

平成29（2017）年度ヒラメ太平洋北部系群の資源評価

責任担当水研：東北区水産研究所（栗田 豊、富樫博幸、服部 努、柴田泰宙）

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、福島県水産試験場、茨城県水産試験場

要 約

本系群（青森～茨城県）の資源量について、コホート解析により計算した。本系群は1歳で漁獲加入する。本海域では卓越年級群の発生が漁獲量に強く影響する。2005、2007、2010、2012年級群の豊度が南部海域（宮城～茨城県）で非常に高かったため、2006年以降の資源量は高位水準を維持している。また、2011年3月に発生した東日本大震災の影響で、2011年漁期（2011年7月～2012年6月）以降の漁獲圧が大きく減少しており、2011年以降の資源量を増大させている。2016年（暦年）の漁獲量は前年より減少して、2,332トンであった。また、1990年代から種苗放流が盛んに行われている。2015年は133万尾の人工種苗が放流された。

2015年漁期（2015年7月～2016年6月）当初の資源量は「高位」、直近5年間（2011～2015年漁期）の資源動向は「増加」と判断した。資源水準が高位であること、加入量を有効に利用するFmaxで漁獲を継続しても当面は震災後の高い資源水準を維持できると予想されたことから、ABC算定のための基本規則1-3)-(1)より、FlimitとしてFmaxを、Ftargetとして $0.8 \times F_{\max}$ を用いて2018年漁期のABCを算出した。

管理基準	Target / Limit	2018年漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F値 (現状の F値からの 増減%)
Fmax	Target	3.25	20	0.26 (-2%)
	Limit	3.94	24	0.33 (+24%)

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。F値は雌雄各年齢の平均値である。現状のF値は2017年のFであり、0.28である。2018年漁期は2018年7月～2019年6月である。

$ABC_{\text{target}} = \alpha \cdot ABC_{\text{limit}}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。

ヒラメ太平洋北部系群－2－

漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合 (%)
2013	17.67	8.30	2.92	0.23	16%
2014	19.12	8.07	3.00	0.20	16%
2015	18.26	7.99	3.01	0.27	16%
2016	18.41	9.19	3.87	0.28	21%
2017	18.47	11.56	3.83	0.28	21%
2018	16.39	10.18	—	—	—

漁期年は7月～翌年6月。親魚量は雌のみの重量である。

2016、2017、2018年漁期の値は将来予測に基づいた推定値である。

水準：高位 動向：増加

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、福島県、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、福島県、宮城県) 漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省)
自然死亡係数	雄0.25、雌0.21(寿命より推定、田中1960)
漁獲係数	2011～2017年の操業実態(青森～茨城(5)県;震災の影響評価)
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) プールage-wight key; プールage-銘柄 key (北部海域用) ・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)
2015年級加入量	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)
全長組成	・市場調査(岩手～茨城(4)県)
混入率	・市場調査(青森～茨城(5)県)

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、毎年1,000～3,000トン程度漁獲されている重要な沿岸漁業資源の一つであり、刺し網、定置網、小型底曳網、沖合底曳網漁業などにより漁獲されている。1990年代後半より、全長30cm未満(一部地域では35cm未満)の漁獲物の再放流が実施されている。漁獲量は10～

20年周期で増減を繰り返している。2000年以降減少していた漁獲量は2004年に最低となった後、2005年より増加に転じ、2007～2010年は高い水準を維持していた。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、2012年の漁獲量は大幅に減少したが、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回程度の頻度で卓越年級群が発生する（太平洋北ブロック資源管理型漁業推進協議会 1994、渡邊・藤田 2000）。

平成25年度から解析に用いるデータを変更した。平成24年度の解析までは、福島県の水揚げ情報を解析した結果を海域全体に引き延ばした（解析対象期間：1990～2010年漁期）。東京電力福島第一原子力発電所事故の影響で福島県の漁業が停止したことに伴い、平成25年度解析からは宮城～茨城県の水揚げ情報を解析して、海域全体に引き延ばしている（解析対象期間：2006年漁期～）。両手法の結果は近似している（補足資料2）。なお、本海域では7月から翌年6月までを漁期年とし、年別漁獲量以外の解析は全て漁期年で集計した値を用いている。

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20～50m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度では約30日間の浮遊生活を送った後、変態・着底が完了する（Seikai et al. 1986）。着底稚魚は水深10m以浅の砂または砂泥域で過ごし、全長10cm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30m以深の陸棚に生息し、その主分布域は150m以浅である（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～青森県と宮城～茨城県の2つの群に分かれている可能性が指摘されている。

(2) 年齢・成長

満1歳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。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）は以下のとおりである。ここで、 L は全長（cm）、 W は体重（g）、 t は年齢である。なお、年齢の起算日を7月1日とした。

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

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

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

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12歳、雄は10歳である。

(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最小成熟サイズおよび成熟年齢は、雄では全長35cmで満2歳以上、雌では全長44cmで満3歳以上である（北川ほか 1994）。東南北部海域では、雌の最小成熟全長は42cm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（栗田 未発表）。雄の最小成熟全長は30cmで、2歳魚の全ての個体が成熟する。本評価報告書では、満2歳では産卵せず、満3歳の全個体が産卵するものとして（図3）、雌の親魚量（SSB）を計算した。仙台湾から常磐海域における産卵期は5～9月で、6～8月が産卵盛期である（栗田 未発表）。

(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、成長にともない（一般的には全長10cm以上）次第に魚類、イカ類を捕食するようになる。一方、着底直後にヒラメ当歳魚やエビジャコ類による被食、着底後1～2ヶ月間にヒラメ1、2歳魚や大型の他魚種による被食が報告されており（古田 1998）、被食による減耗の強度が加入量に影響する可能性がある。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

東北海域ではヒラメは沖合底曳網・小型底曳網・刺網・定置網等により漁獲されている。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（30cm未満、一部地域では35cm未満）が各県で実施されて

おり、30cm未満の小型魚（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示している（図5、表1、表2）。近年では、2004年に最低となった漁獲量はその後増加に転じ、2006年以降の漁獲量はほぼ2,000トン以上を維持している。ただし、2011、2012年は震災に伴う漁獲努力量の大幅な減少のため、漁獲量は一時的に大きく減少した。2011年以降は資源の増加および漁獲努力量の回復により、2013年以降の漁獲量は高水準となっている。2016年漁獲量は前年より減少し2,332トンであった。なお、各県水揚げ統計および漁業養殖業生産統計年報を用いて集計した2006～2015年漁期の漁獲量を表3に示した。

震災前の漁獲量の長期的な変動の傾向は北部（青森～岩手県）と南部（宮城～茨城県）で共通しているが、年ごとの変動は両者で若干異なる。例えば南部で顕著であった1994、1995年の卓越年級群発生に伴う1995年以降の漁獲量の急増は、北部では顕著ではない。一方、北部では1999年級群の発生量が多く2000年の漁獲量は急増したが、南部では漁獲量は減少している。また、震災後の漁獲量は南部では増加しているが北部では増加していない（図5、補足資料2）。

（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ており、操業形態も地域により異なっている。このため漁獲努力量の把握が困難である。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

雌雄別のコホート解析結果を用いて、資源評価を行った（表3、補足資料1、2）。解析は漁期年（7月～翌年6月）単位で実施し、1990～2015年漁期を対象とした。資源評価ならびに管理方策は、情報量が多い南部（宮城～茨城県）のデータを基に行った解析結果を海域全体に引き延ばし（補足資料1）、引き延ばし係数を1.54とした（補足資料2）。なお、1990～2010年漁期は福島県の情報のみを用いて上記と同様にコホート解析を行った。期間が重なる2006～2010年の資源量は上記手法によって得られた資源量推定値とほぼ同じであった（後者は前者の1.06倍）ため、1990～2005年の資源量は前者の推定値を採用した（図6）。2015年漁期の漁獲係数（F）を、震災前3年間（2007～2009年漁期）の平均値に2015年漁期の漁獲努力量の対震災前割合（0.421）を乗じた値とした（補足資料3）。

なお、補足資料として、青森県八戸港の水揚げ情報を用いたコホート解析結果を示した（補足資料2）。

（2）漁獲物の年齢組成

漁獲物は、これまで、尾数、重量ともに全長50cm以下の1、2歳魚が主体となっていた。しかし、2010年の卓越年級群発生、ならびに震災の影響で漁獲努力量が大幅に減少したことにより、震災後は3歳以上の個体も多く漁獲されている（図4、図7、図8）。

(3) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は、1歳時の漁獲加入量変動の影響を強く受けて増減を繰り返している（図9、図10、補足資料2）。近年では、2004年漁期に最低となった資源量は、2005、2007、2010、2012年級群の加入量が多かったため（図10）、2006年漁期以降高位水準を保っている。また、2010年漁期以降は、震災による漁獲努力量の減少と2010年級群の好加入が同時に生じたため、資源量が急増している（図6、図9）。2015年漁期の資源量は18.3千トン、雌の産卵親魚量は7.99千トンと非常に高い水準であった（図11、図12、表3）。2006年漁期以降の資源高水準期における漁獲割合は、2006～2010年漁期は39～56%（平均46%）を推移していたが、震災後の2011～15年漁期は13～16%を推移している（図12、表3）。

F値は震災前後を通して、雄が雌よりも高い値で推移している（図13、図14、補足表2-1）。震災によってF値は大幅に減少したが、その後徐々に増加してきている（図15）。2015年漁期の南部3県のF値は震災前（F2007-2009）の0.421倍まで回復した。自然死亡係数（M）が資源量、産卵親魚量、加入量に及ぼす影響は、Mの推定値を1.5倍にした時は42～47%増、0.5倍にした時は22～24%減であった（図16、図17、図18）。

(4) 再生産関係

1990年漁期以降の再生産成功率（ $t+1$ 年の1歳時加入尾数/ t 年の雌のSSB；尾/kg）は平均3.8尾/kg、特異的に高い値であった1994、1995、2005年級を除くと2.6尾/kgであった（図19）。また、近年のSSB高水準期（2006～2014年漁期）の再生産成功率は平均2.1尾/kg、再生産成功率が高かった2007年漁期（4.3尾/kg）、2010年漁期（5.0尾/kg）および直近年（2014年漁期）を除くと平均1.5尾/kgであり、全期間の中ではやや減少した。近年の高い加入量水準は、高いSSBが寄与していると考えられた（図10、図19、図20）。

(5) 資源の水準・動向

震災前20年間（1990～2009年）の資源量推定値の最高値と0を3等分して、0～2,036、2,036～4,072、4,072～トンをそれぞれ低位、中位、高位水準とした（図6、補足資料2、栗田ほか 2014）。2011年漁期以降、過去と比較にならないほどに資源量が増加しているが、卓越年級（2010年級）の発生と震災直後の漁獲努力量の一時的な大幅減少が同時に生じた特異的な状況の結果であることから、水準の基準値は暫定的に従来と同様の基準で算出した。ただし、1990～2009年の資源量推定値が上方修正されたことに伴って、基準値も上方修正されている（補足資料2）。この基準に従い、2015年漁期の水準は高位、2011～2015年漁期の動向は増加傾向と判断した（図6、図9）。なお、震災後の最大値である2014年漁期の資源量推定値と0を3等分して水準を判断しても、水準・動向は高位・増加である。

(6) 今後の加入量の見積もり

2006年漁期以降の加入量水準が高位で推移している（図10）。これは高いSSBの水準に依存していると考えられるが、SSBは今後漸減すると予想される（後述）。また、新規加入量調査によると、南部海域における2015年級、2016年級の豊度は、それぞれ、やや少ない、平均的、と推察された（補足資料5）。以上のことから、近年の高い加入量水準が今後も継続的に維持されることを見込むのは危険であると判断した。そこで、今後の加入量

は、過去10年間（2006～2015年漁期）の天然魚の加入量のうち1歳の加入水準が非常に高かった年（2006、2008、2011、2013年漁期）および直近年（2015年漁期）を除いた5年間の平均値（雌1,399千尾、雄1,463千尾）で一定であると仮定した。

（7）生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

雌のYPRを最大にするF値、および%SPRが30%となるF値は、0.2～0.3である（図21）。これに対して、2007～2009年漁期の雌の平均のF値（F₂₀₀₇₋₂₀₀₉）は0.52であり、高い漁獲圧がかかっている状態であった。一方、震災後（2011年漁期以降）の雌のF値は0.11～0.23と低くなっている。したがって、震災前のヒラメ資源は、高い再生産成功率と、卓越年級群の比較的高い発生頻度によって維持されてきたと考えられる。これに対して震災後および現在のF（F_{current}）は30%SPRおよびF_{max}に近く、資源管理上好ましい水準である。

（8）種苗放流効果

ヒラメは東北海域における重要な漁業対象種であることから、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、2010年の放流数は483万尾であった（表4）。しかし、震災の影響により、2011年以降は激減しており、2015年は133万尾であった。

2004～2010年漁期において、各県の放流魚の混入率を漁獲量で重み付け平均して求めた系群全体の混入率は、4.5～15.3%（平均10.0%）であった（表5）。天然魚の資源量が多い年は混入率が減少し、天然魚の資源量が少ない年には混入率が増加する傾向がある。したがって、種苗放流は安定的に加入量を増加させる効果があると考えられる。なお、震災の影響で、2011年漁期以降の混入率は得られてない（補足資料4）。近年の添加効率は未確定である。

ヒラメ稚魚の主要な餌であるアミ類の生産生態や着底場所（放流場所）の水温変化を組み込んだモデル（Yamashita et al. 2017）を用いて、ヒラメ稚魚放流場所における環境収容力（栗田 2006）を計算したところ、北部（宮古湾、大野湾）においても、南部（仙台湾）においても、放流実施後も放流場の環境収容力には余力があることが示唆された（Yamashita et al. 2017、栗田 未発表データ）。しかし、北部海域では、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）。今後は、天然魚と放流魚の稚魚期から漁獲加入までの生態的相互作用に関する研究およびデータの蓄積も必要である。

5. 2018年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

資源量は2004年漁期に近年の最低水準となったが、2005年級の好加入等により増加し、2006～2010年漁期（震災前）は過去20年の中で高い水準であった。2010年級が卓越年級群であったことに加えて、震災の影響で漁獲努力量が減少したため、震災後の資源量は急増し、2015年漁期は震災前の最大値の3.0倍であった。2015年漁期の資源量は高位水準、2011～2015年漁期の動向は増加と判定した。

(2) ABCの算定

ヒラメは7月1日を年齢起算日としているため、解析では漁期年を7月1日から翌年6月30日として計算している。実データにより得られた2015年漁期までの資源量推定値と下記の仮定を与えて予想される2018年漁期（2018年7月～2019年6月）のもと、加入量を有効利用する管理方策により期待される漁獲量としてABCを算出した。

過去20年間で最低レベルの親魚量からも卓越年級群が発生しており、現状ではBlimitは定められない。資源水準・動向が「高位、増加」であることから、ABC算定のための基本規則1-3)-(1)を適用した。震災前の2007～2009年のFの平均値（F2007-2009）、Fmax、Fcurrent、F30%SPRの値（Fは全て雌雄の平均値）は、それぞれ0.63、0.33、0.28、0.27であった。シミュレーションの結果、加入量を有効に利用するFmaxで漁獲を継続しても当面（2023年漁期）は震災前の最高値（6.11千トン、2009年漁期）の1.66倍と高い資源水準を維持できると予想された。従って、FlimitをFmax、Ftargetを0.8×Flimitとし、その時の2018年漁期の予測漁獲量をそれぞれABClimit、ABCtargetとした。

ABCの算定にあたって、2016年漁期以降の1歳の資源尾数は一定値（雌1,399千尾、雄1,463千尾）を与えた。2016、2017年漁期のF値は、2011年3月に発生した震災の影響を考慮し、2007～2009年漁期の平均値のそれぞれ0.440、0.442倍とした（補足資料3）。雌雄それぞれについてFlimit（Fmax）およびFtarget（0.8×Flimit）時の2018年漁期の当初資源量および漁獲量を算出した。その結果、2018年漁期における太平洋北部系群の資源量は16.4千トン、ABClimitは3.94千トン、ABCtargetは3.25千トンとなった。

管理基準	Target / Limit	2018年漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F値 (現状の F値からの 増減%)
Fmax	Target	3.25	20	0.26 (-2%)
	Limit	3.94	24	0.33 (+24%)

全ての値を漁期年（7月～翌年6月）で計算した。ABCは10トン未満を四捨五入した。F値は雌雄各年齢の平均値である。現状のF値は2017年のFであり、0.28である。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。2018年漁期は2018年7月～2019年6月である。

ABCtarget = α ABClimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。

(3) ABCの評価

上記の条件でFlimitの漁獲圧を維持した時の資源量は徐々に減少し、2023年漁期には10.1千トンとなる（図22、23）。この資源量は震災前の最大値の1.66倍と高い水準であり、

F2007-2009で漁獲した際の2023年漁期の資源量の2倍程度であった。一方、2023年漁期の漁獲量はいずれの基準においても同様の値であった。以上より、ABClimitは妥当であると判断した。なお、ABClimitおよびABCtargetの数値には、与える加入量水準が大きく影響する。ABCの算出において、加入量を一定と仮定しているが、2016年漁期以降の加入量が仮定値よりも多ければABCの値は上方に、少なければ下方に変動する。また、震災後F値は漸増傾向にあり、Fcurrentを一定期間の平均値として算出できない。そのため、暫定的にFcurrentとしてF2017を用いた。

管理基準	F値	漁獲量（千トン）							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.8Fmax	0.26	3.87	3.83	6.62	4.39	3.18	2.60	2.34	2.33
F30%SPR	0.27	3.87	3.83	5.47	4.08	3.20	2.72	2.48	2.34
Fcurrent	0.28	3.87	3.83	3.94	3.38	2.93	2.66	2.49	2.36
Fmax	0.33	3.87	3.83	3.45	3.09	2.76	2.56	2.43	2.40
1.5Fmax	0.48	3.87	3.83	3.33	3.01	2.71	2.52	2.41	2.36
F2007-2009	0.63	3.87	3.83	3.25	2.95	2.67	2.50	2.40	2.23
		資源量（千トン）							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.8Fmax	0.26	18.41	18.47	16.39	14.89	13.50	12.65	12.12	11.79
F30%SPR	0.27	18.41	18.47	16.39	14.80	13.35	12.46	11.91	11.56
Fcurrent	0.28	18.41	18.47	16.39	14.66	13.12	12.18	11.60	11.25
Fmax	0.33	18.41	18.47	16.39	14.10	12.26	11.14	10.47	10.09
1.5Fmax	0.48	18.41	18.47	16.39	12.34	9.74	8.33	7.61	7.25
F2007-2009	0.63	18.41	18.47	16.39	11.01	8.07	6.67	6.04	5.76
		親魚量（千トン）							
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0.8Fmax	0.26	9.19	11.56	10.18	9.07	7.92	7.21	6.77	6.49
F30%SPR	0.27	9.19	11.56	10.18	9.00	7.81	7.08	6.62	6.33
Fcurrent	0.28	9.19	11.56	10.18	8.91	7.66	6.89	6.41	6.11
Fmax	0.33	9.19	11.56	10.18	8.52	7.05	6.16	5.62	5.30
1.5Fmax	0.48	9.19	11.56	10.18	7.31	5.28	4.17	3.60	3.31
F2007-2009	0.63	9.19	11.56	10.18	6.38	4.09	2.98	2.48	2.26

(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
2015年漁期の雌雄・年齢別漁獲尾数	雌雄・年齢別資源量推定値 1歳魚の加入尾数の平均値
2015年漁期のF	2007～2009年漁期の平均値を0.421倍した 値（震災の影響を考慮）

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F値	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2016年漁期（当初）	F2007-2009	0.66	15.52	6.65	5.65	—
2016年漁期（2016年 再評価）	F2007-2009	0.67	14.55	6.13	5.22	—
2016年漁期（2017年 再評価）	F2007-2009	0.63	18.41	8.16	6.92	3.87
2017年漁期（当初）	Fmax	0.31	13.17	3.11	2.57	—
2017年漁期（2017年 再評価）	Fmax	0.33	18.47	4.37	3.61	—

2016年漁期の漁獲量は、前進計算による推定値である。

2016、2017年漁期資源量推定値の2016年再評価値は、ともに前年推定値の1.4倍程度となった。これは、漁獲尾数が再計算により1.2倍程度になったことにもない資源量推定値が増大したこと（補足資料2）、2015年漁期の加入尾数が予想よりも多かったこと、2016年漁期以降の想定加入尾数が増加したことによる。

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ることが指摘されている（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30cm（一部地域では35cm）未満のヒラメの再放流を義務づけており、この努力により1994、95年に発生した卓越年級および卓越年級の再生産を持続的に利用できたものと評価できる。加入あたり漁獲量（YPR）解析によると、漁獲圧を現状程度に維持することに加えて、漁獲開始年齢を上げることが漁獲量増大に寄与する（図21、図24）。しかし、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る。この場合、漁獲開始年齢を上げても、漁獲量の増加は期待できない。適切な管理方策の策定にあたっては、生活史特性値およびその年間変動、再放流した後の生残率とその変動要因（例えば漁法、全長、気温、水温、船上に放置されている時間など）などに関する知見の充実を図った上で、幅広く手法を検討する必要がある。

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(水研セ編), 朝倉書店, 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.
- 栗田 豊・玉手 剛・伊藤正木 (2014) ヒラメ太平洋北部系群の資源評価(平成25年度). 我が国周辺水域の漁業資源評価(平成25年度), 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, 1373-1398.
- 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.
- 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.
- Yamashita, Y., Y. Kurita, H. Yamada, J.M. Miller, T. Tomiyama (2017) A simulation model for estimating optimum stocking density of cultured juvenile flounder *Paralichthys olivaceus* in relation to prey productivity. Fisheries Research, **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.



図 1. ヒラメ太平洋北部系群の分布

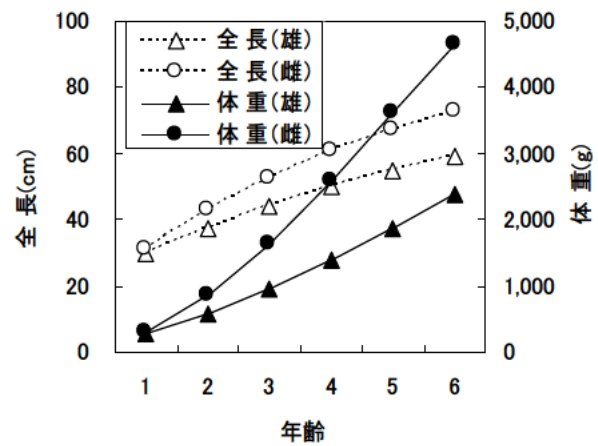


図 2. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城県）の成長

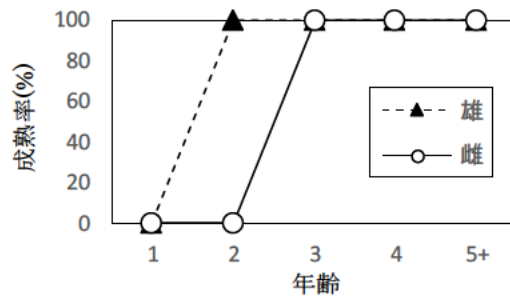


図 3. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城県）の年齢と成熟率

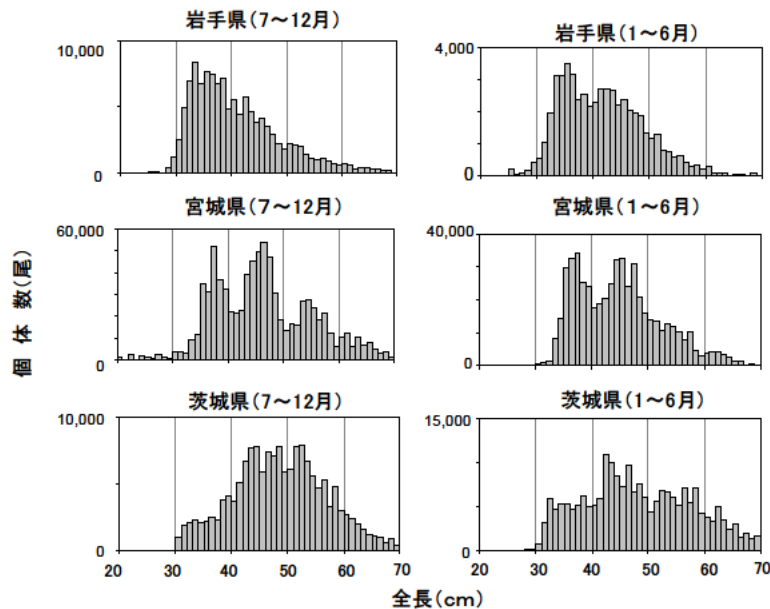


図 4. 2015 年漁期（2015 年 7 月～2016 年 6 月）の岩手、宮城、茨城県における漁獲物（天然個体）の全長組成

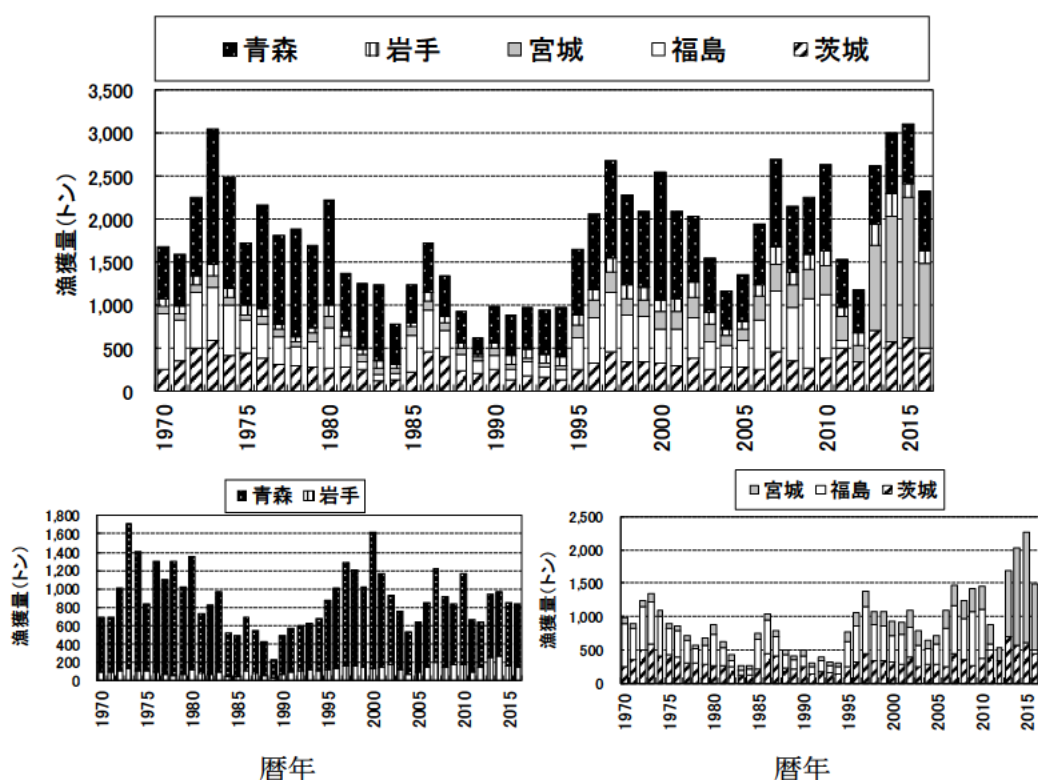


図 5. 県別漁獲量の推移

東北ブロック全県（上）、青森・岩手県（下左）、宮城・福島・茨城県（下右）、漁業養殖業生産統計年報より作成。暦年で集計した。

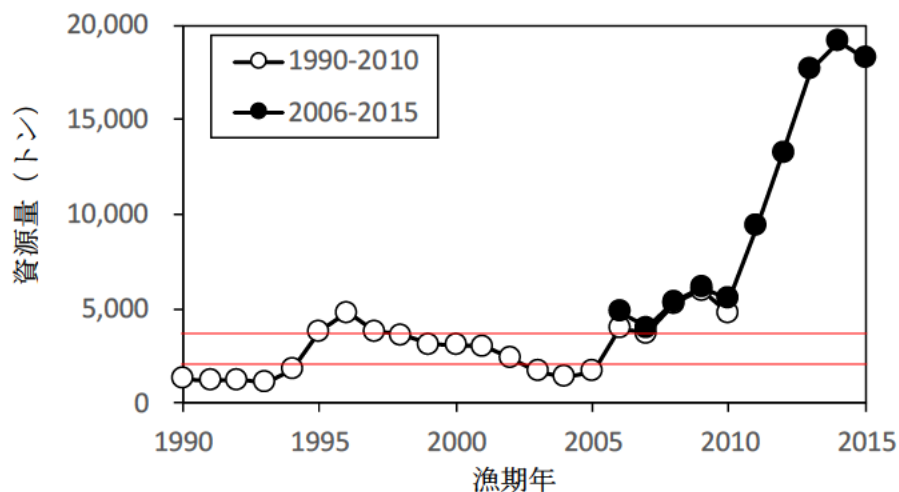


図 6. 1990～2015 年漁期資源量の推移（全域）と手法比較

1990～2010 年漁期資源量（○、旧手法）および 2006～2015 年漁期資源量（●、新手法）。赤線は資源水準の境界を表す。下が低中位境界 2,036 トン、上が中高位境界 4,072 トン。1990～2005 年漁期資源量は旧手法、2006～2015 年漁期の資源量は新手法の推定値を採用した。新・旧手法については補足資料 2 を参照。

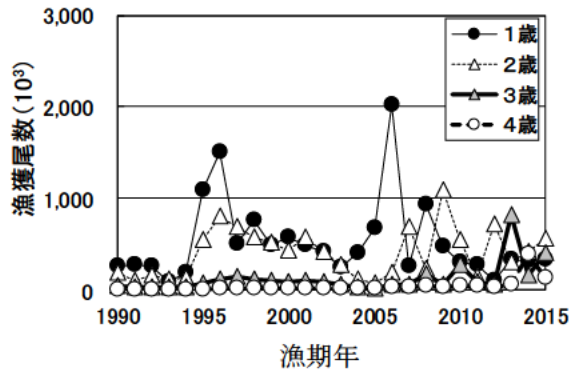


図 7. 漁獲尾数の年齢組成（宮城～茨城県）

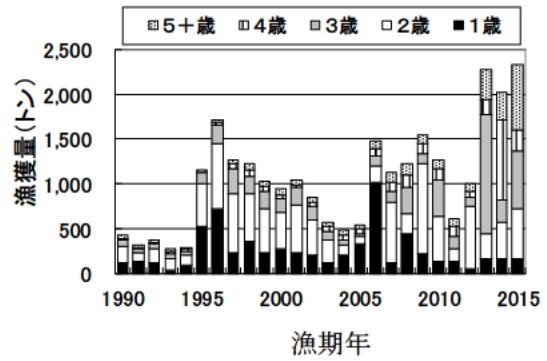


図 8. 漁獲量の年齢組成（宮城～茨城県）

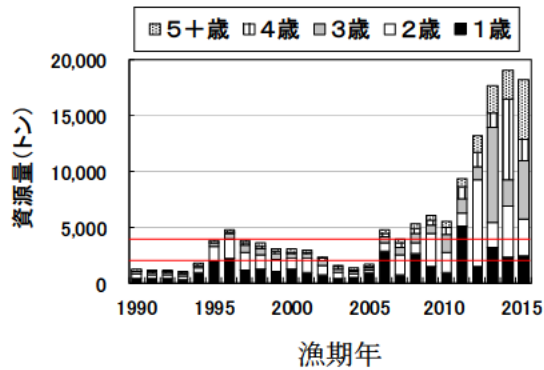


図 9. 年齢別資源量（全域）
赤線は資源水準の境界を表す。下が低中位境界 2,036 トン、上が中高位境界 4,072 トン。

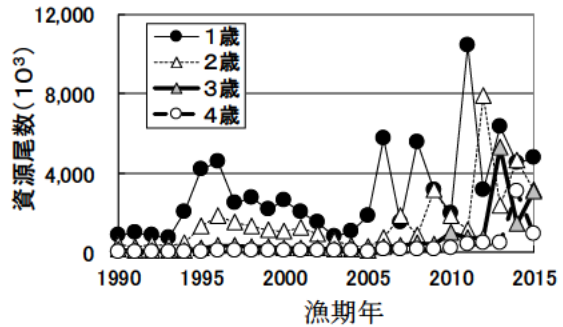


図 10. 年齢別資源尾数（全域）

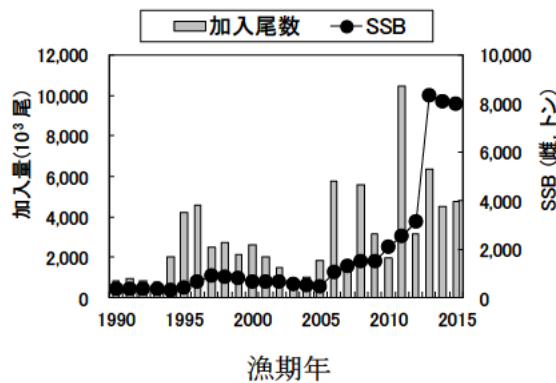


図 11. 加入量と雌 SSB の推移（全域）

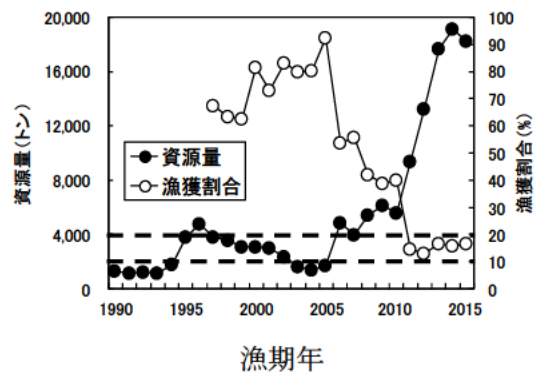


図 12. 資源量と漁獲割合の推移（全域）
破線は資源水準の境界を表す。下が低中位境界、上が中高位境界。

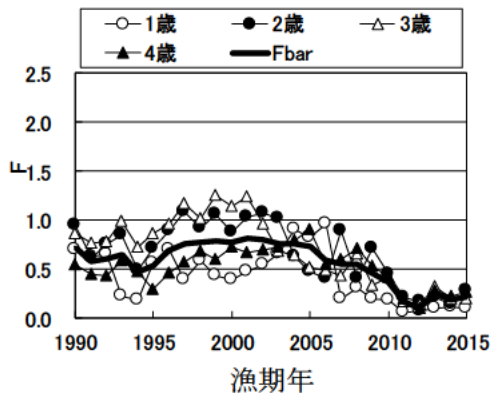


図 13. 雌の F の推移 (宮城～茨城県)
Fbar は各年齢の F 値の平均値。

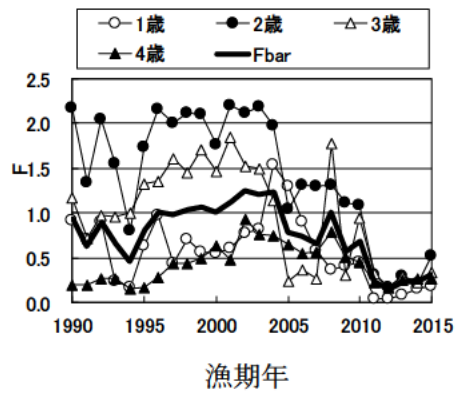


図 14. 雄の F の推移 (宮城～茨城県)
Fbar は各年齢の F 値の平均値。

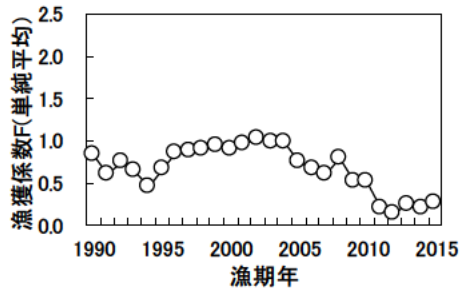


図 15. 雌雄の F の平均値の推移 (宮城～茨城県)

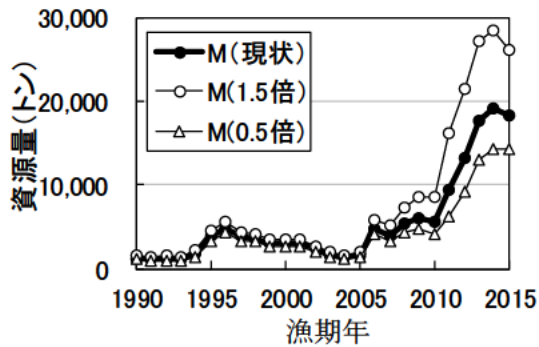


図 16. M の感度解析 (資源量)

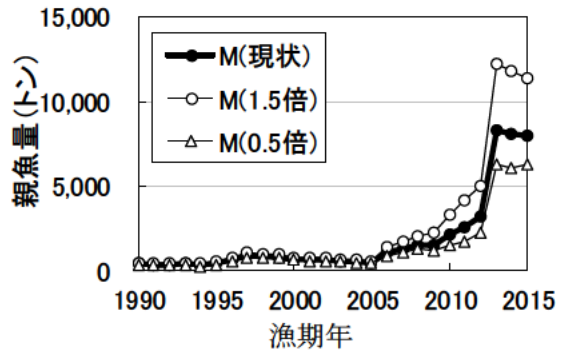


図 17. M の感度解析 (親魚量)

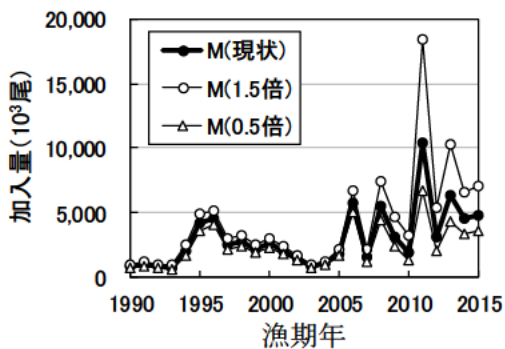


図 18. M の感度解析 (加入量)

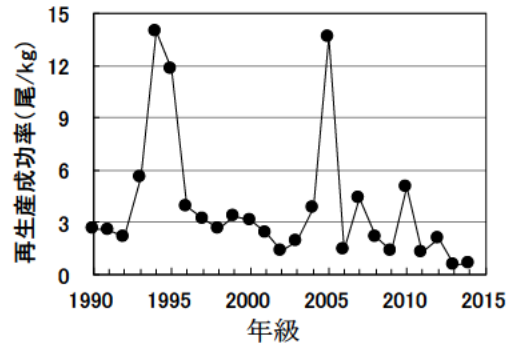


図 19. 再生産成功率の推移
再生産成功率は翌年 1 歳加入尾数を当年の雌の SSB で除して求めた。

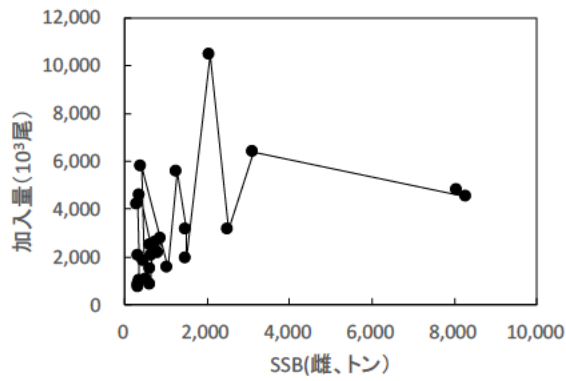


図 20. SSB（雌）と翌年 1 歳加入量の関係（1990～2014 年）

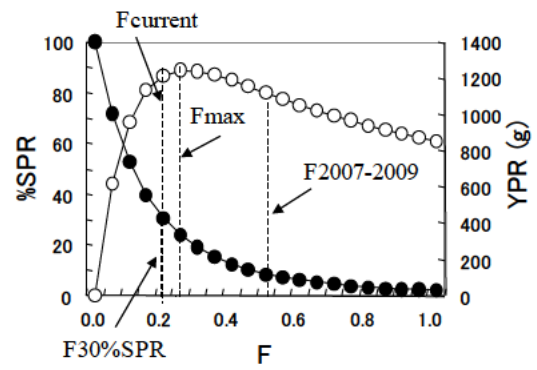


図 21. F を変化させた時の %SPR および YPR の変化
雌の値を用いて作図した。

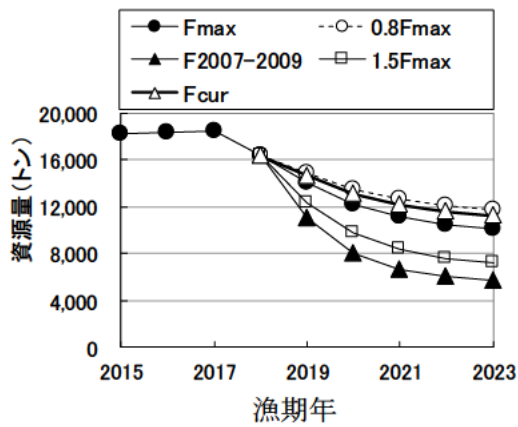


図 22. F を変化させた時の資源量の変化（全域）

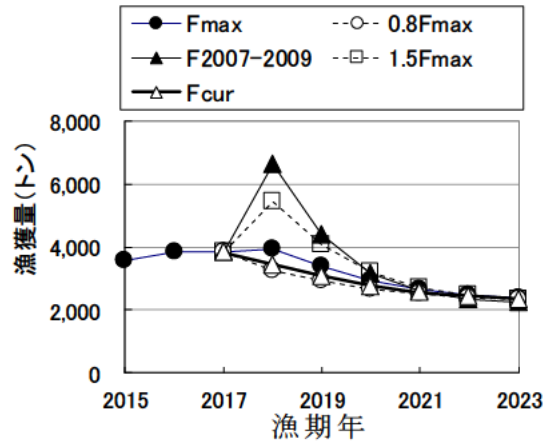


図 23. F を変化させた時の漁獲量の変化（全域）

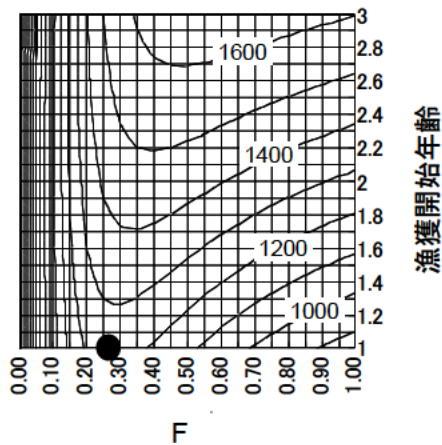


図 24. F および漁獲開始年齢を変化させた時の太平洋北部系群の加入あたり漁獲量の変化
雌の値のみを用いて作図した。
黒丸は 2014 漁期年の値を表す。図中の数字は g。

表1. ヒラメの県別漁獲量（トン、暦年） 「漁業養殖業生産統計年報」より

	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
	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
	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
	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	2,153	2,247
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
青森	995	568	488	678	709	689	699			
岩手	177	96	149	258	262	161	141			
宮城	344	288	197	987	1,465	1,644	994			
福島	734	78	0	0	0	0	51			
茨城	380	505	336	702	566	614	446			
合計	2,630	1,534	1,170	2,624	3,001	3,107	2,332			

2016年の漁獲量は統計情報部による暫定値。

表2. ヒラメの漁業種類別漁獲量（トン、暦年） 「漁業養殖業生産統計年報」より

漁業種類	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
青 沖 底	1	3	3	4	7	4	11	10	23	22
小 底	104	111	113	107	14	22	46	63	7	16
森 刺 網	377	255	166	399	173	123	120	105	194	211
定置網	*	*	318	*	327	290	*	*	*	*
県 その他	*	*	53	89	46	47	70	75	73	71
計	1,022	773	653	995	568	488	678	709	689	699
岩 沖 底	*	*	*	*	*	*	*	*	1	1
小 底	*	*	*	0	0	*	*	0	0	0
手 刺 網	110	61	80	68	27	43	63	72	28	38
定置網	78	77	85	92	66	100	184	176	118	88
県 その他	14	8	10	10	4	6	11	14	15	14
計	201	146	177	177	96	149	258	262	161	141
宮 沖 底	32	34	31	24	42	99	374	171	377	120
小 底	89	68	112	90	28	*	119	421	463	312
城 刺 網	173	131	164	188	119	48	390	702	655	485
定置網	25	34	26	40	96	34	101	168	148	76
県 その他	2	4	5	2	2	0	1	3	1	0
計	320	271	339	344	288	197	987	1,465	1,644	994
福 沖 底	246	166	325	216	33	0	0	0	0	*
小 底	137	85	133	105	25	0	0	0	0	7
島 刺 網	304	348	338	396	19	0	0	0	0	1
定置網	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
県 その他	17	16	17	16	1	0	0	0	0	9
計	704	615	813	734	78	0	0	0	0	51
茨 沖 底	*	*	22	59	77	47	93	138	255	168
小 底	225	159	97	117	164	151	269	180	208	168
城 刺 網	150	141	110	154	194	27	235	160	45	42
定置網	*	*	5	*	*	*	*	*	*	*
県 その他	42	*	31	30	62	111	73	69	72	57
計	452	349	265	380	505	336	702	566	614	446
合 沖 底	307	220	381	*	*	*	478	319	640	346
小 底	555	423	455	420	230	187	434	665	677	504
刺 網	1,114	936	858	1,206	533	241	809	1,029	923	777
定置網	578	469	434	531	*	*	744	819	690	552
計 その他	145	105	116	152	113	164	159	168	160	153
計	2,699	2,153	2,247	2,630	1,534	1,170	2,624	3,001	3,107	2,332

2016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資源解析結果

漁期年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	1歳加入尾数 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1990		1,258	366	833		2.6
1991		1,168	330	968		2.5
1992		1,225	343	841		2.2
1993		1,098	362	745		5.6
1994		1,780	299	2,023		14.0
1995		3,813	385	4,192		11.8
1996		4,802	647	4,555		3.9
1997	2,572	3,810	876	2,502	68	3.1
1998	2,267	3,589	826	2,752	63	2.6
1999	1,938	3,094	777	2,164	63	3.3
2000	2,487	3,056	655	2,597	81	3.1
2001	2,183	2,982	628	2,029	73	2.4
2002	1,967	2,369	618	1,492	83	1.3
2003	1,318	1,650	545	820	80	1.9
2004	1,118	1,395	489	1,036	80	3.8
2005	1,557	1,686	422	1,846	92	13.7
2006	2,603	4,838	1,057	5,766	54	1.5
2007	2,220	3,990	1,279	1,536	56	4.3
2008	2,262	5,370	1,483	5,560	42	2.1
2009	2,375	6,108	1,487	3,148	39	1.3
2010	2,202	5,539	2,069	1,946	40	5.0
2011	1,384	9,394	2,523	10,431	15	1.3
2012	1,714	13,260	3,134	3,155	13	2.0
2013	2,916	17,674	8,301	6,365	16	0.5
2014	3,000	19,122	8,074	4,525	16	0.6
2015	3,007	18,264	7,986	4,771	16	-

漁獲量は各県水揚げ情報および漁業養殖業生産統計年報を集計した値。

親魚量は雌のみの重量。

再生産成功率は、（翌年1歳加入尾数） / （雌産卵親魚量）で計算した。

表 4. ヒラメの種苗放流実績（千尾、暦年）

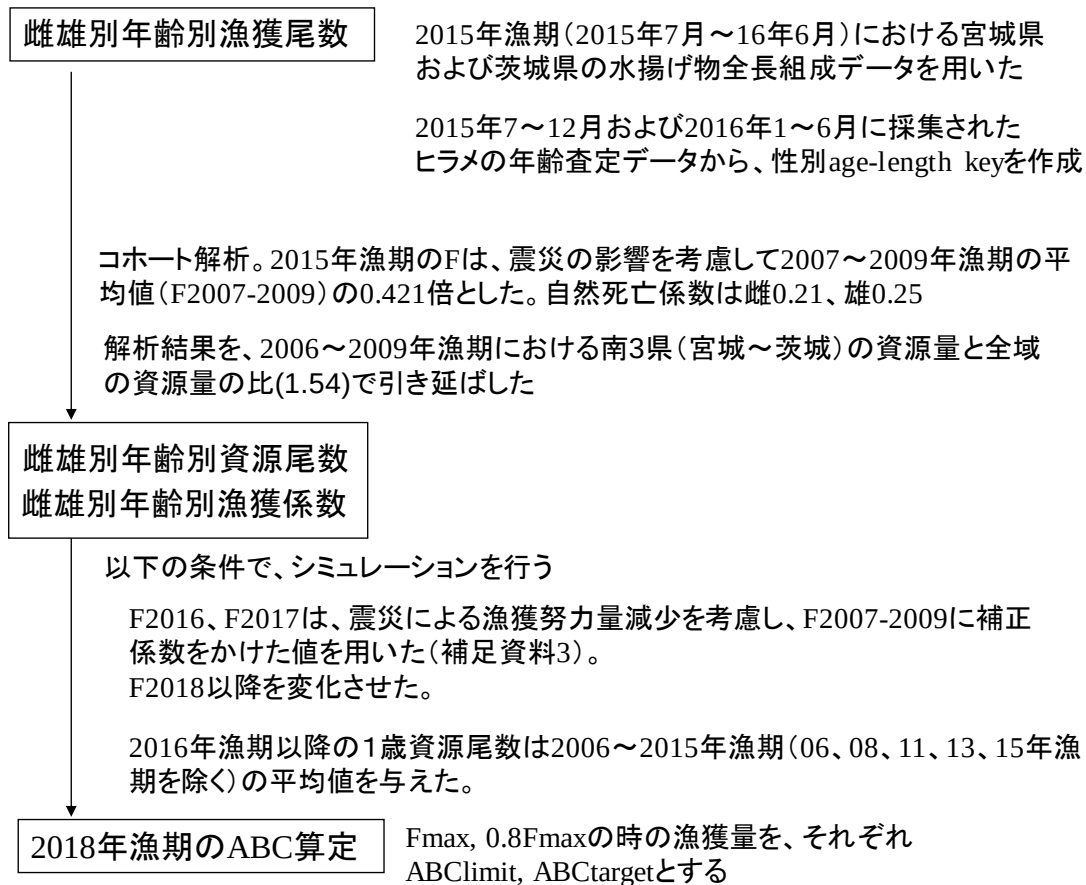
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
青森県	1,040	1,035	929	940	868	712	995	615	312	326
岩手県	1,113	1,210	1,282	1,518	1,472	0	252	192	0	501
宮城県	290	220	268	440	639	30	203	220	20	170
福島県	1,040	1,040	1,040	1,022	1,030	0	100	100	100	100
茨城県	973	805	962	1,001	818	4	117	417	280	234
合 計	4,456	4,310	4,481	4,921	4,827	746	1,667	1,544	712	1,331

「栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）」より。

表 5. 太平洋北部系群の混入率(%)

漁期年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
混入率	13.6	15.3	9.9	6.6	12.0	8.3	4.5

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。本年度は2015年漁期(2015年7月～2016年6月)の性別年齢別漁獲尾数を加えて、コホート解析を行った。平成24(2012)年度評価(2010年漁期)までは福島県が測定した水揚げ物の全長組成を、東北水研が作成した性別age-length keyにより分解して得られた性別年齢別漁獲尾数を使用していた(旧手法)。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ている。このため、平成25(2013)年度評価より、2006年漁期以降の宮城県および茨城県の水揚げ物全長組成を分解して性別年齢別漁獲尾数を算出している(新手法)。両手法による推定が行われた共通期間(2006-2010年漁期)における推定値に相関関係が認められたため、手法変更が資源量動向の評価に与える影響はないと判断した(栗田ほか 2014)。一方、両推定値間の差が大きかったため、本年度は両者の計算手法を再検討した。その結果、両者の差はわずかとなった(新手法推定値＝旧手法推定値×1.06、後述)。

また、太平洋北部系群は南(宮城～茨城県)北(青森～岩手県)の2系群に分かれる可能性が指摘されていることから、青森県(1998～2015年漁期)の漁獲物を用いたコホート

解析も行った。しかし解析方法について検討を要するとの判断から、本年度のABCの計算には用いなかった。以下、宮城県・茨城県のデータを用いた解析と、青森県のデータを用いた解析について説明する。

1. 宮城～茨城県データの解析および全域の資源量推定方法

解析結果を、補足表2-1に示した。

(1) 漁獲物の全長組成

漁獲物の全長組成は、福島県が1990～2010年漁期の各月に、また宮城県および茨城県が2006～2015年漁期の各月に測定したデータを用いた。測定した個体の総重量を漁獲量で引き延ばして、県全体の水揚げ物全長組成とした。得られた組成は、7～12月、1～6月で集計した。

(2) 性別・年齢別漁獲尾数

1990～2002年漁期は、宮城県、福島県、茨城県でこの期間に採集された個体の年齢情報を用いて作成した7～12月、1～6月の性別age-length keyを使用した。2006～2010年漁期7～12月、1～6月の性別age-length keyとして、それぞれ11月、6月に相馬で水揚げされたヒラメを用いて東北水研が作成したkeyを使用した。2011～2015年漁期は、東北水研が実施している仙台湾底曳網試験操業により得られた標本、宮城県、福島県、茨城県が収集した標本を用いて、7～12月、1～6月の性別age-length keyを作成し使用した。それぞれの期間の漁獲物全長組成に性別age-length keyを適用して、雌雄別年齢別漁獲尾数を得た。これらを漁期年ごとに集計した。

(3) コホート解析

漁期年ごとに得られた宮城～茨城県の性別年齢別漁獲尾数を用いてコホート解析を行った。

y年a歳の資源尾数 ($N_{a,y}$) は、以下のPope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。また、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。

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

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

また、最近年の a 歳の資源尾数 ($N_{a,2015}$) および漁獲係数 ($F_{a,2015}$) を

$$N_{a,2015} = \{C_{a,2015} / (1 - \exp(-F_{a,2015}))\} \exp(M/2)$$

$$F_{a,2015} = \sum_{y=2007}^{2009} F_{a,y} / 3 \times 0.421$$

により求めた。なお、0.421は、2015漁期年における宮城～茨城県の努力量の2007～2009漁期年の努力量に対する割合である（補足資料3参照）。最後に、

$$F_{5+,2015} = F_{4,2015}$$

となるような $F_{5+,2015}$ を探索的に求めた。

寿命を雌雄それぞれ12歳、10歳として、田中・田内の式（田中 1960）の式から M として雌雄それぞれ0.21、0.25を与えた。本推定方法では、漁獲年度の間間に一斉に漁獲されると仮定する。その時（1.5歳、2.5歳、3.5歳、4.5歳等）の雌雄の体重を本文に掲載した成長式および全長－体重関係式から推定した（補足表2-1）。コホート解析による漁獲重量および資源重量は、それぞれ性別年齢別漁獲尾数および性別年齢別資源尾数に漁獲時の性別年齢別体重をかけた後、全年齢の値を加算して推定した。なお、本年度は卓越年級であった2010年級の成長悪化が認められたため、満5歳時の全長を雌雄それぞれ59.4cm、54.3cmとして体重を計算した。また、5歳以上の漁獲物の大半が5歳であったことから、5歳及び6歳以上の漁獲尾数で重み付けをして、5歳以上の平均体重を計算した。

（4）海域全体への引き延ばし

2006～2009年漁期における南部3県の推定資源量と全域の推定資源量を比較した。南部3県の資源量は、3県の水揚げ情報を基に実施したコホート解析により得た。全域の資源量は、南部3県の資源量推定値に、青森県（補足資料2）および岩手県（岩手県水産技術センター提供）の資源量推定値を加えた値を用いた。両者には比例関係が認められ、全域資源量は南部3県資源量の1.54倍であった。そこで、1.54を引き延ばし係数とした。得られた資源解析結果の詳細を補足表2-1に示した。

2. 新旧手法による南3県資源量推定値の比較（再検討）

栗田ほか（2014）の解析では、2006～2010年漁期における新手法（2006年漁期以降に適用）により得られた資源量推定値は旧手法（1990～2010年漁期に適用）により得られた資源量推定値の0.65倍であった。両推定値間の乖離が大きかったため、再検討を行った結果、新手法の推定値が1.19倍、旧手法による推定値が0.73倍となり、両者の関係は新＝旧×1.06倍となった。

旧手法推定値は、これまで福島県の漁獲尾数のみを用いてコホート解析を行い、得られた資源量推定値を南3県に引き延ばしていた。本年度は、福島県漁獲尾数を3県の漁獲量で引き延ばして得られた各年の年齢別漁獲尾数を用いてコホート解析を行った。推定値が減

少した一因は、2005～2009年漁期における福島県漁獲量が相対的に増加していたことであると考えられた。

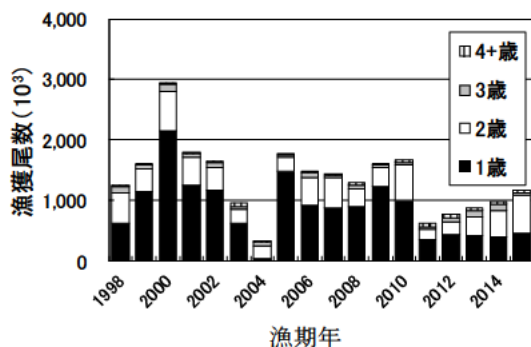
一方、新手法では、南3県の市場測定尾数を漁獲尾数に引き延ばす際に用いる漁獲量統計値を上方修正した。これまでは各県の漁獲量推定値を用いていたが、本年度は漁業養殖業生産統計年報をベースに引き延ばした。国の統計年報は県の統計値と比べて、20%程度高い値となっていた。

3. 青森県データの解析方法

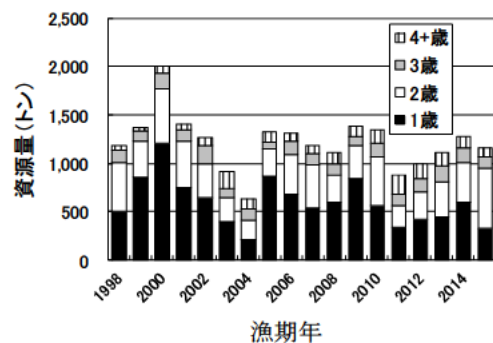
八戸港に水揚げされたヒラメの水揚げデータを青森県太平洋北区の漁獲量で引き延ばした。八戸港の水揚げデータは、原則として、沖合底曳網ならびに小型底曳網漁業は銘柄（1箱の入り尾数）で、刺し網・定置網・その他の漁業は重量で記録されている。前者は性別age-銘柄 keyで、後者は性別age-weight keyでそれぞれ漁獲物を年齢分解した。ヒラメの成長を考慮し、性別age-銘柄 keyは1～3月、4～6月、9～12月（7、8月は休漁）の3期に分けて作成し、性別age-weight keyは1～6月、7～12月の2期に分けて作成した。得られた性別年齢別漁獲尾数は、南部における解析と同様に、7～12月と翌年1～6月を足し合わせて、当該漁期年の漁獲尾数とした（補足図2-1）。上記宮城県～茨城県と同様のコホート解析により、資源尾数を推定した。自然死亡係数Mは南部と同様雌雄それぞれ0.21、0.25を、漁獲係数Fは2005～2009年漁期のFの平均値に震災の影響を考慮した係数0.93を乗じた値を用いた。2015年漁期の資源量は1998年漁期以降の中位水準であった（補足図2-2）。

引用文献

- 栗田 豊・玉手 剛・伊藤正木 (2014) ヒラメ太平洋北部系群の資源評価(平成25年度). 我が国周辺水域の漁業資源評価(平成25年度), 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, 1373-1398.
- 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.



補足図2-1. 青森県における年齢別漁獲尾数



補足図2-2. 青森県における年齢別資源量

補足表2-1. ヒラメ太平洋北部系群の資源解析結果

年齢別漁獲尾数(千尾)(雌)		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
年齢漁期年																											
1		171	186	167	54	107	631	817	300	446	293	308	284	246	183	295	515	1,624	136	461	210	133	194	73	282	249	250
2		110	63	93	84	69	223	410	442	303	302	255	336	252	176	75	62	154	486	169	542	294	101	510	156	290	417
3		44	30	33	43	26	51	109	158	116	117	90	105	93	53	38	28	75	88	131	80	145	66	44	624	102	278
4		10	9	7	10	8	5	11	24	29	24	20	16	18	24	24	21	37	44	67	48	55	42	25	62	265	88
5+		9	8	9	11	8	5	9	12	19	18	21	15	14	13	16	16	24	31	38	34	32	25	21	97	81	260
合計		343	297	309	201	217	915	1,356	937	912	756	694	757	623	449	449	642	1,914	785	867	914	659	428	673	1,221	987	1,292
漁獲重量(t)		398	313	344	305	263	788	1,285	1,188	1,054	951	843	925	771	571	492	570	1,509	1,149	1,137	1,267	1,068	621	941	2,312	1,913	2,140

年齢別漁獲係数(雌)		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
年齢漁期年																											
1		0.69	0.62	0.65	0.22	0.18	0.55	0.69	0.39	0.58	0.43	0.39	0.47	0.54	0.65	0.90	0.82	0.95	0.19	0.30	0.19	0.18	0.05	0.07	0.10	0.11	0.10
2		0.94	0.60	0.75	0.85	0.49	0.70	0.89	1.09	0.91	1.05	0.87	1.03	1.07	1.02	0.62	0.47	0.41	0.89	0.40	0.70	0.44	0.20	0.17	0.20	0.14	0.28
3		0.86	0.77	0.78	0.99	0.72	0.87	0.95	1.16	1.01	1.24	1.14	1.23	0.95	0.68	0.64	0.51	0.48	0.43	0.65	0.33	0.41	0.17	0.13	0.32	0.19	0.20
4		0.54	0.45	0.43	0.58	0.47	0.29	0.45	0.57	0.67	0.60	0.72	0.66	0.70	0.72	0.79	0.91	0.54	0.60	0.71	0.53	0.41	0.20	0.09	0.27	0.22	0.26
5+		0.54	0.45	0.43	0.58	0.47	0.29	0.45	0.57	0.67	0.60	0.72	0.66	0.70	0.72	0.79	0.91	0.54	0.60	0.71	0.53	0.41	0.20	0.09	0.27	0.22	0.26
Weight Aveg		0.79	0.62	0.68	0.68	0.36	0.60	0.77	0.86	0.75	0.82	0.68	0.83	0.82	0.80	0.82	0.78	0.88	0.69	0.42	0.55	0.38	0.12	0.15	0.25	0.17	0.22
Fbar		0.72	0.58	0.61	0.64	0.47	0.54	0.69	0.76	0.77	0.79	0.77	0.81	0.79	0.76	0.75	0.72	0.58	0.54	0.55	0.45	0.37	0.16	0.11	0.23	0.18	0.22

年齢別資源尾数(千尾)(雌)		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
年齢漁期年																											
1		380	449	386	304	722	1,652	1,822	1,027	1,132	926	1,060	843	652	426	553	1,025	2,932	858	1,980	1,356	895	4,754	1,270	3,316	2,616	3,045
2		200	154	196	163	198	489	771	742	562	516	486	582	427	307	181	183	513	917	574	1,192	912	607	3,685	965	2,439	1,900
3		84	63	68	75	56	98	196	256	203	183	146	165	169	119	90	79	218	278	307	313	479	475	402	2,532	642	1,719
4		26	29	24	25	23	22	34	61	65	60	43	38	39	53	49	38	99	109	146	131	183	259	326	287	1,494	429
5+		23	23	27	27	24	24	28	32	43	44	46	35	31	28	32	30	63	77	83	91	107	156	276	449	454	1,270
合計		713	718	701	594	1,023	2,286	2,851	2,117	2,005	1,729	1,782	1,662	1,318	933	905	1,354	3,825	2,239	3,090	3,084	2,575	6,251	5,959	7,548	7,645	8,363

年齢別資源量(t)(雌)		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
年齢漁期年																											
1		219	258	222	175	416	951	1,049	591	652	533	610	485	375	245	319	590	1,688	494	1,140	781	515	2,737	731	1,909	1,506	1,753
2		248	191	244	202	245	608	959	922	699	642	604	723	531	381	225	227	637	1,140	713	1,482	1,133	754	4,580	1,199	3,031	2,362
3		178	133	144	159	119	207	414	540	428	386	308	348	356	252	189	166	459	586	647	661	1,011	1,003	848	5,341	1,355	3,625
4		81	90	73	79	70	69	104	190	201	186	132	117	120	163	152	119	307	337	453	404	565	800	1,009	887	4,621	991
5+		107	107	125	124	110	109	129	147	197	205	215	163	142	130	148	137	291	356	383	422	493	720	1,277	2,073	2,098	3,369
Total		833	780	809	739	961	1,945	2,655	2,389	2,177	1,951	1,870	1,836	1,525	1,171	1,032	1,239	3,383	2,913	3,336	3,750	3,717	6,014	8,445	11,410	12,611	12,100
SSB		366	330	343	362	299	385	647	876	826	777	655	628	618	545	489	422	1,057	1,279	1,483	1,487	2,069	2,523	3,134	8,301	8,074	7,986

補足表2-1. (続き)

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
1	239	232	238	82	177	1,046	1,503	466	721	469	579	473	401	195	335	528	1,487	263	975	529	334	220	77	223	242	264
2	169	92	153	100	132	622	824	613	572	484	402	538	393	236	102	46	136	575	191	1,141	545	124	599	313	362	457
3	17	9	16	11	13	62	77	67	57	50	40	55	41	33	16	3	11	9	139	15	268	60	41	629	145	344
4	1	1	1	2	1	1	4	7	5	5	4	4	5	5	4	3	7	8	13	9	11	27	18	38	337	103
5+	2	2	2	2	1	2	3	6	7	6	7	4	5	3	3	2	4	5	7	5	6	5	15	32	46	219
合計	428	336	411	198	325	1,732	2,411	1,159	1,361	1,015	1,032	1,073	845	471	460	581	1,645	860	1,325	1,698	1,164	435	750	1,235	1,132	1,387
漁獲重量(t)	255	184	243	132	195	988	1,359	763	826	645	617	684	534	312	250	270	763	580	755	1,128	896	311	597	1,199	1,201	1,442

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
1		0.91	0.71	0.90	0.24	0.17	0.63	0.98	0.44	0.70	0.56	0.60	0.78	0.82	1.55	1.30	0.90	0.58	0.37	0.41	0.45	0.04	0.05	0.09	0.15	0.19	
2		2.18	1.34	2.05	1.55	0.80	1.73	2.16	2.01	2.12	2.10	1.76	2.20	2.12	2.19	1.97	1.05	1.32	1.30	1.32	1.11	1.09	0.31	0.17	0.29	0.21	0.52
3		1.18	0.71	0.98	0.97	1.00	1.33	1.35	1.61	1.46	1.70	1.47	1.85	1.52	1.50	1.14	0.24	0.37	0.27	1.78	0.31	0.95	0.33	0.17	0.30	0.23	0.33
4		0.20	0.20	0.26	0.27	0.15	0.18	0.28	0.43	0.44	0.49	0.64	0.49	0.94	0.76	0.75	0.65	0.56	0.57	0.79	0.51	0.45	0.23	0.17	0.25	0.27	0.26
5+		0.20	0.20	0.26	0.27	0.15	0.18	0.28	0.43	0.44	0.49	0.64	0.49	0.94	0.76	0.75	0.65	0.56	0.57	0.79	0.51	0.45	0.23	0.17	0.25	0.27	0.26
Weight Avg		1.42	0.88	1.33	0.95	0.46	1.05	1.39	1.34	1.33	1.35	1.06	1.47	1.44	1.55	1.62	1.27	0.93	1.06	0.68	0.89	0.90	0.15	0.16	0.28	0.22	0.35
Fbar		0.93	0.63	0.89	0.66	0.46	0.81	1.01	0.99	1.03	1.07	1.01	1.13	1.26	1.21	1.23	0.78	0.74	0.66	1.01	0.57	0.68	0.23	0.14	0.24	0.23	0.31

年齢別資源尾数(千尾)(雄)		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
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
1	453	519	455	442	1,301	2,539	2,733	1,475	1,620	1,238	1,537	1,186	840	840	394	482	821	2,834	678	3,581	1,792	1,052	5,677	1,885	3,049	1,908	1,726
2	216	142	199	144	271	857	1,055	802	737	625	550	686	507	301	135	80	211	895	296	1,928	929	524	4,227	1,400	2,177	1,273	
3	28	19	29	20	24	95	118	94	84	69	59	74	59	48	26	15	39	44	190	62	495	243	298	2,764	814	1,376	
4	9	7	7	8	6	7	19	24	15	15	10	11	9	10	10	8	7	18	21	26	25	35	149	136	196	1,597	506
5+	10	12	12	11	12	12	12	12	19	21	18	16	10	10	6	6	5	11	13	15	15	18	27	109	162	217	1,075
合計		716	699	703	626	1,613	3,509	3,937	2,414	2,476	1,965	2,172	1,967	1,425	758	657	927	3,113	1,651	4,108	3,822	2,529	6,619	6,656	7,570	6,714	5,956

年齢別資源量(トン)(雄)		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
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
1	191	219	192	186	549	1,072	1,154	623	684	523	649	501	355	166	204	346	1,196	286	1,511	757	444	2,396	796	1,287	805	729	
2	163	107	151	109	205	647	796	605	556	472	416	517	383	227	102	60	159	676	223	1,455	701	395	3,191	1,057	1,643	961	
3	33	22	34	23	28	110	137	110	97	81	69	86	69	55	31	17	45	51	221	72	576	282	347	3,217	948	1,602	
4	14	11	12	14	10	11	32	39	24	25	16	17	15	16	13	11	29	34	42	41	57	243	221	319	2,599	853	
5+	24	29	28	27	28	28	29	44	51	43	37	25	24	14	14	12	26	30	35	34	44	63	259	384	515	2,019	
Total	425	388	416	360	819	1,868	2,147	1,421	1,412	1,142	1,187	1,146	844	844	479	363	447	1,455	1,077	2,034	2,359	1,822	3,380	4,815	6,264	6,511	6,164
SSB	234	169	224	173	270	796	994	798	728	620	538	646	490	490	313	159	100	259	791	522	1,602	1,378	984	4,019	4,977	5,705	5,435

補足表2-1. (続き)

雌雄合計																											
変数/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	
漁獲尾数	771	633	720	399	542	2,647	3,766	2,096	2,274	1,770	1,726	1,830	1,468	920	909	1,223	3,558	1,645	2,192	2,612	1,823	863	1,423	2,455	2,119	2,679	
資源尾数	1,429	1,417	1,404	1,220	2,636	5,795	6,788	4,531	4,481	3,695	3,954	3,629	2,743	1,691	1,562	2,281	6,937	3,890	7,197	6,905	5,104	12,870	12,615	15,119	14,360	14,320	
資源量	1,258	1,168	1,225	1,098	1,780	3,813	4,802	3,810	3,589	3,094	3,056	2,982	2,369	1,650	1,395	1,686	4,838	3,990	5,370	6,108	5,539	9,394	13,260	17,674	19,122	18,264	
F	0.82	0.60	0.75	0.65	0.46	0.67	0.85	0.87	0.90	0.93	0.89	0.97	1.02	0.98	0.99	0.75	0.66	0.60	0.78	0.51	0.52	0.19	0.13	0.23	0.20	0.27	
年齢別体重(g) (2015年漁期の4歳、5歳の体重を括弧内に示した)																											
雌雄/年齢	1	2	3	4	5+																						
雌	576	1,243	2,110	3,093(2,309)	4,622(2,653)																						
雄	422	755	1,164	1,627(1,685)	2,373(1,878)																						

補足資料3 2015～2017年漁期の漁獲状況について

2011年3月11日に発生した巨大地震と津波により、東北地方太平洋岸の漁業は壊滅的な打撃を受けた。ヒラメを漁獲する各漁業種の船舶が数多く被災したこと、放射性物質の規制により一部海域で出荷制限の対象となったことから、2011年漁期（2011年7月～2012年6月）以降の漁獲努力量は2010年漁期以前と比べて大きく減少した。本資源評価では、宮城～茨城県の漁獲係数（F）を使用している。資源評価では2015年漁期のF値を、ABC算出では2016年漁期および2017年漁期のF値を用いている。以下の手順により、F値を推定した。

- ・資源量推定を行った宮城、福島および茨城の漁船について被災状況を調べた。
- ・漁業種は沖合底曳網漁業、小型底曳網漁業、沿岸漁業（刺し網ほか）、定置網に分けた。
- ・被災の状況は、組合等からの聞き取り、各県および水産庁に寄せられた情報から調べ、震災以前の漁船数については農林統計資料も用いた。
- ・3月11日以降の操業再開日は組合からの聞き取り、各県からの情報から調べた。
- ・県別・漁業種別の操業隻数と操業期間から、震災後各年における努力量の震災前に対する割合を求めた。また、2005～2009年の平均漁獲量に占める県別・漁業種別の漁獲量割合を算出した。努力量割合に漁獲量割合を乗じた値を総和して、3県・全漁業種の努力量割合を推定した（補足表3-1）。
- ・この値を2007～2009年漁期の年齢別Fの平均値に乗じることで2015、2016、2017年漁期の年齢別のFを求めた。

その結果、2015、2016、2017年漁期の漁獲努力量は、2007～2009年漁期の値のそれぞれ0.421倍、0.440倍、0.442倍であった（補足表3-2）。

補足表3-1. 2017年漁期の稼働率および2005～2009年漁期の県別・漁業種別漁獲量

漁業種	稼働率（2009年比）			2005-2009年漁期漁獲量（トン）		
	宮城県	福島県	茨城県	宮城県	福島県	茨城県
沖底	0.963	0.064	1.000	30	211	22
小底	0.667	0.057	1.000	85	120	142
刺し網他	0.768	0.017	0.922	125	261	122
定置	0.768	0.017	0.922	26	0	5

補足表3-2. 2014～2016年漁期の漁獲努力量（2009年比）

漁業種	漁獲量 (トン)	漁法別 比率(A)	2015漁期年		2016漁期年		2017漁期年	
			稼働率(B)	(A)×(B)	稼働率(B)	(A)×(B)	稼働率(B)	(A)×(B)
沖底	263	0.229	0.194	0.045	0.240	0.055	0.246	0.056
小底	347	0.302	0.576	0.174	0.594	0.179	0.592	0.179
刺し網他	507	0.442	0.410	0.181	0.417	0.185	0.419	0.185
定置	31	0.027	0.788	0.021	0.788	0.021	0.789	0.021
合計	1,147	1		0.421		0.440		0.442

補足資料4 Fおよび種苗放流による管理効果の比較

F値、放流尾数、および漁獲開始サイズの増減が漁獲量におよぼす影響を比較する目的で、以下の解析を行った。なお本解析は震災前のパラメータを用いている。その後、震災によって資源や漁業の状況が変化していることに注意されたい。

まず、2010年漁期の太平洋北部系群の資源尾数、漁獲尾数、F値、放流尾数を初期値とし、2年後以降のF値および放流尾数を変化させたときの7年後の漁獲量を前進法により推定した。解析には雌のみの値を用いた。Fを0.2～0.8、放流尾数を0～1,000万尾の間で変化させた。つぎに、同様の方法で、漁獲開始サイズを30～48cm、放流尾数を0～600万尾で変化させ、2016年漁期の漁獲量を推定した。再生産成功率（尾/kg）として1.4を、添加効率として0.05を与えた。解析方法の詳細は、亘（2011、2014）に準じた。

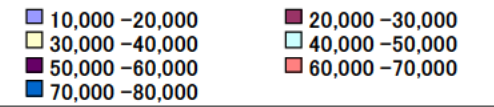
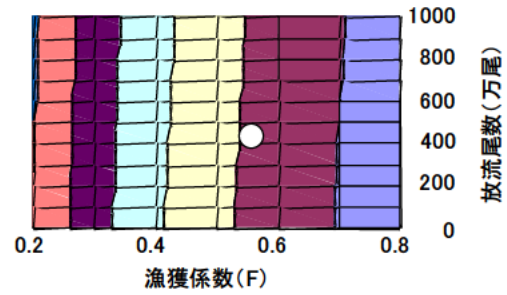
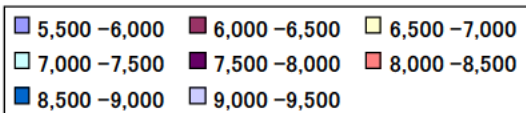
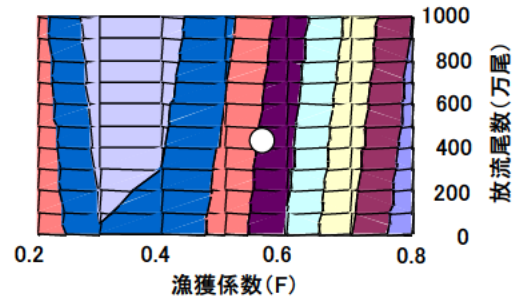
漁獲量および資源量増大の観点からは、現状のパラメータのもとでは、Fを変化させる効果が相対的に大きいことが推察された（補足図4-1、4-2）。また、現状の放流尾数は漁獲開始サイズを30cmから34cmに引き上げることと同等の資源量増大効果が認められた（補足図4-3、4-4）。

等漁獲量線は、再生産成功率が増加すれば傾きが急になり、添加効率が增加すれば傾きが緩やかになる。従って、このような比較を行うためには、再生産成功率と添加効率の推定精度を向上させる必要がある。現状ではこれらの推定値の精度は十分に高いとは言えない。

また、放流は変動が大きい資源の下支えをする効果があると考えられる。ヒラメ太平洋北部系群は周期的な変動をしており、資源水準が低いときは放流が資源変動の安定化に貢献したと推察される。

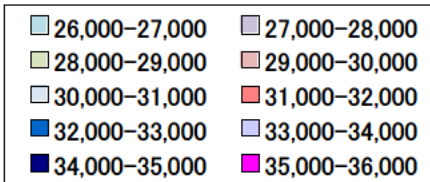
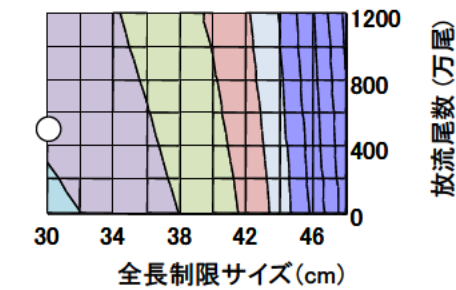
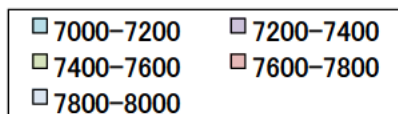
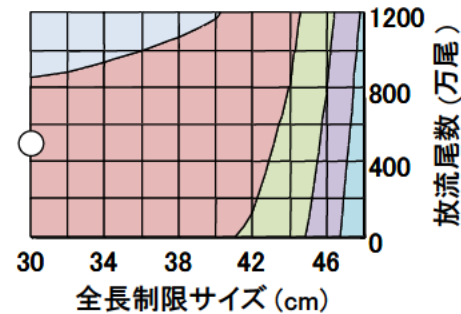
引用文献

- 亘 真吾（2011）ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価(平成23年度). 我が国周辺水域の漁業資源評価(平成23年度), 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター, 1385-1410.
- 亘 真吾（2014）等量線図による種苗放流が資源に与える影響評価と表計算ソフトを用いた計算方法. 水産技術, 6, 129-137.



補足図4-1. 2年後以降の漁獲圧と放流尾数を変化させたときの7年後の等漁獲量図
白丸は2010年の値。

補足図4-2. 2年後以降の漁獲圧と放流尾数を変化させたときの7年後の等資源量図
白丸は2010年の値。



補足図4-3. 2年後以降の全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの7年後の等漁獲量図
白丸は2010年の値。

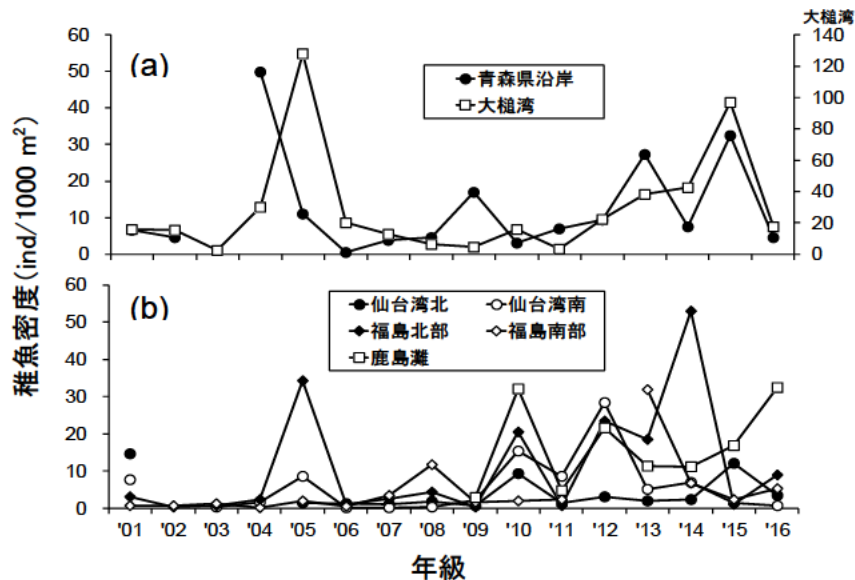
補足図4-4. 2年後以降の全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの7年後の等資源量図
白丸は2010年の値。

補足資料5 新規加入量調査の結果

太平洋北部系群では2001年より新規加入量調査を行っている（富樫ほか 2017）。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。

調査は青森～茨城の各県および東北区水産研究所が実施した。稚魚の採集は、水工研Ⅱ型ソリネット（網口幅2m）を用いて2ノットで10分間曳網した。2016年の調査は4月～12月に実施し、調査水深は3.7～20.2 mの範囲であった。着底稚魚密度は、各調査日に得られた総個体数を総曳網面積で除して、1000 m²単位で求めた。各年・各県における最大稚魚密度を新規加入量の指標とした。その経年変化を、北部海域（青森県沿岸、大槌湾；補足図5-1(a)）および南部海域（仙台湾南北、福島県南北、鹿島灘；補足図5-1(b)）に分けて図示した。

着底稚魚密度の経年変化は、各調査年および各調査地点で大きく変動していた。2016年における稚魚密度の最大は、鹿島灘の32.5個体 / 1000 m²であり、次いで大槌湾の17.5個体、福島県北部（相馬）の8.96個体の順となった。2015年度と比較して、北部海域の密度は低下する傾向に、南部海域は同程度あるいは上昇する傾向が見られた。調査開始以降の稚魚密度の経年変化を見ると、それぞれの海域内で類似した変動パターン（高密度の年は海域内の他地点でも高密度であること、またはその逆）を示す傾向があったが、北部と南部では必ずしも同調していなかった。稚魚密度から予想される南部海域の加入量は、2015年級はやや少ない、2016年級は平年並と評価された。



補足図5-1. 東北部海域(a)と南部海域(b)におけるヒラメ着底稚魚密度の経年変化

引用文献

富樫博幸・天野洋典・和田由香・高梨愛梨・鈴木貢治・實松敦之・百成渉・栗田 豊
 (2017) 東北部海域におけるヒラメ新規加入量調査結果(2016年)．東北底魚研究37
 (印刷中)．