

平成27（2015）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、玉手 剛、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。2014年（暦年）の漁獲量は前年より増加して、2,950トンであった。また、1990年台から種苗放流が盛んに行われている。2013年は154万尾の人工種苗が放流された。

2013年漁期（2013年7月～2014年6月）当初の資源量は「高位」、資源動向は「増加」と判断した。資源水準が高位であることから、震災前の漁獲圧を維持しても当面は近年の平均的なレベルを維持できると考えられる。ABC算定のための基本規則1-3)-(1)より、Flimitとして震災の影響がない直近3年間（2007～2009年漁期）の平均値（F2007-2009）を、Ftargetとして0.8×Flimitを用いてABCを算出した。

管理基準	Limit/ Target	F値	漁獲割合 (%)	2016年漁期ABC（千トン）
F2007-2009	Limit	0.66	43	6.65
	Target	0.53	36	5.65

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値は各年齢の平均値である。

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

漁期年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F値	漁獲割合
2013	19.18	2.74	0.24	14%
2014	19.84	—	—	—
2015	19.12	—	—	—

漁期年は7月～翌年6月。

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、茨城県) age-length key (2006年以降、年2回逐次作成) ・生物測定(水研セ、宮城県、福島県、茨城県) 成長曲線、全長-体重関係 ・生物測定(水研セ、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	2011～2015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(水研セ、青森県、岩手県) 成長曲線、全長-体重関係(北部海域) ・生物測定(水研セ、青森県、岩手県)
2013年級加入量	加入量水準の指標 ・新規加入量調査(水研セ、青森～茨城(5)県)
成熟率	・生物測定(水研セ)
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1,000～2,500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)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)。

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年台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。

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年度)。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年度～)。両手法の結果には明瞭な相関関係が認められた(栗田ほか

2014)。1900～2006年度の資源解析結果の詳細は、平成25年度（栗田ほか 2014）の資源評価報告書を参照のこと。

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解析している。

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もの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もの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

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

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

最高年齢については、雌は20歳以上、雄は10歳以上の高齢魚が確認されている。

(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）。東北南部海域では、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。また、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予想され（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処置が行われている。特に全長制限（30cm、一部地域では35cm）が各県で実施されており、30cm以下の小型魚（当歳魚）の漁獲はほとんどない（図4）。漁獲物は、通常、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る（図5、図6）。

(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7、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。2014年漁獲量は約2,950トンであった。なお、漁期年の漁獲量として、各県水揚げ統計を集計した2006～2013年度の漁獲量を表3に示した。

漁獲量の長期的な変動の傾向は北部（青森県・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（栗田ほか 2014）。また、2005年級は南部で非常に多かったが、北部では2004年

級が非常に多かった（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4）。解析は漁期年（7月～翌年6月）単位で実施し、2006～2013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た（補足資料1）。引き延ばし係数を1.54とした（補足資料2）。性別年齢別漁獲尾数は、半年ごと（7～12月、1～6月）に集計した宮城～茨城県の水揚げ物の全長組成に、対応する期間に採集した個体の年齢情報を用いて作成した性別age-length keyを適用して計算した。なお、1990～2010年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い、期間が重なる2006～2010年の資源量を用いて2006～2013年の値に補正した（栗田ほか 2014）。

自然死亡係数は、田中（1960）に従い、2.5/寿命により求めた。雌雄それぞれの寿命を12歳、10歳と判断し、自然死亡係数を雌0.21、雄0.25とした。最高齢グループ（5+歳）の漁獲係数と4歳の漁獲係数が等しいと仮定した。2013年度の漁獲死亡係数（F）を、震災前3年間（2007～2009年度）の平均値に2013年度の漁獲努力量の減少率（0.37）を乗じた値とした（補足資料3）。再生産関係を把握するためにはデータ数が不足しているため、将来予測のための加入量は一定の値（2006～2013年漁期推定値から卓越年級が1歳であった2006、2008、2011、2013年漁期を除いた平均値）を用いた。

なお、補足資料として、北部（青森県および東北水研の調査データを用いて引き延ばし）のみ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) 漁獲物の全長組成

例年、全ての県で1～6月は全長30～50cm、すなわち1、2歳が漁獲の主体となり、1歳魚が新たに加入した7～12月は全長30～40cmの1歳が漁獲物の主体となる。2013年漁期は、例年とは傾向を異にしており、50cm以上の個体が多く漁獲され、これらは主に卓越年級である3歳魚（2010年級）であった（図4、図5、図6）。

(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8、図9、栗田ほか 2014）。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8、図9）。2013年漁期の資源量は19,183トン、雌の産卵親魚量は11,057トンと非常に高い水準であった（図11）。漁獲割合は2006～2010年漁期は42～57%（平均49%）を推移していたが、震災後の2011～13年漁期は11～14%を推移し

ている（図12）。

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）。震災後、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。2013年漁期の南部3県のF値は震災前（F2007-2009）の0.37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24～34%増、0.5倍にした時は19～23%減程度であり、あまり大きくなかった（図15、図16、図17）。

(4) 資源の水準・動向

震災前の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、0～1,320、1,320～2,640、2,640～トンをそれぞれ低位、中位、高位水準とした（図8、栗田ほか2014）。2011年度以降、過去と比較にならないほどに資源量が増加しているが、震災の影響による一時的なものと判断して、水準の基準値は従来と同様の値を用いた。この基準に従い、2013年漁期の資源量は「高位」水準、2009～2013年漁期の資源量は「増加」傾向と判断した（図8、図9）。

(5) 再生産関係

南部3県の2006～2012年漁期の再生産成功率（ $t+1$ 年の1歳時加入尾数/ t 年の雌のSSB；尾/kg）は平均3.2尾/kg、卓越年級が1歳で加入した2008年漁期（5.5尾/kg）、2011年漁期（6.7尾/kg）を除くと平均1.9尾/kgであった（図18）。

(6) 今後の加入量の見積もり

再生産成功率に関するデータセットが不十分であることから、今後の加入量は、過去8年間（2006～2013年漁期）の天然魚の加入量のうち卓越年級由来の年（2006、2008、2011、2013年漁期）を除いた4年間の平均値で一定であると仮定した。なお、新規加入量調査によると、2013年級、2014年級群の豊度は例年並み～良好であると推察された（補足資料5）。

(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%程度となるF値は、0.2～0.3程度である（図19）。これに対して、2007～2009年漁期の雌の平均のF値は0.55であり、高い漁獲圧がかかっている状態である。したがって、近年のヒラメ資源は、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。一方2011年漁期以降のF値は0.11～0.24と低くなっている。

(8) 種苗放流効果

ヒラメは高級魚であり、東北海域における重要な漁業対象種であることから、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5）。しかし、震災の影響により、2011年以降は激減しており、2013年は154万尾であった。

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"系群の混入率"は、4.5～15.3%（平均10.0%）であった（表6）。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、種苗放流は加入量の年間変動を安定させる効果があると考えられる。なお、震災の影響で、2011年漁期以降の情報は得られてない。

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（山下ほか 2006）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（山下ほか 2006、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. 2016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資源量は急増し、2006年漁期以降は高い水準を維持している。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、近年の資源量は急増している。2013年漁期の資源量は、過去20年（1990～2009年度）と比較して高位水準、2009～2013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。2016年漁期のABCは2016年7月～2017年6月の期間を対象として算出した。

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Fは、FmaxやF30%SPRと比べて高い値となっている。一方、再生産成功率が高く、震災前の漁獲圧を維持しても当面は1990年以降の平均的な資源量水準を維持できると考えられる。従って、Flimitを震災前3年間（2007～2009年漁期）のFの平均値（F2007-2009）、Ftargetを $0.8 \times Flimit$ とし、その時の2016年度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、2014年漁期以降の1歳の資源尾数は、2006～2013年漁期のうち加入量が非常に多かった2006、2008、2011、および2013年漁期を除く4カ年の平均値2028千尾（雌942千尾、雄1086千尾）を与えた。2014、2015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、それぞれ2007～2009年漁期の平均値の0.40倍、0.43倍とした（補足資料3）。雌雄それぞれについてFlimit（F2007-2009）およびFtarget（ $0.8 \times Flimit$ ）時の2016年漁期の漁獲量および当初資源量を算出した。その結果、太平洋北部系群のABClimitは6.65千トン、ABCtargetは5.65千トン、資源量は15,517トンとなった（図20、21、表7）。

管理基準	Limit/ Target	F値	漁獲割合 (%)	2016年漁期ABC (千トン)
F2007-2009	Limit	0.66	43	6.65
	Target	0.53	36	5.65

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値は各年齢の平均値である。

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。

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、2020年度には4,149トンとなる（図20、21、表7）。この推定資源量は高位水準であることから、ABClimitは妥当であると判断した。なお、ABClimitおよびABCtargetの数値は、特に漁獲加入量水準の影響が大きい。ABCの算出において、加入量を一定と仮定しているが、2014年度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。

(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
2013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
2013年漁期のF	2007～2009年漁期の平均値を0.37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)
2014年 (当初)	F2007-2009	0.67	8.66	3.81	3.25	
2014年 (2014年再評価)	F2007-2009	0.75	8.51	4.04	3.47	
2014年 (2015年再評価)	F2007-2009	0.66	19.54	8.57	7.30	
2015年 (当初)	F2007-2009	0.75	8.33	3.99	3.43	
2015年 (2015年再評価)	F2007-2009	0.66	19.12	7.75	6.57	

2014、2015年の資源量推定値（2015年再評価）が前年推定値から倍増した。これは、主に3歳（2010年級）の資源量推定値が増加したためである。本年度は2013年漁期の値として実測値を用いるとともに、2014年漁期以降の推定加入量、推定F値を更新した。2013年漁期に漁獲された3歳魚が非常に多かったため、この年級の1歳時の資源尾数が前年の推定値の1.3倍に増加した。また、この年級のF値が前年の推定値の0.5倍程度となった。このため、2013年漁期における2010年級の資源重量が当初推定値の2倍程度となった。

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、漁獲圧を下げることに加えて、漁獲開始年齢を上げることが漁獲量増大に寄与する（図19、図22）。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）, 1373-1398, 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター.
- 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, 84p.

- 竹野功璽・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.
- 山下 洋・栗田 豊・山田秀秋・高橋一生 (2006) 三陸大野湾におけるヒラメ稚魚の最適
放流量の推定. 水研セ研報, 別冊5, 169-173.
- 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

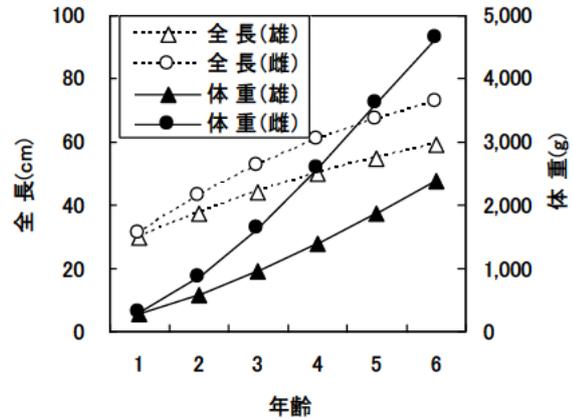


図2. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城県）の成長

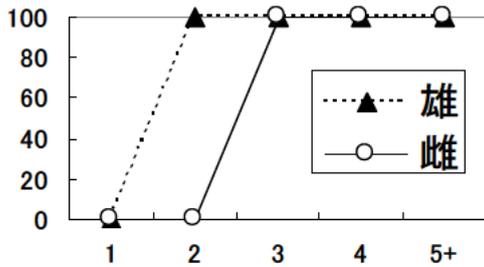


図3. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城県）の年齢と成熟率

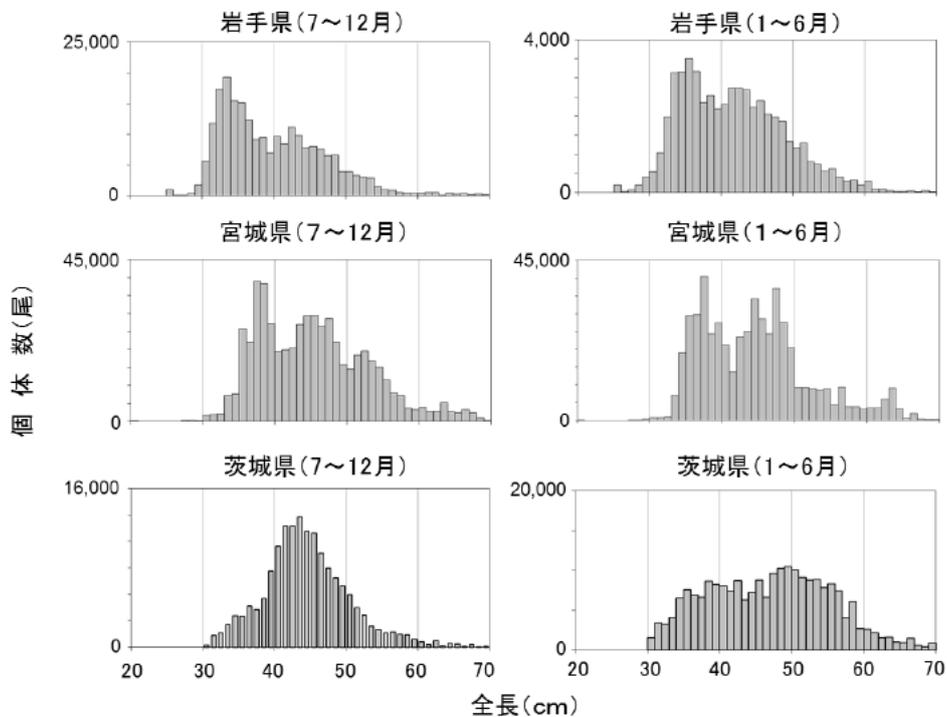


図4. 2013年漁期（2013年7月～2014年6月）の岩手、宮城、茨城県における漁獲物（天然個体）の全長組成

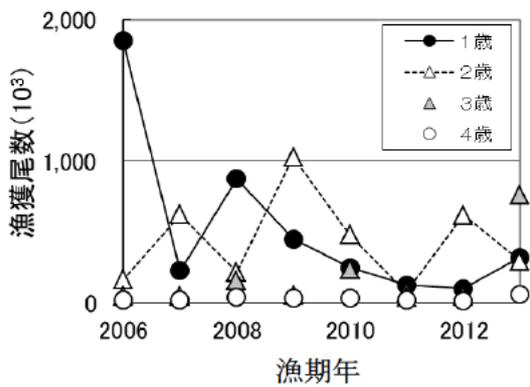


図5. 漁獲尾数の年齢組成（宮城～茨城県）

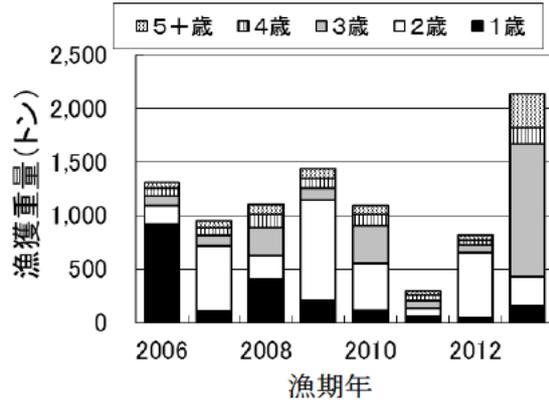


図6. 漁獲重量の年齢組成（宮城～茨城県）

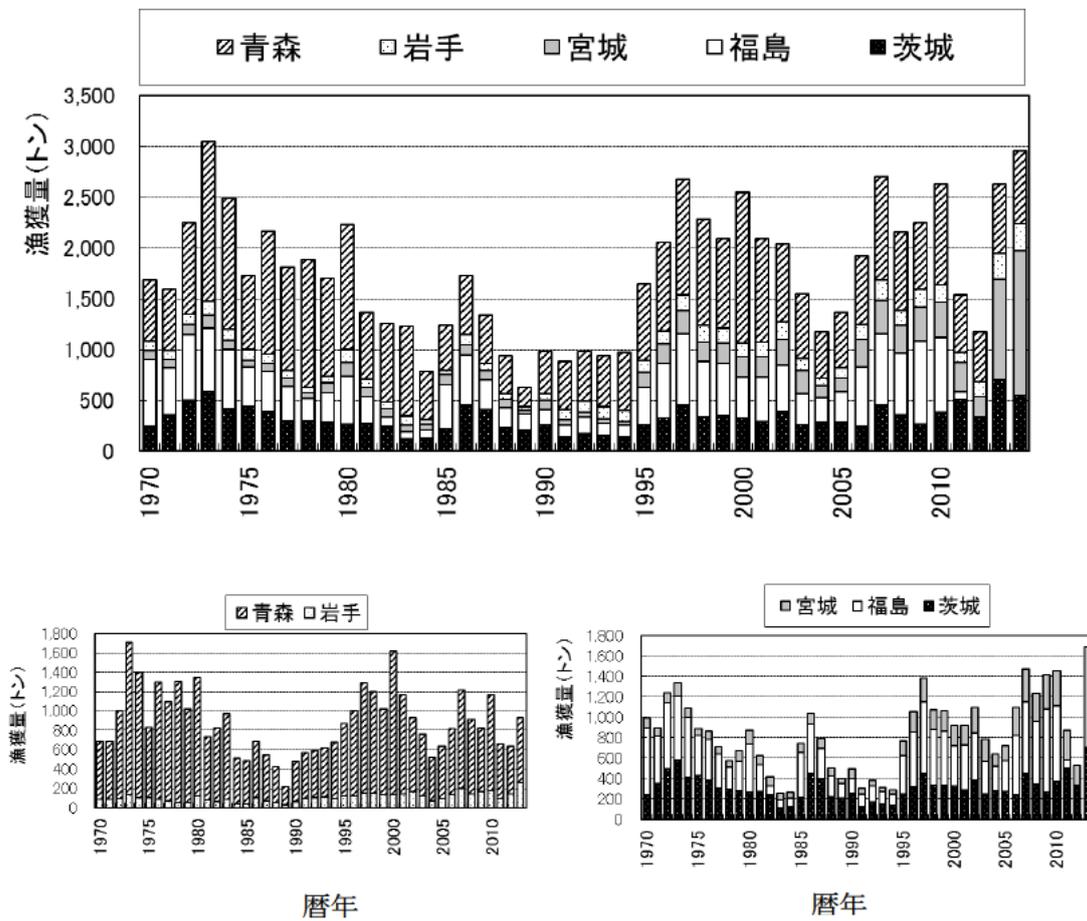


図7. 県別漁獲量の推移

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。

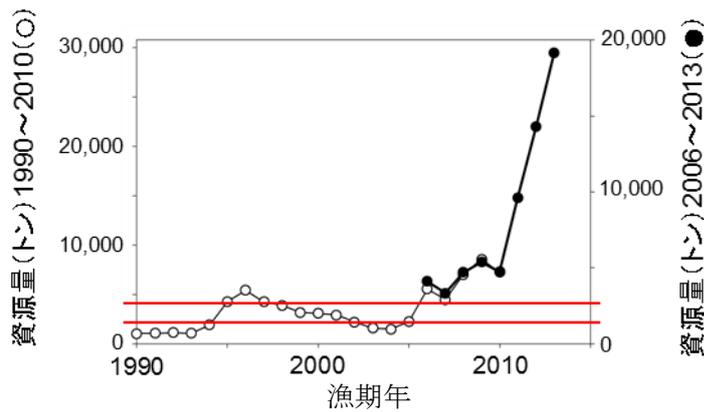


図 8. 1990～2013 年漁期資源量の推移（全域）

1990～2010 年漁期の資源量は左軸、2006～2013 年漁期の資源量は右軸を参照。赤線は資源水準の境界を表す。下が低中位境界 1,320 トン、上が中高位境界 2,640 トン。

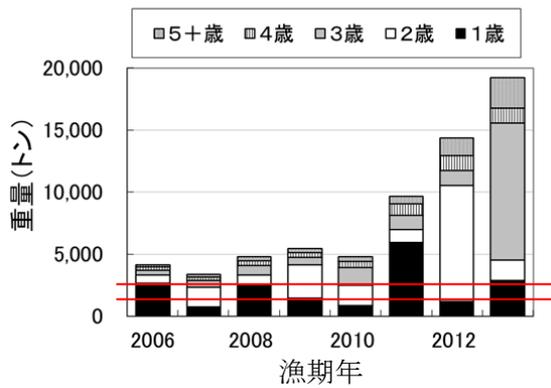


図 9. 年齢別資源量（全域）

赤線は資源水準の境界を表す。下が低中位境界 1,320 トン、上が中高位境界 2,640 トン。

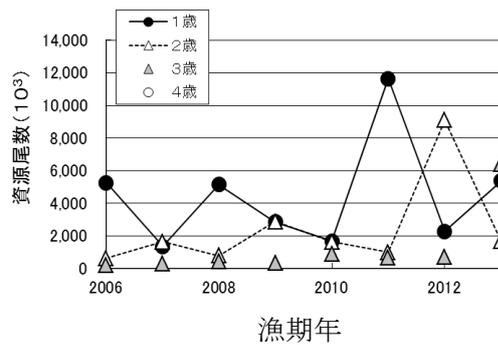


図 10. 年齢別資源尾数（全域）

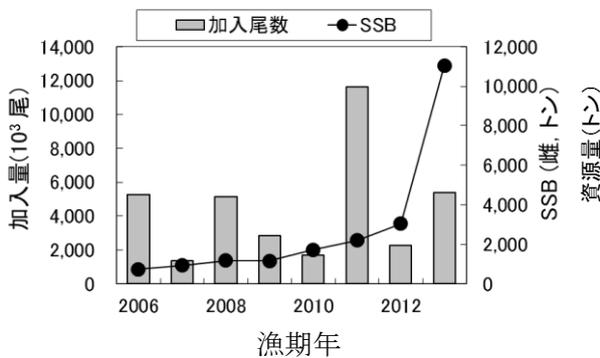


図 11. 加入量と雌 SSB の推移(全域)

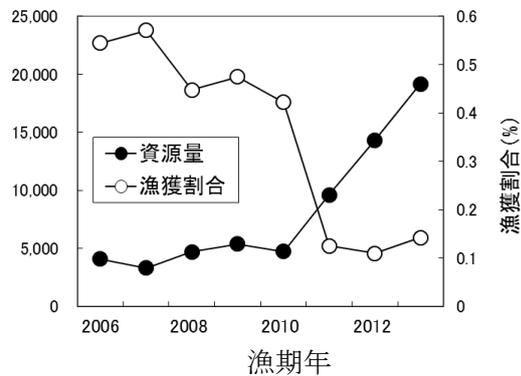


図 12. 資源量と漁獲割合の推移（全域）

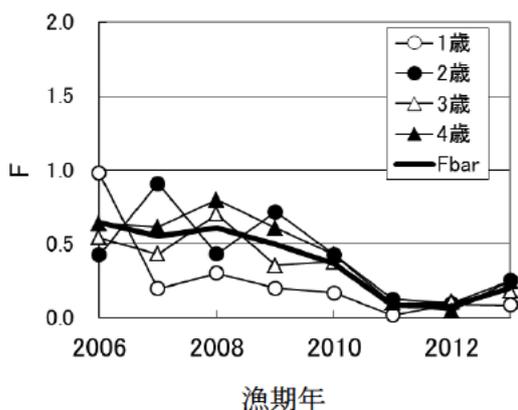


図 13. 雌の F の推移 (宮城～茨城県)

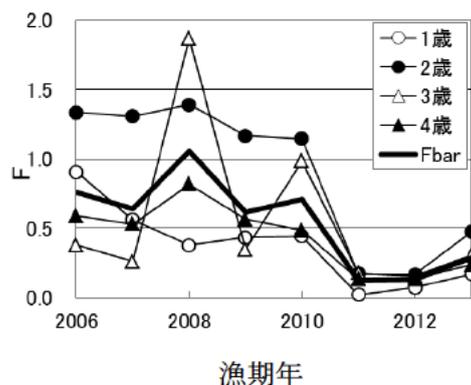


図 14. 雄の F の推移 (宮城～茨城県)

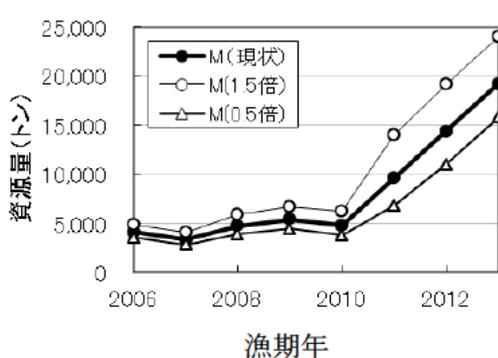


図 15. M の感度解析 (資源量)

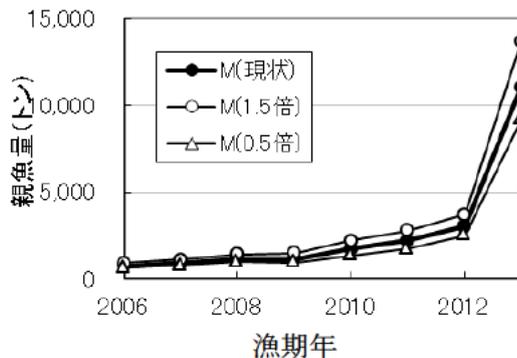


図 16. M の感度解析 (親魚量)

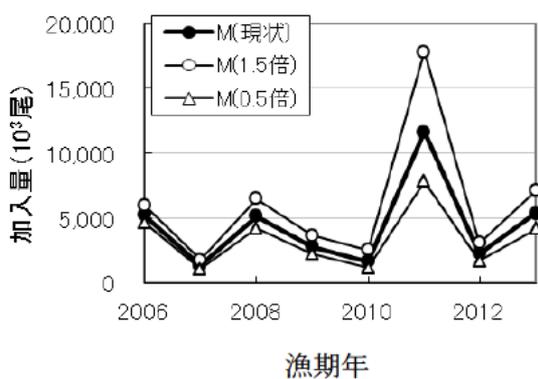


図 17. M の感度解析 (加入量)

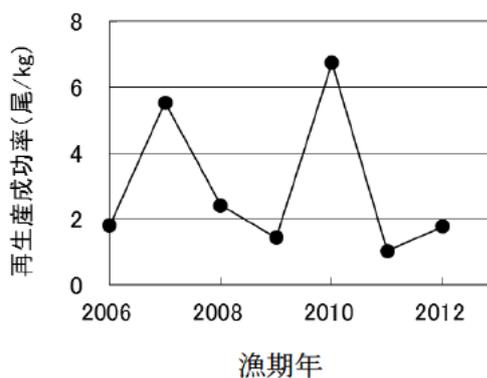


図 18. 再生産成功率の推移
再生産成功率は翌年 1 歳加入尾数を当年の雌の SSB で除して求めた。

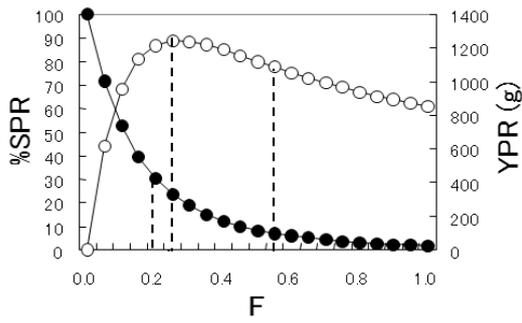


図 19. F を変化させた時の%SPR
および YPR の変化
雌の値を用いて作図した。破線
は、左から F30%SPR、Fmax、
F2007-2009 (2007~2009 年漁期の
漁獲死亡係数の平均値) を表す。

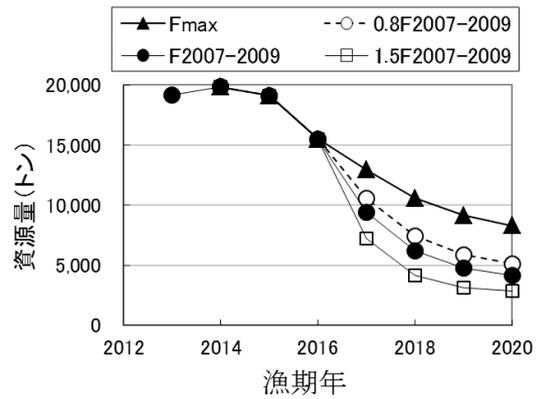


図 20. F を変化させた時の資源量の変化

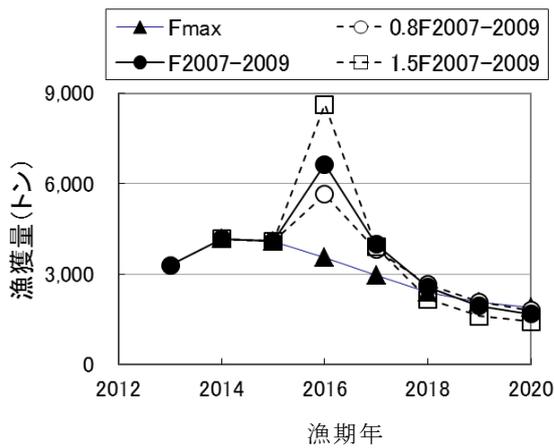


図 21. F を変化させた時の漁獲量の変化

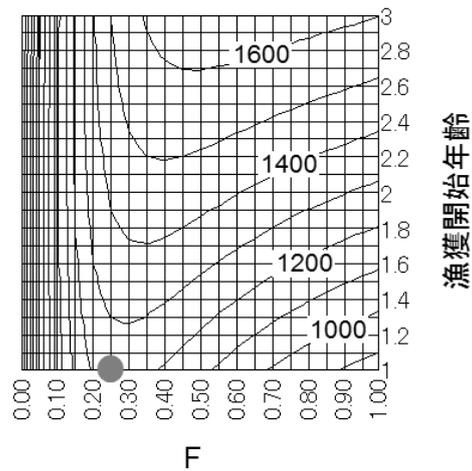


図 22. F および漁獲開始年齢を変化
させた時の太平洋北部系群の漁
獲量の変化
雌の値のみを用いて作図した。
黒丸は 2013 年漁期の値を表す。
図中の数字はトン数。

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					
青森	995	568	488	678	714					
岩手	177	96	149	258	262					
宮城	344	288	197	987	1,430					
福島	734	78	0	0	0					
茨城	380	505	336	702	544					
合計	2,630	1,534	1,170	2,624	2,950					

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	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
青 沖 底	0	2	1	3	3	4	7	4	11	16
小 底	42	95	104	111	113	107	14	22	46	63
森 刺 網	357	279	377	255	166	399	173	123	120	104
定置網	*	*	*	*	318	*	327	290	*	*
県 その他	*	*	*	*	53	89	46	47	70	75
計	546	702	1,022	773	653	995	568	488	678	714
岩 沖 底	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
小 底	*	*	*	*	*	0	0	*	*	0
手 刺 網	39	51	110	61	80	68	27	43	63	72
定置網	54	82	78	77	85	92	66	100	184	176
県 その他	4	8	14	8	10	10	4	6	11	14
計	96	142	201	146	177	177	96	149	258	262
宮 沖 底	10	44	32	34	31	24	42	99	374	153
小 底	45	111	89	68	112	90	28	*	119	405
城 刺 網	62	93	173	131	164	188	119	48	390	701
定置網	17	27	25	34	26	40	96	34	101	168
県 その他	2	2	2	4	5	2	2	0	1	3
計	136	276	320	271	339	344	288	197	987	1,430
福 沖 底	92	225	246	166	325	216	33	0	0	0
小 底	60	184	137	85	133	105	25	0	0	0
島 刺 網	147	167	304	348	338	396	19	0	0	0
定置網	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
県 その他	4	3	17	16	17	16	1	0	0	0
計	304	580	704	615	813	734	78	0	0	0
茨 沖 底	*	*	*	*	22	59	77	47	93	118
小 底	108	120	225	159	97	117	164	151	269	180
城 刺 網	134	73	150	141	110	154	194	27	235	160
定置網	*	*	*	*	5	*	*	*	*	*
県 その他	24	15	42	*	31	30	62	111	73	69
計	277	242	452	349	265	380	505	336	702	544
合 沖 底	106	301	307	220	381	*	*	*	478	287
小 底	256	510	555	423	455	420	230	187	434	648
刺 網	730	663	1,114	936	858	1,206	533	241	809	1,037
定置網	205	391	578	469	434	531	*	*	744	819
計 その他	51	77	145	105	116	152	113	164	159	159
計	1,359	1,942	2,699	2,153	2,247	2,630	1,534	1,170	2,624	2,950

2013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. 漁期年別ヒラメ漁獲量（トン） 各県水揚げ情報を集計した系群全体の値。

漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
漁獲量	2,241	1,903	2,112	2,559	2,010	1,212	1,581	2,738

表 4. 太平洋北部系群のコホート解析の結果

年齢別漁獲尾数 (x10 ³ 尾) (雌)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,479	120	426	201	113	99	79	278
2	131	431	157	505	255	58	427	149
3	62	70	120	70	123	36	35	576
4	30	32	58	43	47	20	13	57
5+	17	20	27	26	23	10	11	89
合計	1,718	673	788	846	561	224	564	1,149
漁獲重量(t)	1,315	943	998	1,145	893	314	740	2,148

年齢別資源尾数 (x10 ³ 尾) (雌)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	2,634	749	1,826	1,231	806	6,525	1,003	3,761
2	420	804	499	1,097	817	552	5,200	742
3	165	223	264	263	435	432	395	3,831
4	71	78	117	106	150	242	318	288
5+	39	47	55	63	75	119	265	451
合計	3,330	1,901	2,761	2,760	2,282	7,869	7,180	9,073

F-Matrix (雌)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0.98	0.20	0.30	0.20	0.17	0.02	0.09	0.09
2	0.43	0.91	0.43	0.72	0.43	0.13	0.10	0.25
3	0.54	0.43	0.70	0.36	0.38	0.10	0.10	0.18
4	0.64	0.61	0.80	0.61	0.43	0.10	0.05	0.25
5+	0.64	0.61	0.80	0.61	0.43	0.10	0.05	0.25
Weight. Aveg.	0.91	0.71	0.44	0.56	0.36	0.07	0.09	0.23
Fbar	0.64	0.55	0.61	0.50	0.37	0.09	0.08	0.20

年齢別資源重量(トン) (雌)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,517	431	1,051	709	464	3,756	577	2,166
2	522	999	620	1,363	1,015	686	6,462	922
3	349	470	556	554	917	912	832	8,081
4	221	242	363	328	463	748	983	891
5+	182	219	255	291	346	549	1,226	2,085
Total	2,790	2,362	2,845	3,246	3,204	6,651	10,081	14,145
SSB	751	931	1,174	1,174	1,725	2,209	3,041	11,057

表 4. 太平洋北部系群のコホート解析の結果（つづき）

年齢別漁獲尾数(x10 ³ 尾)(雄)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,375	229	923	498	276	99	80	221
2	120	530	178	1,079	486	61	528	306
3	9	8	129	13	238	29	36	594
4	6	6	11	8	10	14	15	35
5+	3	4	6	5	5	2	11	29
合計	1,512	777	1,248	1,602	1,015	204	671	1,185
漁獲重量(t)	698	525	708	1,064	788	149	526	1,141

年齢別資源尾数(x10 ³ 尾)(雄)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	2,615	605	3,326	1,602	872	5,110	1,266	1,611
2	185	824	269	1,775	808	436	3,893	915
3	33	38	173	52	431	200	286	2,565
4	14	17	23	21	29	126	131	191
5+	8	10	12	12	15	21	100	157
合計	2,855	1,493	3,803	3,462	2,155	5,893	5,675	5,438

F-Matrix (雄)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	0.91	0.56	0.38	0.43	0.44	0.02	0.07	0.17
2	1.33	1.31	1.39	1.17	1.14	0.17	0.17	0.48
3	0.38	0.26	1.87	0.35	0.98	0.18	0.16	0.30
4	0.59	0.53	0.82	0.57	0.48	0.13	0.14	0.24
5+	0.59	0.53	0.82	0.57	0.48	0.13	0.14	0.24
Weight. Aveg.	0.93	1.07	0.68	0.93	0.91	0.10	0.15	0.42
Fbar	0.76	0.64	1.05	0.62	0.71	0.13	0.13	0.28

年齢別資源重量(トン)(雄)								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	1,104	255	1,404	676	368	2,157	534	680
2	139	622	203	1,340	610	329	2,938	691
3	38	44	202	61	501	233	333	2,986
4	23	28	37	34	47	204	213	310
5+	20	23	30	29	35	49	236	372
Total	1,324	973	1,875	2,139	1,561	2,973	4,255	5,038
SSB	220	717	471	1,463	1,193	816	3,720	4,358

雌雄合計								
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
漁獲尾数	3,231	1,451	2,036	2,448	1,576	428	1,235	2,334
資源尾数	6,185	3,395	6,564	6,222	4,436	13,762	12,855	14,512
F	0.70	0.60	0.83	0.56	0.54	0.11	0.11	0.24
資源重量	4,114	3,334	4,721	5,385	4,765	9,624	14,335	19,183

表 5. ヒラメの種苗放流実績（千尾、暦年）

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
青森県	303	1,305	1,040	1,035	929	940	868	712	995	615
岩手県	1,353	1,235	1,113	1,210	1,282	1,518	1,472	0	252	192
宮城県	899	605	290	220	268	440	639	30	203	220
福島県	1,120	1,056	1,040	1,040	1,040	1,022	1,030	0	100	100
茨城県	984	653	973	805	962	1,001	818	4	117	417
合 計	4,659	4,854	4,456	4,310	4,481	4,921	4,827	746	1,667	1,544

「栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）」より。

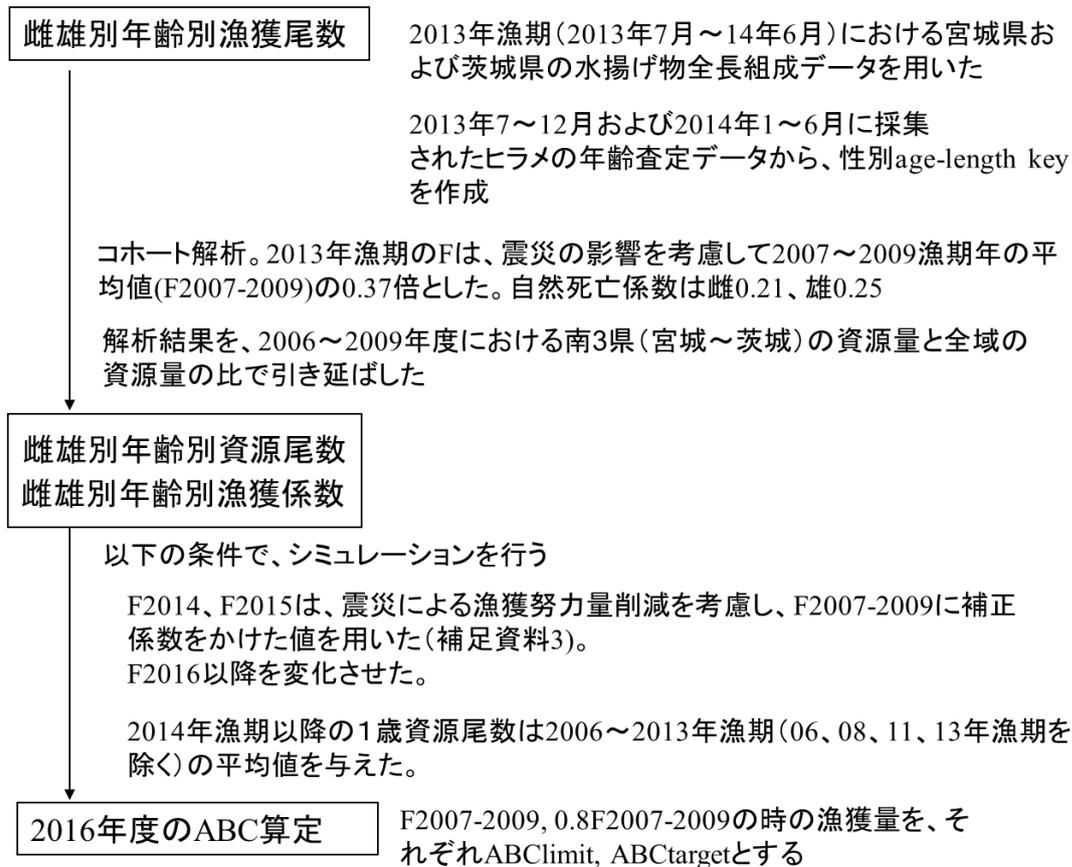
表 6. 太平洋北部系群の混入率（％）（漁期年）

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

表 7. F を変化させた時の海域全体の漁獲量および資源量の変化（漁期年）

F	基準値	漁獲量（トン）							資源量（トン）						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.99	1.50F2007-2009	4,169	4,087	8,621	3,900	2,159	1,598	1,427	19,836	19,117	15,517	7,210	4,128	3,140	2,839
0.66	F2007-2009	4,169	4,087	6,647	3,988	2,568	1,943	1,678	19,836	19,117	15,517	9,449	6,188	4,755	4,149
0.53	0.80F2007-2009	4,169	4,087	5,653	3,813	2,653	2,077	1,799	19,836	19,117	15,517	10,574	7,444	5,889	5,141
0.25	Fmax	4,169	4,087	3,554	2,958	2,407	2,076	1,878	19,836	19,117	15,517	12,949	10,584	9,164	8,314

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料2 資源計算方法

本年度は2013年漁期(2013年7月~2014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年度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。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年度より、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。手法変更が資源量動向の評価等に与える影響は大きくないと評価した(栗田ほか 2014)。

また、太平洋北部系群は南(宮城県~茨城県)北(青森県~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(1998~2013年漁期)の漁獲物の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。

なお、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、この期間に漁獲された性別年齢別尾数を集計した。

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

(1) 性別年齢別漁獲尾数

漁獲物の全長組成は、福島県が2006～2010年漁期の各月に、また宮城県および茨城県が2006～2013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age-length key

2006～2010漁期年7～12月、1～6月の性別age-length keyとして、それぞれ11月、6月に東北水研が相馬で水揚げされたヒラメを用いて作成したkeyを使用した。2011～2013漁期年は、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。これらを合わせて、漁期年ごとの雌雄別年齢別漁獲尾数を得た。

(3) コホート解析

得られた宮城～茨城県の性別年齢別漁獲尾数を漁期年（7月～翌年6月）で集計し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歳の漁獲死亡係数 ($F_{a,y}$) 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 ($N_{a,2013}$) および漁獲死亡係数 ($F_{a,2013}$) を

$$N_{a,2013} = \{C_{a,2013} / (1 - \exp(-F_{a,2013}))\} \exp(M/2)$$

$$F_{a,2013} = \sum_{y=2007}^{2009} F_{a,y} / 3 \times 0.37$$

により求めた。なお、0.37は、2013年漁期宮城～茨城県における努力量の2009年漁期以前

の努力量に対する割合である（補足資料3参照）。最後に、

$$F_{5+,2013} = F_{4,2013}$$

となるような $F_{5+,2013}$ 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、漁獲年度の間の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。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、性別年齢別重量を加算して推定した。

(4) 海域全体への引き延ばし

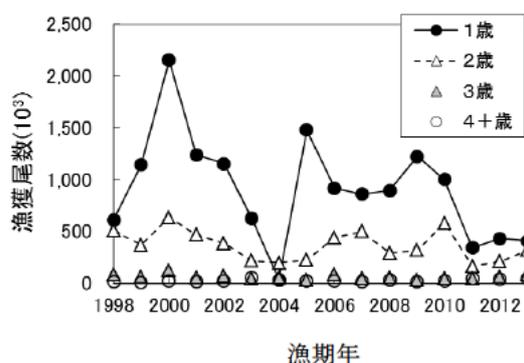
2006～2009年漁期における南部3県の推定資源量と全域の推定資源量を比較した。南部3県の資源量は、3県の水揚げ情報を基に実施したコホート解析により得た。全域の資源量は、南部3県の資源量推定値に、青森県（補足資料2）および岩手県（岩手県水産技術センター提供）の資源量推定値を加えた値を用いた。両者には比例関係が認められ、全域資源量は南部3県資源量の1.54倍であった。そこで、1.54を引き延ばし係数とした。

2. 青森県データの解析方法

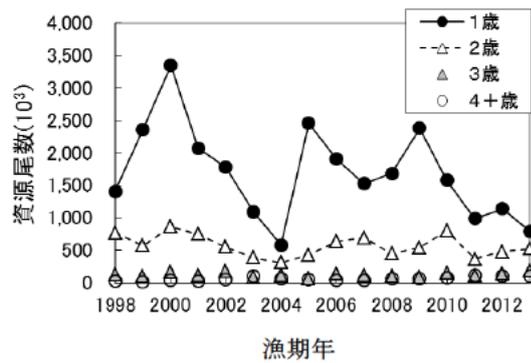
(1) 性別年齢別漁獲尾数

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、4～6、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、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）。自然死亡係数Mは南部と同様雌雄それぞれ0.21、0.25を、漁獲死亡係数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。各齢の中間時点での体重は、本文に掲載した北部の成長式および全長－体重関係式から計算した。2013年漁期の資源量は2011、2012年漁期に引き続き、低い水準であった（補足図2-2）。

本文でも記したように、ヒラメの漁獲量の長期変動は東北海域内の南北で一致しているが（図7）、各年の増減には南北の違いが認められる。



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尾数

補足資料3 2013～2015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～茨城県の漁獲死亡係数（F）を使用している。資源評価では2013年漁期のF値を、ABC算出では2014年漁期および2015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、漁業種別に操業隻数と操業期間の減少から予測される努力量の減少割合を求め、2005～2009年の平均漁獲量に占める各県、各漁業種の割合を算出した。その値に上で求めた努力量の減少割合を乗じることで、漁獲の状況に応じた重み付けを行った。
- ・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2013、2014、2015年漁期の年齢別のFを求めた。

その結果、2013、2014、2015年漁期の漁獲努力量は、2007～2009年漁期の値のそれぞれ0.37倍、0.40倍、0.43倍であった（補足表3-1）。

補足表3-1. 2012年漁期および2013年漁期の漁獲努力量（2009年比）

	漁獲量 (トン)	漁法別比 率 (A)	2013年漁期		2014年漁期		2015年漁期	
			稼働率 (B)	(A)×(B)	稼働率 (B)	(A)×(B)	稼働率 (B)	(A)×(B)
沖底	263	0.229	0.193	0.044	0.194	0.044	0.194	0.045
小底	347	0.302	0.542	0.164	0.559	0.169	0.598	0.180
刺し網他	507	0.442	0.329	0.146	0.371	0.164	0.410	0.181
定置	31	0.027	0.561	0.016	0.684	0.018	0.788	0.021
合計	1,147	1.000		0.369		0.396		0.427

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。

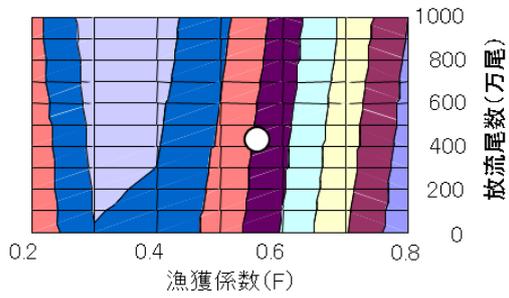
漁獲量および資源量増大の観点からは、現状のパラメータのもとでは、Fを変化させる効果が相対的に大きいことが推察された（補足図4-1、4-2）。また、現状の放流尾数は漁獲開始サイズを30cmから34cmに引き上げることと同等の資源量増大効果が認められた（補足図4-3、4-4）。

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、この様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。

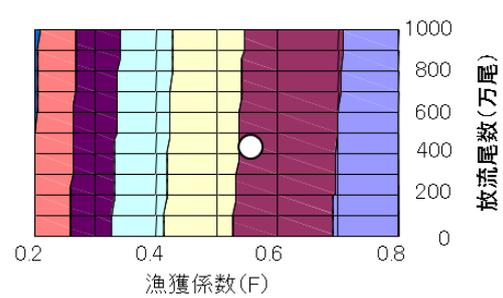
また、放流は変動が大きい資源の下支えをする効果があると考えられる。ヒラメ太平洋北部系群は周期的な変動をしており、資源水準が低いときは放流が資源変動の安定化に貢献したと推察される。

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）, 1385-1410, 水産庁増殖推進部・水産総合研究センター.
- 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.



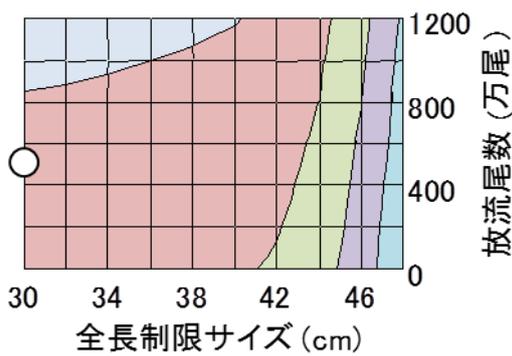
5,500 - 6,000	6,000 - 6,500	6,500 - 7,000
7,000 - 7,500	7,500 - 8,000	8,000 - 8,500
8,500 - 9,000	9,000 - 9,500	



10,000 - 20,000	20,000 - 30,000
30,000 - 40,000	40,000 - 50,000
50,000 - 60,000	60,000 - 70,000
70,000 - 80,000	

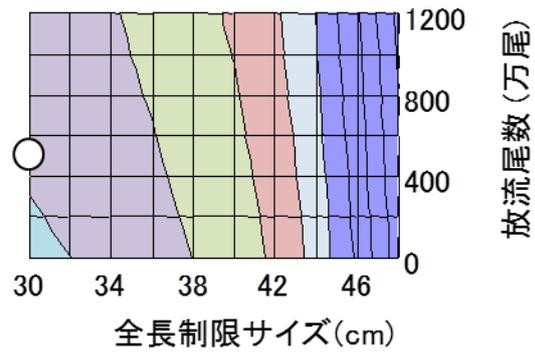
補足図4-1. 2年後以降の漁獲圧と放流尾数を変化させたときの7年後の等漁獲量図
白丸は2010年の値。

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。



7000-7200	7200-7400
7400-7600	7600-7800
7800-8000	

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。



26,000-27,000	27,000-28,000
28,000-29,000	29,000-30,000
30,000-31,000	31,000-32,000
32,000-33,000	33,000-34,000
34,000-35,000	35,000-36,000

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。

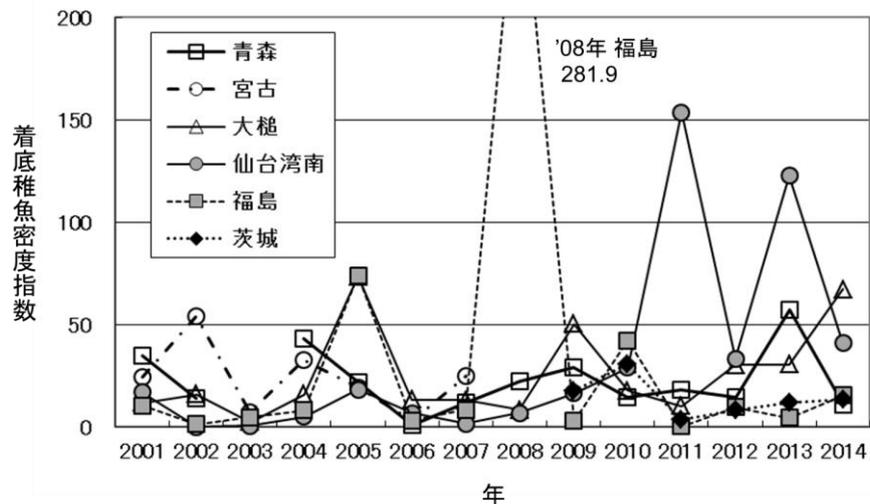
補足資料5 新規加入量調査の結果

東北海区では2001年より新規加入量調査を行っている。この調査は0歳の着底稚魚密度を調査し、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。

着底稚魚密度指数は、曳網水深帯の違いを考慮しないで計算した稚魚平均密度を、全長を考慮して補正して求めた。指数の調査地点別経年変化は補足図5-1の通りである。

調査は青森～茨城の各県および東北区水産研究所（旧宮古栽培漁業センターを含む）がソリネットを用いて行っており、各年の総曳網数は200～300曳網である。以下、特徴的な年や調査地点について簡単にまとめる。2005年は多くの調査地点で着底稚魚密度指数が高く、大槌、福島県では過去最高の水準となった。資源評価の結果、東北南部海域（宮城県以南）では卓越年級群であった。2008年の福島県の指数は極めて高水準（281.9）となったが、資源評価の結果、この年級群は高水準ではあるものの2005年の半分程度であった。2010年は全ての調査点で高めの指数となっており、資源評価によっても卓越年級群であると評価された。2011年級群の指数は仙台湾南部においてかなり高かったが、調査地点によってばらつきが大きかった。2012年は調査地点による指数差が比較的小さく、中～高水準と判断される。2013年級群は仙台湾以北で高い指数値を示したが、福島以南では低～中程度の値となった。2014年の指数はいずれの調査地点も中水準以上であり、大槌湾および仙台湾南部の値は比較的高かった。

新規加入量調査の詳細は、玉手ほか（2015）を参照のこと。



補足図5-1. ヒラメ太平洋北部における着底稚魚密度指数の推移

引用文献

玉手 剛・和田由香・後藤友明・鈴木貢治・島村信也・荒井将人・栗田 豊(2016) 東北海域におけるヒラメ新規加入量調査結果（2015年）. 東北底魚研究 35（印刷中）.