

令和 6（2024）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・鈴木勇人・
森川英祐・時岡 駿・三澤 遼・永尾次郎・櫻井慎大）

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

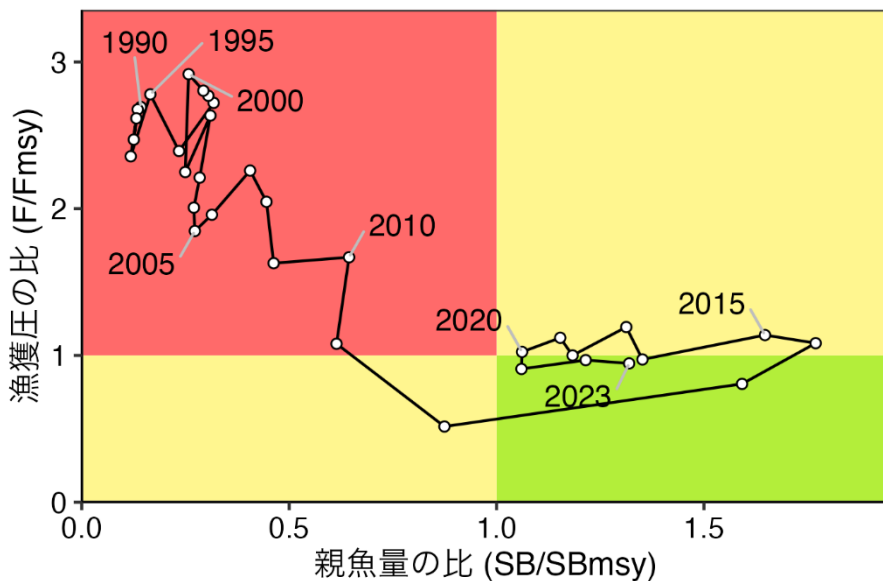
1990～2023年に岩手県～千葉県（夷隅地域以北）で採取された雌雄込・年齢別漁獲尾数のデータを基にコホート解析の一種である Virtual Population Analysis (VPA) により資源量を推定した。資源量は、2011年の加入尾数（2010年級）が多かったことと東日本大震災（以下、「震災」という）による漁獲努力量の減少により、2011年以降増加し、2013～2014年には約10,000トンになった。その後、資源量は2020年まで減少して、2021年以降に増加、2023年は8,450トンと推定された。親魚量も資源量同様、2012年と2013年に急増し、2014年の親魚量は約7,000トンを超えた。その後、親魚量は2021年まで減少し、2023年は5,378トンと推定された。

本種は栽培対象種であり、2023年には3,496千尾の人工種苗が放流された。2023年の補正混入率は4.9%、添加効率（放流魚の漁獲加入1歳までの生残率）は0.089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、2012～2022年は約2,000～4,000千尾で安定していた。2023年の加入量は震災以降2番目に多く6,579千尾と推定され、このうち人工種苗由来の加入尾数は323千尾であった。

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2023年の親魚量は、MSYを実現する水準を上回る。また2023年の漁獲圧は、SBmsyを維持する漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近5年間（2019～2023年）の推移から「横ばい」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
2023 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2023 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る
2023 年の親魚量の動向	横ばい
MSY	1,551 トン
2025 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。 ・近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っている。	

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 (%)
2019	7,118	4,701	1,983	1.12	27.9
2020	6,431	4,325	1,721	1.02	26.8
2021	6,828	4,317	1,632	0.91	23.9
2022	7,605	4,952	1,825	0.97	24.0
2023	8,450	5,378	2,032	0.95	24.0
2024	8,965	5,500	2,215	0.95	24.8
2025	8,824	6,301	—	—	—

・2023年の漁獲量は暫定値。
・2024、2025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
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 <ul style="list-style-type: none"> 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） <ul style="list-style-type: none"> 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－体重関係 <ul style="list-style-type: none"> 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、水研機構、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 <ul style="list-style-type: none"> 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

本系群におけるヒラメは、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）。

(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

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

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

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

本系群における最小成熟サイズと年齢は、雄では全長 35 cm で満2歳、雌では全長 44 cm で満3歳である (北川ほか 1994)。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するようになる。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

本系群のヒラメは、沖合底びき網（以下、「沖底」という）・小型底びき網（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 40 cm、相双地区が 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

本系群におけるヒラメの漁獲量は、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。2023 年の漁獲量は 2,032 トンで、前年（1,825 トン）よりやや増加した。

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（2010 年級が 3 歳になる）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、2023 年は 1～3 歳が 45%、4～5+歳が 55%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区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

2023 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 cm 前半に最頻値を有する単峰型、宮城県では 30～50 cm の幅広いサイズ帯で漁獲されていた。福島県は単峰型であるものの、最頻値は他県と異なり 50 cm 付近にあった。福島県と他県との全長組成の違いは、漁獲物の全長規制の違いが要因である（(1) 漁業の概要を参照）。茨城県および千葉県（夷隅地域以北）では、30 cm 前半に最頻値を有していた。

(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 4-1 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 2013～2022 年は約 5,000～8,000 網/年となり、2023 年は 6,448 網/年であった（表 4-1）。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、2023 年は 6,139 網/年で震災前年（2010 年）の約 35%であった。房総海区では 1990 年以降、長期的に減少し、2023 年は 3,891 網/年となっている。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1990～2022 年のデータに加え、2023 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。その後、ノミナル CPUE は常磐海区を除き減少し、2023 年の金華山海区で 4.6 kg/網、房総海区で 9.1 kg/網であった。2023 年の常磐海区は 54.2 kg/網であり、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、2023 年は 8,450 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。2013～2022 年の漁獲割合は 24～31%、2023 年は 24%であり、震災前年（2010 年）の約 6 割の水準となっていた（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2021年まで減少し、2023年は5,378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、115~152%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。2013~2022年の年齢平均のFは0.27~0.39で推移し、2023年は0.31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、2023年の放流尾数は3,496千尾と、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、2006~2022年は1.5~21.2%の間で変動し、2023年は4.9%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)。2012~2022年の天然加入尾数は約2,000千~3,000千尾であったが、2023年は6,255千尾と多かった。2023年の加入は震災以降2番目に高く、比較的良い加入であったと判断される。

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。2023年の添加効率は0.089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、2023年は24.1%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

(F2020-2022) を%SPR に換算すると、それぞれ 22.9、24.2% に相当することから、現状の漁獲圧 (F2020-2022) の水準は F_{msy} 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 (SB_{msy}) および SB_{msy} 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、2023 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 2023 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) を上回っており、 SB_{msy} の 1.32 倍である。また、2023 年の漁獲圧は、 SB_{msy} を維持する漁獲圧 (F_{msy}) を下回っており、 SB_{msy} を維持する漁獲圧の 0.95 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 F_{msy} 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 (2019~2023 年) の推移から横ばいと判断される。

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、2023 年は 8,450 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 2021 年まで減少し、2023 年は 5,378 トンと推定された。

2023 年の親魚量は MSY を実現する水準を上回り、その動向は直近 5 年間 (2019~2023 年) の推移から横ばいと判断された。2023 年の漁獲圧は、 SB_{msy} を維持する漁獲圧 (F_{msy}) を下回っている。

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.
- 北川大二・石戸芳男・桜井泰憲・福永辰廣 (1994) 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢、成長、成熟. 東北水研研報, **56**, 69-76.
- 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.
- 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> (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.

- 竹野功璽・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)
- Tomiyaama, 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

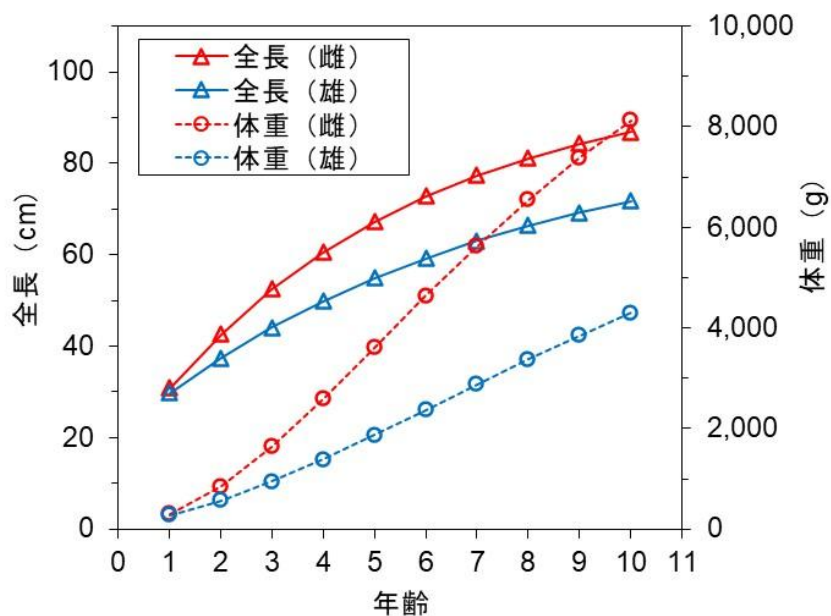


図 2-2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係 Yoneda et al. (2007) より作成、年齢の起算日は7月1日である。

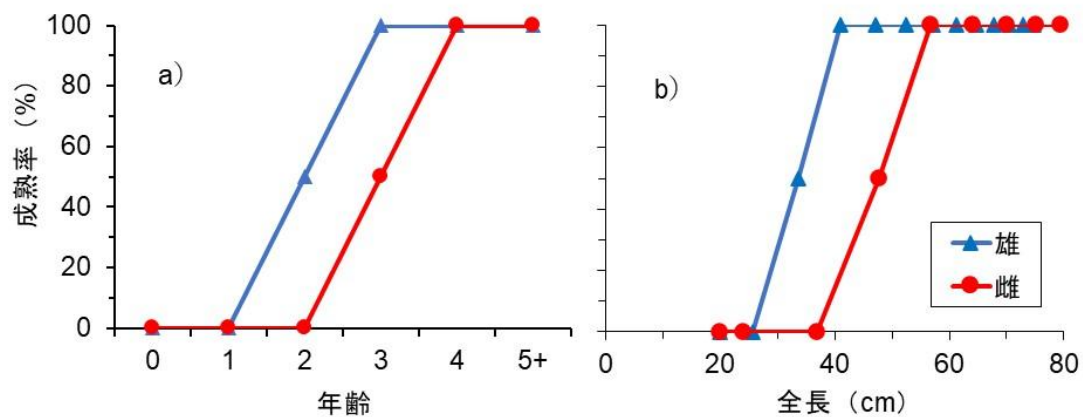


図 2-3. 雌雄別年齢別成熟率（左図 a）および雌雄別全長別成熟率（右図 b） 年齢の起算日は1月1日である。

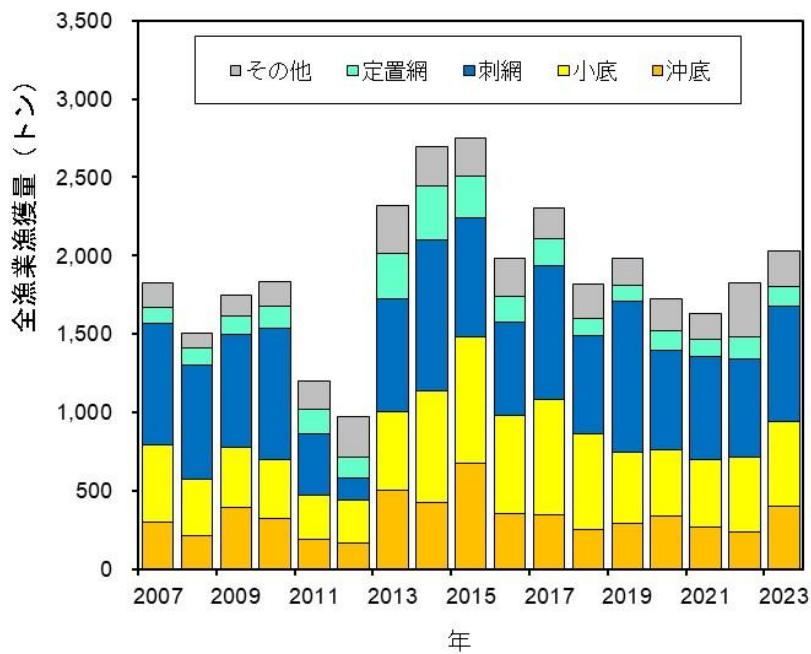


図 3-1. 漁業種類別漁獲量の推移 岩手県～千葉県（夷隅地域以北）の全漁業合計値を示す。

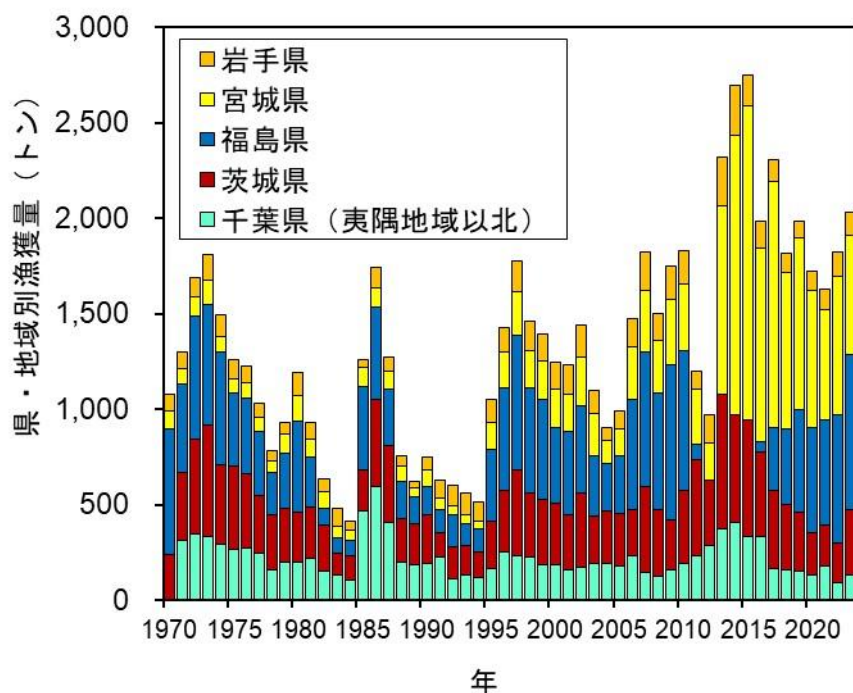


図 3-2. 県・地域別漁獲量の推移 漁業・養殖業生産統計年報より作成した。1970 年の千葉県（夷隅地域以北）の漁獲量は、ひらめ・かれい区分のため表記していない。

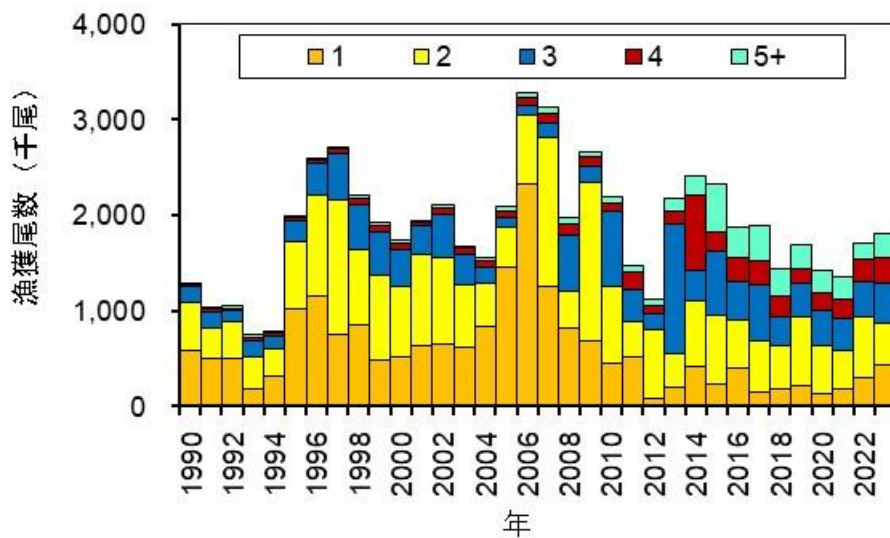


図 3-3. 年齢別漁獲尾数の推移

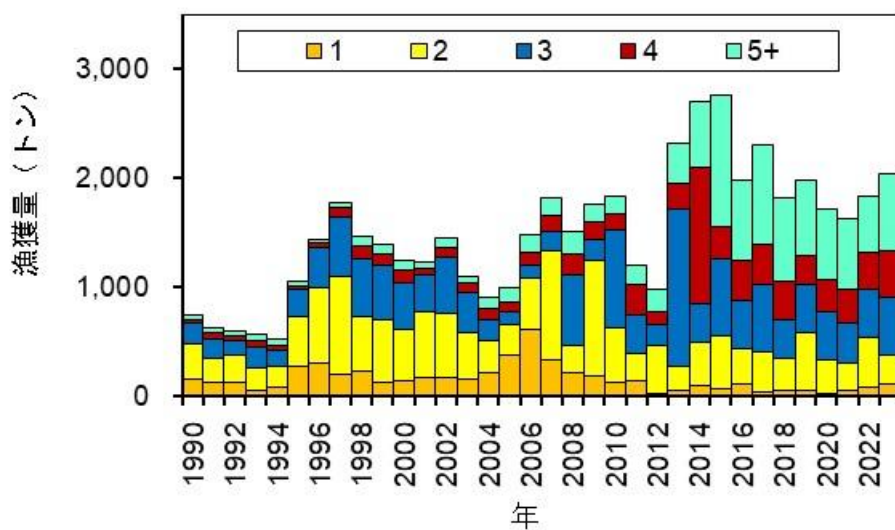


図 3-4. 年齢別漁獲量の推移

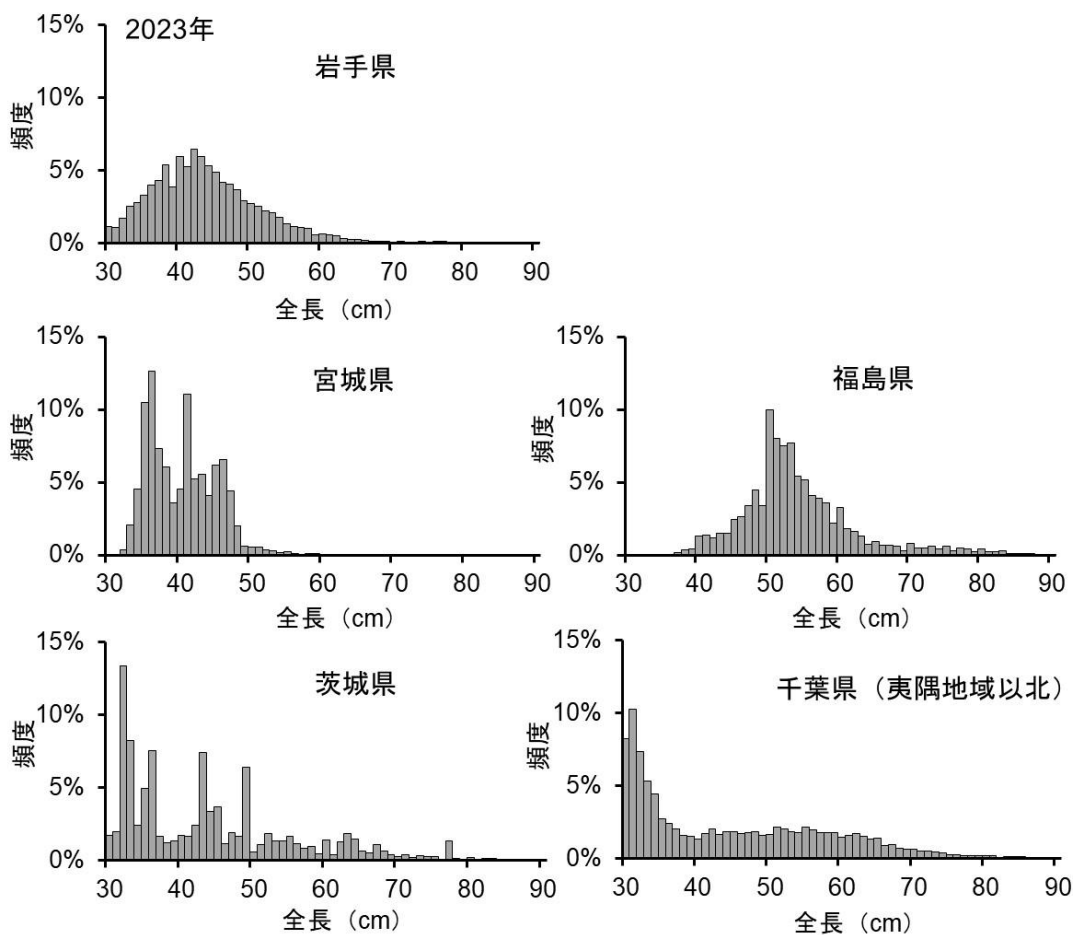


図 3-5. 2023 年における各県のヒラメ漁獲物の全長組成

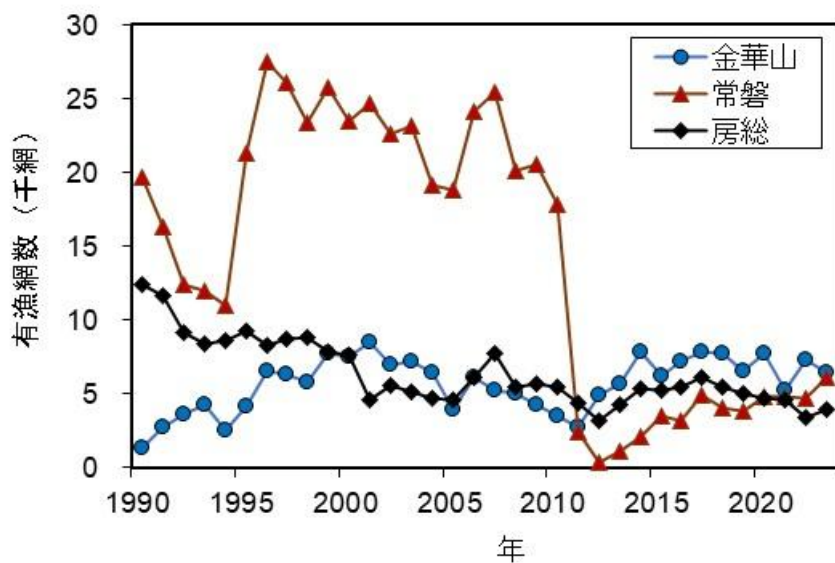


図 3-6. 海域別の沖底（オッターコントロール）によるヒラメの有漁網数の経年変化

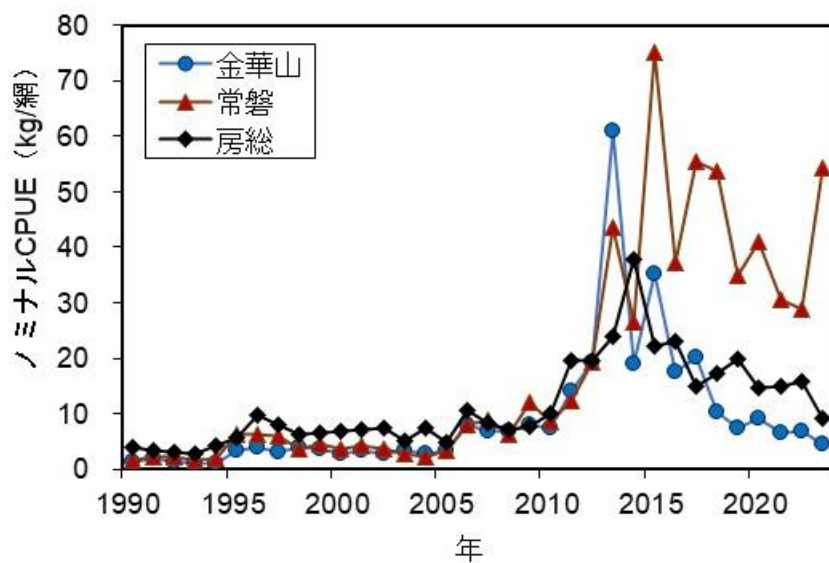


図 4-1. 海域別の沖底（オッターコントロール）によるヒラメのノミナル CPUE ノミナル CPUE は有漁 1 網あたりの漁獲量を年ごとの平均値で示した。

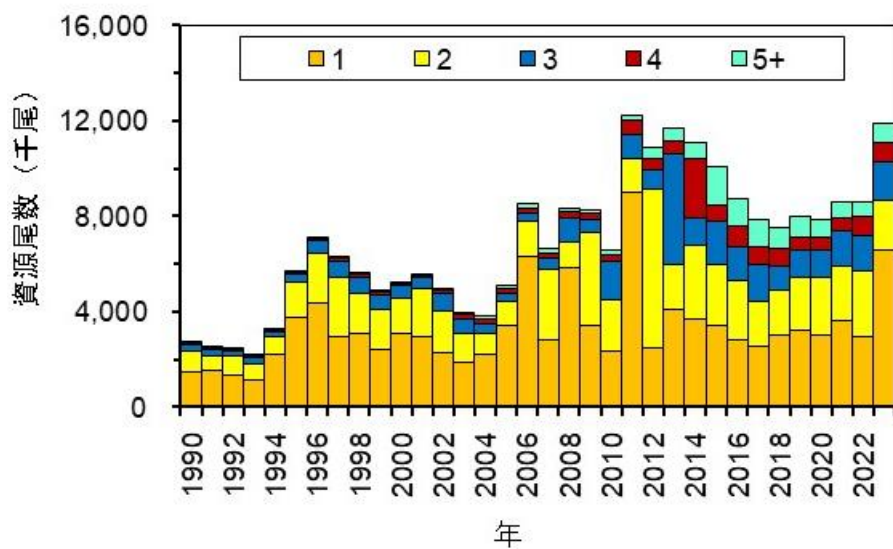


図 4-2. 年齢別資源尾数の推移

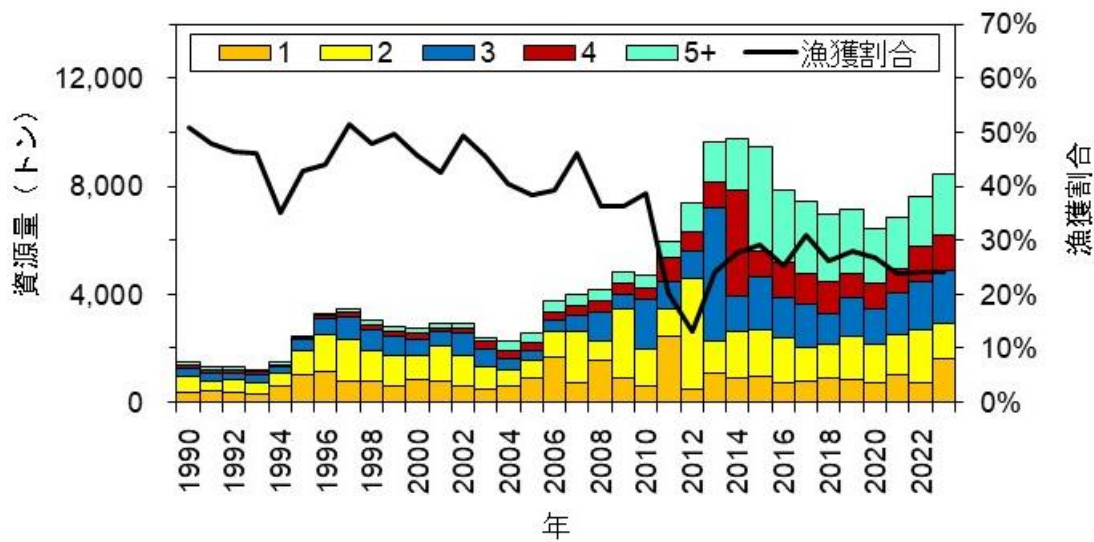


図 4-3. 年齢別資源量および漁獲割合の推移

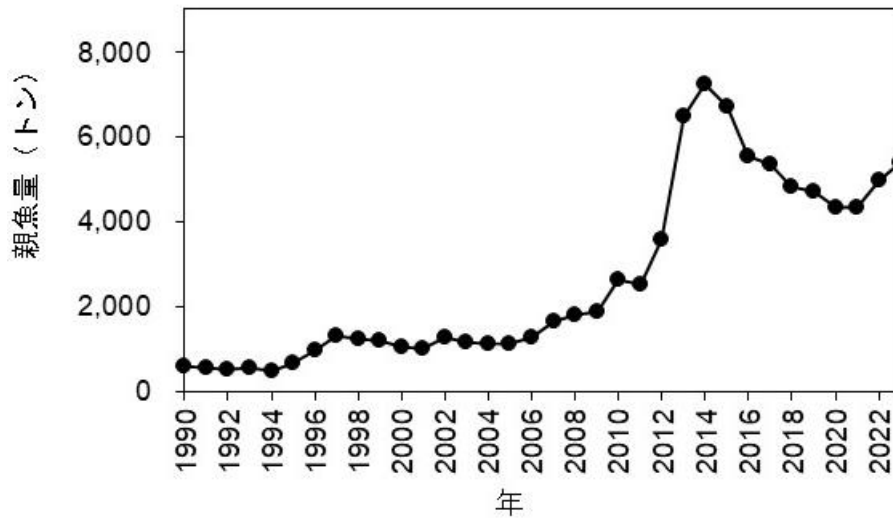


図 4-4. 親魚量の推移 雌雄込で 2 歳魚の 1/4、3 歳魚の 3/4、4 歳以上魚の資源量の合計値とした。

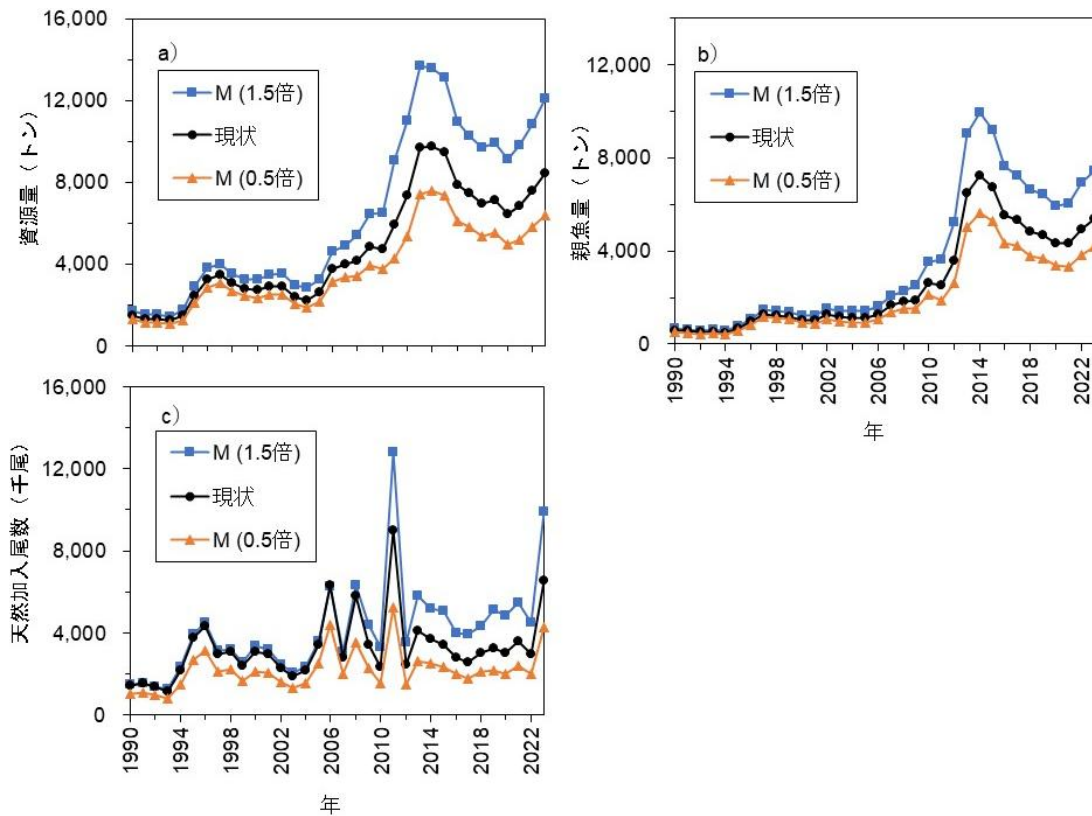


図 4-5. 自然死亡係数 M の値についての a) 資源量、b) 親魚量、c) 天然加入尾数の感度解析

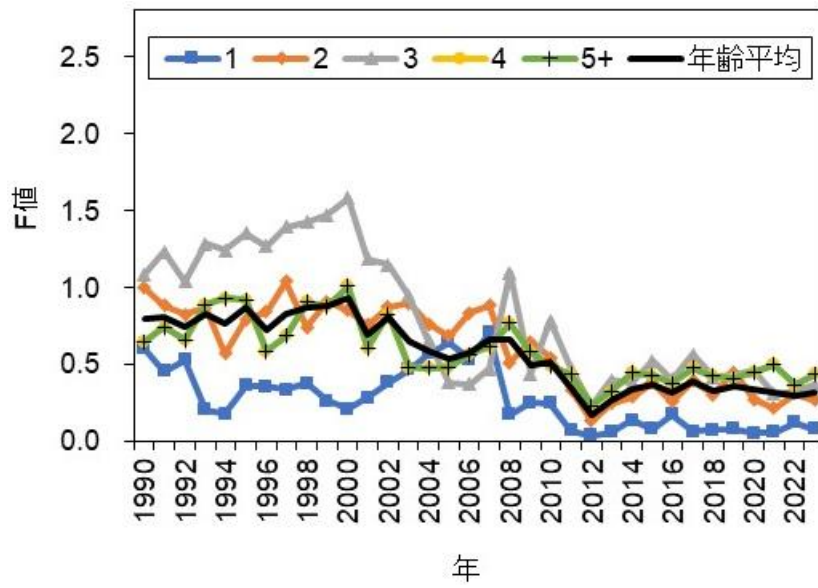


図 4-6. 年齢別漁獲係数 F の推移

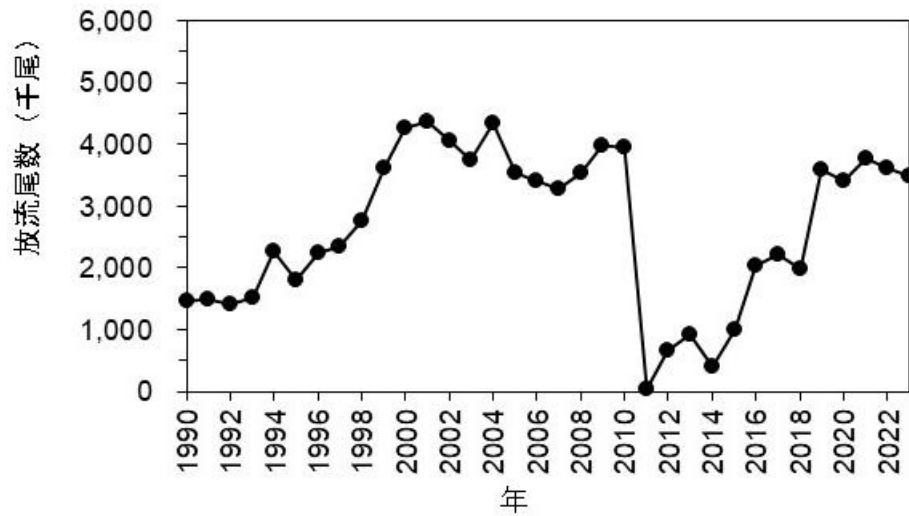


図 4-7. 放流尾数の推移 震災年（2011 年）は 34 千尾である。

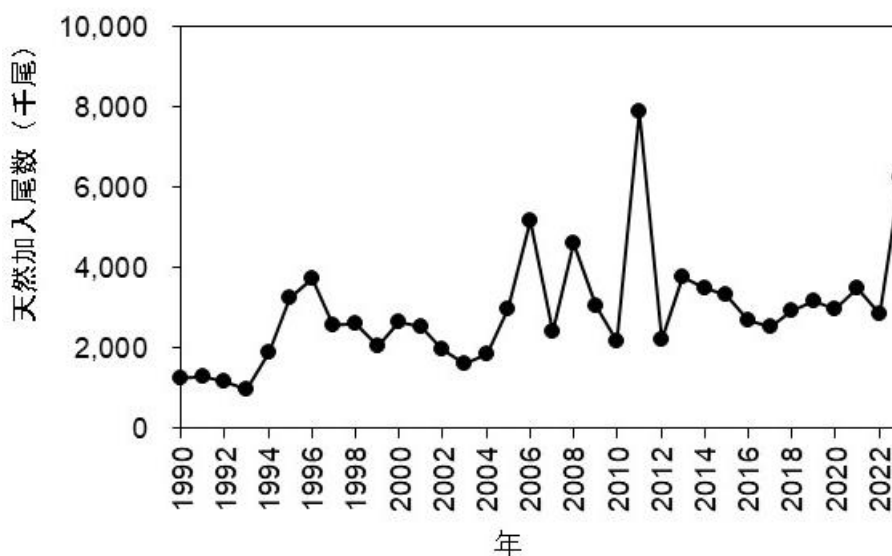


図 4-8. 天然加入尾数 (1 歳魚) の推移 天然の加入尾数は、コホート解析で推定した 1 歳魚の資源尾数 (天然+放流) と各年の補正混入率 (漁獲尾数に占める放流尾数の割合を黒化率で補正した値、表 4-4) から、1 歳魚資源尾数 × (1 - 補正混入率) として計算した。

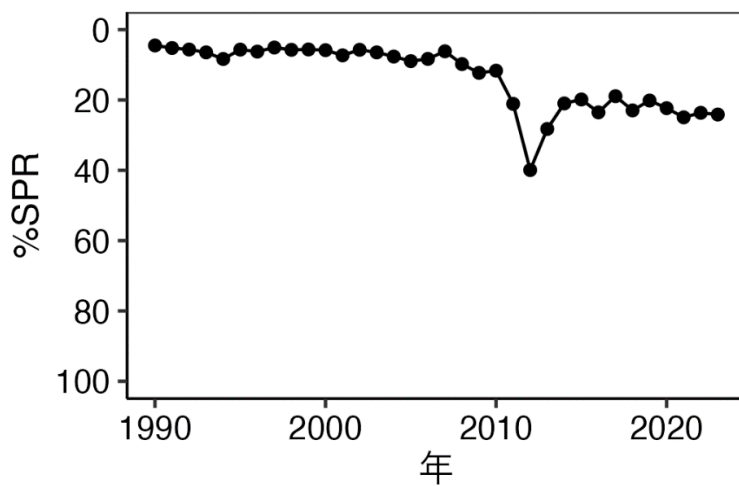


図 4-9. %SPR 値の経年推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い (低い) と %SPR は小さく (大きく) なる。

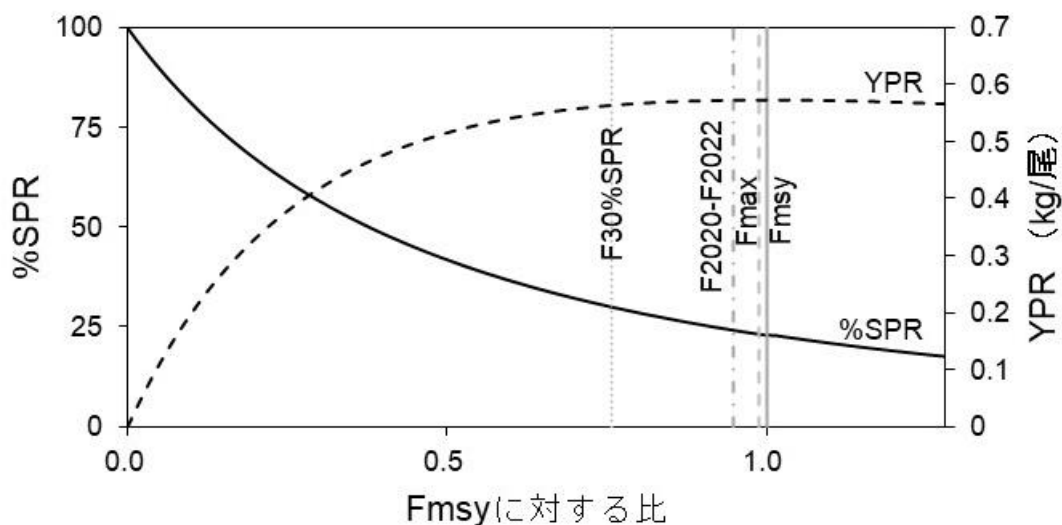


図 4-10. Fmsy に対する YPR と%SPR の関係

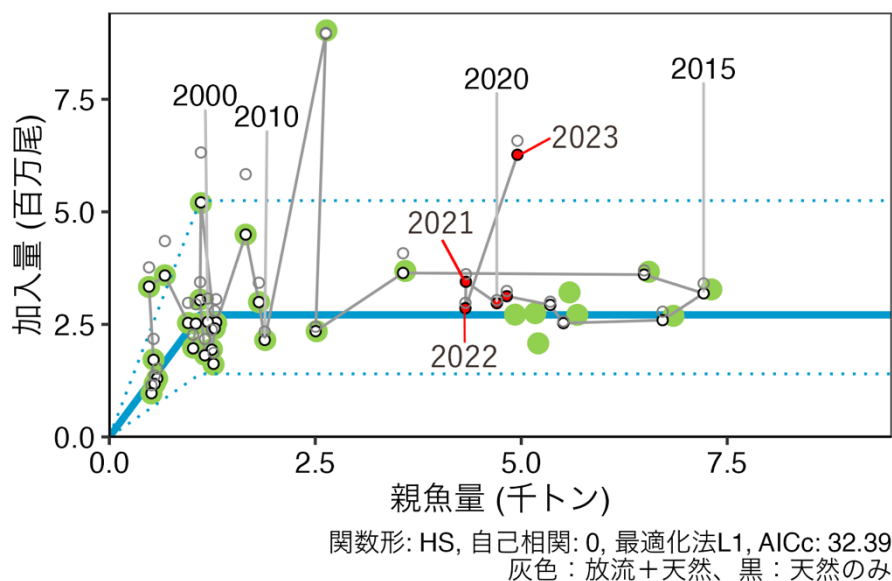


図 4-11. 親魚量と加入量の関係 青実線は本系群で適用した再生産関係式であり、上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。再生産関係式のパラメータ（自己相関を考慮しないホッカー・スティック（HS）型再生産関係式を用い、最小絶対値法により推定）は令和 4 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（富樫ほか 2022a）に示された値に基づく。塗りつぶしの黄緑丸印は、この再生産関係推定時の親魚量と加入量を示す。白抜丸印および赤丸印は本年度評価における 1990～2022 年の親魚量と 1991～2023 年の加入量を示し、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

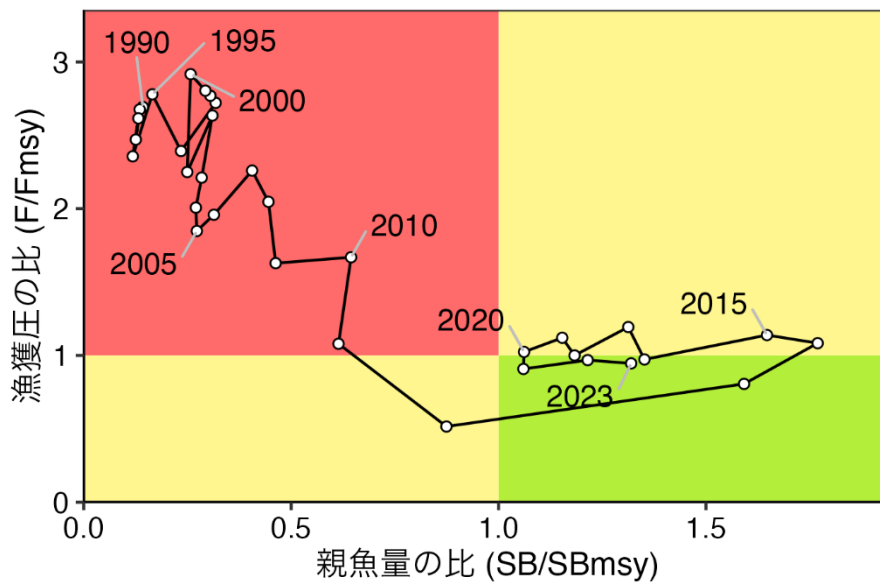


図 4-12. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SB_{msy}) と SB_{msy} を維持する漁獲圧 (F_{msy}) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

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	
岩手県	262	161	141	113	98	87	100	109	129	120	
宮城県	1,465	1,644	1,015	1,289	819	894	718	579	725	624	
福島県	0	0	51	328	397	541	545	549	669	814	
茨城県	566	614	446	407	344	308	227	212	212	341	
千葉県北部	406	333	333	169	158	153	131	183	90	133	
計	2,699	2,752	1,986	2,306	1,816	1,983	1,721	1,632	1,825	2,032	

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。

2023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
岩 手 県	沖底	-	-	-	-	-	-	-	-
	小底	-	-	-	0	0	-	-	0
	刺網	110	61	80	68	27	43	63	72
	定置網	78	77	85	92	66	100	184	176
	その他	14	8	10	10	4	6	11	14
計	201	146	177	177	96	149	258	262	
宮 城 県	沖底	32	34	31	24	42	99	374	171
	小底	89	68	112	90	28	-	119	421
	刺網	173	131	164	188	119	48	390	702
	定置網	25	34	26	40	96	34	101	168
	その他	2	4	5	2	2	0	1	3
計	320	271	339	344	288	197	987	1,465	
福 島 県	沖底	246	166	325	216	33	0	0	0
	小底	137	85	133	105	25	0	0	0
	刺網	304	348	338	396	19	0	0	0
	定置網	0	0	0	1	0	0	0	0
	その他	17	16	17	16	1	0	0	0
計	704	615	813	734	78	0	0	0	
茨 城 県	沖底	-	-	22	59	77	47	93	138
	小底	225	159	97	117	164	151	269	180
	刺網	150	141	110	154	194	27	235	160
	定置網	-	-	5	-	-	-	-	-
	その他	42	-	31	30	62	111	73	69
計	452	349	265	380	505	336	702	566	
千 葉 県 北 部	沖底	18	9	14	19	34	20	30	112
	小底	33	37	46	61	69	120	104	107
	刺網	21	17	23	21	23	17	26	19
	定置網	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	74	61	75	96	109	134	215	168
計	146	124	158	197	235	291	375	406	

表 3-2. (続き)

漁業種類		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
岩手県	沖底	1	1	-	1	0	2	1	0	0
	小底	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	刺網	28	38	28	34	23	21	24	31	26
	定置網	118	88	67	53	55	69	74	81	76
	その他	15	14	12	10	8	9	10	17	18
	計	161	141	113	98	87	100	109	129	120
宮城県	沖底	377	141	191	95	51	67	29	55	32
	小底	463	312	382	286	193	242	203	275	168
	刺網	655	485	629	393	604	363	306	171	372
	定置網	148	76	86	42	45	45	36	47	42
	その他	1	0	1	3	0	1	5	177	10
	計	1,644	1,015	1,289	819	894	718	579	725	624
福島県	沖底	0	-	-	-	124	160	86	133	252
	小底	0	7	56	70	74	89	97	83	184
	刺網	0	1	35	74	277	208	305	400	310
	定置網	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	9	37	69	66	87	61	53	68
	計	0	51	328	397	541	545	549	669	814
茨城県	沖底	255	168	93	86	74	69	40	24	71
	小底	208	168	166	144	142	62	95	91	155
	刺網	45	42	82	61	46	38	46	25	22
	定置網	-	-	-	-	-	11	6	11	7
	その他	72	57	57	43	30	46	25	61	86
	計	614	446	407	344	308	227	212	212	341
千葉県北部	沖底	36	38	32	41	41	37	56	27	43
	小底	126	127	61	45	43	37	53	25	40
	刺網	19	11	3	2	2	1	1	1	0
	定置網	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	152	157	73	70	67	56	73	37	50
	計	333	333	169	158	153	131	183	90	133

「漁業・養殖業生産統計年報」による。

2023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。

2023年は暫定値である。

表 4-1. 沖底による海區別有漁網数（網/年）とノミナル CPUE（kg/網）の推移

年	有漁網数(網/年)			ノミナル CPUE(kg/網)			3海区平均ノミナル CPUE(kg/ 網)
	金華山	常磐	房総	金華山	常磐	房総	
1990	1,277	19,657	12,404	1.28	1.74	3.84	2.28
1991	2,707	16,351	11,681	1.84	2.09	3.30	2.41
1992	3,585	12,404	9,162	1.37	2.10	3.08	2.18
1993	4,294	11,983	8,392	1.07	1.51	2.65	1.75
1994	2,546	10,969	8,554	1.11	1.81	4.15	2.36
1995	4,125	21,349	9,239	3.35	6.41	5.75	5.17
1996	6,552	27,484	8,277	4.03	6.34	9.77	6.71
1997	6,323	26,106	8,669	3.02	6.03	7.90	5.65
1998	5,815	23,374	8,848	3.87	3.56	6.14	4.52
1999	7,773	25,734	7,886	3.55	4.58	6.57	4.90
2000	7,512	23,448	7,639	2.66	3.61	6.81	4.36
2001	8,536	24,721	4,544	3.31	4.17	7.11	4.86
2002	6,948	22,568	5,554	2.92	3.64	7.52	4.69
2003	7,183	23,103	5,109	3.39	2.80	5.21	3.80
2004	6,370	19,104	4,645	2.83	2.24	7.35	4.14
2005	3,920	18,844	4,578	3.24	3.40	4.96	3.86
2006	6,114	24,156	6,079	8.14	8.00	10.7	8.96
2007	5,246	25,459	7,709	6.78	8.78	8.25	7.93
2008	5,057	20,153	5,434	6.91	6.28	7.21	6.80
2009	4,297	20,519	5,634	8.01	12.1	7.58	9.24
2010	3,460	17,797	5,436	7.42	8.53	9.89	8.61

表 4-1. (続き)

年	有漁網数(網/年)			ノミナル CPUE(kg/網)			3海区平 均ノミナル CPUE(kg/ 網)
	金華山	常磐	房総	金華山	常磐	房総	
2011	2,737	2,392	4,315	14.0	12.4	19.7	15.3
2012	4,911	380	3,117	19.1	19.3	19.5	19.3
2013	5,635	1,064	4,200	60.8	43.5	23.9	42.7
2014	7,802	2,060	5,375	19.0	26.4	37.9	27.8
2015	6,225	3,537	5,199	35.1	75.0	22.3	44.1
2016	7,140	3,203	5,407	17.5	37.2	23.1	25.9
2017	7,885	4,852	6,134	20.3	55.6	15.1	30.3
2018	7,685	3,997	5,490	10.4	53.8	17.3	27.1
2019	6,520	3,774	5,004	7.51	34.9	19.9	20.8
2020	7,765	4,834	4,681	9.15	41.0	14.6	21.6
2021	5,189	4,758	4,557	6.47	30.7	14.9	17.4
2022	7,302	4,643	3,332	6.84	28.8	15.8	17.1
2023	6,448	6,139	3,891	4.58	54.2	9.13	22.6

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	5.22	2.68
1992	602	1,297	510	46.4	1,364	1,169	1.93	5.66	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	8.36	2.36
1995	1,055	2,460	673	42.9	3,767	3,230	5.55	5.68	2.78
1996	1,431	3,258	954	43.9	4,351	3,731	2.68	6.25	2.39
1997	1,775	3,457	1,294	51.4	2,978	2,553	2.03	5.08	2.72
1998	1,461	3,058	1,242	47.8	3,057	2,621	1.64	5.74	2.77
1999	1,395	2,809	1,192	49.7	2,381	2,041	2.21	5.64	2.80
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	7.31	2.25
2002	1,443	2,922	1,260	49.4	2,269	1,946	1.27	5.73	2.63
2003	1,099	2,410	1,157	45.6	1,869	1,602	1.61	6.47	2.21
2004	905	2,237	1,101	40.5	2,174	1,864	2.68	7.65	2.01
2005	993	2,587	1,111	38.4	3,438	2,948	4.65	8.95	1.85
2006	1,473	3,746	1,275	39.3	6,318	5,169	1.88	8.33	1.96
2007	1,823	3,960	1,652	46.0	2,800	2,392	2.78	6.16	2.26
2008	1,505	4,154	1,814	36.2	5,835	4,597	1.68	9.80	2.05
2009	1,752	4,827	1,882	36.3	3,425	3,042	1.14	12.3	1.63
2010	1,832	4,724	2,625	38.8	2,341	2,153	2.99	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	5,940	2,505	20.2	8,975	7,861	0.88	21.1	1.08
2012	973	7,378	3,558	13.2	2,449	2,199	1.06	39.9	0.52
2013	2,322	9,668	6,476	24.0	4,080	3,763	0.54	28.2	0.81
2014	2,699	9,749	7,220	27.7	3,699	3,481	0.46	21.0	1.08
2015	2,752	9,449	6,719	29.1	3,410	3,322	0.40	19.9	1.14
2016	1,986	7,860	5,522	25.3	2,782	2,689	0.46	23.5	0.97
2017	2,306	7,460	5,351	30.9	2,568	2,530	0.55	18.9	1.19
2018	1,816	6,948	4,821	26.1	3,003	2,925	0.66	23.0	1.00
2019	1,983	7,118	4,701	27.9	3,242	3,178	0.63	20.2	1.12
2020	1,721	6,431	4,325	26.8	3,038	2,967	0.80	22.3	1.02
2021	1,632	6,828	4,317	23.9	3,615	3,463	0.66	24.9	0.91
2022	1,825	7,605	4,952	24.0	2,978	2,856	1.26	23.7	0.97
2023	2,032	8,450	5,378	24.0	6,579	6,255	-	24.1	0.95

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	0.119
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
2011	0	30	0	4	34	0.281
2012	252	203	100	117	672	0.149
2013	192	220	100	417	929	0.472
2014	0	20	100	280	400	0.234
2015	501	170	100	234	1,005	0.219
2016	1,138	200	100	609	2,047	0.092
2017	1,170	213	100	724	2,207	0.018
2018	1,160	200	100	518	1,978	0.036
2019	1,176	218	1,130	1,057	3,581	0.032
2020	1,262	211	1,254	680	3,407	0.020
2021	1,140	290	1,324	1,012	3,766	0.045
2022	1,140	204	1,129	1,158	3,631	0.032
2023	1,242	229	1,035	990	3,496	0.089

「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。

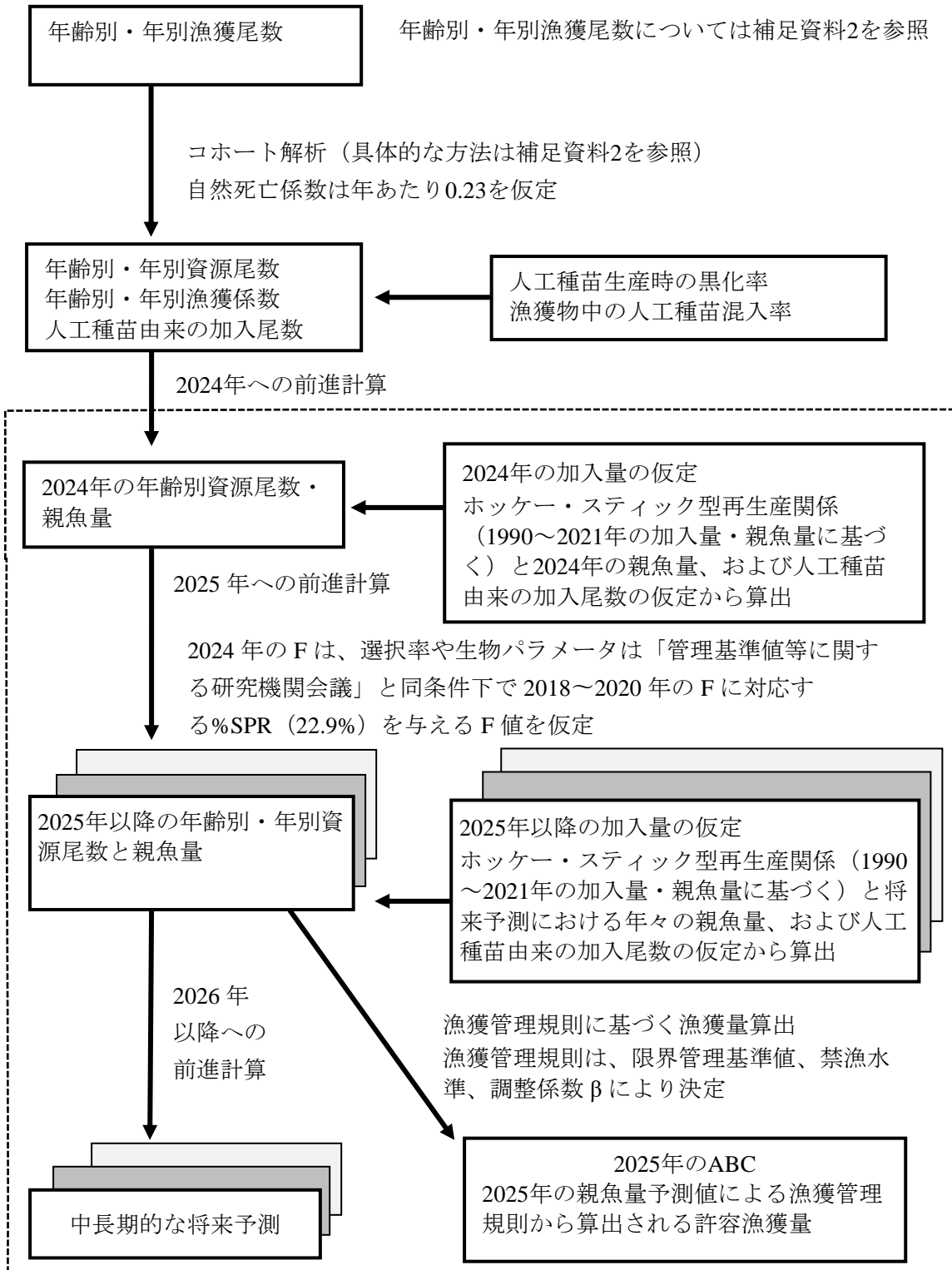
表 4-4. 各県の人工種苗の混入率 (%) と黒化率 (%)

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

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、雌雄別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。

(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別の年計値とした。

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

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

$$F_{a,term} = \frac{1}{3} \sum_{y=2020}^{2022} F_{a,y} \quad (10)$$

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 6 年度の資源量計算に用いた雌雄別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 Rn_y と人工種苗由来加入尾数 Ra_y 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 Ra_y は、以下の式で計算される。

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

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。

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

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。

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

その後、 $N_{1,y}$ から Ra_y を減じることで、天然由来加入尾数 Rn_y 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。

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

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

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

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。

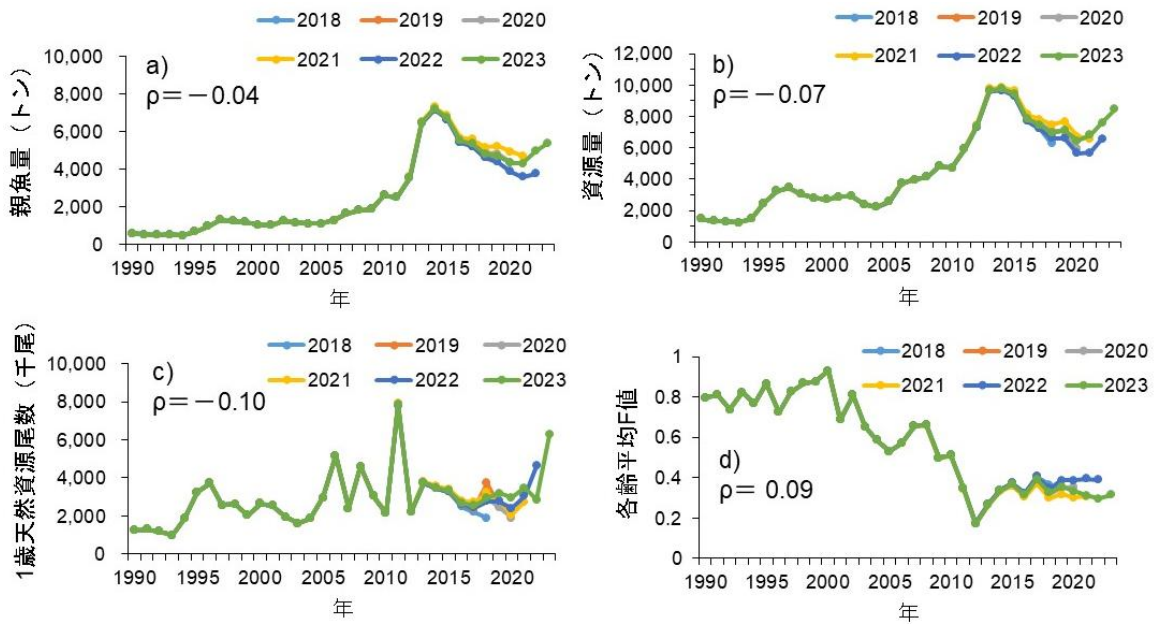
(5) モデル診断結果

「令和6（2024）年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針（FRA-SA2024-ABCWG02-03）」に従い、本系群の評価に用いたコホート解析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。レトロスペクティブ解析（補足図 2-1）では、親魚

量、資源量、1 歳天然資源尾数および各齡平均 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

- 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 (2024) 令和 6 (2024) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2024-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. a) 親魚量、b) 資源量、c) 1 歳天然資源尾数、d) 各齢平均 F 値のレトロスペクティブ解析結果 凡例の数字はコホート解析の最終年を示す。

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	2001
1	577	495	498	186	314	1,012	1,154	756	848	490	515	640
2	507	327	382	331	288	707	1,058	1,401	791	889	744	941
3	167	167	119	173	136	223	335	483	463	440	382	306
4	23	35	26	30	32	26	28	52	76	68	66	36
5+	18	19	19	23	18	16	10	19	34	35	37	22
合計	1,292	1,042	1,044	743	787	1,984	2,584	2,711	2,211	1,922	1,745	1,944

年齢別漁獲量 (トン)												
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	152	130	131	49	83	266	303	199	223	129	135	168
2	328	211	247	214	186	457	683	905	511	574	481	608
3	186	187	133	193	152	250	375	541	518	493	427	342
4	36	56	42	48	50	42	44	82	120	108	105	57
5+	48	49	50	60	47	41	26	49	90	91	98	57
合計	750	633	602	564	518	1,055	1,431	1,775	1,461	1,395	1,246	1,232

年齢別平均体重 (g)												
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263	263
2	646	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	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	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	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	2001
1	0.60	0.46	0.53	0.20	0.18	0.36	0.35	0.33	0.37	0.26	0.21	0.28
2	1.00	0.88	0.82	0.87	0.57	0.79	0.84	1.04	0.74	0.90	0.85	0.76
3	1.08	1.23	1.04	1.28	1.24	1.35	1.27	1.39	1.42	1.47	1.58	1.18
4	0.65	0.74	0.65	0.88	0.93	0.92	0.58	0.68	0.90	0.87	1.00	0.61
5+	0.65	0.74	0.65	0.88	0.93	0.92	0.58	0.68	0.90	0.87	1.00	0.61
平均	0.80	0.81	0.74	0.82	0.77	0.87	0.72	0.83	0.87	0.88	0.93	0.69

年齢別資源尾数 (千尾)												
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	1,434	1,517	1,364	1,149	2,178	3,767	4,351	2,978	3,057	2,381	3,075	2,947
2	902	626	765	640	748	1,452	2,093	2,431	1,694	1,675	1,457	1,986
3	282	265	206	268	214	338	523	721	684	642	539	495
4	53	76	62	58	59	49	70	117	143	131	118	88
5+	43	40	44	44	33	29	25	42	64	67	66	53
合計	2,715	2,523	2,441	2,158	3,232	5,635	7,063	6,290	5,642	4,896	5,254	5,569

年齢別資源量 (トン)												
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1	377	399	358	302	572	990	1,144	783	804	626	808	775
2	583	404	494	413	483	937	1,352	1,570	1,094	1,082	941	1,282
3	316	296	231	300	240	378	586	807	766	718	603	554
4	84	120	97	92	93	78	110	186	226	208	186	140
5+	114	106	116	115	88	77	66	111	169	176	173	141
合計	1,473	1,325	1,297	1,222	1,476	2,460	3,258	3,457	3,058	2,809	2,711	2,891
親魚量	580	549	510	535	482	673	954	1,294	1,242	1,192	1,047	1,016

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (千尾)											
年齢/年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	642	618	839	1,448	2,319	1,260	809	677	454	519	80
2	920	651	444	432	727	1,544	394	1,660	793	369	726
3	450	321	170	98	108	166	578	166	792	326	155
4	60	63	61	56	72	89	119	101	93	185	88
5+	31	21	42	51	60	64	77	59	63	69	76
合計	2,103	1,675	1,557	2,085	3,287	3,123	1,977	2,664	2,196	1,468	1,126

年齢別漁獲量 (トン)											
年齢/年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	169	162	220	380	610	331	213	178	119	140	16
2	594	420	287	279	469	997	254	1,072	512	255	447
3	504	359	191	110	121	186	647	186	886	349	185
4	95	100	97	89	114	140	188	160	147	276	131
5+	81	57	110	135	158	168	203	156	167	182	193
合計	1,443	1,099	905	993	1,473	1,823	1,505	1,752	1,832	1,202	973

年齢別平均体重 (g)											
年齢/年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	263	263	263	263	263	263	263	263	263	269	200
2	646	646	646	646	646	646	646	646	646	692	616
3	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,070	1,193
4	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,581	1,490	1,485
5+	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,527

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	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	0.38	0.46	0.57	0.64	0.53	0.70	0.17	0.25	0.25	0.07	0.04
2	0.87	0.90	0.76	0.68	0.83	0.88	0.51	0.64	0.54	0.33	0.13
3	1.15	0.94	0.65	0.38	0.37	0.47	1.09	0.44	0.78	0.47	0.24
4	0.82	0.48	0.47	0.48	0.56	0.61	0.77	0.58	0.49	0.43	0.23
5+	0.82	0.48	0.47	0.48	0.56	0.61	0.77	0.58	0.49	0.43	0.23
平均	0.81	0.65	0.59	0.53	0.57	0.66	0.66	0.50	0.51	0.35	0.17

年齢別資源尾数 (千尾)											
年齢/年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	2,269	1,869	2,174	3,438	6,318	2,800	5,835	3,425	2,341	8,975	2,449
2	1,773	1,232	935	981	1,443	2,956	1,102	3,918	2,120	1,456	6,675
3	740	589	399	347	395	500	974	526	1,635	978	829
4	121	187	182	166	189	217	249	259	270	594	487
5+	62	64	124	151	157	156	161	151	183	221	421
合計	4,964	3,941	3,815	5,084	8,501	6,629	8,321	8,279	6,548	12,224	10,862

年齢別資源量 (トン)											
年齢/年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	596	491	572	904	1,661	736	1,533	900	615	2,417	490
2	1,145	796	604	633	932	1,909	712	2,530	1,369	1,008	4,111
3	828	660	447	389	442	559	1,091	588	1,830	1,047	989
4	191	296	288	262	298	343	393	410	427	885	724
5+	162	168	326	400	413	413	425	399	484	583	1,064
合計	2,922	2,410	2,237	2,587	3,746	3,960	4,154	4,827	4,724	5,940	7,378
観魚量	1,260	1,157	1,101	1,111	1,275	1,652	1,814	1,882	2,625	2,505	3,558

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (千尾)											
年齢/年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	191	411	231	392	141	185	216	130	185	302	431
2	362	684	726	507	536	444	718	505	393	640	434
3	1,354	326	665	413	589	304	351	368	339	366	429
4	128	795	198	241	250	215	157	188	197	230	267
5+	141	201	497	323	372	283	251	233	232	162	252
合計	2,177	2,416	2,318	1,875	1,889	1,430	1,692	1,424	1,346	1,699	1,812

年齢別漁獲量 (トン)											
年齢/年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	51	98	65	104	42	55	56	30	53	75	104
2	223	394	480	330	359	296	522	302	247	465	275
3	1,443	359	706	443	623	345	445	437	372	435	526
4	235	1,250	298	362	373	362	264	294	309	349	424
5+	370	598	1,202	747	909	759	695	657	651	501	702
合計	2,322	2,699	2,752	1,986	2,306	1,816	1,983	1,721	1,632	1,825	2,032

年齢別平均体重 (g)											
年齢/年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	265	237	283	266	299	295	261	231	285	247	241
2	617	576	662	651	669	667	727	598	628	727	635
3	1,066	1,102	1,061	1,073	1,057	1,134	1,270	1,187	1,099	1,191	1,226
4	1,839	1,573	1,501	1,502	1,492	1,686	1,684	1,569	1,567	1,518	1,591
5+	2,615	2,978	2,418	2,314	2,439	2,686	2,768	2,820	2,809	3,089	2,791

年齢別漁獲係数 (F)											
年齢/年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	0.05	0.13	0.08	0.17	0.06	0.07	0.08	0.05	0.06	0.12	0.08
2	0.24	0.29	0.38	0.26	0.39	0.30	0.45	0.27	0.21	0.31	0.26
3	0.39	0.37	0.52	0.40	0.56	0.42	0.43	0.46	0.30	0.32	0.36
4	0.32	0.44	0.43	0.37	0.47	0.42	0.41	0.45	0.49	0.36	0.43
5+	0.32	0.44	0.43	0.37	0.47	0.42	0.41	0.45	0.49	0.36	0.43
平均	0.27	0.34	0.37	0.32	0.39	0.33	0.35	0.33	0.31	0.30	0.31

年齢別資源尾数 (千尾)											
年齢/年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	4,080	3,699	3,410	2,782	2,568	3,003	3,242	3,038	3,615	2,978	6,579
2	1,877	3,074	2,575	2,505	1,863	1,916	2,223	2,386	2,300	2,710	2,098
3	4,661	1,169	1,834	1,400	1,540	1,003	1,128	1,127	1,447	1,478	1,584
4	521	2,499	639	866	745	699	527	584	568	848	850
5+	575	631	1,601	1,161	1,109	919	844	726	667	599	802
合計	11,713	11,072	10,060	8,715	7,825	7,541	7,963	7,861	8,596	8,614	11,913

年齢別資源量 (トン)											
年齢/年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	1,082	878	966	739	767	885	846	701	1,032	734	1,587
2	1,158	1,771	1,704	1,631	1,247	1,277	1,617	1,428	1,443	1,971	1,332
3	4,967	1,289	1,947	1,503	1,628	1,137	1,433	1,338	1,590	1,761	1,942
4	957	3,931	960	1,300	1,112	1,179	887	917	890	1,287	1,352
5+	1,504	1,880	3,873	2,687	2,706	2,469	2,335	2,048	1,873	1,851	2,237
合計	9,668	9,749	9,449	7,860	7,460	6,948	7,118	6,431	6,828	7,605	8,450
親魚量	6,476	7,220	6,719	5,522	5,351	4,821	4,701	4,325	4,317	4,952	5,378

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するための事前検討

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）標準化 CPUE（補足資料8）を、チューニング VPA の指数とするための検討を行った。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た（ステップ1）。最近年（2023年）の漁獲係数 F を以下のようにチューニングし、資源尾数および F をそれぞれ推定した（ステップ2）。最近年の年齢別 F の比率（選択率）には、チューニングをしないコホート解析（補足資料2）から推定された2020～2022年の平均値を用いた。平松（2001）に基づき、(19) 式を最小化する最近年の各年齢の F を探索的に求めた。

$$\sum(I_y - qB_y)^2 \quad (19)$$

また、 \hat{q} の推定値は以下の (20) 式で解析的に求めた。

$$\hat{q} = \frac{\sum_y I_y B_y}{\sum_y B_y^2} \quad (20)$$

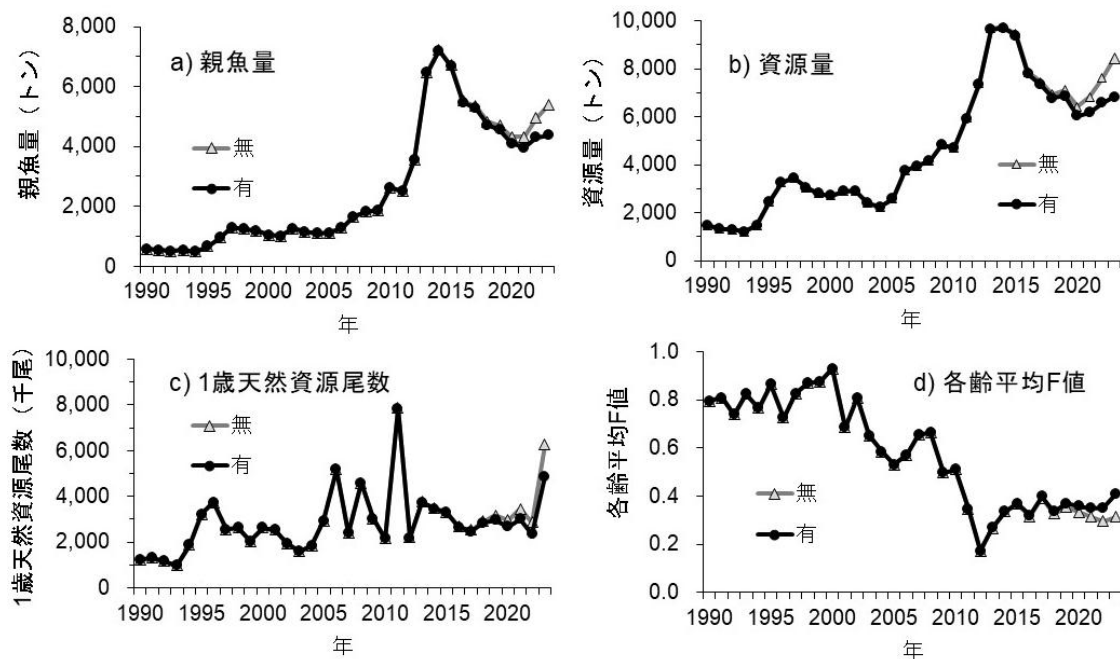
ここで B は資源量、I には 1990～2023 年の沖底金華山～房総海区の沖底（オッタートロール）標準化 CPUE を用いた。

「令和 6（2024）年度 資源評価におけるモデル断の手順と診断結果の提供指針（FRA-SA2024-ABCWG02-03）」に従って、本資源の評価に用いたコホート解析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。

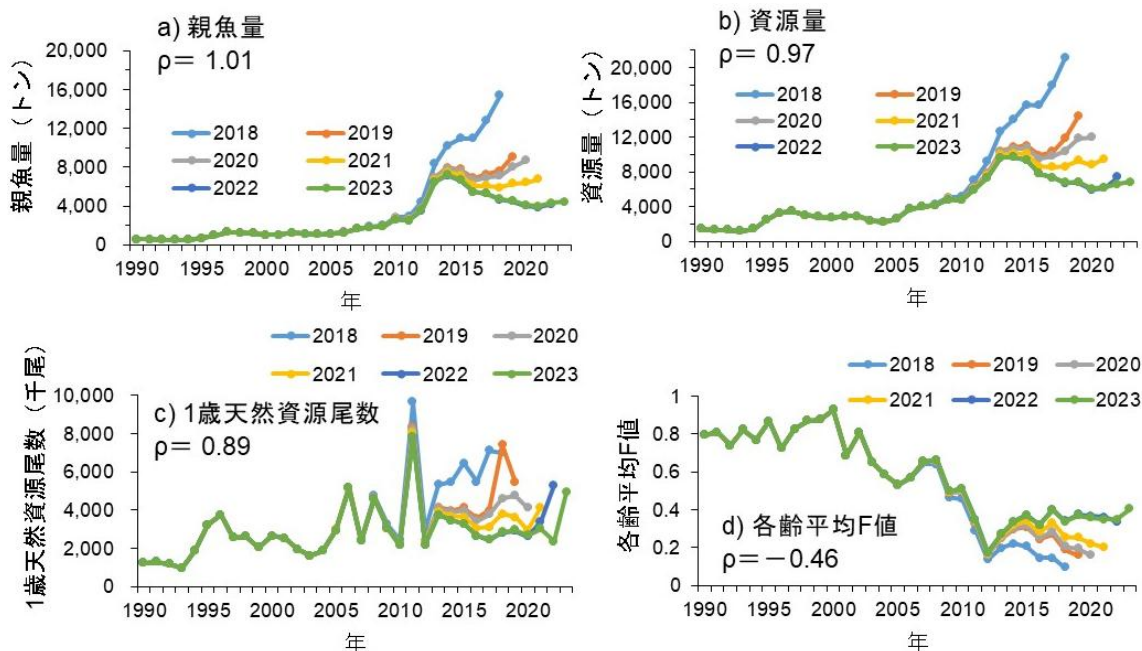
チューニングの有無によるコホート解析の違いを補足図 3-1 に示した。解析の結果、チューニングをした方がしなかった場合に比べて、親魚量、資源量、1 歳天然資源尾数は低く、各年齢平均 F 値は高く推定された。また、データの追加・更新の影響を検証するレトロスペクティブ解析では、親魚量および資源量は減少し、毎年同じ傾向を持ったレトロスペクティブパターンが見られた（補足図 3-2）。レトロスペクティブパターンの強さを表す Mohn's ρ は（Mohn, 1999）、ノーマル VPA のレトロスペクティブ解析（補足図 2-1）よりも高くなっていった。次年度以降、さらに詳細な解析を進めるとともに、最適なチューニング指標を探していく。

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 ー資源解析手法教科書ー, 日本水産資源保護協会, 104-128.
- Mohn, R., (1999). The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. ICES Journal of Marine Science **56**, 473–488.
- Pope, J. G (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.
- 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.
- 資源評価高度化作業部会 (2024) 令和 6 (2024) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2024-ABCWG02-03.



補足図 3-1. チューニング有無による a) 親魚量、b) 資源量、c) 1 歳天然資源尾数、d) 各 齢平均 F 値の比較



補足図 3-2. チューニングした場合の a) 親魚量、b) 資源量、c) 1 歳天然資源尾数、d) 各 齢平均 F 値のレトロスペクティブ解析結果

補足資料 4 管理基準値案と禁漁水準案等

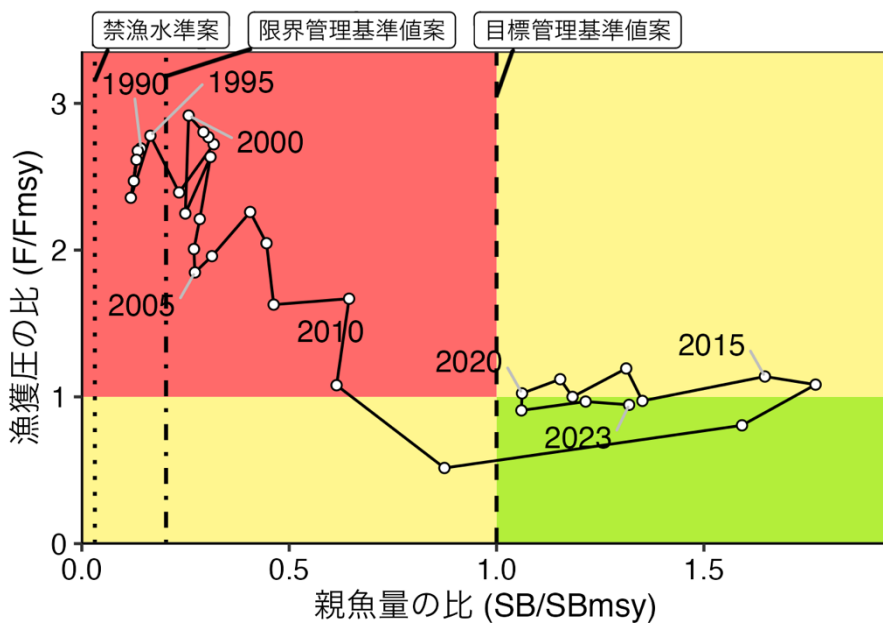
令和 4 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 4,078 トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 828 トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 128 トン) を用いることが提案されている (富樫ほか 2022a, 補足表 7-2)。

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 2023 年の親魚量 (SB2023 : 5,378 トン) は目標管理基準値案を上回る。本資源における 2021 年以降の漁獲圧は、SBmsy を維持する漁獲圧を下回っていたと判断される (補足図 4-1、補足表 7-3)。

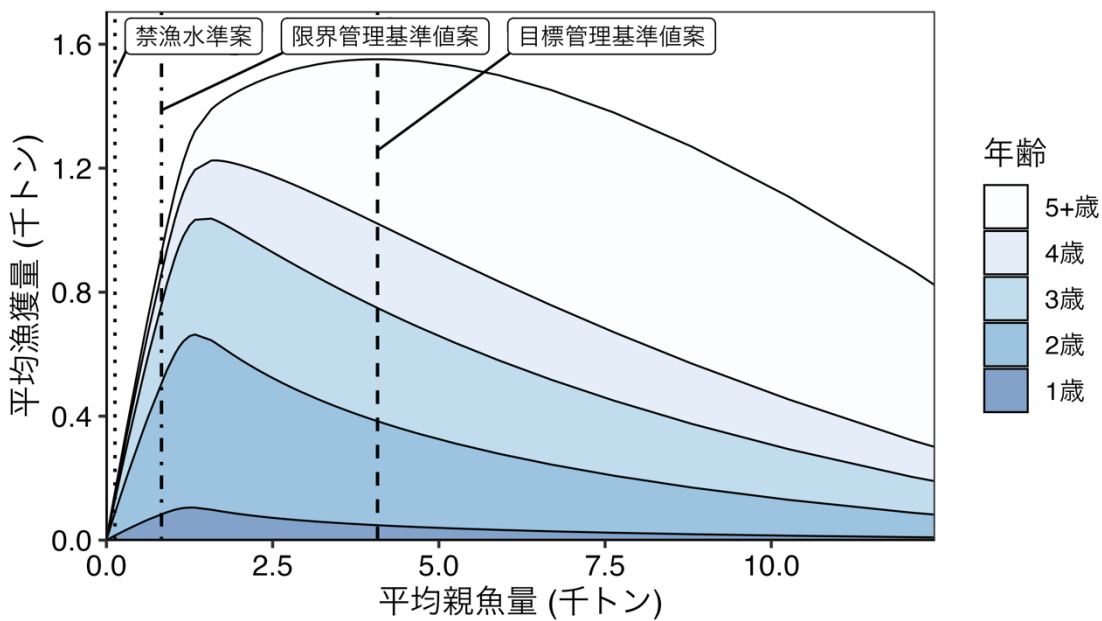
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 4-2 に示す。親魚量が SBlimit 以下では 1 歳~3 歳魚が多くを占めるが、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられ、SBmsy 達成時においては 3 歳以上の漁獲が主体となると推測された。

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 2023 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024～2055 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、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（2021～2023 年）の平均添加効率（0.0553）と平均放流尾数（3,631 千尾）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。

2024 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2020-2022）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 2023 年の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2025 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) 2025 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2025 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 1,942 トン、 β を 1.0 とした場合には 2,343 トンであった（補足表 5-4a、補足表 7-4a）。現状の種苗放流を考慮した場合では、2025 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 1,946 トン、 β を 1.0 とした場合には 2,347 トンであった（補足表 5-4b、補足表 7-4b）。2025 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 6,301 トン、現状の種苗放流を考慮した場合で平均 6,302 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、2025 年の漁獲圧は $\beta \times F_{msy}$ として求めた。

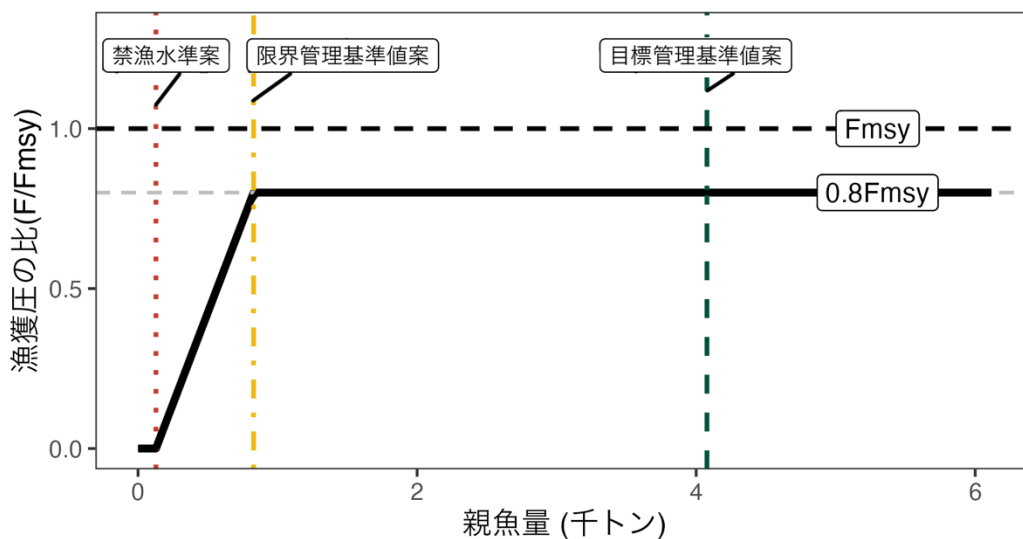
(4) 2026 年以降の予測

2026 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 2035 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした

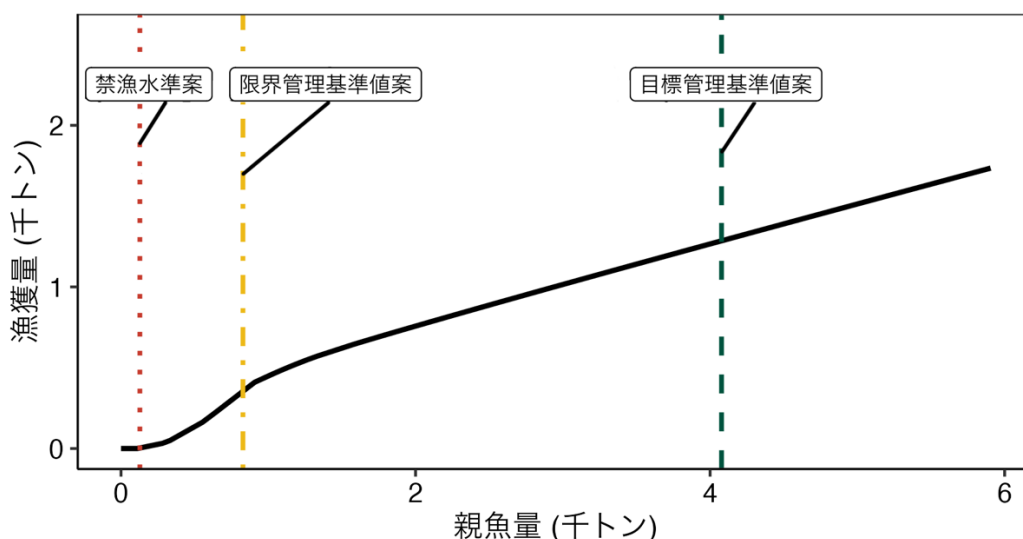
場合には平均 5,102 トン（90%予測区間は 4,100～6,211 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 4,085 トン（90%予測区間は 3,250～5,006 トン）である（補足表 7-5a、補足表 7-6）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下において 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2020-2022）を継続した場合の 2035 年の親魚量の予測値は平均 4,331 トン（90%予測区間は 3,456～5,297 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 60%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

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、補足表 7-6）では、2035 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には平均 5,473 トン（90%予測区間は 4,466～6,586 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には平均 4,385 トン（90%予測区間は 3,547～5,318 トン）である（補足表 7-5b、補足表 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（F2020-2022）を継続した場合の 2035 年の親魚量の予測値は平均 4,648 トン（90%予測区間は 3,766～5,627 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 77%、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

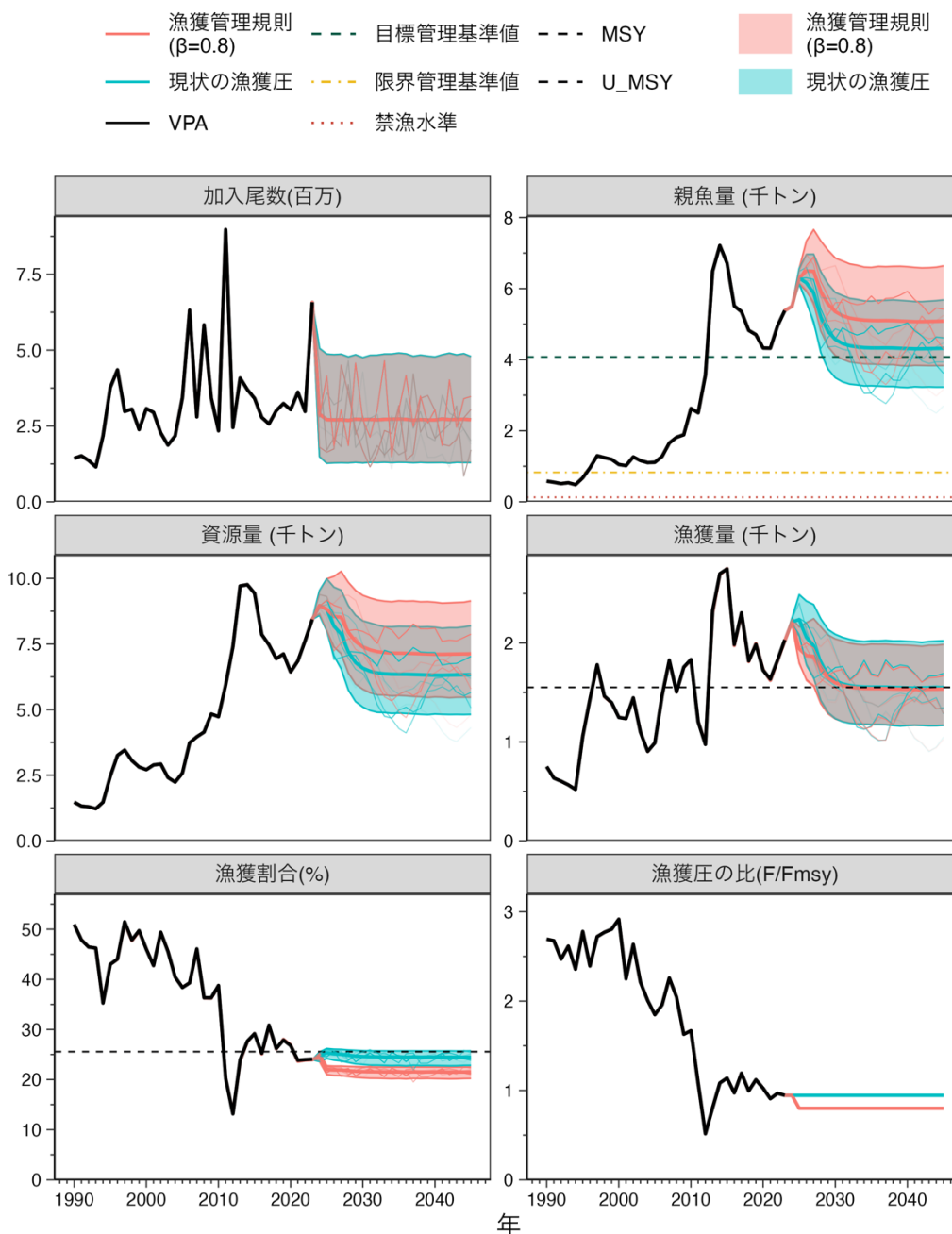


b) 縦軸を漁獲量にした場合

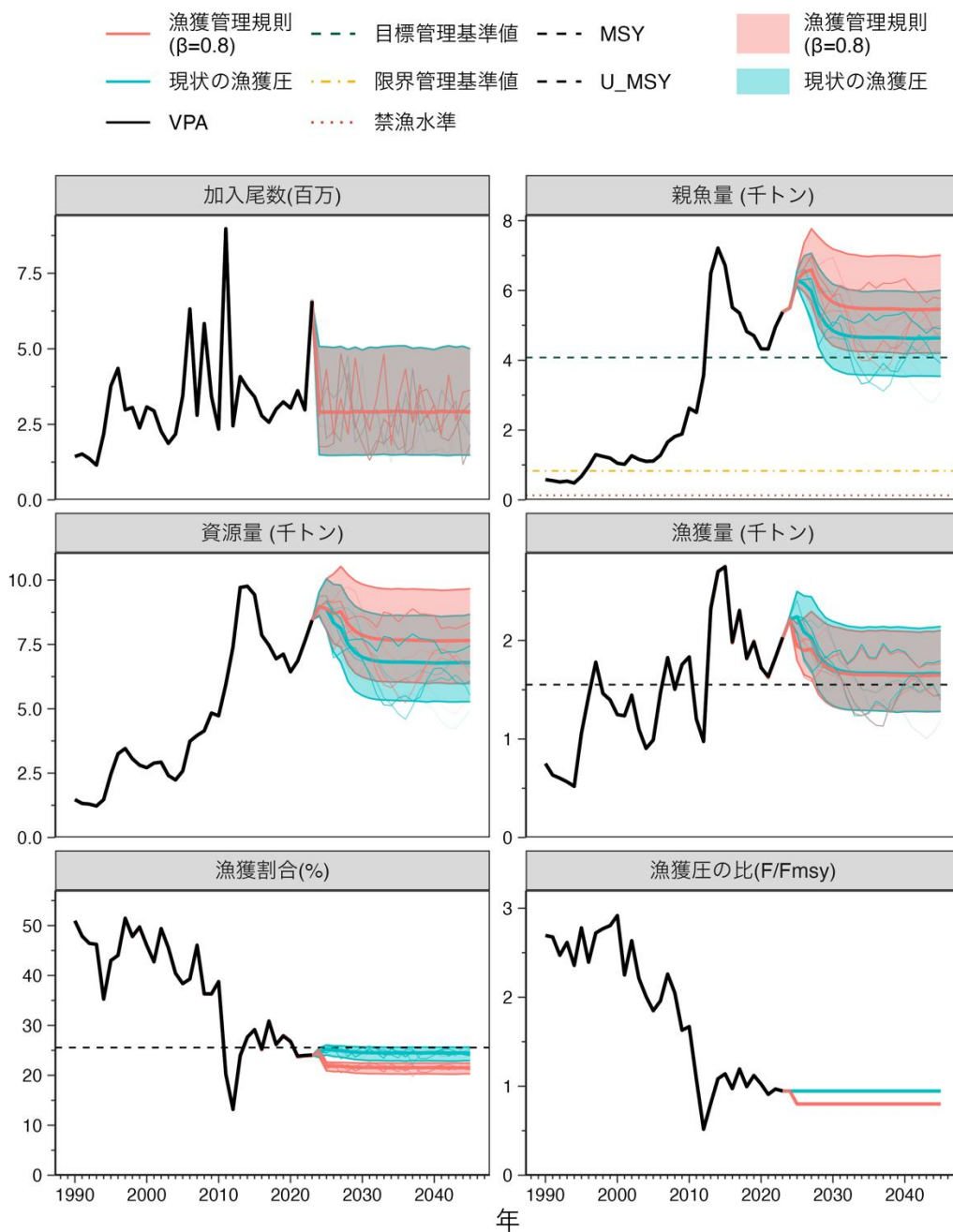


補足図 5-1. 漁獲管理規則 (HCR) 案

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 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 Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、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（F2020-2022）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 Umsy を示す。2024 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020-2022) により仮定し、2025 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 (F2020-2022) 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。2024 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020-2022) により仮定し、2025 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 2021~2023 年平均の放流尾数 (3,631 千尾) と添加効率 (0.0553) 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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
1.0	100	100	100	100	93	73	60	54	49	48	47	46	46	45	
0.9			100	100	99	91	83	78	75	73	72	71	70	71	
0.8			100	100	100	99	96	94	92	91	91	91	89	90	
0.7			100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	98	98
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	97	84	74	67	64	62	60	60	59	59	

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055
1.0	100	100	100	100	97	84	75	70	67	65	64	64	63	63
0.9			100	100	100	96	92	89	88	87	87	86	85	86
0.8			100	100	100	100	100	99	98	98	98	97	97	97
0.7			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
0.5			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
0.3			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
0.1			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
現状の漁獲圧			100	100	99	92	86	82	80	78	78	77	76	77

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2021～2023年平均の放流尾数(3,631千尾)と添加効率(0.0553)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。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2020-2022)から予測される2,215トンとし、2025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(F2020-F2022、 $\beta=0.95$ 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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
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

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
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

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2021～2023年平均の放流尾数(3,631千尾)と添加効率(0.0553)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。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2020-2022)から予測される2,215トンとし、2025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(F2020-F2022、β=0.95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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055		
1.0	5,500	6,301	6,038	5,667	4,953	4,540	4,316	4,202	4,141	4,111	4,092	4,085	4,076	4,070		
0.9			6,263	6,062	5,411	5,019	4,798	4,681	4,616	4,583	4,561	4,552	4,540	4,534		
0.8			6,497	6,487	5,920	5,562	5,352	5,237	5,171	5,136	5,112	5,102	5,086	5,081		
0.7			6,740	6,944	6,483	6,178	5,991	5,885	5,823	5,788	5,764	5,753	5,734	5,731		
0.6			6,992	7,436	7,108	6,877	6,729	6,644	6,592	6,564	6,541	6,532	6,512	6,510		
0.5			7,254	7,965	7,801	7,672	7,585	7,536	7,505	7,491	7,476	7,471	7,458	7,458		
0.4			7,526	8,534	8,571	8,577	8,578	8,587	8,595	8,607	8,609	8,616	8,624	8,626		
0.3			7,809	9,147	9,426	9,608	9,734	9,832	9,902	9,960	9,994	10,023	10,086	10,093		
0.2			8,103	9,807	10,376	10,784	11,081	11,309	11,478	11,610	11,702	11,773	11,956	11,973		
0.1			8,408	10,518	11,432	12,128	12,656	13,069	13,386	13,639	13,825	13,972	14,407	14,450		
0.0			8,724	11,283	12,606	13,664	14,500	15,174	15,710	16,149	16,489	16,764	17,711	17,823		
現状の 漁獲圧					6,160	5,879	5,198	4,795	4,571	4,455	4,392	4,360	4,339	4,331	4,321	4,315

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (トン)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055		
1.0	5,500	6,302	6,065	5,763	5,119	4,769	4,578	4,482	4,431	4,406	4,390	4,385	4,378	4,371		
0.9			6,291	6,162	5,588	5,266	5,083	4,988	4,936	4,910	4,892	4,885	4,876	4,870		
0.8			6,525	6,590	6,106	5,828	5,664	5,575	5,525	5,499	5,481	5,473	5,462	5,457		
0.7			6,768	7,051	6,681	6,465	6,332	6,259	6,216	6,194	6,177	6,170	6,159	6,155		
0.6			7,020	7,547	7,317	7,187	7,103	7,058	7,031	7,018	7,007	7,003	6,994	6,992		
0.5			7,283	8,080	8,023	8,008	7,995	7,995	7,996	8,003	8,002	8,006	8,010	8,010		
0.4			7,555	8,654	8,806	8,941	9,029	9,098	9,147	9,186	9,208	9,227	9,262	9,265		
0.3			7,838	9,272	9,676	10,003	10,232	10,402	10,524	10,618	10,679	10,726	10,832	10,840		
0.2			8,132	9,936	10,641	11,214	11,631	11,948	12,182	12,363	12,490	12,587	12,839	12,859		
0.1			8,437	10,651	11,714	12,595	13,265	13,786	14,187	14,503	14,738	14,921	15,469	15,518		
0.0			8,754	11,421	12,906	14,173	15,175	15,981	16,623	17,145	17,552	17,880	19,011	19,141		
現状の 漁獲圧					6,187	5,977	5,369	5,033	4,846	4,750	4,698	4,672	4,654	4,648	4,640	4,634

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2021～2023年平均の放流尾数(3,631千尾)と添加効率(0.0553)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。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2020-2022)から予測される2,215トンとし、2025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(F2020-F2022、 $\beta=0.95$ 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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
1.0	2,215	2,343	2,117	2,004	1,800	1,681	1,619	1,587	1,570	1,560	1,556	1,555	1,552	1,548	
0.9		2,146	2,003	1,944	1,774	1,670	1,615	1,584	1,567	1,558	1,553	1,552	1,548	1,545	
0.8		1,942	1,873	1,865	1,730	1,645	1,597	1,570	1,554	1,545	1,545	1,541	1,539	1,535	1,532
0.7		1,730	1,724	1,762	1,665	1,600	1,562	1,540	1,527	1,519	1,519	1,515	1,513	1,509	1,507
0.6		1,510	1,555	1,633	1,573	1,529	1,504	1,488	1,479	1,473	1,473	1,469	1,468	1,464	1,463
0.5		1,281	1,364	1,472	1,447	1,426	1,414	1,406	1,401	1,399	1,399	1,397	1,397	1,394	1,393
0.4		1,044	1,148	1,276	1,280	1,280	1,282	1,283	1,284	1,285	1,285	1,286	1,287	1,288	1,288
0.3		797	907	1,037	1,064	1,081	1,094	1,104	1,111	1,116	1,116	1,120	1,123	1,129	1,129
0.2		542	637	750	787	814	834	850	861	869	869	876	881	893	893
0.1		276	336	407	438	461	479	493	504	512	512	519	524	539	540
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧	2,236	2,057	1,973	1,787	1,677	1,618	1,587	1,569	1,560	1,560	1,555	1,554	1,551	1,547	

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (トン)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055	
1.0	2,215	2,347	2,147	2,060	1,876	1,775	1,723	1,696	1,681	1,673	1,669	1,669	1,666	1,663	
0.9		2,150	2,031	1,997	1,846	1,761	1,716	1,691	1,677	1,670	1,670	1,666	1,665	1,662	1,659
0.8		1,946	1,897	1,914	1,799	1,732	1,695	1,675	1,663	1,663	1,656	1,652	1,652	1,648	1,646
0.7		1,733	1,746	1,807	1,729	1,682	1,656	1,641	1,632	1,627	1,627	1,624	1,623	1,620	1,618
0.6		1,513	1,574	1,673	1,631	1,606	1,592	1,584	1,579	1,576	1,576	1,575	1,575	1,573	1,571
0.5		1,284	1,380	1,507	1,498	1,495	1,495	1,495	1,495	1,496	1,496	1,496	1,497	1,498	1,496
0.4		1,046	1,162	1,305	1,324	1,341	1,353	1,362	1,368	1,373	1,373	1,376	1,379	1,383	1,383
0.3		799	918	1,060	1,099	1,131	1,154	1,171	1,182	1,191	1,191	1,198	1,203	1,213	1,213
0.2		543	644	766	812	850	878	899	915	927	927	935	942	959	959
0.1		276	339	415	451	481	504	521	535	545	545	553	560	578	580
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧	2,240	2,085	2,028	1,862	1,769	1,720	1,695	1,680	1,672	1,672	1,669	1,668	1,665	1,662	

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2021～2023年平均の放流尾数(3,631千尾)と添加効率(0.0553)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。2024年の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧(F2020-2022)から予測される2,215トンとし、2025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(F2020-F2022、 $\beta=0.95$ 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 6 (2024) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2024-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 6 (2024) 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-SA2024-ABCWG02-04)」に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.4.1) および計算パッケージ frasyr (ver.2.4.0.0) 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 (2021～2023 年) の平均放流尾数 (3,631 千尾) と平均添加効率 (0.0553) 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、2024 年については同様の加算を行い、2025 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。

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

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

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 (2024) 令和 6(2024) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2024-ABCWG02-01.

https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf (last accessed 31 Jul. 2024)

資源評価高度化作業部会 (2024) 令和 6(2024) 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-SA2024-ABCWG02-04.

https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-04.pdf (last accessed 31 Jul. 2024)

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)	F2020-2022 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
1 歳	0.198	0.079	0.076	263	0.229	0
2 歳	0.871	0.345	0.264	646	0.229	0.250
3 歳	1.000	0.393	0.362	1,119	0.229	0.750
4 歳	0.981	0.386	0.434	1,581	0.229	1.000
5 歳以上	0.981	0.386	0.434	2,637	0.229	1.000

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 2020~2022 年の F の平均値を現状の漁獲圧としており、この F 値を 2024 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
SB2023	5,378トン	2023年の親魚量
F2023	2023年の漁獲圧(漁獲係数 F) (1歳, 2歳, 3歳, 4歳, 5歳以上)=(0.08, 0.26, 0.36, 0.43, 0.43)	
U2023	24.0%	2023年の漁獲割合
%SPR (F2023)	24.1%	2023年の%SPR
%SPR (F2020-2022)	24.2%	現状(2020~2022年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2023/ SBmsy (SBtarget案)	1.32	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2023年の親魚量の比
F2023/ Fmsy	0.95	SBtargetを維持する漁獲圧(Fmsy)に対する2023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	SBmsyを維持する水準を下回る	
親魚量の動向	横ばい	

* 2023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

2025 年の親魚量(予測平均値):6,301トン			
項目	2025 年の 平均漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)			
$\beta=0.8$	1,942	0.85	22.0
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	2,343	1.06	26.6
$\beta=0.6$	1,510	0.63	17.1
$\beta=0.4$	1,044	0.42	11.8
$\beta=0.2$	542	0.21	6.1
$\beta=0.0$	0	0	0
F2020-2022	2,236	1.00	25.4

b) 現状の種苗放流を考慮した場合

2025 年の親魚量(予測平均値):6,302トン			
項目	2025 年の 平均漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)			
$\beta=0.8$	1,946	0.85	21.9
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	2,347	1.06	26.5
$\beta=0.6$	1,513	0.63	17.0
$\beta=0.4$	1,046	0.42	11.8
$\beta=0.2$	543	0.21	6.1
$\beta=0.0$	0	0	0
F2020-2022	2,240	1.00	25.2

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2021～2023年平均の放流尾数（3,631千尾）と添加効率（0.0553）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					
β	2035年 の平均親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035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
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)					
$\beta=0.8$	5,102	4,100 – 6,211	91	100	100
上記と異なる β を使用した場合					
$\beta=1.0$	4,085	3,250 – 5,006	46	100	100
$\beta=0.6$	6,532	5,306 – 7,867	100	100	100
$\beta=0.4$	8,616	7,078 – 10,284	100	100	100
$\beta=0.2$	11,773	9,786 – 13,949	100	100	100
$\beta=0.0$	16,764	14,112 – 19,686	100	100	100
F2020-2022	4,331	3,456 – 5,297	60	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					
β	2035年 の平均親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035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
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)					
$\beta=0.8$	5,473	4,466 – 6,586	97	100	100
上記と異なる β を使用した場合					
$\beta=1.0$	4,385	3,547 – 5,318	64	100	100
$\beta=0.6$	7,003	5,768 – 8,352	100	100	100
$\beta=0.4$	9,227	7,678 – 10,901	100	100	100
$\beta=0.2$	12,587	10,593 – 14,758	100	100	100
$\beta=0.0$	17,880	15,213 – 20,813	100	100	100
F2020-2022	4,648	3,766 – 5,527	77	100	100

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2021～2023年平均の放流尾数（3,631千尾）と添加効率（0.0553）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
			2030年	2035年	2025年	2030年	2035年
再生産関係 による加入 のみ (0尾)	1.0	46	4,316	4,085	2,343	1,619	1,555
	0.9	71	4,798	4,552	2,146	1,615	1,552
	0.8	91	5,352	5,102	1,942	1,597	1,539
	0.7	99	5,991	5,753	1,730	1,562	1,513
	0.6	100	6,729	6,532	1,510	1,504	1,468
	0.5	100	7,585	7,471	1,281	1,414	1,397
	F2020- 2022	60	4,571	4,331	2,236	1,618	1,554
種苗放流を 考慮 (3,631千尾 放流、 添加効率 0.0553)*	1.0	64	4,578	4,385	2,347	1,723	1,669
	0.9	86	5,083	4,885	2,150	1,716	1,665
	0.8	97	5,664	5,473	1,946	1,695	1,652
	0.7	100	6,332	6,170	1,733	1,656	1,623
	0.6	100	7,103	7,003	1,513	1,592	1,575
	0.5	100	7,995	8,006	1,284	1,495	1,497
	F2020- 2022	77	4,846	4,648	2,240	1,720	1,668

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 2025 年の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値（2030 年および 2035 年）を示した。

*人工種苗由来の加入尾数は、現状（3,631 千尾、2021～2023 年の平均）の放流尾数と 2021～2023 年の平均添加効率（0.0553）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（1990～2023）

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）

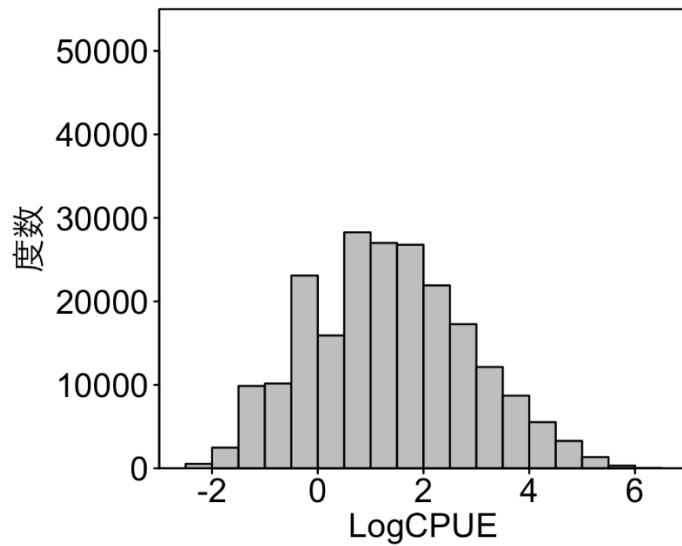
説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。季節（Season）はデータ欠損が生じないように 1～3 か月ごとにまとめた。変数総当たり法により BIC が最小となるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R Ver 4.1.0 の MuMIn パッケージを用いた（<https://www.R-project.org/>、2024 年 7 月 31 日）。モデル選択の結果、上記の初期モデルがベストモデルとして選択された。ベストモデルより最小二乗平均（LSMEAN）を用いて海域別の年トレンドを算出し、それらを各海域の面積により重み付け平均することで標準化 CPUE の年トレンドとした。

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）。

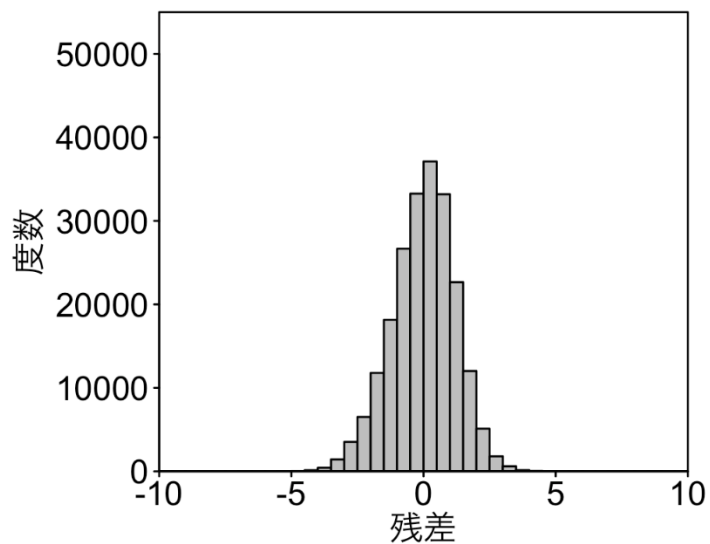
このモデルを用いて標準化 CPUE の年トレンドを補足図 8-5 に示した。標準化 CPUE とノミナル CPUE の経年変化は、2013～2018 年にかけて、両者にやや乖離が見られる年もあったが、1990～2012 年および 2019 年以降は非常に良く似たトレンドを示した。標準化 CPUE がノミナル CPUE より高くなった 2017 年や 2018 年では、常磐海区の標準化 CPUE は他海域に比べ高い値で推移した（補足図 8-6）。一方、震災の影響で常磐海区の努力量は低いままであり、ノミナル CPUE では努力量割合の高い他海域の動向がより大きく反映されたと考えられる（補足図 8-7）。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

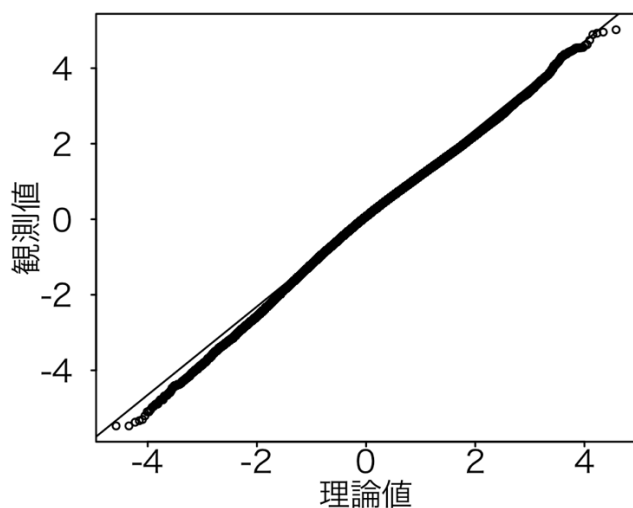
庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, **68**, 106-120.



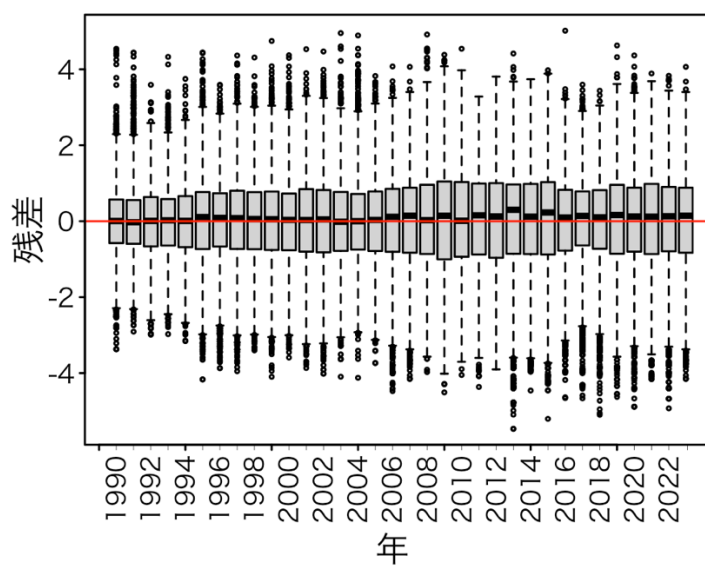
補足図 8-1. 操業ごとの LogCPUE (1990~2023 年データ)



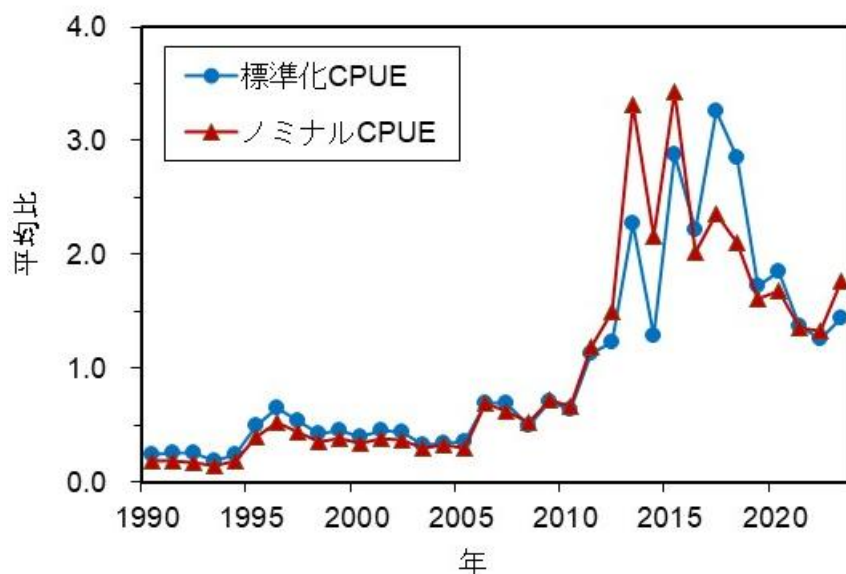
補足図 8-2. モデル予測値と実測値の残差 (1990~2023 年データ)



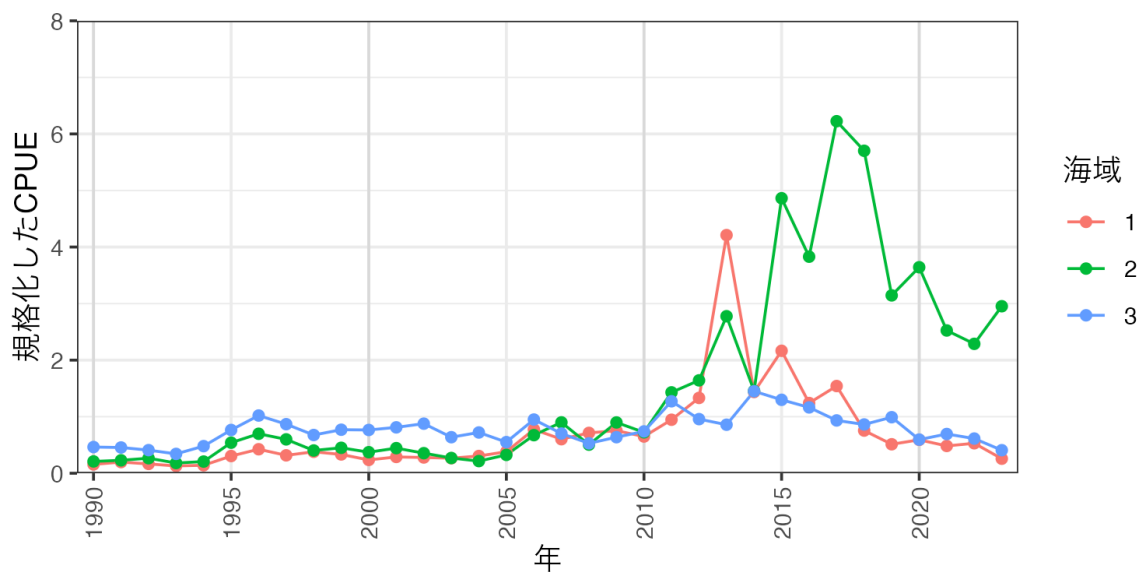
補足図 8-3. 残差の正規確率図



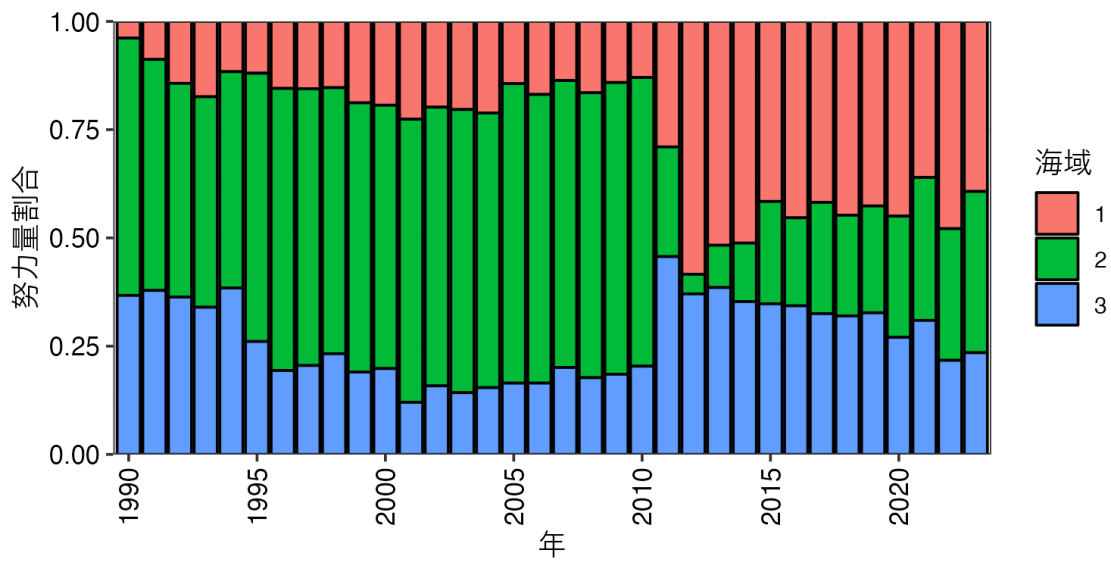
補足図 8-4. 年ごとの残差 箱ひげ図は第一～第三四分位、バーは最大値、最小値の 1.5 倍、バーの外側は外れ値を示す。



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。

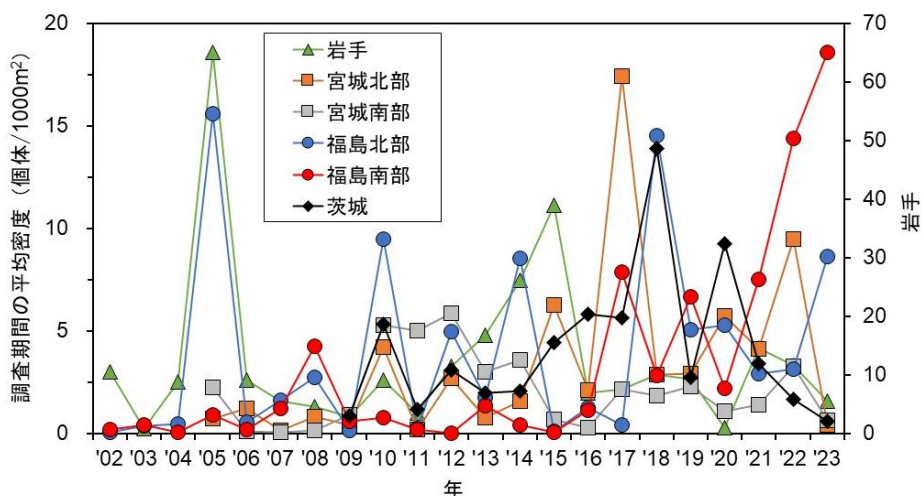
調査は、2023年5～12月の期間、岩手県から茨城県の水深5～20mの海域で実施した。採集は水工研II型ソリネット（網口幅2m、目合い6mm）を用いて、原則1.5～2.0ノットで10分間曳網した。県（地域）ごとの稚魚密度は、年内の複数回の調査で得られた総個体数を総曳網面積で除し、暦年ごと1,000m²当たりの平均密度で評価した。密度の経年変化は、岩手県、宮城北部（石巻）、宮城南部（名取）、福島北部（相馬）、福島南部（いわき）、茨城県に分けて図示した（補足図9-1）。

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。

2023年における各県（地域）の調査期間平均の密度は、岩手（5.45個体）、宮城北部（0.39個体）、宮城南部（0.64個体）、福島北部（8.64個体）、福島南部（18.6個体）、茨城（0.60個体）であった。2023年における岩手～茨城の全県平均の密度は5.72個体であり、2023年を除く直近5年間（2018～2022年）の平均密度（5.89個体）と比較して、2023年は「平常並み」と判断した。本調査結果の詳細は、櫻井ほか（2024）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・金森由妃・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 (2024) 令和 5 (2023) 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, 44, (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