

令和元（2019）年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価

担当水研：東北区水産研究所

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、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

要 約

本系群の資源量は、南部海域（宮城県、福島県、茨城県）の年齢別漁獲尾数のデータを基に VPA によって推定した。本系群は 1 歳で漁獲加入し、年級群の発生量が各年の漁獲量と資源量に強く影響する。2005、2007、2010 年に生まれた各年級群の豊度が南部海域で高かったため、2006 年漁期以降の資源量は増加した。さらに東日本大震災の影響で 2011 年漁期（2011 年 7 月～2012 年 6 月）以降の漁獲圧が低下し、生残した個体が成長したことによって 2011 年漁期以降の親魚量が急増して高位水準となった。本系群は他の系群同様、種苗放流が盛んに行われており、2011 年以降の放流数は減少しているものの、2017 年は 2,694 千尾の人工種苗が放流された。推定した親魚量を指標値とすると、2017 年漁期（2017 年 7 月～2018 年 6 月）の資源水準は「高位」、直近 5 年間（2013～2017 年漁期）の親魚量の推移から動向は「減少」と判断した。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、加入量水準を維持するとともに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 2020 年漁期の ABC を算出した。

管理基準	Target / Limit	2020 年漁期 ABC (トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
Fmax	Target	2,100	21	0.27 (－21%)
	Limit	2,540	26	0.34 (－2%)

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 2014～2016 年漁期の雌雄各年齢の平均値（0.35）である。2020 年漁期は 2020 年 7 月～2021 年 6 月、漁獲割合は 2020 年漁期の漁獲量／資源量である。 $ABC_{\text{target}} = \alpha ABC_{\text{limit}}$ 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。

漁期年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2015	11,407	8,584	3,000	0.36	26
2016	10,490	7,814	2,552	0.33	24
2017	9,889	7,801	2,572	0.35	26
2018	9,605	7,098	2,433	0.35	25
2019	9,737	6,723	2,481	0.35	25
2020	9,916	6,902	—	—	—

漁期年は7月～翌年6月。親魚量は雌雄の成熟魚の重量である。

2018、2019、2020年漁期の値は将来予測に基づいた推定値である。

F 値は雌雄各年齢の平均値である。

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（南部）	月別全長組成 ・市場調査（宮城県、茨城県） age-length key（2003年以降、年2回逐次作成） ・生物測定（水研、宮城県、福島県、茨城県） 成長曲線、全長－体重関係 ・生物測定（水研、宮城県、福島県、茨城県） 漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省）
混入率	市場調査（青森～茨城（5）県）
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 雌雄別年齢別漁獲尾数（北部）	青森県市場水揚げ伝票（青森県） 月別全長組成（岩手県） プール age-weight key；プール age-銘柄 key（北部海域） ・生物測定（水研、青森県、岩手県） 成長曲線、全長－体重関係（北部海域） ・生物測定（水研、青森県、岩手県）
2017年級群の加入量	加入量水準の指標 ・新規加入量調査（水研、青森～茨城（5）県）
成熟率	・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。東北海域（青森～茨城県）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、沖合底びき網漁業のオッタートロール漁法（以下、オッタートロール）で漁獲されている。1990 年代より全長 30 cm 未満（一部地域では 35 cm 未満）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 10～20 年の間隔で増減を繰り返している。近年では、2004 年漁期の漁獲量が大きく低下した後、増加に転じ、2007～2010 年漁期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）に伴う漁獲努力量減少の影響で、2011 年と 2012 年漁期の漁獲量は大幅に減少したが、2013 年漁期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（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 年代から震災までヒラメの種苗放流が盛んに行われている。近年、放流がヒラメの資源動態に及ぼす影響に関する生態学的な知見が蓄積されつつあるが、まだ不明の点が多い。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。

2. 生態

(1) 分布・回遊

東北海域では、5～9 月に水深 20～50 m の粗砂および砂礫地帯で産卵する。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）。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 10 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。2 歳以上の個体は、主に水深 30～150 m 以浅の陸棚域に分布する（図 1）。

岩手県沿岸は陸棚域が狭いためヒラメの分布量は相対的に少ない。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）。これらのことから、太平洋北部系群は岩手県沿岸域を境に 2 つの群に分かれている可能性がある。

(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り、大型となる。青森～岩手県（Yoneda et al. 2007）および宮城～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、本事業により当該海域で採集された個体の最高年齢は、雌は 13 歳、雄は 12 歳であった。

①成長式

A. 青森～岩手

$$\text{♀ } L = 107.2(1 - e^{-(0.10(t+2.13))})$$

$$\text{♂ } L = 61.9(1 - e^{-(0.21(t+1.87))})$$

B. 宮城～茨城

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

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

②全長－体重関係

A. 青森～岩手

$$\text{♀ } W = 7.16 \times 10^{-3} \times L^{3.11}$$

$$\text{♂ } W = 5.87 \times 10^{-3} \times L^{3.16}$$

B. 宮城～茨城

$$\text{♀ } W = 5.56 \times 10^{-3} \times L^{3.18}$$

$$\text{♂ } W = 6.99 \times 10^{-3} \times L^{3.12}$$

Lは全長 (cm)、W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

産卵は数十回にわけて行われる多回産卵である（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）。東北北部海域における成熟サイズ・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）。東北南部海域では、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。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歳魚の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歳以上魚および雌の3歳以上魚の資源量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月で、6～8月が産卵盛期である。そこで本系群では、生活周期に合わせて産卵期に年齢が加算されることとし、漁期年（7月～翌年6月）単位で資料をとりまとめて資源解析を実施した。

(4) 被捕食関係

着底後の稚魚は甲殻類のアミ類を主に摂餌するが、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、着底直後のヒラメはエビジャコ類によって被食されること、着底後1～2ヶ月の間には、1～2歳のヒラメを含む大型魚類によって被食されることが報告されている（古田 1998）。しかし、仙台湾・常磐海区においては、放流稚魚はヒラメ高齡魚、クサウオ、コモンカスベ、ガザミなどに捕食される（Tomiyama et al. 2009）ものの、天然稚魚の捕食例は稀である（Tomiyama et al. 2009、Kurita et al. 2018）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

東北海道では、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。漁業は周年行われているが、1 歳魚が漁業に新規加入する秋に漁獲量が増加する。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。特に全長制限（30 cm 未満、一部地域では 35 cm 未満）が各県で実施されており、30 cm 未満の当歳魚の漁獲はほとんどない（図 4）。

（2）漁獲量の推移

東北海域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 5、表 1、2）。1980 年代後半から 1990 年代前半の漁獲量は 1,000 トン前後であった。その後は増加し、2005 年前後と震災に伴う漁獲努力量の大幅な減少の影響による 2011、2012 年を除き、概ね 2,000 トン以上を維持している。漁獲努力量が回復した 2014 年と 2015 年の漁獲量は 3,000 トンを超えたものの、2018 年の漁獲量は 2,173 トンに減少した。漁期年で集計した漁獲量の推移も暦年の漁獲量の推移と同様に 10 年程度の周期的な変動をしており、2013～2015 年漁期に約 3,000 トンに達したものの、2016、2017 年漁期は 2,500 トン台に減少した（表 3）

漁獲量の長期的な変動傾向は青森県～茨城県の各県とも概ね同調していたが、近年は海域によって傾向が異なっている。南部（宮城県、福島県、茨城県）では、震災後に宮城県を中心に漁獲量が急増しているのに対し、北部（青森県、岩手県）では増加がみられていない（図 6）。2000 年代までは南部と北部の漁獲量がほぼ同等であったが、2013 年以降は南部の漁獲量が系群全体の漁獲量の 70%前後を占めている。

（3）漁獲努力量

本系群のヒラメは多様な漁業によって漁獲され、操業形態も地域で異なり、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～房総海区のオッターロールによるヒラメ有漁網数（漁船毎のヒラメが漁獲された日の網数の合計）の推移を図 7 に示した。

有漁網数の変化は海区によって異なり、金華山海区では 1990 年代に増加し、2000 年漁期以降は震災の影響で一時的にやや減少した期間を除き、概ね年間 1 万網前後であった。常磐海区では、1980 年代半ばまでは年間 5 千網前後であったが、その後は増加し、1995 年～2010 年漁期までは年間 2 万網を超えた。しかし、2011 年漁期以降は震災の影響で大きく減少し、やや回復がみられているものの、年間 5 千網未満となっている。房総海区では、1970 年代は 1978 年漁期を除き、年間 1 万 5 千～2 万網であった。その後は減少し、2000 年漁期以降は震災による影響を除くと、年間 2 千～5 千網前後であった。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

南部海域（宮城県・福島県・茨城県）の雌雄・年齢別の漁獲尾数を用いて系群全体の雌雄・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）。解析は漁期年（7 月～翌年 6 月）単位で実施し、1990～2017 年漁期を対象とした。1990～2017 年漁期の漁獲量は表 3 の通りである。なお、VPA による解析の際、最近年（2017 年漁期）の F 値は、震災以降、稼働率基に仮定してきた（栗田ほか 2018）。しかし、栗田ほか（2018）によると、近年（2015 年漁期以降）の稼働率は安定（0.42、0.44、

0.44) してきたことから、最新年の F 値には直近 3 年間（2014～2016 年漁期）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（漁獲量/有漁網数）を図 8 に示す。オッタートロールの CPUE は、1990 年代前半までは常磐から房総海区で卓越年級群が発生した 1980 年代半ば（中村ほか 2001）を除き、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、特に 2011 年以降は急上昇し、各海区とも 10 kg/網を超えた。2013 年漁期まではどの海区も上昇したが、2013 年漁期（40 kg/網前後）をピークに房総、金華山海区では CPUE が低下（2017 年漁期は 16～17 kg/網）したのに対し、常磐海区では 2014 年漁期に最大値（74 kg/網）となり、2017 年漁期においても高い値（54 kg/網）であった（図 8）。

資源量の指標値として、1990 年漁期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 の通り）を図 9 に示す。標準化 CPUE も 2011 年漁期以降に急上昇し、2012～2017 年漁期以降は高い値になっている。なお、1990 年～2017 年漁期の平均 CPUE との経年変化を比較すると、2000 年代半ばにかけては平均 CPUE よりも標準化 CPUE のほうがやや高い傾向となっていた。しかし、値が上昇した 2010 年以降は標準化 CPUE のほうが平均 CPUE よりも低い傾向となっていた。

(3) 漁獲物の年齢組成

これまで漁獲物の年齢組成は、尾数、重量ともに全長 50 cm 以下の 1、2 歳魚が主体であった。しかし、2010 年の卓越年級群発生と震災による漁獲努力量の大幅減少によって小型魚の生残率が増加し、近年は 3 歳以上の漁獲量、漁獲尾数が増加した（図 10、図 11）。

(4) 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 12、図 13 と表 4 に示した。資源量は、1990 年代前半は 2,000 トン前後であったが、1995～2002 年漁期は 4,000 トン前後に増加した。2003 年と 2004 年漁期の資源量は 3,000 トン以下に減少したものの、2005 年漁期以降は再び増加し、2006 年～2010 年漁期は 5,000 トン前後となった。資源量は、2011～2013 年漁期にさらに急増し、2013 年漁期には 1 万トンを超えた。その後、資源量はやや減少傾向となり、2016 年漁期まで 1 万トン以上を維持していたものの、2017 年漁期の資源量は 1 万トンを下回る（9,889 トン）と推定された。なお、親魚量（雌の 3 歳以上魚、雄の 2 歳以上魚）も資源量同様、2012 年と 2013 年漁期に急増し、2013 年漁期の親魚量は 9,009 トンに達した（図 14）。2017 年漁期の親魚量は 7,801 トンと推定され、依然として高い水準を維持しているものの、資源量同様にやや減少傾向となっている。

ヒラメの資源量は 1 歳魚の加入量変動の影響を強く受ける。1994 年、1995 年と 1999 年、さらに、2005 年、2007 年、2010 年に生まれた群（年級群）の加入尾数が多かった（図 15）ことで、1990 年代後半から 2000 年代初めと 2006 年漁期以降の資源量が増加した。2010 年漁期以降は、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、2011 年以降に資源量と親魚量が急増した。

VPA による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) が資源量、産卵親魚量、加入尾数に及ぼす影響を図 16 に示す。資源量については、 M の推定値を 1.5 倍にした場合は推定値が 116~156%に増加し、0.5 倍にした場合は 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近年ほど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、震災前は 40~53%で推移していたが、震災直後の 2011~12 年漁期は 18%に低下した。2013 年漁期以降の漁獲割合は 24~26%に上昇したが、震災前の約半分の水準となっている (図 12、図 13、表 4)。

F 値は、雌雄とも年齢によって大きく異なり、特に 2003 年漁期以前の雄の 2 歳魚の値が高かった (図 17、図 18)。雌雄の平均値で見ると、震災前は 0.53~0.97 の範囲であったが、2011 年漁期に 0.37、2012 年漁期には 0.20 に大きく低下した。2013~2016 年漁期も 0.32~0.36 の範囲にあり、震災前の水準と比較して低い値となっている (図 19)。雌雄別の平均 F 値は、1994 年漁期を除き、雄のほうが高かった。

(5) 再生産関係

VPA で推定した加入尾数 (天然+放流) と各年の混入率 (表 5) 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、前年の親魚量 (雌 3 歳以上魚、雄 2 歳以上魚の資源量) との関係をもとに天然加入魚の再生産関係を求めた (図 20)。天然魚の再生産成功率 (天然の加入尾数/親魚量) は、2013 年漁期に親魚量が急増する以前は 1994 年 (4.02 尾/kg)、1995 年 (3.43 尾/kg)、2005 年 (4.72 尾/kg) の各年級群で高い値を示した (図 21) もの、これらの年以外の再生産成功率は、0.56~2.25 尾/kg の範囲 (平均 1.39 尾/kg) であった。再生産成功率は、親魚量が増加した 2013 年級群以降はほぼ一定 (0.35~0.39 尾/kg) で安定しているものの、親魚量が増加する前と比較して低い値となった。再生産関係では、親魚量と加入尾数の間に明瞭な相関関係は認められないものの、親魚量が増加した 2013 年級群以降は、加入尾数の変動が少なく、比較的高い水準で安定していることから、近年の高い親魚量が加入尾数の安定に寄与している可能性がある。

なお、上記で用いた各漁期年の混入率は、暦年で得られる混入率を基に漁期前半 (7 月~12 月) と漁期後半 (1 月~6 月) の漁獲量比率で重み付けして計算した。また、混入率は、種苗放流魚の識別の目安となる黒化個体の比率 (黒化率 = 0.7) で補正した値を用いた。種苗放流魚の黒化率は、黒化判定基準 (中川 2010) をもとに判定された値の 2005 年以降の全国の平均値を用いた。黒化率をはじめとするデータが未整理である 2004 年漁期以前は、2005~2011 年漁期の平均値 (11.4%) として計算した。

(6) 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ときに高い加入量が期待できる親魚量 (1,670 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。

2017 年漁期の親魚量は 7,801 トンと推定され、Blimit を上回った。

(7) 資源の水準・動向

資源の水準は、親魚量を指標値として、上記で推定した B_{limit} (親魚量 1,670 トン) を低位と中位の境界とした (図 13)。さらに、1990 年以降の最大親魚量である 9,009 トン (2013 年) と B_{limit} の中間 (4,547 トン) を中位と高位の境界とした。2017 年漁期の親魚量は 7,801 トンであったことから、中位と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 年漁期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 2013~2017 年漁期の親魚量は 9,009 トンから 7,801 トンに年々減少している。そこで動向は減少傾向と判断した。

(8) 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、親魚量と加入尾数の関係が不明瞭であり、親魚量が多いほど加入尾数が増加する状況ではなかった (図 20)。また、近年は親魚量の増加によって加入尾数が安定する傾向があるほか、新規加入量調査結果においても近年の加入尾数が比較的高い水準で安定している (補足資料 4)。そこで、天然魚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、近年の比較的高い水準で加入量が安定することを想定し、過去 10 年間の平均加入尾数 (雌: 1,373 千尾、雄 1,989 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。添加効率は、福島県の年齢別混獲率を基に推定された 1998 年~2006 年の値では、年変動が大きいものの、平均 0.105 であった (表 6)。また、2017 年の種苗放流数は 2,694 千尾であったことから (表 7)、今後も同数の種苗が放流され、放流数の 0.10 (添加効率) のヒラメが生残して加入すると仮定して見積もった (269 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 2020 年の ABC の算定および将来予測を行った。

(9) 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 (30%SPR、 F_{max}) を、現状の漁獲圧として近年 (2014~2016 年漁期平均) の漁獲係数 ($F_{current}$) と震災前 (2007~2009 年漁期) の漁獲係数の関係をもとに比較した (図 22)。ここで、選択率は近年 (2014~2016 年漁期平均) の値を用いた。

30%SPR の F 値は 0.29、 F_{max} は 0.34 であり、近年の漁獲係数 ($F_{current}$) はそれぞれの 119%、102%であった。近年の漁獲係数は、加入 1 尾あたりの漁獲量を最大にする漁獲係数 (F_{max}) と同等にあると判断される。また、近年の漁獲係数 ($F_{current}$) は、2007~2009 年漁期の F 値 (0.69) の 50%であり、震災前と比較して漁獲圧が約半分に低下していた。なお近年の漁獲係数は 26%SPR に相当することから、漁獲がない場合と比較して、親魚量を 26%の水準に下げる漁獲圧となっている。

(10) 種苗放流効果

2012 年漁期以前は混入率が 10%前後であり、漁獲されるヒラメの約 1 割が放流魚であった。しかし、その後は低下し、2015 年以降は 5%を下回った（表 5）。混入率が低下した要因として、震災の影響による種苗放流数の減少（表 7）と、親魚量の増加によって天然の加入尾数が比較的高い水準で安定していることで、全体の加入尾数に占める種苗放流魚の比率が低下したことが想定される。しかし、資源が減少し、天然魚の加入尾数が少なかった年が続いた後の混入率は高く、2005 年度の混入率は 16.1%となっていた（表 5）。資源量が減少した年には放流種苗によって全体の加入尾数を増加させる効果が強くなり、近年よりも資源量と漁獲量の安定化に貢献していたと判断される。

種苗放流が与える加入尾数への影響については、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ることも示唆されている（Yamashita et al. 2017）。そのため、種苗放流による効果については、天然魚と放流魚の稚魚期から漁獲加入までの相互作用に関する研究と更なるデータ蓄積が必要である。

5. 2020 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って多くの生残個体が成長し、2013 年漁期には 1 万トン以上に達した。しかし、その後は減少傾向となり、2017 年漁期の資源量は 9,889 トンと推定された。漁獲割合は、2010 年以前は 40～53%で推移していたが、震災後は低下し（2011 年と 2012 年は 18%）、近年（2013～2016 年）は震災前の約半分の水準（24～26%）となっている。2010 年級群の生残数が少なくなったことによって資源が減少傾向にあると判断されるものの、近年の安定した加入と漁獲割合の低下によって 2017 年の親魚量（7,801 トン）は引き続き高水準を維持している。

(2) ABC の算定

ヒラメ太平洋系群の資源量は減少傾向にあるものの、近年の安定した加入と震災後の低い漁獲圧によって親魚量が依然として高位水準に維持され、 B_{limit} を大きく上回っている。そこで、ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)を適用し、加入量水準を維持するとともに、現状の資源を有効利用することを管理目標として、 F_{limit} を F_{max} 、 F_{target} を $0.8 \times F_{limit}$ を管理基準に用い、ABC を算定した。なお、資源量の解析では漁期年（7 月～翌年 6 月）を対象として計算しているため、2020 年の ABC も漁期年（2020 年 7 月～2021 年 6 月）を対象に算定した。

ABC 対象年（2020 年漁期）の資源量は、2018 年漁期以降の 1 歳の加入尾数を天然加入（雌 1,373 千尾、雄 1,989 千尾）、種苗放流による加入（269 千尾）を共に一定として与え、2018、2019 年漁期に 2014～2016 年漁期の平均 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 2020 年の資源量を基に、雌雄それぞれ F_{limit} (F_{max}) および F_{target} ($0.8 \times F_{limit}$) で漁獲した場合の漁獲量を算出し、雌雄の合計値を 2020 年漁期の

ABC として算出した。その結果、2020 年漁期におけるヒラメ太平洋北部系群の資源量は 9,889 トン、2020 年漁期の ABClimit は 2,540 トン、ABCtarget は 2,100 トンとなった（ABC は 10 トン未満を四捨五入した）。

管理基準	Target / Limit	2020 年漁期 ABC (トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
Fmax	Target	2,100	21	0.27 (－21%)
	Limit	2,540	26	0.34 (－2%)

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 2014～2016 年漁期の雌雄各年齢の平均値（0.35）である。2020 年漁期は 2020 年 7 月～2021 年 6 月、漁獲割合は 2020 年漁期の漁獲量／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)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.8Fmax	0.27	2,433	2,481	2,101	2,274	2,433	2,539	2,606	2,646
F30%SPR	0.29	2,433	2,481	2,226	2,370	2,505	2,592	2,645	2,676
Fmax	0.34	2,433	2,481	2,538	2,590	2,656	2,691	2,709	2,720
Fcurrent	0.35	2,433	2,481	2,584	2,620	2,674	2,702	2,715	2,723
F2007-2009	0.69	2,433	2,481	4,378	3,334	2,860	2,639	2,543	2,507
		資源量 (トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.8Fmax	0.27	9,605	9,737	9,916	10,661	11,355	11,823	12,118	12,294
F30%SPR	0.29	9,605	9,737	9,916	10,502	11,058	11,419	11,640	11,768
Fmax	0.34	9,605	9,737	9,916	10,104	10,341	10,468	10,534	10,571
Fcurrent	0.35	9,605	9,737	9,916	10,045	10,238	10,334	10,382	10,407
F2007-2009	0.69	9,605	9,737	9,916	7,751	6,753	6,278	6,073	5,993
		親魚量 (トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0.8Fmax	0.27	7,098	6,723	6,902	7,612	8,306	8,773	9,069	9,245
F30%SPR	0.29	7,098	6,723	6,902	7,467	8,024	8,385	8,605	8,734
Fmax	0.34	7,098	6,723	6,902	7,108	7,345	7,471	7,538	7,574
Fcurrent	0.35	7,098	6,723	6,902	7,055	7,247	7,344	7,391	7,417
F2007-2009	0.69	7,098	6,723	6,902	4,999	4,001	3,526	3,321	3,241

ABC の評価として、 F_{limit} (= F_{max})、 F_{target} (= $0.8F_{max}$) に加えて、震災前の 2007～2009 年の F 値の平均 ($F_{2007-2009}$)、 $F_{current}$ 、 $F_{30\%SPR}$ 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) を前項の表および図 23、図 24 に示した (F 値は雌雄の平均値)。 $F_{2007-2009} = 0.69$ 、 $F_{current} = 0.35$ 、 $F_{30\%SPR} = 0.29$ である。 $0.8F_{max}$ と $F_{30\%SPR}$ で漁獲した場合、資源量と親魚量が増加することが期待されるのに対し、 F_{max} および $F_{current}$ ではほぼ横ばいとなった。 $F_{2007-2009}$ で漁獲した場合、漁獲量が一時的に増加するものの、資源量と親魚量が急速に減少すると予測された。現在資源が高水準であることから、 F_{max} 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。

近年、漁獲量の変化が北部と南部では異なっていることに加え、青森県と南部 (宮城県、茨城県) における漁獲物の年齢組成は大きく異なっている (栗田ほか 2018)。そこで、海域による漁獲状況の違いが与える影響として、海域別 (北部と南部) に資源量を推定し、海域別に管理を行った場合の結果と比較した結果を補足資料 5 に示した。

(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
2017 年漁期の雌雄・年齢別漁獲尾数	雌雄・年齢別漁獲尾数 1 歳魚の加入尾数の平均値 管理基準値 (Fmax) 最近年 (2014 年～2016 年漁期) の F 値

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)
2018 年漁期 (当初)	Fmax	0.33	16,390	3,940	3,250	—
2018 年漁期 (2018 年再評価)	Fmax	0.34	10,620	2,760	2,280	—
2018 年漁期 (2019 年再評価)	Fmax	0.34	9,600	2,430	2,010	2,433 (0.35)
2019 年漁期 (当初)	Fmax	0.34	10,760	2,800	2,320	—
2019 年漁期 (2019 年再評価)	Fmax	0.34	9,740	2,470	2,050	—

2018 年漁期の漁獲量は、前進計算による推定値である。

2018、2019 年漁期における推定資源量の 2019 年再評価値は、ともに前年推定値の約 90%に減少した。これは、2017 年漁期の年齢別漁獲尾数が当初の仮定値よりも少なかったことと、2016 年漁期における漁獲量が 185 トン上方修正されたものの、本年度は最新年の F 値の推定方法が稼働率による方法 (2007 年～2009 年漁期の 0.44 とした) から直近 3 年平均に変更したことによって、資源量が下方修正 (F 値が上方修正) されたことによる。

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 (一部地域では 35 cm) 未満のヒラメの放流を義務づけている。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需要である。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

- 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.
- 石戸芳男 (1990) 東北海区北部におけるヒラメ若齢魚の分布と移動. 東北水研研報, **52**, 33-43.
- 北川大二・石戸芳男・桜井泰憲・福永辰廣 (1994) 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢、成長、成熟. 東北水研研報, **56**, 69-76.
- 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.
- 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. 神奈川県水産総研研報, **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.
- 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：木所英昭、富樫博幸、成松庸二、柴田泰宙、栗田 豊)



図 1. ヒラメ太平洋北部系群の分布

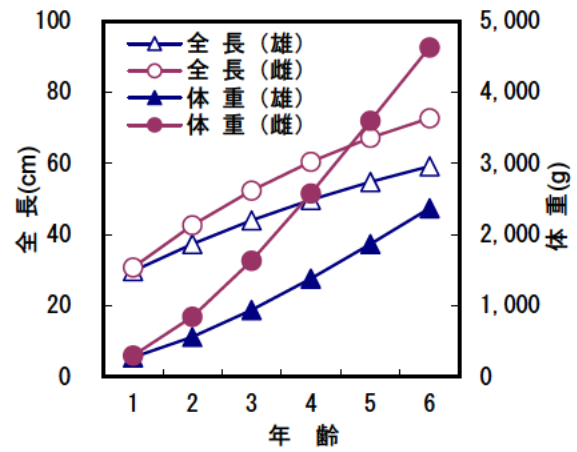


図 2. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城県）の成長

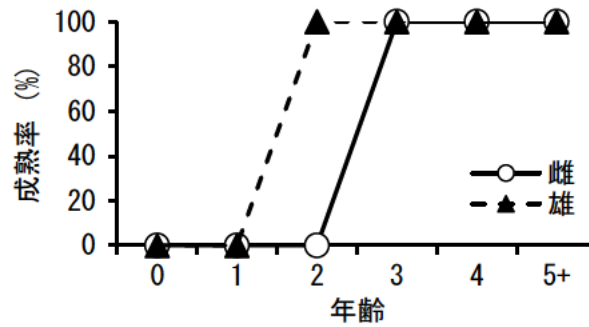


図 3. ヒラメ太平洋北部系群（宮城県～茨城県）の年齢と成熟率

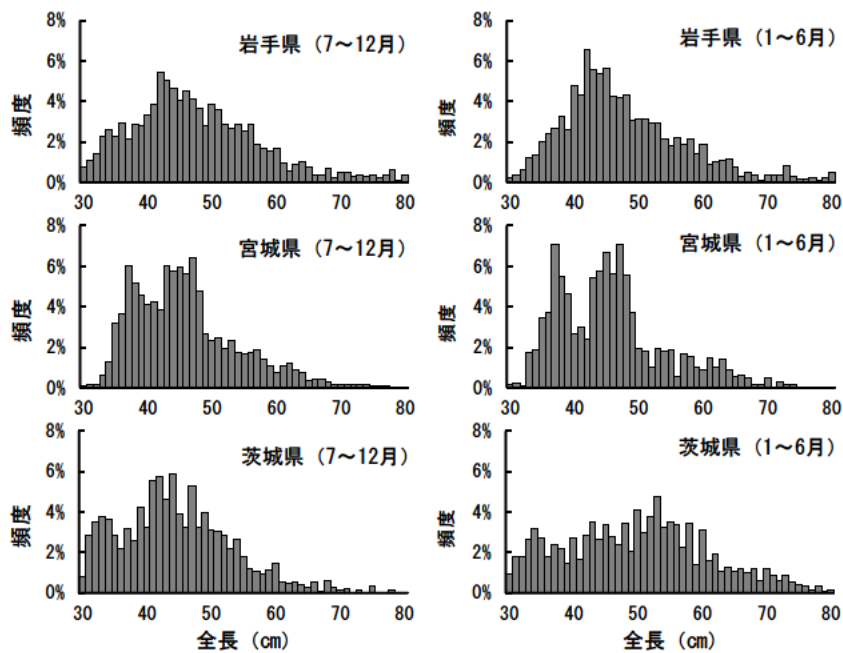


図 4. 2017 年漁期（2017 年 7 月～2018 年 6 月）の岩手県、宮城県、茨城県における漁獲物の全長組成

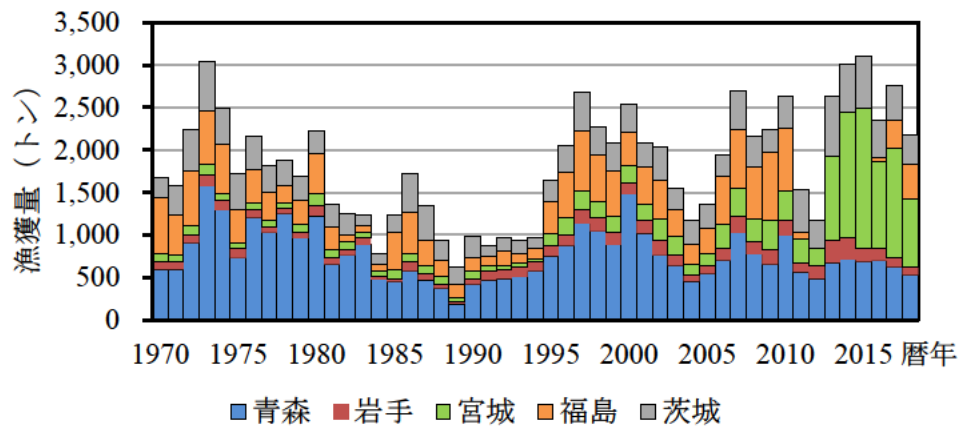


図5. 県別漁獲量の推移

東北ブロック全県、漁業養殖業生産統計年報より暦年で集計した。

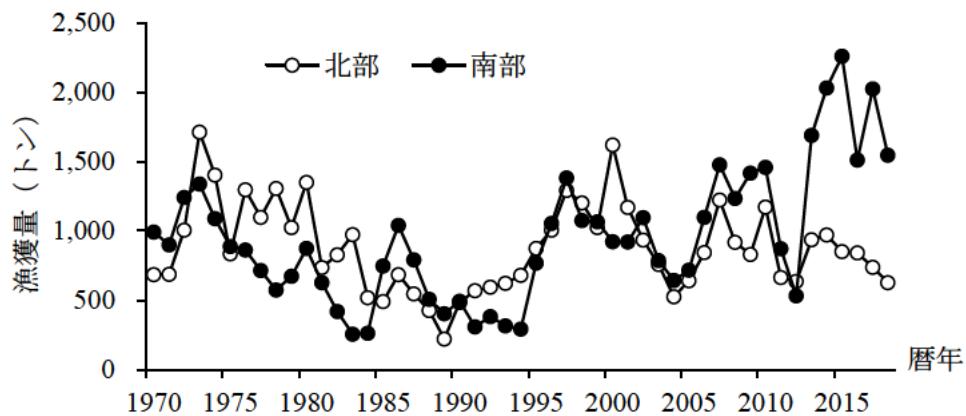


図6. 北部（青森県、岩手県）と南部（宮城県、福島県、茨城県）の漁獲量の推移

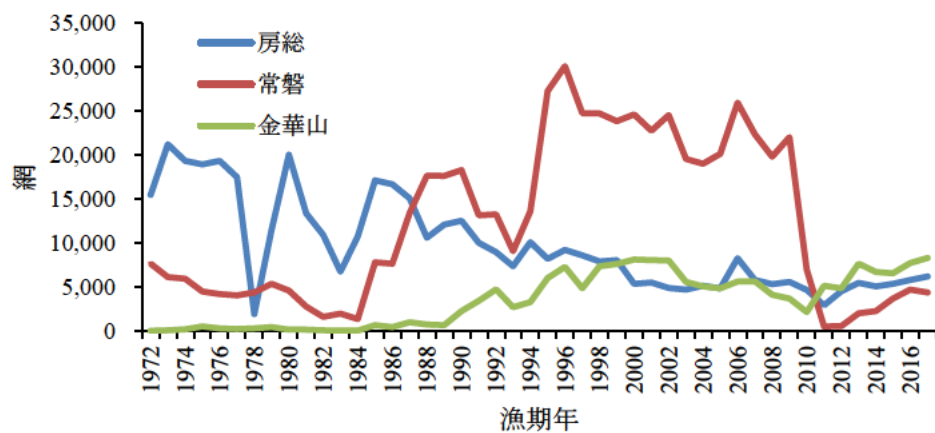


図7. 沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの有漁網数の経年変化

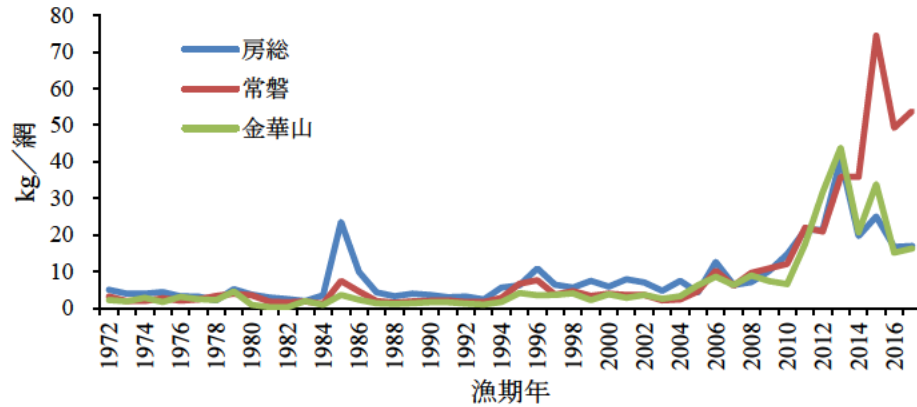


図 8. 沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの海域別平均 CPUE（有漁 1 網あたりの漁獲量）

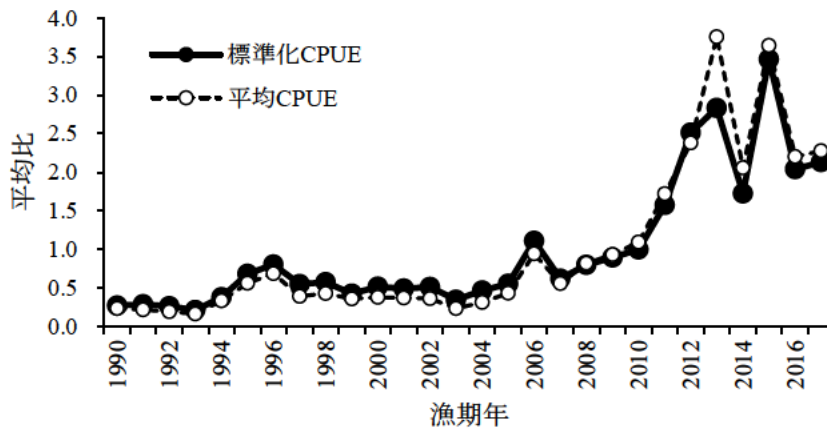


図 9. 沖合底びき網漁業（オッタートロール）におけるヒラメの標準化 CPUE

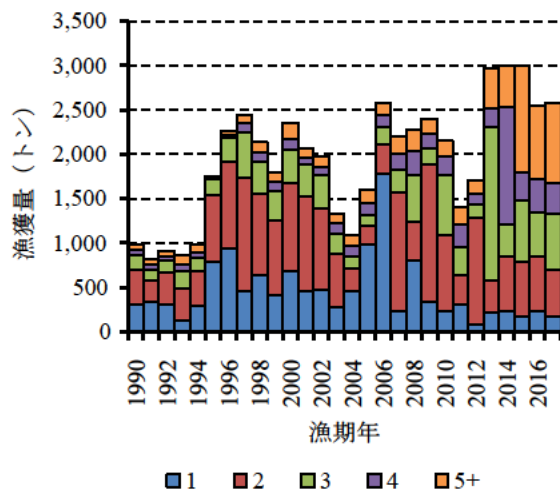


図 10. 1990～2017 年漁期における年齢別漁獲量の推移
漁期年（7 月～翌 6 月）で集計。

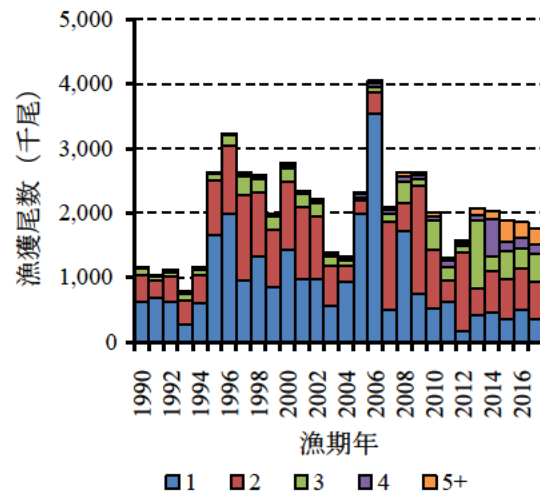


図 11. 1990～2017 年漁期における年齢別漁獲尾数の推移
漁期年（7 月～翌 6 月）で集計。

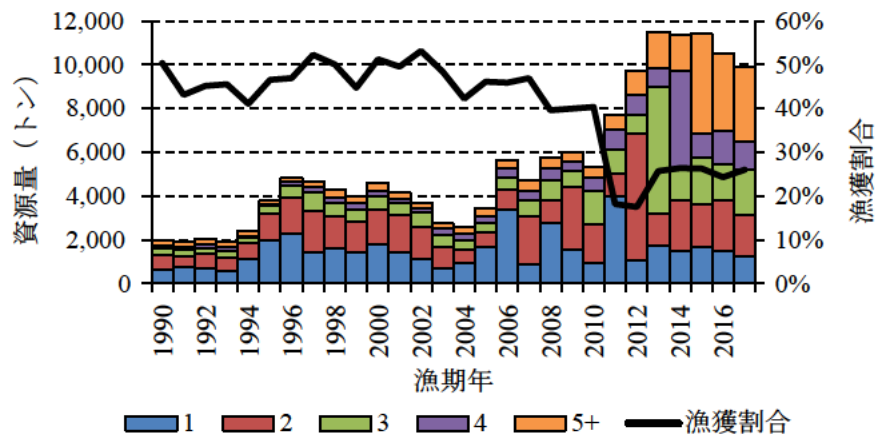


図 12. 1990～2017 年漁期における推定資源量と漁獲割合の推移
推定資源量は年齢別に示した。

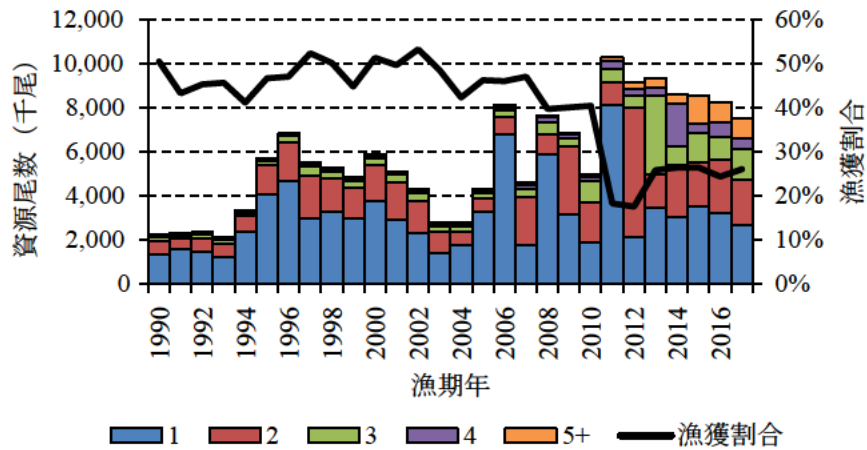


図 13. 1990～2017 年漁期における推定資源尾数と漁獲割合の推移
推定資源尾数は年齢別に示した。

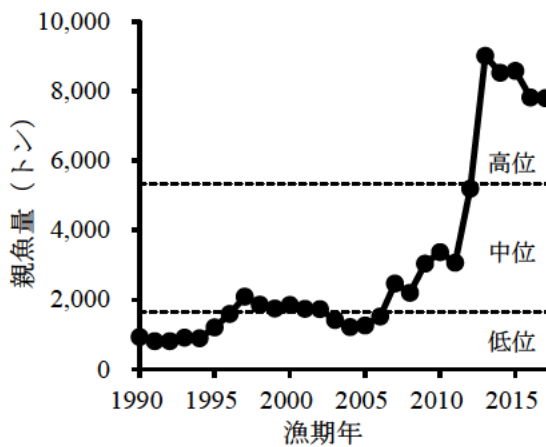


図 14. 推定親魚量の推移
図中の点線は資源水準の境界

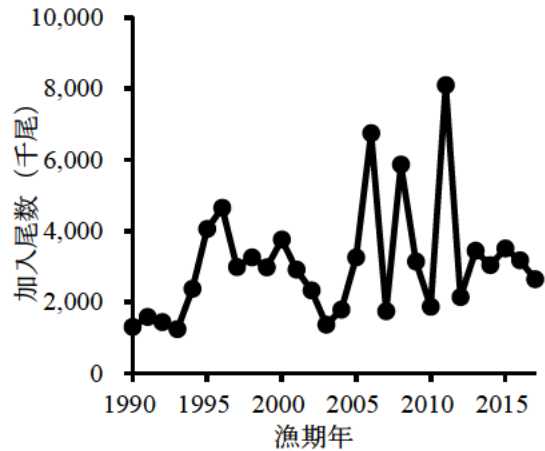


図 15. 推定加入尾数（1 歳魚の資源尾数）
の推移

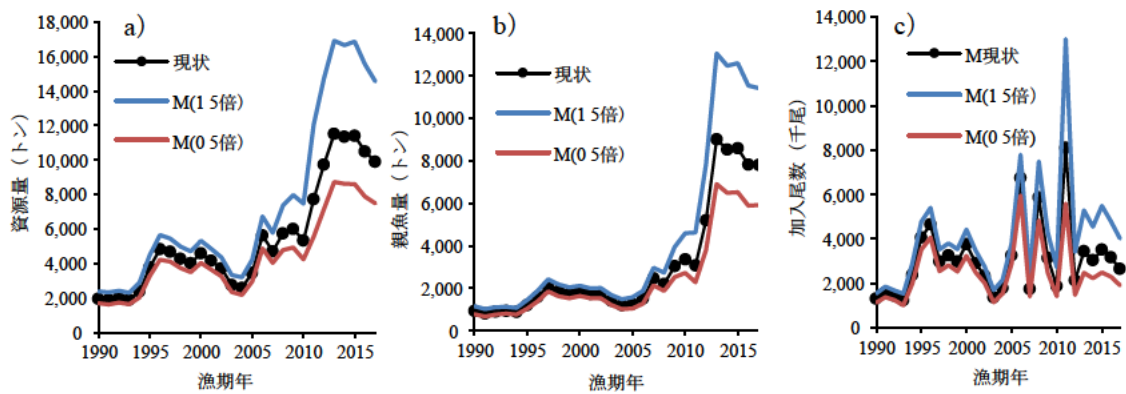


図 16. 自然死亡係数 (M) の感度解析結果 a) 資源量、b) 親魚量、c) 加入尾数高年齢魚の割合が高い近年ほど仮定した M による影響が大きい。

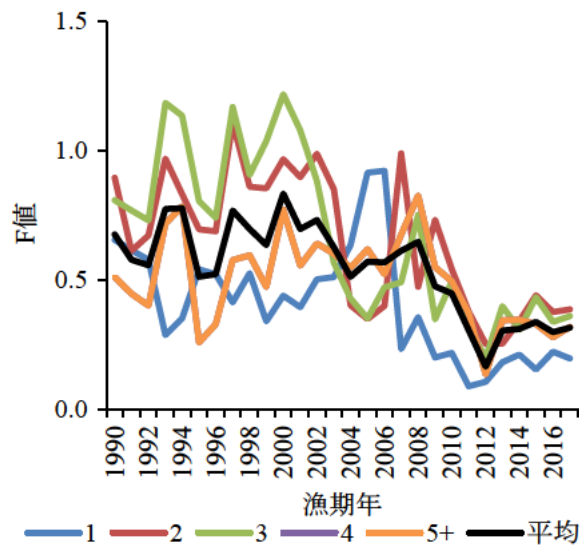


図 17. 雌の F 値の推移
年齢別および雌の平均値を示す。

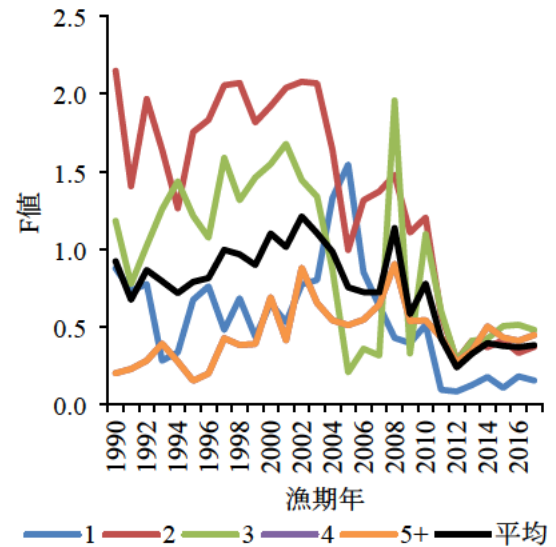


図 18. 雄の F 値の推移
年齢別および雄の平均値を示す。

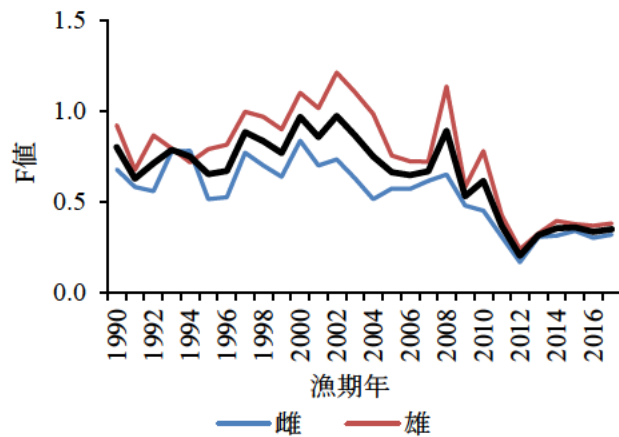


図 19. 雌雄別の F 値と雌雄の平均 F 値の推移

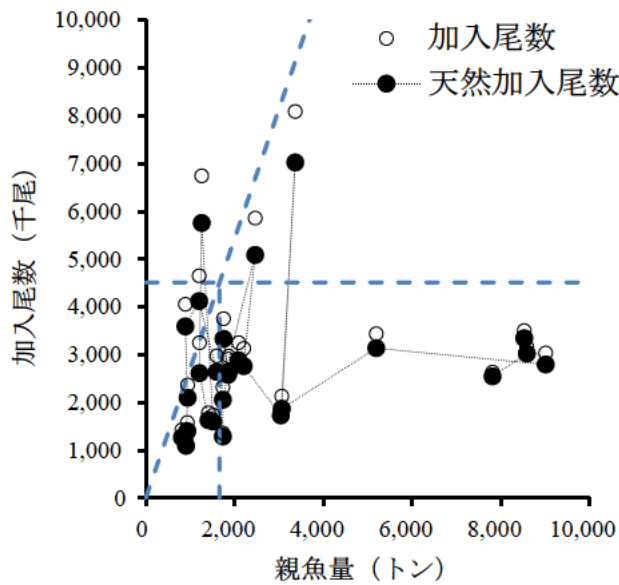


図 20. 再生産関係

親魚量と翌年 1 歳加入尾数の関係
で示した (1990~2015 年)。
破線は、加入尾数および RPS の
90%点を示す。

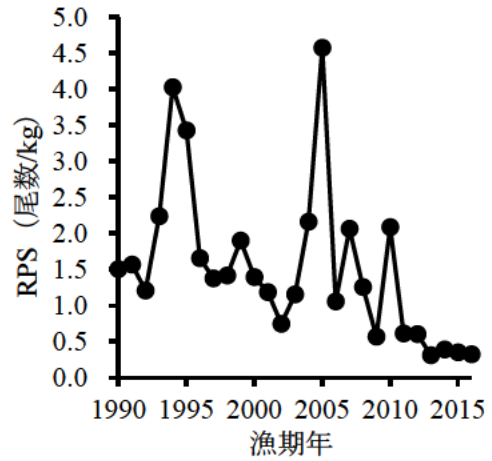


図 21. 再生産成功率の推移

1 歳魚の天然魚加入尾数/
親魚量。生まれた年 (年
級群) で示した。

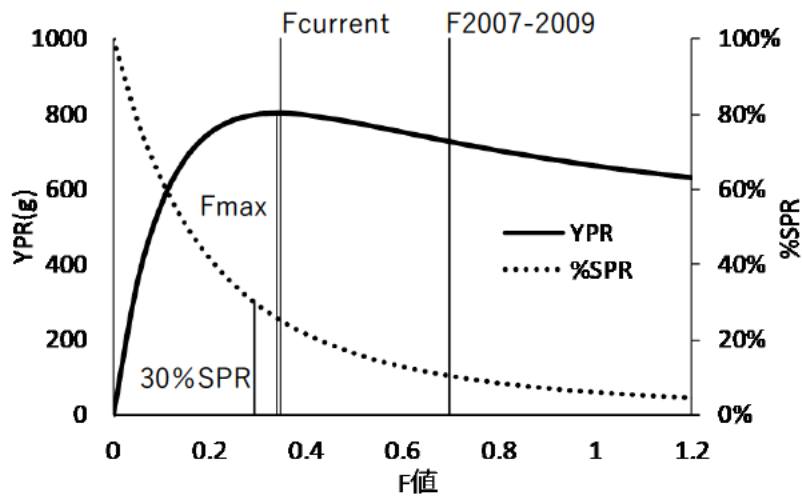


図 22. 漁獲係数と YPR、SPR の関係

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。Fcurrent
と F2007-2009 も合わせて示した。

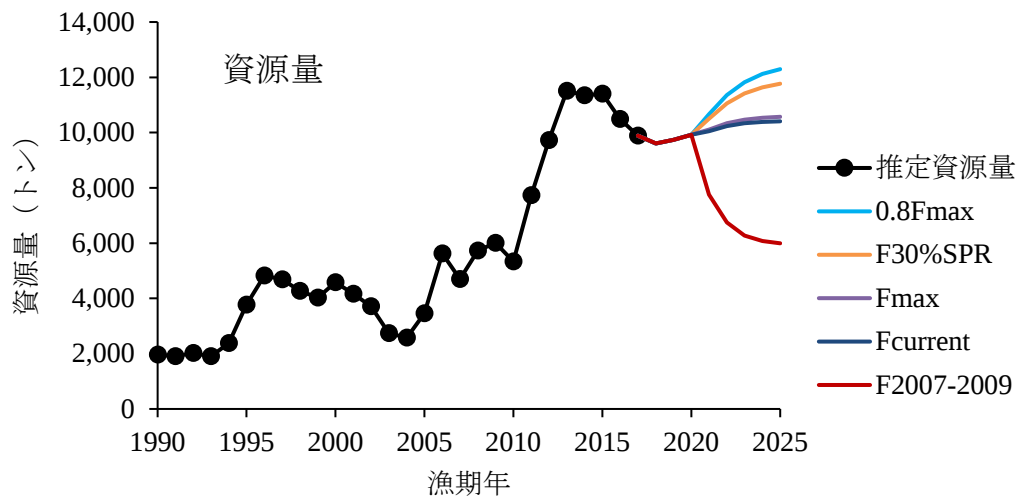


図 23. 各漁獲方策による今後の資源量の変化予測

図中において $F_{limit} = F_{max}$ 、 $F_{target} = 0.8F_{max}$ である。

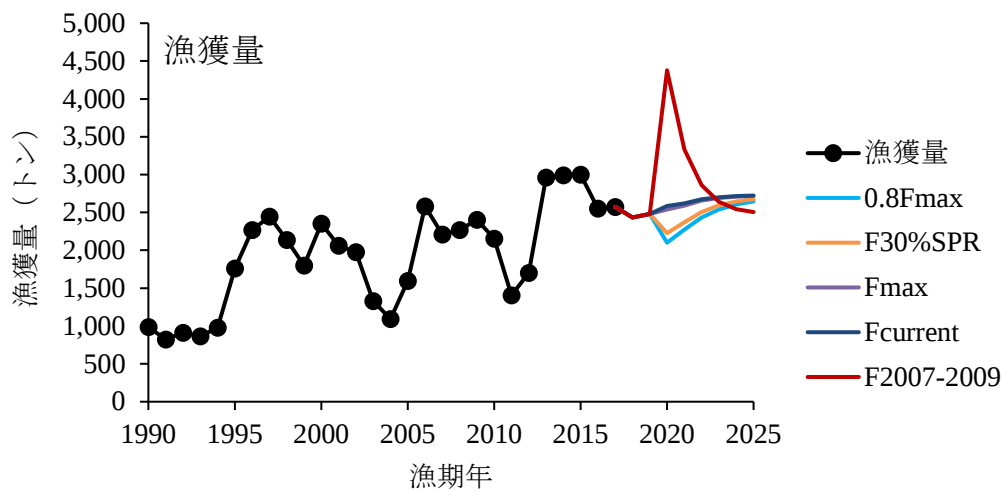


図 24. 各漁獲方策による今後の漁獲量の変化予測

図中において $F_{limit} = F_{max}$ 、 $F_{target} = 0.8F_{max}$ である。

表 1. ヒラメの県別漁獲量（トン、暦年）

年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
青森	598	599	905	1,573	1,292	730	1,205	1,026	1,252	962
岩手	87	87	100	138	110	105	92	71	54	61
宮城	92	80	101	126	86	68	81	77	63	103
福島	656	466	646	629	589	387	394	336	217	288
茨城	243	353	495	582	413	434	388	302	295	282
合計	1,676	1,585	2,247	3,048	2,490	1,724	2,160	1,812	1,881	1,696

年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
青森	1,228	654	765	885	476	449	579	473	371	191
岩手	121	82	64	89	42	41	105	74	55	30
宮城	139	93	87	63	55	95	100	92	81	45
福島	472	264	88	78	79	438	487	297	196	147
茨城	264	271	245	115	129	215	453	403	229	210
合計	2,224	1,364	1,249	1,230	781	1,238	1,724	1,339	932	623

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
青森	421	471	488	506	578	754	878	1,135	1,046	884
岩手	64	99	106	117	102	121	127	156	156	140
宮城	89	61	49	44	42	145	194	232	195	202
福島	150	115	163	116	117	375	536	700	544	525
茨城	255	133	170	155	134	248	323	451	336	339
合計	979	879	976	938	973	1,643	2,058	2,674	2,277	2,090

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
青森	1,480	1,020	764	639	456	546	702	1,022	773	653
岩手	139	150	171	120	70	96	142	201	146	177
宮城	201	195	250	220	120	136	276	320	271	339
福島	396	439	458	315	243	304	580	704	615	813
茨城	326	287	388	251	280	277	242	452	349	265
合計	2,542	2,091	2,031	1,545	1,169	1,359	1,942	2,699	2,154	2,247

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
青森	995	568	488	678	709	689	700	625	530
岩手	177	96	149	258	262	161	141	113	98
宮城	344	288	197	987	1,465	1,644	1,015	1,289	804
福島	734	78	0	0	0	0	51	328	397
茨城	380	505	336	702	566	614	446	407	344
合計	2,630	1,535	1,170	2,625	3,002	3,108	2,353	2,437	2,173

「漁業養殖業生産統計年報」による。

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	2014	2015	2016	2017	2018
青森県	沖底	1	3	3	4	7	4	11	10	23	22	28	25
	小底	104	111	113	107	14	22	46	63	7	16	7	4
	刺網	377	255	166	399	173	123	120	105	194	211	124	130
	定置網	*	*	318	*	327	290	*	*	*	326	320	257
	その他	*	*	53	89	46	47	70	75	73	71	83	66
計		1,022	773	653	995	568	488	678	709	689	700	625	530
岩手県	沖底	*	*	*	*	*	*	*	*	1	1	*	1
	小底	*	*	*	0	0	*	*	0	0	0	2	0
	刺網	110	61	80	68	27	43	63	72	28	38	28	34
	定置網	78	77	85	92	66	100	184	176	118	88	67	53
	その他	14	8	10	10	4	6	11	14	15	14	12	10
計		201	146	177	177	96	149	258	262	161	141	113	98
宮城県	沖底	32	34	31	24	42	99	374	171	377	141	191	89
	小底	89	68	112	90	28	*	119	421	463	312	382	286
	刺網	173	131	164	188	119	48	390	702	655	485	629	385
	定置網	25	34	26	40	96	34	101	168	148	76	86	42
	その他	2	4	5	2	2	0	1	3	1	0	1	2
計		320	271	339	344	288	197	987	1,465	1,644	1,015	1,289	804
福島県	沖底	246	166	325	216	33	0	0	0	0	*	*	*
	小底	137	85	133	105	25	0	0	0	0	7	56	70
	刺網	304	348	338	396	19	0	0	0	0	1	35	74
	定置網	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	17	16	17	16	1	0	0	0	0	9	37	69
計		704	615	813	734	78	0	0	0	0	51	328	397
茨城県	沖底	*	*	22	59	77	47	93	138	255	168	93	86
	小底	225	159	97	117	164	151	269	180	208	168	166	144
	刺網	150	141	110	154	194	27	235	160	45	42	82	61
	定置網	*	*	5	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	その他	42	*	31	30	62	111	73	69	72	57	57	43
計		452	349	265	380	505	336	702	566	614	446	407	344
合計	沖底	307	220	381	*	*	*	478	319	640	346	*	*
	小底	555	423	455	420	230	187	434	665	677	504	613	504
	刺網	1,114	936	858	1,206	533	241	809	1,029	923	777	898	684
	定置網	578	469	434	531	*	*	744	819	690	552	*	*
	その他	145	105	116	152	113	164	159	168	160	153	190	190
計		2,699	2,154	2,247	2,630	1,535	1,170	2,625	3,002	3,108	2,353	2,762	2,173

「漁業養殖業生産統計年報」による。

2018 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。

表 3. ヒラメ太平洋北部系群の漁獲量（トン、漁期年集計）

漁期年	青森	岩手	宮城	福島	茨城	計
1990	492	88	96	136	177	988
1991	408	98	54	118	144	822
1992	447	103	50	146	166	912
1993	483	117	35	111	121	867
1994	484	107	56	147	186	980
1995	711	136	200	466	247	1,760
1996	761	112	221	719	453	2,267
1997	1,113	170	204	591	369	2,448
1998	816	156	227	578	360	2,138
1999	721	120	170	438	350	1,799
2000	1,343	145	198	392	272	2,351
2001	885	162	211	482	322	2,062
2002	846	166	236	387	339	1,975
2003	578	97	164	265	225	1,329
2004	360	64	115	260	292	1,091
2005	699	105	179	367	247	1,597
2006	819	166	366	800	431	2,582
2007	861	199	264	544	342	2,209
2008	788	141	302	734	305	2,270
2009	767	182	322	774	357	2,402
2010	825	145	268	485	434	2,156
2011	548	112	341	0	406	1,407
2012	590	170	367	0	576	1,703
2013	714	265	1,299	0	683	2,962
2014	640	248	1,541	0	563	2,992
2015	724	155	1,554	0	567	3,000
2016	686	130	1,103	241	392	2,552
2017	628	113	1,083	365	383	2,572

漁期年は、7月～翌6月。

表 4. ヒラメ太平洋北部系群の資源解析結果

漁期年	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	988	1,961	50.4	932	1,300	1,153	1.50
1991	822	1,904	43.2	810	1,582	1,402	1.57
1992	912	2,017	45.2	907	1,432	1,269	1.21
1993	867	1,902	45.6	939	1,233	1,093	2.24
1994	980	2,384	41.1	894	2,370	2,101	4.02
1995	1,760	3,777	46.6	1,203	4,057	3,596	3.43
1996	2,267	4,827	47.0	1,596	4,651	4,123	1.66
1997	2,448	4,681	52.3	2,092	2,980	2,642	1.38
1998	2,138	4,269	50.1	1,862	3,251	2,882	1.42
1999	1,799	4,021	44.7	1,752	2,974	2,636	1.90
2000	2,351	4,585	51.3	1,850	3,757	3,330	1.40
2001	2,062	4,160	49.6	1,737	2,912	2,581	1.19
2002	1,975	3,715	53.2	1,734	2,325	2,061	0.70
2003	1,329	2,746	48.4	1,414	1,367	1,211	1.12
2004	1,091	2,583	42.2	1,211	1,785	1,582	2.25
2005	1,597	3,459	46.2	1,260	3,255	2,731	4.72
2006	2,582	5,622	45.9	1,521	6,745	5,947	1.03
2007	2,209	4,704	47.0	2,464	1,740	1,572	2.10
2008	2,270	5,730	39.6	2,202	5,858	5,184	1.29
2009	2,402	6,004	40.0	3,042	3,132	2,847	0.56
2010	2,156	5,339	40.4	3,364	1,863	1,706	2.10
2011	1,407	7,733	18.2	3,067	8,093	7,055	0.62
2012	1,703	9,725	17.5	5,196	2,133	1,913	0.61
2013	2,962	11,513	25.7	9,009	3,441	3,154	0.32
2014	2,992	11,351	26.4	8,529	3,037	2,841	0.39
2015	3,000	11,407	26.3	8,584	3,507	3,342	0.35
2016	2,552	10,490	24.3	7,814	3,169	3,040	0.33
2017	2,572	9,889	26.0	7,801	2,640	2,541	

親魚量は3歳以上魚の雌と2歳以上魚の雄の重量。

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

表 5. 太平洋北部系群の混入率 (%)

年度	青森県	岩手県	宮城県	茨城県	全体	黒化率	補正混入率 (全体)
2005	2.5	16.4	31.0	18.1	10.9	0.7	16.1
2006	2.1	11.6	20.6	7.3	8.0	0.7	11.8
2007	2.1	8.0	21.6	5.5	6.6	0.7	9.7
2008	3.0	14.5	17.2	8.1	7.8	0.7	11.5
2009	5.0	13.2	7.5	5.1	6.2	0.7	9.1
2010	4.4	13.7	4.8	6.2	5.7	0.7	8.4
2011	7.1	21.0	10.0	6.3	8.7	0.7	12.8
2012	8.3	13.7	6.2	4.2	7.0	0.7	10.3
2013	8.0	6.7	5.2	3.7	5.7	0.7	8.3
2014	8.0	5.6	3.0	3.6	4.4	0.7	6.5
2015	6.2	3.8	1.5	3.9	3.2	0.7	4.7
2016	3.9	3.4	1.1	5.3	2.8	0.7	4.1
2017	3.2	3.2	1.2	5.2	2.5	0.7	3.7

黒化率は2005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 6. 福島県で水揚げされたヒラメより算出した添加効率の推移

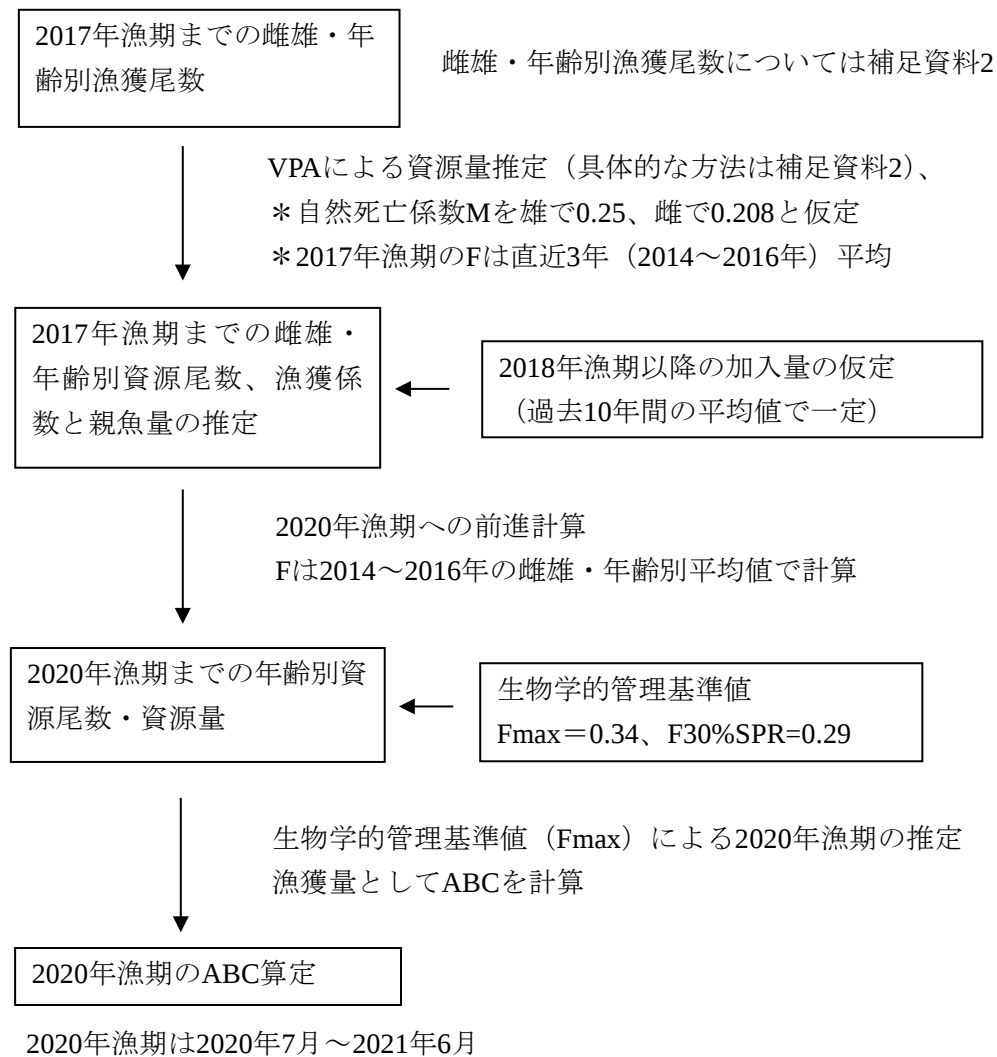
[illegible]

表 7. ヒラメの種苗放流実績（千尾、暦年）

年	青森県	岩手県	宮城県	福島県	茨城県	計
1990	839	571	265	394	238	2,307
1991	1,500	499	382	429	171	2,981
1992	1,459	398	325	428	264	2,874
1993	1,291	461	328	327	410	2,817
1994	1,573	335	787	387	774	3,856
1995	1,335	287	839	436	254	3,151
1996	1,194	41	551	1,015	631	3,432
1997	1,172	94	487	1,184	584	3,521
1998	1,106	75	709	1,150	820	3,860
1999	1,163	239	924	1,015	1,428	4,769
2000	979	701	1,155	1,050	1,358	5,243
2001	1,080	1,158	1,119	1,034	1,056	5,447
2002	1,018	1,204	1,028	1,054	785	5,089
2003	902	1,335	1,116	439	850	4,642
2004	303	1,353	899	1,120	984	4,659
2005	1,305	1,235	605	1,056	653	4,854
2006	1,040	1,113	290	1,040	973	4,456
2007	1,035	1,210	220	1,040	805	4,310
2008	929	1,282	268	1,040	962	4,481
2009	940	1,518	440	1,022	1,001	4,921
2010	868	1,472	639	1,030	818	4,827
2011	712	0	30	0	4	746
2012	995	252	203	100	117	1,667
2013	615	192	220	100	417	1,544
2014	312	0	20	100	280	712
2015	326	501	170	100	234	1,331
2016	622	1,138	200	100	609	2,669
2017	490	1,170	210	100	724	2,694

「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

産卵盛期が 6～8 月で、年齢起算日を 7 月 1 日としていること、漁獲加入がほぼ満 1 歳の 9 月頃から開始することから、7 月～翌年 6 月を漁期年として漁期年単位で性別年齢別尾数を集計した。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 (2010 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、東日本大震災の影響で、2011 年 3 月以降福島県の水揚げがない状況が続いた。そのため、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、各年の漁期年の前半 (7～12 月) と後半 (1～6 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 4 に示す漁期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。

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、 $2.5/\text{寿命}$ (田中 1960) から雌雄それぞれ 0.208、0.250 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

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

$$F_{a,term} = \sum_{y=2014}^{2016} F_{a,y}$$

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、漁期年の中間に一斉に漁獲されると仮定していることから、漁期年の中間時（1.5 歳、2.5 歳、3.5 歳、4.5 歳、5+は 6 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	377	321
2	685	541
3	1,083	783
4	1,834	1,144
5+	4,621	2,373

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
1	258	308	259	107	228	625	700	376	507	331	496	364	373	275	435	979	1,845	174	553	211	145	293	81	238	239	176	187	144
2	167	104	144	166	147	221	352	555	344	341	410	431	382	265	111	117	175	621	203	544	323	152	565	132	279	293	268	194
3	66	50	52	84	56	51	93	199	132	132	144	135	141	80	56	54	86	112	158	80	159	100	48	526	98	195	123	144
4	15	16	12	20	16	5	9	30	33	27	32	21	27	37	36	39	42	56	81	48	61	63	27	52	255	62	71	68
5+	13	12	13	21	17	5	8	16	21	20	34	20	21	19	23	30	27	40	46	34	35	38	23	82	77	183	124	134
合計	519	490	479	399	465	907	1,162	1,175	1,038	852	1,117	971	944	676	660	1,219	2,175	1,003	1,040	917	723	646	745	1,030	948	909	774	684
漁獲重量(t)	603	518	534	605	563	781	1,102	1,490	1,198	1,072	1,357	1,186	1,167	859	724	1,083	1,715	1,468	1,364	1,271	1,172	938	1,041	1,950	1,838	1,914	1,492	1,458

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
1	0.66	0.62	0.58	0.29	0.35	0.54	0.52	0.41	0.53	0.34	0.44	0.40	0.50	0.51	0.64	0.92	0.92	0.23	0.36	0.20	0.22	0.09	0.11	0.18	0.21	0.15	0.22	0.20
2	0.90	0.61	0.67	0.97	0.83	0.70	0.69	1.11	0.86	0.85	0.97	0.90	0.99	0.85	0.40	0.35	0.40	0.99	0.47	0.73	0.54	0.38	0.25	0.25	0.34	0.44	0.38	0.39
3	0.81	0.77	0.73	1.19	1.14	0.80	0.74	1.17	0.91	1.04	1.22	1.08	0.88	0.57	0.43	0.35	0.47	0.49	0.75	0.35	0.49	0.32	0.20	0.40	0.31	0.43	0.34	0.36
4	0.51	0.45	0.40	0.72	0.79	0.26	0.33	0.58	0.60	0.47	0.77	0.56	0.64	0.60	0.55	0.62	0.52	0.67	0.83	0.55	0.50	0.37	0.14	0.34	0.35	0.33	0.28	0.32
5+	0.51	0.45	0.40	0.72	0.79	0.26	0.33	0.58	0.60	0.47	0.77	0.56	0.64	0.60	0.55	0.62	0.52	0.67	0.83	0.55	0.50	0.37	0.14	0.34	0.35	0.33	0.28	0.32
平均	0.68	0.58	0.56	0.78	0.78	0.51	0.52	0.77	0.70	0.64	0.83	0.70	0.73	0.63	0.51	0.57	0.57	0.61	0.65	0.48	0.45	0.31	0.17	0.31	0.31	0.34	0.30	0.32

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
1	596	744	654	474	855	1,659	1,908	1,233	1,374	1,271	1,546	1,235	1,047	762	1,025	1,811	3,399	928	2,044	1,287	823	3,786	892	1,579	1,387	1,363	1,036	895
2	313	251	326	297	289	488	784	919	662	658	734	808	675	514	371	440	589	1,097	596	1,161	855	537	2,810	651	1,068	911	948	673
3	132	104	110	135	92	102	197	320	246	227	227	226	267	204	178	201	252	320	331	301	453	403	299	1,772	410	616	476	528
4	42	48	39	43	34	24	37	76	81	81	65	55	62	90	94	94	115	128	159	127	173	224	238	199	965	244	324	275
5+	37	38	45	45	35	25	31	40	53	60	71	51	49	48	61	73	73	90	90	88	101	135	201	311	293	722	564	545
合計	1,119	1,184	1,174	995	1,303	2,298	2,958	2,588	2,416	2,297	2,643	2,375	2,101	1,617	1,729	2,619	4,427	2,562	3,220	2,964	2,404	5,086	4,439	4,512	4,123	3,856	3,348	2,916

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
1	343	428	376	273	492	955	1,099	710	791	732	890	711	603	439	590	1,043	1,957	534	1,177	741	474	2,180	514	909	799	785	597	515
2	388	312	405	370	359	606	974	1,142	823	818	912	1,004	839	639	461	547	732	1,363	741	1,443	1,062	668	3,492	809	1,327	1,132	1,179	836
3	279	219	233	285	193	215	416	674	519	480	480	478	564	430	376	424	532	676	698	635	955	851	630	3,739	864	1,299	1,004	1,114
4	129	148	121	133	104	74	114	236	249	250	202	169	193	277	290	291	355	395	492	391	534	694	735	615	2,985	755	1,001	852
5+	170	176	206	210	162	117	143	183	244	276	328	236	227	221	282	336	337	418	416	409	465	625	929	1,437	1,355	3,336	2,606	2,520
合計	1,309	1,283	1,341	1,271	1,310	1,968	2,746	2,945	2,627	2,556	2,812	2,598	2,426	2,006	1,999	2,642	3,912	3,385	3,524	3,619	3,490	5,017	6,300	7,509	7,330	7,308	6,387	5,837
親魚量	577	543	560	628	459	406	673	1,093	1,013	1,005	1,010	883	984	928	948	1,052	1,224	1,488	1,606	1,436	1,954	2,169	2,294	5,791	5,204	5,390	4,612	4,486

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
1	362	384	370	163	380	1,036	1,288	585	820	529	933	606	607	294	493	1,002	1,690	336	1,170	530	367	331	85	188	232	186	307	217
2	256	153	238	199	283	617	706	769	651	546	648	690	595	355	151	87	155	734	229	1,144	598	187	663	264	348	322	373	379
3	26	14	25	22	28	61	66	83	64	56	65	70	61	49	23	5	12	12	167	15	294	90	46	530	140	242	197	283
4	2	2	2	3	2	1	4	9	5	6	7	5	7	7	6	5	8	10	15	9	12	40	20	32	324	73	97	83
5+	2	3	4	5	3	2	2	7	8	7	11	5	8	4	4	4	5	6	9	5	6	7	16	27	44	154	111	115
合計	648	556	639	392	696	1,716	2,066	1,454	1,548	1,144	1,662	1,375	1,279	709	676	1,104	1,869	1,098	1,590	1,703	1,278	656	830	1,041	1,088	976	1,084	1,076
漁獲重量(t)	385	304	377	261	417	979	1,165	957	939	727	994	877	808	470	367	513	867	741	906	1,131	984	469	661	1,012	1,154	1,086	1,060	1,114
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
1	0.87	0.73	0.77	0.28	0.33	0.67	0.76	0.48	0.68	0.43	0.65	0.53	0.77	0.80	1.33	1.54	0.85	0.63	0.43	0.39	0.51	0.09	0.08	0.12	0.17	0.10	0.18	0.15
2	2.15	1.40	1.97	1.64	1.26	1.75	1.83	2.06	2.07	1.82	1.92	2.04	2.08	2.07	1.64	0.99	1.31	1.37	1.48	1.10	1.20	0.57	0.28	0.41	0.37	0.41	0.33	0.37
3	1.18	0.77	1.02	1.26	1.44	1.21	1.07	1.59	1.31	1.46	1.55	1.68	1.44	1.34	0.87	0.20	0.36	0.31	1.96	0.33	1.09	0.60	0.28	0.41	0.42	0.50	0.51	0.48
4	0.20	0.23	0.28	0.39	0.27	0.15	0.20	0.42	0.38	0.39	0.69	0.41	0.88	0.65	0.54	0.51	0.54	0.64	0.90	0.53	0.54	0.43	0.27	0.34	0.50	0.43	0.41	0.45
5+	0.20	0.23	0.28	0.39	0.27	0.15	0.20	0.42	0.38	0.39	0.69	0.41	0.88	0.65	0.54	0.51	0.54	0.64	0.90	0.53	0.54	0.43	0.27	0.34	0.50	0.43	0.41	0.45
平均	0.92	0.67	0.86	0.79	0.72	0.79	0.81	0.99	0.97	0.90	1.10	1.01	1.21	1.10	0.98	0.75	0.72	0.72	1.13	0.58	0.78	0.42	0.24	0.32	0.39	0.38	0.37	0.38
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
1	704	838	778	759	1,515	2,398	2,743	1,747	1,878	1,703	2,211	1,677	1,278	605	760	1,444	3,347	813	3,815	1,845	1,040	4,307	1,241	1,862	1,650	2,144	2,133	1,745
2	328	229	314	280	447	845	953	1,000	844	739	860	899	771	460	212	157	240	1,115	337	1,939	969	486	3,062	891	1,284	1,080	1,506	1,390
3	42	30	44	34	42	98	114	119	100	83	94	98	91	75	45	32	45	50	221	60	500	227	213	1,799	461	693	557	844
4	13	10	11	12	8	8	23	30	19	21	15	16	14	17	15	15	20	25	29	24	34	130	97	126	933	236	326	260
5+	15	18	18	17	15	14	14	24	28	25	24	15	16	10	11	12	13	15	16	14	18	23	78	104	127	501	374	362
合計	1,103	1,126	1,164	1,102	2,027	3,362	3,847	2,920	2,868	2,570	3,204	2,705	2,171	1,167	1,043	1,659	3,665	2,018	4,417	3,882	2,560	5,173	4,690	4,782	4,454	4,653	4,896	4,601
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
1	297	354	329	320	640	1,012	1,158	737	793	719	933	708	539	255	321	609	1,413	343	1,610	779	439	1,818	524	786	696	905	900	737
2	248	173	237	211	337	638	719	755	637	557	649	678	582	347	160	118	181	842	254	1,463	731	367	2,311	672	969	815	1,137	1,049
3	49	35	51	40	49	115	132	138	116	97	109	114	106	88	53	37	53	59	257	70	582	264	248	2,094	537	807	648	982
4	22	16	17	20	12	13	37	49	31	34	24	25	23	27	25	24	33	40	47	40	55	212	158	204	1,518	383	531	423
5+	36	43	42	40	36	32	34	56	65	59	57	36	38	23	26	28	30	35	39	34	42	55	185	247	301	1,189	887	860
合計	652	621	676	631	1,075	1,809	2,081	1,736	1,642	1,466	1,773	1,562	1,289	741	584	818	1,709	1,319	2,206	2,385	1,849	2,716	3,425	4,004	4,021	4,099	4,103	4,051
親魚量	355	267	347	311	435	797	923	999	849	747	840	854	749	485	263	208	297	976	596	1,606	1,410	898	2,902	3,218	3,325	3,194	3,203	3,315

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
1	620	692	628	270	608	1,661	1,988	962	1,327	859	1,429	970	979	569	927	1,981	3,535	510	1,723	741	512	625	167	426	471	362	495	361
2	422	256	382	366	430	837	1,058	1,324	995	887	1,058	1,121	977	620	261	204	330	1,355	432	1,688	920	340	1,228	396	627	615	641	573
3	92	64	76	106	84	112	159	282	197	189	209	205	203	129	79	59	98	124	325	95	453	190	94	1,057	238	437	320	427
4	17	17	14	23	18	6	13	39	38	33	38	26	34	44	41	44	50	67	96	57	73	103	47	85	579	134	168	150
5+	16	16	17	26	20	7	10	23	29	27	45	24	29	24	27	34	31	46	54	39	42	45	39	108	122	337	234	246
合計	1,168	1,046	1,118	791	1,161	2,623	3,228	2,630	2,586	1,996	2,779	2,346	2,223	1,385	1,336	2,323	4,044	2,102	2,630	2,620	2,001	1,303	1,575	2,071	2,036	1,885	1,858	1,761
漁獲重量(t)	988	822	912	867	980	1,760	2,267	2,448	2,138	1,799	2,351	2,062	1,975	1,329	1,091	1,597	2,582	2,209	2,270	2,402	2,156	1,407	1,703	2,962	2,992	3,000	2,552	2,572
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
1	0.76	0.67	0.68	0.28	0.34	0.61	0.64	0.45	0.61	0.39	0.55	0.46	0.64	0.66	0.98	1.23	0.89	0.43	0.39	0.30	0.36	0.09	0.09	0.15	0.19	0.13	0.20	0.17
2	1.52	1.01	1.32	1.30	1.05	1.23	1.26	1.58	1.46	1.34	1.44	1.47	1.53	1.46	1.02	0.67	0.86	1.18	0.98	0.92	0.87	0.48	0.27	0.33	0.35	0.43	0.35	0.38
3	1.00	0.77	0.88	1.22	1.29	1.01	0.91	1.38	1.11	1.25	1.38	1.38	1.16	0.95	0.65	0.28	0.41	0.40	1.35	0.34	0.79	0.46	0.24	0.40	0.37	0.47	0.42	0.42
4	0.36	0.34	0.34	0.55	0.53	0.20	0.26	0.50	0.49	0.43	0.73	0.48	0.76	0.63	0.54	0.56	0.53	0.66	0.87	0.54	0.52	0.40	0.20	0.34	0.42	0.38	0.34	0.38
5+	0.36	0.34	0.34	0.55	0.53	0.20	0.26	0.50	0.49	0.43	0.73	0.48	0.76	0.63	0.54	0.56	0.53	0.66	0.87	0.54	0.52	0.40	0.20	0.34	0.42	0.38	0.34	0.38
平均	0.80	0.63	0.71	0.78	0.75	0.65	0.67	0.88	0.83	0.77	0.97	0.86	0.97	0.86	0.75	0.66	0.64	0.67	0.89	0.53	0.61	0.37	0.20	0.32	0.35	0.36	0.33	0.35
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
1	1,300	1,582	1,432	1,233	2,370	4,057	4,651	2,980	3,251	2,974	3,757	2,912	2,325	1,367	1,785	3,255	6,745	1,740	5,858	3,132	1,863	8,093	2,133	3,441	3,037	3,507	3,169	2,640
2	641	480	640	577	736	1,333	1,737	1,918	1,506	1,397	1,594	1,707	1,446	974	583	597	829	2,212	933	3,100	1,824	1,023	5,871	1,542	2,352	1,991	2,454	2,062
3	174	134	154	169	134	200	311	439	346	310	321	325	358	279	223	233	297	371	552	361	953	630	512	3,572	871	1,309	1,033	1,372
4	55	58	50	55	41	32	60	107	100	102	80	70	77	106	109	109	135	152	188	151	206	355	335	325	1,898	480	650	535
5+	52	56	62	62	50	39	45	63	80	85	95	66	65	58	72	85	85	105	106	103	118	158	279	415	420	1,223	938	908
合計	2,223	2,310	2,338	2,097	3,331	5,661	6,805	5,507	5,283	4,868	5,847	5,080	4,271	2,784	2,772	4,279	8,092	4,580	7,637	6,846	4,964	10,259	9,129	9,294	8,577	8,509	8,244	7,518
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
1	640	782	705	593	1,132	1,967	2,257	1,447	1,584	1,451	1,823	1,419	1,142	694	911	1,652	3,369	877	2,787	1,520	913	3,998	1,037	1,695	1,495	1,690	1,497	1,252
2	636	485	642	581	696	1,244	1,694	1,896	1,460	1,376	1,561	1,682	1,421	986	621	666	913	2,205	995	2,906	1,793	1,034	5,803	1,481	2,296	1,947	2,315	1,885
3	328	253	284	325	242	330	549	813	635	576	589	592	670	518	428	462	585	734	955	705	1,537	1,115	878	5,833	1,401	2,105	1,652	2,096
4	151	164	138	153	116	87	152	285	280	284	227	194	217	305	315	315	388	435	538	431	589	906	892	820	4,503	1,139	1,532	1,275
5+	206	220	248	249	198	149	177	239	310	335	386	273	265	244	308	364	367	453	455	442	507	680	1,114	1,684	1,656	4,525	3,493	3,381
合計	1,961	1,904	2,017	1,902	2,384	3,777	4,827	4,681	4,269	4,021	4,585	4,160	3,715	2,746	2,583	3,459	5,622	4,704	5,730	6,004	5,339	7,733	9,725	11,513	11,351	11,407	10,490	9,889
親魚量	932	810	907	939	894	1,203	1,596	2,092	1,862	1,752	1,850	1,737	1,734	1,414	1,211	1,260	1,521	2,464	2,202	3,042	3,364	3,067	5,196	9,009	8,529	8,584	7,814	7,801

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、月および所属船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、3-2、3-3）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漁期年（7 月～翌年 6 月）を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 3-4 と 3-5 の通りであった。

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

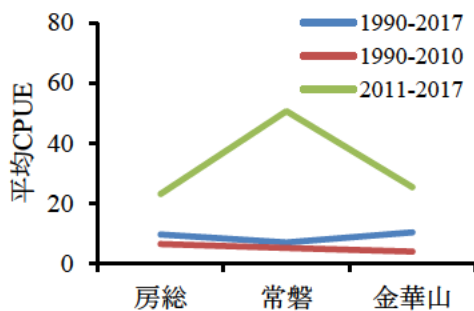
ここで、それぞれの説明変数は、カテゴリカル変数とした。

Year：1990～2018 年の各年

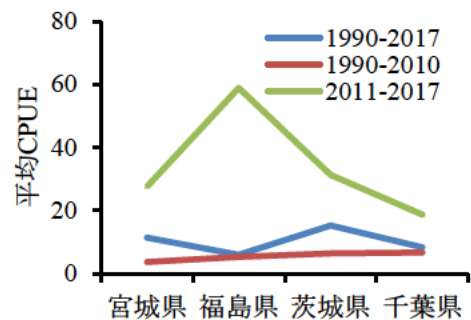
Month：7 月と 8 月を除く各月

Area：金華山、常磐、房総の 3 海区

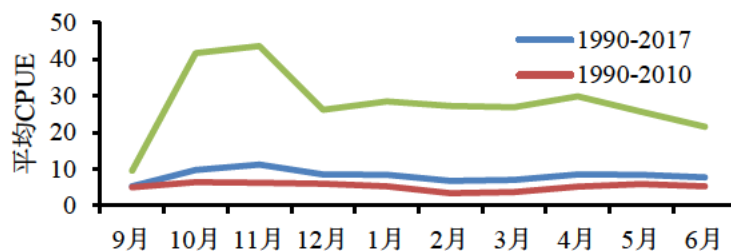
Pref：漁船の所属県であり、宮城県、福島県、茨城県、千葉県の 4 県



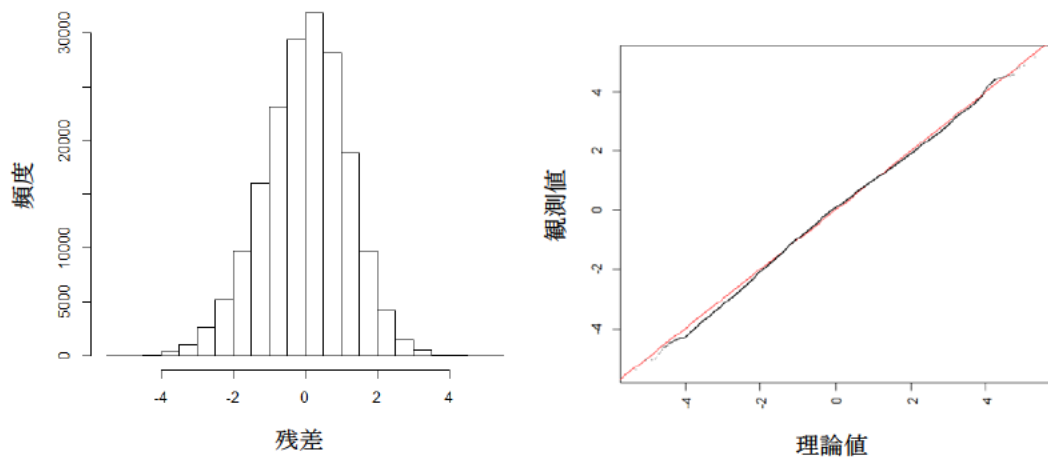
補足図 3-1. 海域による CPUE の違い
震災前後の漁期年別に示した。



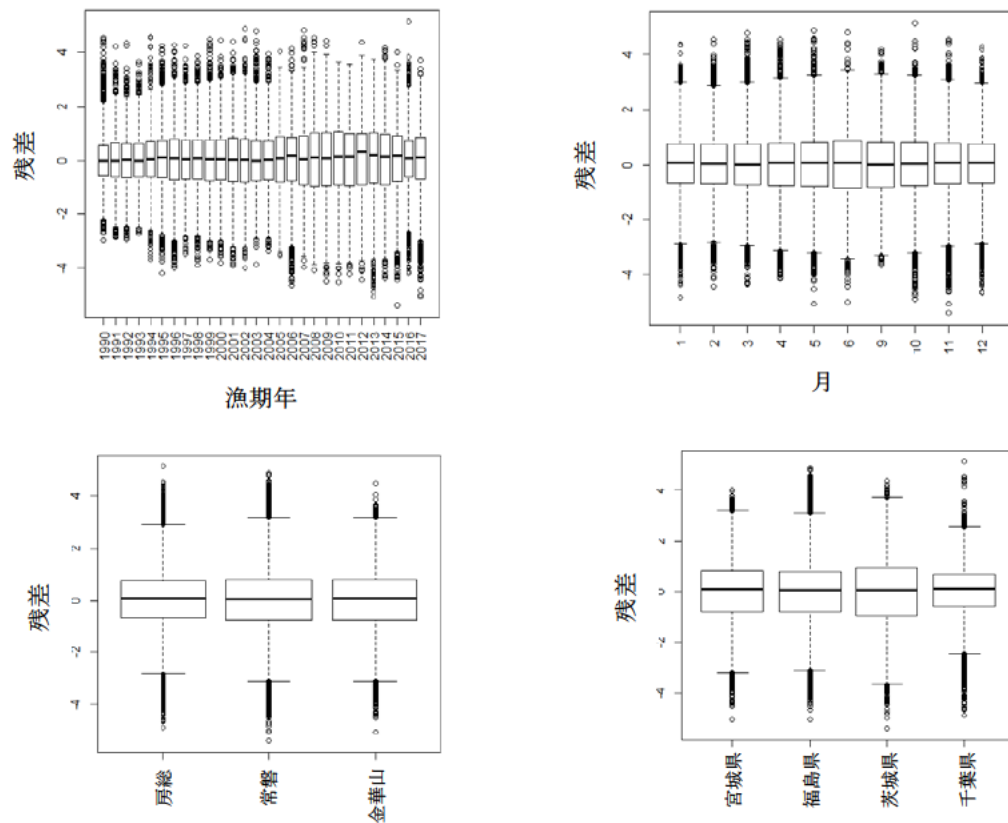
補足図 3-2. 所属県による CPUE の違い
震災前後の漁期年別に示した。



補足図 3-3. 月による CPUE の違い 震災前後の漁期年別に示した。



補足図 3-4. 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 3-5. 各変数における残差の箱ひげ図

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.

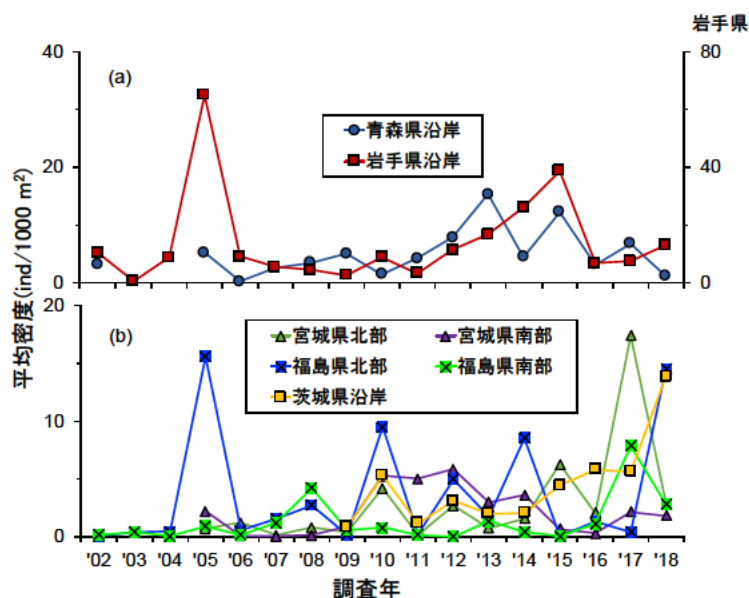
補足資料 4 新規加入量調査の結果

ヒラメ太平洋北部系群では 2002 年より新規加入量調査を行っている。この調査は 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 2018 年 4 月～11 月に青森県から茨城県にかけて、おもに水深 5～20 m の海域で実施した。採集は水工研Ⅱ型ソリネット（網口幅 2 m、目合い 6 mm）を用いて、原則 1.5～2.0 ノットで 10 分間曳網した。海域ごとの稚魚密度は、各年で得られた総個体数を総曳網面積（1000 m² 単位）で除して計算し、調査年ごとの平均密度で評価した。平均密度の経年変化は、宮城県を境にして北部海域（青森県沿岸、岩手県沿岸：補足図 4-1 (a)）および南部海域（宮城県南北、福島県南北、茨城県沿岸：補足図 4-1 (b)）に分けて図示した。

2005 年の岩手県および福島県北部、また 2010 年の南部海域では密度が高く、資源評価の結果、いずれも卓越年級群であると評価された。岩手県では、2011 年の震災以降、2015 年まで密度が増加し、2016 年に低下、その後 2018 年まで横ばいであった。茨城県も震災以降、密度が増加し、2018 年は調査開始以降、最高密度を記録した。他の海域でも増減を繰り返しているが、震災前に比べ震災後の密度は高い傾向が見られた。

太平洋北部系群におけるヒラメ稚魚の直近 5 年間の平均密度（2013～2017 年、7 海域の平均）は 6.25 個体であり、2018 年の平均密度（2018 年、7 海域の平均）は 7.18 個体であった。直近 5 年間の推移より、2018 年ヒラメ稚魚の密度は「平年並み～やや増」と判断した。新規加入量調査の詳細は、富樫ほか（2019）を参照のこと。



補足図 4-1. ヒラメ着底稚魚密度（平均密度）の経年変化
(a) 東北部海域、(b) 南部海域

引用文献

富樫博幸・櫻井慎大・木所英昭・和田由香・高梨愛梨・金戸悠梨子・實松敦之・松井俊幸
(2019) 東北部海域におけるヒラメ新規加入量調査結果. 東北底魚研究, 39, (印刷中) .

補足資料 5 海域による漁獲状況の違いが資源評価に与える影響

1. 背景

ヒラメ太平洋北部系群では、青森県から茨城県が対象海域となっている。しかし、岩手県を境として、北部（青森県と岩手県）と南部（宮城県・福島県・茨城県）では漁獲物の年齢組成が異なることは以前より指摘されており、南部（福島県）と北部（青森県）を分けてコホート解析を行うことが検討されている（栗田ほか 2006）。しかし、北部海域においては、南部と比較して年齢別漁獲尾数の推定精度が低いことから、青森県の銘柄別漁獲量を基に推定した資源量が参考値として示されているものの（栗田ほか 2018）、資源評価には直接用いられてこなかった。

一方、南部海域においては 2010 年に豊度の高い加入群が発生したこと、震災による漁獲努力量が減少したことによって若齢魚が多く生き残り、2013 年以降は資源に占める高齢魚の比率が高くなっている。しかし、青森県のデータを用いた解析結果では、近年も高齢魚の比率は低い状況である（栗田ほか 2018）。さらに、北部と南部では震災後の漁獲努力量の回復率も異なっているため、VPA による直近年の F の仮定も異なる（栗田ほか 2018）。そこで、海域による状況の違いが与える影響について、資源評価で採用した方法（南部における雌雄・年齢別漁獲量を全体に引き延ばして資源量を推定）による結果と、南部と北部の年齢別漁獲尾数を基に海域別に資源量を推定した結果を比較し、海域による漁獲状況の違いが与える影響を検討した。

2. 海域別の資源量推定方法

(1) 北部（青森県と岩手県）の年齢別漁獲尾数

北部の雌雄・年齢別漁獲尾数には、青森県八戸港に水揚げされたヒラメの水揚げデータを用いた。基本的に八戸港の水揚げデータは、沖合底びき網と小型底びき網漁業では銘柄（1 箱の入り尾数）で、刺し網・定置網・その他の漁業は重量で記録されている。前者は性別 age-銘柄 key で、後者は性別 age-weight key でそれぞれ漁獲物を年齢分解した。ヒラメの成長を考慮し、性別 age-銘柄 key は 1～3 月、4～6 月、9～12 月（7、8 月は休漁）の 3 期に分けて作成し、性別 age-weight key は 1～6 月、7～12 月の 2 期に分けて作成した。なお、北部の雌雄・年齢別漁獲尾数はデータが整備されている 1998 年以降を対象として推定した。

北部の雌雄・年齢別漁獲尾数（組成）は、栗田ほか（2018）の方法を用いた。ただし、雌雄・年齢別漁獲尾数に雌雄・年齢別の体重（補足表 5-1）を乗じた合計値が表 4 に示す北部の漁期年の漁獲量の合計値と同じ値になるように年齢別漁獲尾数を補正した。なお、年齢分解は 4 歳以上をプラスグループとして取り扱った。

(2) 南部（宮城県、福島県、茨城県）の年齢別漁獲尾数

系群全体の資源評価に用いた南部の雌雄・年齢別漁獲尾数を用いて雌雄・年齢別の体重を乗じた合計値が、表 4 に示す南部の漁期年の漁獲量の合計値と同じ値になるように年齢別漁獲尾数を補正して用いた。

(3) VPA

補足資料 2 の方法で資源量を推定した。最近年（2017 年漁期）の漁獲係数は、直近 3 年

(2014～2016 年漁期) の平均値と同じになるように与えた。なお、北部の 1990～1997 年漁期の資源量は、南部の推定資源量に各年の南部と北部の漁獲量比率を乗じて推定した。

(4) 将来予測

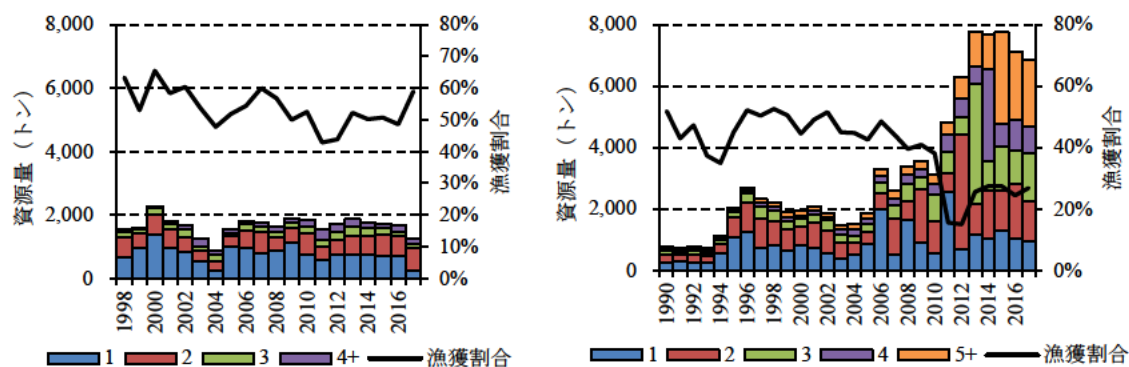
ABC の算定と同様に 2020 年漁期までの資源量は、2018 年漁期以降の加入尾数を一定値 (北部：雌 1,345 千尾、雄 779 千尾、南部：雌 1,030 千尾、雄 1,274 千尾) で与えるとともに、2018、2019 年漁期の F 値を 2014～2016 年漁期の平均値 (雌雄、年齢別) で漁獲されるとして予測した (ここでの検討においては種苗放流による効果は検討しないこととした)。予測された 2020 年漁期の資源量を基に、その後は、両海域とも系群全体で推定された F_{limit} ($F_{max}=0.34$) と F_{target} ($0.8F_{max}=0.27$) の他、震災前の 2007～2009 年漁期の F の平均値 ($F_{2007-2009}=0.70$) $F_{current}$ ($=0.35$)、 $F_{30\%SPR}$ ($=0.29$) で漁獲した場合の将来予測 (資源量と漁獲量) を行い、全体で資源評価、将来予測した場合との違いについて調べた。

3. 結果

1998 年漁期以降は、ほとんどの年において、海域別に推定した資源量の合計値が、全体として推定した資源量を下回った (補足図 5-1、補足図 5-2)。特に、資源量が増加した近年において南部と北部の差が大きくなり、2016 年漁期の推定値では、全体として推定した資源量が、海域区分して推定した資源量よりも約 2,000 トン多くなった (補足図 5-3)。

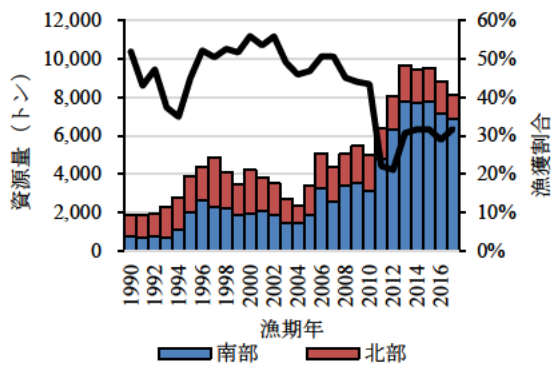
将来予測においては、北部と南部では漁獲係数の現状が異なることから、同じ F 値においても将来予測が異なり、 $F_{2007-2009}$ で漁獲した場合では、南部では大きく減少するのに対し、北部ではほぼ横ばいで推移した。また、 F_{max} では、南部ではほぼ横ばいに推移するのに対し、北部では資源量が大きく増加すると予測された (補足図 5-4)。

資源量推定結果が大きく異なった理由として、直近年の F 値の仮定が異なる影響が大きい他、海域による漁獲物の年齢組成の違いも影響していると推察される。ここで、漁獲物の年齢組成が海域によって大きく異なっているのは、南部海域と北部海域では漁獲圧が異なることに加えて、海域間における群の交流が小さいことが要因と考えられる。したがって、北部海域の年齢別漁獲尾数の推定精度向上を図るとともに、群の交流状況を既存の標識放流調査の結果等を用いて資源評価単位を再整理・確認することが要望される。

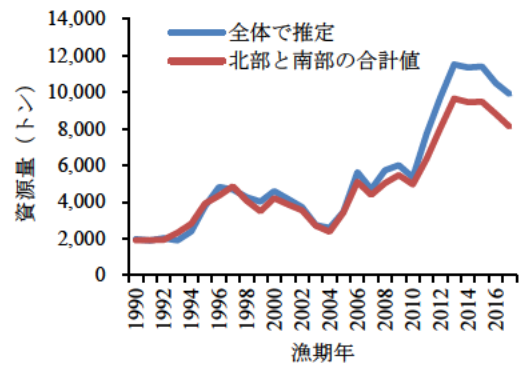


補足図5-1. 海域別に推定した年齢別資源量と漁獲割合 (漁期年)

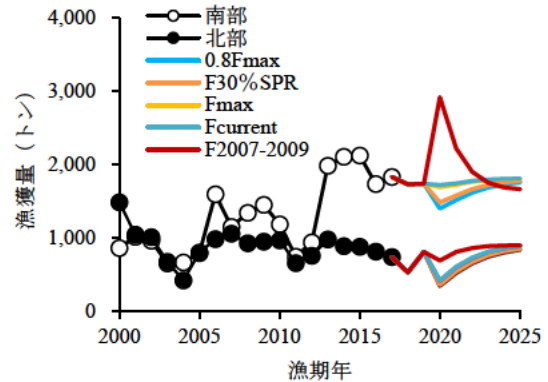
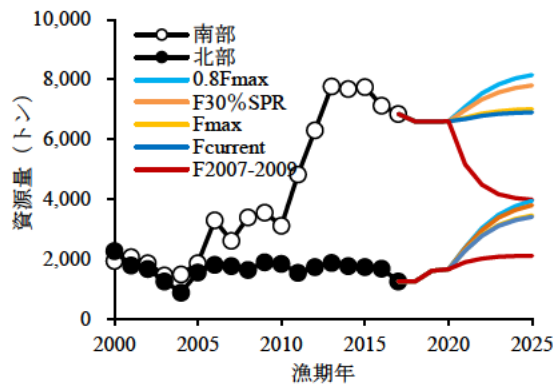
左図：北部 (青森県、岩手県)、右図：南部 (宮城県、福島県、茨城県)



補足図5-2. 海域別の合計資源量と漁獲割合



補足図5-3. 北部・南部の推定資源量の合計値と全体で推定した値の比較



補足図5-4. 各海域における将来予測 (左図：資源量、右図：漁獲量)
各F値は、全体で推定した値を用いた。

補足表 5-1. 北部の資源量計算に用いたヒラメの雌雄・年齢別体重 (g)

年齢	北部雌	北部雄
1	377	321
2	685	541
3	1,083	783
4+	1,834	1,144

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.

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.