,660	1,643	1,633	1,629	1,626	1,629	1,629	1,627	1,624
0.9		1,824	1,749	1,678	1,654	1,641	1,631	1,625	1,624	1,621	1,625	1,625	1,623	1,620
0.8		1,650	1,633	1,603	1,604	1,607	1,606	1,605	1,607	1,606	1,609	1,610	1,610	1,607
0.7		1,470	1,501	1,508	1,535	1,555	1,564	1,569	1,574	1,575	1,580	1,582	1,583	1,579
0.6		1,282	1,351	1,392	1,442	1,478	1,498	1,510	1,519	1,524	1,530	1,533	1,536	1,533
0.5		1,088	1,184	1,250	1,320	1,370	1,401	1,420	1,435	1,443	1,451	1,456	1,463	1,460
0.4		886	996	1,078	1,162	1,223	1,263	1,290	1,309	1,321	1,332	1,339	1,352	1,349
0.3		677	785	873	960	1,026	1,072	1,104	1,128	1,143	1,156	1,165	1,185	1,183
0.2		460	551	629	707	768	812	845	869	886	900	910	936	936
0.1		234	290	340	391	432	464	487	506	520	531	539	565	565
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧	1,733	1,690	1,641	1,630	1,626	1,620	1,617	1,616	1,615	1,618	1,619	1,618	1,614	

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2022～2024年平均の放流尾数(3,371 千尾)と添加効率(0.0397)の積とした。

β を0.0～1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2021-2023)から予測される1,798トンとし、2026年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧(F2021-F2023、 $\beta=0.85$ に相当)で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料 6 将来予測の方法

将来予測は、「令和 7 (2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2025-ABCWG02-01)」の 1 系資源の管理規則に従い、令和 4 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 SB_{msy} を維持する漁獲圧 (F_{msy}) の推定に用いた再生産関係 (富樫ほか 2022a) と、補足表 6-1 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、「令和 7 (2025) 年度 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-SA2025-ABCWG02-04)」に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.5.1) および計算パッケージ frasyr (ver.2.5.0.0) 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、将来の人工種苗由来の加入尾数として直近 3 年 (2022～2024 年) の平均放流尾数 (3,371 千尾) と平均添加効率 (0.0397) の積を再生産関係から推定される加入尾数に加算して予測を行った。なお、再生産関係による加入のみの場合でも、2025 年については同様の加算を行い、2026 年以降は再生産関係のみの加入で予測を行った。

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。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1} - F_{a-1,y-1}) \quad (a = 1, \dots, 4) \quad (21)$$

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。

$$N_{5+,y} = N_{4,y-1} \exp(-M_{4,y-1} - F_{4,y-1}) + N_{5+,y-1} \exp(-M_{5+,y-1} - M_{5+,y-1}) \quad (22)$$

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。

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{\text{ban}} \\ \beta \gamma(SB_t) F_{\text{msy}} & \text{if } SB_{\text{ban}} \leq SB_t < SB_{\text{limit}} \\ \beta F_{\text{msy}} & \text{if } SB_t \geq SB_{\text{limit}} \end{cases} \quad (23)$$

$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y - SB_{\text{ban}}}{SB_{\text{limit}} - SB_{\text{ban}}} \quad (24)$$

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 7-2 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。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (25)$$

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 6-1 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 (2025) 令和 7(2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2025-ABCWG02-01.

https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2025-ABCWG02-01.pdf (last accessed 23 Jul. 2025)

資源評価高度化作業部会 (2025) 令和 7(2025) 年度 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-SA2025-ABCWG02-04.

https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2025-ABCWG02-04.pdf (last accessed 23 Jul. 2025)

富樫博幸・成松庸二・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・金森由妃・永尾次郎・櫻井慎大 (2022a) 令和 4 (2022) 年度ヒラメ太平洋北部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. 1-45. FRA-SA2022-BRP07-01.

http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220930/FRA-SA2022-BRP07-01.pdf (last accessed 23 Jul. 2025)

補足表 6-1. 将来予測計算に用いた設定値

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2021-2023 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
1 歳	0.202	0.079	0.067	264	0.23	0
2 歳	0.877	0.345	0.292	647	0.23	0.25
3 歳	1.000	0.393	0.333	1,119	0.23	0.75
4 歳	0.982	0.386	0.327	1,581	0.23	1.00
5 歳以上	0.982	0.386	0.327	2,638	0.23	1.00

注 1: 令和 4 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 4 年度資源評価での $F_{current}$ の選択率)。

注 2: 令和 4 年度研究機関会議で推定された Fmsy (すなわち、令和 4 年度資源評価での $F_{current}$ に $F_{msy}/F_{current}$ を掛けたもの)。

注 3: 本資源では 2021~2023 年の F の平均値を現状の漁獲圧としており、この F 値を 2025 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 7 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 7-1. 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	最小絶対値法	無	2.450	1,107	0.402	0

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 7-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	4,078 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	828 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	128 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	SBmsy を維持する漁獲圧 (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) = (0.08, 0.34, 0.39, 0.39, 0.39)	
%SPR	22.9%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	1,551 トン	最大持続生産量 MSY

補足表 7-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2024	6,194トン	2024年の親魚量
F2024	2024年の漁獲圧(漁獲係数 F) (1歳, 2歳, 3歳, 4歳, 5歳以上)=(0.11, 0.25, 0.31, 0.34, 0.34)	
U2024	23.0%	2024年の漁獲割合
%SPR (F2024)	27.1%	2024年の%SPR
%SPR (F2021-2023)	27.0%	現状(2021~2023年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2024/ SBmsy (SBtarget案)	1.52	最大持続生産量を実現する親魚量(SBmsy、目標管理基準値案)に対する2024年の親魚量の比
F2024/ Fmsy	0.84	SBtargetを維持する漁獲圧(Fmsy)に対する2024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(1.52倍)	
漁獲圧の水準	SBmsyを維持する水準を下回る(0.84倍)	
親魚量の動向	増加	

* 2024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 7-4. 予測漁獲量と予測親魚量

a) 再生産関係による加入のみの場合

2026年の親魚量(予測平均値):5,570トン				
項目	2026年の 漁獲量 予測平均値 (トン)	90% 予測区間 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2021-2023)	2026年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	1,987	1,803 - 2,258	1.00	26.1
$\beta=0.8$	1,646	1,495 - 1,870	0.80	21.6
$\beta=0.6$	1,280	1,162 - 1,453	0.60	16.8
$\beta=0.4$	884	803 - 1,004	0.40	11.6
$\beta=0.2$	459	417 - 520	0.20	6.0
$\beta=0.0$	0	0 - 0	0	0
F2021-2023	1,730	1,570 - 1,965	0.85	22.7

b) 現状の種苗放流を考慮した場合

2026年の親魚量(予測平均値):5,572トン				
項目	2026年の 漁獲量 予測平均値 (トン)	90% 予測区間 (トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2021-2023)	2026年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	1,991	1,807 - 2,262	1.00	26.0
$\beta=0.8$	1,650	1,498 - 1,873	0.80	21.6
$\beta=0.6$	1,282	1,164 - 1,455	0.60	16.8
$\beta=0.4$	886	805 - 1,005	0.40	11.6
$\beta=0.2$	460	418 - 521	0.20	6.0
$\beta=0.0$	0	0 - 0	0	0
F2021-2023	1,733	1,574 - 1,968	0.85	22.7

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2022～2024年平均の放流尾数(3,371千尾)と添加効率(0.0397)の積とした。

補足表 7-5. 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					
項目	2036年 の親魚量 予測平均値 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2036年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	4,082	3,048 – 5,343	46	100	100
$\beta=0.8$	5,090	3,847 – 6,641	90	100	100
$\beta=0.6$	6,500	4,976 – 8,362	100	100	100
$\beta=0.4$	8,541	6,619 – 10,844	100	100	100
$\beta=0.2$	11,607	9,115 – 14,533	100	100	100
$\beta=0.0$	16,398	13,022 – 20,301	100	100	100
F2021-2023	4,820	3,635 – 6,289	82	100	100

b) 現状の種苗放流を考慮した場合

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2036年 の親魚量 予測平均値 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2036年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	4,282	3,245 – 5,545	58	100	100
$\beta=0.8$	5,337	4,090 – 6,879	95	100	100
$\beta=0.6$	6,814	5,298 – 8,682	100	100	100
$\beta=0.4$	8,949	7,025 – 11,255	100	100	100
$\beta=0.2$	12,150	9,645 – 15,077	100	100	100
$\beta=0.0$	17,143	13,772 – 21,045	100	100	100
F2021-2023	5,055	3,865 – 6,522	90	100	100

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2022～2024年平均の放流尾数(3,371千尾)と添加効率(0.0397)の積とした。

補足表 7-6. 再生産関係による加入のみと人工種苗由来の加入を考慮し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)		
		親魚量が目標 管理基準値案 を上回る	5年後	10年後	0年後	5年後	10年後
			2031年	2036年	2026年	2031年	2036年
再生産関係 による加入 のみ (0尾)	1.0	46	4,161	4,082	1,987	1,574	1,553
	0.8	90	5,119	5,090	1,646	1,541	1,536
	0.6	100	6,381	6,500	1,280	1,439	1,462
	0.4	100	8,058	8,541	884	1,215	1,278
	0.2	100	10,307	11,607	459	783	870
	0.0	100	13,350	16,398	0	0	0
	F2021- 2023	82	4,867	4,820	1,730	1,553	1,543
種苗放流を 考慮 (3,371千尾 放流、 添加効率 0.0397)*	1.0	58	4,337	4,282	1,991	1,643	1,629
	0.8	95	5,328	5,337	1,650	1,606	1,610
	0.6	100	6,631	6,814	1,282	1,498	1,533
	0.4	100	8,361	8,949	886	1,263	1,339
	0.2	100	10,677	12,150	460	812	910
	0.0	100	13,806	17,143	0	0	0
	F2021- 2023	90	5,067	5,055	1,733	1,620	1,619

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0~1.0 にて 0.2 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2026年の値と、5年および10年管理を行った後の値（2031年および2036年）を示した。

*人工種苗由来の加入尾数は、現状（3,371千尾、2022~2024年の平均）の放流尾数と2022~2024年の平均添加効率（0.0397）の積である。

補足資料 8 沖底（オッタートロール）の標準化 CPUE

商業船によるノミナル CPUE は、資源量以外に漁獲月や操業海域による影響を受ける。そのため、ノミナル CPUE を用いて適切に資源変動を把握するためには、ノミナル CPUE からこれらの要因を取り除く必要がある（庄野 2004）。沖底（オッタートロール）によるヒラメのノミナル CPUE は、海域および月の影響を受け、さらに海域や月による傾向も年によって異なるため、年と海域、年と月の交互作用についてもその影響を検討する必要がある。そこで、ノミナル CPUE から月および海域の影響を除去するため、GLM（一般化線形モデル）を用いてヒラメの主要な漁場である金華山～房総海区の標準化 CPUE を行った。分析には沖底（オッタートロール）でヒラメを多く漁獲するようになった 1990 年以降を対象に、沖底（オッタートロール）漁績のデータより抽出した、本種の有漁網データを用いた。自然対数を取った本種のノミナル CPUE を応答変数として採用し、モデルの誤差は正規分布に従うと仮定した。説明変数には、年（Year）、季節（Season）、海域（Area）とそれらの 1 次の交互作用を用い、以下の初期モデルを作成した。

$$\text{Ln}(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Season} + \text{Area} + \text{Year} * \text{Season} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Season} * \text{Area} \quad (26)$$

ここでの記号は次の通りである。

Year: 年（1990～2024）

Season: 季節（1～3 月、4～6 月、9 月、10～12 月）

Area: 海域（金華山海区、常磐海区、房総海区）

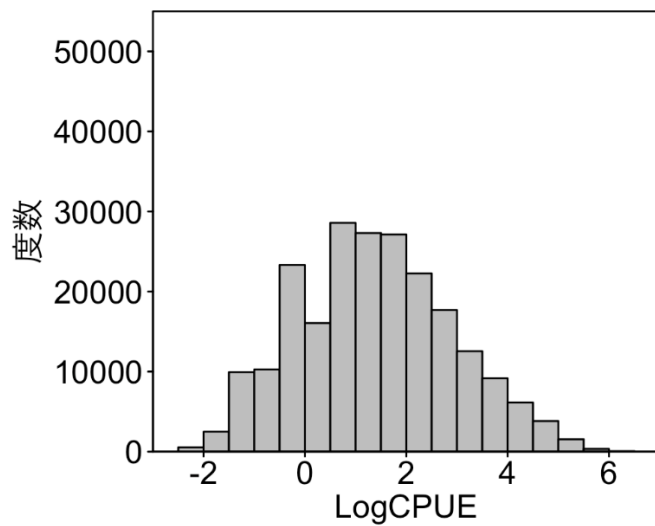
説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。季節（Season）はデータ欠損が生じないように 1～3 か月ごとにまとめた。変数総当たり法により BIC が最小となるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R Ver 4.5.1 の MuMIn パッケージを用いた（<https://www.R-project.org/>、2025 年 7 月 31 日）。モデル選択の結果、上記の初期モデルがベストモデルとして選択された。ベストモデルより最小二乗平均（LSMEAN）を用いて海域別の年トレンドを算出し、それらを各海域の面積により重み付け平均することで標準化 CPUE の年トレンドとした。

操業ごとの対数 CPUE およびモデルの予測値と実測値の残差は概ね正規分布に従っていた（補足図 8-1、8-2）。正規確率図では、大きな逸脱は観察されなかった（補足図 8-3）。また、年別の残差は 0 周辺に分布することが確認された（補足図 8-4）。

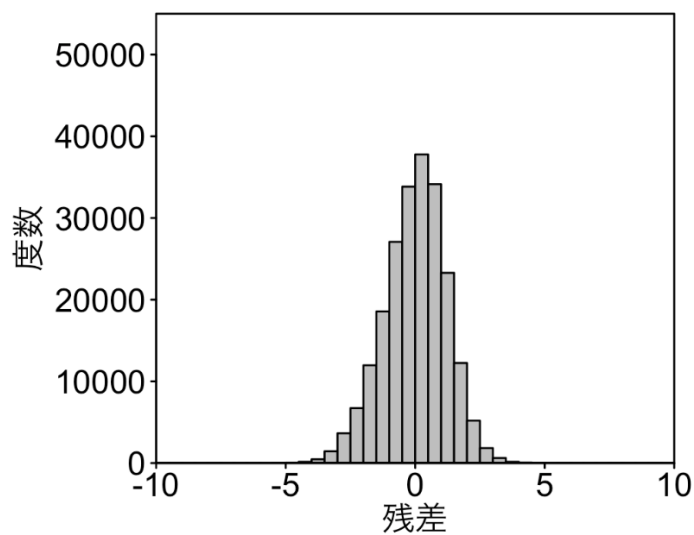
このモデルを用いて標準化 CPUE の年トレンドを補足図 8-5 に示した。標準化 CPUE とノミナル CPUE の経年変化は、2013～2018 年にかけて、両者にやや乖離が見られる年もあったが、1990～2012 年および 2019 年以降は非常に良く似たトレンドを示した。標準化 CPUE がノミナル CPUE より高くなった 2017 年や 2018 年では、常磐海区の標準化 CPUE は他海域に比べ高い値で推移した（補足図 8-6）。一方、震災の影響で常磐海区の努力量は低いままであり、ノミナル CPUE では努力量割合の高い他海域の動向がより大きく反映されたと考えられる（補足図 8-7）。標準化 CPUE では、海域ごとの年トレンドは海域面積比で重み付け平均されることで、ノミナル CPUE に含まれる海域間の努力量の偏りによる影響が補正されたと考えられる。

引用文献

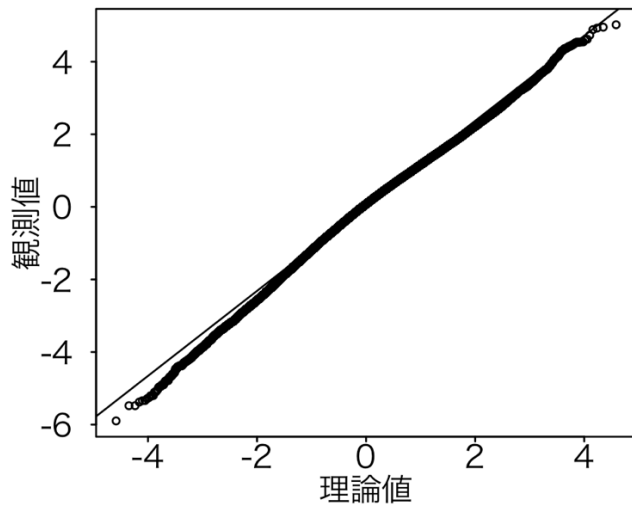
庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, **68**, 106-120.



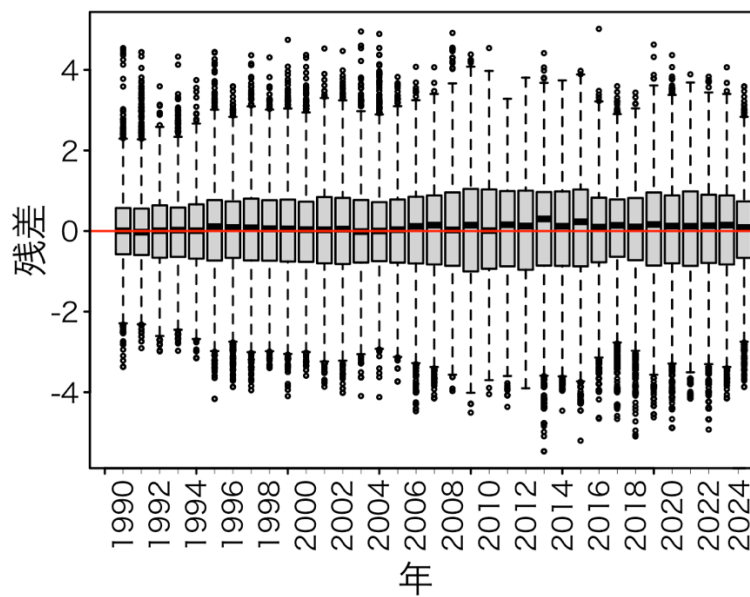
補足図 8-1. 操業ごとの LogCPUE (1990~2023 年データ)



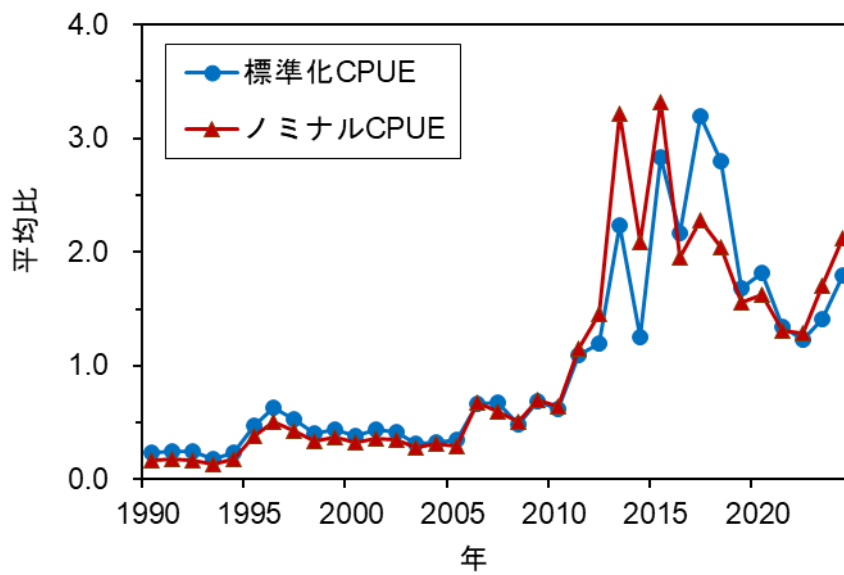
補足図 8-2. モデル予測値と実測値の残差 (1990~2023 年データ)



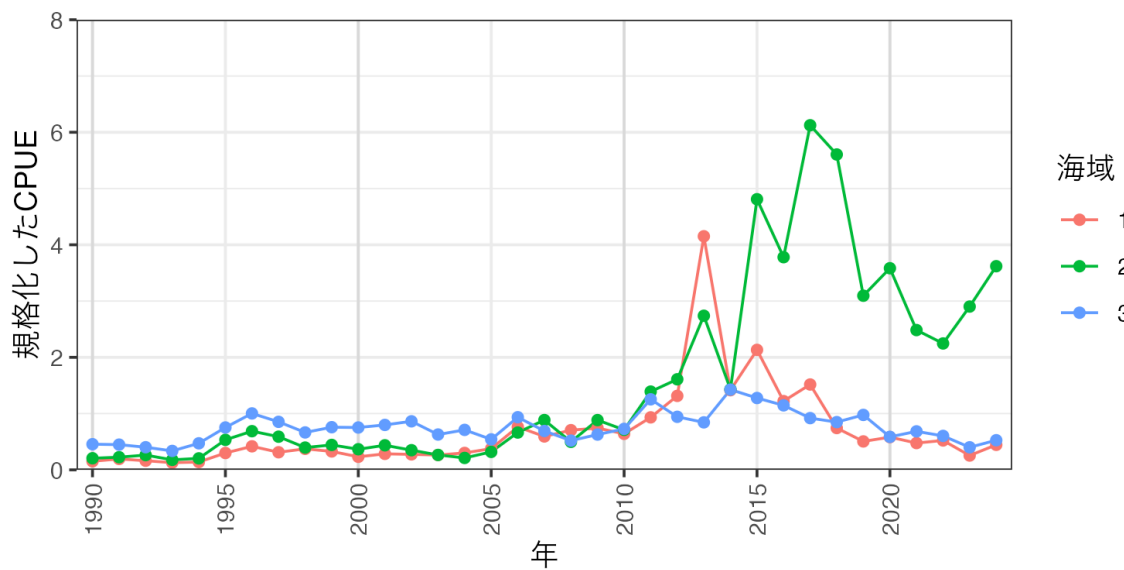
補足図 8-3. 残差の正規確率図



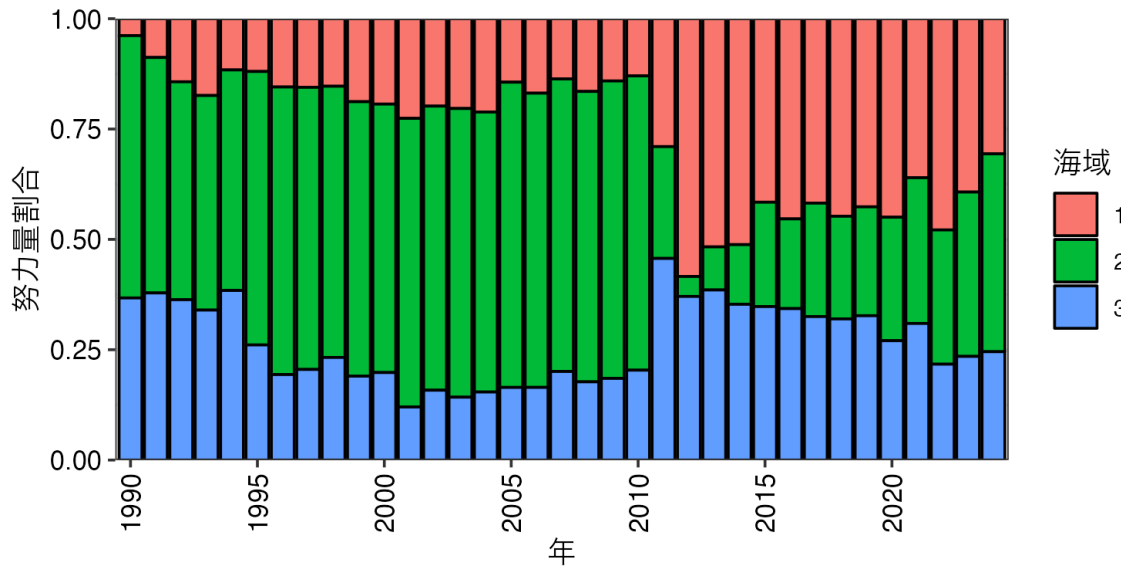
補足図 8-4. 年ごとの残差 箱ひげ図は第一～第三四分位、バーは最大値、最小値の 1.5 倍、バーの外側は外れ値を示す。



補足図 8-5. 標準化 CPUE (青) とノミナル CPUE (赤) の比較 それぞれ平均値で除すことで規格化した。



補足図 8-6. ベストモデルの最小二乗平均 (LSMEAN) より算出した海域別の年トレンドの推移 海域 1、2、3 はそれぞれ金華山海区、常磐海区、房総海区を示す。



補足図 8-7. 年別海域別努力量割合 海域 1、2、3 はそれぞれ金華山海区、常磐海区、房総海区を示す。

補足資料 9 新規加入量調査結果の概要

ヒラメ稚魚の新規加入量調査は、0歳のヒラメ稚魚の着底密度を調査し、翌年に漁獲加入する年級群豊度を早期に推定することを目的の一つとしている。

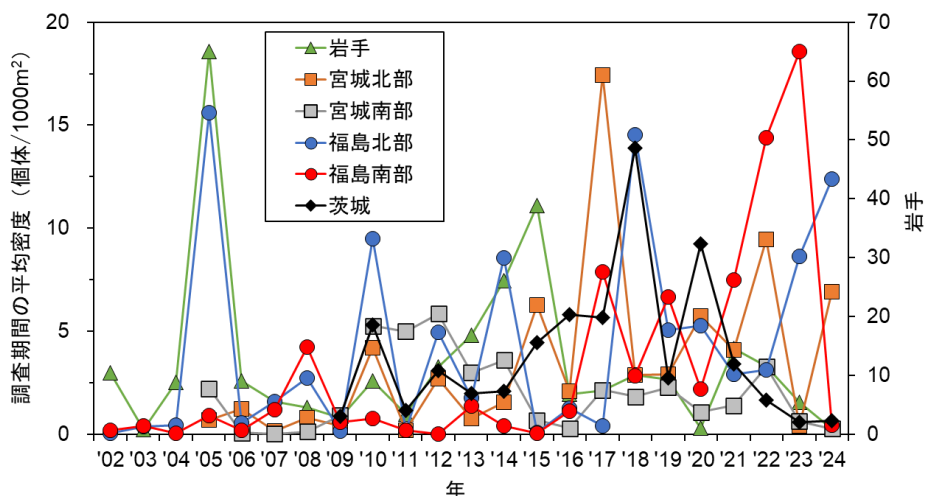
調査は、2024年5～12月の期間、岩手県から茨城県の水深5～20mの海域で実施した。採集は水工研II型ソリネット（網口幅2m、目合い6mm）を用いて、原則1.5～2.0ノットで10分間曳網した。県（地域）ごとの稚魚密度は、年内の複数回の調査で得られた総個体数を総曳網面積で除し、暦年ごと1,000m²当たりの平均密度で評価した。密度の経年変化は、岩手県、宮城北部（石巻）、宮城南部（名取）、福島北部（相馬）、福島南部（いわき）、茨城県に分けて図示した（補足図9-1）。

震災前（2002～2010年）の密度は、2005年の岩手県（65.1個体）および福島北部（16.0個体）で高い傾向にあった。この年は資源評価において加入尾数の水準が高かった年級と一致する。震災以降、稚魚密度は2015年の岩手県（38.9個体）、2017年の宮城北部（17.4個体）、2018年の福島北部（14.5個体）および茨城県（13.9個体）で高かった。また震災前、密度の変動パターンは県や地域間で同調する（密度が高い年はその他の県・地域でも高い、あるいはその逆）ことが多かったが、震災後は一致しない傾向にあった。

2024年における各県（地域）の調査期間平均の密度は、岩手（0.97個体）、宮城北部（6.90個体）、宮城南部（0.28個体）、福島北部（12.4個体）、福島南部（0.44個体）、茨城（0.65個体）であった。2024年における岩手～茨城の全県平均の密度は3.61個体であり、2024年を除く直近5年間（2019～2023年）の平均密度（5.50個体）と比較して、2024年は「やや少ない」と判断した。本調査結果の詳細は、櫻井ほか（2025）を参照のこと。

引用文献

櫻井慎大・富樫博幸・成松庸二・藤原邦浩・鈴木勇人・森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・永尾次郎・和田由香・森 友彦・高津戸啓介・平川直人・多賀 真（2025）令和6（2024）年度 東北地方太平洋沖海域におけるヒラメ新規加入量調査結果. 東北底魚研究, 45, （印刷中）.



補足図 9-1. ヒラメ着底稚魚密度（調査期間の平均密度）の経年変化