

令和 3（2021）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

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

本系群の資源量は 2020 年 1～12 月に採取された年齢別漁獲尾数のデータを基に VPA によって推定した。ヒラメ太平洋北部系群の資源量は、2010 年級群の加入尾数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、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、2020 年の資源量は 6,308 トン（親魚量は 5,249 トン）と推定された。2010 年以前の漁獲割合は 34～51%で推移していたが、震災後は震災前の約半分の水準となり、2011～2019 年は 13～28%、2020 年は 27%となっている。本系群は他の系群同様、種苗放流が盛んに行われており、2020 年は 3,407 千尾が放流された。VPA で推定した親魚量を指標値とし、Blimit（親魚量 1,427 トン）を低位と中位の境界、1990 年以降の最大親魚量である 8,255 トンと Blimit の中間（4,841 トン）を中位と高位の境界とすると、2020 年の資源水準（親魚量 5,249 トン）は「高位」と判断され、2020 年を含む直近 5 年間（2016～2020 年）の親魚量の推移から動向は「減少」と判断された。資源水準が高位であることから、ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1) より、現状の資源を有効利用することを管理目標として、Flimit に Fmax、Ftarget に $0.8 \times F_{max}$ を用いて 2022 年の ABC を算出した。なお、将来予測において、Fmax による漁獲でも高位水準を維持できることは示されているものの、これ以上、資源水準を減少させないために親魚量を確保して加入量水準を維持することが重要である。

管理基準	Target/ Limit	2022 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)
Fmax	Target	1,340	21	0.27 (-28%)
	Limit	1,620	25	0.33 (-10%)

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。現状の F 値は 2017～2019 年の雌雄各年齢の平均値 (0.37) である。漁獲割合は 2022 年の漁獲量/資源量である。 $ABC_{target} = \alpha ABC_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は雌雄各年齢の平均値である。ABC は 10 トン未満を四捨五入した。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	8,168	6,744	2,306	0.37	28
2018	7,419	5,844	1,803	0.33	24
2019	7,185	5,616	1,972	0.40	27
2020	6,308	5,249	1,696	0.37	27
2021	6,081	4,594	1,509	0.37	25
2022	6,379	4,446	—	—	—

年は暦年である。親魚量は雌雄の成魚の重量である。

F 値は雌雄各年齢の平均値である。

2021 年、2022 年の値は将来予測に基づいた推定値である。

水準：高位 動向：減少

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
雌雄別年齢別漁獲尾数(岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県夷隅地域以北)	月別全長組成 ・市場調査(宮城県、福島県、茨城県、千葉県夷隅地域以北) age-length key (2003 年以降、年 2 回逐次作成) ・生物測定(水研、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 ・生物測定(水研、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～茨城(4)県)
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、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	雄 0.25、雌 0.21(寿命より推定、田中 1960)
以下、参考にした情報 2020 年級群の加入量 成熟率	加入量水準の指標 ・新規加入量調査(水研、岩手～茨城(4)県) ・生物測定(水研)

1. まえがき

ヒラメは日本沿岸のほぼ全域に分布している。東北地方太平洋沖(岩手県～千葉県夷隅地域以北、以下、「東北海域」という)では、重要な沿岸漁業資源の一つであり、主に刺し

網、定置網、小型底びき網、沖合底びき網漁業で漁獲されている。1990年代より全長 30 cm 以上（一部の地域では全長 35 cm 以上、福島県では 2016 年以降、全長 50 cm 以上）の漁獲規制が実施されている。

ヒラメ太平洋北部系群の漁獲量は、10 年程度の周期的な変動を繰り返している。近年では、2004 年の漁獲量が大きく低下した後、増加に転じ、2007～2010 年は高い水準となった。2011 年 3 月の東日本大震災（以下、「震災」という）に伴う漁獲努力量の低下の影響で、2011 年と 2012 年の漁獲量は大幅に低下したが、2013 年以降は高い水準に回復した。なお、太平洋北部系群では 10 年に 1、2 回程度の頻度で豊度の高い年級群が発生することが報告されている（渡邊・藤田 2000、Kurita et al. 2018）。

ヒラメは代表的な種苗放流対象魚種である。東北海域においても 1990 年代から震災後の数年を除き、ヒラメの種苗放流が盛んに行われている。ヒラメの資源動態に及ぼす放流の影響について生態学的な知見は蓄積されつつあるが（藤田ほか 1993、岩本ほか 1998）、未だ不明な点も多い。今後、資源解析的な手法を併用して、放流効果ならびに天然資源に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

ヒラメ太平洋北部系群においては、以前より系群内において漁獲量、資源状況の変動特性の違いが指摘されていた（分布・回遊の段落、参照）。この問題を解決するため、本年度、系群区分の見直しを行った。具体的には、木所（2021）に従い、昨年度まで太平洋北部系群に属した青森県太平洋側を日本海北部系群に移行するとともに、太平洋中部系群から千葉県夷隅地域以北を太平洋北部系群に加えた。令和 3 年度のヒラメ太平洋北部系群では、岩手県～千葉県夷隅地域以北を系群区分とした。

2. 生態

(1) 分布・回遊

東北海域におけるヒラメは、主に水深 30～150 m 以浅の陸棚域に分布する（図 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（表 1）。また、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水温であり、ヒラメの南北交流の障壁になっている可能性がある。標識放流の結果では、岩手県や青森県沿岸で放流された個体は北に移動する傾向が強く（石戸 1990、後藤・佐々木 2015）、宮城県や茨城県沿岸で放流された個体は逆に放流地点よりも南で再捕される傾向がある（二平ほか 1988）。

東北海域とその周辺に分布するヒラメは、青森県・岩手県と、宮城県・福島県・茨城県で、資源状況および漁獲圧が異なることが指摘されている（栗田ほか 2006、木所ほか 2020）。また、青森県～福島県に分布するヒラメの遺伝子組成を調べた Shigenobu et al. (2013) によれば、ヒラメは遺伝的多様性が高く、遺伝子情報から系群識別することは困難とされるものの、遺伝子組成の一部は岩手県と宮城県を境に異なることが報告されている。さらに、標識放流調査では青森県太平洋側から日本海側へ移動する事例が報告されている（十三

1988、石戸 1990) ことに加え、青森県太平洋側の漁獲量は、昨年度の太平洋北部系群に属する他県の漁獲量との相関関係が低く、漁獲量の変動傾向も異なっている (木所 2019)。一方、昨年度まで太平洋中部系群に区分されていた千葉県夷隅地域以北に分布するヒラメは、形態的特性 (鰭条数) や漁獲量の変動特性が千葉県南部や神奈川県よりも、昨年度までの太平洋北部系群に近いことが指摘されている (中村ほか 2001)。

(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。宮城県～茨城県 (Yoneda et al. 2007、図 2) 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) は次項のとおりである。なお、本事業により東北海域で採集された個体の最高年齢は、雌は 12 歳、雄は 10 歳であった。

①成長式

宮城～茨城

$$\text{♀ TL} = 99.2(1 - \exp^{-0.19(t+0.96)})$$

$$\text{♂ TL} = 88.3(1 - \exp^{-0.14(t+1.94)})$$

②全長－体重関係

宮城～茨城

$$\text{♀ BW} = 5.56 \times 10^{-3} \times \text{TL}^{3.18}$$

$$\text{♂ BW} = 6.99 \times 10^{-3} \times \text{TL}^{3.12}$$

TL は全長 (cm)、BW は体重 (g)、t は年齢である。年齢の起算日を 7 月 1 日とした。

(3) 成熟・産卵

東北海域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 歳以上、雌では全長 44 cm で満 3 歳以上である (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る (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。雄の最小成熟全長は 30 cm で、2 歳で全ての個体が成熟する。本評価報告書では年齢別成熟率 (図 3) をもとに、雄の 2 歳以上および雌の 3 歳以上の資源量の合計を親魚量として計算した。

仙台湾から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、産卵は数十回に分けて行う多回産卵である (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)。卵は分離浮遊卵で、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、着底直後のヒラメがエビジャコ類に被食され、着底後 1～2 ヶ月のヒラメが、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)。また、

仙台湾・常磐海区において、ヒラメ高齢魚、クサウオ、コモンカスベ、ガザミ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

東北海域のヒラメは、沖合底びき網・小型底びき網・刺網・定置網等によって漁獲されている（表 2）。漁業は周年行われており、漁獲量は 1 歳魚が漁業に新規加入する秋に増加する傾向がある。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 年以降、全長 50 cm 以上）の規制が実施されている。

(2) 漁獲量の推移

東北海域における漁獲量は、10 年程度の周期的な変動をしている（図 4、表 1）。1980 年代後半から 1990 年代前半の漁獲量は 500 トン前後であった（1989 年以前、千葉県夷隅地域以北は含まれていない）。その後は増加し、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 年、2012 年を除き、概ね 1,500 トン程度を維持している。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、2017～2019 年は 1,800～2,300 トンで推移している。2020 年の漁獲量は 1,696 トンで、前年（1,972 トン）より減少した。2016 年以降、各県における漁獲量の推移は、岩手県では横ばい、宮城県・茨城県・千葉県では減少、福島県では増加（51～545 トン）している。福島県では、2016 年 6 月に原子力災害対策特別措置法第 20 条第 2 項の規定に基づく出荷制限の解除が指示されて以降、漁獲量が順調に回復している。2020 年の福島県の漁獲量は、震災前の 2010 年と比較して 74%まで回復した。

(3) 漁獲物の体長・年齢組成

2019 年および 2020 年の宮城県・福島県・茨城県・千葉県夷隅地域以北において漁獲されたヒラメの全長組成を年別に図示した（図 5）。全県とも、全長モードは年による違いは明瞭ではなかった。宮城県では 30 cm 台後半と 40 cm 台後半にモードを有する二峰型を呈していた。茨城県および千葉県夷隅地域以北は、30 cm 台にモードを有する単峰型であった。福島県は単峰型であるものの、モードは他県とは大きく異なり 50～60 cm にモードがあった。福島県と他県の全長組成の違いは、漁獲物の全長制限の違い（福島県：全長 50 cm 以上、他県：全長 30 cm 以上、一部の地域では全長 35 cm 以上）である。

年齢別の漁獲量ならびに漁獲尾数の推移を見ると、東北海域におけるヒラメの年齢組成は震災前後で大きく変化していた（図 6、図 7）。1990～2012 年までの漁獲量は、1 歳および 2 歳が全体の約 3～7 割を占めていた。2013 年は 3 歳魚（2010 年級）の割合が急増し、全体の約 6 割を占めた。2014～2019 年の漁獲量は、3～5+歳が全体の約 7～8 割を占めていた。2020 年の年齢組成も前年までと同様に、3～5+歳が全体の 80%を占めた。

(4) 漁獲努力量

東北海域では漁業の多様性と操業形態の地域差により、全体の漁獲努力量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8に示した。また、県別の有漁網数の推移を図9に示した。

年間の有漁網数の推移は海区によって大きく異なっていた。金華山海区の1972～1989年までの有漁網数は1,000網以下であったが、その後増加し、2000年代は5,000～8,000網で推移していた。震災によって減少したが、2014年以降、7,000網程度を維持し、2020年は7,765網であった。常磐海区では増減はあるものの、1972～1984年までは減少し、その後増加、1995～2010年までは約20,000網を超えた。しかし、2011年以降は震災の影響で大きく減少し、5,000網以下となった。2020年は4,834網であった。房総海区では、1970年代は1979年を除き、15,000～20,000網であったが、その後減少し、2000年以降は年間5,000網前後で推移している。2020年は4,681網であった。

県別の有漁網数の推移は、海区の推移と概ね類似していた。2016年から福島県の有漁網数が増加し、2020年は年間3,999網で、宮城県（7,957網）に次いで2番目であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

宮城県・福島県・茨城県の雌雄・年齢別の漁獲尾数を引き延ばして系群全体の雌雄・年齢別漁獲尾数を推定するとともに、VPAによって資源量を推定した（補足資料1、2）。解析は暦年単位で実施し、1990～2020年を対象とした。1990～2020年の漁獲量は表3の通りである。2020年の最近年のF値については、震災直後に比べ、近年の稼働率は安定してきたことから（栗田ほか2018）、木所ほか（2020）に従い、直近3年間（2017～2019年）の平均値を用いた。

(2) 資源量指標値の推移

金華山～房総海区におけるオッタートロールのCPUE（年間漁獲量/年間有漁網数）を年ごとの平均値（以下、「平均CPUE」という）で示した（図10）。また、県別の平均CPUEの推移を図11に示した。海区別の平均CPUEは、1985～1986年を除き、1990年代前半まで数kg/網程度の低い値で推移していた。その後、2000年代半ば以降に上昇し、2011年以降は各海区とも10kg/網を超えた。2013年までの平均CPUEは、どの海区でも上昇したが、金華山では2013年（60.8kg/網前後）、房総海区では2014年（37.9kg/網前後）、常磐海区では2015年（75.0kg/網前後）にそれぞれピークを取り低下した。2020年の常磐と房総海区の平均CPUE（常磐：41.0kg/網、房総：14.6kg/網）は、震災前の2010年（常磐：8.5kg/網、房総：9.9kg/網）よりも高い傾向にあったが、金華山海区（2020年：9.2kg/網）は、震災前（2010年、金華山：7.4kg/網）と同程度であった。

県別の平均CPUEの推移は、海区の推移と概ね類似していた。震災以降、全県で平均CPUEは増加し、その後、減少していた。2020年の平均CPUEは前年と比較して、宮城県、福島県、茨城県では同程度からやや増加、千葉県では減少していた。

資源量の指標値として、1990年以降のオッタートロールの標準化CPUE（標準化CPUE

の計算方法は補足資料3参照)を1990~2020年の平均比として図12に示す。平均CPUEと同様に、標準化CPUEは2011年以降に急上昇し、2012~2018年は概ね平均比2倍以上になっていた。2020年の標準化CPUE(平均比1.27倍)は、前年(1.37倍)と比較して低下していた。1990~2020年の標準化CPUEと平均CPUEの経年変化を比較すると、1990~2000年代半ばにかけて、標準化CPUEは平均CPUEよりもやや高い傾向にあったが、2011年以降、標準化CPUEは平均CPUEよりも低い傾向となっていた。

(3) 資源量と漁獲割合の推移

VPAで推定した資源量と資源尾数を図13、図14と表3に示した。資源量は、1990年代前半は1,500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7,500トン、2014年には10,000トンを超えた。その後、資源量は減少に転じて、2020年の資源量は6,308トンと推定された。なお、親魚量(雌の3歳以上の資源量と雄の2歳以上の資源量の合計)も資源量同様、2012年と2013年に急増し、2013年の親魚量は8,000トンを超えた(図15、表3)。その後、親魚量は減少し、2020年は5,249トンと推定された。

加入尾数(1歳魚の天然加入尾数)の経年変化は調査開始以降、増減を繰り返していた(図16、表3)。1994年、1995年、1999年、さらに、2005年、2007年、2010年に生まれた群(年級群)が多かったことから、1990年代後半から2000年代初めと2006年以降の資源量が増加した。2010年以降は、2010年級群の加入尾数が多かったことに加え、震災による漁獲努力量の減少によって小型魚を中心に生残率が高まり、資源量と親魚量の急増に寄与したと推察される。

VPAの推定結果に与える仮定値の感度分析として、資源量推定の際に仮定した自然死亡係数(M)の違いが資源量、親魚量、加入尾数に及ぼす影響を図17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、推定値は115~155%に増加し、0.5倍にした場合、推定値は72~88%に減少した。なお、自然死亡係数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。

1990年以降の推定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34~51%で推移していたが、震災直後の2011年、2012年はそれぞれ20%、13%に低下した。2013~2019年の漁獲割合は23~28%、2020年は27%であり、震災前の約半分の水準となっていた(図13、表3)。

F値の経年変化は、雌雄とも年齢によって大きく異なっていた(図18)。雌雄の平均値で見ると、震災前は0.56~1.09の範囲であったが、2011年に0.39、2012年には0.17に大きく低下した。2013~2019年は0.28~0.40の範囲、2020年は0.37であり、震災前の水準と比較して低い値となっていた(図19)。雌雄別の平均F値は、雄の方が高かった。

(4) 再生産関係

親魚量と加入尾数(天然)の間に明瞭な相関関係は認められなかった(図20)。VPAで推定した加入尾数(天然+放流)と各年の混入率(漁獲量に占める放流魚の割合、表4)から、天然の加入尾数を加入尾数 \times (1-混入率)として計算し、当年の親魚量(雌の3歳以上

の資源量と雄の2歳以上の資源量の合計)と翌年1歳の天然加入尾数との関係より天然加入魚の再生産成功率を求めた。天然魚の再生産成功率(翌年1歳における天然の加入尾数/当年の親魚量)は、親魚量が急増する2012年以前は、1994年(4.10尾/kg)、1995年(3.04尾/kg)、2005年(2.96尾/kg)の各年級群で高い値を示した(図21)ものの、震災前の1990~2010年の期間、これらの年以外の再生産成功率は、0.64~2.31尾/kgの範囲(平均1.33尾/kg)であった。震災以降、2011~2018年の再生産成功率は0.31~0.69尾/kg(平均0.43尾/kg)であり、低い水準で安定していた。最新年(2019年)の再生産成功率は、0.24尾/kgであった。

放流魚は、中川(2010)の無眼側黒化判定基準に従い判定された。混入率は、2006年以降の黒化個体率の全国平均値(70%)で補正した値を用いた。2004年以前の混入率のデータは未整理であるため、2005~2011年の平均値(16.7%)として計算した。

(5) Blimit の設定

Blimitは、Myers et al.(1994)を参考に、上述の再生産関係を用いて、高い再生産成功率があった場合に高い加入量が期待できる親魚量(1,427トン)として設定した(図20)。評価年の予測親魚量がこの値を下回った場合、次年のABCは資源回復措置を考慮して算定することとする。2020年の親魚量は5,249トンと推定され、Blimitを上回った。

(6) 資源の水準・動向

資源の水準は、親魚量を指標値として、1990年以降の最大親魚量である8,255トン(2013年)とBlimitの中間(4,841トン)を高位と中位の境界とし、Blimit(親魚量1,427トン)を中位と低位の境界とした(図15)。さらに、2020年の親魚量は5,249トンであったことから、中・高位の境界を上回っており、高位水準と判断された。2010年級群が多かったことと漁獲圧の低下によって、親魚量は2012~2013年にかけて急速に増加した。しかし、2010年級群の生残数の減少に伴い、2014年以降の親魚量は減少傾向であり、2020年を含む直近5年(2016~2020年)の推移は6,853トンから5,249トンへと減少していることから、動向は減少と判断した。

(7) 今後の加入量の見積もり

東北海域におけるヒラメは1990年代から各県において種苗放流が盛んに行われており、天然親魚の再生産由来のヒラメに混じって放流個体も漁獲される。そこで、今後の加入量は、天然親魚由来の加入と、種苗放流由来の加入に分けて見積もった。

ヒラメ太平洋北部系群は、10年に1~2回程度の頻度で豊度の高い年級群が発生するものの、親魚量と加入尾数(天然)の関係が不明瞭であり、親魚量が多いほど加入尾数(天然)が増加する傾向は見られなかった(図20)。また、震災以降、親魚量は2013年をピークに減少しているものの、震災前と比較すれば高い水準であること、加入尾数(天然)は約2,000~3,000千尾で安定しているほか、新規加入量調査の結果においても近年の加入尾数は比較的高い水準で安定している(補足資料4)。そこで、天然親魚由来の加入量の見積もりについては、豊度の高い年級群が発生する可能性に加えて、近年の水準で安定的に加入されることを想定し、過去10年間(2011~2020年)の平均加入尾数(雌:1,386千尾、

雄 1,500 千尾) で一定とした。

一方、種苗放流による加入尾数は、放流尾数と 1 歳魚として加入するまでの生残率 (添加効率) によって予測される。福島県の年齢別混入率を基に推定された 1998~2006 年の添加効率は、年変動が大きいものの (5.1~22.0%)、平均 10.5% であった (表 5)。また、本系群の 2020 年の種苗放流数は 3,407 千尾、過去 10 年間 (2011~2020 年) の添加効率の平均は 9.6% であった。そこで、種苗放流由来の加入量の見積もりについては、今後も同数程度が放流され、放流数の 10% (添加効率) のヒラメが生残して加入すると仮定した (341 千尾で一定、雌雄同比率で配分)。以上の天然加入と種苗放流による加入尾数を基に、2022 年の ABC の算定および将来予測を行った。

(8) 生物学的管理基準 (漁獲係数) と現状の漁獲圧の関係

各生物学的管理基準値 (F_{max} 、 $0.8F_{max}$ 、 $F_{30\%SPR}$) を、現状の漁獲係数 (2017~2019 年の平均、以下、 $F_{2017-2019}$ と記載する) および震災前の漁獲係数 (2008~20010 年の平均、以下、 $F_{2008-2010}$ と記載する) と比較した (図 22)。ここで、選択率は近年 (2017~2019 年の平均) の値を用いた。

$F_{2017-2019}$ の F 値は 0.37、 $F_{2008-2010}$ は 0.62 であった。各生物学的管理基準値の F 値は、 F_{max} で 0.33、 $0.8F_{max}$ で 0.27、 $F_{30\%SPR}$ で 0.31 になった。 $F_{2017-2019}$ の F 値は加入 1 尾あたりの漁獲量を最大にする漁獲係数 (F_{max}) に近いと判断される。また、 $F_{2017-2019}$ の F 値は、 $F_{2008-2010}$ の 59% であり、震災前と比較して漁獲圧が約 6 割に低下していた。なお、 $F_{30\%SPR}$ と $F_{2017-2019}$ の F 値の比より、漁獲がない場合と比較して、 $F_{2017-2019}$ は親魚量を 36% の水準に下げる漁獲圧となっていた。

震災前 ($F_{2008-2010}$)、現状の漁獲係数 ($F_{2017-2019}$)、 F_{max} 、 $0.8F_{max}$ 、 $F_{30\%SPR}$ の各 F 値で漁獲した場合の将来予測 (資源量と漁獲量の変化) を図 23 に示した (F 値は雌雄の平均値)。 $0.8F_{max}$ 、 $F_{30\%SPR}$ 、 F_{max} および $F_{2017-2019}$ で漁獲した場合、資源量は増加する予測となった。 $F_{2008-2010}$ で漁獲した場合、漁獲量が一時的に増加するものの、資源量は急速に減少すると予測された。

(9) 種苗放流効果

2012 年以前の混入率は 10% 以上であり、漁獲されるヒラメの約 1 割が放流魚であった (表 4)。しかし、その後低下し、2015 年以降は 5% 以下、2020 年は 2.9% まで低下した。混入率が低下した要因の一つとして、震災の影響による種苗放流数の減少 (表 6) が想定される。

放流尾数と添加効率 (加入までの生残率) の関係について、岩手県沿岸域においては、着底から漁獲加入までに密度依存的な個体数調節作用が働く可能性が示唆されている (後藤 2006)。その一方で、ヒラメ稚魚の放流場所における環境収容力 (栗田 2006) は、東北地方の太平洋沿岸域においては余力があり (Yamashita et al. 2017)、稚魚の育成場において密度依存的な死亡は生じないことが示唆されている。放流尾数と加入尾数の関係については、天然魚と放流魚の稚魚期から漁獲加入までの相互作用および生育場から沖合に移動した後の生残過程に関する研究と、更なるデータ蓄積が必要である。

5. 2022 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

ヒラメ太平洋北部系群の資源量は、2010 年級群の加入尾数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、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、2020 年の資源量は 6,308 トンと推定された。漁獲割合は、2010 年以前は 34～51%で推移していたものの、震災以降はその約半分の水準となり、2011～2019 年は 13～28%、2020 年は 27%となっている。なお、将来予測において、Fmax による漁獲でも高位水準を維持できることは示されているものの、これ以上、資源水準を減少させないために親魚量を確保して加入量水準を維持することが重要である。

(2) ABC の算定

ヒラメ太平洋北部系群の資源量は減少傾向にあるものの、親魚量が高位水準に維持され、Blimit を上回っている。そこで、ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)を適用し、現状の資源を有効利用することを管理目標として、Flimit を Fmax、Ftarget を $0.8 \times Flimit$ を管理基準に用い、ABC を算定した。

ABC 対象年（2022 年）の資源量は、2020 年以降の 1 歳の加入尾数を天然加入（雌 1,386 千尾、雄 1,500 千尾）、種苗放流による加入（341 千尾）を共に一定として与え、2021 年に 2017～2019 年の平均 F 値（雌雄、年齢別）で漁獲されるとして予測した。予測された 2022 年の資源量を基に、雌雄それぞれ Flimit（Fmax）および Ftarget（ $0.8 \times Flimit$ ）で漁獲した場合の漁獲量を算出し、雌雄の合計値を 2022 年の ABC として算出した。その結果、2022 年におけるヒラメ太平洋北部系群の資源量は 6,379 トン、2022 年の ABClimit は 1,620 トン、ABCtarget は 1,340 トンであった（ABC は 10 トン未満を四捨五入した）。

管理基準	Target/ Limit	2022 年 ABC (トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
Fmax	Target	1,340	21	0.27 (-28%)
	Limit	1,620	25	0.33 (-10%)

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。現状の F 値は 2017～2019 年の雌雄各年齢の平均値 (0.37) である。漁獲割合は 2022 年の漁獲量／資源量である。ABCtarget = α ABClimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は雌雄各年齢の平均値である。ABC は 10 トン未満を四捨五入した。

(3) ABC の評価

管理基準	F 値	漁獲量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
0.8Fmax	0.27	1,696	1,509	1,339	1,538	1,711	1,859	1,945	1,995
F30%SPR	0.31	1,696	1,509	1,512	1,675	1,814	1,934	2,001	2,037
Fmax	0.33	1,696	1,509	1,616	1,749	1,866	1,968	2,021	2,050
F ₂₀₁₇₋₂₀₁₉	0.37	1,696	1,509	1,757	1,843	1,924	2,000	2,037	2,056
F ₂₀₀₈₋₂₀₁₀	0.62	1,696	1,509	2,610	2,210	2,029	1,964	1,935	1,923
		資源量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
0.8Fmax	0.27	6,308	6,081	6,379	7,140	7,843	8,449	8,804	9,010
F30%SPR	0.31	6,308	6,081	6,379	6,916	7,418	7,854	8,094	8,225
Fmax	0.33	6,308	6,081	6,379	6,782	7,172	7,518	7,700	7,796
F ₂₀₁₇₋₂₀₁₉	0.37	6,308	6,081	6,379	6,600	6,847	7,084	7,200	7,258
F ₂₀₀₈₋₂₀₁₀	0.62	6,308	6,081	6,379	5,488	5,098	4,956	4,892	4,866
		親魚量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
0.8Fmax	0.27	5,249	4,594	4,446	5,202	5,906	6,512	6,867	7,072
F30%SPR	0.31	5,249	4,594	4,446	4,990	5,493	5,929	6,168	6,299
Fmax	0.33	5,249	4,594	4,446	4,864	5,254	5,600	5,782	5,878
F ₂₀₁₇₋₂₀₁₉	0.37	5,249	4,594	4,446	4,692	4,939	5,176	5,292	5,350
F ₂₀₀₈₋₂₀₁₀	0.62	5,249	4,594	4,446	3,650	3,259	3,118	3,053	3,027

ABC の評価として、Flimit (=Fmax)、Ftarget (=0.8Fmax) に加えて、震災前の 2008～2010 年漁の F 値の平均 (F₂₀₀₈₋₂₀₁₀)、2017～2019 年の F 値の平均 (F₂₀₁₇₋₂₀₁₉)、F30%SPR の各 F 値で漁獲した場合の将来予測 (資源量と漁獲量の変化) を図 21 に示した (F 値は雌雄の平均値)。F₂₀₀₈₋₂₀₁₀ = 0.62、F₂₀₁₇₋₂₀₁₉ = 0.37、F30%SPR = 0.31 である。資源量は、0.8Fmax、F30%SPR、Fmax および F₂₀₁₇₋₂₀₁₉ で漁獲した場合、増加する予測となった。F₂₀₀₈₋₂₀₁₀ で漁獲した場合、漁獲量が一時的に増加するものの、資源量は急速に減少すると予測された。現在、資源は減少傾向にあるものの、高水準であることから、Fmax を管理基準値として資源管理を行うことは妥当であると評価される。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
系群区分の変更に伴うデータセットの全て (2020 年の雌雄・年齢別漁獲尾数) (千葉県夷隅地域の月別全長組成)	雌雄・年齢別漁獲尾数 雌雄・年齢別体重 1 歳魚の加入尾数の平均値 管理基準値(Fmax) 最近年(2017～2019 年)の F 値 集計単位(漁期年から暦年に変更)

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン) (実際の F 値)
2020 年漁期 (当初)	Fmax	0.34	9,916	2,540	2,100	—
2020 年漁期 (2020 年再評価)	Fmax	0.34	9,183	2,440	1,980	—
2020 年 (2021 年再評価)	Fmax	0.33	6,308	1,679	1,393	1,696 (0.37)
2021 年漁期 (当初)	Fmax	0.34	9,468	2,450	2,020	—
2021 年 (2021 年再評価)	Fmax	0.33	6,081	1,559	1,293	—

2020 年、2021 年の再評価については、系群区分ならびに集計単位が変更になったため、定量的に比較することは不可能である。あくまで数値は参考とし、相対的な比較とする。なお、2020 年漁期は 2020 年 7 月～翌年 6 月、2021 年漁期は 2021 年 7 月～翌年 6 月である。

2020 年、2021 年における推定資源量の 2021 年再評価値は、ともに減少する傾向が見られた。これは、系群区分の変更に伴う漁獲量の減少と年齢別漁獲尾数に与えた体重の変更（減少）により、資源量が下方修正されたことが考えられる。

6. ABC 以外の管理方策の提言

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、2016 年以降の福島県では全長 50 cm 以上）の漁獲規制を実施している。ABC 以外の管理方策として、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。

7. 引用文献

- 藤田恒雄・水野拓治・根本芳春 (1993) 福島県におけるヒラメ人工種苗の放流効果について. 栽培技術, **22**, 67-73.
- 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 (2006) VPA によって推定された岩手県沿岸に生息するヒラメ *Paralichthys olivaceus* の資源変動と加入特性. 日水誌, **72**, 839-849.
- 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.
- 十三邦昭 (1988) 青森県沿岸のヒラメ、カレイ水の標識放流結果について. 200 海里水域内漁業資源総合調査第 9 回東北海区底魚研究チーム会議報告, 4-12.
- 岩本明雄・大河内裕之・津崎龍雄・福永辰広・北田修一 (1998) 魚市場の全数調査に基づく宮古湾のヒラメ種苗放流効果の推定. 日水誌, **64**, 830-840.
- 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.
- 木所英昭 (2019) ヒラメ系群区分に関する再整理・検討. 東北底魚研究, **39**, 46-51.
- 木所英昭、富樫博幸、成松庸二、柴田泰宙、栗田 豊 (2020) 令和元 (2019) 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(令和元年度), 水産庁増殖推進部, 水産研究・教育機構. <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201960.pdf>
- 木所英昭、八木佑太、阪地英男、山田徹生、本田 聡、中川雅弘、栗田 豊 (2021) ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 漁獲量の海域別変動特性と資源評価における系群区分法の検証. 日水誌, **87**, 78-88.
- 栗田 豊 (2006) 環境収容力. 「水産大百科事典」水産総合研究センター編, 朝倉書店, 東京, 430-432.
- 栗田 豊・上原伸二・伊藤正木 (2006) 平成 17 年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 (平成 17 年), 水産庁・水産総合研究センター, 1147-1160.
- 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.
- 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.
- Myers, R. A., A. A. Rosenberg, P. M. Mace, N. Barrowman and V. R. Restrepo (1994) In search of thresholds for recruitment over fishing. ICES J. Mar. Sci., **51**, 191-205.
- 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.
- 中村良成・渡辺昌人・佐藤圭介 (2001) 関東周辺海域のヒラメの系群構造に関する考察. 神奈川県水産総合研報, **6**, 113-121.
- 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.

- 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.
- Shigenobu Y, Yoneda M, Kurita Y, Ambe D, Saitoh K. (2013) Population subdivision of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the Pacific coast of Tohoku Japan detected by means of mitochondrial phylogenetic information. Int. J. Mol. Sci., **14**, 954-963.
- 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.
- 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.
- Yamashita, Y., Y. Kurita, H. Yamada, J.M. Miller and T. Tomiyama (2017) A simulation model for estimating optimum stocking density of cultured juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* in relation to prey productivity. Fish. Res., **186**, 572-578.
- 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.
- 渡邊昌人・藤田恒雄 (2000) 1994、1995 年に発生したヒラメ卓越年級群. 福島水試研報, **9**, 59-63.

(執筆者：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)



図1. ヒラメ太平洋北部系群の分布

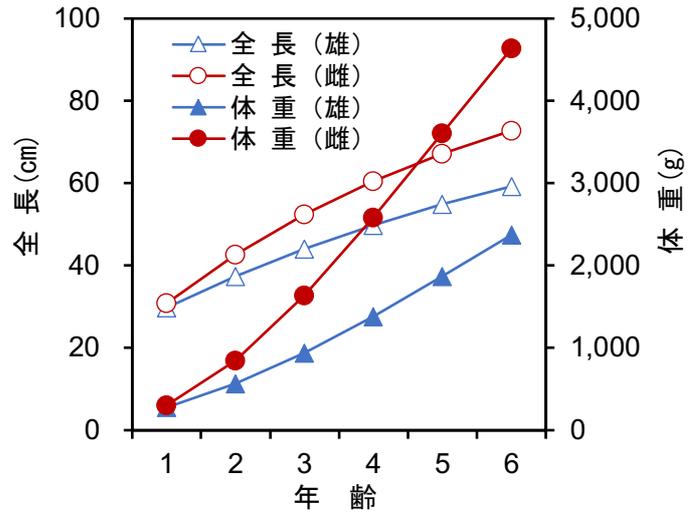


図2. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城県）の成長

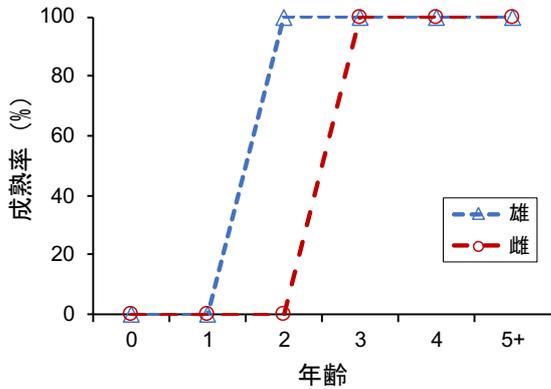


図3. ヒラメ太平洋北部系群（宮城県～茨城県）の年齢と成熟率

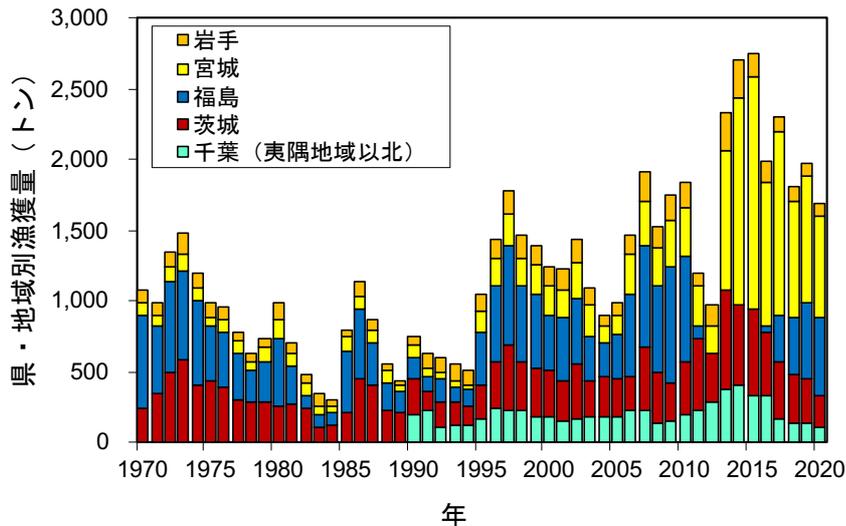


図4. 1970～2020年における県・地域別漁獲量の推移 岩手県～茨城県は漁業養殖業生産統計年報より作成した。千葉県（夷隅地域以北）は千葉県水産総合研究センターの資料を基に1990年以降のみを示した。

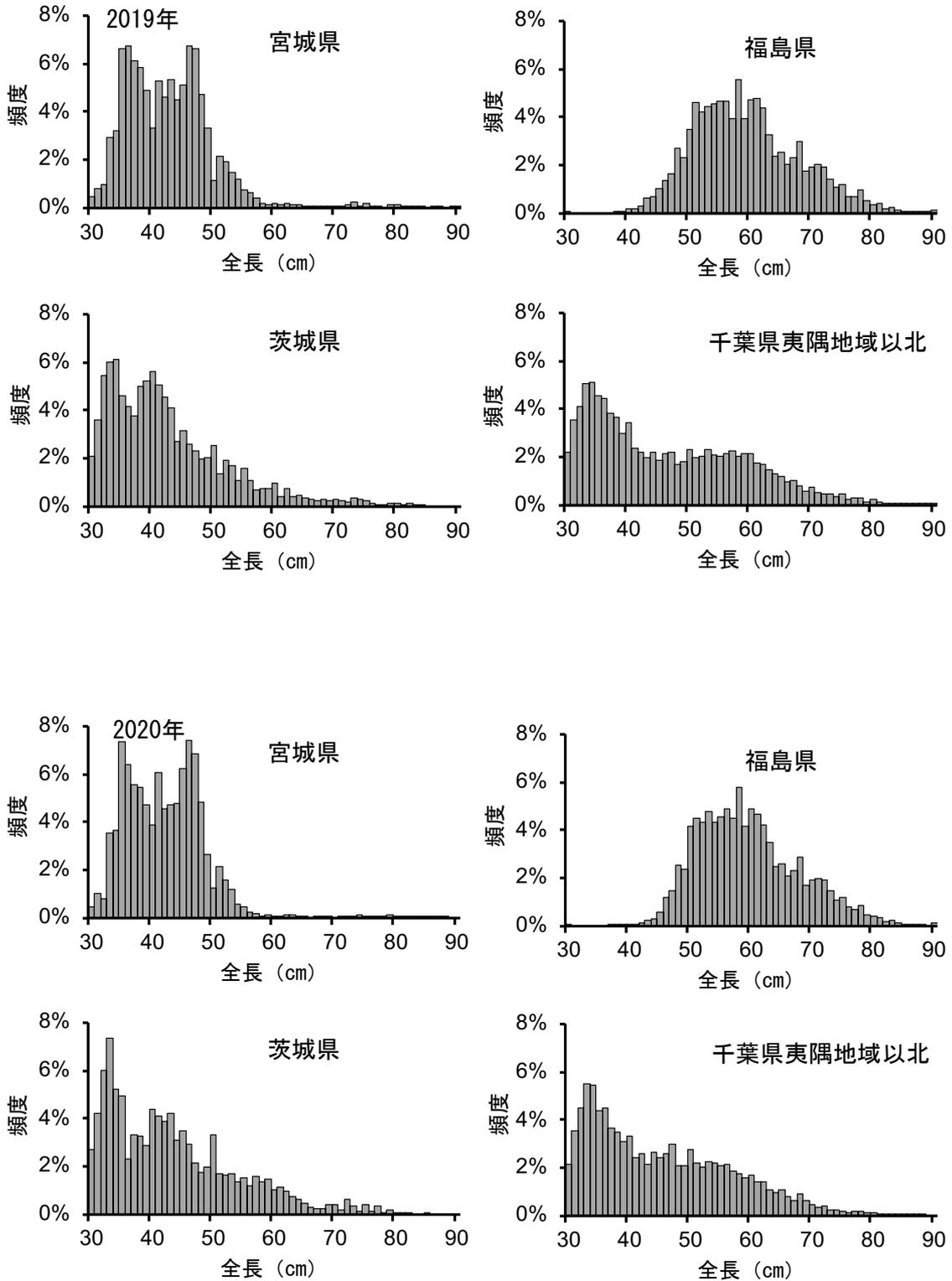


図5. 各県における2019年(上段)および2020年(下段)のヒラメの全長組成

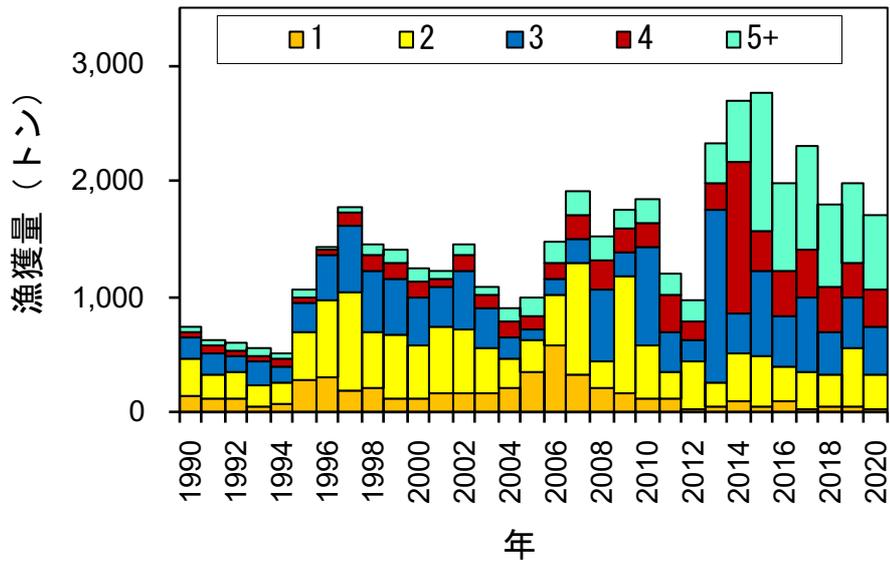


図 6. 1990～2020 年における年齢別漁獲量の推移

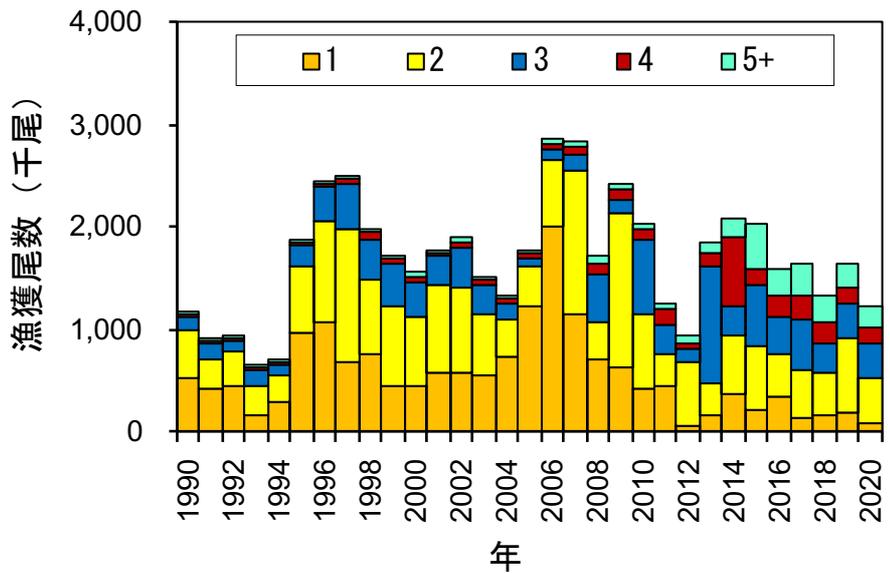


図 7. 1990～2020 年における年齢別漁獲尾数の推移

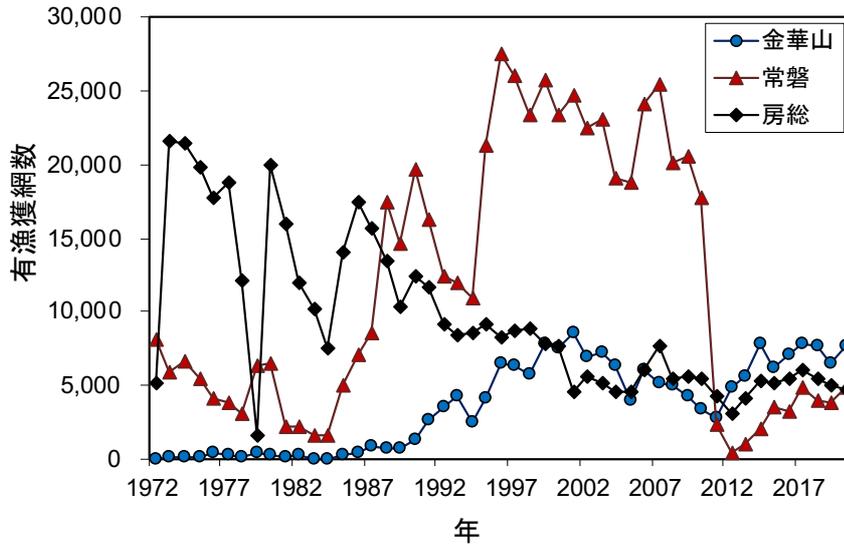


図 8. 1972～2020 年における海域別の沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの有漁網数の経年変化

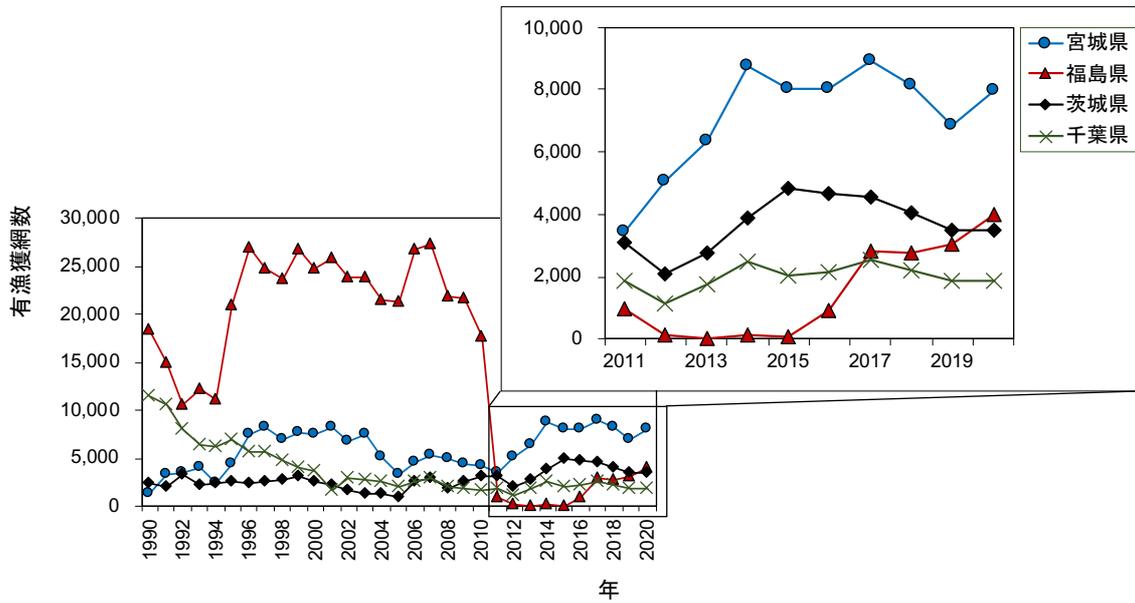


図 9. 1990～2020 年における県別の沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの有漁網数の経年変化 震災以降を右側に拡大して示した。

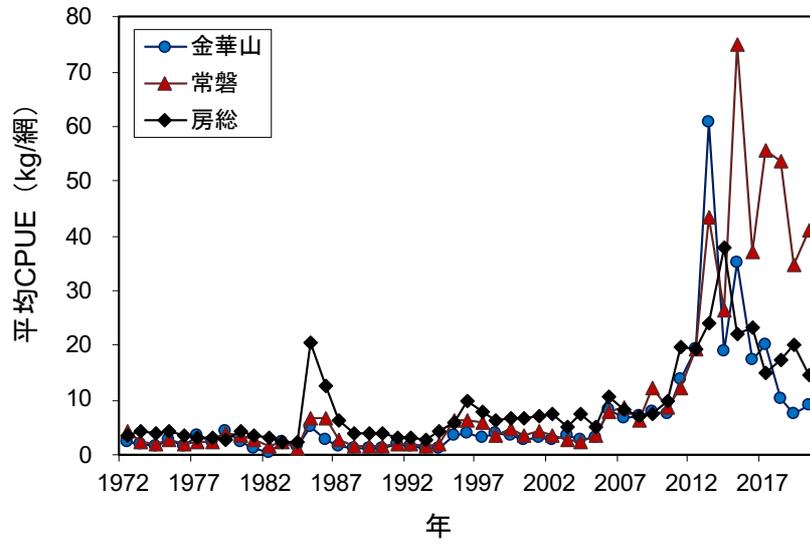


図 10. 1972～2020 年における海域別の沖合底びき網漁業（オッターコントロール）におけるヒラメの平均 CPUE 平均 CPUE は有漁 1 網あたりの漁獲量を年ごとの平均値で示した。

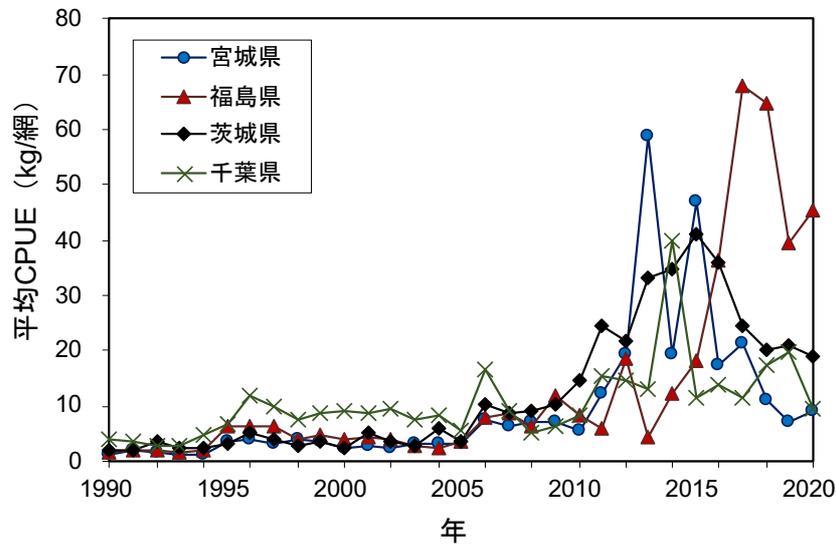


図 11. 1990～2020 年における県別の沖合底びき網漁業（オッターコントロール）におけるヒラメの平均 CPUE 平均 CPUE は有漁 1 網あたりの漁獲量を年ごとの平均値で示した。

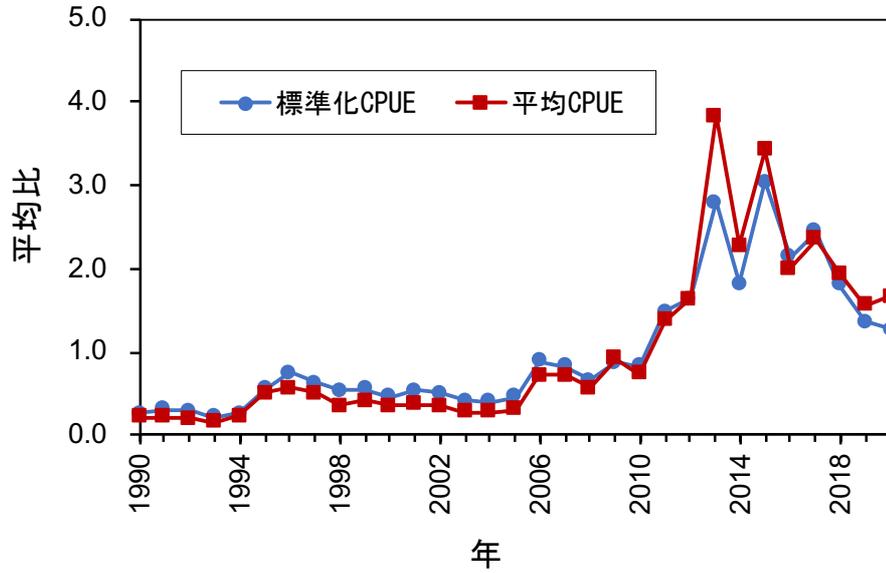


図 12. 1990～2020 年における沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの標準化 CPUE

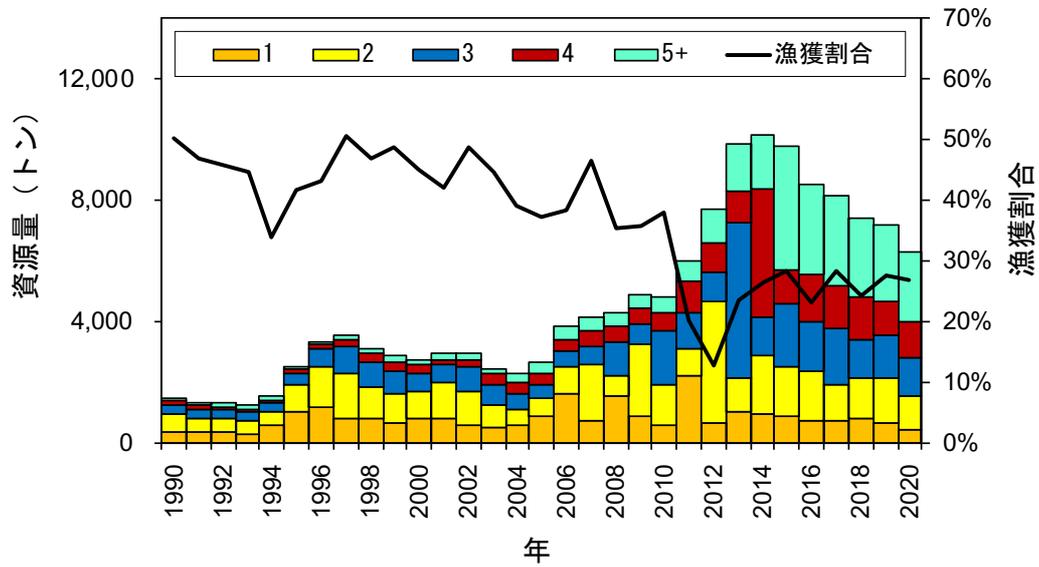


図 13. 1990～2020 年における推定資源量と漁獲割合の推移 推定資源量は年齢別に示した。

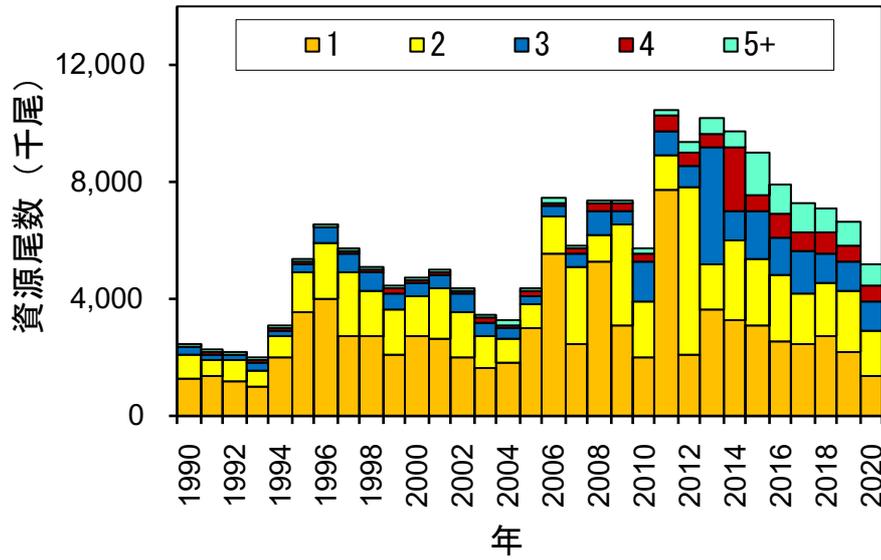


図 14. 1990～2020 年における推定資源尾数の推移 推定資源尾数は年齢別に示した。

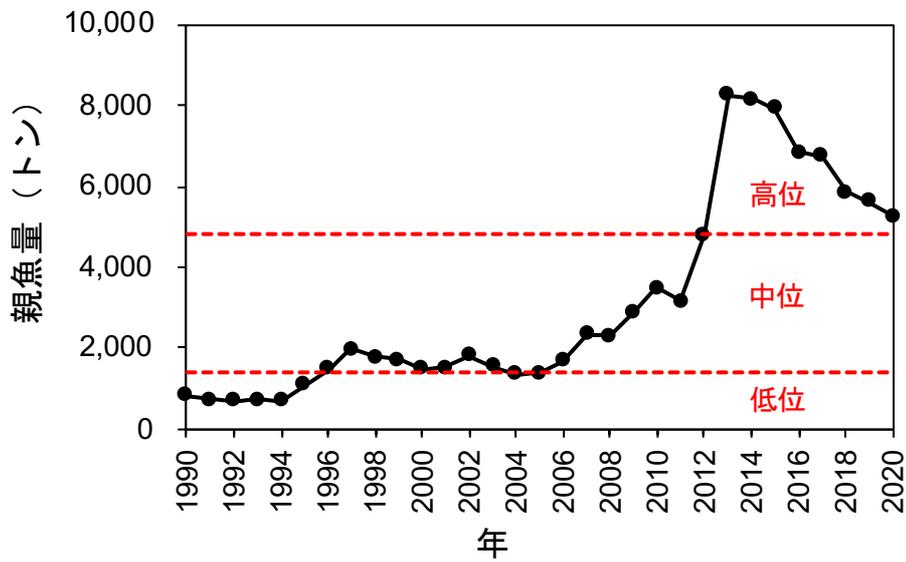


図 15. 1990～2020 年における推定親魚量の推移 図中の点線は資源水準の境界。

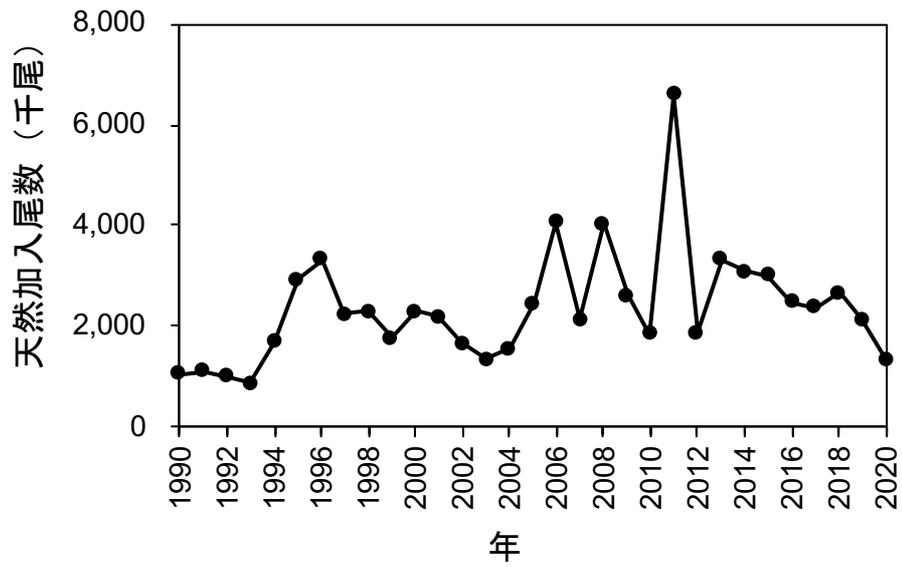


図 16. 1990～2020 年における天然加入尾数 (1 歳魚) の推移

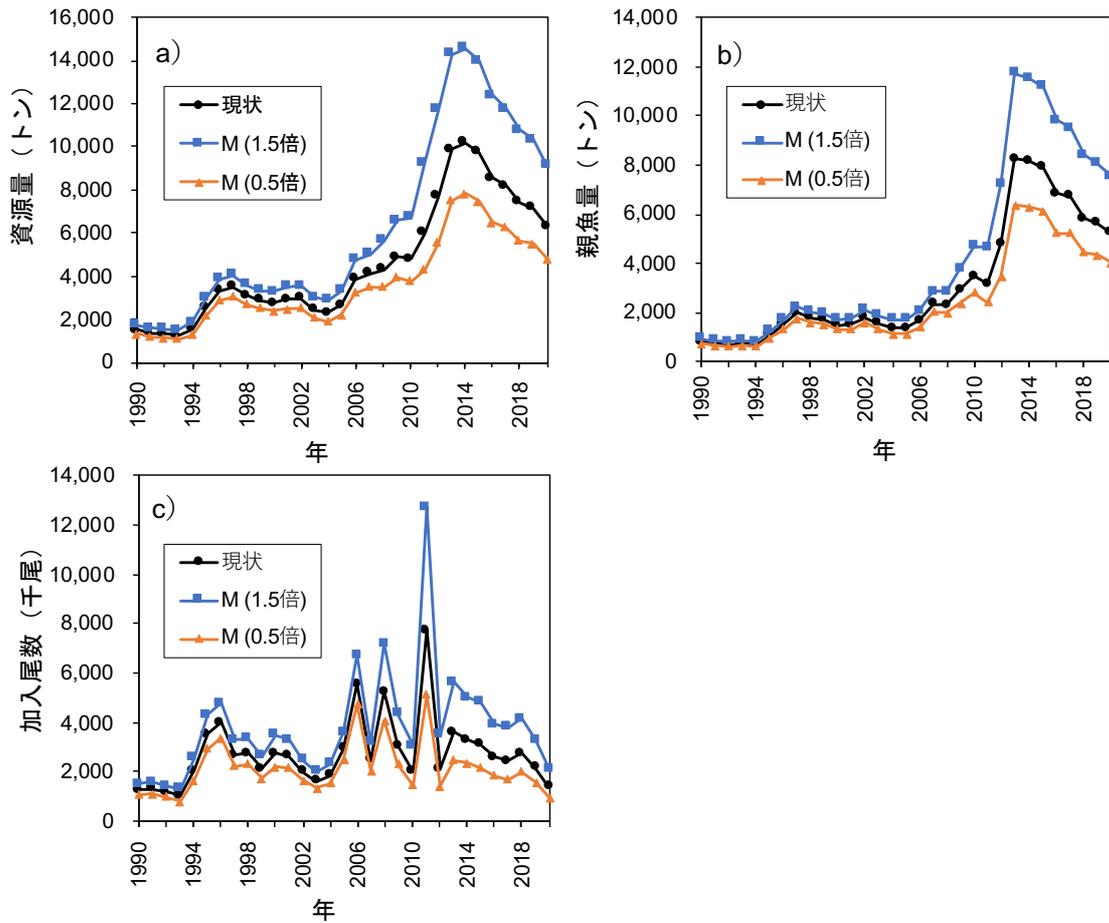


図 17. 1990～2020 年における自然死亡係数 (M) の感度解析結果 a) 資源量、b) 親魚量、c) 加入尾数

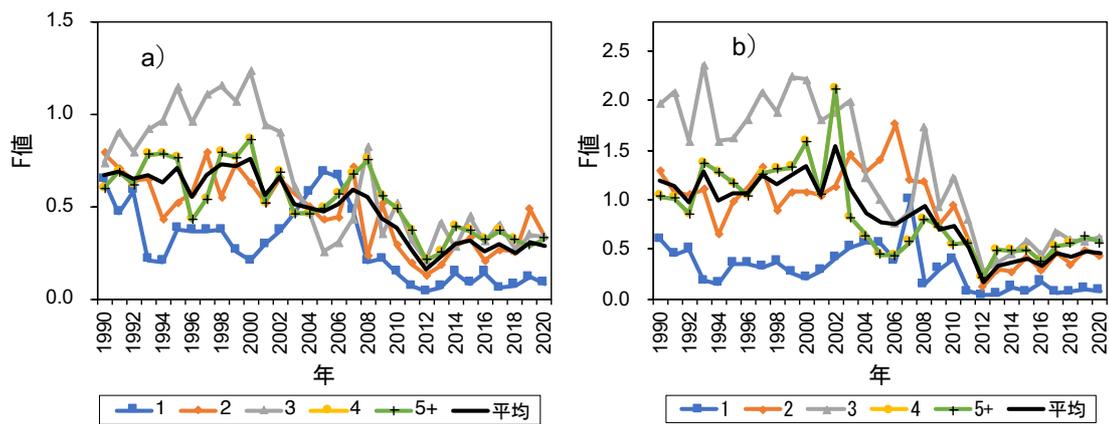


図 18. 1990～2020 年における a) 雌、b) 雄の F 値の推移 年齢別および年齢の平均 F 値を示した。

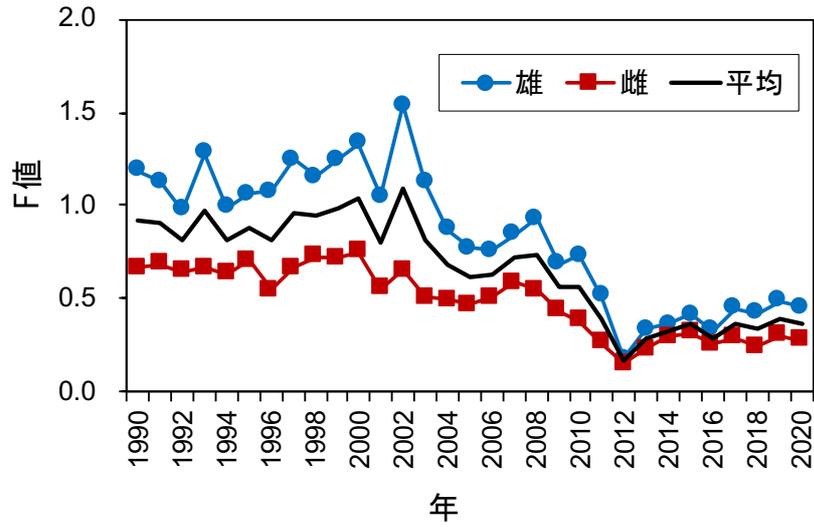


図 19. 1990～2020 年における雌雄別の F 値と雌雄の平均 F 値の推移

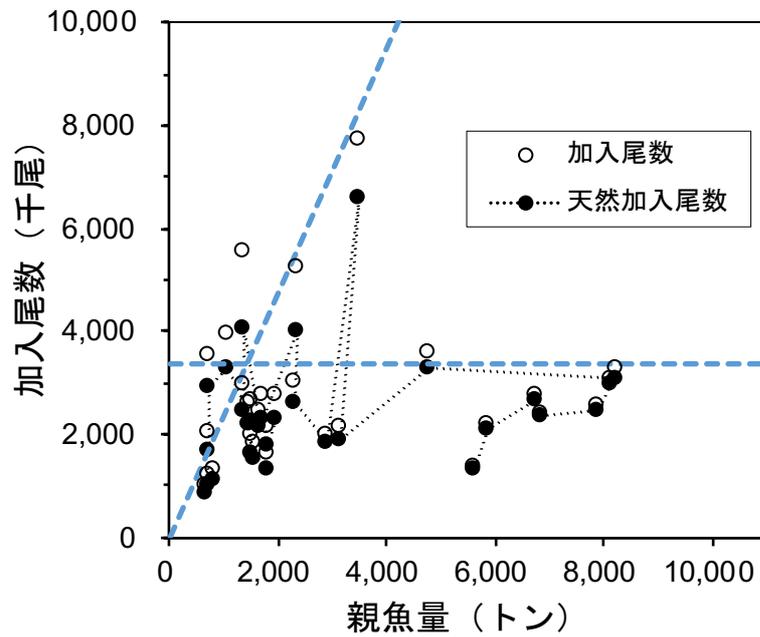


図 20. 再生産関係 当年の親魚量と翌年 1 歳の加入尾数の関係で示した。破線は、加入尾数および RPS の 90% 点を示す。

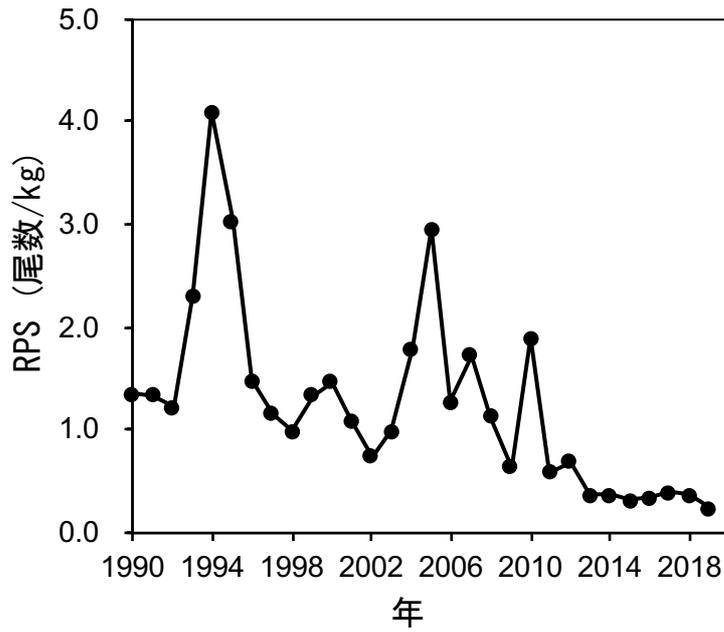


図 21. 1990～2019 年における再生産成功率の推移 翌年 1 歳の天然加入尾数/当年の親魚量で示した。

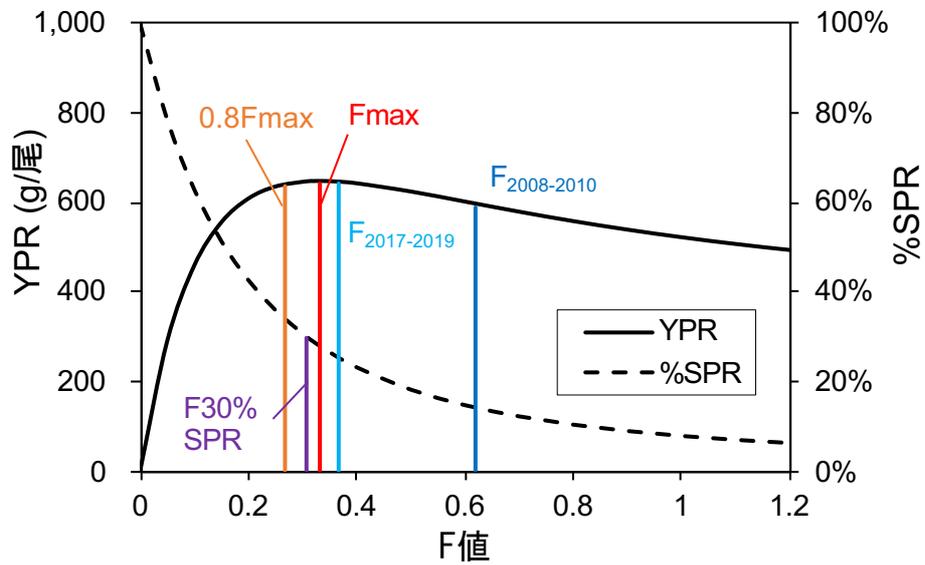


図 22. 漁獲係数 F と YPR、SPR の関係 YPR は加入年齢 1 歳として雌雄込みで計算。SPR は漁獲がない場合からの比率 (%SPR) で示した。現状 (2017～2019 年の平均: $F_{2017-2019}$) と震災前 (2008～2010 年の平均: $F_{2008-2010}$) の F 値も合わせて示した。

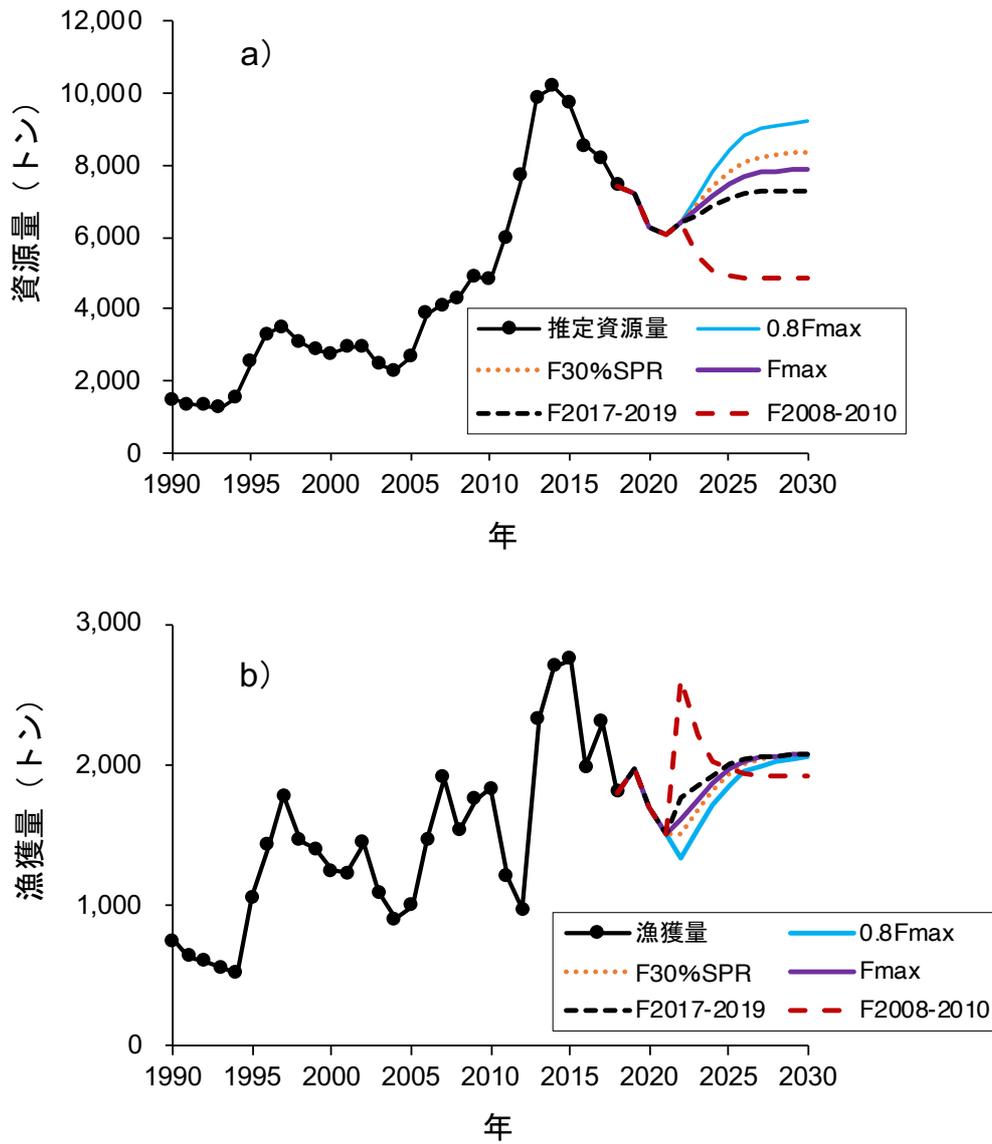


図 23. 各漁獲方策による今後の a) 資源量、b) 漁獲量の変化予測 図中において $F_{limit} = F_{max}$ 、 $F_{target} = 0.8F_{max}$ である。

表 1. ヒラメの県別・地域漁獲量（トン、暦年）

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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192	224
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	128	122	164	250	235	229	190	185	153	175
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	187	186	178	232	229	145	158	197	236	292	379
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020				
岩手	262	161	141	113	98	87	100				
宮城	1,465	1,644	1,015	1,289	819	894	718				
福島	0	0	51	328	397	541	545				
茨城	566	614	446	407	344	308	227				
千葉県北部	406	332	333	169	145	142	106				

岩手県～茨城県は漁業養殖業生産統計年報より作成した。

千葉県夷隅地域以北は千葉県水産総合研究センターでデータの取得を始めた1990年以降の地域別漁獲量を農林水産関係市町村別統計の魚種別漁獲量で補正して作成した。

表 2. ヒラメの漁業種類別漁獲量（トン、暦年）

漁業種類		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
岩	沖底	-	-	-	-	-	-	-
	小底	-	-	-	0	0	-	-
手	刺網	110	61	80	68	27	43	63
	定置網	78	77	85	92	66	100	184
県	その他	14	8	10	10	4	6	11
	計	201	146	177	177	96	149	258
宮	沖底	32	34	31	24	42	99	374
	小底	89	68	112	90	28	-	119
城	刺網	173	131	164	188	119	48	390
	定置網	25	34	26	40	96	34	101
県	その他	2	4	5	2	2	0	1
	計	320	271	339	344	288	197	987
福	沖底	246	166	325	216	33	0	0
	小底	137	85	133	105	25	0	0
島	刺網	304	348	338	396	19	0	0
	定置網	0	0	0	1	0	0	0
県	その他	17	16	17	16	1	0	0
	計	704	615	813	734	78	0	0
茨	沖底	-	-	22	59	77	47	93
	小底	225	159	97	117	164	151	269
城	刺網	150	141	110	154	194	27	235
	定置網	-	-	5	-	-	-	-
県	その他	42	-	31	30	62	111	73
	計	452	349	265	380	505	336	702

表 2. ヒラメの漁業種類別漁獲量（トン、暦年）続き

漁業種類		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
岩	沖底	-	1	1	-	1	0	2
	小底	0	0	0	2	0	0	0
手	刺網	72	28	38	28	34	23	21
	定置網	176	118	88	67	53	55	69
県	その他	14	15	14	12	10	8	9
	計	262	161	141	113	98	87	100
宮	沖底	171	377	141	191	95	51	67
	小底	421	463	312	382	286	193	242
城	刺網	702	655	485	629	393	604	363
	定置網	168	148	76	86	42	45	45
県	その他	3	1	0	1	3	0	1
	計	1,465	1,644	1,015	1,289	819	894	718
福	沖底	0	0	-	-	-	124	160
	小底	0	0	7	56	70	74	89
島	刺網	0	0	1	35	74	277	208
	定置網	0	0	0	0	0	0	0
県	その他	0	0	9	37	69	66	87
	計	0	0	51	328	397	541	545
茨	沖底	138	255	168	93	86	74	69
	小底	180	208	168	166	144	142	62
城	刺網	160	45	42	82	61	46	38
	定置網	-	-	-	-	-	-	11
県	その他	69	72	57	57	43	30	46
	計	566	614	446	407	344	308	227

「漁業養殖業生産統計年報」による。

2020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。

千葉県夷隅地域以北については、漁業種類別漁獲量のデータが未整理のため記載していない。

表 3. 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	1,496	50.1	819	1,272	1,057	1.35
1991	632	1,350	46.8	742	1,333	1,108	1.34
1992	602	1,321	45.6	700	1,200	997	1.23
1993	560	1,252	44.7	735	1,035	860	2.31
1994	517	1,526	33.9	718	2,044	1,699	4.10
1995	1,053	2,517	41.8	1,091	3,539	2,941	3.04
1996	1,430	3,315	43.1	1,505	3,989	3,315	1.49
1997	1,774	3,508	50.6	1,973	2,694	2,239	1.16
1998	1,460	3,114	46.9	1,794	2,761	2,295	0.99
1999	1,396	2,864	48.7	1,718	2,134	1,774	1.33
2000	1,247	2,761	45.2	1,487	2,756	2,290	1.47
2001	1,224	2,919	41.9	1,515	2,635	2,190	1.10
2002	1,442	2,952	48.9	1,804	2,000	1,662	0.75
2003	1,093	2,453	44.6	1,559	1,620	1,347	0.99
2004	899	2,298	39.1	1,371	1,864	1,549	1.80
2005	992	2,673	37.1	1,376	2,967	2,466	2.96
2006	1,472	3,859	38.1	1,674	5,568	4,068	1.27
2007	1,906	4,114	46.3	2,339	2,484	2,130	1.72
2008	1,526	4,303	35.5	2,308	5,264	4,028	1.13
2009	1,752	4,902	35.7	2,913	3,059	2,617	0.64
2010	1,832	4,807	38.1	3,487	2,008	1,854	1.89
2011	1,203	5,995	20.1	3,175	7,720	6,590	0.59
2012	974	7,702	12.6	4,790	2,135	1,884	0.69
2013	2,326	9,888	23.5	8,255	3,600	3,318	0.37
2014	2,699	10,182	26.5	8,156	3,286	3,088	0.37
2015	2,751	9,746	28.2	7,909	3,088	2,998	0.31
2016	1,986	8,543	23.3	6,853	2,585	2,488	0.35
2017	2,306	8,168	28.2	6,744	2,433	2,365	0.39
2018	1,803	7,419	24.3	5,844	2,772	2,657	0.36
2019	1,972	7,185	27.4	5,616	2,183	2,129	0.24
2020	1,696	6,308	26.9	5,249	1,375	1,335	-

親魚量は雌の3歳以上の資源量と雄の2歳以上の資源量の合計。

再生産成功率は天然加入魚を対象に（翌年1歳の加入尾数）/（当年の親魚量）で計算した。

表 4. 岩手県、宮城県、茨城県の混入率 (%) と黒化率 (%)

年	岩手県	宮城県	茨城県	全体	黒化率	補正混入率 (全体)
2006	14.4	21.4	16.9	18.3	70	26.9
2007	11.2	19.7	1.9	9.6	70	14.2
2008	10.1	21.6	5.5	15.9	70	23.5
2009	13.2	11.2	5.7	9.8	70	14.4
2010	10.9	2.7	4.8	5.2	70	7.7
2011	19.7	11.7	7.1	9.9	70	14.6
2012	16.1	6.8	5.1	8.0	70	11.8
2013	6.8	6.0	3.8	5.3	70	7.8
2014	10.8	4.8	6.2	4.1	70	6.0
2015	3.3	1.2	3.7	2.0	70	2.9
2016	2.6	1.9	4.0	2.6	70	3.8
2017	2.5	0.6	5.8	1.9	70	2.8
2018	3.2	1.9	4.8	2.8	70	4.2
2019	6.4	0.3	4.5	1.7	70	2.5
2020	4.0	0.7	5.0	2.0	70	2.9

黒化率は 2006 年以降の全国平均値、補正混入率は平均混入率を黒化率で補正した値。

表 5. 福島県で水揚げされたヒラメ（年齢別混入率）より算出した添加効率の推移

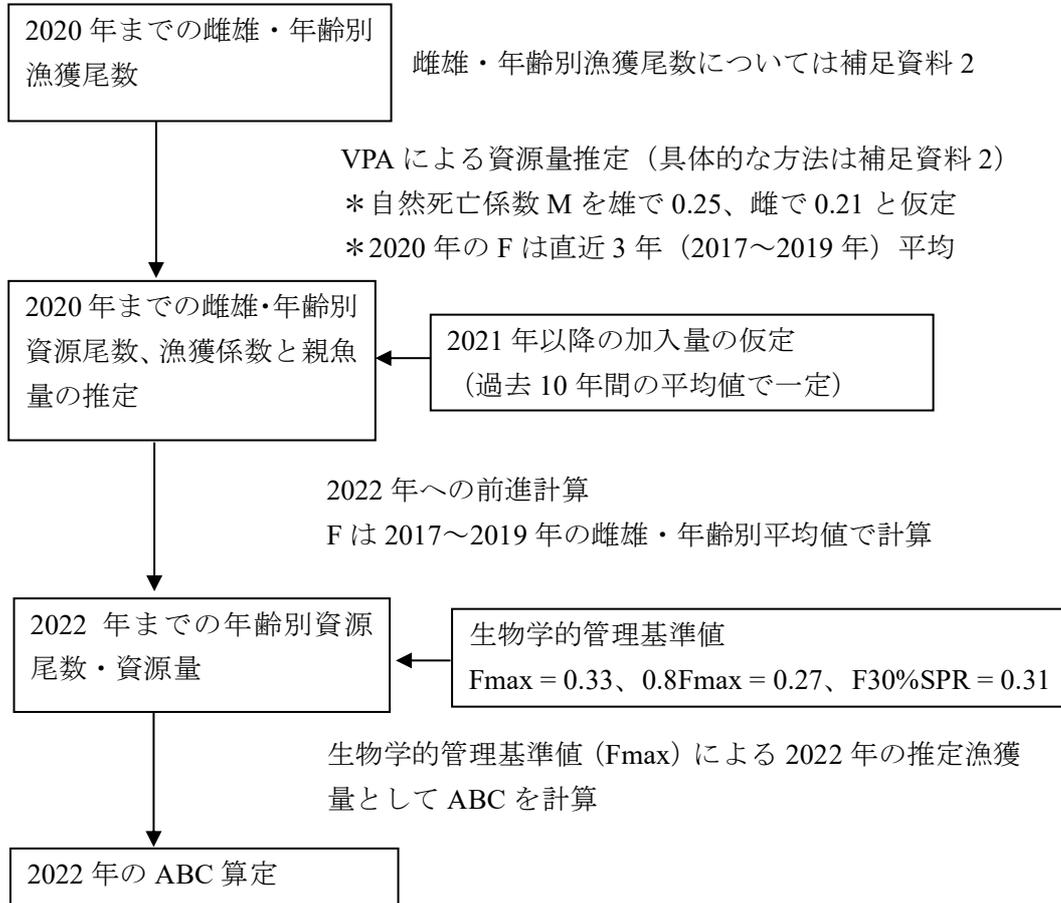
年齢・年級	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
混入率 (%)									
1 歳	14.2	10.4	41.8	31.7	36.3	22.3	20.4	5.5	23.9
2 歳	6.2	3.8	16.7	14.3	30.0	14.7	10.7	4.1	12.3
3 歳以上	5.8	6.4	9.8	11.5	9.4	7.1	7.6	3.7	
添加効率 (%)	5.5	5.1	22.0	11.4	9.0	15.8	11.9	11.0	2.5
							添加効率の平均		10.5

表 6. ヒラメの種苗放流実績（千尾、暦年）

年	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	計
1990	571	265	394	238	1,468
1991	499	382	429	171	1,481
1992	398	325	428	264	1,415
1993	461	328	327	410	1,526
1994	335	787	387	774	2,283
1995	287	839	436	254	1,816
1996	41	551	1,015	631	2,238
1997	94	487	1,184	584	2,349
1998	75	709	1,150	820	2,754
1999	239	924	1,015	1,428	3,606
2000	701	1,155	1,050	1,358	4,264
2001	1,158	1,119	1,034	1,056	4,367
2002	1,204	1,028	1,054	785	4,071
2003	1,335	1,116	439	850	3,740
2004	1,353	899	1,120	984	4,356
2005	1,235	605	1,056	653	3,549
2006	1,113	290	1,040	973	3,416
2007	1,210	220	1,040	805	3,275
2008	1,282	268	1,040	962	3,552
2009	1,518	440	1,022	1,001	3,981
2010	1,472	639	1,030	818	3,959
2011	0	30	0	4	34
2012	252	203	100	117	672
2013	192	220	100	417	929
2014	0	20	100	280	400
2015	501	170	100	234	1,005
2016	1,138	200	100	609	2,047
2017	1,170	213	100	724	2,207
2018	1,160	200	100	518	1,978
2019	1,176	218	1,130	1,057	3,581
2020	1,262	211	1,254	680	3,407

「栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）」より。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

令和 2 年度までの評価は、ヒラメの生活周期・産卵期を重視し、7 月～翌年 6 月を漁期年とした単位で行っていた。一方、他のヒラメの各系群では、暦年（1～12 月）を単位として資源評価を行っている。そのため、太平洋北部系群の資源評価に利用可能なデータは、他の系群と比較して半年の遅れが生じていた。そこで、令和 3 年度の評価からは暦年で集計し、VPA による資源量推定を実施した。なお、令和 3 年度の資源量計算に用いた雌雄・年齢別漁獲尾数および VPA による計算結果を補足表 2-1～2-3 に示した。

1. 年齢別漁獲尾数

平成 24（2012）年度（2012 年漁期）までは福島県の全長組成データを雌雄別 age-length key によって得られた雌雄・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、福島県の水揚げ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水揚げ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・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・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 年度は、南部海域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・年齢別漁獲尾数に雌雄・年齢別の体重を乗じた合計値が表 1 に示す年の漁獲量の合計値と同じに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 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・年齢比率を求め、各県で水揚げされたヒラメの全長組成から雌雄・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。

2. VPA

雌雄・年齢別漁獲尾数を基に、下記の方法で資源量を推定した。まず、雌雄別に 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。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2)$$

$C_{a,y}$ は y 年 a 歳の漁獲尾数、 M は自然死亡係数である。自然死亡係数 (M) は、寿命を雌雄それぞれ 12 歳、10 歳として、2.5/寿命（田中 1960）から雌雄それぞれ 0.21、0.25 とした。 y 年 a 歳の漁獲係数 ($F_{a,y}$) は、

$$F_{a,y} = -\ln\{1 - C_{a,y} \exp(M/2) / N_{a,y}\}$$

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。

$$N_{4,y} = \{C_{4,y} / (C_{4,y} + C_{5+,y})\} N_{5+,y+1} \exp(M) + C_{4,y} \exp(M/2)$$

$$N_{5+,y} = (C_{5+,y} / C_{4,y}) N_{4,y}$$

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

$$N_{a,term} = \{C_{a,term} / (1 - \exp(-F_{a,term}))\} \exp(M/2)$$

$$F_{a,term} = \frac{1}{3} \sum_{y=2017}^{2019} F_{a,y}$$

により求めた。

最後に、

$$F_{5+,term} = F_{4,term}$$

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

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ていることから、各齢 (1 歳、2 歳、3 歳、4 歳、5+歳) の雌雄の体重を本文に掲載した成長式 (Yoneda et al. 2007) および全長-体重関係式から下表のように推定した。資源量は VPA で求めた年齢別資源尾数に雌雄・年齢別体重をかけた後、全年齢の値を加算して推定した。

資源量計算に用いたヒラメの雌雄・年齢別体重 (g)

年齢	雌	雄
1	302	278
2	849	566
3	1,637	943
4	2,582	1,385
5+	3,604	1,868

引用文献

Pope (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. 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. 東海水研研報, **28**, 1-200.

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.

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.

補足表 2-1. ヒラメ太平洋北部系群の資源解析結果（雌）

年齢別漁獲尾数（千尾）（雌）																															
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	259	212	224	68	119	392	439	305	313	186	192	251	244	290	442	727	1,291	387	318	228	114	206	29	91	186	103	143	59	93	105	61
2	178	119	137	110	82	176	304	440	235	291	236	276	290	195	159	159	214	569	107	473	196	108	285	102	284	280	184	176	182	381	197
3	64	72	52	75	61	85	129	216	203	172	157	135	196	117	77	44	64	109	251	97	228	129	77	588	103	248	155	218	110	152	142
4	13	24	18	19	22	16	11	27	48	41	42	21	35	40	42	40	54	71	87	68	73	86	53	61	304	81	98	107	98	75	82
5+	15	14	14	17	13	13	7	12	24	26	27	17	22	18	30	38	44	51	55	44	48	49	45	77	127	226	152	168	137	129	136
合計	529	440	446	289	297	682	891	1,000	823	716	655	700	788	659	750	1,010	1,667	1,188	818	910	659	578	490	919	1,005	938	732	728	620	842	618
漁獲重量 (t)	420	392	367	346	311	495	657	932	837	785	723	647	812	612	610	670	975	1,148	1,021	965	934	763	677	1,511	1,711	1,697	1,255	1,405	1,109	1,260	1,121

年齢別漁獲係数（雌）																															
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	0.64	0.46	0.58	0.21	0.20	0.37	0.37	0.37	0.37	0.26	0.21	0.29	0.37	0.46	0.58	0.68	0.66	0.48	0.20	0.21	0.14	0.07	0.04	0.06	0.14	0.08	0.14	0.06	0.07	0.12	0.08
2	0.79	0.70	0.64	0.65	0.43	0.52	0.57	0.79	0.55	0.73	0.62	0.52	0.65	0.57	0.50	0.43	0.44	0.71	0.23	0.52	0.29	0.19	0.12	0.18	0.29	0.33	0.20	0.26	0.25	0.48	0.33
3	0.73	0.90	0.79	0.91	0.96	1.14	0.95	1.10	1.15	1.07	1.23	0.94	0.90	0.61	0.47	0.25	0.30	0.43	0.82	0.35	0.51	0.32	0.20	0.41	0.28	0.44	0.31	0.40	0.26	0.35	0.34
4	0.59	0.68	0.61	0.78	0.78	0.76	0.43	0.54	0.79	0.76	0.86	0.52	0.68	0.46	0.46	0.49	0.56	0.67	0.75	0.55	0.49	0.37	0.21	0.25	0.39	0.37	0.32	0.37	0.32	0.29	0.32
5+	0.59	0.68	0.61	0.78	0.78	0.76	0.43	0.54	0.79	0.76	0.86	0.52	0.68	0.46	0.46	0.49	0.56	0.67	0.75	0.55	0.49	0.37	0.21	0.25	0.39	0.37	0.32	0.37	0.32	0.29	0.32
平均	0.67	0.69	0.65	0.66	0.63	0.71	0.55	0.67	0.73	0.72	0.76	0.56	0.65	0.51	0.49	0.47	0.51	0.59	0.55	0.44	0.38	0.26	0.16	0.23	0.30	0.32	0.26	0.29	0.24	0.31	0.28

年齢別資源尾数（千尾）（雌）																															
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	610	632	566	399	725	1,396	1,589	1,101	1,119	902	1,148	1,105	884	875	1,118	1,628	2,966	1,131	1,957	1,324	979	3,561	891	1,659	1,574	1,480	1,201	1,182	1,462	1,069	862
2	363	262	322	258	262	482	780	894	619	626	565	759	672	498	449	510	667	1,245	570	1,303	870	693	2,705	697	1,265	1,110	1,109	847	906	1,103	773
3	136	134	105	138	110	139	232	359	330	292	246	246	367	284	229	221	270	348	498	366	632	529	465	1,940	474	771	649	735	529	572	552
4	32	53	44	39	45	34	36	73	97	85	82	58	78	121	126	116	140	162	184	178	210	308	313	308	1,045	291	403	387	401	330	328
5+	36	31	34	35	27	27	23	31	50	54	53	46	51	53	90	111	113	117	116	115	137	173	269	384	438	815	623	607	559	568	546
合計	1,177	1,111	1,073	868	1,169	2,077	2,661	2,459	2,215	1,959	2,093	2,215	2,053	1,832	2,011	2,586	4,156	3,003	3,325	3,287	2,828	5,263	4,644	4,988	4,796	4,468	3,984	3,758	3,857	3,641	3,060

年齢別資源量（トン）（雌）																															
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	184	191	171	121	219	422	481	333	338	273	347	334	267	265	338	492	897	342	592	400	296	1,077	269	502	476	448	363	357	442	323	261
2	308	222	274	219	223	409	662	759	526	532	480	645	570	423	382	433	566	1,057	484	1,106	738	588	2,297	592	1,074	942	942	719	769	936	656
3	222	220	172	227	180	227	380	588	540	477	403	403	601	465	374	362	443	570	815	599	1,034	866	762	3,175	775	1,263	1,061	1,203	866	936	903
4	82	136	115	100	116	88	93	188	250	219	211	151	202	314	325	299	361	418	476	461	543	795	808	796	2,700	753	1,040	1,000	1,035	852	847
5+	131	110	123	125	99	97	84	113	179	195	189	166	182	191	323	399	407	421	418	416	494	625	970	1,385	1,578	2,939	2,244	2,186	2,015	2,046	1,967
合計	928	880	855	791	836	1,243	1,701	1,982	1,833	1,696	1,630	1,699	1,824	1,658	1,741	1,985	2,674	2,809	2,785	2,983	3,106	3,950	5,106	6,449	6,603	6,344	5,651	5,466	5,127	5,094	4,634
親魚量	436	466	410	451	395	412	557	889	969	891	802	720	986	970	1,021	1,060	1,211	1,410	1,709	1,476	2,071	2,285	2,540	5,356	5,053	4,954	4,346	4,389	3,916	3,835	3,717

補足表 2-2. ヒラメ太平洋北部系群の資源解析結果（雄）

年齢別漁獲尾数（千尾）（雄）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	264	223	220	92	167	567	636	380	456	254	270	332	334	268	287	504	726	754	402	393	303	249	39	76	173	103	196	67	76	96	34
2	282	166	200	177	174	485	693	848	474	510	428	580	538	388	220	219	437	852	237	1,041	540	209	325	209	306	357	251	295	238	326	243
3	88	73	52	76	54	119	190	231	203	226	183	143	208	172	66	41	29	41	238	50	506	147	49	564	176	333	193	296	176	197	185
4	8	7	5	8	4	7	15	21	19	21	17	11	19	16	10	8	7	9	13	21	11	70	19	47	376	92	102	109	102	78	84
5+	2	3	2	3	2	1	2	5	6	5	6	3	5	1	5	5	6	8	9	7	8	9	16	43	42	204	113	152	124	110	73
合計	643	472	479	356	402	1,180	1,535	1,485	1,157	1,016	904	1,070	1,104	845	587	776	1,205	1,664	899	1,511	1,368	684	448	937	1,073	1,090	855	919	715	807	619
漁獲重量 (t)	330	240	235	214	206	558	772	842	623	611	524	577	630	481	289	322	497	758	505	788	898	440	297	815	987	1,054	731	900	693	712	575

年齢別漁獲係数（雄）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	0.60	0.45	0.50	0.18	0.16	0.36	0.36	0.32	0.38	0.27	0.21	0.28	0.41	0.52	0.57	0.56	0.38	1.00	0.15	0.30	0.41	0.07	0.04	0.05	0.12	0.08	0.18	0.06	0.07	0.10	0.08
2	1.29	1.09	1.05	1.11	0.65	0.98	1.11	1.33	0.90	1.08	1.08	1.04	1.13	1.45	1.29	1.41	1.77	1.19	1.18	0.76	0.94	0.59	0.13	0.29	0.27	0.42	0.28	0.46	0.35	0.49	0.43
3	1.97	2.08	1.60	2.36	1.59	1.61	1.81	2.09	1.88	2.24	2.22	1.80	1.89	1.99	1.23	1.00	0.76	0.88	1.73	0.94	1.23	0.79	0.27	0.37	0.46	0.58	0.45	0.68	0.59	0.59	0.62
4	1.03	1.02	0.86	1.37	1.28	1.17	1.04	1.26	1.31	1.33	1.59	1.05	2.12	0.82	0.64	0.45	0.44	0.57	0.80	0.73	0.55	0.56	0.22	0.49	0.48	0.49	0.37	0.53	0.55	0.63	0.57
5+	1.03	1.02	0.86	1.37	1.28	1.17	1.04	1.26	1.31	1.33	1.59	1.05	2.12	0.82	0.64	0.45	0.44	0.57	0.80	0.73	0.55	0.56	0.22	0.49	0.48	0.49	0.37	0.53	0.55	0.63	0.57
平均	1.18	1.13	0.97	1.28	0.99	1.06	1.07	1.25	1.16	1.25	1.34	1.05	1.54	1.12	0.87	0.77	0.76	0.84	0.93	0.69	0.73	0.51	0.18	0.34	0.36	0.41	0.33	0.45	0.42	0.49	0.45

年齢別資源尾数（千尾）（雄）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	662	701	634	636	1,320	2,144	2,400	1,593	1,642	1,232	1,608	1,530	1,116	745	746	1,339	2,602	1,353	3,307	1,734	1,029	4,159	1,244	1,942	1,712	1,608	1,384	1,251	1,311	1,114	513
2	441	283	349	300	414	880	1,169	1,308	905	877	735	1,014	898	574	344	328	598	1,385	388	2,220	1,004	534	3,019	935	1,445	1,181	1,161	905	916	953	783
3	115	95	74	95	77	169	257	299	271	287	232	195	278	225	105	74	62	80	327	93	811	305	231	2,064	544	855	605	683	444	504	455
4	13	13	9	12	7	12	26	33	29	32	24	20	25	33	24	24	21	23	26	45	28	185	108	137	1,110	268	372	301	271	191	218
5+	3	5	5	5	3	2	3	8	9	8	8	5	7	3	12	15	19	20	19	16	23	23	92	125	125	593	409	418	329	269	191
合計	1,236	1,096	1,071	1,047	1,821	3,207	3,856	3,241	2,856	2,436	2,608	2,763	2,324	1,580	1,231	1,779	3,302	2,861	4,067	4,109	2,895	5,206	4,695	5,203	4,937	4,505	3,931	3,558	3,271	3,030	2,160

年齢別資源量（トン）（雄）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	184	195	176	177	367	596	667	442	456	342	447	425	310	207	207	372	723	376	919	482	286	1,155	346	539	476	447	384	348	364	310	142
2	250	160	198	170	235	499	662	741	513	497	417	574	509	325	195	186	339	785	220	1,258	569	302	1,710	529	819	669	658	512	519	540	444
3	109	89	70	90	73	159	243	282	255	271	219	184	262	212	99	70	59	75	309	88	765	288	218	1,947	513	806	571	644	419	475	429
4	19	17	13	16	10	17	36	45	40	44	33	27	35	45	33	33	29	31	36	63	39	256	149	190	1,538	371	515	416	375	264	302
5+	6	9	9	9	6	4	7	15	17	15	15	10	13	6	23	28	36	38	35	29	43	43	173	234	234	1,109	764	782	615	502	357
合計	568	470	465	461	690	1,274	1,614	1,526	1,281	1,169	1,131	1,220	1,128	796	557	688	1,186	1,305	1,518	1,919	1,701	2,045	2,596	3,439	3,579	3,402	2,892	2,702	2,292	2,090	1,675
親魚量	384	276	289	284	323	679	948	1,084	825	826	684	795	818	589	350	316	463	929	599	1,437	1,415	889	2,250	2,900	3,103	2,955	2,508	2,355	1,928	1,781	1,532

補足表 2-3. ヒラメ太平洋北部系群の資源解析結果（雌雄計）

年齢別漁獲尾数（千尾）（計）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	523	435	444	161	286	959	1,075	685	769	440	462	583	578	558	729	1,232	2,017	1,141	720	621	416	455	69	167	359	206	339	126	170	201	95
2	460	285	337	287	257	661	997	1,287	708	801	665	856	828	583	379	378	651	1,421	344	1,513	737	317	610	311	590	637	434	471	419	707	440
3	151	145	104	151	115	204	318	448	406	398	340	278	404	288	143	85	93	150	488	147	734	276	126	1,151	280	582	348	514	286	349	328
4	20	31	23	27	26	24	26	48	66	62	59	33	54	57	52	48	61	80	100	89	84	156	71	108	680	173	201	217	200	153	165
5+	17	16	17	20	15	14	9	17	30	31	33	20	28	19	35	43	50	59	64	51	56	57	61	119	170	430	265	320	260	239	210
合計	1,172	911	925	645	700	1,862	2,426	2,485	1,980	1,732	1,558	1,770	1,892	1,504	1,337	1,786	2,872	2,852	1,717	2,422	2,027	1,262	938	1,856	2,079	2,027	1,587	1,647	1,335	1,649	1,238
漁獲重量 (t)	750	632	602	560	517	1,053	1,430	1,774	1,460	1,396	1,247	1,224	1,442	1,093	899	992	1,472	1,906	1,526	1,752	1,832	1,203	974	2,326	2,699	2,751	1,986	2,306	1,803	1,972	1,696

年齢別漁獲係数（雌雄平均）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	0.62	0.46	0.54	0.20	0.18	0.36	0.36	0.34	0.38	0.26	0.21	0.29	0.39	0.49	0.57	0.62	0.52	0.74	0.17	0.25	0.27	0.07	0.04	0.05	0.13	0.08	0.16	0.06	0.07	0.11	0.08
2	1.04	0.90	0.84	0.88	0.54	0.75	0.84	1.06	0.72	0.90	0.85	0.78	0.89	1.01	0.89	0.92	1.10	0.95	0.71	0.64	0.61	0.39	0.13	0.23	0.28	0.37	0.24	0.36	0.30	0.49	0.38
3	1.35	1.49	1.19	1.64	1.27	1.38	1.38	1.59	1.52	1.65	1.72	1.37	1.39	1.30	0.85	0.62	0.53	0.65	1.27	0.64	0.87	0.55	0.24	0.39	0.37	0.51	0.38	0.54	0.43	0.47	0.48
4	0.81	0.85	0.74	1.08	1.03	0.96	0.74	0.90	1.05	1.05	1.22	0.79	1.40	0.64	0.55	0.47	0.50	0.62	0.78	0.64	0.52	0.47	0.21	0.37	0.44	0.43	0.35	0.45	0.44	0.46	0.45
5+	0.81	0.85	0.74	1.08	1.03	0.96	0.74	0.90	1.05	1.05	1.22	0.79	1.40	0.64	0.55	0.47	0.50	0.62	0.78	0.64	0.52	0.47	0.21	0.37	0.44	0.43	0.35	0.45	0.44	0.46	0.45
平均	0.93	0.91	0.81	0.97	0.81	0.88	0.81	0.96	0.94	0.98	1.05	0.80	1.09	0.82	0.68	0.62	0.63	0.72	0.74	0.56	0.56	0.39	0.17	0.28	0.33	0.37	0.29	0.37	0.33	0.40	0.37

年齢別資源尾数（千尾）（計）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	1,272	1,333	1,200	1,035	2,044	3,539	3,989	2,694	2,761	2,134	2,756	2,635	2,000	1,620	1,864	2,967	5,568	2,484	5,264	3,059	2,008	7,720	2,135	3,600	3,286	3,088	2,585	2,433	2,772	2,183	1,375
2	804	545	671	557	676	1,362	1,949	2,202	1,525	1,503	1,301	1,773	1,570	1,072	793	837	1,264	2,631	958	3,523	1,873	1,227	5,725	1,632	2,710	2,291	2,270	1,751	1,822	2,056	1,556
3	251	229	179	234	187	307	490	659	601	578	478	441	645	509	334	295	333	428	825	459	1,443	834	697	4,004	1,017	1,626	1,254	1,418	973	1,076	1,007
4	45	65	54	50	52	46	62	106	126	117	105	78	103	154	150	140	161	185	210	224	239	493	421	445	2,156	559	774	688	672	521	546
5+	40	35	39	39	31	29	27	40	59	62	61	51	57	56	102	125	132	137	135	131	160	196	362	509	563	1,409	1,032	1,025	888	836	737
合計	2,413	2,207	2,144	1,916	2,990	5,284	6,517	5,700	5,071	4,394	4,701	4,979	4,376	3,412	3,242	4,365	7,458	5,864	7,392	7,396	5,723	10,469	9,339	10,191	9,733	8,974	7,916	7,316	7,128	6,672	5,221

年齢別資源量（トン）（計）

年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	368	386	347	297	586	1,018	1,147	776	795	615	794	759	577	472	545	864	1,620	718	1,511	882	582	2,232	615	1,041	952	894	748	705	806	633	403
2	558	382	471	389	457	907	1,325	1,500	1,039	1,028	897	1,219	1,079	748	576	618	905	1,842	704	2,364	1,307	891	4,007	1,121	1,893	1,611	1,599	1,231	1,288	1,476	1,100
3	331	309	242	316	252	386	623	870	795	748	622	587	863	677	473	432	501	645	1,124	687	1,799	1,153	980	5,122	1,288	2,069	1,632	1,847	1,285	1,411	1,333
4	101	154	127	116	126	105	129	233	290	264	244	178	237	359	358	332	390	450	512	523	582	1,051	957	986	4,237	1,124	1,555	1,416	1,410	1,117	1,149
5+	138	119	132	133	105	101	90	129	195	210	205	175	195	197	346	426	444	459	453	445	537	668	1,143	1,619	1,812	4,047	3,009	2,968	2,630	2,548	2,324
合計	1,496	1,350	1,321	1,252	1,526	2,517	3,315	3,508	3,114	2,864	2,761	2,919	2,952	2,453	2,298	2,673	3,859	4,114	4,303	4,902	4,807	5,995	7,702	9,888	10,182	9,746	8,543	8,168	7,419	7,185	6,308
親魚量	819	742	700	735	718	1,091	1,505	1,973	1,794	1,718	1,487	1,515	1,804	1,559	1,371	1,376	1,674	2,339	2,308	2,913	3,487	3,175	4,790	8,255	8,156	7,909	6,853	6,744	5,844	5,616	5,249

補足資料3 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海区による影響を受ける。そのため、適切な資源量指標値には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、海区、月および漁船の所属県によって影響を受ける。さらに、海区や月によるCPUEの傾向も年によって異なる(補足図3-1)ため、年と海区、年と月の交互作用を基に検討する必要がある。そこで、これらの影響についてGLM(一般化線形モデル)を用いて検討し、CPUEの標準化を行った。ヒラメ太平洋北部系群のCPUEの標準化モデルとしては、対数CPUEを応答変数として採用(誤差は正規分布に従うと仮定)し、交互作用を考慮した下記の当初モデルを構築するとともに、GVIFを指標に変数間の共線性を確認(GVIF<2を基準に選別)した後、BICを指標値としてモデル選択を行った。なお、漁業の操業形態の変化もあることから、VPAによる資源量推定同様に1990年以降の資料を基に暦年を集計単位として解析した。その結果、下記の当初モデルのBICが最も低かったことからベストモデルと判断し、CPUEの標準化モデルとした。モデルのあてはまり状況は、補足図3-2と3-3の通りであった。

$$\ln(\text{CPUE}) = \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Area} + \text{Month} + \text{Pref} + \text{Year} * \text{Month} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Month} * \text{Area}$$

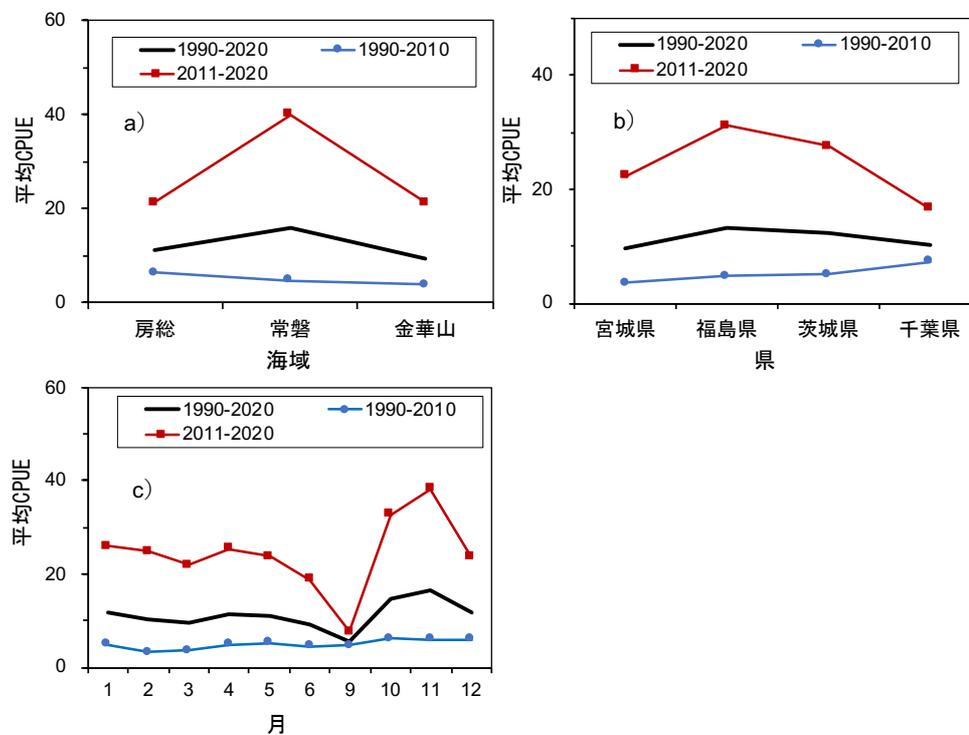
ここで、それぞれの説明変数は、カテゴリカル変数とした。

Year : 1990~2020年の各年

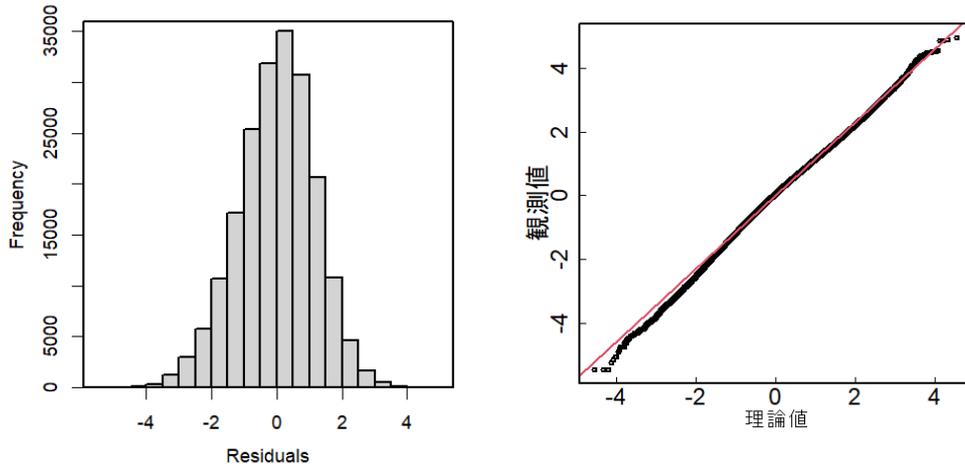
Month : 7月と8月を除く各月

Area : 金華山、常磐、房総の3海区

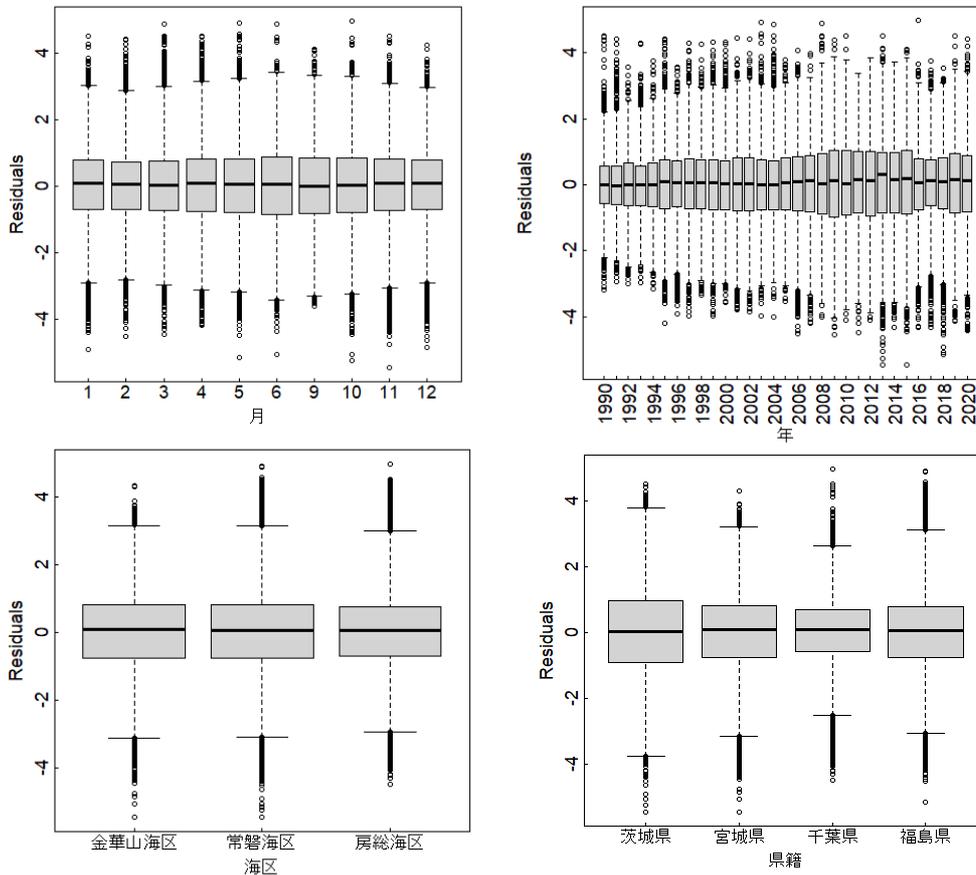
Pref : 漁船の所属県であり、宮城県、福島県、茨城県、千葉県



補足図3-1. a) 海域、b) 所属県、c) 採取月による平均CPUEの違い 震災前後の年別と全期間に分けて示した。



補足図 3-2. 残差ヒストグラム（左図）と正規確率プロット（右図）による正規性の確認



補足図 3-3. 各変数における残差の箱ひげ図

箱は第一～第三四分位、箱内の黒線は中央値を表す。ひげは第一、第三四分位から箱幅の 1.5 倍の範囲にある最大または最小の値を表す。バーの外側の点は外れ値を示す。

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.

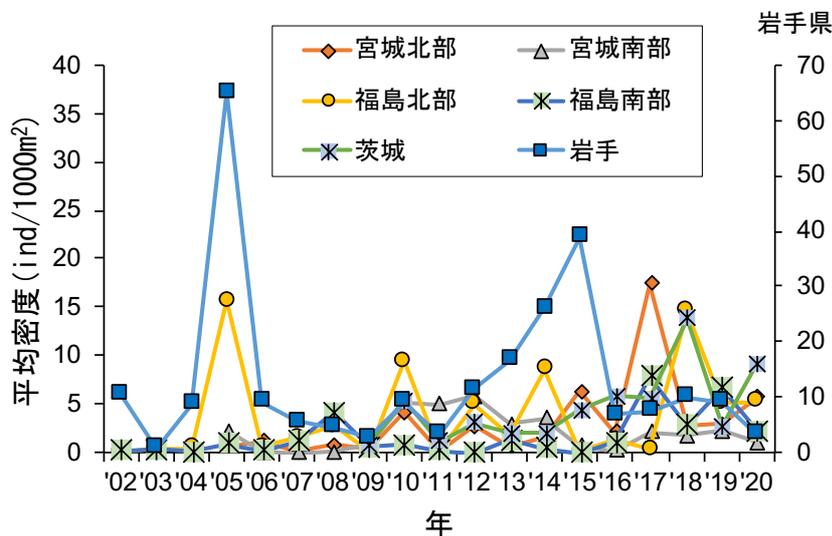
補足資料 4 新規加入量調査の結果

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、2020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（1,000m²）で除し、暦年ごとの平均密度で評価した。密度の経年変化は、岩手、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）、茨城に分けて図示した（補足図4-1）。

震災前（2002～2010年）の密度は、2005年の岩手（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。震災以降の密度は、2015年の岩手（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（13.9個体）などで比較的高い密度を記録した。震災前の5年間（2016～2010年）の岩手～茨城までの平均密度（2.6個体）と比較すると、2020年を除く直近5年間（2015～2019年）の平均密度（6.1個体）は2倍以上高かった。

2020年の各県（地域）の密度は、岩手（3.3個体）、宮城北部（5.7個体）、宮城南部（1.1個体）、福島北部（5.3個体）、福島南部（2.2個体）、茨城（9.2個体）であった。2020年の岩手～茨城までの平均密度は4.5個体であったことから、直近5年間（2015～2019年）の平均密度（6.1個体）と比較して、2020年のヒラメ稚魚の密度は「平年並み～やや減」と判断した。新規加入量調査の詳細は、富樫ほか（2021）を参照のこと。



補足図 4-1. ヒラメ着底稚魚密度（年平均密度）の経年変化

引用文献

富樫博幸・櫻井慎大・森友彦・岡村（金戸）悠梨子・平川直人・荒山和則（2021）令和2年度東北海域におけるヒラメ新規加入量調査結果. 東北底魚研究, **41**, (印刷中).