

令和4（2022）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 1990～2021 年に採取された雌雄込・年齢別漁獲尾数のデータを基に VPA によって推定した。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、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、2021 年は 6,584 トン（親魚量は 4,699 トン）と推定された。漁獲割合は、2010 年以前は 35～51% で推移していたが、震災後の 2011～2020 年は 13～30%、2021 年は 25% 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、2021 年は 3766 千尾が放流された。

将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	7,810	5,583	2,306	0.37	29.5
2018	7,471	5,165	1,816	0.30	24.3
2019	7,682	5,204	1,983	0.32	25.8
2020	6,729	4,920	1,721	0.30	25.6
2021	6,584	4,699	1,632	0.31	24.8

年は暦年、2021年の漁獲量は暫定値である。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である。

F値は雌雄各年齢の平均値である。

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 <ul style="list-style-type: none"> 市場調査(岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県北部) age-length key(2003年以降、年2回逐次作成) <ul style="list-style-type: none"> 生物測定(水研、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 <ul style="list-style-type: none"> 生物測定(水研、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～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	0.23(R3年度の雄0.25、雌0.21の平均値を使用、寿命より推定、田中1960)
以下、参考にした情報 2021年級群の加入量 成熟率	加入量水準の指標 <ul style="list-style-type: none"> 加入量調査(水研、岩手～茨城(4)県) 生物測定(水研)

千葉県北部は千葉県夷隅地域以北である。

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～千葉県北部、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30cm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、水揚げ物の全長 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。

本系群では令和 3 年度の資源評価より、木所ほか（2021）に従い系群区分の変更を行っている。令和 3 年度以降のヒラメ太平洋北部系群では、岩手県～千葉県北部（夷隅地域以北）を系群区分としている。

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）。

(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）。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、昨年度と同じく、雌は 12 歳、雄は 10 歳とした。

①成長式

宮城～茨城

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

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

②全長－体重関係

宮城～茨城

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

雄: $BW = 6.99 \times 10^{-3} \times TL^{3.12}$

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 歳で全ての個体が成熟する。本評価報告書では年齢の起算日を1月としていることから、年齢 (満年齢) 別成熟率 (図 3) をもとに、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、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、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

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 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

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)。1970 年代前半の漁獲量は 1,500 トン以上であったものの、その後減少し、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 (1970 年は千葉県北部が含まれていない)。その後、東北海域の漁獲量は増加し、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、2016~2020 年は 1,700~2,300 トンで推移している。2021 年の漁獲量は 1,632 トンで、前年(1,721 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 2019 年以降、500 トン前後で推移している。

(3) 漁獲物の体長・年齢組成

2019 年、2020 年および 2021 年における各県のヒラメの全長組成を年別に図示した (図 5)。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 3 年連続で呈していた。岩手県および茨城県では、30 cm 台にモードを有する単峰型を 3 年連続で呈した。また福島県は単峰型であるものの、モードは他県と大きく異なり 50~60 cm にあった。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が要因である。

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 (卓越年級である 2010 年級) の割合が急増し、全体の約 6 割を占めた。2014~2020 年の漁獲量は、3~5+歳が全体の約 5 割を占めていた。2021 年の年齢組成も前年までと同様に、3~5+歳が全体の 58%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、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。

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。震災によって一時的に減少したが、2014 年以降は 7,000 網程度を維持してきた。しかし、2021 年はやや減少して 5,189 網であった。常磐海区では、1980 年代前半まで減少傾向を示していた。その後、1980 年代後半~1990 年代前半の有漁網数の増加は、小底からの許可変更により沖底漁業船が増加したことによる。常磐海区の 1995~2010 年までは約 20,000 網を超えていたものの、2011 年以降は震災の影響で大きく減少した。その後、有漁網数はやや回復して 2021 年は 4,758 網であった。房総海区では、1970 年代は概ね 15,000~20,000 網であったが、その後、長期的に減少し、2021 年は 4,557 網であった。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

宮城県・福島県・茨城県・岩手県・千葉県の県別漁獲量と県別の雌雄別全長組成をもとに系群全体の雌雄別年齢別漁獲尾数を求め、VPA によって資源量を推定した(補足資料 1、2)。ただし、VPA で計算する際は雌雄を合わせた年齢別漁獲尾数を用いた。VPA は暦年で実施し、1990～2021 年を対象とした。1990～2021 年の漁獲量は表 3 の通りである。2021 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(2018～2020 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 9)。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、どの海区でも 2000 年代半ばに上昇し、さらに震災以降、平均 CPUE は急激に増加した。金華山海区では 2013 年(60.8 kg/網)、房総海区では 2014 年(37.9 kg/網)、常磐海区では 2015 年(75.0 kg/網)にそれぞれピークとなり、その後減少している。2021 年の常磐と房総海区の平均 CPUE (常磐: 30.7 kg/網、房総: 14.9 kg/網)は、震災前の 2010 年(常磐: 8.5 kg/網、房総: 9.9 kg/網)よりも高い傾向にあったが、金華山海区(2021 年: 6.5 kg/網)では、震災前(2010 年: 7.4 kg/網)よりも低かった。

(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 10、図 11 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 7,000 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、2021 年の資源量は 6,584 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(図 12、表 3)。その後、親魚量は減少し、2021 年は 4,699 トンと推定された。

加入尾数(1 歳魚の天然加入尾数)は 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(図 13、表 3)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 14 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

35～51%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。2013～2020年の漁獲割合は24～30%、2021年は25%であり、震災前の約半分の水準となっていた（図10、表3）。

F値は年齢の平均で見ると、震災前は0.50～0.93の範囲であったが、2011年に0.34、2012年には0.17に大きく低下した（図15）。2013～2020年は0.26～0.37の範囲、2021年は0.31であり、震災前の水準と比較して低い値となっていた。なお、1歳魚のF値は漁獲量が減少した2000年代前半を除き、全期間を通して低い傾向があった他、3歳魚のF値は1990年代に他の年齢よりも高くなっていた。

（4）再生産関係

再生産関係は、親魚量と翌年の天然の加入尾数（1歳魚の尾数）の関係で示した（図16）。天然の加入尾数は、VPAで推定した1歳魚の尾数（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、加入尾数×（1-混入率）として計算した。親魚再生産関係をもとに再生産成功率（ $y+1$ 年の天然1歳魚加入尾数/ y 年の親魚量、年級年で表記）は、親魚量が急増する2012年以前は、1994年（6.70尾/kg）、1995年（5.55尾/kg）、2005年（4.65尾/kg）の各年級群で高い値を示した（図17）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、1.15～3.49尾/kgの範囲（平均2.15尾/kg）であった。震災以降、2011～2019年の再生産成功率は0.40～1.06尾/kg（平均0.59尾/kg）であり、低い水準で安定していた。最新年（2020年）の再生産成功率は、0.56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。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。

（5）種苗放流効果

2010年を除き、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、混入率は低下し、2015年以降は5%以下になっている。混入率が低下した要因の一つとして、震災以降の資源量の増大に伴った漁獲尾数の増加と震災の影響による種苗放流数の減少（表5）が考えられる。

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）、稚魚の成育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. 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、2013～14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、2021年は6,584トン（親魚量は4,699トン）と推定され

た。漁獲割合は、2010年以前は35～51%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、2011～2020年は13～30%、2021年は25%となっている。

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。

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.
- 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、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・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.
- 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 *Palalichthys olivaceus* in the laboratory. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **52**, 977-982.
- 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.
- Tomiya, 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

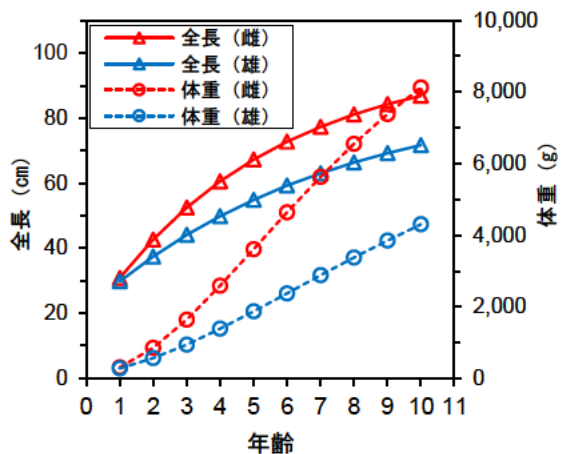


図2. ヒラメ太平洋北部系群(宮城～茨城県)の成長

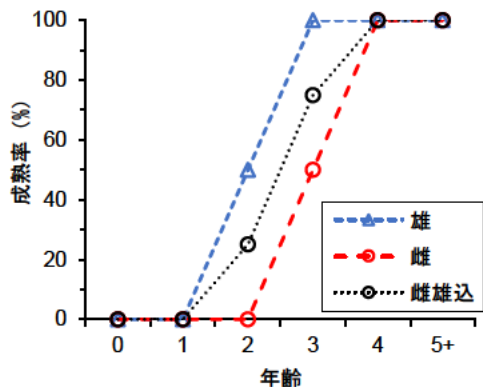


図3. ヒラメ太平洋北部系群(宮城県～茨城県)の年齢(満年齢)と成熟率

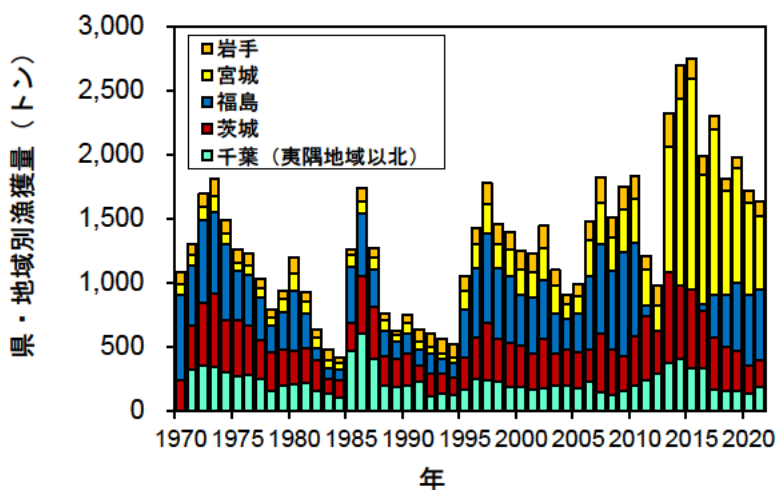


図4. 1970～2021年における県・地域別漁獲量の推移 漁業養殖業生産統計年報より作成した。1970年の千葉県(夷隅地域以北)の漁獲量は、ひらめ・かれい区分のため表記していない。

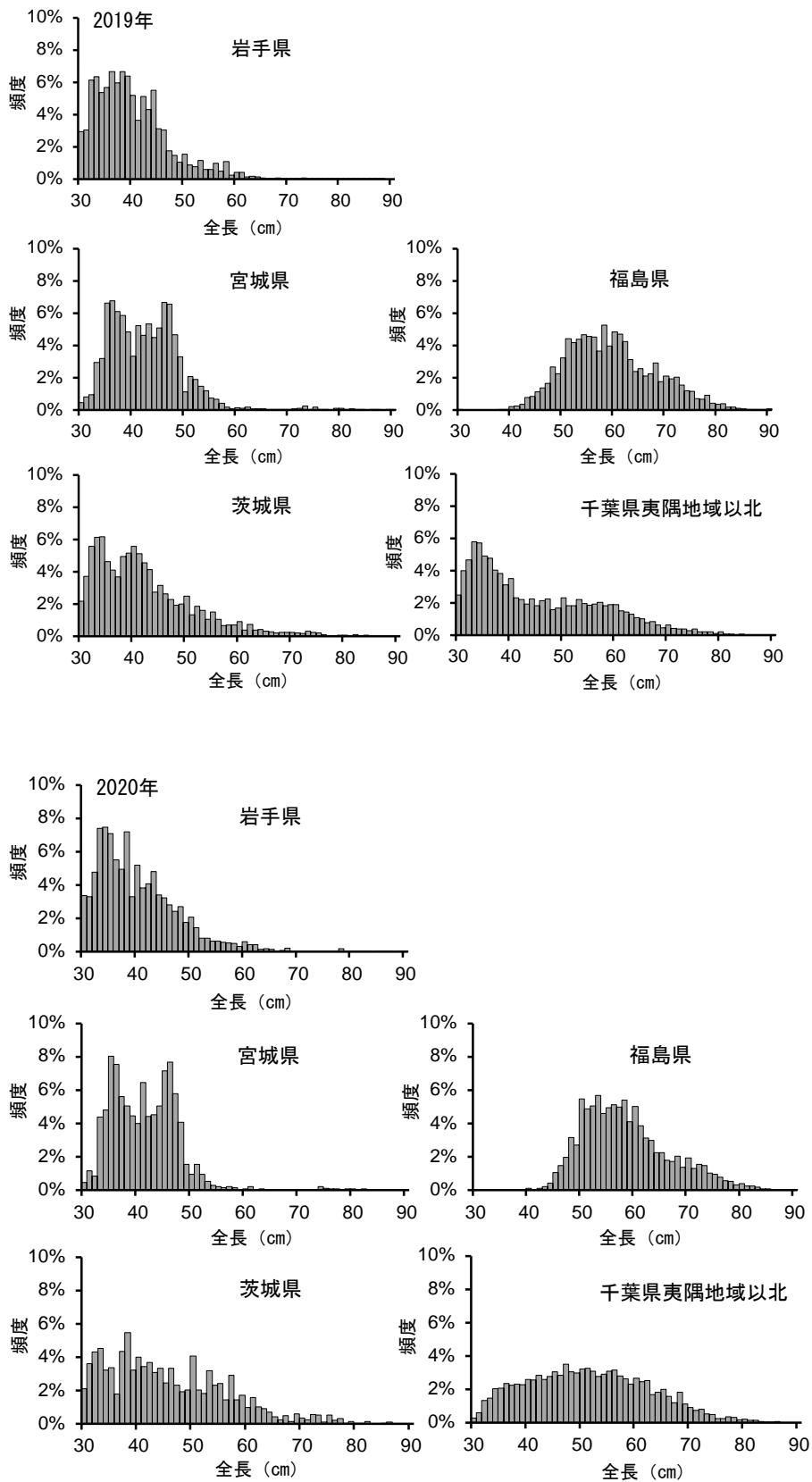


図 5. 2019～2021 年における各県のヒラメの全長組成

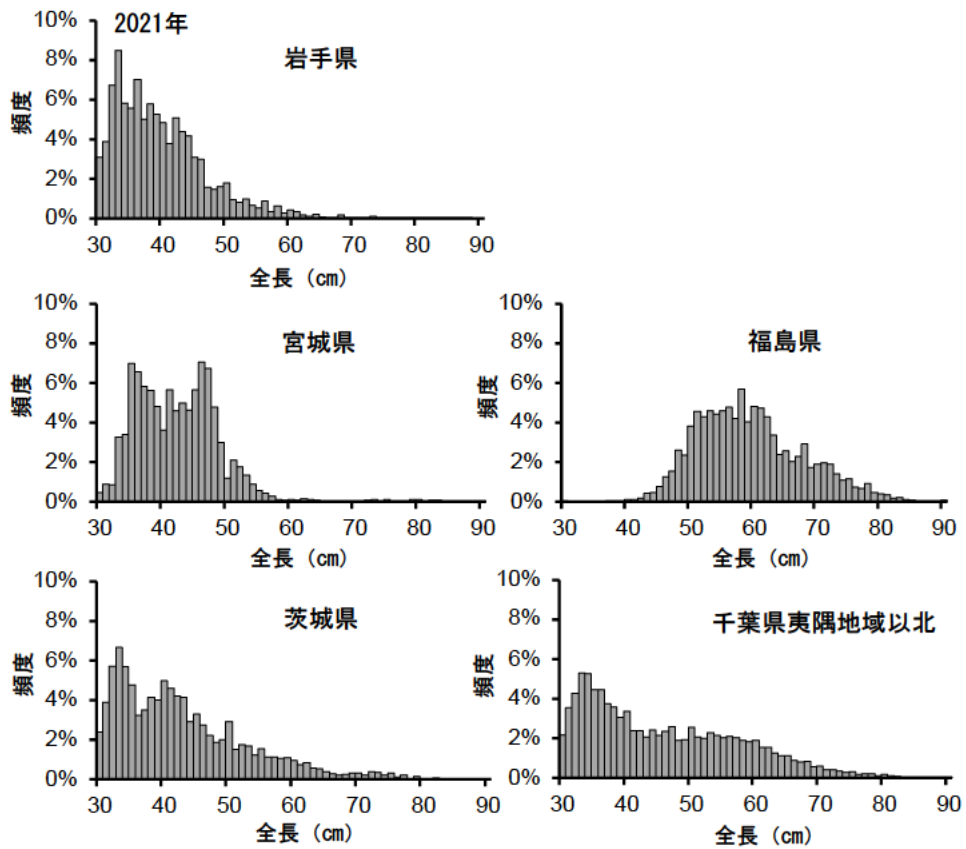


図 5. 2019～2021 年における各県のヒラメの全長組成 (続き)

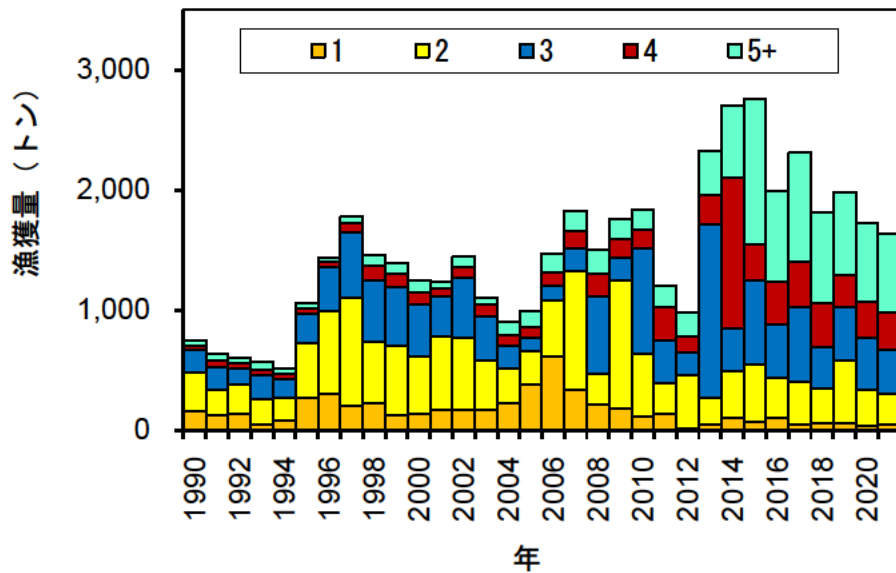


図 6. 1990～2021 年における年齢別漁獲量の推移

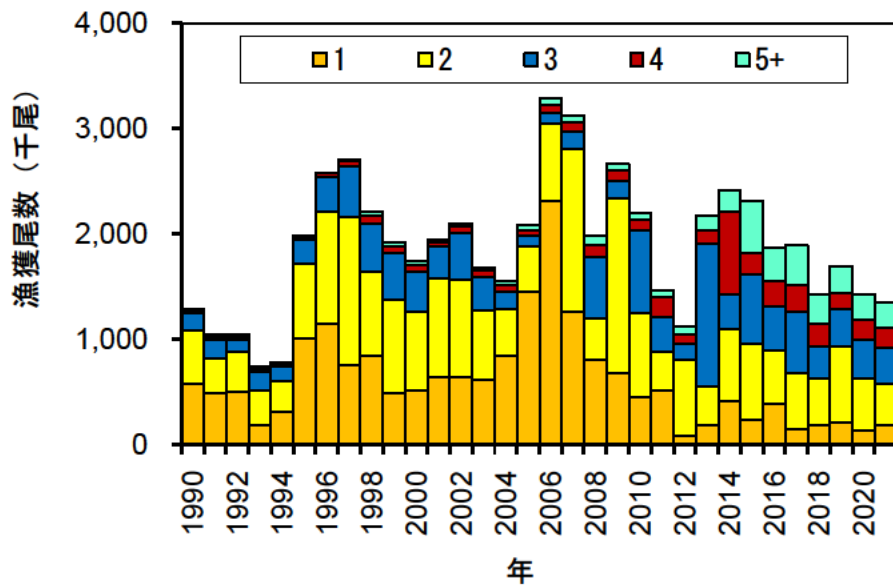


図 7. 1990～2021 年における年齢別漁獲尾数の推移

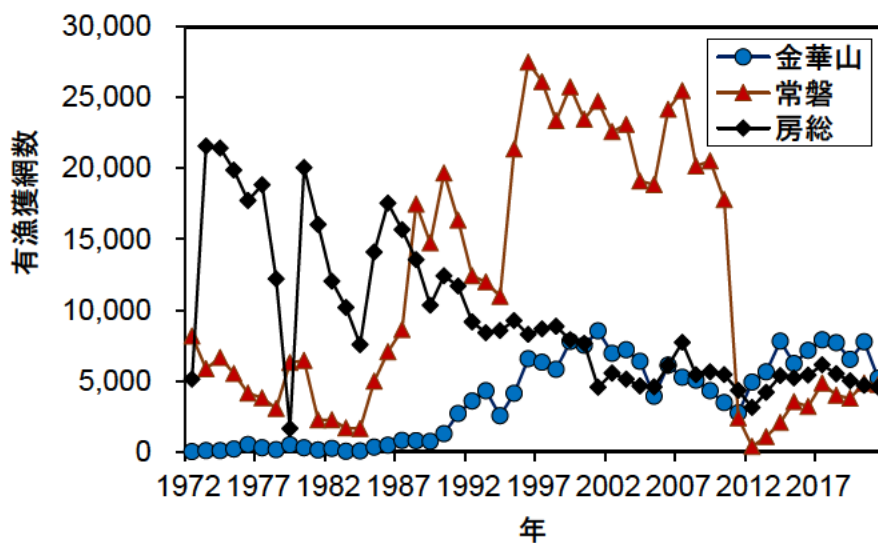


図 8. 1972～2021 年における海域別の沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの有漁網数の経年変化

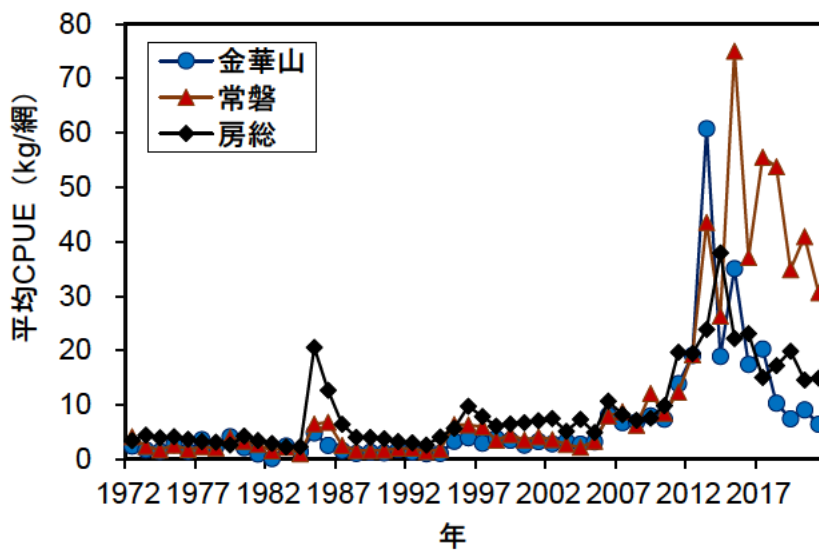


図9. 1972～2021年における海域別の沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの平均CPUE 平均CPUEは有漁1網あたりの漁獲量を年ごとの平均値で示した。

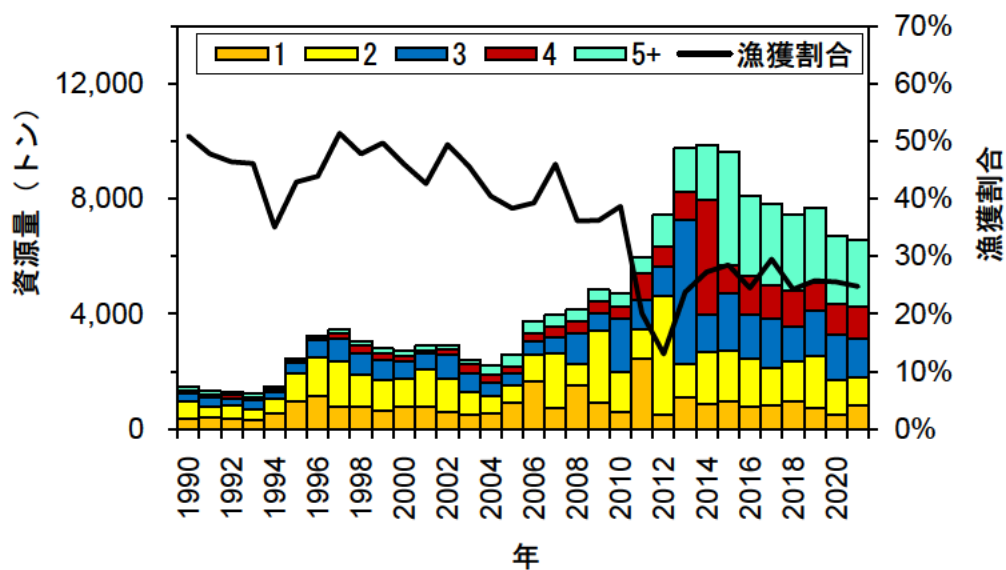


図10. 1990～2021年における推定資源量と漁獲割合の推移 推定資源量は年齢別に示した。

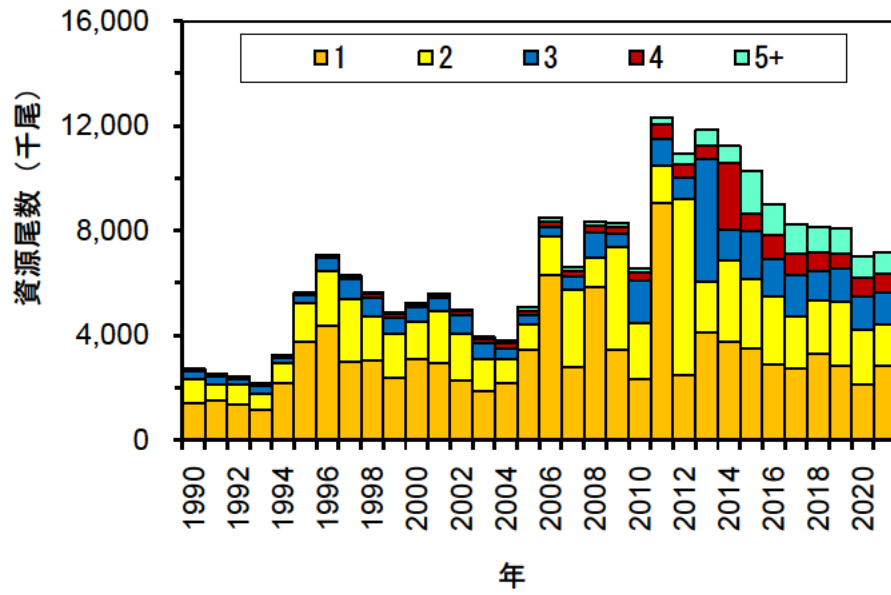


図 11. 1990～2021 年における推定資源尾数の推移 推定資源尾数は年齢別に示した。

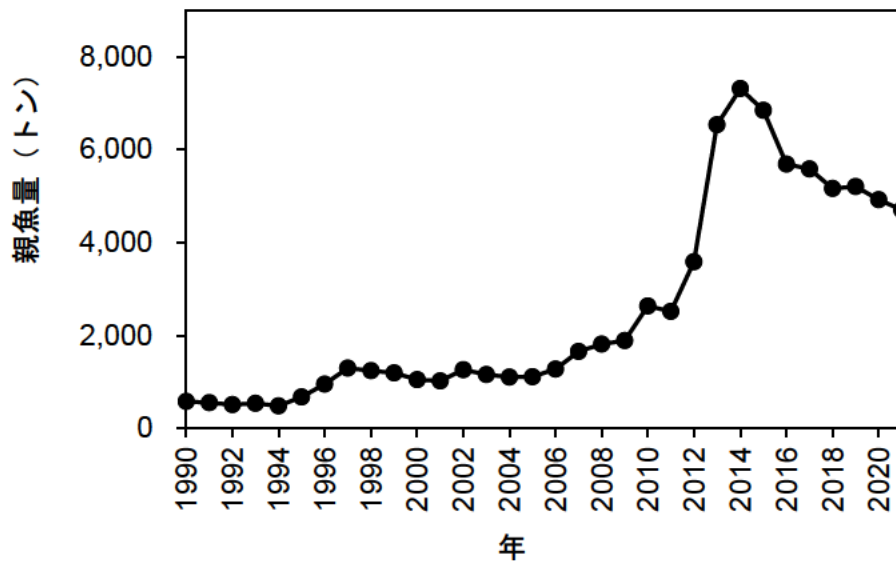


図 12. 1990～2021 年における親魚量（雌雄込で、2 歳魚の 1/4、3 歳魚の 3/4、4 歳以上魚の資源量の合計値）の推移

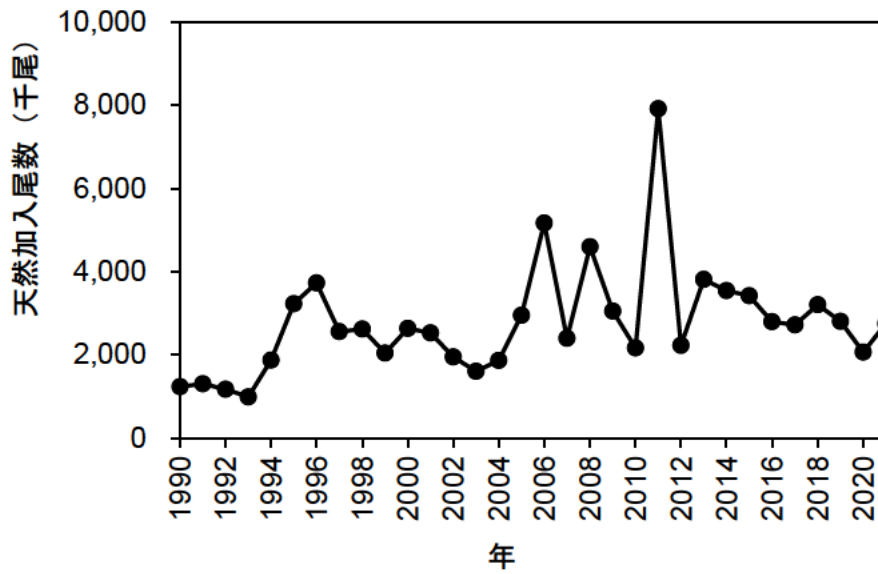


図 13. 1990～2021 年における天然加入尾数（1 歳魚）の推移

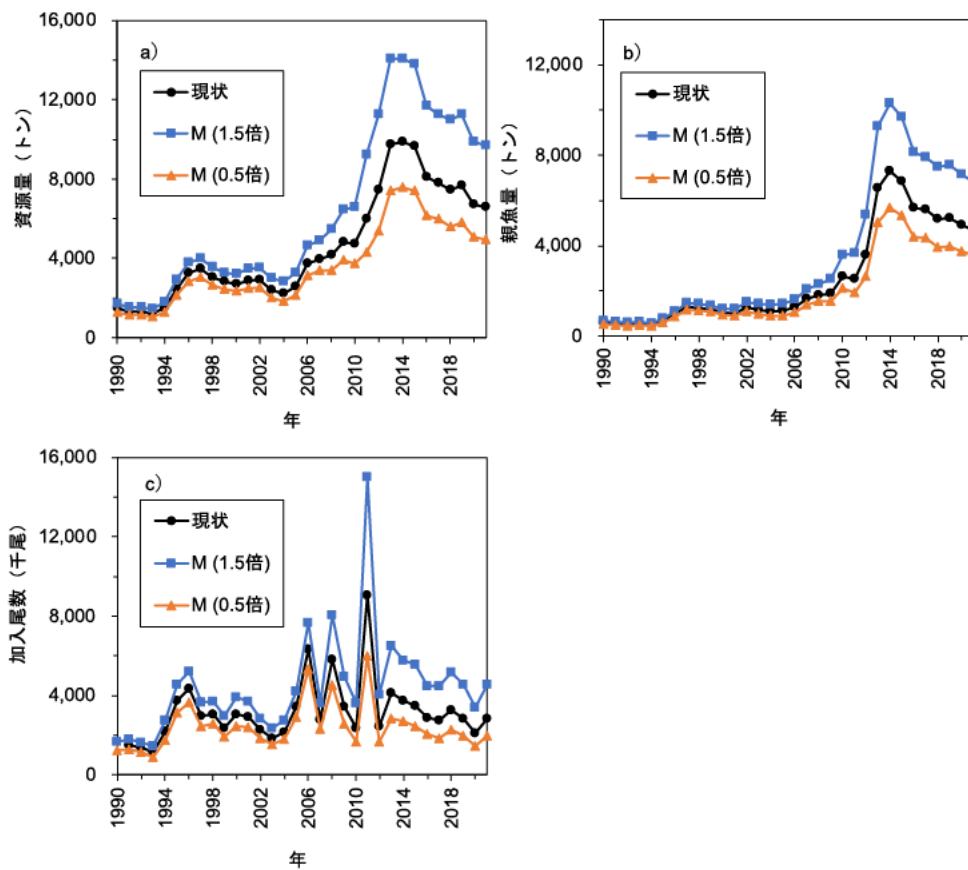


図 14. 1990～2021 年における自然死亡係数 (M) の感度解析結果 a) 資源量、b) 親魚量、c) 加入尾数

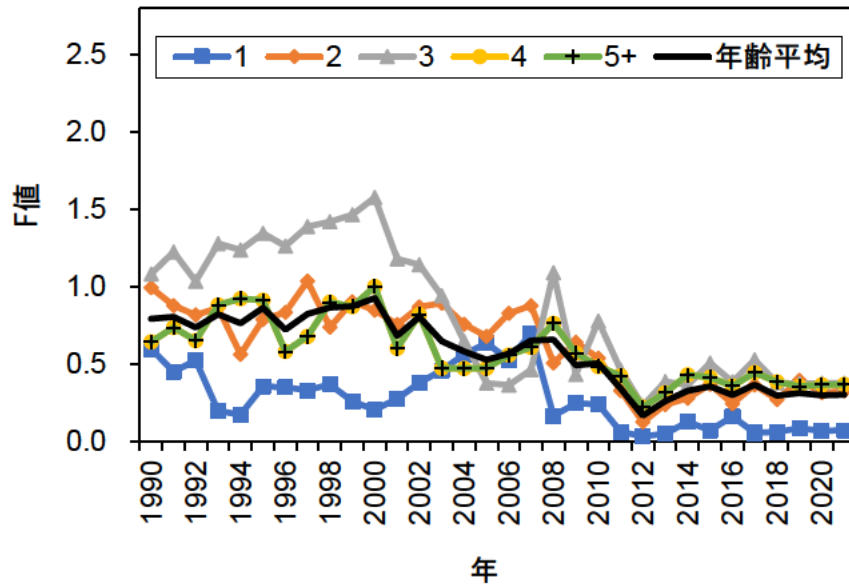


図 15. 1990～2021 年における雌雄込 F 値の推移 年齢別および年齢の平均 F 値を示した。

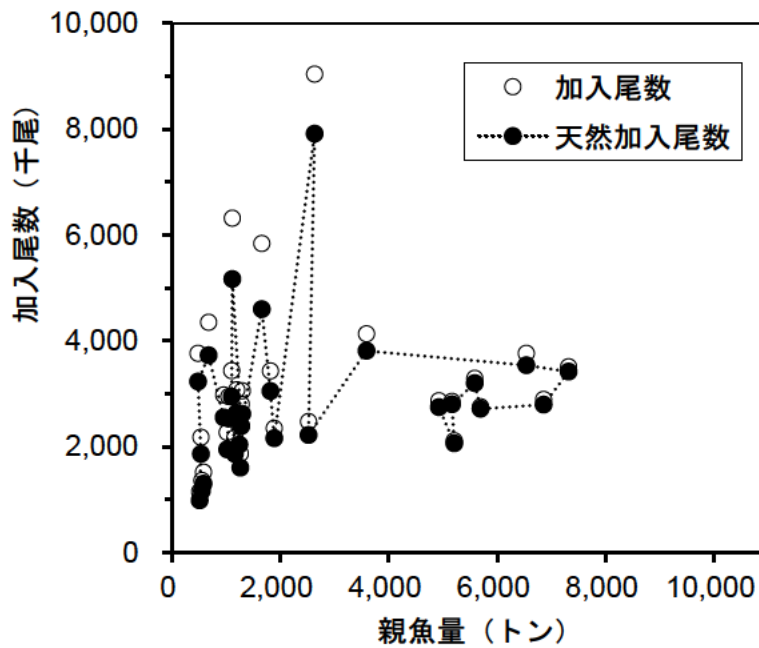


図 16. 再生産関係 y 年の親魚量と $y+1$ 年 1 歳の加入尾数の関係で表し、年級年で示した。

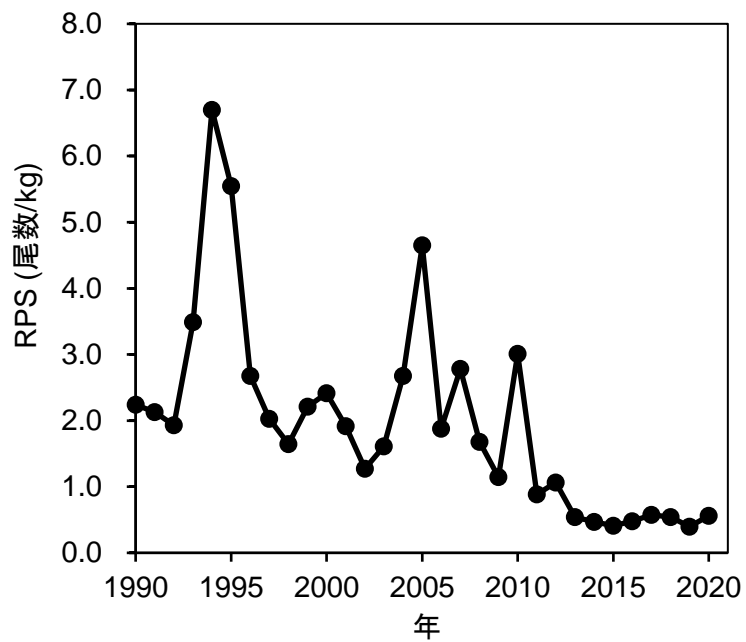


図 17. 1990～2020 年における再生産成功率の推移 $y+1$ 年 1 歳の天然加入尾数/ y 年の親魚量で計算し、年級年で示した。

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	-	316	351	338	296	268	275	245	157	198	201
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
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
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
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021			
岩手	262	161	141	113	98	87	100	109			
宮城	1,465	1,644	1,015	1,289	819	894	718	579			
福島	0	0	51	328	397	541	545	549			
茨城	566	614	446	407	344	308	227	212			
千葉県北部	406	333	333	169	158	153	131	183			

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 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 手 県	沖底	-	-	-	-	-	-	-
	小底	-	-	-	0	0	-	-
	刺網	110	61	80	68	27	43	63
	定置網	78	77	85	92	66	100	184
	その他	14	8	10	10	4	6	11
	計	201	146	177	177	96	149	258
宮 城 県	沖底	32	34	31	24	42	99	374
	小底	89	68	112	90	28	-	119
	刺網	173	131	164	188	119	48	390
	定置網	25	34	26	40	96	34	101
	その他	2	4	5	2	2	0	1
	計	320	271	339	344	288	197	987
福 島 県	沖底	246	166	325	216	33	0	0
	小底	137	85	133	105	25	0	0
	刺網	304	348	338	396	19	0	0
	定置網	0	0	0	1	0	0	0
	その他	17	16	17	16	1	0	0
	計	704	615	813	734	78	0	0
茨 城 県	沖底	-	-	22	59	77	47	93
	小底	225	159	97	117	164	151	269
	刺網	150	141	110	154	194	27	235
	定置網	-	-	5	-	-	-	-
	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	2021
岩	沖底	-	1	1	-	1	0	2	0
	小底	0	0	0	2	0	0	0	0
手	刺網	72	28	38	28	34	23	21	24
	定置網	176	118	88	67	53	55	69	74
県	その他	14	15	14	12	10	8	9	11
	計	262	161	141	113	98	87	100	109
宮	沖底	171	377	141	191	95	51	67	29
	小底	421	463	312	382	286	193	242	203
城	刺網	702	655	485	629	393	604	363	306
	定置網	168	148	76	86	42	45	45	36
県	その他	3	1	0	1	3	0	1	5
	計	1,465	1,644	1,015	1,289	819	894	718	579
福	沖底	0	0	-	-	-	124	160	86
	小底	0	0	7	56	70	74	89	97
島	刺網	0	0	1	35	74	277	208	305
	定置網	0	0	0	0	0	0	0	0
県	その他	0	0	9	37	69	66	87	61
	計	0	0	51	328	397	541	545	549
茨	沖底	138	255	168	93	86	74	69	40
	小底	180	208	168	166	144	142	62	95
城	刺網	160	45	42	82	61	46	38	46
	定置網	-	-	-	-	-	-	11	6
県	その他	69	72	57	57	43	30	46	25
	計	566	614	446	407	344	308	227	212

「漁業養殖業生産統計年報」による。

2021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。

千葉県北部については、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	1,473	50.9	580	1,434	1,229	2.24
1991	633	1,325	47.8	549	1,517	1,301	2.13
1992	602	1,297	46.4	510	1,364	1,169	1.93
1993	564	1,222	46.2	535	1,149	985	3.49
1994	518	1,476	35.1	482	2,178	1,867	6.70
1995	1,055	2,460	42.9	673	3,767	3,230	5.55
1996	1,431	3,258	43.9	954	4,351	3,731	2.68
1997	1,775	3,457	51.4	1,294	2,978	2,553	2.03
1998	1,461	3,058	47.8	1,242	3,057	2,621	1.64
1999	1,395	2,809	49.7	1,192	2,381	2,041	2.21
2000	1,246	2,711	46.0	1,047	3,075	2,636	2.41
2001	1,232	2,891	42.6	1,016	2,947	2,527	1.91
2002	1,443	2,922	49.4	1,260	2,270	1,946	1.27
2003	1,099	2,410	45.6	1,157	1,869	1,602	1.61
2004	905	2,237	40.5	1,101	2,175	1,864	2.68
2005	993	2,588	38.4	1,111	3,439	2,948	4.65
2006	1,473	3,746	39.3	1,276	6,319	5,169	1.88
2007	1,823	3,961	46.0	1,653	2,801	2,393	2.78
2008	1,505	4,157	36.2	1,815	5,840	4,602	1.68
2009	1,752	4,834	36.2	1,885	3,432	3,048	1.15
2010	1,832	4,737	38.7	2,632	2,350	2,162	3.01
2011	1,202	5,974	20.1	2,517	9,038	7,917	0.88
2012	973	7,434	13.1	3,584	2,475	2,222	1.06
2013	2,322	9,760	23.8	6,534	4,132	3,811	0.54
2014	2,699	9,880	27.3	7,314	3,764	3,543	0.47
2015	2,752	9,642	28.5	6,849	3,508	3,418	0.41
2016	1,986	8,106	24.5	5,689	2,895	2,799	0.48
2017	2,306	7,810	29.5	5,583	2,756	2,715	0.57
2018	1,816	7,471	24.3	5,165	3,289	3,203	0.54
2019	1,983	7,682	25.8	5,204	2,856	2,799	0.40
2020	1,721	6,729	25.6	4,920	2,113	2,064	0.56
2021	1,632	6,584	24.8	4,699	2,867	2,746	-

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. 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	12.0	14.3	12.3	70	18.2
2007	11.2	8.4	13.7	9.9	70	14.6
2008	16.6	13.7	7.2	14.4	70	21.2
2009	13.2	5.0	4.3	7.6	70	11.2
2010	10.9	2.7	3.3	5.4	70	8.0
2011	19.7	12.0	5.5	8.4	70	12.4
2012	17.1	7.1	2.3	6.9	70	10.2
2013	6.6	5.6	4.3	5.3	70	7.8
2014	4.8	4.2	3.1	4.0	70	5.9
2015	3.9	1.2	2.7	1.7	70	2.6
2016	2.7	2.0	3.0	2.3	70	3.3
2017	3.4	0.6	2.5	1.0	70	1.5
2018	3.0	2.1	2.8	1.8	70	2.6
2019	7.0	0.4	0.6	1.3	70	2.0
2020	5.0	0.4	1.3	1.6	70	2.3
2021	14.1	0.4	1.4	2.8	70	4.2

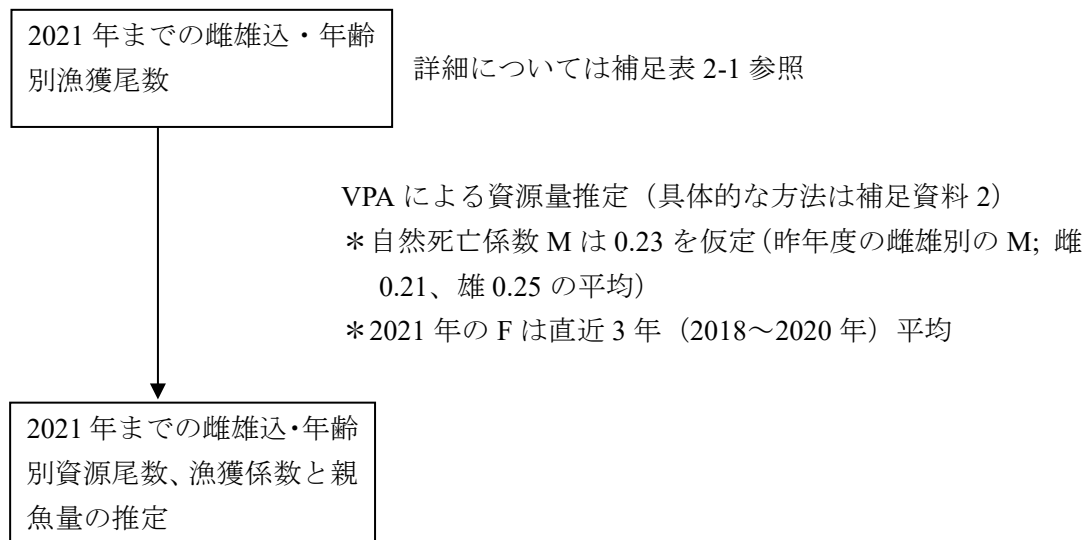
黒化率は 2006 年以降の全国平均値、補正混入率は平均混入率を黒化率で補正した値。

表 5. 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
2021	1,140	290	1,324	1,012	3,766

「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



将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述します。

補足資料 2 資源計算方法

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 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 月~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。

2. 令和 4 年度の計算方法

令和 3 年度までのヒラメ太平洋北部系群の資源評価では、雌雄別に VPA を行い、雌雄を合計して資源量指標値を推定してきた。一方で、雌雄別の VPA の問題点として、1990 年代は雌雄別の年齢別漁獲尾数の分解精度が低いことから各齢の F 値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 (例えば、3 歳の雄が選択的に漁獲されている) する可能性があった。そのため令和 4 年度からは、より安定した結果が得られるように雌雄込の年齢別漁獲尾数で VPA を行った。依然として 1990 年代の 3 歳の F 値は高くなっているものの (図 15)、近年は 1 歳以外でほぼ同様の選択率となっており、より妥当な結果が得られていると判断される。

また、これまでの年齢別漁獲尾数の作成および資源量計算には、Yoneda et al. (2007) の成長式を基にした雌雄年齢別の体重を用いてきたが、令和 4 年度はヒラメの精密測定結果が震災以降 10 年以上蓄積されてきたことから、これらの測定結果を用いて 2011 年以降の年別・年齢別、雌雄別の体重を求めて解析に使用した。なお、2010 年以前の年別・年齢別、

雌雄別の体重は、2011～2021年の平均値とした。なお、Yoneda et al. (2007) の体重と本解析で使用した体重について、本解析/Yoneda et al. (2007) は3歳雌で77%、雄で97%であった。また5歳雌で70%、雄で86%であった。

各年の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 (VPA) 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。

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

$C_{a,y}$ 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、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、

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

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

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

$$F_{a,term} = \frac{1}{3} \sum_{y=2018}^{2020} F_{a,y}$$

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。

資源量は VPA 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 4 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 VPA による計算結果

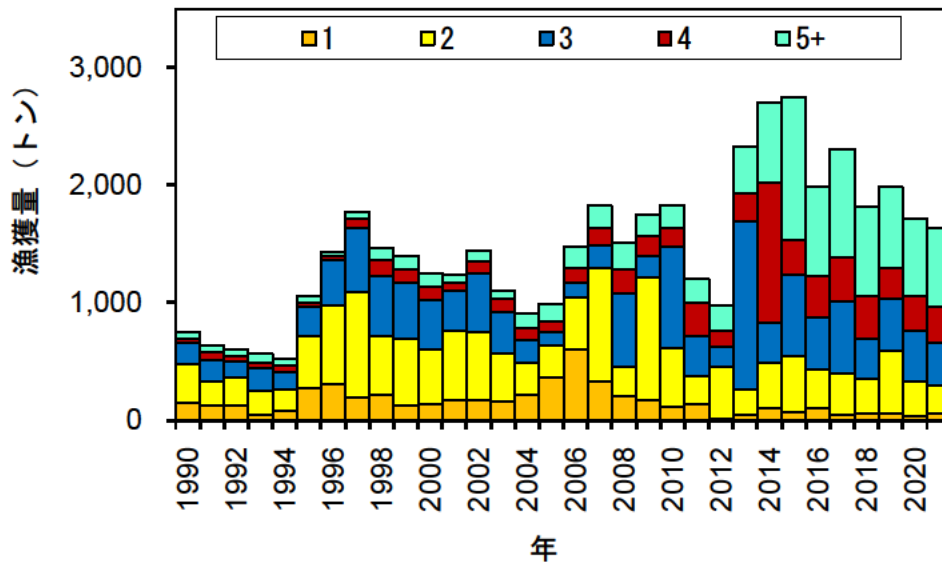
を補足表 2-1 に示した。

3. 令和 4 年度の変更による影響

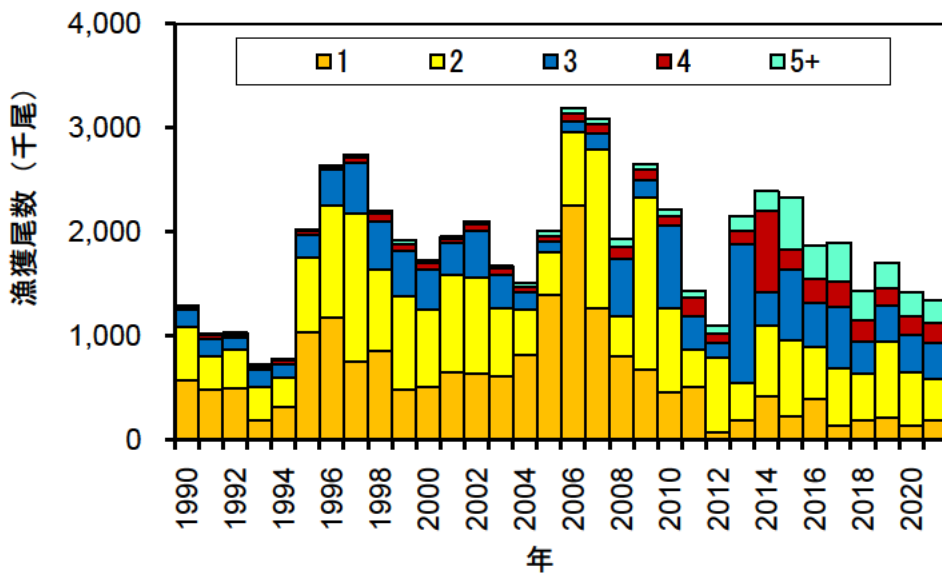
令和 4 年度に用いた雌雄込の VPA では、自然死亡係数 (M) および年齢別体重に雌雄平均値を使用したため、それらの違いが令和 3 年度までの雌雄別に行った VPA の資源量推定結果等と異なることが予想される。そこで、感度分析として R3 年度までの手法と同様に自然死亡係数 (M) および年齢別体重を雌雄別で与えた結果と R4 年度の結果の違いを、補足図 2-1～2-9 に示した。結果として、雌雄込と雌雄別で推定した資源量 (資源量、親魚量) に大きな違いは生じなかった。なお、雌雄別の VPA ではこれまでの結果同様、1990 年代の雄の F 値が雌の F 値よりもかなり高くなっており、年齢による違いも大きい (補足図 2-7)。それに対し、雌雄込の場合はその中間的な値となっており、年齢による差も小さくなっていた (図 15)。ただし、このような雌雄・年齢による F 値の違いは漁業の実態からは説明が困難であり、漁獲の実情を示しているとは考えにくい。そのため、現在のデータセットを基にすると、雌雄込の VPA 解析結果の方が得られる結果の情報は少なくなるものの、より安定した結果を提供できると判断する。

引用文献

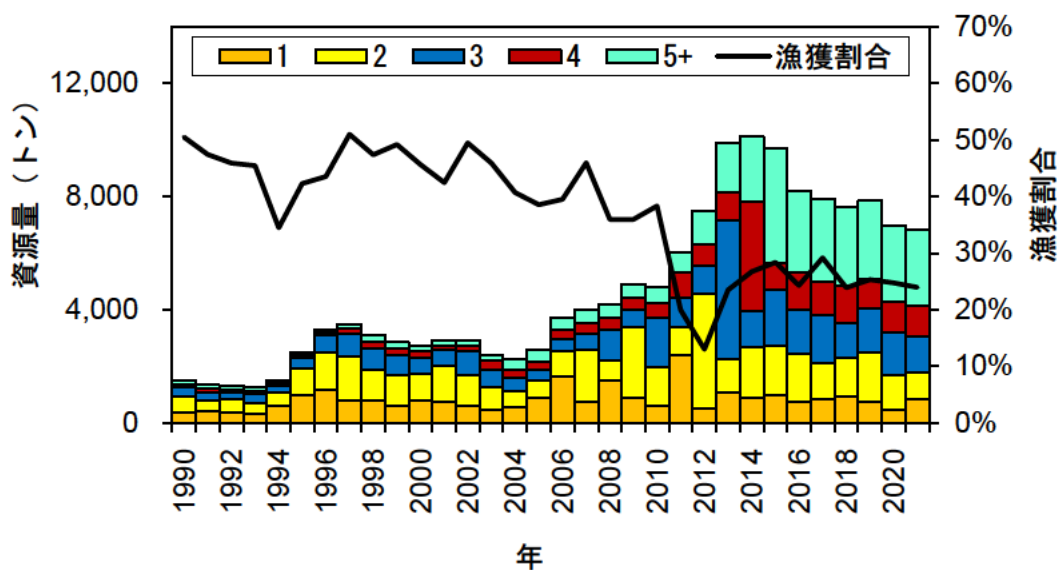
- 栗田 豊・富樫博幸・服部 努・柴田泰宙 (2018) 平成 29 (2017) 年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価. 平成 29 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 1672-1702.
- Pope (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics 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.



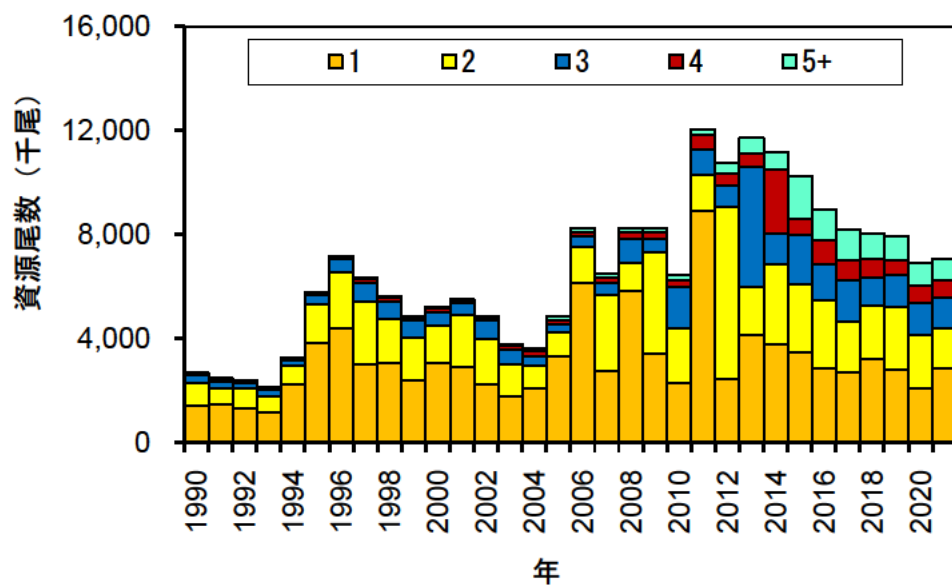
補足図 2-1. 雌雄別に推定した年齢別漁獲量の推移



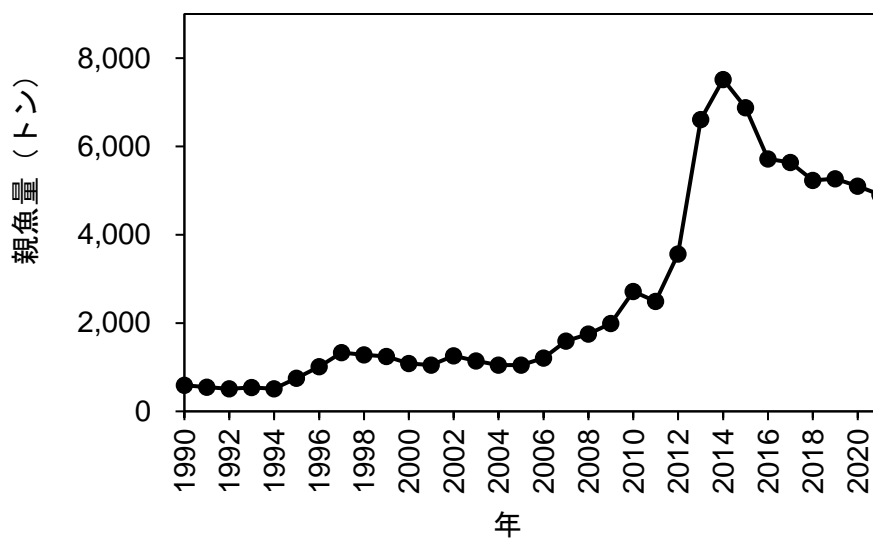
補足図 2-2. 雌雄別に推定した年齢別漁獲尾数の推移



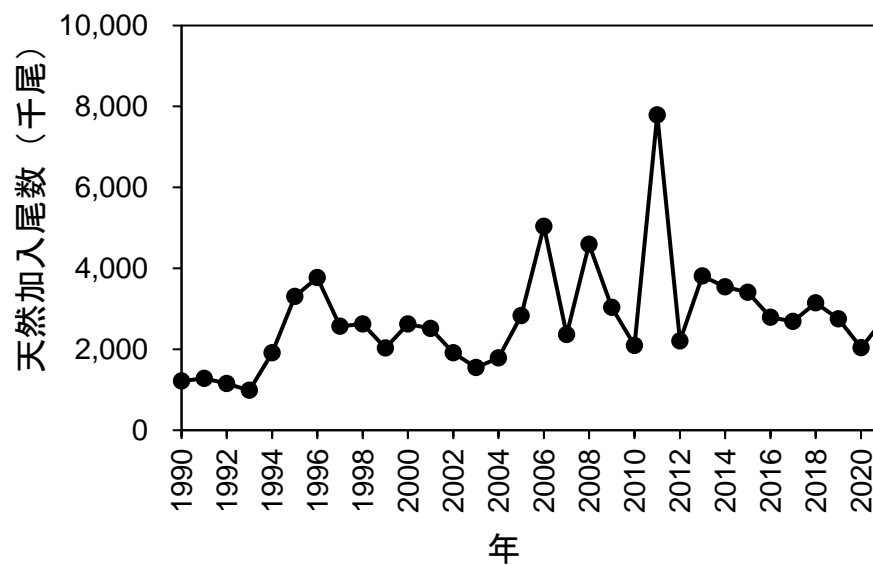
補足図 2-3. 雌雄別に推定した推定資源量と漁獲割合の推移 推定資源量は年齢別に示した。



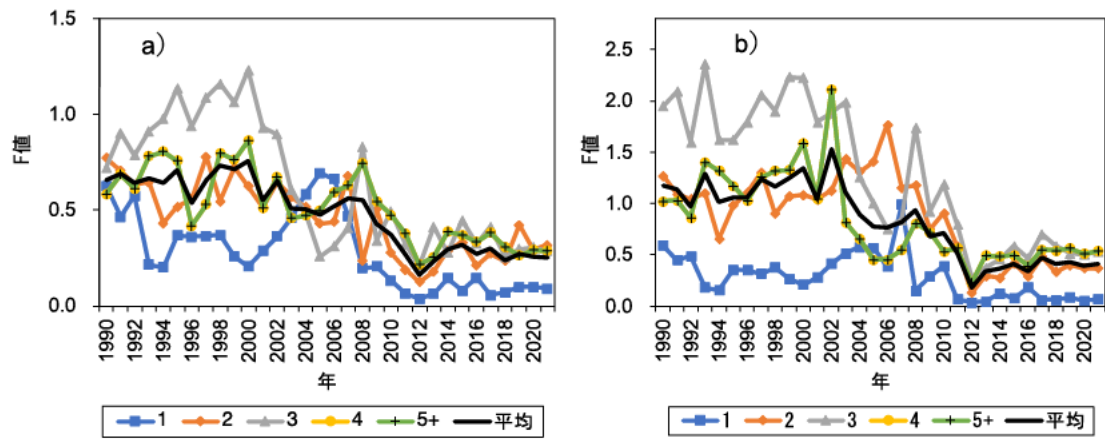
補足図 2-4. 雌雄別に推定した推定資源尾数の推移 推定資源尾数は年齢別に示した。



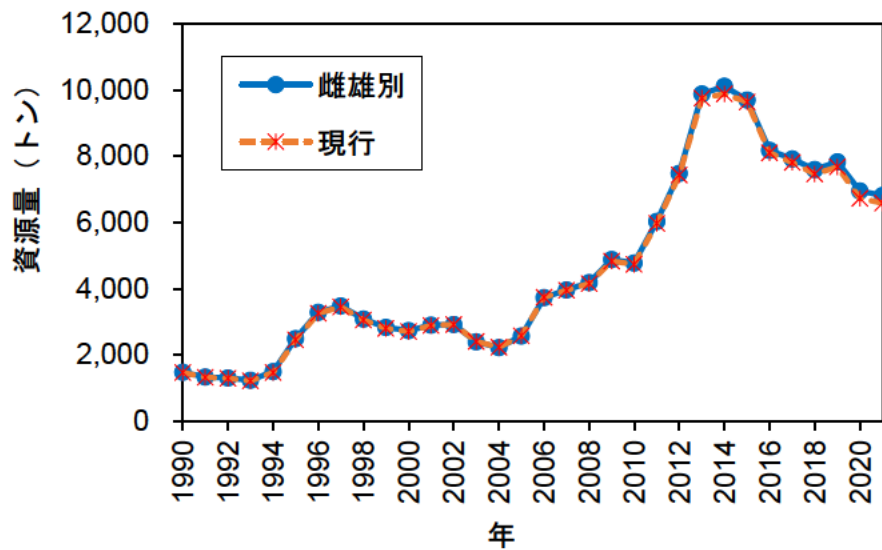
補足図 2-5. 雌雄別に推定した親魚量（雌 3 歳の資源量の半分と 4 歳以上の資源量、および雄 2 歳の資源量の半分と 3 歳以上の資源量の合計）の推移



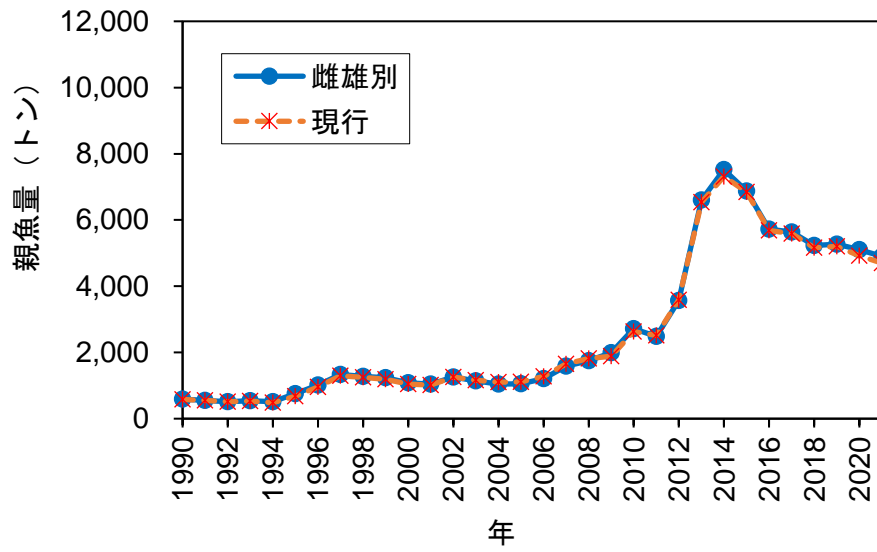
補足図 2-6. 雌雄別に推定した天然加入尾数（1 歳魚）の推移



補足図 2-7. 雌雄別に推定した 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。



補足図 2-8. 雌雄別に推定した資源量と現行（雌雄込）で推定した資源量の比較



補足図 2-9. 雌雄別に推定した親魚量と現行（雌雄込）で推定した親魚量の比較

補足表 2-1. ヒラメ太平洋北部系群の資源解析結果（雌雄込）

年齢別漁獲尾数（千尾）（雌雄込）

年齢/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	2021
1	577	495	498	186	314	1,012	1,154	756	848	490	515	640	642	618	839	1,448	2,319	1,260	809	677	454	519	80	191	411	231	392	141	185	216	130	185
2	507	327	382	331	288	707	1,058	1,401	791	889	744	941	920	651	444	432	727	1,544	394	1,660	793	369	726	362	684	726	507	536	444	718	505	393
3	167	167	119	173	136	223	335	483	463	440	382	306	450	321	170	98	108	166	578	166	792	326	155	1,354	326	665	413	589	304	351	368	339
4	23	35	26	30	32	26	28	52	76	68	66	36	60	63	61	56	72	89	119	101	93	185	88	128	795	198	241	250	215	157	188	197
5+	18	19	19	23	18	16	10	19	34	35	37	22	31	21	42	51	60	64	77	59	63	69	76	141	201	497	323	372	283	251	233	232
合計	1,292	1,042	1,044	743	787	1,984	2,584	2,711	2,211	1,922	1,745	1,944	2,103	1,675	1,557	2,085	3,287	3,123	1,977	2,664	2,196	1,468	1,126	2,177	2,416	2,318	1,875	1,889	1,430	1,692	1,424	1,346
漁獲重量 (t)	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	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

年齢別漁獲係数（雌雄込）

年齢/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	2021
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	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
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	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
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	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
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	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
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	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
平均	0.80	0.81	0.74	0.82	0.77	0.87	0.72	0.83	0.87	0.88	0.93	0.69	0.81	0.65	0.59	0.53	0.57	0.65	0.66	0.50	0.51	0.34	0.17	0.26	0.33	0.36	0.30	0.37	0.30	0.32	0.30	0.31

年齢別資源尾数（千尾）（雌雄込）

年齢/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	2021
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	2,801	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
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	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
3	282	265	206	268	214	338	523	721	684	642	539	495	740	589	399	347	395	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
4	53	76	62	58	59	49	70	117	143	131	118	88	121	187	182	166	189	217	249	260	271	597	491	525	2,531	652	892	778	749	584	679	712
5+	43	40	44	44	33	29	25	42	64	67	66	53	62	64	124	151	157	156	161	152	184	222	424	581	639	1,633	1,197	1,158	984	935	844	836
合計	2,715	2,523	2,441	2,158	3,232	5,635	7,063	6,290	5,642	4,896	5,254	5,569	4,964	3,941	3,815	5,084	8,503	6,632	8,329	8,292	6,568	12,304	10,950	11,836	11,235	10,288	9,009	8,248	8,163	8,071	7,022	7,181

年齢別資源量（トン）（雌雄込）

年齢/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	2021
1	377	399	358	302	572	990	1,144	783	804	626	808	775	596	491	572	904	1,661	736	1,535	902	618	2,434	495	1,096	894	994	769	823	969	745	488	818
2	583	404	494	413	483	937	1,352	1,570	1,094	1,082	941	1,282	1,145	796	604	634	932	1,909	713	2,533	1,372	1,013	4,142	1,170	1,795	1,739	1,682	1,307	1,377	1,782	1,244	982
3	316	296	231	300	240	378	586	807	766	718	603	554	828	660	447	389	442	560	1,091	589	1,834	1,052	996	5,010	1,306	1,982	1,547	1,694	1,219	1,584	1,553	1,321
4	84	120	97	92	93	78	110	186	226	208	186	140	191	296	288	262	298	343	394	410	428	889	729	966	3,981	979	1,340	1,161	1,263	983	1,066	1,116
5+	114	106	116	115	88	77	66	111	169	176	173	141	162	168	326	400	413	413	425	400	485	585	1,072	1,518	1,904	3,949	2,769	2,825	2,644	2,587	2,379	2,348
合計	1,473	1,325	1,297	1,222	1,476	2,460	3,258	3,457	3,058	2,809	2,711	2,891	2,922	2,410	2,237	2,588	3,746	3,961	4,157	4,834	4,737	5,974	7,434	9,760	9,880	9,642	8,106	7,810	7,471	7,682	6,729	6,584
視魚量	580	549	510	535	482	673	954	1,294	1,242	1,192	1,047	1,016	1,260	1,157	1,101	1,111	1,276	1,653	1,815	1,885	2,632	2,517	3,584	6,534	7,314	6,849	5,689	5,583	5,165	5,204	4,920	4,699

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（一般化線型モデル）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。

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

ここでの記号は次の通りである。

Year: 年（1990～2021）

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）

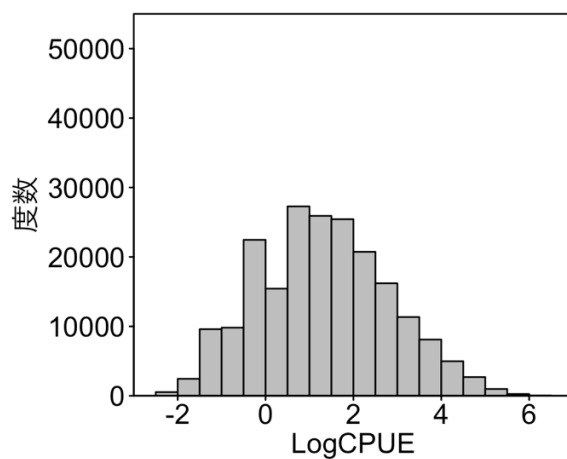
説明変数は全てカテゴリカル変数として扱った。季節（Season）はデータ欠損が生じないように 1～3 か月ごとにまとめた。変数総当たり法により BIC が最小となるモデルをベストモデルとして選択した。変数選択には R Ver 4.1.0 の MuMIn パッケージを用いた（<https://www.R-project.org/>、2022 年 8 月 3 日）。モデル選択の結果、上記の初期モデルがベストモデルとして選択された。ベストモデルより最小二乗平均（LSMEAN）を用いて海域別の年トレンドを算出し、それらを各海域の面積により重み付け平均することで標準化 CPUE の年トレンドとした。

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

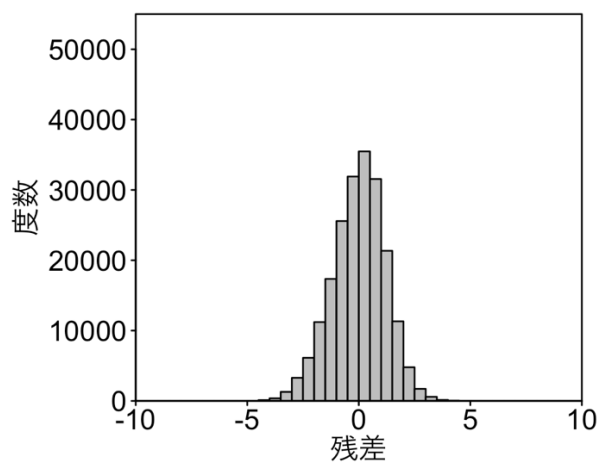
このモデルを用いて標準化 CPUE の年トレンドを求めたところ、標準化 CPUE と平均 CPUE の経年変化は、1990～2012 年は非常に良く似たトレンドを示した（補足図 3-5）。2013～2018 年にかけては、両者に乖離が見られる年もあったものの、直近 3 年間（2019～2021 年）は良く類似した。標準化 CPUE が平均 CPUE より高くなった 2017 年や 2018 年では、常磐海区の標準化 CPUE は他海域に比べ高い値で推移した（補足図 3-6）。一方、震災の影響で常磐海区の努力量は低いままであり、平均 CPUE では努力量割合の高い他海域の動向がより大きく反映されたと考えられる（補足図 3-7）。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、平均 CPUE に含まれる海域間の努力量の偏りによる影響が補正されたと考えられる。

引用文献

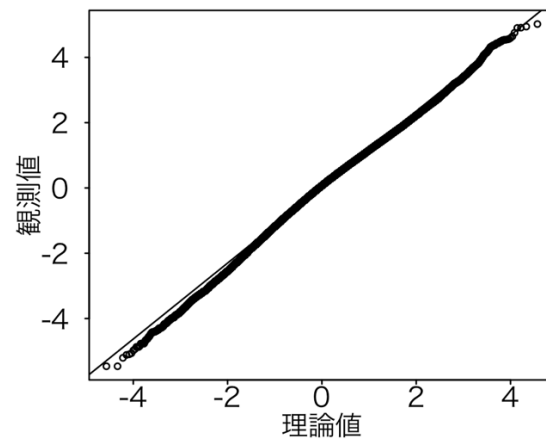
庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, **68**(2), 106-120.



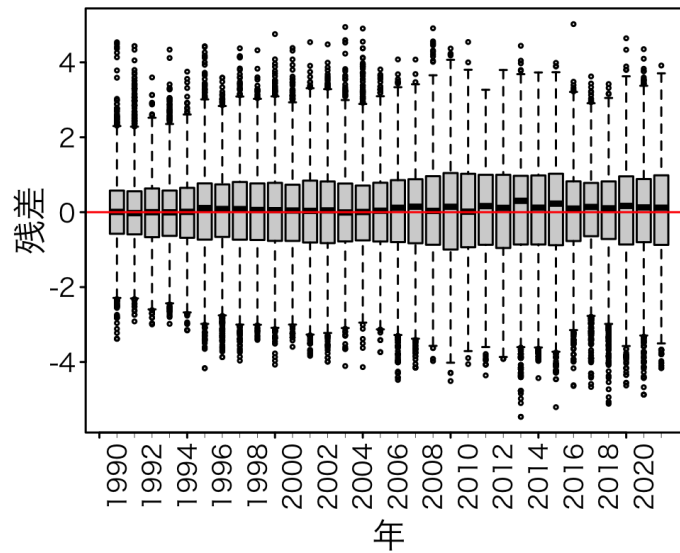
補足図 3-1. 操業ごとの LogCPUE (1990~2021 年データ)



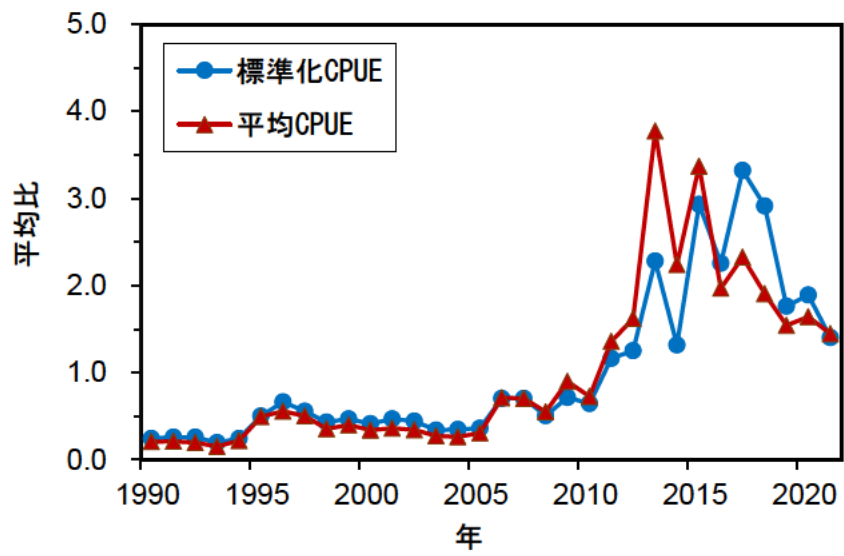
補足図 3-2. モデル予測値と実測値の残差 (1990~2021 年データ)



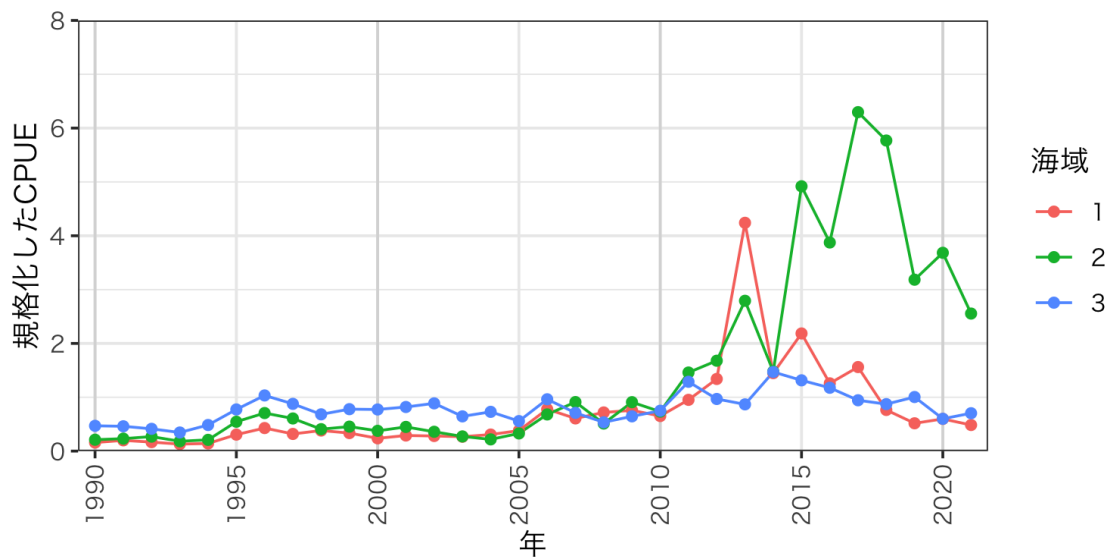
補足図 3-3. 残差の正規確率図



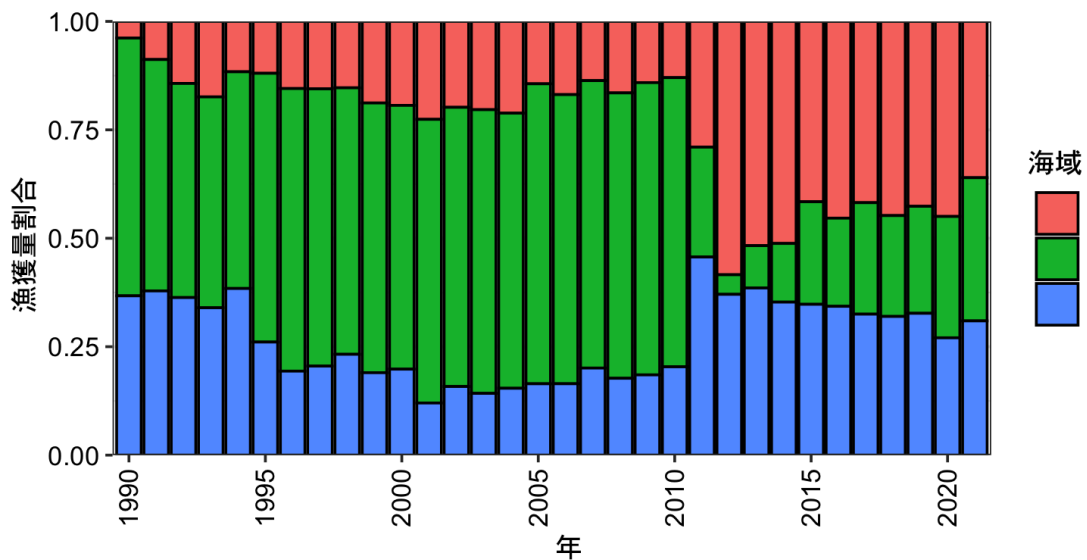
補足図 3-4. 年ごとの残差 箱ひげ図は第一～第三四分位、バーは最大値、最小値の 1.5 倍、バーの外側は外れ値を示す。



補足図 3-5. 標準化 CPUE (黒) と沖底 CPUE (白) の比較 それぞれ平均値で除すことで規格化した。



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



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

補足資料 4 加入量調査の結果

ヒラメ稚魚の加入量調査は、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。

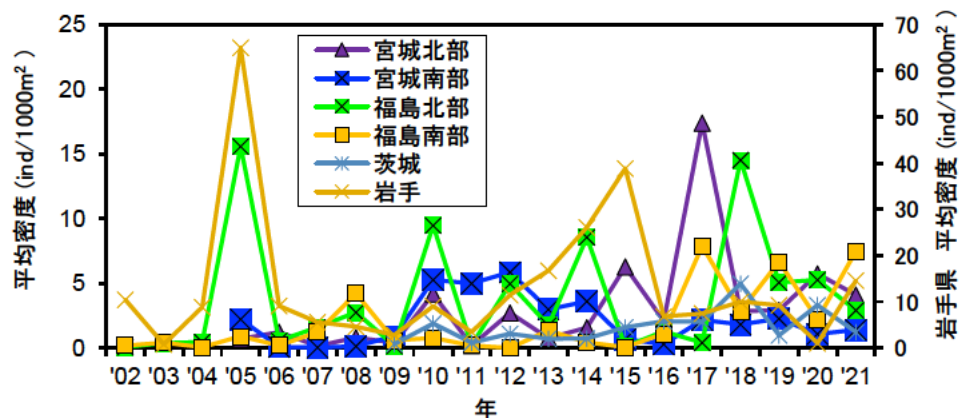
調査は、2021年5～12月の期間、岩手県から茨城県の水深5～20mの海域で実施した。採集は水工研Ⅱ型ソリネット（網口幅2m、目合い6mm）を用いて、原則1.5～2.0ノットで10分間曳網した。県（地域）ごとの稚魚密度は、年内の複数回の調査で得られた総個体数を総曳網面積で除し、暦年ごと1,000m²当たりの平均密度で評価した。密度の経年変化は、岩手県、宮城北部（石巻）、宮城南部（名取）、福島北部（相馬）、福島南部（いわき）、茨城県に分けて図示した（補足図4-1）。

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（卓越年級群）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）などで高かった。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、震災後はずれる傾向にあった。

2021年の各県（地域）における調査期間の年平均密度は、岩手（14.6個体）、宮城北部（4.1個体）、宮城南部（1.4個体）、福島北部（2.9個体）、福島南部（7.5個体）、茨城（3.4個体）であった。2021年の岩手～茨城までの平均は5.7個体であったことから、2021年を除く直近5年間（2016～2020年）の平均密度（5.3個体）と比較して、太平洋北部系群の2021年のヒラメ稚魚密度は「平年並み」と判断した。加入量調査の詳細は、櫻井ほか（2022）を参照のこと。

引用文献

櫻井慎大・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・木所英昭・栗田 豊・和田由香・森 友彦・田邊 徹・平川直人・水谷宏太（2021）令和3年度東北海域におけるヒラメ加入量調査結果. 東北底魚研究, **42**, (印刷中).



補足図 4-1. ヒラメ着底稚魚密度（年平均密度）の経年変化