

平成25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、伊藤正木）

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

ヒラメ太平洋北部系群（青森～茨城県）は1歳で漁獲加入し、漁獲は1、2歳魚が主体である。このため漁獲量は、漁獲加入量変動の影響を強く受ける。コホート解析の結果、1歳魚の資源量は1996年から2003年まではほぼ単調に減少し、その後増加に転じた。2005年級群および2007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年以降資源量は急増し、その後高位水準を維持している。2011年3月に発生した東日本大震災の影響で、2010漁期年度（2010年7月～2011年6月；以降、年度と表記）以降の漁獲圧が大きく減少（それ以前の0.2～0.5倍）しており、2011年以降の資源量に影響をおよぼしている。

これまで福島県漁獲物の情報を用いて資源解析を行い、得られた数値を系群全体に引き延ばしていた。本年から、宮城、福島、茨城3県の漁獲物情報を用いて資源解析を行った。解析は2006～2011年度について行った。新旧手法による推定値が得られた2006～2010年度において、新手法による資源量推定値は2/3程度に下方修正されたが、資源動向は一致した。

2011年度（2011年7月～2012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、現在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Fcurrentを、Ftargetとして $0.8 \times F_{\text{current}}$ を用いてABCを算出した。なお、Fcurrentは震災の影響がない直近3年間（2007～2009年度）の平均値とし、F2007-2009と表記した。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	3.81千トン	F2007-2009	0.67	44%
ABCtarget	3.25千トン	0.8F2007-2009	0.54	38%

10トン未満を四捨五入した。Fは各年齢のFの平均値、F2007-2009は2007～2009漁期年度（7月～翌年6月）の平均値である。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F値	漁獲割合
2011	5.36	1.21	0.17	23%
2012	7.18			
2013	8.42			

ABC、資源量、F、漁獲割合、漁獲量は漁期年度（7月～翌年6月）の値である。

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、茨城県) プールage-length key (2003年度以降の高齢用; 2003～2010年調査) ・生物測定(水研セ) 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、宮城県) 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	2011～2013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)
2011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) ・浮遊期仔魚調査(水研セ)
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、小型底びき網、沖合底びき網漁業などにより漁獲されている。1990年代後半より、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おり、2004年に最低であった漁獲量は2005年より増加に転じ、2007年以降高い水準を維持している。

2011年3月の東日本大震災により、東北海域各県の漁業は甚大な被害を被った。また、宮城県、福島県、茨城県は、放射性セシウム濃度に起因する出荷制限の影響を受けている。このため、2011年以降の漁獲量は大幅に減少している。

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。

なお、本海域では7月から翌年6月までを漁期年度とし、年別漁獲量以外の解析は全て漁期年度で集計した値を用いて解析している。以降、漁期年度は年度、暦年は年と表記する。

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7～10cmになると次第に深所に移動する。当歳魚は秋～冬には水深30m以深の砂または砂泥域で過ごし、春に再び水深10～30m付近に接岸する。2歳以上の個体は、主に水深40m以深の陸棚に生息し、その主分布域は100m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）、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ある。

(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。

①成長式

A. 青森～岩手

$$\begin{aligned} \text{♀} \quad L &= 107.2(1 - e^{-(0.10(t+2.13))}) \\ \text{♂} \quad L &= 61.9(1 - e^{-(0.21(t+1.87))}) \end{aligned}$$

B. 宮城～茨城

$$\begin{aligned} \text{♀} \quad L &= 99.2(1 - e^{-(0.19(t+0.96))}) \\ \text{♂} \quad L &= 88.3(1 - e^{-(0.14(t+1.94))}) \end{aligned}$$

②全長 体重関係

A. 青森～岩手

$$\begin{aligned} \text{♀} \quad W &= 7.16 \times 10^{-3} \times L^{3.11} \\ \text{♂} \quad W &= 5.87 \times 10^{-3} \times L^{3.16} \end{aligned}$$

B. 宮城～茨城

$$\begin{aligned} \text{♀} \quad W &= 5.56 \times 10^{-3} \times L^{3.18} \\ \text{♂} \quad W &= 6.99 \times 10^{-3} \times L^{3.12} \end{aligned}$$

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、暫定的に、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、雌の親魚量(SSB)を計算した（図3）。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大きく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）の漁獲は非常に少なくなった（図4）。漁獲物は、尾数、重量ともに全長50cm以下の1歳と2歳が主体となっている（図5、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。1994年まで1,000トン弱程度の低水準で推移していた漁獲量は、1995年以降は増加傾向を示し、1997年には2,674トンに達した。1996～2002年は2,000～2,700トンの間を推移していたが、2000年以降は減少に転じ、2004年には1,170トンまで落ち込んだ（図7、表1）。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た。しかし、2011年以降は東日本大震災に伴う漁獲努力量の大幅な減少のため（補足資料4参照）、漁獲量は大きく減少した。また、各県水揚げ統計を集計した2006～2011年度の漁獲量を表2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（宮城県～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（図7）。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）。このような年単位で見たときの南北の不一致は、着底稚魚量の年変動においても認められる（補足資料6）。

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）。解析は漁期年度（7月～翌年6月）単位で実施した。資源評価ならびに管理方策は、情報量が多い南部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数値を用いた（補足資料1、2参照）。また、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。

昨年までの資源評価では、福島県水揚げ物の全長組成に年2回（6月と11月）作成した性別age-length keyを適用して、性別年齢別漁獲尾数を算出していた。本年度は2011年度の水揚げ情報を解析することになっているが、震災の影響で福島県のヒラメ水揚げは皆無であった。そこで、宮城県および茨城県の水揚げ物の全長組成に2011年7～12月、2012年1～6月の採集個体を用いて作成した性別age-length keyを用いて、性別年齢別漁獲尾数を計算した。

コホート解析では、年齢の起算日を7月1日とした。自然死亡係数は、田中(1960)に従い、 $2.5 / (\text{寿命})$ 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。2010年度および2011年度の漁獲係数を、過去3年間（2007～2009年）の平均値にそれぞれの年の漁獲努力量の減少率を乗じた値とした（補足資料4）。

なお、本年と同様の解析を2006～2010年度の宮城県・福島県・茨城県のデータを用いて実施し、新旧手法による推定値を比較した。その結果、新手法による資源量推定値は旧手法による推定値の2/3程度となったが、動向は同様であった。また、漁獲係数は値、動向ともに変化が認められなかった（図8～11、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（2006～2011年度推定値から卓越年級の2006、2008年度および推定値が高い2011年度を除いた平均値）を用いた。

(2) 漁獲物の年齢組成

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。2011年度は、1歳魚（2010年級）が最も多く漁獲され、2歳魚はその半分程度であった（図5、6）。

(3) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は1995年度に、低位水準から一気に高位水準に増加した（補足図3-3）。その後漸減を続け、2003、2004年度は再び低位水準まで減少した。2005、2007年に卓越年級群が出現し、他の年も年級群水準が比較的高かったため、2006年度以降、資源量は高位水準を保っている。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。2005年以前では、1971年、1978年、1984年、1994年、1995年に卓越年級群が発生したことが知られている（太平洋北ブロック資源管理型漁業推進協議会 1994、渡邊・藤田 2000）。2010年級群も、コホート解析の直近年ではあるが、資源豊度が非常に高く推定されている。ただし北部海域では、資源の動向が南部とは若干異なっており、近年では2004年級が非常

に多かった（補足資料2）。

本年より計算方法を改変したため、資源量推定値の絶対値は変化した、相対値は経年的に安定している。資源量は2006年度の4,088トンから2011年度の5,360トンまで増加した。漁獲率は2006～2009年度は42～53%（平均48%）を推移していたが、震災により2010年度は45%、2011年度は23%に激減した（図11、12）。

雌親魚量は2006年度（742トン）以降増加を続けており、2011年度は1,867トンと約2.5倍に増加した（図13）。

2007～2009年の平均の $F(F_{current})$ は、雌が0.60、雄が0.74であった（図8、9）。自然死亡係数(M)が資源量、加入量、産卵親魚量に及ぼす影響は、 M の推定値を1.5倍にした時は20%増、0.5倍にした時は15%減程度であり、あまり大きくなかった（図14～16）。

日本海西部などではネオヘテロボツリウム症がヒラメ資源に悪影響を及ぼすことが懸念されている。東北海域では2003、2004年に寄生率が急減した(Tomiyama et al. 2009)。2006年以降、寄生率は再び増加の傾向が認められている（東北水研データ）が、資源へおよびる影響は大きくないと推察される。

（4）資源の水準・動向

昨年までは、過去20年間（直近年を除く）の資源量推定値の最高値と0を3等分して、0～2,033、2,033～4,066、4,066～トンそれぞれ低位、中位、高位水準とした。資源量推定値の絶対量が変化した相対値(0.65倍)の変動は変化していないことから、水準の境界値をそれぞれ0.65倍した0～1,320、1,320～2,630、2,630～トンを水準の範囲とした。この基準に従い、2011年度の資源量は「高位」水準と判定した（図11）。また、資源量は2007～2011年度に「増加」傾向を示した。

（5）再生産関係

南部3県の2006～2010年度の再生産成功率（雌のSSBに対する1歳時の加入尾数；尾/kg）は平均2.8、卓越年級が1歳で加入した2008(5.6)、2011(2.7)年を除くと平均1.9であった（図17）。

仙台湾～常磐沿岸の海洋環境と卓越年級の発生前（1971、78、84、94、95年）の関係を解析した結果、8月の高水温が卓越年級発生の必要条件である可能性が示唆された（栗田ほか 2006）。東南海域で卓越年級が発生した2005年8月の表面水温も、平年値よりも高かった。適当な時期に産卵が行われていること、浮遊期の生残がよいこと、着底場所のアミの生産量が多いこと等が卓越年級発生の必要条件であると予想され、これらの全ての条件を満たしたときに卓越年級が発生すると考えられる。なお、8月の高水温は、浮遊期の生残と着底場所のアミの生産量に関与する可能性が考えられる。

（6）今後の加入量の見積もり

卓越年級群が発生した年を除くと、再生産成功率（1歳時加入尾数/雌のSSB；尾/kg）は比較的安定している（平成24年度資源評価報告書参照）。しかし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6年間の加入量のうち卓越年級由来の年と直近年を除いた平均値で一定であると仮定している。2011年級、12年級群は、新規加入量調査結果

が調査地点によって大きくばらつき、豊度は例年並みであると推察された（補足資料6）。

(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を最大にする漁獲係数、および%SPRが30%程度となる漁獲係数は、0.2～0.3程度である（図18）。これに対して、2007～2009年の雌の平均漁獲係数は0.67であり、やや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年度以降の漁獲係数は0.20前後となっている。

(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480万尾であった（表4）。しかし、2011年は、震災の影響により75万尾に激減した。

2004～2010年度において、各県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。

ヒラメ稚魚の主要な餌であるアミ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、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. 2014年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は1996年度から2004年度まで単調に減少したが、2005年級、2007年級の好加入等により資源量は急増し、2006年度以降は高い水準を維持している。2011年度の資源量は、過去20年の中では高位水準、2007～2011年度の動向は増加と判定した。

(2) ABCならびに推定漁獲量の算定

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。2014年のABCは、2014年7月～2015年6月（2014年度）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、 B_{limit} 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。現状のFは、 F_{max} や $F_{30\%SPR}$ と比べて高い値となっている。一方、再生産成功率が高く、現状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、 F_{limit} を $F_{current}$ 、 F_{target} を $0.8 \times F_{current}$ とし、

その時の2014年（漁期年）の予測漁獲量をそれぞれABClimit、ABCtargetとした。なお、2010年度以降、震災の影響でFの値が大きく減少していることから、2007～2009年度のFの平均値をFcurrentとし、F2007-2009と表記した。

ABCの算定は、まず宮城～茨城県について行ったコホート解析値を用いて計算し、次いで系群全体の引き延ばし係数(1.54)を乗じた。2012年度以降の1歳の資源尾数は、2006～2011年度のうち卓越年級群が加入した2006、2008、および推定値が非常に高い2011年度を除く3カ年の平均値（雌580千尾、雄653千尾）を与えた。2012、2013年度の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年の平均値の0.25倍、0.35倍とした（補足資料4）。雌雄それぞれについてFlimit(Fcurrent)およびFtarget($0.8 \times \text{Flimit}$)時の2014年度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3.81千トン、ABCtargetは3.25千トン、資源量は8,656トンとなった（図19、20、表6）。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	3.81千トン	F2007-2009	0.67	44%
ABCtarget	3.25千トン	0.8F2007-2009	0.54	38%

10トン未満を四捨五入した。Fは各年齢のFの平均値、F2007-2009は2007～2009漁期年の平均値である。

(3) ABClimit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、2018年度には3,570トンとなる（図19、20、表6）。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、2012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
2006～2010年の雌雄・年齢別漁獲尾数	2011年度までの雌雄・年齢別資源尾数、漁獲係数、F
2011年度の雌雄・年齢別漁獲尾数	

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)
2012年（当初）	Fcurrent	0.81	3.29	1.58	1.36	
2012年（2012年再評価）	Fcurrent	0.55	5.51	2.04	1.72	
2012年（2013年再評価）	Fcurrent	0.67	7.18	3.23	2.76	
2013年（当初）	Fcurrent	0.56	6.41	2.39	2.03	
2013年（2013年再評価）	Fcurrent	0.67	8.42	3.58	3.05	

本年度は2006～2010年度の性別年齢別漁獲尾数を改訂したのに加えて、2011年度の値を追加した。改訂にともない、資源量推定値および加入尾数は約2/3に下方修正された。一方、2011年度のF値は震災の影響でFcurrentの0.2倍程度にとどまった。また、2011年度1歳魚加入尾数（3,908千尾）は予想値（1,982千尾）の2倍となった。これらの要因により資源量再評価値は30%程度増加した。

また、2012年資源量の2012年再評価値が当初の値から大きく増加した。これは、2007年度以降のF値（特に1歳時）が減少しており、2009、2010年のF値（それぞれ0.46、0.37）は、当初の仮定値0.70（2003～2007年度の平均値）を大幅に下回ったため、2008、2009年度の1歳加入尾数の推定値が当初推定値よりも上方に修正されたことが原因である。

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18、21）。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。

今後は、再生産成功率や添加効率などのパラメータ推定精度の向上およびそれらの変動要因の把握に努め、総合的な資源管理方策の策定を目指す。

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.
- 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. Fisheries Research, 117-118, 121-129.
- 栗田 豊・上原伸二・神山孝史・高橋一生・杉崎宏哉・桑田 晃・岡崎雄二(2006) ヒラメ(仙台湾 常磐北部沿岸域). 漁場生産力変動評価・予測調査報告書(平成17年度), 22-32.
- 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.
- Tomiyama, T., M. Watanabe, and Y. Kurita (2009) Rapid fluctuation in infection levels of *Neoheterobothrium hirame* (Monogenea) in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* in the Joban area, Japan. J. Fish Biol., 75, 172-185.
- 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

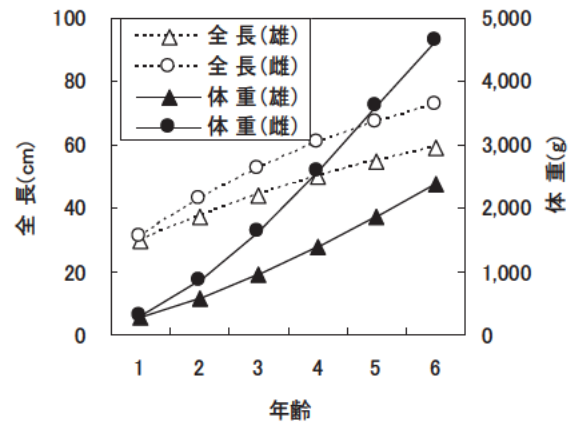


図 2. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城）の成長

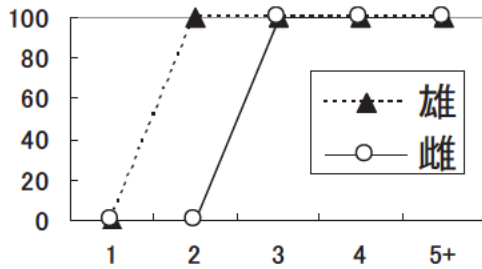


図 3. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城）の年齢と成熟率（暫定値）

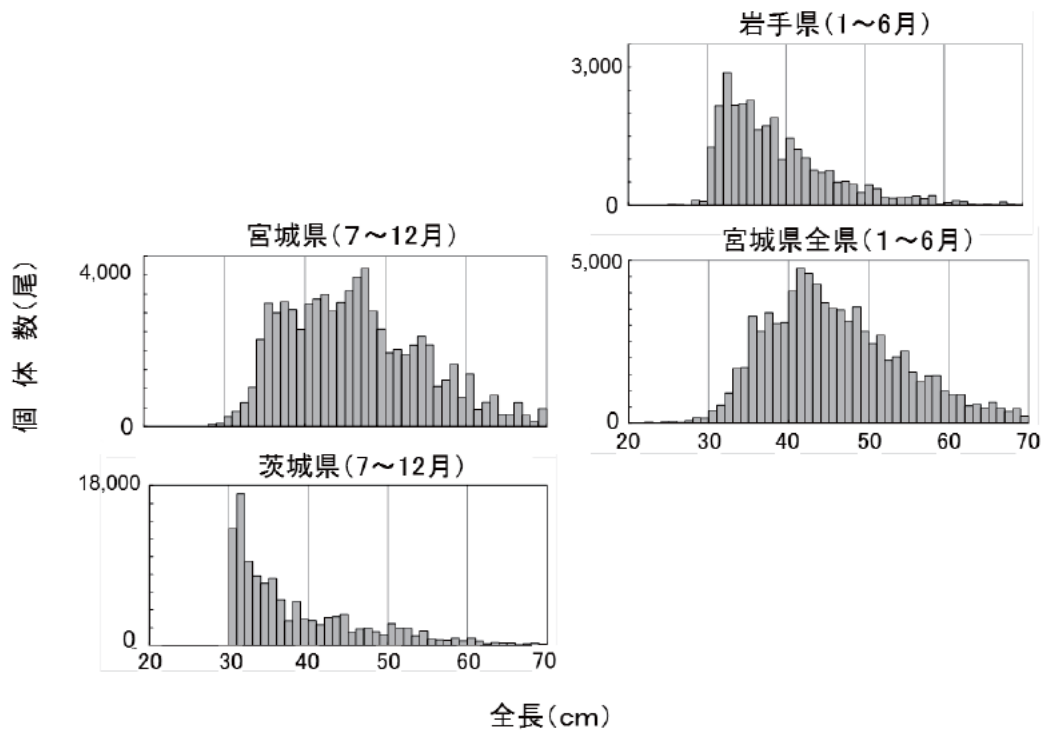


図 4. 2011 年度（2011 年 7 月～2012 年 6 月）の岩手、宮城、茨城県における漁獲物（天然個体）の全長組成

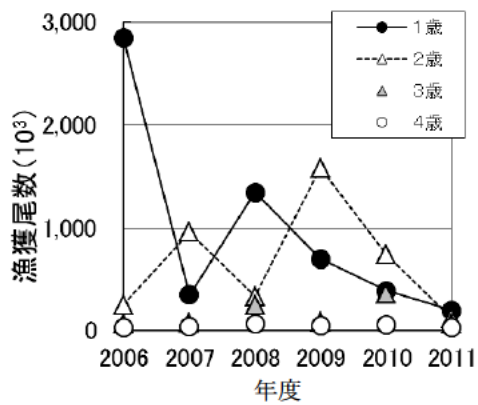


図 5. 漁獲尾数の年齢組成

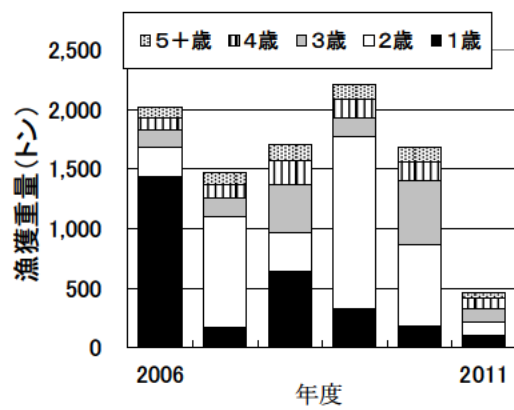


図 6. 漁獲重量の年齢組成

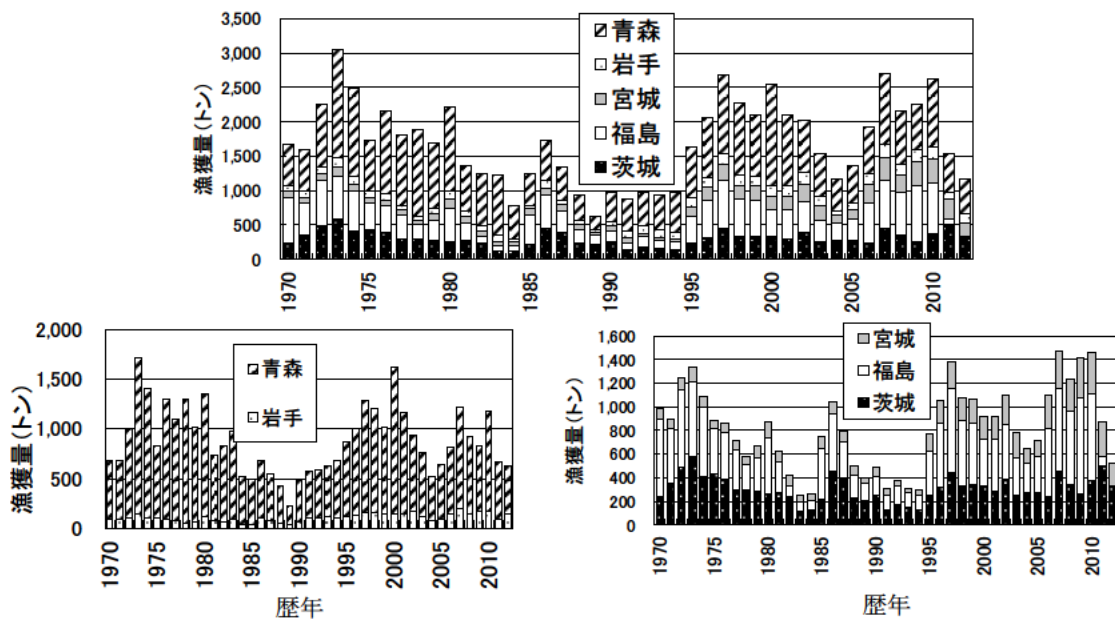


図 7. 県別漁獲量の推移

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。

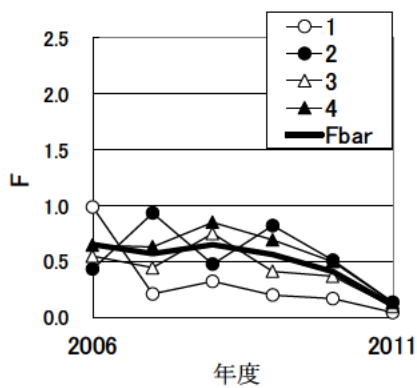


図 8. 雌の F の経年推移

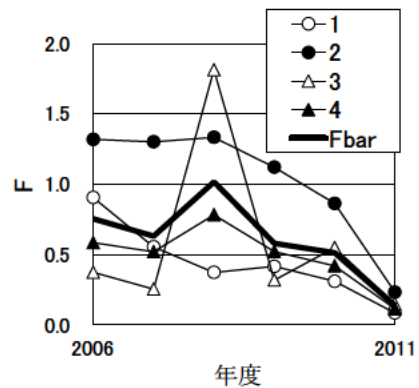


図 9. 雄の F の経年推移

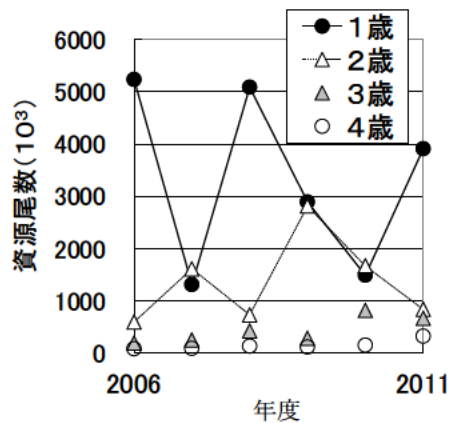


図 10. 年齢別資源尾数

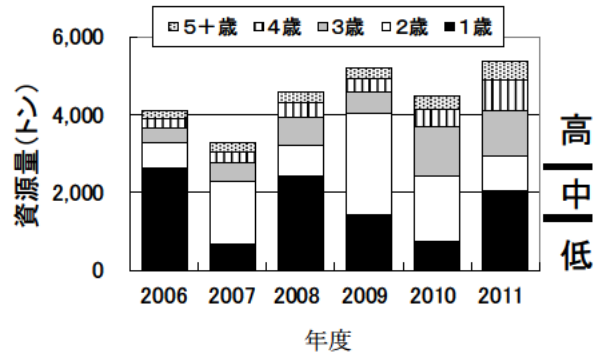


図 11. 年齢別資源量

図右の太線は、資源水準の境界を表す。

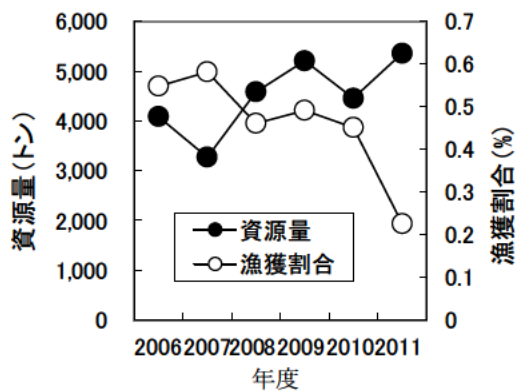


図 12. 資源量と漁獲割合の経年推移

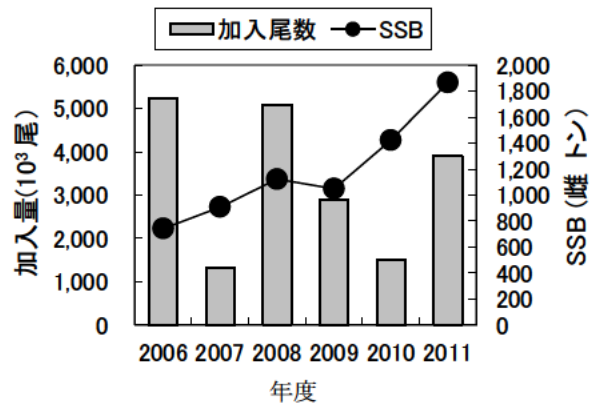


図 13. 加入量と SSB の経年推移

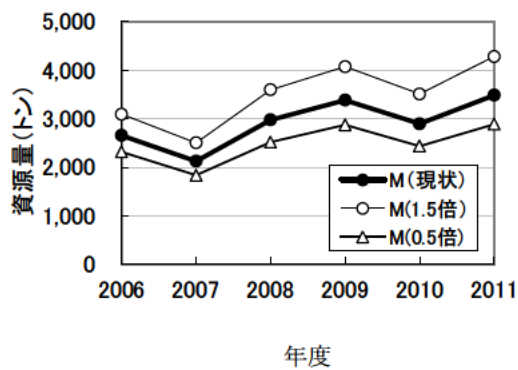


図 14. M の感度解析 (資源量)

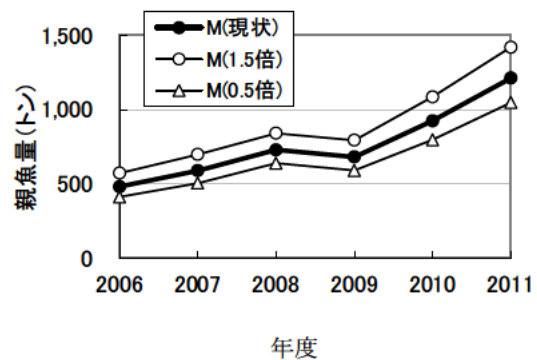


図 15. M の感度解析 (親魚量)

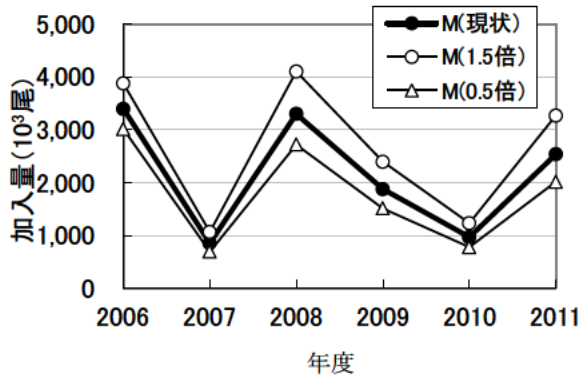


図 16. M の感度解析 (加入量)

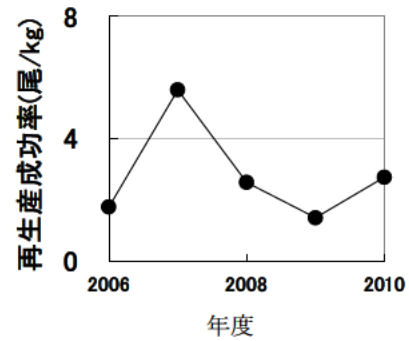


図 17. 再生産成功率の経年変化

再生産成功率は1歳加入尾数を前年の雌のSSBで除して求めた。

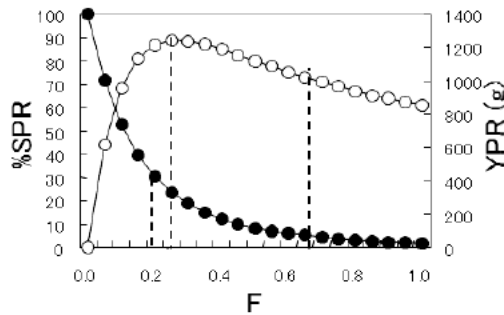


図 18. F を変化させた時の%SPR
および YPR の変化
雌の値を用いて作図した。破線
は、左から F30%SPR、Fmax、
Fcurrent を表す。

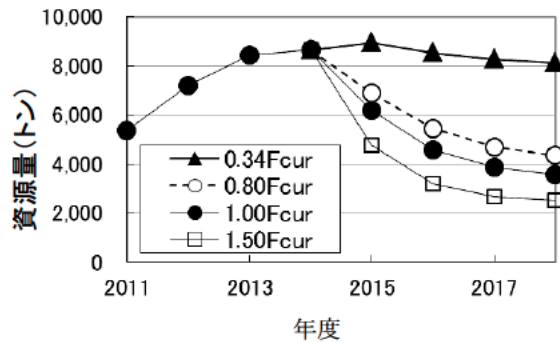


図 19. F を変化させた時の資源量の変化
Fcur は Fcurrent を表す。0.34Fcur は
Fmax に相当する。

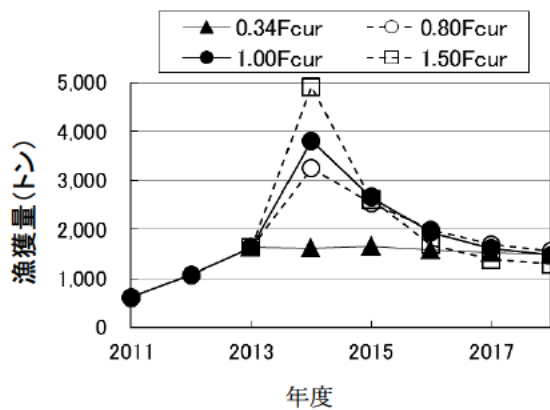


図 20. F を変化させた時の漁獲量の変化
Fcur は Fcurrent を表す。0.34F は
Fmax に相当する。

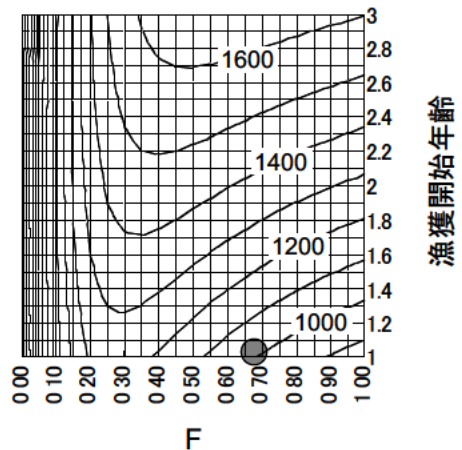


図 21. F および漁獲開始年齢を変化させた
時の太平洋北部系群の漁獲量の変化
雌の値のみを用いて作図した。黒丸は
現状の値を表す。図中の数字はトン数。

表1. ヒラメの漁業種類別漁獲量（トン） 「漁業養殖業生産統計年報」より

漁業種類	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
青 沖 底	1	1	0	2	1	3	3	4	7	3
小 底	61	37	42	95	104	111	113	107	14	22
森 刺 網	351	147	357	279	377	255	166	399	173	123
定置網	198	*	*	*	*	*	318	*	327	290
県 その他	28	*	*	*	*	*	53	89	46	47
計	639	456	546	702	1,022	773	653	995	568	487
岩 沖 底	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
小 底	0	*	*	*	*	*	*	0	0	*
手 刺 網	67	29	39	51	110	61	80	68	27	41
定置網	46	32	54	82	78	77	85	92	66	99
県 その他	9	8	4	8	14	8	10	10	4	6
計	122	70	96	142	201	146	177	177	96	147
宮 沖 底	38	16	10	44	32	34	31	24	42	99
小 底	35	29	45	111	89	68	112	90	28	*
城 刺 網	111	60	62	93	173	131	164	188	119	48
定置網	21	13	17	27	25	34	26	40	96	34
県 その他	15	2	2	2	2	4	5	2	2	0
計	220	120	136	276	320	271	339	344	288	197
福 沖 底	85	66	92	225	246	166	325	216	33	0
小 底	40	47	60	184	137	85	133	105	25	0
島 刺 網	182	125	147	167	304	348	338	396	19	0
定置網	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
県 その他	8	4	4	3	17	16	17	16	1	0
計	315	243	304	580	704	615	813	734	78	0
茨 沖 底	6	*	*	*	*	*	22	59	77	44
小 底	92	133	108	120	225	159	97	117	164	149
城 刺 網	115	107	134	73	150	141	110	154	194	27
定置網	8	*	*	*	*	*	5	*	*	*
県 その他	30	*	24	15	42	*	31	30	62	104
計	251	280	277	242	452	349	265	380	505	329
合 沖 底	131	92	106	301	307	220	381	*	*	*
小 底	228	249	256	510	555	423	455	420	230	187
刺 網	826	468	730	663	1,114	936	858	1,206	533	239
定置網	273	292	205	391	578	469	434	531	*	*
計 その他	90	69	51	77	145	105	116	152	113	163
計	1,547	1,170	1,348	1,942	2,699	2,153	2,247	2,630	1,534	1,159

2012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 2. 年度別ヒラメ漁獲量（トン） 各県水揚げ情報を集計した系群全体の値。

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量	2,241	1,903	2,112	2,559	2,010	1,212

表 3. 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
1	1,479	120	426	201	113	99
2	131	431	157	505	255	58
3	62	70	120	70	123	36
4	30	32	58	43	47	20
5+	17	20	27	26	23	10
合計	1,718	673	788	846	561	224
漁獲重量(t)	1,315	943	998	1,145	893	314

年齢別資源尾数(x10 ³ 尾)(雌)						
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	2,616	701	1,708	1,228	750	2,490
2	413	789	460	1,001	814	506
3	163	217	251	231	357	431
4	71	76	112	96	124	179
5+	39	46	53	57	62	88
合計	3,301	1,830	2,584	2,614	2,108	3,694

F-Matrix (雌)						
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	0.99	0.21	0.32	0.20	0.17	0.05
2	0.43	0.93	0.48	0.82	0.51	0.14
3	0.55	0.45	0.75	0.41	0.37	0.10
4	0.65	0.63	0.85	0.69	0.50	0.13
5+	0.65	0.63	0.85	0.69	0.50	0.13
Weight.Aveg.	0.92	0.73	0.48	0.63	0.41	0.09
Fbar	0.65	0.57	0.65	0.56	0.41	0.11

年齢別資源重量(トン)(雌)						
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	1,506	404	983	707	432	1,434
2	513	980	572	1,244	1,012	629
3	344	457	530	488	753	908
4	218	236	348	297	384	553
5+	179	214	245	264	287	406
Total	2,761	2,292	2,678	3,001	2,867	3,930
SSB	742	908	1,123	1,050	1,423	1,867

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

年齢別資源尾数(x10 ³ 尾)(雄)						
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	2,618	612	3,377	1,665	741	1,418
2	186	826	274	1,815	857	334
3	33	39	175	56	461	239
4	14	18	23	22	32	149
5+	8	10	13	13	16	25
合計	2,860	1,504	3,862	3,571	2,108	2,165

F-Matrix (雄)						
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	0.90	0.55	0.37	0.41	0.31	0.08
2	1.32	1.30	1.33	1.12	0.86	0.23
3	0.37	0.25	1.81	0.32	0.55	0.15
4	0.58	0.52	0.78	0.52	0.42	0.11
5+	0.58	0.52	0.78	0.52	0.42	0.11
Weight.Aveg.	0.93	1.06	0.66	0.89	0.63	0.14
Fbar	0.75	0.63	1.02	0.58	0.51	0.14

年齢別資源重量(トン)(雄)						
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	1,105	258	1,425	703	313	599
2	140	623	207	1,370	647	252
3	38	45	204	66	537	278
4	23	29	38	36	52	243
5+	20	24	30	31	39	59
Total	1,327	979	1,905	2,205	1,588	1,430

雌雄合計						
年齢/漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲尾数	3,231	1,451	2,036	2,448	1,576	428
資源尾数	6,160	3,334	6,447	6,185	4,216	5,859
F	0.70	0.60	0.83	0.57	0.46	0.12
資源重量	4,088	3,271	4,582	5,206	4,455	5,360

表 4. ヒラメの種苗放流実績（千尾）

「栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）」より。

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
青森県	1,502	816	303	1,305	1,040	1,035	929	940	868	712
岩手県	1,204	1,335	1,353	1,235	1,113	1,210	1,282	1,518	1,472	0
宮城県	1,028	1,116	899	605	290	220	268	440	639	30
福島県	1,054	439	1,120	1,056	1,040	1,040	1,040	1,022	1,030	0
茨城県	785	850	984	653	973	805	962	1,001	818	4
合 計	5,573	4,556	4,659	4,854	4,456	4,310	4,481	4,921	4,827	746

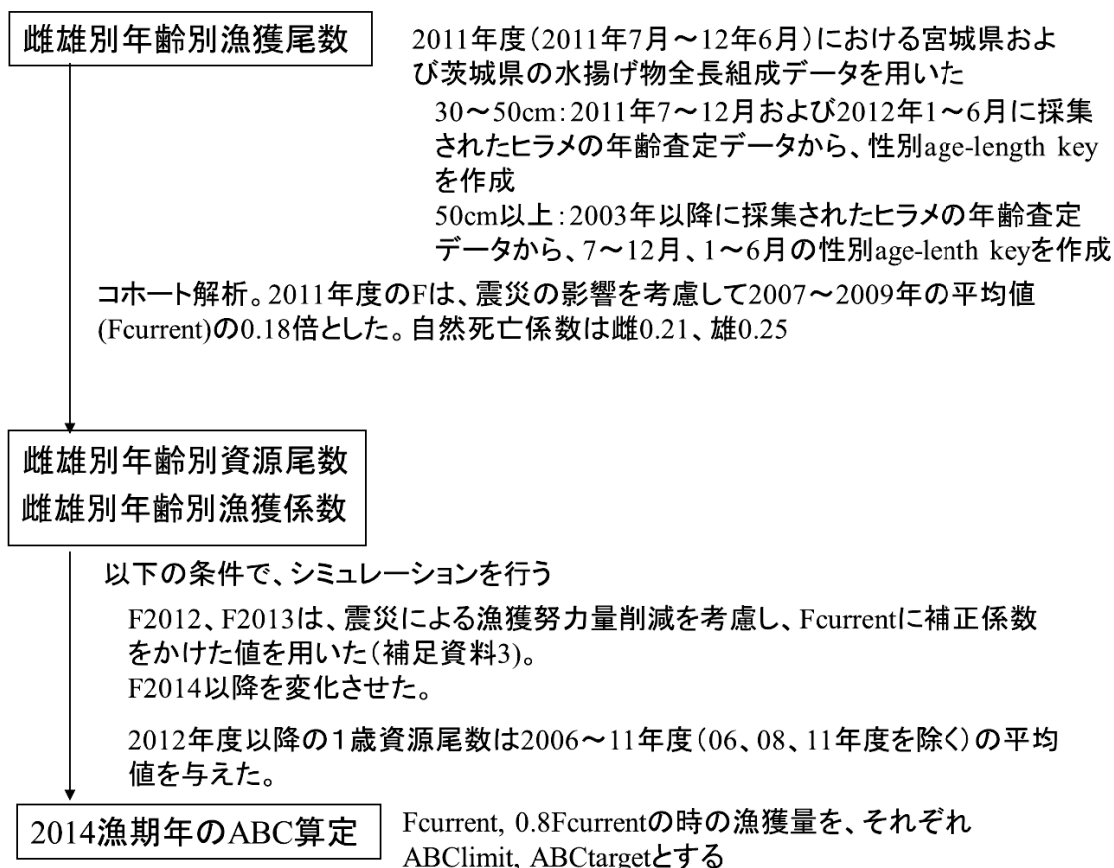
表 5. 太平洋北部系群の混入率(%)

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 6. 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

F	基準値	漁獲量（トン）								資源量（トン）							
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
1.01	1.50F _{cur}	1,073	1,636	4,912	2,615	1,687	1,382	1,291		7,184	8,424	8,656	4,782	3,197	2,676	2,521	
0.67	F _{cur}	1,073	1,636	3,811	2,663	1,944	1,614	1,476		7,184	8,424	8,656	6,176	4,597	3,874	3,570	
0.54	0.80F _{cur}	1,073	1,636	3,251	2,547	1,990	1,700	1,561		7,184	8,424	8,656	6,883	5,456	4,711	4,353	
0.25	F _{max}	1,073	1,636	1,614	1,664	1,579	1,526	1,493		7,184	8,424	8,656	8,945	8,539	8,284	8,126	

補足資料 1 使用したデータと資源評価の関係



補足資料2 資源計算方法

本年度は2011年度(2011年7月～2012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。これ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、本年度は、2006～2011年度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た。2006～2010年度は福島県の性別年齢別漁獲尾数を加算し、南部3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。なお、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(補足資料3)。

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(1998～2011年度)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再検討を要するとの判断から本年の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. 宮城県および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、宮城県および茨城県が2006～2011年度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年度7～12月、1～6月は、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性別age-length key（全長30～50cm）を使用した。2011年度は、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（全長30～50cm）を作成し使用した。全長50～80cmの個体は、2003～2011年に採集した当該サイズの個体を用いて作成した性別age-length key（1～6月用、7～12月用の2種作成）を使用した。これらを合わせて、漁獲年度ごとの雌雄別年齢別漁獲尾数を得た。

(3) コホート解析

得られた宮城県および茨城県の性別年齢別漁獲尾数に昨年までの解析で得られた2006～2010年度の福島県の値を加えて、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。

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

また、最近年のa歳の資源尾数($N_{a,2011}$)および漁獲係数($F_{a,2011}$)を

$$N_{a,2011} = \{ C_{a,2011} / (1 - \exp(-F_{a,2011})) \} \exp(M/2)$$

$$F_{a,2011} = \sum_{y=2007}^{2009} F_{a,y} / 3 \times 0.184$$

により求めた。なお、0.184は、2007～2009年度の宮城～福島県におけるFに対する2011年度の割合である。最後に、

$$F_{5+,2011} = F_{4,2011}$$

となるような $F_{5+,2011}$ 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(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、漁獲年度の中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。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

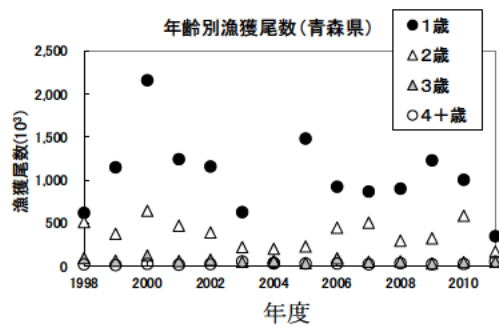
2006～2009年における南部3県、青森県、岩手県（岩手県水産技術センター提供）の推定資源量を加算した系群全体の資源量推定値と、南部3県の資源量推定値の比の平均値(1.54)を用いて引き延ばした。

2. 青森県データの解析方法

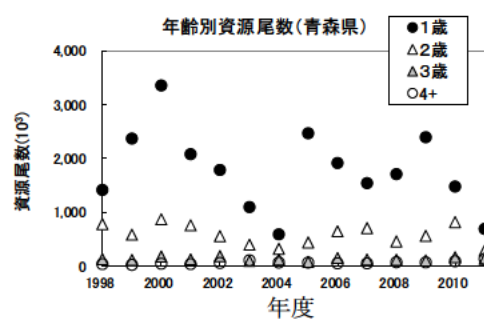
(1) 性別年齢別漁獲尾数

八戸港に水揚げされたヒラメの水揚げデータを青森県の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とし、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。2011年度の資源量は大きく減少した（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（本文図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 新旧手法による解析結果の比較

本年度は、2006～2011年度宮城県・福島県・茨城県（南部3県）の年齢別漁獲尾数を基礎データとして資源解析を行った。新手法の導入に当たって、これまでの手法（旧手法；福島県のみを年齢別漁獲尾数を基礎データとした解析）による解析結果と新しい解析結果を比較した。

(1) 資源解析

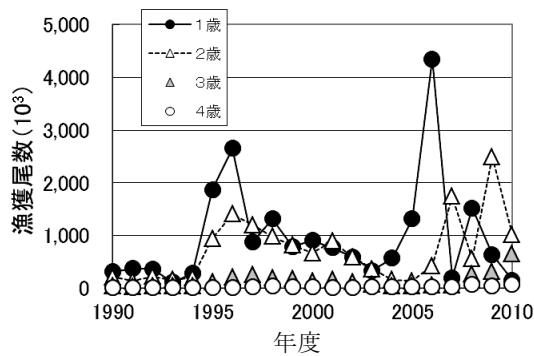
漁獲尾数（補足図3-1、本文図5）、資源尾数（補足図3-2、本文図10）、資源量（補足図3-3、本文図11）ともに変動様式は類似していた。さらに、福島県データを用いて解析した福島県資源量と、南部3県のデータを用いて解析した南部3県資源量には明瞭な直線関係が認められた。以上のことから、新手法導入による資源評価に及ぼす影響は限定的であると判断した。

(2) 資源量の系群全体への引き延ばし

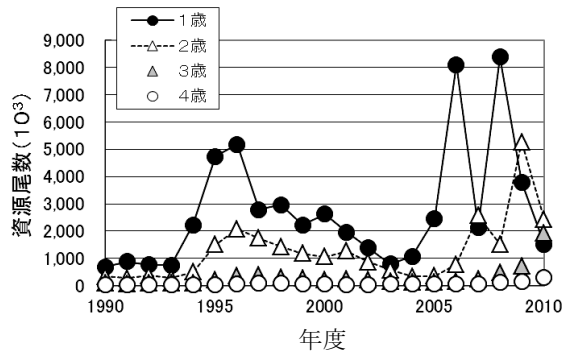
昨年までは福島県のデータ解析から得られた資源量を、福島県と海域全体の漁獲量の比で引き延ばして系群全体の資源量としていた。本年度から、南部3県、青森県、岩手県（岩手県水産技術センター提供）の推定資源量を加算した系群全体の資源量推定値と、南部3県の資源量推定値の比の2006～2009年平均値(1.54)を用いて引き延ばした。この結果、両者には直線関係が認められるものの、新手法による推定値は旧手法による推定値の0.65倍であった（補足図3-4、3-5）。

(3) 資源評価報告書への影響

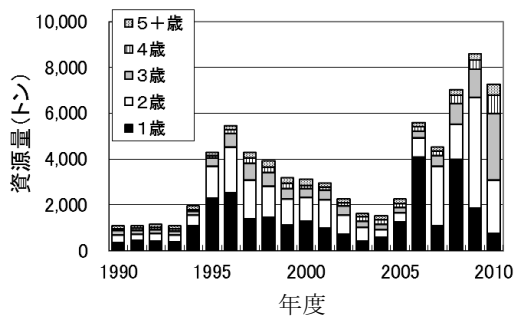
絶対値は変わったが変動傾向は変化していない。新旧手法による推定値には直線関係が認められるので、新手法による資源量水準の基準値は旧手法の値を0.65倍した。また、年齢組成や漁獲係数には大きな変化が認められないので、資源管理基準値にも影響は少ないと判断した。



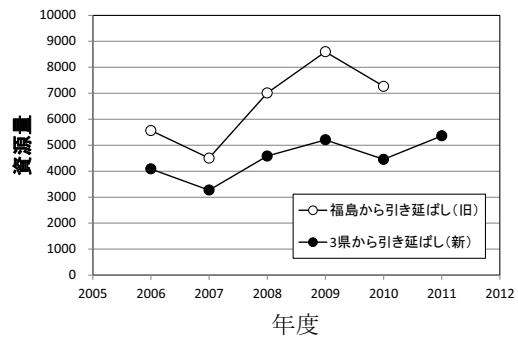
補足図3-1. 旧手法による漁獲尾数の経年変化



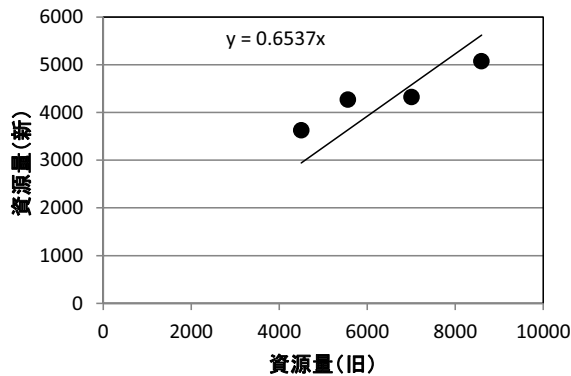
補足図3-2. 旧手法による資源尾数の経年変化



補足図3-3. 旧手法による資源量の経年変化



補足図3-4. 新旧手法による資源量の経年変化



補足図3-5. 新旧手法による資源量推定値の関係

補足資料 4 2012、2013 年度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年度（2011年7月～2012年6月）以降の漁獲努力量は2010年度以前と比べて大きく減少した。本資源評価では、2014年度のABC算出に際して、2012年度および2013年度の漁獲死亡係数を用いている。以下の手順により、漁獲係数を推定した。

- ・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。

・漁業種は沖合底びき網漁業、小型底曳き網漁業、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。なお、茨城県は2012年3月28日～8月30日に出荷制限または自粛、8月30日以降現在まで、36°38'以北で出荷制限が継続している。また、宮城県では、2012年5月30日～2013年4月1日に仙台湾以南で出荷制限がかかり、2013年6月4日以降現在まで、金華山以北で出荷制限がかかっている。福島県は、震災以降現在に至るまで、水揚げはない。

・この値を2007～2009年度の年齢別Fの平均値に乘じることで2012年度および2013年度の年齢別のFを求めた。

その結果、2012年、2013年の漁獲努力量は、2009年の値のそれぞれ0.25倍、0.35倍であった（補足表4-1）。

補足表4-1. 2012年および2013年の漁獲努力量（2009年比）

漁獲量(トン)	漁法別比率(A)	2012年			2013年	
		減少率(B)	(A)x(B)		減少率(B)	(A)x(B)
沖底	263	0.229	0.184	0.042	0.192	0.044
小底	347	0.302	0.351	0.106	0.524	0.158
刺し網他	507	0.442	0.221	0.098	0.312	0.138
定置	31	0.027	0.276	0.007	0.459	0.012
合計	1148	1.000		0.253		0.353

補足資料5 Fおよび種苗放流による管理効果の比較

F、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年度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、2012年度以降のF値および放流尾数を変化させたときの2017年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年度の漁獲量を推定した。RPS（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)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5-1、5-2）。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

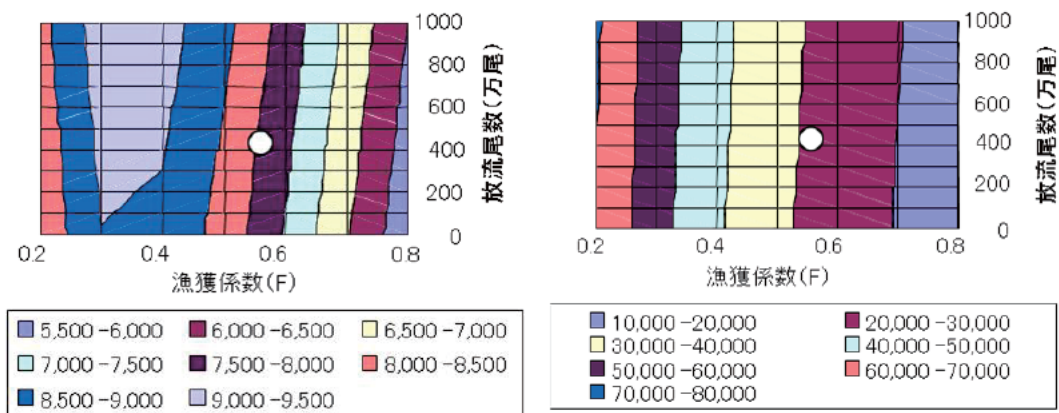
(補足図5-3、5-4)。

等漁獲量線は、RPS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、RPS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。今後は、この様な観点からの評価も必要であろう。

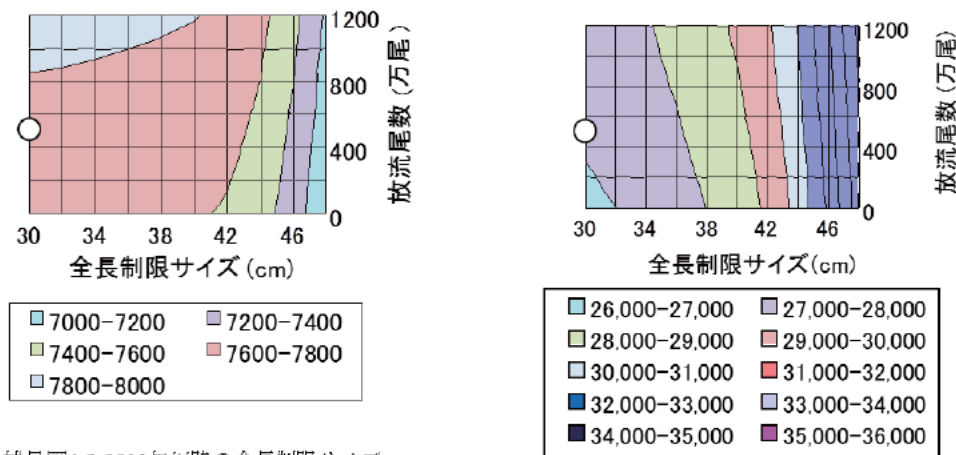
引用文献

亘 真吾(2011)平成23年の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、1385-1410。



補足図4-1. 2012年以降の漁獲圧と放流尾数を変化させたときの2017年の等漁獲量図
白丸は現状の値。

補足図4-2. 2012年以降の漁獲圧と放流尾数を変化させたときの2017年の等資源量図
白丸は現状の値。



補足図4-3. 2011年以降の全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの2016年の等漁獲量図
白丸は現状の値。

補足図4-4. 2011年以降の全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの2016年の等資源量図
白丸は現状の値。

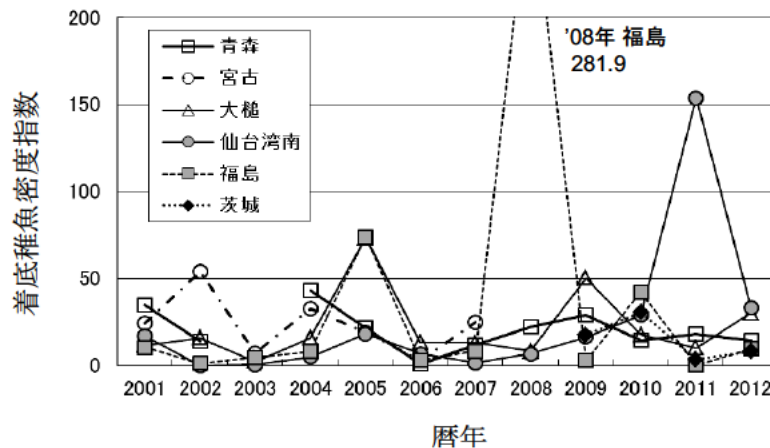
補足資料6 新規加入量調査の結果

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、この年級群は比較的高水準ではあるものの2005年の半分程度の水準であった。2010年は全ての調査点で高めの指数となっており、試験操業からも年級群豊度が高いと推察される。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値の差が比較的小さく、中～高水準と予想される。

新規加入量調査の詳細は、上原ほか(2007～'11)および玉手ほか(2012)（東北底魚研究27～32号）を参照のこと。

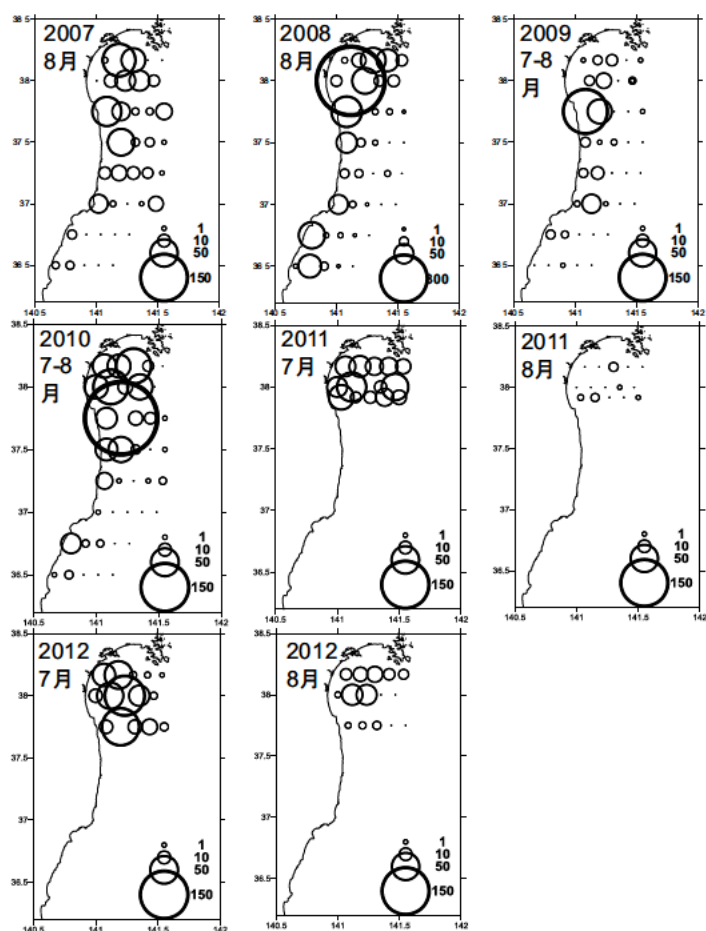


補足図6-1. ヒラメ太平洋北部における着底稚魚密度指数の経年変化

補足資料7 卵仔魚調査の結果

ヒラメの産卵場特定および新規加入量決定機構の解明を目的として、若鷹丸を用いた卵および仔魚の分布調査ならびに海洋観測を行った。2012年度は、7月上旬および8月上旬に仙台湾においてIKMTおよびモクネス1平米型による採集を行った。IKMTで採集されたヒラメ仔魚の2007年～2012年の分布を補足図6-1に示す。仙台湾における2012年の分布量は、2007、2009、2011年を上回る水準であった。産卵期全体を網羅しているわけではないが、仔魚の海域全体の分布量は親魚量や着底稚魚密度の経年的な推移（補足資料2）と必ずしも同調しておらず、浮遊期間に経験する輸送条件および生物・物理環境海洋の変動が加入

量変動に影響を及ぼしている可能性が窺える。本調査は2012年度を持って終了した。主要な成果の一部はOshima et al. (2010)にまとめられている。



補足図7 1. 2007年～2011年の仙台湾常磐海域におけるヒラメ仔魚の分布（IKMT1曳網当たり採集個体数）

引用文献

Oshima M., D. Robert, Y. Kurita, M. Yoneda, O. Tominaga, T. Tomiyama, Y. Yamashita, S. Uehara (2010) Do early growth dynamics explain recruitment success in Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* off the Pacific coast of northern Japan? *J. Sea Res.* 64, 93-100.