

令和 5（2023）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、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）

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

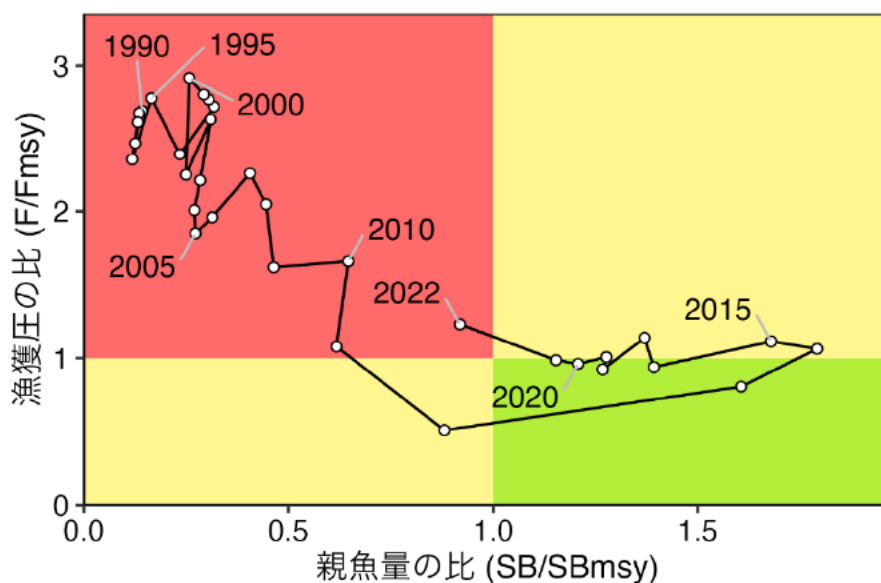
1990～2022年に岩手県～千葉県北部（夷隅地域以北）で採取された雌雄込・年齢別漁獲尾数のデータを基にコホート解析により資源量を推定した。資源量は、2011年の加入尾数（2010年級）が多かったことと東日本大震災（以下、「震災」という）による漁獲努力量の減少により、2011年以降増加し、2013～2014年には約10,000トンになった。その後、資源量は減少に転じて、2022年は6,556トンと推定された。親魚量も資源量同様、2012年と2013年に急増し、2014年の親魚量は約7,000トンを超えた。その後、親魚量は減少し、2022年は3,748トンと推定された。

本種は栽培対象種であり、2022年には3,631千尾の人工種苗が放流された。2022年の補正混入率は4.10%、添加効率（放流魚の漁獲加入1歳までの生残率）は0.052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、2012～2021年は約2,000～4,000千尾で安定していた。2022年の加入量は4,820千尾と推定され、このうち人工種苗由来の加入尾数は197千尾であった。

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）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は4,078トンと推定された。この基準に従うと、本系群の2022年の親魚量は、MSYを実現する水準を下回る。また2022年の漁獲圧は、MSYを実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を上回る。親魚量の動向は直近5年間（2018～2022年）の推移から「減少」と判断される。

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

要 約 図 表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	4,078 トン
2022 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2022 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
2022 年の親魚量の動向	減少
最大持続生産量 (MSY)	1,551 トン
2024 年の ABC	-
コメント： ・ ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・ 震災前に比べて近年の漁獲圧は低い水準にあるものの、親魚量および資源量は減少傾向を示している。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2018	7,466	5,170	1,816	0.92	24.3
2019	7,686	5,206	1,983	1.01	25.8
2020	6,735	4,925	1,721	0.96	25.6
2021	6,607	4,705	1,632	0.99	24.7
2022	6,556	3,748	1,825	1.23	27.8
2023	6,695	3,881	1,669	0.98	28.5
2024	6,910	4,667	-	-	-

・ 2022 年の漁獲量は暫定値。
 ・ 2023、2024 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、千葉県北部*)	月別全長組成 ・市場調査(岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県北部*) age-length key (2003 年以降、年 2 回逐次作成) ・生物測定(水研機構、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県北部) 成長曲線、全長－体重関係 ・生物測定(水研機構、岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県北部) 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、千葉県北部)
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 ・新規加入量調査(水研機構、岩手県、宮城県、福島県、茨城県)

*千葉県北部は千葉県夷隅地域以北である。

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(表 3-1、図 3-2)。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

一体重関係式 (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、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、小型魚の保護を目的にして各県において、漁獲対象魚の全長 30 cm 以上（一部の地域では全長 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 となっている）の規制が実施されている。

(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、2016～2021 年は約 1,700～2,300 トンで推移している。2022 年の漁獲量は 1,825 トンで、前年（1,632 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、2022 年は 1～3 歳が 53%、4～5+歳が 47%であった。

なお、青森県竜飛～茨城県を海区として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

2022 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、漁獲物の全長制限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北部（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 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 2014～2021 年は 5,000～8,000 網/年となり、2022 年は 7,302 網/年であった（表 4-1）。常磐海区では 1990～1995 年まで減少傾向を示し、その後急増しているが、これは小底からの許可変更により沖底漁業船が参入したことに起因する。1996～2010 年の常磐海区では一部の年を除き 20,000 網/年を超えていたが、2011 年以降、震災の影響で大きく減少した。その後、有漁網数は回復しつつあるが、2022 年は 4,643 網/年で震災前年（2010 年）の 1/4 程度であった。房総海区では 1990 年以降、長期的に減少し、2022 年は 3,332 網/年となっている。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1990～2021 年のデータに加え、2022 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、「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 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、震災以降に急増した。その後、CPUE は減少し、2022 年は金華山海区で 6.8 kg/網、常磐海区で 28.8 kg/網、房総海区で 15.8 kg/網であった。

(3) 資源量と漁獲量の推移

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、資源量は減少に転じて、2022 年の資源量は 6,556 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 35.2～51.3%で推移していたが、震災直後の 2011、2012 年はそれぞれ 20.1、13.0%に低下した。2013～2021 年の漁獲割合は 23.7～29.5%、2022 年は 27.8%であり、震災前年（2010 年）の約 2/3 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年の親魚量は7,000トンを超えた(図4-4、表4-2)。その後、親魚量は減少し、2022年は3,748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、115~151%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。2013~2021年の年齢平均のFは0.27~0.41で推移し、2022年は0.39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、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、2022年の放流尾数は3,631千尾と、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、2006~2021年は1.47~21.2%の間で変動し、2022年は4.10%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)。2012~2021年の天然加入尾数は約2,000千~3,000千尾であり、2022年は4,622千尾であった。2022年の加入は震災以降で最も高く、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、2017~2021年は0.04以下となっていた。2022年の添加効率はやや上昇して0.052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。2013~2021年の%SPRは約20~30%で推移し、2022年は18.4%であった。

現状の漁獲圧に対する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」において最大持続生産量MSYを実現するF(F_{msy})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F_{msy}算出時の値を使用した(補足表3-1)。

Fmsy および現状の漁獲圧 (F2019-2021) を%SPR に換算すると、22.9、23.4%にそれぞれ相当する。現状の漁獲圧 (F2019-2021) の水準は Fmsy に近く、F30%SPR を上回る。

(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ー・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 6-1 に示す。

(7) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在 (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 MSY を実現する漁獲量として、上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値 (富樫ほか 2022a) を補足表 6-2 に示す。

(8) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-12 に示す。また、2022 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 6-3 に示した。本系群における 2022 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SBmsy) を下回っており、SBmsy の 0.92 倍である。本系群の親魚量は 2013~2021 年は SBmsy を上回っていたが、2022 年に SBmsy を下回った。また、2022 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) を上回っており、MSY を実現する漁獲圧の 1.23 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 (2018~2022 年) の推移から減少と判断される。

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、資源量は減少に転じて、2022 年は 6,556 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、親魚量は減少し、2022 年は 3,748 トンとなった。

2022 年の親魚量は MSY を実現する水準を下回り、その動向は直近 5 年間 (2018~2022 年) の推移から減少と判断された。2022 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) を上回っている。

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 以上 (一部の

地域では全長 35 cm 以上、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 以上) の漁獲規制を実施している。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**(2), 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. 2023)

- 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

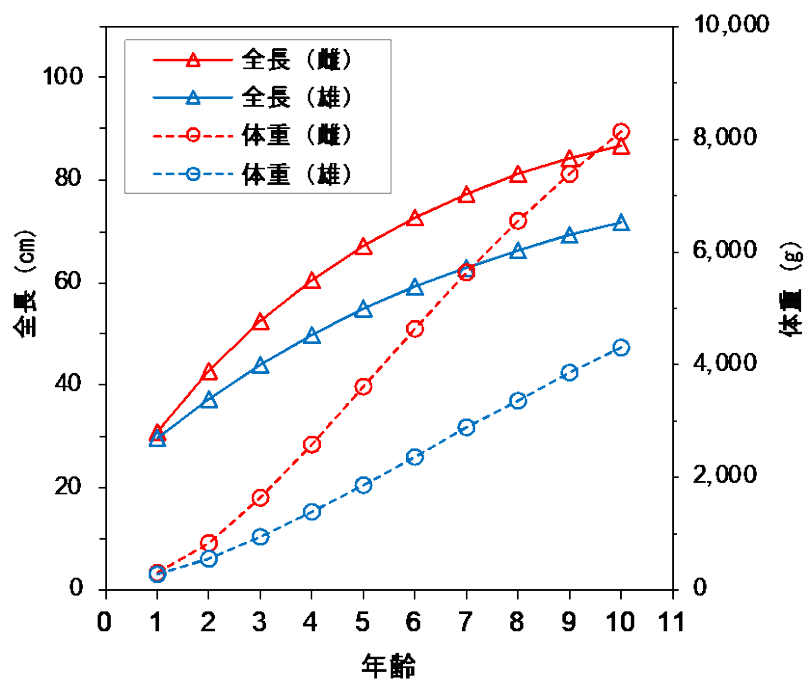


図 2-2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係 Yoneda et al. (2007) より作成、年齢の起算日は 7月1日である。

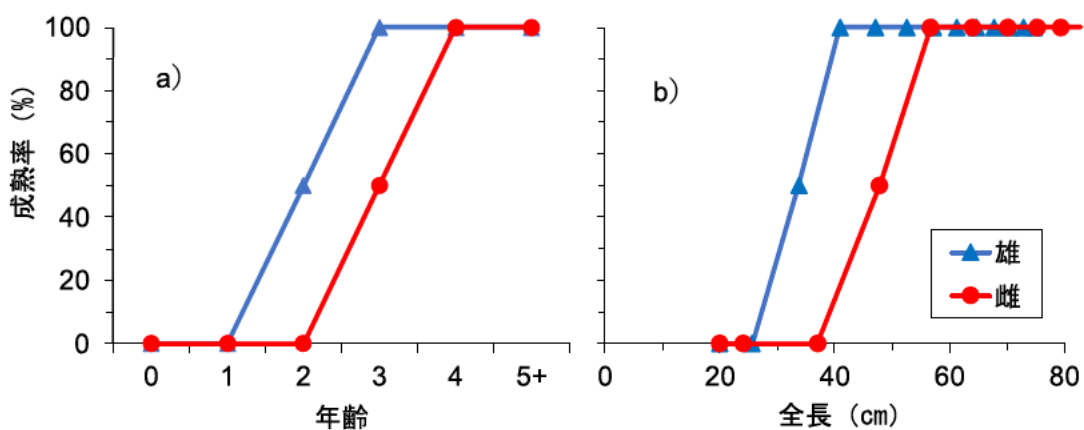


図 2-3. 雌雄別年齢別成熟率（左図 a）および雌雄別全長別成熟率（右図 b） 年齢の起算日は1月1日である。

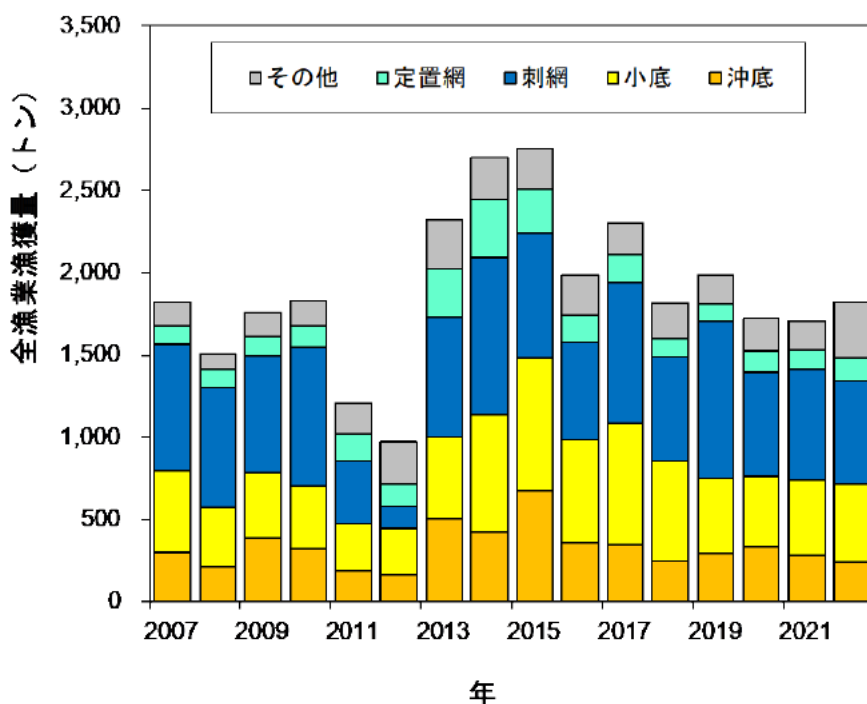


図 3-1. 漁業種類別漁獲量の推移 岩手県～千葉県夷隅地域以北の全漁業合計値を示す。

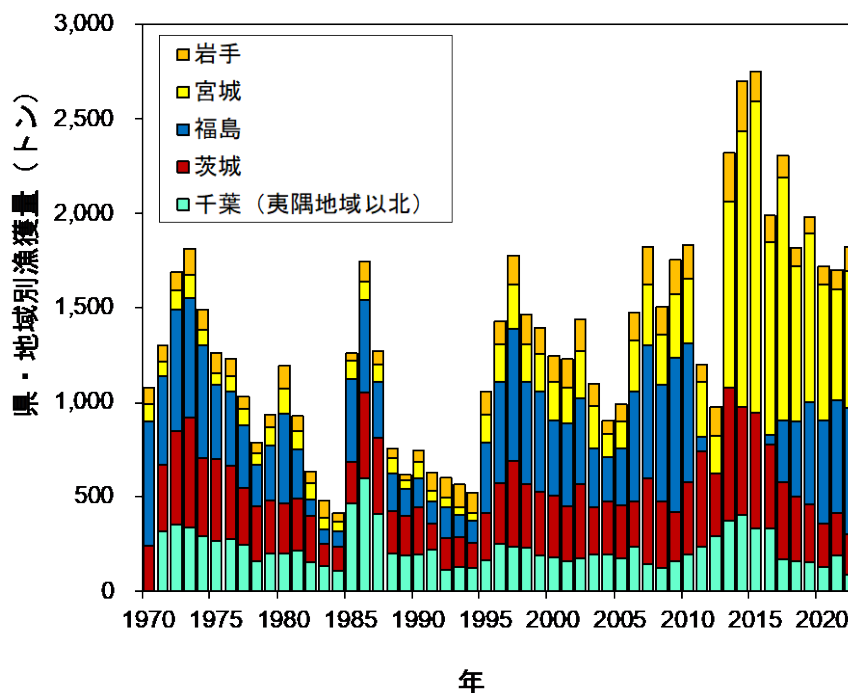


図 3-2. 県・地域別漁獲量の推移 漁業・養殖業生産統計年報より作成した。1970 年の千葉県（夷隅地域以北）の漁獲量は、ひらめ・かれい区分のため表記していない。

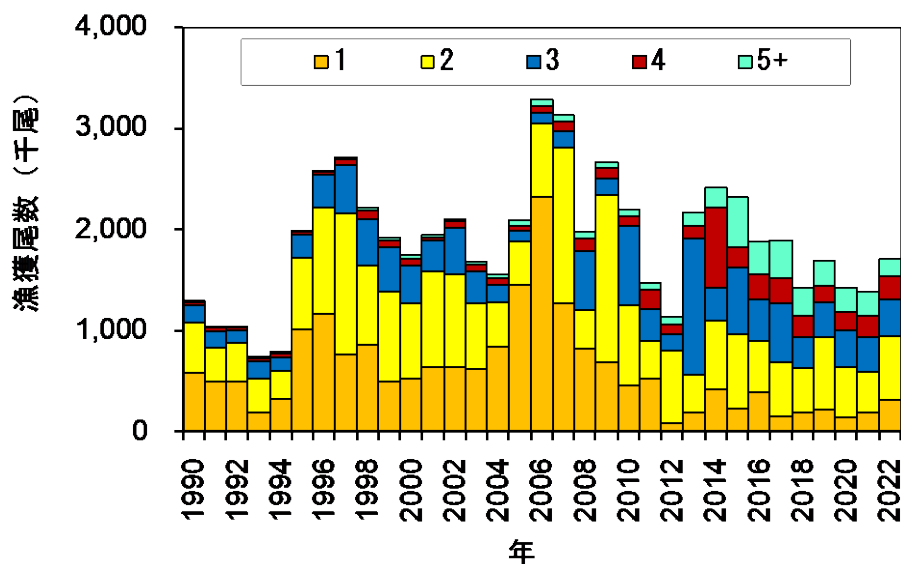


図 3-3. 年齢別漁獲尾数の推移

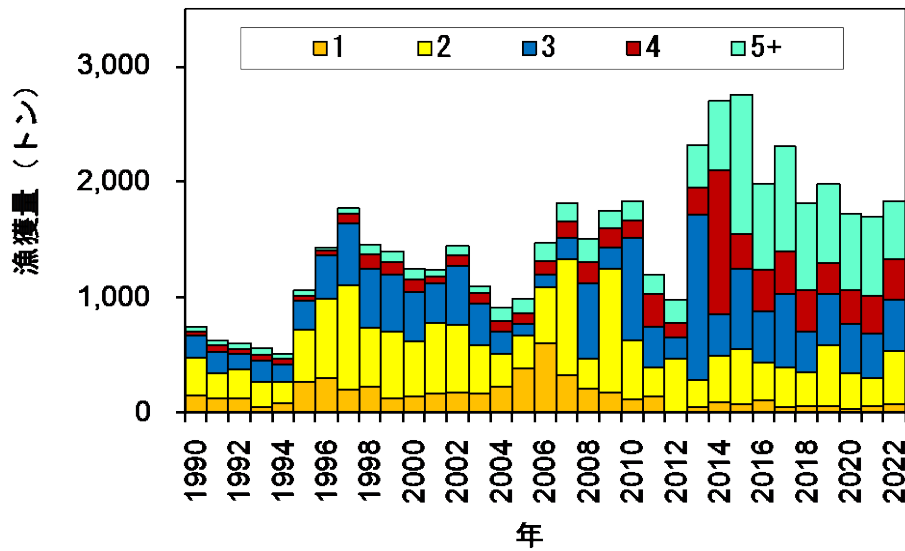


図 3-4. 年齢別漁獲量の推移

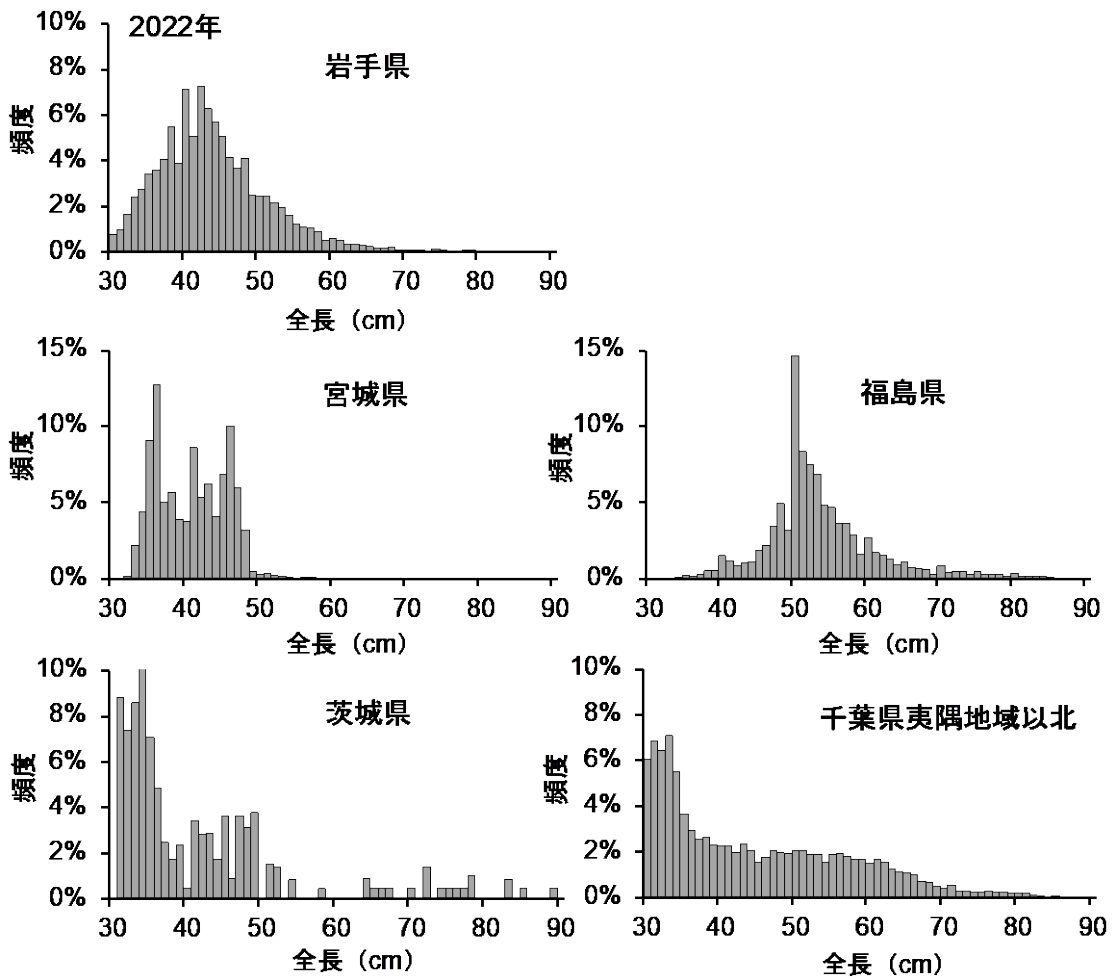


図 3-5. 2022 年における各県のヒラメ漁獲物の全長組成

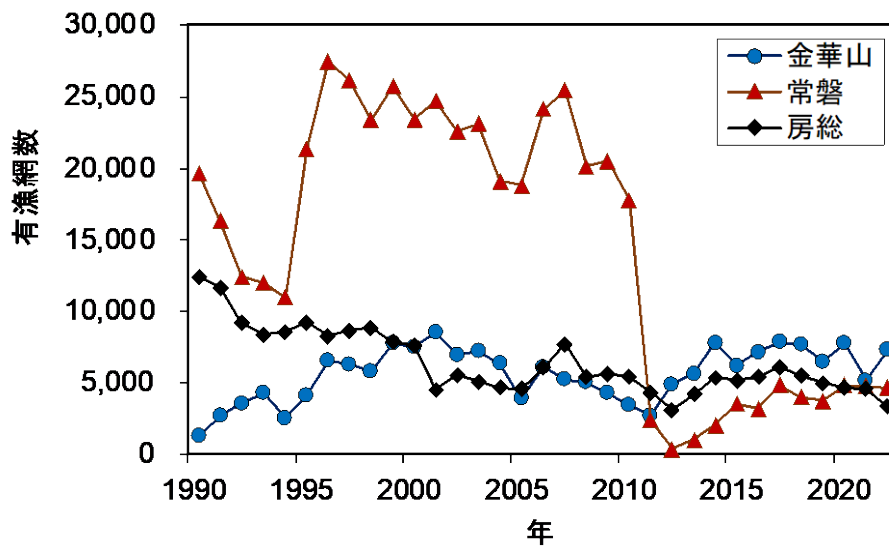


図 3-6. 海域別の沖底（オッターコントロール）によるヒラメの有漁網数の経年変化

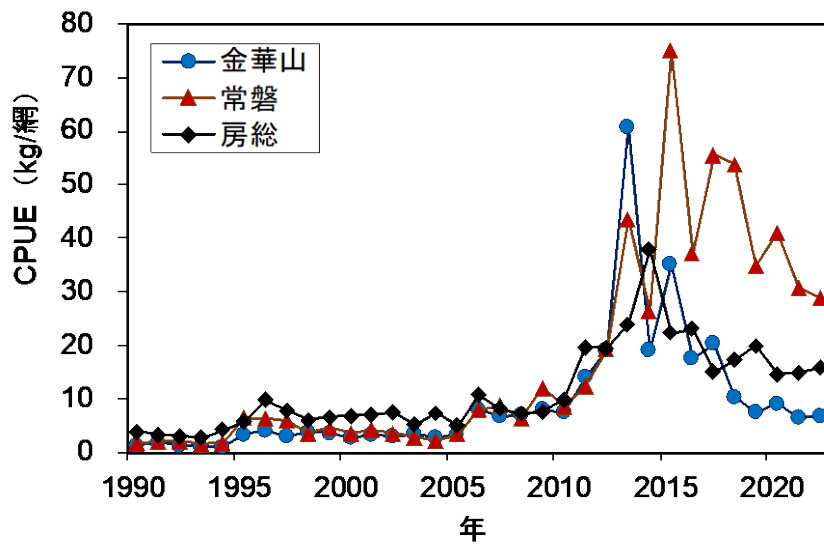


図 4-1. 海域別の沖底（オッターコントロール）によるヒラメの CPUE CPUE は有漁 1 網あたりの漁獲量を年ごとの平均値で示した。

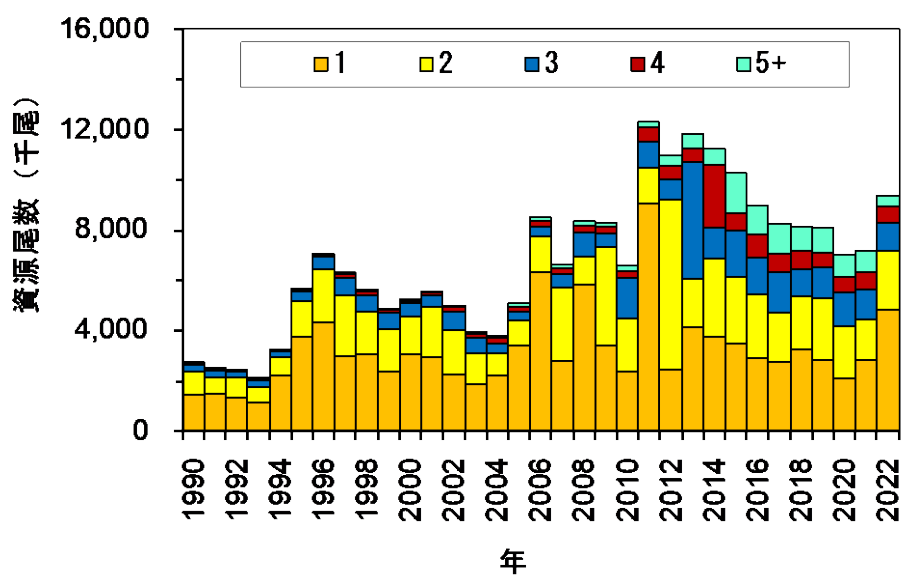


図 4-2. 年齢別資源尾数の推移

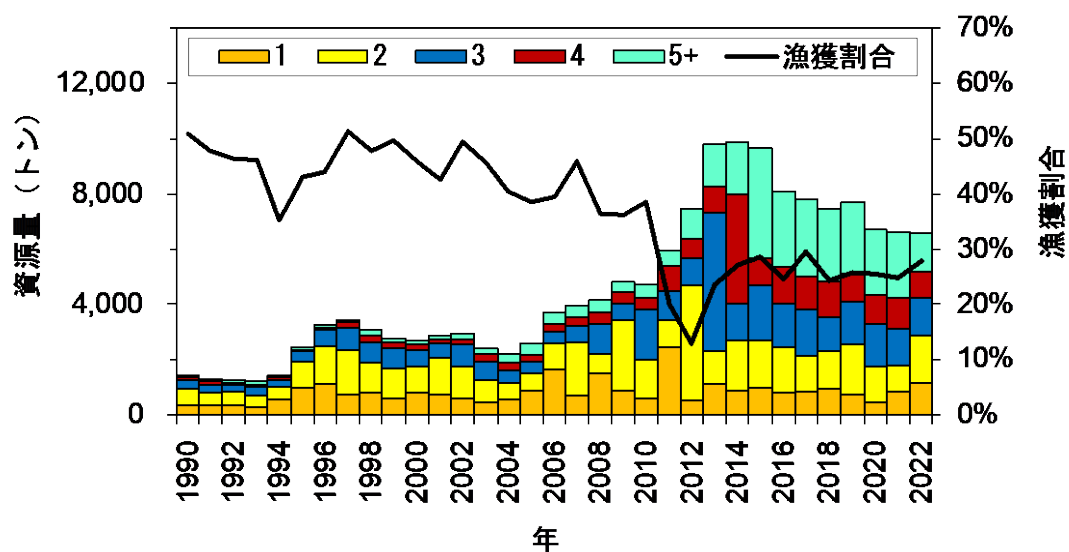


図 4-3. 年齢別資源量および漁獲割合の推移

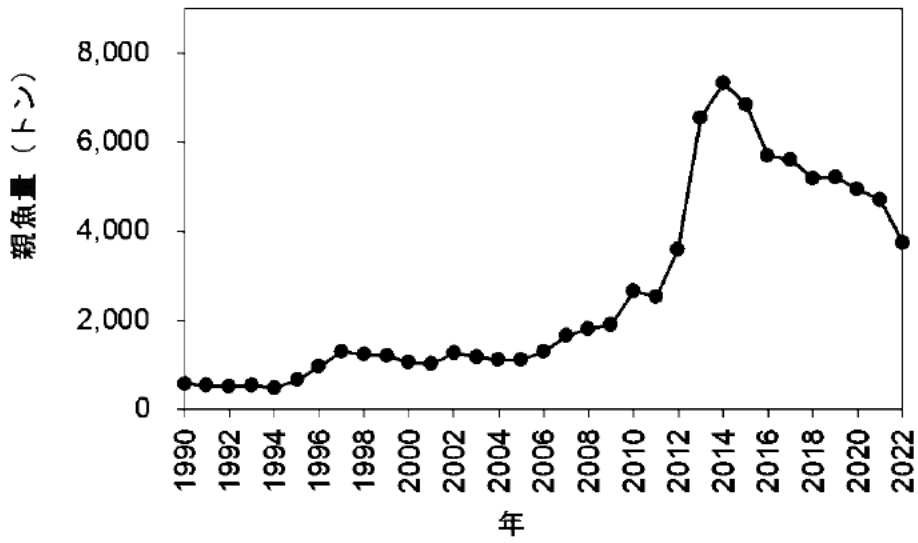


図 4-4. 親魚量の推移 雌雄込で 2 歳魚の 1/4、3 歳魚の 3/4、4 歳以上魚の資源量の合計値とした。

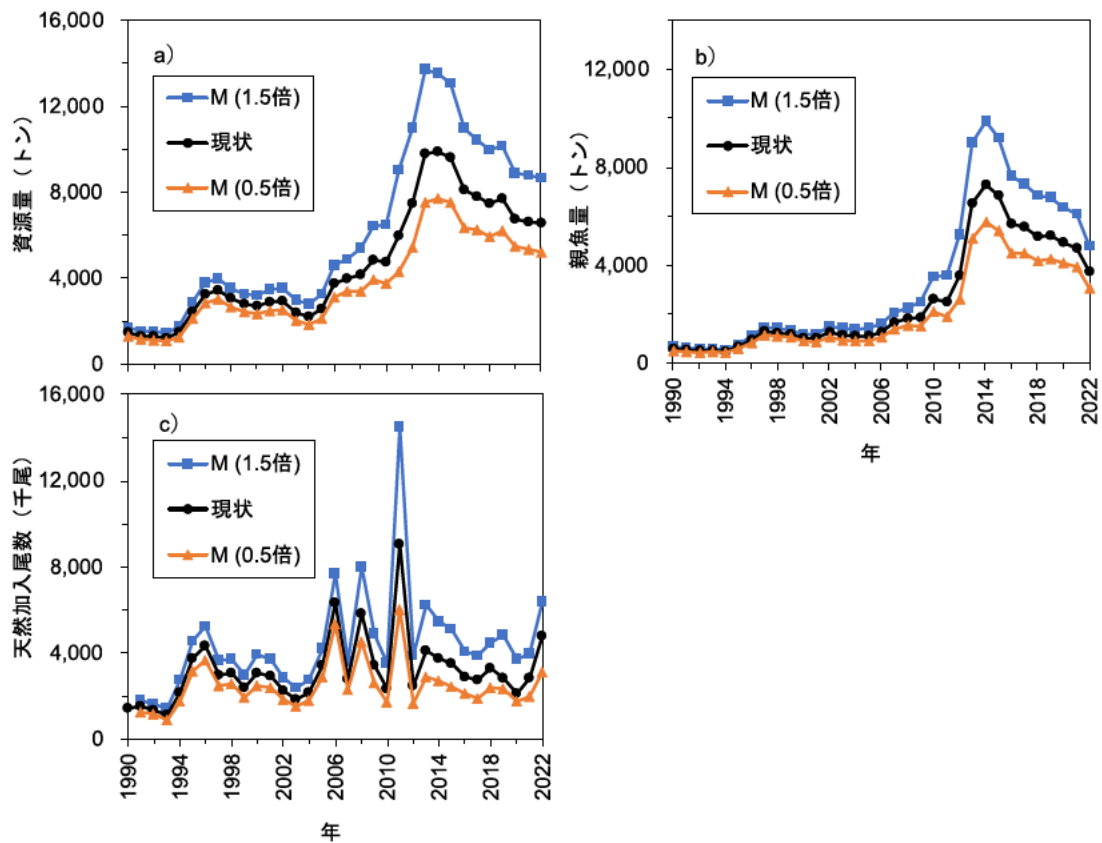


図 4-5. 自然死亡係数 M の値についての a) 資源量、b) 親魚量、c) 天然加入尾数の感度解析

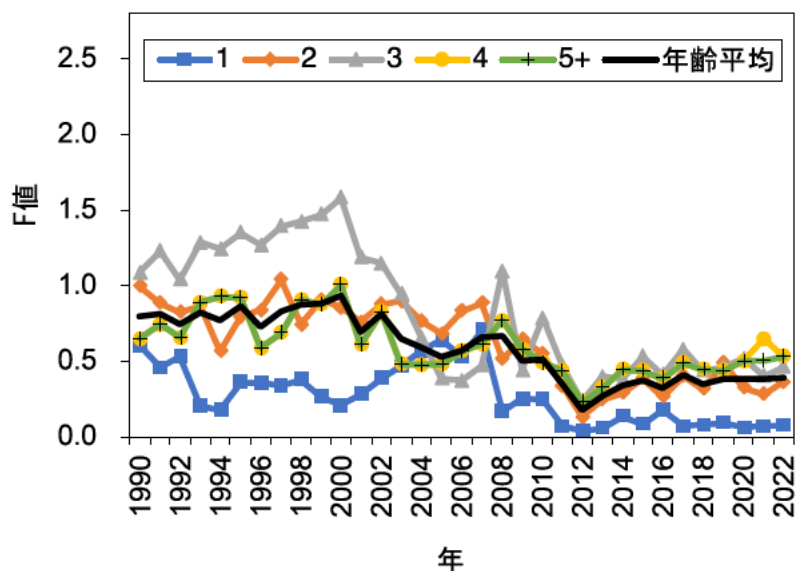


図 4-6. 年齢別漁獲係数 F の推移

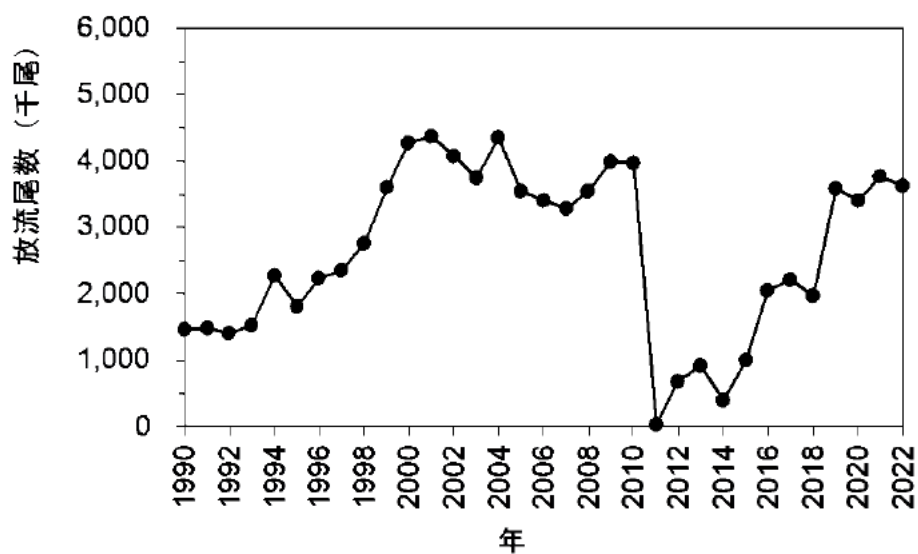


図 4-7. 放流尾数の推移 震災年（2011 年）は 34 千尾である。

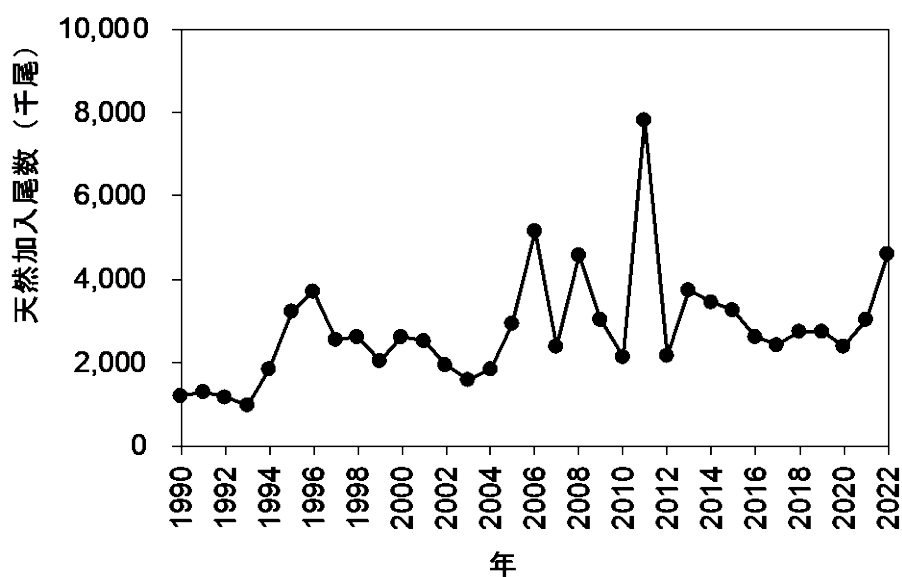


図 4-8. 天然加入尾数 (1 歳魚) の推移 天然の加入尾数は、コホート解析で推定した 1 歳魚の資源尾数 (天然+放流) と各年の補正混入率 (漁獲尾数に占める放流尾数の割合を黒化率で補正した値、表 4-4) から、1 歳魚資源尾数 \times (1 - 補正混入率) として計算した。

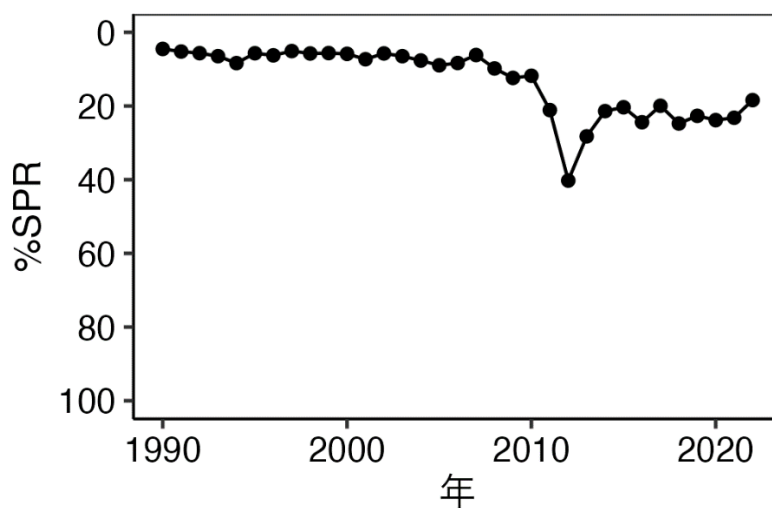


図 4-9. %SPR 値の経年推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い (低い) と %SPR は小さく (大きく) なる。

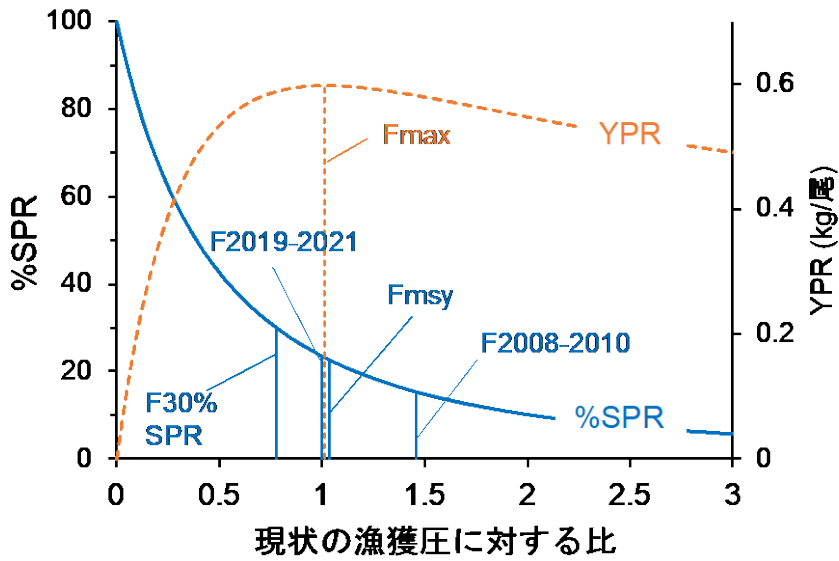
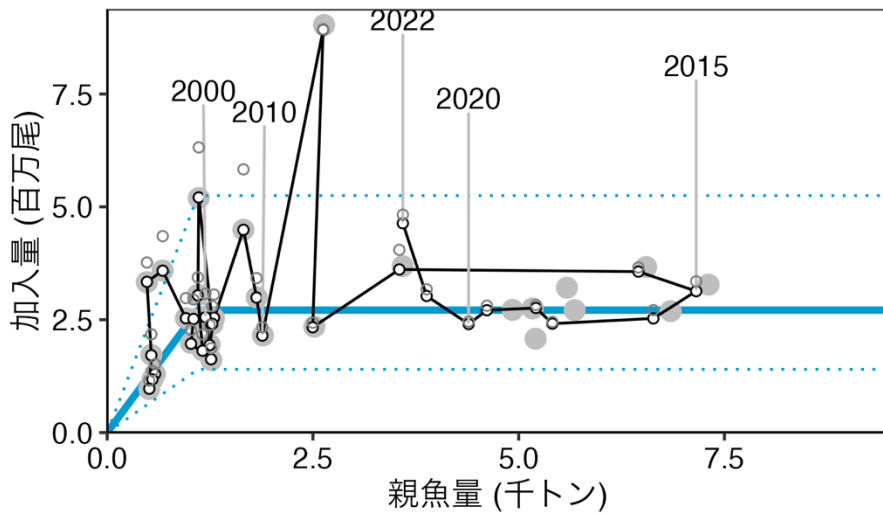


図 4-10. 現状の漁獲圧 (F2019-2021) に対する YPR、%SPR の関係 震災前 (2008~2010 年の平均: F2008-2010) の F 値も合わせて示した。



関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 32.39
 灰色: 放流+天然、黒: 天然のみ

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。塗りつぶしの灰色丸印は、この再生産関係推定時の親魚量と加入量を示す。丸印は今年度評価において推定された 1990~2021 年の親魚量と翌年 (1991~2022 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加入量である。図中の数字は加入群 (1 歳魚) の加入年を示す。

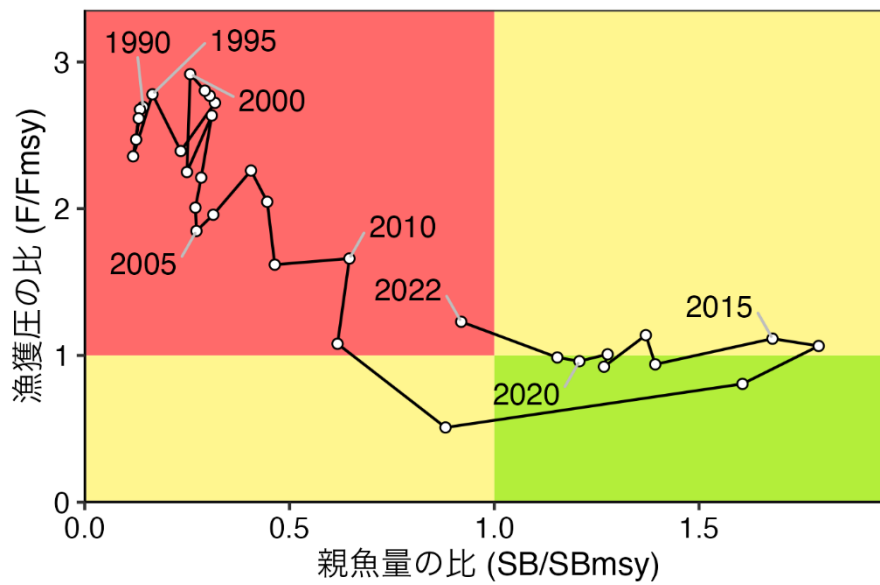


図 4-12. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

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	87	87	100	138	110	105	92	71	54	61	121
宮城	92	80	101	126	86	68	81	77	63	103	139
福島	656	466	646	629	589	387	394	336	217	288	472
茨城	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	82	64	89	42	41	105	74	55	30	64	99
宮城	93	87	63	55	95	100	92	81	45	89	61
福島	264	88	78	79	438	487	297	196	147	150	115
茨城	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	106	117	102	121	127	156	156	140	139	150	171
宮城	49	44	42	145	194	232	195	202	201	195	250
福島	163	116	117	375	536	700	544	525	396	439	458
茨城	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
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
岩手	120	70	96	142	201	146	177	177	96	149	258
宮城	220	120	137	276	320	271	339	344	288	197	987
福島	315	243	304	580	704	615	813	734	78	0	0
茨城	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		
岩手	262	161	141	113	98	87	100	109	129		
宮城	1,465	1,644	1,015	1,289	819	894	718	585	725		
福島	0	0	51	328	397	541	545	596	669		
茨城	566	614	446	407	344	308	227	229	212		
千葉県北部	406	333	333	169	158	153	131	212	90		
計	2,699	2,752	1,986	2,306	1,816	1,983	1,721	1,632	1,825		

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。

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) ヒラメの県別漁業種類別漁獲量 (トン)

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

「漁業・養殖業生産統計年報」による。

2022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。

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

年	有漁網数(網/年)			CPUE(kg/網)			3海区平 均 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
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

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)	漁獲割合 (%)	親魚量 (トン)	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)
1990	750	1,472	51.0	581	1,434	1,229	2.24
1991	633	1,324	47.8	550	1,517	1,301	2.13
1992	602	1,297	46.4	511	1,364	1,169	1.93
1993	564	1,223	46.1	537	1,149	985	3.48
1994	518	1,473	35.2	482	2,178	1,867	6.70
1995	1,055	2,456	43.0	674	3,767	3,230	5.53
1996	1,431	3,254	44.0	956	4,351	3,730	2.67
1997	1,775	3,458	51.3	1,296	2,978	2,553	2.02
1998	1,461	3,057	47.8	1,245	3,057	2,621	1.64
1999	1,395	2,811	49.6	1,195	2,381	2,041	2.21
2000	1,246	2,711	46.0	1,050	3,075	2,636	2.41
2001	1,232	2,890	42.6	1,017	2,947	2,527	1.91
2002	1,443	2,926	49.3	1,265	2,270	1,946	1.27
2003	1,099	2,411	45.6	1,159	1,869	1,602	1.61
2004	905	2,235	40.5	1,102	2,175	1,865	2.68
2005	993	2,581	38.5	1,112	3,439	2,948	4.65
2006	1,473	3,737	39.4	1,280	6,319	5,169	1.87
2007	1,823	3,965	46.0	1,655	2,801	2,393	2.78
2008	1,505	4,146	36.3	1,817	5,840	4,602	1.68
2009	1,752	4,844	36.2	1,892	3,432	3,048	1.14
2010	1,832	4,741	38.6	2,635	2,350	2,161	3.00
2011	1,202	5,978	20.1	2,517	9,038	7,916	0.88
2012	973	7,462	13.0	3,592	2,475	2,222	1.06
2013	2,322	9,804	23.7	6,549	4,132	3,811	0.54
2014	2,699	9,891	27.3	7,307	3,764	3,543	0.47
2015	2,752	9,625	28.6	6,848	3,508	3,418	0.41
2016	1,986	8,107	24.5	5,680	2,895	2,799	0.48
2017	2,306	7,819	29.5	5,586	2,756	2,715	0.57
2018	1,816	7,466	24.3	5,170	3,289	3,203	0.54
2019	1,983	7,686	25.8	5,206	2,856	2,800	0.40
2020	1,721	6,735	25.6	4,925	2,113	2,064	0.56
2021	1,632	6,607	24.7	4,705	2,867	2,747	0.98
2022	1,825	6,556	27.8	3,748	4,820	4,623	-

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	0.066
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	0.280
2012	252	203	100	117	672	0.151
2013	192	220	100	417	929	0.469
2014	0	20	100	280	400	0.232
2015	501	170	100	234	1,005	0.216
2016	1,138	200	100	609	2,047	0.090
2017	1,170	213	100	724	2,207	0.018
2018	1,160	200	100	518	1,978	0.034
2019	1,176	218	1,130	1,057	3,581	0.028
2020	1,262	211	1,254	680	3,407	0.016
2021	1,140	290	1,324	1,012	3,766	0.039
2022	1,140	204	1,129	1,158	3,631	0.052

「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。

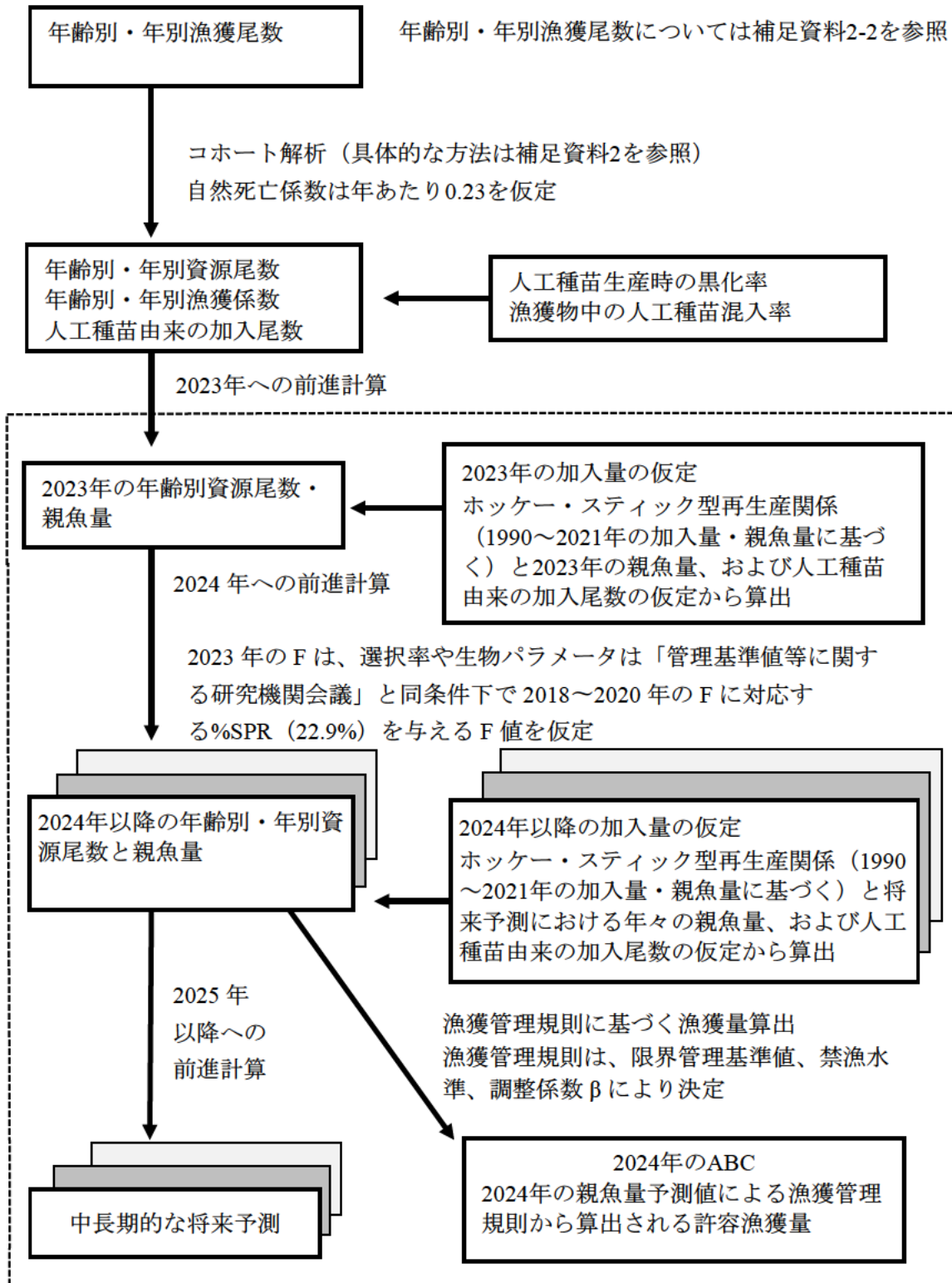
表 4-4. 各県の混入率 (%) と黒化率 (%)

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	18.1
2007	11.2	8.38	7.74	13.7	9.87	67.8	14.6
2008	16.6	13.7	18.2	7.25	14.4	67.8	21.2
2009	13.2	4.97	8.55	4.25	7.59	67.8	11.2
2010	10.9	2.74	6.47	3.32	5.44	67.8	8.02
2011	19.7	12.0	-	5.50	8.41	67.8	12.4
2012	17.1	7.09	-	2.32	6.92	67.8	10.2
2013	6.59	5.58	-	4.35	5.27	67.8	7.77
2014	4.81	4.17	-	3.14	3.99	67.8	5.88
2015	3.93	1.18	-	2.67	1.74	67.8	2.57
2016	2.74	1.96	-	3.04	2.25	67.8	3.32
2017	3.36	0.57	-	2.51	1.00	67.8	1.47
2018	3.01	2.05	-	2.83	1.78	67.8	2.63
2019	7.04	0.38	2.40	0.62	1.33	67.8	1.96
2020	5.01	0.41	2.53	1.30	1.57	67.8	2.32
2021	14.1	0.36	3.81	1.36	2.85	67.8	4.20
2022	10.1	0.31	3.07	5.82	2.78	67.8	4.10

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。

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

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 (ALK) 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 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~千葉県北部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。

(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~千葉県北部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

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

$$F_{a,term} = \frac{1}{3} \sum_{y=2019}^{2021} F_{a,y} \quad (10)$$

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 5 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 2-2 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。

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

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

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

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

なお、本系群における M の推定では雌の寿命を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5(2023)年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針 (FRA-SA2023-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、データの追加・更新が

行われることで1歳魚資源尾数は上方修正される傾向があるものの、資源量や親魚量、漁獲圧（年齢平均F値）には大きな変化は見られなかった。

引用文献

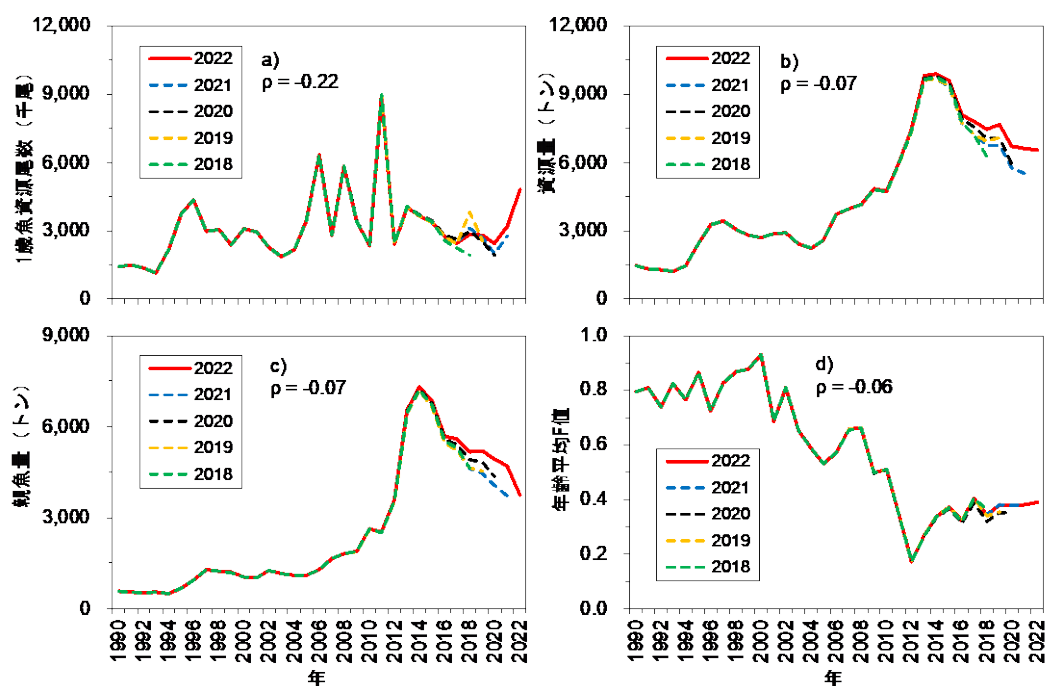
栗田 豊・富樫博幸・服部 努・柴田泰宙（2018）平成29（2017）年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価. 平成29年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 1672-1702.

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（2023）令和5（2023）年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針. FRA-SA2023-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) 1 歳魚資源尾数、b) 資源量、c) 親魚量、d) 年齢平均 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. 2022 年における雌雄別 Age-length key (1~6 月、7~12 月)

雄 全長 (cm)	1-6月						7-12月					
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳
30	0	0	0	0	0	0	0	0.67	0.17	0	0	0
31	0.08	0.25	0.08	0	0	0	0	0.57	0	0	0	0
32	0.17	0.50	0.17	0	0	0	0	0.58	0.08	0	0	0
33	0	0.50	0	0	0	0	0	0.50	0.08	0	0	0
34	0	0.60	0	0	0	0	0	0.60	0.20	0	0	0
35	0	0.67	0.17	0	0	0	0	0.64	0.18	0	0	0
36	0	0.42	0.08	0	0	0	0	0.27	0.18	0	0	0
37	0	0.50	0.07	0	0	0	0	0	0.80	0	0	0
38	0	0.55	0.27	0	0	0	0	0	0.29	0.14	0	0
39	0	0.62	0.23	0	0	0	0	0	0.40	0	0	0
40	0	0.50	0	0	0	0	0	0	0.78	0.11	0	0
41	0	0.36	0.18	0.09	0	0	0	0	0.44	0.33	0	0
42	0	0.23	0.62	0	0	0	0	0	0.42	0.08	0	0
43	0	0	0.13	0.25	0	0	0	0	0.40	0.07	0.20	0
44	0	0.10	0.50	0.10	0.05	0	0	0.08	0.08	0.25	0.08	0
45	0	0	0.32	0.18	0.09	0	0	0	0.06	0.38	0.06	0
46	0	0	0.36	0.09	0	0	0	0	0.15	0.19	0.11	0.04
47	0	0	0.14	0.14	0.29	0	0	0	0.11	0.25	0.21	0
48	0	0	0.20	0.20	0.05	0	0	0	0	0.38	0.24	0
49	0	0	0.13	0.35	0.17	0	0	0	0.04	0.15	0.15	0
50	0	0	0.17	0.28	0.17	0	0	0	0	0.36	0.27	0
51	0	0	0.09	0.39	0.04	0	0	0	0	0.13	0.17	0
52	0	0	0.09	0.09	0.09	0.18	0	0	0	0.09	0.27	0
53	0	0	0	0.25	0.13	0	0	0	0	0.10	0.20	0.10
54	0	0	0	0.20	0.20	0	0	0	0	0	0.13	0.13
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0.20
56	0	0	0	0.17	0.17	0	0	0	0	0	0	0.10
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0.25
58	0	0	0	0	0	0.50	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0.17	0.33	0.33	0	0	0	0	0.33	0
60-69	0	0	0	0	0	0.27	0	0	0	0	0	0.25
70-79	0	0	0	0	0	0.18	0	0	0	0	0	0.10
>80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

年齢の起算日は7月1日である。

補足表 2-1. (続き) 2022 年における雌雄別 Age-length key (1~6 月、7~12 月)

雌 全長 (cm)	1-6月						雌の 割合	7-12月						雌の 割合	
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5+歳		
30	0.50	0.50	0	0	0	0	1.00	0	0.17	0	0	0	0	0	0.17
31	0.25	0.33	0	0	0	0	0.58	0	0.43	0	0	0	0	0	0.43
32	0	0.17	0	0	0	0	0.17	0	0.33	0	0	0	0	0	0.33
33	0.50	0	0	0	0	0	0.50	0	0.42	0	0	0	0	0	0.42
34	0	0.40	0	0	0	0	0.40	0	0.20	0	0	0	0	0	0.20
35	0	0.17	0	0	0	0	0.17	0	0.09	0.09	0	0	0	0	0.18
36	0	0.50	0	0	0	0	0.50	0	0.36	0.18	0	0	0	0	0.55
37	0	0.36	0.07	0	0	0	0.43	0	0	0.20	0	0	0	0	0.20
38	0	0.18	0	0	0	0	0.18	0	0.29	0.29	0	0	0	0	0.57
39	0	0.15	0	0	0	0	0.15	0	0	0.60	0	0	0	0	0.60
40	0	0.50	0	0	0	0	0.50	0	0	0.11	0	0	0	0	0.11
41	0	0.27	0.09	0	0	0	0.36	0	0	0.22	0	0	0	0	0.22
42	0	0.08	0.08	0	0	0	0.15	0	0	0.42	0.08	0	0	0	0.50
43	0	0.25	0.38	0	0	0	0.63	0	0	0.33	0	0	0	0	0.33
44	0	0	0.20	0	0.05	0	0.25	0	0	0.50	0	0	0	0	0.50
45	0	0.09	0.23	0.09	0	0	0.41	0	0	0.50	0	0	0	0	0.50
46	0	0.09	0.27	0.18	0	0	0.55	0	0	0.48	0	0.04	0	0	0.52
47	0	0.14	0.29	0	0	0	0.43	0	0	0.18	0.21	0.04	0	0	0.43
48	0	0.05	0.45	0.05	0	0	0.55	0	0	0.29	0.10	0	0	0	0.38
49	0	0	0.26	0.09	0	0	0.35	0	0	0.15	0.42	0.08	0	0	0.65
50	0	0	0.33	0.06	0	0	0.39	0	0	0.27	0.09	0	0	0	0.36
51	0	0	0.35	0.13	0	0	0.48	0	0	0.08	0.42	0.21	0	0	0.71
52	0	0	0.27	0.09	0.18	0	0.55	0	0	0	0.45	0.18	0	0	0.64
53	0	0	0.13	0.50	0	0	0.63	0	0	0	0.40	0.20	0	0	0.60
54	0	0	0	0.20	0.40	0	0.60	0	0	0	0.25	0.50	0	0	0.75
55	0	0	0.25	0.50	0.25	0	1.00	0	0	0	0.30	0.40	0	0	0.70
56	0	0	0	0.33	0.33	0	0.67	0	0	0	0.30	0.60	0	0	0.90
57	0	0	0	1.00	0	0	1.00	0	0	0	0.25	0.25	0.13	0	0.63
58	0	0	0	0.50	0	0	0.50	0	0	0	0	0.67	0.33	1.00	1.00
59	0	0	0	0.17	0	0	0.17	0	0	0	0	0.33	0.33	0.67	0.67
60-69	0	0	0	0.19	0.23	0.31	0.73	0	0	0	0.13	0.13	0.50	0.75	0.75
70-79	0	0	0	0	0	0.82	0.82	0	0	0	0	0	0.90	0.90	0.90
>80	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00

年齢の起算日は7月1日である。

補足表 2-2. 資源解析結果 (1990~2006 年)

年齢別漁獲尾数 (千尾)																	
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	577	495	498	186	314	1,012	1,154	756	848	490	515	640	642	618	839	1,448	2,319
2	507	327	382	331	288	707	1,058	1,401	791	889	744	941	920	651	444	432	727
3	167	167	119	173	136	223	335	483	463	440	382	306	450	321	170	98	108
4	23	35	26	30	32	26	28	52	76	68	66	36	60	63	61	56	72
5+	18	19	19	23	18	16	10	19	34	35	37	22	31	21	42	51	60
合計	1,292	1,043	1,044	743	788	1,984	2,585	2,711	2,212	1,922	1,744	1,945	2,103	1,674	1,556	2,085	3,286

年齢別漁獲量 (トン)																	
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	152	130	131	49	83	266	303	199	223	129	135	168	169	162	220	380	610
2	328	211	247	214	186	457	683	905	511	574	481	608	594	420	287	279	469
3	186	187	133	193	152	250	375	541	518	493	427	342	504	359	191	110	121
4	36	56	42	48	50	42	44	82	120	108	105	57	95	100	97	89	114
5+	48	49	50	60	47	41	26	49	90	91	98	57	81	57	110	135	158
合計	750	633	602	564	518	1,055	1,431	1,775	1,461	1,395	1,246	1,232	1,443	1,099	905	993	1,473

年齢別平均体重 (g)																	
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	263	263	263	263	263	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	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	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	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	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	2002	2003	2004	2005	2006
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	0.38	0.46	0.57	0.64	0.53
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	0.87	0.90	0.76	0.68	0.83
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	1.15	0.94	0.65	0.38	0.37
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	0.82	0.48	0.47	0.48	0.56
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	0.82	0.48	0.47	0.48	0.56
平均	0.80	0.81	0.74	0.82	0.77	0.87	0.72	0.82	0.87	0.87	0.93	0.69	0.81	0.65	0.58	0.53	0.57

年齢別資源尾数 (千尾)																	
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
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	2,270	1,869	2,175	3,439	6,319
2	902	626	765	640	748	1,452	2,093	2,431	1,694	1,675	1,457	1,986	1,773	1,232	935	981	1,444
3	282	265	206	268	214	338	523	721	684	642	539	495	740	589	399	347	395
4	53	76	62	58	59	49	70	117	143	131	118	88	121	187	182	166	189
5+	43	40	44	44	33	29	25	42	64	67	66	53	62	64	124	151	157
合計	2,714	2,524	2,441	2,159	3,232	5,635	7,062	6,289	5,642	4,896	5,255	5,569	4,966	3,941	3,815	5,084	8,504

年齢別資源量 (トン)																	
年齢/年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	373	394	355	299	566	979	1,131	774	795	619	800	766	590	486	566	894	1,643
2	586	407	497	416	486	944	1,360	1,580	1,101	1,089	947	1,291	1,152	801	608	638	939
3	316	297	231	300	240	379	586	808	766	719	604	554	829	660	447	389	442
4	84	120	98	92	93	77	111	185	226	207	186	139	191	295	288	262	299
5+	114	106	116	116	87	77	66	111	169	177	174	140	164	169	327	399	414
合計	1,472	1,324	1,297	1,223	1,473	2,456	3,254	3,458	3,057	2,811	2,711	2,890	2,926	2,411	2,235	2,581	3,737
親魚量	581	550	511	537	482	674	956	1,296	1,245	1,195	1,050	1,017	1,265	1,159	1,102	1,112	1,280

補足表 2-2. (続き) 資源解析結果 (2007~2022 年)

年齢別漁獲尾数 (千尾)																
年齢/年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	1,260	809	677	454	519	80	191	411	231	392	141	185	216	130	185	302
2	1,544	394	1,660	793	369	726	362	684	726	507	536	444	718	505	393	640
3	166	578	166	792	326	155	1,354	326	665	413	589	304	351	368	339	366
4	89	119	101	93	185	88	128	795	198	241	250	215	157	188	197	230
5+	64	77	59	63	69	76	141	201	497	323	372	283	251	233	232	162
合計	3,123	1,977	2,663	2,195	1,468	1,125	2,176	2,417	2,317	1,876	1,888	1,431	1,693	1,424	1,346	1,700

年齢別漁獲量 (トン)																
年齢/年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	331	213	178	119	140	16	51	98	65	104	42	55	56	30	53	75
2	997	254	1,072	512	255	447	223	394	480	330	359	296	522	302	247	465
3	186	647	186	886	349	185	1,443	359	706	443	623	345	445	437	372	435
4	140	188	160	147	276	131	235	1,250	298	362	373	362	264	294	309	349
5+	168	203	156	167	182	193	370	598	1,202	747	909	759	695	657	651	501
合計	1,823	1,505	1,752	1,832	1,202	973	2,322	2,699	2,752	1,986	2,306	1,816	1,983	1,721	1,632	1,825

年齢別平均体重 (g)																
年齢/年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	263	263	263	263	269	200	265	237	283	266	299	295	261	231	285	247
2	646	646	646	646	692	616	617	576	662	651	669	667	727	598	628	727
3	1,119	1,119	1,119	1,119	1,070	1,193	1,066	1,102	1,061	1,073	1,057	1,134	1,270	1,187	1,099	1,191
4	1,581	1,581	1,581	1,581	1,490	1,485	1,839	1,573	1,501	1,502	1,492	1,686	1,684	1,569	1,567	1,518
5+	2,637	2,637	2,637	2,637	2,637	2,527	2,615	2,978	2,418	2,314	2,439	2,686	2,768	2,820	2,809	3,089

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	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	0.70	0.17	0.25	0.24	0.07	0.04	0.05	0.13	0.08	0.16	0.06	0.07	0.09	0.07	0.08	0.07
2	0.88	0.51	0.64	0.54	0.33	0.13	0.24	0.28	0.37	0.25	0.37	0.28	0.40	0.32	0.33	0.36
3	0.47	1.09	0.44	0.78	0.47	0.23	0.39	0.37	0.51	0.39	0.53	0.38	0.38	0.38	0.38	0.46
4	0.61	0.77	0.57	0.49	0.43	0.23	0.32	0.43	0.42	0.36	0.45	0.39	0.36	0.37	0.37	0.53
5+	0.61	0.77	0.57	0.49	0.43	0.23	0.32	0.43	0.42	0.36	0.45	0.39	0.36	0.37	0.37	0.53
平均	0.65	0.66	0.50	0.51	0.35	0.17	0.27	0.34	0.37	0.32	0.41	0.34	0.38	0.38	0.38	0.39

年齢別資源尾数 (千尾)																
年齢/年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	2,801	5,840	3,432	2,350	9,038	2,475	4,132	3,764	3,508	2,895	2,756	3,289	2,856	2,113	2,867	4,820
2	2,957	1,104	3,922	2,125	1,464	6,725	1,897	3,115	2,627	2,584	1,953	2,066	2,450	2,078	1,565	2,361
3	500	975	527	1,638	983	835	4,701	1,185	1,867	1,442	1,603	1,075	1,247	1,308	1,202	1,113
4	217	249	260	271	597	491	525	2,531	652	892	778	749	584	679	712	628
5+	156	161	152	184	222	424	581	639	1,633	1,197	1,158	984	935	844	836	444
合計	6,631	8,329	8,293	6,568	12,304	10,950	11,836	11,234	10,287	9,010	8,248	8,163	8,072	7,022	7,182	9,366

年齢別資源量 (トン)																
年齢/年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	728	1,518	892	611	2,440	495	1,116	903	982	782	827	954	743	486	831	1,188
2	1,922	718	2,549	1,381	1,010	4,170	1,176	1,807	1,734	1,680	1,309	1,384	1,789	1,247	986	1,717
3	560	1,092	590	1,835	1,052	994	5,030	1,304	1,979	1,543	1,699	1,215	1,584	1,557	1,322	1,326
4	343	393	411	428	890	732	966	3,974	978	1,338	1,159	1,266	981	1,066	1,118	953
5+	412	425	401	486	586	1,073	1,516	1,904	3,952	2,765	2,826	2,647	2,590	2,380	2,349	1,371
合計	3,965	4,146	4,844	4,741	5,978	7,462	9,804	9,891	9,625	8,107	7,819	7,466	7,686	6,735	6,607	6,556
親魚量	1,655	1,817	1,892	2,635	2,517	3,592	6,549	7,307	6,848	5,680	5,586	5,170	5,206	4,925	4,705	3,748

補足資料3 管理基準値案と禁漁水準案等

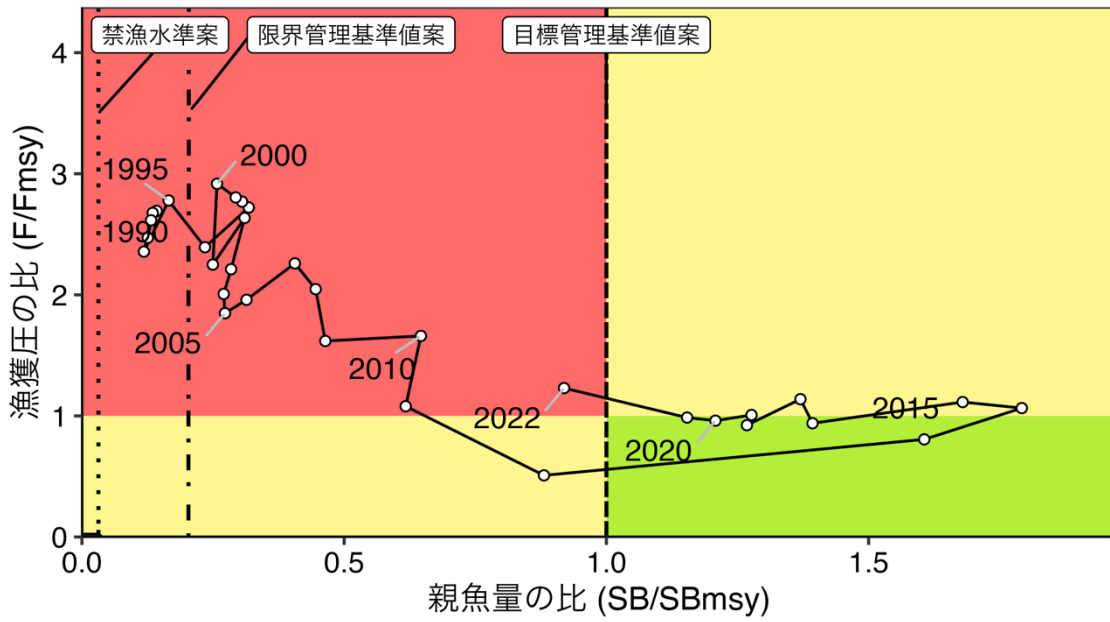
令和4年9月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 4,078 トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy : 828 トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy : 128 トン) を用いることが提案されている (富樫ほか 2022a, 補足表 6-2)。この推定に用いたパラメータ値は補足表 3-1 に示す。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2022 年の親魚量 (SB2022 : 3,748 トン) は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案および禁漁水準案は上回る。2014~2021 年の F/F_{msy} は 0.92~1.14 の範囲で推移し、MSY を実現する漁獲圧に近かったが、2022 年はやや上昇して 1.23 と推定され、MSY を実現する漁獲圧を上回っていたと判断される (補足表 6-3)。

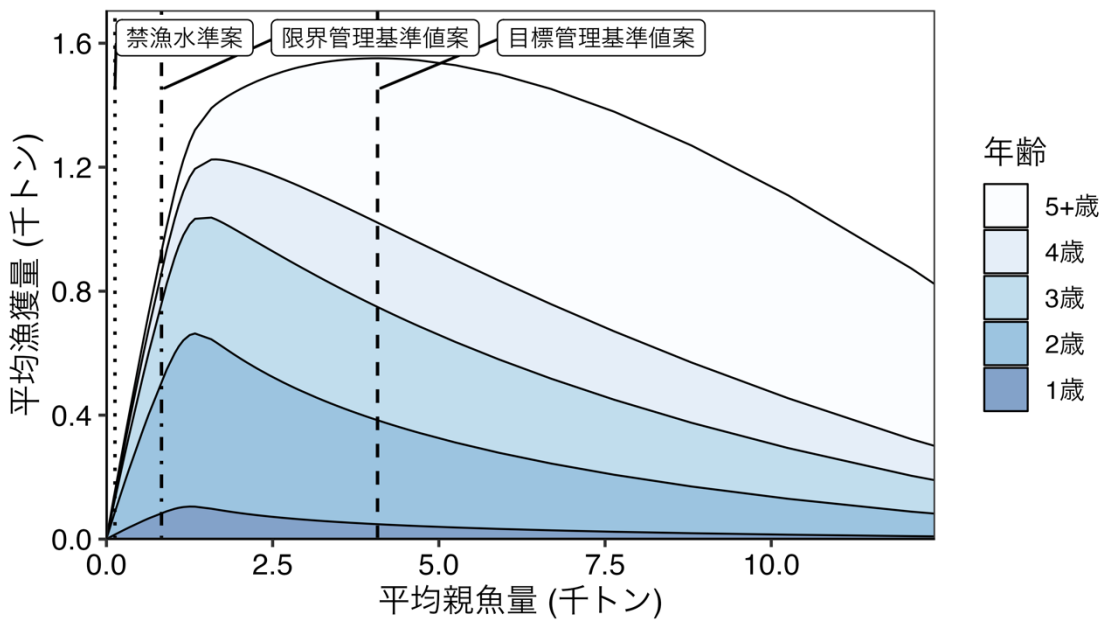
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。親魚量が SBlimit 以下では 1 歳~3 歳魚が多くを占めるが、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられ、SBmsy 達成時においては 3 歳以上の漁獲が主体となると推測された。

引用文献

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)



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



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

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

年齢	選択率	F _{msy}	現状の漁獲圧 (F2021)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
1 歳	0.198	0.079	0.075	263	0.229	0
2 歳	0.871	0.345	0.331	646	0.229	0.250
3 歳	1.000	0.393	0.380	1,119	0.229	0.750
4 歳	0.981	0.386	0.373	1,581	0.229	1.000
5+歳	0.981	0.386	0.373	2,637	0.229	1.000

現状の漁獲圧 (F2021) は、2018～2020 年の F 値の平均である。

平均体重は 2011～2021 年の精密測定データから得られた雌雄込の平均体重である。

補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2022 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2023～2054 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（2020～2022 年）の平均添加効率（0.0359）と平均放流尾数（3,601 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。

2023 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2019-2021）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 2022 年の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2024 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では「 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) 2024 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2024 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 1,488 トン、 β を 1.0 とした場合には 1,796 トンであった（補足表 6-4a）。現状の種苗放流を考慮した場合には、2024 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 1,503 トン、 β を 1.0 とした場合には 1,813 トンであった（補足表 6-4b）。2024 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を上回り、再生産関係による加入のみで 4,667 トン、現状の種苗放流を考慮した場合で 4,681 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、2024 年の漁獲圧は $\beta \times F_{msy}$ として求めた。

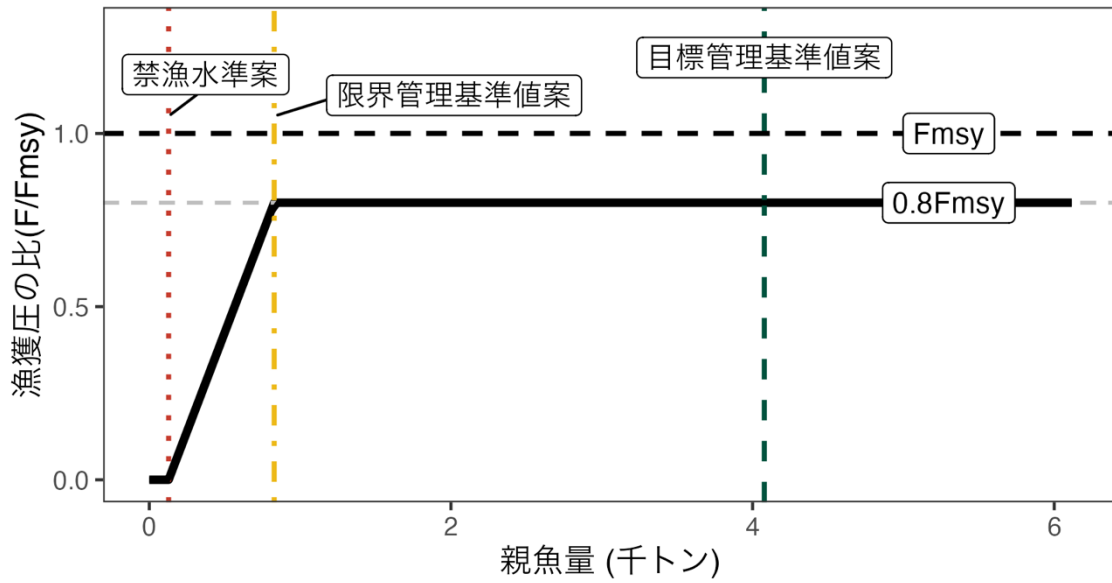
(4) 2025 年以降の予測

2025 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2、4-3 および補足表 4-1～4-4 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、再生産関係による加入のみの場合（補足図 4-2、補足表 4-1a、4-2a、4-3a、4-4a）では 2034 年の親魚量の予測値は β を 0.8

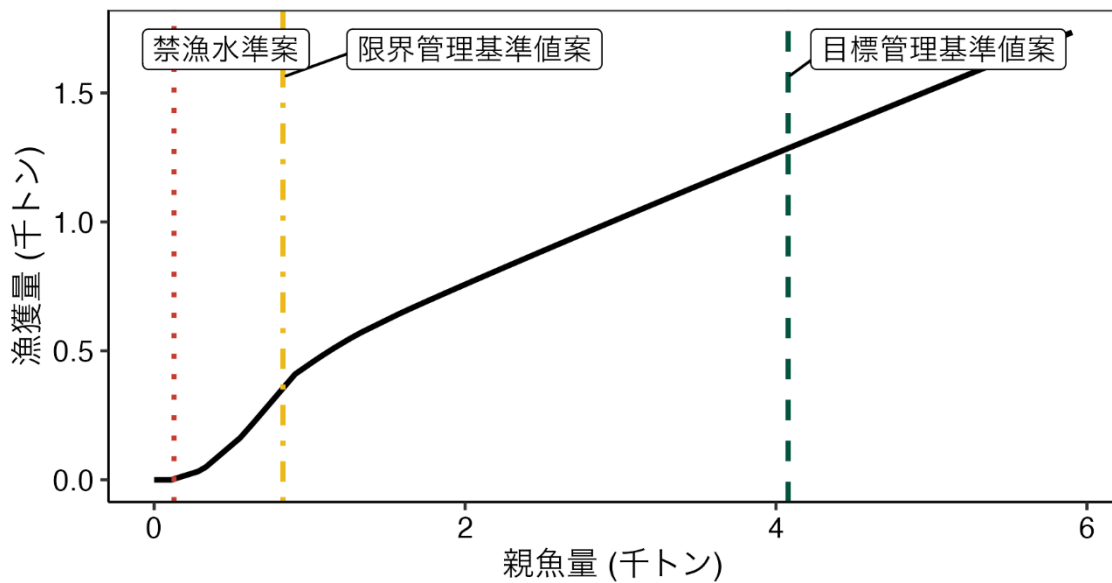
とした場合には 5,100 トン（90%予測区間は 4,076～6,220 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には 4,088 トン（90%予測区間は 3,234～5,029 トン）である（補足表 6-5a）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下において 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2019-2021）を継続した場合の 2034 年の親魚量の予測値は 4,194 トン（90%予測区間は 3,320～5,161 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 53%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

同様に、現状の種苗放流を考慮した場合（補足図 4-3、補足表 4-1b、4-2b、4-3b、4-4b）では、2034 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 5,328 トン（90%予測区間は 4,304～6,447 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には 4,272 トン（90%予測区間は 3,417～5,213 トン）である（補足表 6-5b）。予測値が目標管理基準値案および限界管理基準値案を上回る確率は、いずれの β においても 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2019-2021）を継続した場合の 2034 年の親魚量の予測値は 4,383 トン（90%予測区間は 3,508～5,347 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 63%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である。

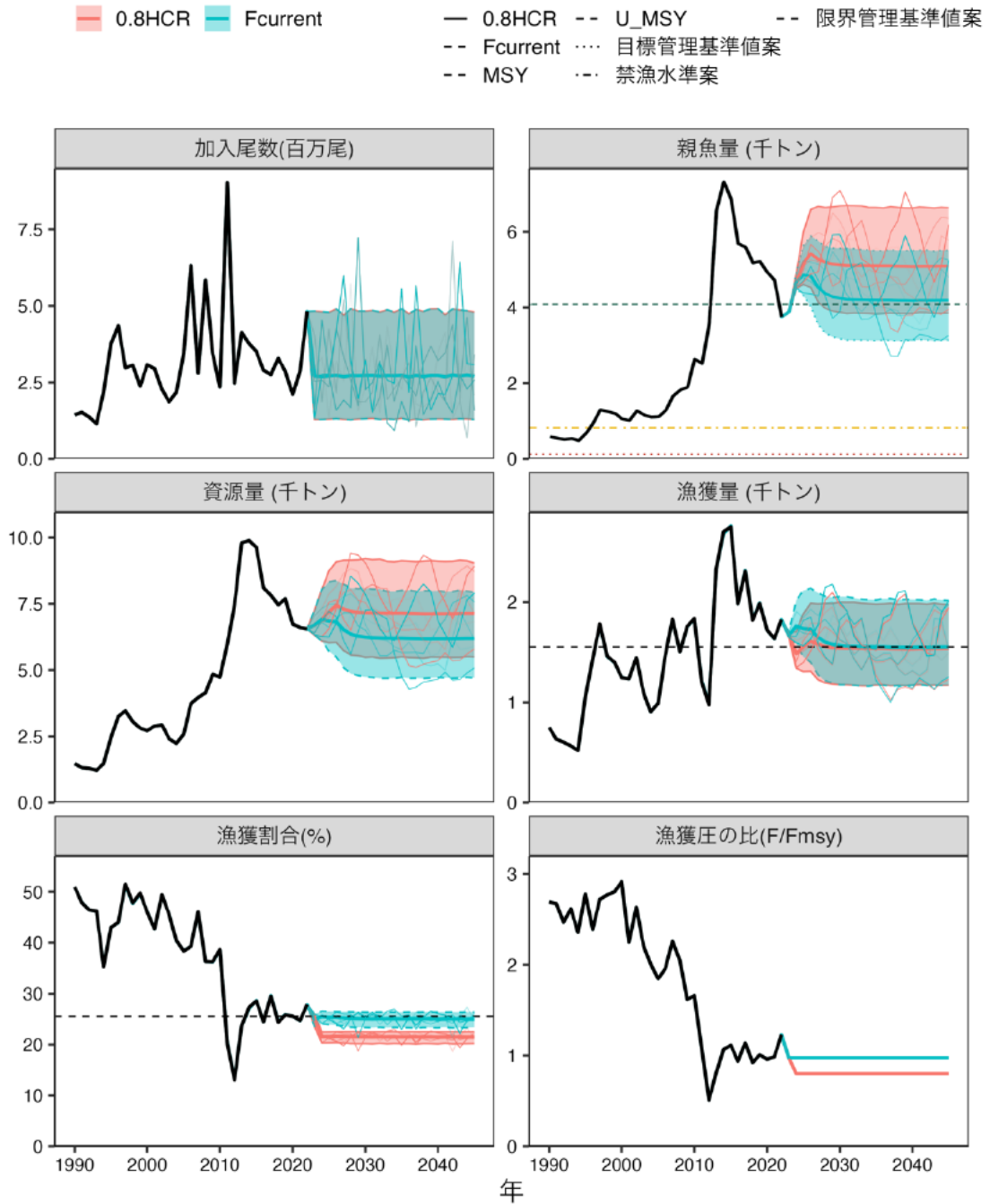
a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

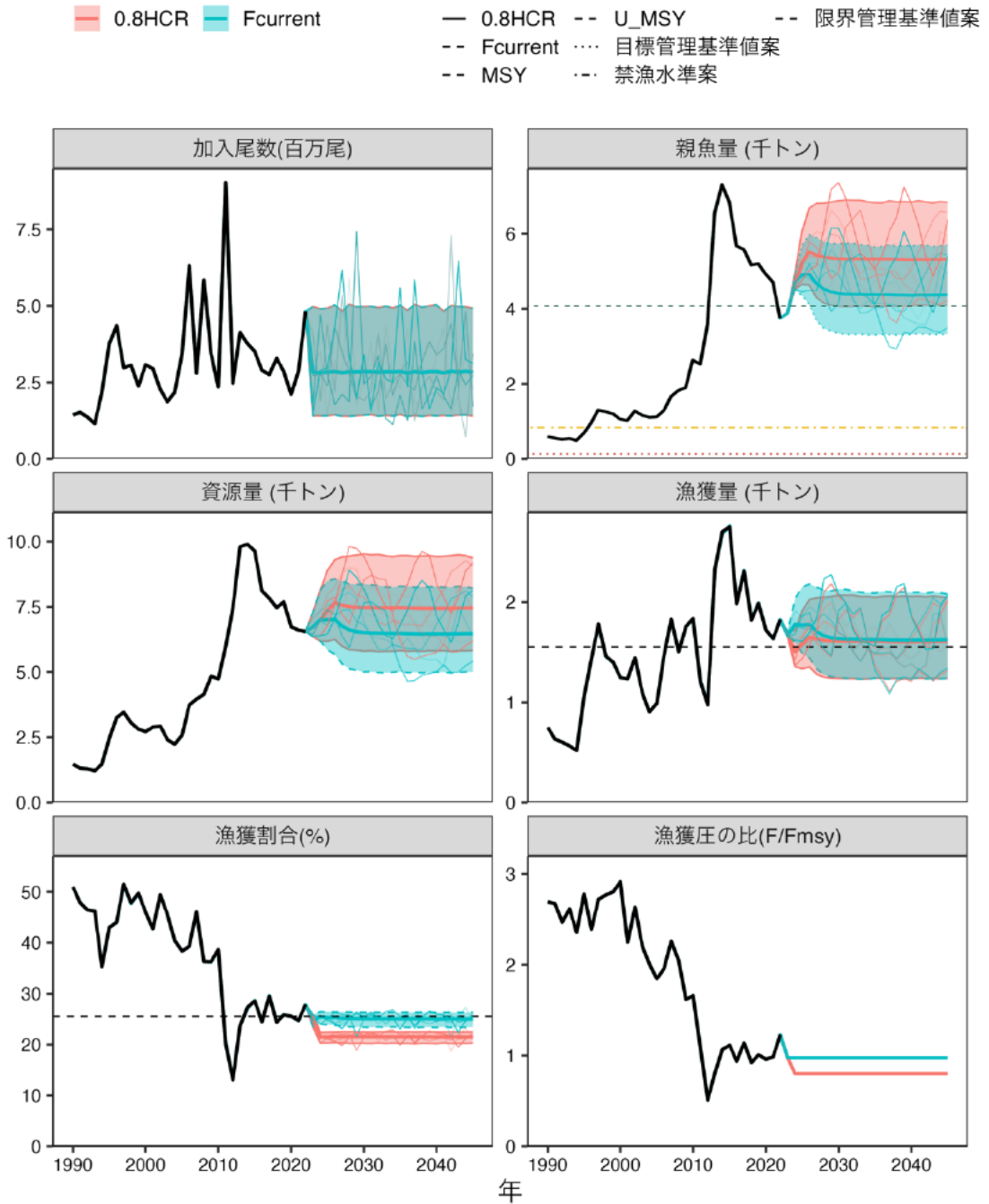


補足図 4-1. 漁獲管理規則案 目標管理基準値 (SBtarget) 案は HS 再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案 (SBlimit) および禁漁水準案 (SBban) には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、黒太線は HCR、赤点線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均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



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

補足図 4-2. 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 (F2019-2021) での将来予測 (緑色) 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる90%予測区間、細線は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。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2023年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2019-2021) により仮定し、2024年以降の漁獲は漁獲管理規則案 (補足図 4-1) に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。



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

補足図 4-3. 現状の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 (F2019-2021) での将来予測 (緑色) 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 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。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2023 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2019-2021) により仮定し、2024 年以降の漁獲は漁獲管理規則案 (補足図 4-1) に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。現状の放流による人工種苗由来の加入尾数は 2020~2022 年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

a) 再生産関係による加入のみの場合 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	0	0	100	100	91	68	58	52	49	47	46	46	46	45	47
0.9	0	0	100	100	98	86	79	75	73	72	72	71	71	71	70
0.8	0	0	100	100	100	96	93	91	90	90	90	90	90	90	89
0.7	0	0	100	100	100	99	99	98	98	98	98	98	98	98	98
0.6	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2019-2021	0	0	100	100	93	73	63	59	55	53	52	52	53	52	52

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	0	0	100	100	94	77	67	63	60	58	56	57	57	56	57
0.9	0	0	100	100	99	91	86	84	82	81	81	81	81	81	80
0.8	0	0	100	100	100	98	96	95	95	95	95	95	95	95	94
0.7	0	0	100	100	100	100	100	99	99	99	99	100	99	100	99
0.6	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2019-2021	0	0	100	100	96	81	72	69	66	64	63	63	63	63	63

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2020～2022年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023年の漁獲量は現状の漁獲圧（F2019-2021）から予測される1,669トンとし、2024年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2019-F2021、 $\beta = 0.99$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則案による管理開始から10年後を示す。

補足表 4-2. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

a) 再生産関係による加入のみの場合 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2019-2021	100	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	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2019-2021	100	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、2020～2022年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

太字は漁獲管理規則案による管理開始から10年後を示す。

補足表 4-3. 将来の親魚量の平均値の推移

a) 再生産関係による加入のみの場合（トン）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	3,748	3,881	4,667	4,810	4,742	4,433	4,266	4,174	4,128	4,104	4,098	4,093	4,088	4,078	4,082
0.9	3,748	3,881	4,667	4,987	5,063	4,827	4,699	4,624	4,587	4,566	4,562	4,558	4,553	4,542	4,547
0.8	3,748	3,881	4,667	5,170	5,408	5,263	5,187	5,140	5,117	5,103	5,104	5,103	5,100	5,088	5,095
0.7	3,748	3,881	4,667	5,361	5,778	5,746	5,738	5,732	5,733	5,733	5,742	5,746	5,746	5,737	5,746
0.6	3,748	3,881	4,667	5,559	6,176	6,279	6,363	6,413	6,450	6,472	6,496	6,510	6,516	6,516	6,528
0.5	3,748	3,881	4,667	5,764	6,604	6,870	7,070	7,200	7,289	7,346	7,395	7,426	7,443	7,462	7,477
0.4	3,748	3,881	4,667	5,977	7,064	7,525	7,873	8,109	8,274	8,385	8,472	8,531	8,568	8,628	8,649
0.3	3,748	3,881	4,667	6,199	7,559	8,251	8,785	9,162	9,434	9,624	9,771	9,875	9,946	10,090	10,118
0.2	3,748	3,881	4,667	6,429	8,091	9,056	9,822	10,386	10,805	11,110	11,349	11,524	11,650	11,959	12,003
0.1	3,748	3,881	4,667	6,668	8,664	9,950	11,003	11,809	12,431	12,902	13,278	13,565	13,781	14,404	14,483
0	3,748	3,881	4,667	6,916	9,280	10,941	12,349	13,470	14,366	15,071	15,650	16,110	16,473	17,694	17,862
F2019-2021	3,748	3,881	4,667	4,852	4,818	4,525	4,366	4,277	4,233	4,210	4,204	4,200	4,194	4,184	4,188

b) 現状の種苗放流を考慮した場合（トン）

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	3,748	3,881	4,681	4,868	4,843	4,572	4,427	4,346	4,306	4,285	4,281	4,277	4,272	4,262	4,267
0.9	3,748	3,881	4,681	5,046	5,169	4,977	4,873	4,813	4,783	4,766	4,764	4,762	4,758	4,747	4,753
0.8	3,748	3,881	4,681	5,231	5,519	5,424	5,377	5,347	5,334	5,326	5,330	5,331	5,328	5,318	5,326
0.7	3,748	3,881	4,681	5,423	5,896	5,919	5,946	5,960	5,974	5,981	5,995	6,002	6,003	5,996	6,006
0.6	3,748	3,881	4,681	5,623	6,300	6,466	6,590	6,666	6,719	6,751	6,781	6,799	6,807	6,810	6,823
0.5	3,748	3,881	4,681	5,830	6,735	7,072	7,319	7,480	7,590	7,660	7,717	7,753	7,774	7,800	7,815
0.4	3,748	3,881	4,681	6,045	7,202	7,743	8,146	8,420	8,611	8,739	8,838	8,904	8,947	9,019	9,039
0.3	3,748	3,881	4,681	6,269	7,705	8,487	9,086	9,509	9,814	10,026	10,190	10,304	10,383	10,546	10,575
0.2	3,748	3,881	4,681	6,501	8,245	9,311	10,153	10,773	11,234	11,569	11,830	12,021	12,159	12,499	12,545
0.1	3,748	3,881	4,681	6,742	8,826	10,226	11,369	12,243	12,917	13,428	13,834	14,144	14,378	15,055	15,138
0	3,748	3,881	4,681	6,992	9,451	11,240	12,753	13,957	14,919	15,678	16,298	16,790	17,179	18,491	18,668
F2019-2021	3,748	3,881	4,681	4,910	4,920	4,667	4,530	4,453	4,416	4,395	4,391	4,388	4,383	4,373	4,377

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2020～2022年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

太字は漁獲管理規則案による管理開始から10年後を示す。

黄色網掛けは目標管理基準値案（4,078トン）以下であることを示す。

補足表 4-4. 将来の漁獲量の平均値の推移

a) 再生産関係による加入のみの場合 (トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	1,825	1,669	1,796	1,759	1,740	1,654	1,604	1,579	1,567	1,561	1,559	1,556	1,555	1,552	1,553
0.9	1,825	1,669	1,645	1,662	1,683	1,623	1,587	1,569	1,560	1,556	1,555	1,552	1,551	1,549	1,549
0.8	1,825	1,669	1,488	1,551	1,610	1,577	1,557	1,547	1,542	1,540	1,540	1,538	1,538	1,536	1,537
0.7	1,825	1,669	1,325	1,426	1,517	1,511	1,508	1,507	1,508	1,509	1,511	1,511	1,511	1,509	1,511
0.6	1,825	1,669	1,157	1,284	1,401	1,422	1,435	1,445	1,453	1,458	1,462	1,464	1,465	1,465	1,467
0.5	1,825	1,669	981	1,125	1,260	1,303	1,332	1,353	1,368	1,378	1,385	1,389	1,392	1,395	1,397
0.4	1,825	1,669	799	946	1,088	1,148	1,191	1,222	1,244	1,258	1,269	1,276	1,281	1,289	1,291
0.3	1,825	1,669	611	747	882	950	1,002	1,039	1,066	1,084	1,099	1,108	1,115	1,130	1,132
0.2	1,825	1,669	415	524	636	701	751	788	816	837	853	864	872	893	896
0.1	1,825	1,669	211	276	344	388	423	451	472	488	501	510	517	538	541
0	1,825	1,669	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2019-2021	1,825	1,669	1,760	1,736	1,728	1,648	1,601	1,577	1,566	1,560	1,559	1,556	1,555	1,552	1,553

b) 現状の種苗放流を考慮した場合 (トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	1,825	1,672	1,813	1,793	1,787	1,711	1,667	1,645	1,635	1,630	1,629	1,626	1,625	1,623	1,623
0.9	1,825	1,672	1,661	1,693	1,727	1,679	1,649	1,635	1,628	1,624	1,624	1,622	1,621	1,619	1,619
0.8	1,825	1,672	1,503	1,580	1,651	1,630	1,617	1,611	1,609	1,608	1,608	1,607	1,607	1,605	1,606
0.7	1,825	1,672	1,338	1,452	1,555	1,561	1,565	1,569	1,573	1,575	1,578	1,578	1,579	1,578	1,579
0.6	1,825	1,672	1,168	1,308	1,436	1,468	1,489	1,504	1,514	1,521	1,526	1,529	1,531	1,531	1,533
0.5	1,825	1,672	991	1,146	1,291	1,344	1,382	1,407	1,425	1,437	1,446	1,450	1,454	1,458	1,460
0.4	1,825	1,672	807	964	1,114	1,184	1,235	1,270	1,295	1,312	1,324	1,332	1,338	1,347	1,349
0.3	1,825	1,672	616	760	903	980	1,037	1,079	1,109	1,130	1,146	1,157	1,165	1,181	1,183
0.2	1,825	1,672	419	533	651	722	777	818	849	872	889	901	911	933	936
0.1	1,825	1,672	213	280	352	400	438	468	491	508	522	532	540	563	565
0	1,825	1,672	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2019-2021	1,825	1,672	1,777	1,770	1,774	1,705	1,664	1,644	1,634	1,629	1,628	1,626	1,625	1,622	1,623

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2020～2022年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

太字は漁獲管理規則案に基づく管理開始から10年目となる目標年の値を示す。

補足資料 5 将来予測の方法

将来予測は、「令和 5 (2023) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2023-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」において最大持続生産量 MSY を実現する F (F_{msy}) の推定に用いた再生産関係 (富樫ほか 2022a) と、補足表 5-1 に示した各種設定 (自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧) を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート (FRA-SA2023-ABCWG02-04)」に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.2.1) および計算パッケージ frasyr (ver.2.2.0.3) 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は、将来の人工種苗由来の加入尾数として直近 3 年 (2020～2022 年) の平均放流尾数 (3,601 千尾) と平均添加効率 (0.0359) の積である 129 千尾を毎年の加入量に加算して予測を行った。

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。

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

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。

$$N_{5+,y} = N_{4,y-1} \exp(-M_{4,y-1} - F_{4,y-1}) + N_{5+,y-1} \exp(-M_{5+,y-1} - M_{5+,y-1}) \quad (20)$$

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。

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t < SB_{ban} \\ \beta \gamma(SB_t) F_{msy} & \text{if } SB_{ban} \leq SB_t < SB_{limit} \\ \beta F_{msy} & \text{if } SB_t \geq SB_{limit} \end{cases} \quad (21)$$

$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}} \quad (22)$$

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

また、各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (23)$$

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

引用文献

- 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 (2023) 令和 5 (2023) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2023-ABCWG02-01.
https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-01.pdf (last accessed 31 Jul. 2023)
- 資源評価高度化作業部会 (2023) 令和 5 年度版 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-SA2023-ABCWG02-04.
https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-04.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 (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)

補足表 5-1. 将来予測計算に用いた設定値

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2019-2021 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
1 歳	0.198	0.079	0.073	263	0.229	0
2 歳	0.871	0.345	0.362	646	0.229	0.250
3 歳	1.000	0.393	0.460	1,119	0.229	0.750
4 歳	0.981	0.386	0.525	1,581	0.229	1.000
5 歳以上	0.981	0.386	0.525	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：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2022 年の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2023 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 6 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小絶対値法	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 6-2. 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	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) = (0.08, 0.34, 0.39, 0.39, 0.39)	
%SPR (Fmsy)	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 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2022	3,748 トン	2022 年の親魚量
F2022	2022 年の漁獲圧 (漁獲係数 F) (1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) = (0.07, 0.36, 0.46, 0.53, 0.53)	
U2022	27.8%	2022 年の漁獲割合
%SPR (F2022)	18.4%	2022 年の%SPR
%SPR (F2019-2021)	23.4%	現状 (2019~2021 年) の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2022/ SBmsy (SBtarget)	0.92	最大持続生産量を実現する親魚量 (目標管理基準値案) に対する 2022 年の親魚量の比
F2022/ Fmsy	1.23	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2022 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る	
親魚量の動向	減少	

* 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 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

a) 再生産関係による加入のみの場合

2024 年の親魚量(予測平均値):4,667トン			
項目	2024 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2019-2021)	2024 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	1,796	1.02	26.0
$\beta=0.8$	1,488	0.82	21.5
$\beta=0.6$	1,157	0.61	16.7
$\beta=0.4$	799	0.41	11.6
$\beta=0.2$	415	0.20	6.0
$\beta=0$	0	0	0
F2019-2021	1,760	1.00	25.5

b) 現状の種苗放流を考慮した場合

2024 年の親魚量(予測平均値):4,681トン			
項目	2024 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2019-2021)	2024 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	1,813	1.02	25.9
$\beta=0.8$	1,503	0.82	21.5
$\beta=0.6$	1,168	0.61	16.7
$\beta=0.4$	807	0.41	11.5
$\beta=0.2$	419	0.20	6.0
$\beta=0$	0	0	0
F2019-2021	1,777	1.00	25.4

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2020～2022年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

a) 再生産関係による加入のみの場合

考慮している不確実性：加入量					
β	2034年 の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2034年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	4,088	3,234 – 5,029	46	100	100
$\beta=0.8$	5,100	4,076 – 6,220	90	100	100
$\beta=0.6$	6,516	5,267 – 7,879	100	100	100
$\beta=0.4$	8,568	6,991 – 10,297	100	100	100
$\beta=0.2$	11,650	9,649 – 13,863	100	100	100
$\beta=0$	16,473	13,799 – 19,401	100	100	100
F2019-2021	4,194	3,320 – 5,161	53	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	2034年 の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2034年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	4,272	3,417 – 5,213	57	100	100
$\beta=0.8$	5,328	4,304 – 6,447	95	100	100
$\beta=0.6$	6,807	5,554 – 8,172	100	100	100
$\beta=0.4$	8,947	7,374 – 10,675	100	100	100
$\beta=0.2$	12,159	10,149 – 14,379	100	100	100
$\beta=0$	17,179	14,501 – 20,136	100	100	100
F2019-2021	4,383	3,508 – 5,347	63	100	100

現状の種苗放流による人工種苗由来の加入尾数は、2020～2022年平均の放流尾数と添加効率の積とした。

補足表 6-6. 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

人工種苗由来の加入尾数	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)		
		親魚資源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
			2029年	2034年	2024年	2029年	2034年
再生産関係による加入のみ (0尾)	1	46	4,174	4,088	1,796	1,579	1,555
	0.9	71	4,624	4,553	1,645	1,569	1,551
	0.8	90	5,140	5,100	1,488	1,547	1,538
	0.7	98	5,732	5,746	1,325	1,507	1,511
	0.6	100	6,413	6,516	1,157	1,445	1,465
	0.5	100	7,200	7,443	981	1,353	1,392
	F2019-2021	53	4,277	4,194	1,760	1,577	1,555
種苗放流を考慮 (3,601千尾放流、添加効率 0.0359) *	1	57	4,346	4,272	1,813	1,645	1,625
	0.9	81	4,813	4,758	1,661	1,635	1,621
	0.8	95	5,347	5,328	1,503	1,611	1,607
	0.7	99	5,960	6,003	1,338	1,569	1,579
	0.6	100	6,666	6,807	1,168	1,504	1,531
	0.5	100	7,480	7,774	991	1,407	1,454
	F2019-2021	63	4,453	4,383	1,777	1,644	1,625

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 2024 年の値と、5年および 10年管理を行った後の値 (2029年および 2034年) を示した。

*人口種苗由来の加入尾数は、現状 (3,601千尾、2019～2021年の平均) の放流尾数と 2019～2021年の平均添加効率 (0.0359) の積である。

補足資料 7 オッタートロールの CPUE 標準化

商業船による 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、CPUE を用いて適切に資源変動を把握するためには、CPUE からこれらの要因を取り除く必要がある（庄野 2004）。オッタートロールによるヒラメの CPUE は、海域および月の影響を受ける。さらに、海域や月による CPUE の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、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 CPUE の標準化を行った。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 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。

$$\ln(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Season} + \text{Area} + \text{Year} * \text{Season} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Season} * \text{Area} \quad (24)$$

ここでの記号は次の通りである。

Year: 年（1990～2022）

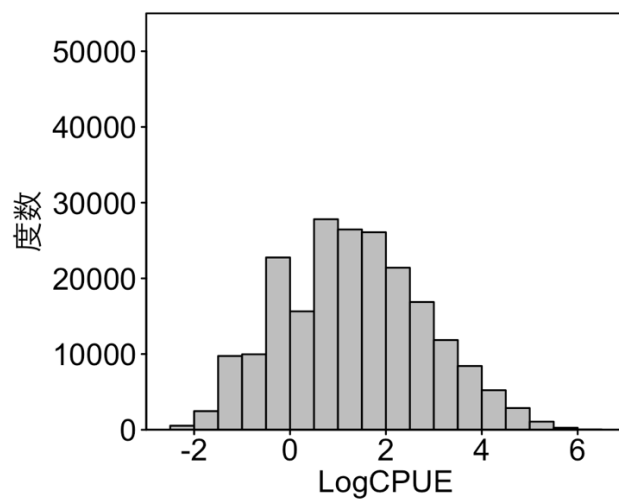
Season: 季節（1～3 月、4～6 月、9 月、10～12 月）

Area: 海域（金華山海区、常磐海区、房総海区）

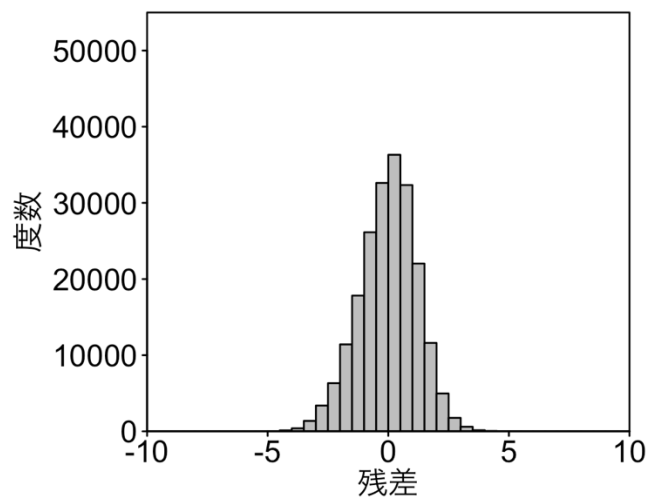
説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。季節（Season）はデータ欠損が生じないように 1～3 か月ごとにまとめた。変数総当たり法により BIC が最小となるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R Ver 4.1.0 の MuMIn パッケージを用いた（<https://www.R-project.org/>、2023 年 7 月 31 日）。モデル選択の結果、上記の初期モデルがベストモデルとして選択された。ベストモデルより最小二乗平均（LSMEAN）を用いて海域別の年トレンドを算出し、それらを各海域の面積により重み付け平均することで標準化 CPUE の年トレンドとした。

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 7-1、7-2）。正規確率図では、大きな逸脱は観察されなかった（補足図 7-3）。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 7-4）。

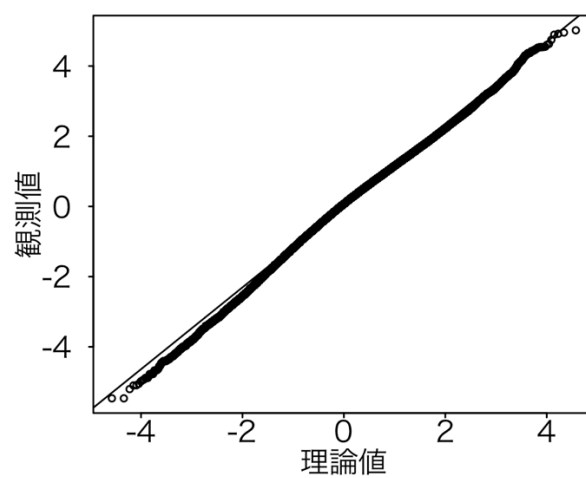
このモデルを用いて標準化 CPUE の年トレンドを補足図 7-5 に示した。標準化 CPUE と CPUE の経年変化は、2013～2018 年にかけて、両者にやや乖離が見られる年もあったが、1990～2012 年および 2019 年以降は非常に良く似たトレンドを示した。標準化 CPUE が CPUE より高くなった 2017 年や 2018 年では、常磐海区の標準化 CPUE は他海域に比べ高い値で推移した（補足図 7-6）。一方、震災の影響で常磐海区の努力量は低いままであり、CPUE では努力量割合の高い他海域の動向がより大きく反映されたと考えられる（補足図 7-7）。標準化 CPUE で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



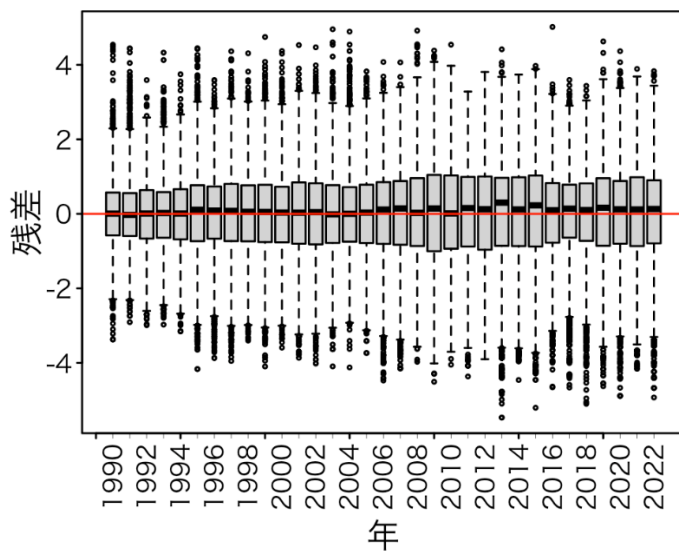
補足図 7-1. 操業ごとの LogCPUE (1990~2022 年データ)



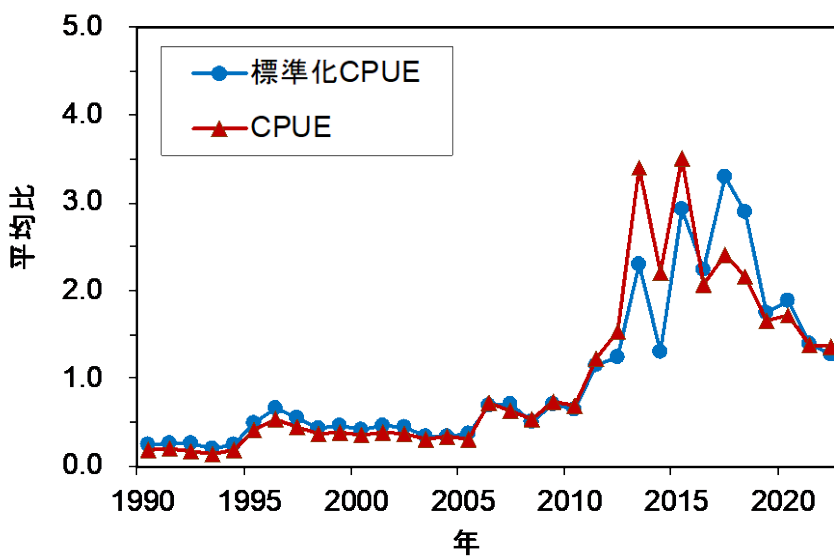
補足図 7-2. モデル予測値と実測値の残差 (1990~2022 年データ)



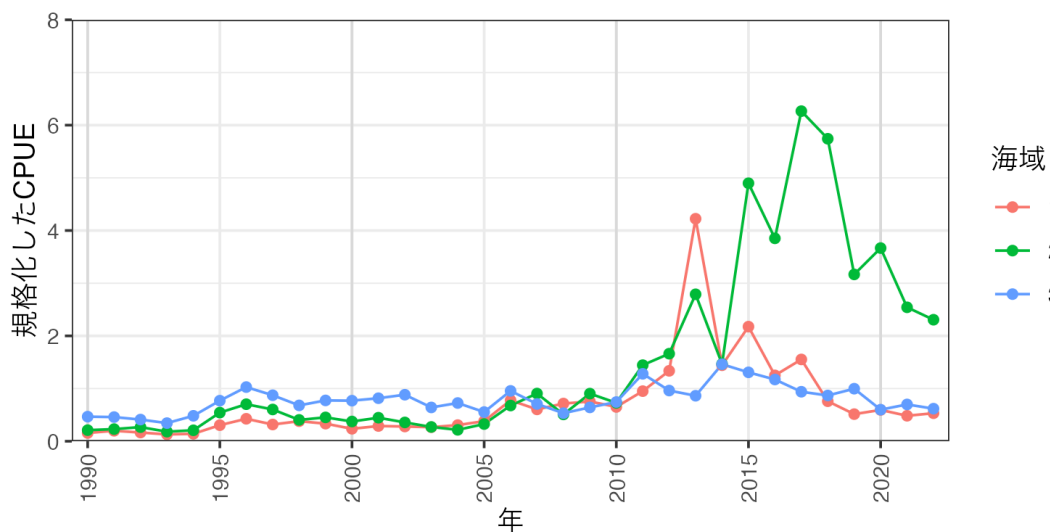
補足図 7-3. 残差の正規確率図



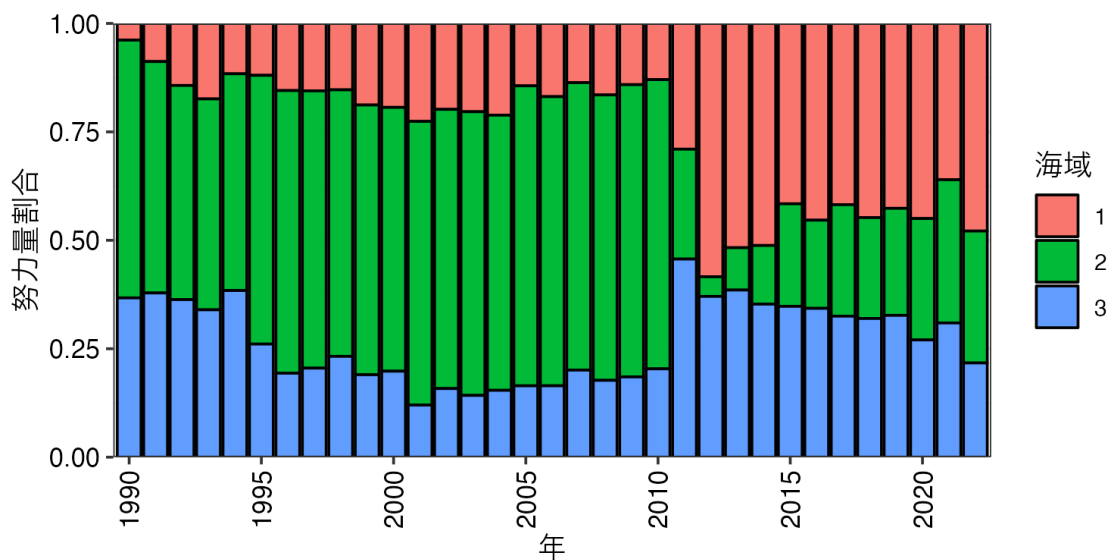
補足図 7-4. 年ごとの残差 箱ひげ図は第一～第三四分位、バーは最大値、最小値の 1.5 倍、バーの外側は外れ値を示す。



補足図 7-5. 標準化 CPUE (青) と 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 7-6. ベストモデルの最小二乗平均 (LSMEAN) より算出した海城別の年トレンドの推移 海城 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 7-7. 年別海城別努力量割合 海城 1、2、3 はそれぞれ金華山海区、常磐海区、房総海区を示す。

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**(2), 106-120.

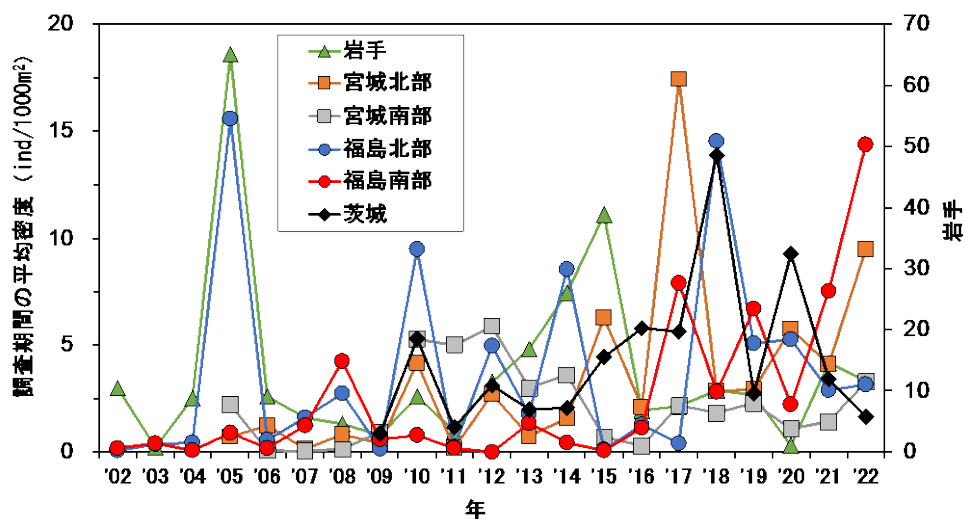
補足資料 8 新規加入量調査結果の概要

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、2022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8-1）。

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。

2022年における各県（地域）の調査期間平均の密度は、岩手（11.5個体）、宮城北部（9.47個体）、宮城南部（3.28個体）、福島北部（3.14個体）、福島南部（14.4個体）、茨城（1.65個体）であった。2022年における岩手～茨城の全県平均の密度は7.24個体であり、2022年を除く直近5年間（2017～2021年）の平均密度（5.81個体）と比較して、2022年は「平常並み～やや多い」と判断した。本調査結果の詳細は、櫻井ほか（2023）を参照のこと。



補足図 8-1. ヒラメ着底稚魚密度（調査期間の平均密度）の経年変化

引用文献

櫻井慎大・富樫博幸・木所英昭・成松庸二・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・田邊 徹・平川直人・水谷宏太（2023）令和4（2022）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, 43, (印刷中) .