

平成23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年までほぼ単調に減少し、その後増加に転じた。2005年級、2007年級群豊度が南部海域（宮城～茨城県）で非常に大きかったため、2006年の資源量は5,400トンに急増し、その後4,000～6,000トン程度を維持している。

2009漁期年（2009年7月～2010年6月）当初の資源量は「高位」、資源動向は、特に近4年の資源量変動を考慮し「横ばい」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1990年以降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。

	2012年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	1.58千トン	Fcurrent	0.81	48%
ABCtarget	1.36千トン	0.8Fcurrent	0.66	42%

10トン未満を四捨五入した。Fcurrentは2009漁期年の漁獲係数である。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F値	漁獲割合
2009	6.28	2.25	0.81	45%
2010	4.19	2.51	—	—
2011	3.66			

ABC、資源量、F、漁獲割合は漁期年（7月～翌年6月）の値、漁獲量は暦年（1～12月）の値である。また2010年漁獲量は暫定値である。

水準：高位 動向：横ばい

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)	月別体長組成 ・市場調査(福島県) プールage-length key (1995-2001年調査) ・生物測定(東北水研、青森～茨城(5)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(東北水研) age-length key (2003年以降、年2回逐次作成) ・生物測定(東北水研、福島県、宮城県) 成長曲線、全長-体重関係 ・生物測定(東北水研、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)
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(東北水研、青森県、岩手県) 成長曲線、全長-体重関係(北部海域) ・生物測定(東北水研、青森県、岩手県)
2009年級加入量	加入量水準の指標 ・新規加入量調査(東北水研、青森～茨城(5)県) ・浮遊期仔魚調査(東北水研)
成熟率 体長組成 混獲率	・生物測定(東北水研) ・市場調査(岩手～茨城(4)県) ・市場調査(岩手～茨城(4)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。

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年台からヒラメの種苗放流が盛んに行われており、2009年は492万尾の放流が行われた。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。以降、漁期年は年度、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。

①成長式

A. 青森～岩手

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

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

B. 宮城～茨城

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

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

②全長－体重関係

A. 青森～岩手

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

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

B. 宮城～茨城

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

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

（L：全長cm、W：体重g、t：年齢）

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（小澤ほか 1996、竹野ほか 1999）。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）。本評価票では、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、雌の産卵親魚量(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。

(5) その他

太平洋北部系群では5～10年に一度程度の頻度で卓越年級群が発生し、それが10～20年周期の漁獲量変動を産み出す要因の一つである。ここ40年では、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おり（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）、2005年級群も卓越年級群であった（本評価報告書）。また、2007年級群も卓越年級群であった可能性がある。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。

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、資源へおよぼす影響は大きくないと推察される。

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10～20年周期の長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）。これは2000年級（2001年に漁獲加入）以降の加入が低調であったことが主な要因であると考えられる。2004年級の加入（2005年秋季）が増加し、2005、2007年級の加入（2006年および2008年秋季）が南部で非常に多かったことに伴い、2006年以降の漁獲量はほぼ2,000トン以上を維

持っている。漁獲量の長期的な変動の様相は北部（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5）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

太平洋北部系群において、北部（青森県、岩手県）と南部（宮城県、福島県、茨城県）の漁獲量の変動様式は、長期的には一致しているが、短期的には多少の差異が認められる。このため、南部（福島県および東北水研の調査データを用いて引き延ばし）と北部（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）を区別してコホート解析を試みた。しかし北部に関しては情報量が少ないことから参考扱いとし、資源評価ならびに管理方策は南部の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）。なお、解析に利用できるデータが整備・蓄積されている地域が限られていること、生活史特性値の情報が不十分であることから、解析に当たってはいくつかの仮定をおいている。

コホート解析は性別に行った。1990～2002年までの性別年齢別漁獲尾数は、2002年以前の精密測定データ(n=5,380)をプールして作成した性別age-length keyを適用して求め、2003年以降は、全長30～50cmについては年2回作成した性別age-length keyを適用して、全長50～80cmについては2003～2010年の測定データを用いて1～6月、7～12月用に作成した性別age-length keyを適用して求めた。

年齢の起算日を7月1日とした。最高齢グループ（5+歳）の漁獲係数と4歳の漁獲係数を等しくした。直近年の漁獲係数を、過去5年間の平均値とした。自然死亡係数は、雌0.21、雄0.25とした。

親子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を用いた。また、着底密度から翌年加入資源量を推定する方法が確立されていないことから、着底密度は参考資料とした。

(2) 漁獲物の年齢組成

例年は、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。2010年（1～6月は2009漁期年後半、7～12月は2010漁期前半に該当）における各県の漁獲物の全長組成（図4）は、1～6月は例年と同様、40cm前後にモードを持つ分布となったが、7～12月は福島県では引き続き40cm前後にモードを持つ分布となり、茨城県では30cm台にモードを持つ分布となった。

上述のように本系群では1、2歳が漁獲の大部分を占めており、例年漁獲尾数では90%程度、漁獲重量では75%程度が1、2歳魚である（図5、6）。1歳魚と2歳魚の比率は、年級群豊度の変動により大きく変化している。近年では、加入が多かった2006年度は漁獲尾数、

重量とも1歳魚がほとんどであったが、加入が激減した2007年度は、2006年度に加入した2歳魚が漁獲の中心であった。2009年度は、2007年級群豊度が高かったため、2歳魚中心の漁獲となった。

(3) 資源量と漁獲割合の推移

1994年度までは低水準であった1歳の資源尾数は、1995、1996年度に急増した（図8、表2）。これはそれぞれ1994、1995年に発生した卓越年級群に由来している。1歳資源尾数は1996年度以降は漸減し、2003年度には1990年度代前半と同レベルの低い水準となった。その後加入量水準が増大し、2006年度および2008年度は非常に高かった。なお、プールA-L keyを用いると、変動が過小評価、すなわち最低値は大きく、最大値は小さくなる。1994、1995年度の1歳資源尾数は、2006年度と同程度の水準であった可能性がある。

資源量は、1996年度には5,300トンであったが、その後減少し続け、2004年度には1,500トンまで減少した。2005年級群および2007年級群が卓越したことにより、2006年度に5,800トンまで急増、近年は4,000～6,000トンレベルを維持している（図9）。

雌産卵親魚量は1994年級群が産卵を開始した1997年度に1,000トンまで増加したが、その後減少し、2000年代前半は500～600トンで安定していた（図10）。近年は再び増加し、2005年級群が親魚となった2008、2009年度は1,000～1,100トンとなった。

近年の漁獲割合は、0.4～0.6を推移しており、資源量の変動と逆の変動を示している（図11）。近年の漁獲係数(F)は、雌が0.7～0.8、雄が0.8～1.2の範囲で安定的に推移している（図12、13）。資源量とFには、雌では正の相関関係が認められたが、雄では明瞭な関係は認められなかった（図14）。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=150%の時は20%増、M=50%の時は15%減程度であり、あまり大きくない（図15、16、17）。

(4) 資源の水準・動向

過去20年間のヒラメ太平洋北部系群の資源量は、1,050トンから6,100トンまで大きく変動している（図9）。この変動範囲は、最低から最高水準を含むと考えられるので、0と6,100トンを3等分し、0～2,033、2,033～4,066、4,066～6,100トンをそれぞれ低位、中位、高位水準とした。この基準に従い、2009年度の資源量は「高位」水準と判定した。

2005年度には低位と中位水準の境界値をわずかに上回る水準であった資源量は、2005年級群の加入によって2006年度に急増した。その後、毎年の加入量は大きな増減を示しているが、2007年級群の好加入によって資源量水準は高位を維持している。過去の資源量の推移と比較すると、2006年度にはすでに最高水準に達しており、その後4年間はこの水準を維持していることから、動向は「横ばい」と判定した。

(5) 再生産関係

1990年以降の親子関係（産卵親魚量と1歳加入尾数の関係）には、卓越年級発生年を除くと、正の相関関係が認められそうである（図18）。現状では、年級群豊度の正確な推定値を与える年2回作成A-L keyによる解析データが6年分しかなく、再生産関係を論じるためには十分なデータとは言えない。今後、切断法を用いて1990～2002年の年齢別漁獲尾数

を再解析したうえで、親子関係を検討する予定である。

卓越年級を除いた1991～2009年の再生産成功率（雌のSSBに対する1歳時の加入尾数；尾/Kg）の平均値は2.8と高い値となっている（図19）。また、卓越年級が発生した年の再生産成功率は11.1～14.8と非常に高かった。

仙台湾～常磐沿岸の海洋環境と卓越年級の発生年（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）。東北南部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。したがって、資源と海洋環境の関係を調べるためには、産卵から漁獲加入までのいくつかの重要な過程を、同時同所的に調査することが重要である。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係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（図19）。近年の産卵親魚量が高い水準であることから、今後も好加入が期待できる。2010年7～12月に漁獲された1歳（2009年級群）の尾数は例年と比べて少なかったため、2009年級群の豊度は低いと予想される（図20）。一方、2010年級群は着底密度が比較的高いと予想される（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21）。これに対して、現状の雌の漁獲係数は0.73であり、高い漁獲圧がかかっている状態である。現在の資源は、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いる。2009年の放流数は4,921千尾であった（表3）。

2004～2009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、6.6～15.3%（平均10.9%）であった（表4）。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。

漁獲圧(F)と放流尾数が資源量および漁獲量に及ぼす影響を比較するために、Fを0.2～1.2、放流尾数を0～1,000万尾の範囲で変化させた場合の5年後の資源量および漁獲量を前進法により推定した。現状ではFを0.1減少させることと放流尾数を700万尾増やすことが、漁獲量の増減に対して同等の効果を生み出すと評価された（補足資料4）。また、漁獲開始サイズと放流尾数を変化させた場合の5年後の漁獲量を推定した（補足資料4）。現状の放流が漁獲量の増減に及ぼす影響は、漁獲開始サイズを現状の30cmから39cmにすること

と同様の効果があると評価された。

いずれの解析も、天然魚の再生産成功率(RPS)と放流魚の添加効率（加入時尾数/放流尾数）として与える値の影響が大きい。両パラメータの推定精度の向上と、変動要因の把握が必要である。また、各県の放流関連情報を解析すると、混入率が加齢に伴って減少すること、添加効率に明瞭な海域間の違いが認められることなどが読み取れる。これらの解析結果の精査および原因解明も、今後の課題である。

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. 2012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年級などの好加入により資源量は急増し、2006年以降は高い水準を維持している。2009年度の資源量は、過去20年の中では高位水準、2005～2009年の動向は横ばいと判定した。

(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31日として計算している。2012年のABCは、2012年7月～2013年6月（2012年度）の期間を対象として算出した。

資源量が「高位、横ばい」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、 $F_{current}$ を F_{limit} 、 $0.8 \times F_{limit}$ を F_{target} とし、その時の2012年（漁期年）の予測漁獲量をそれぞれ ABC_{limit} 、 ABC_{target} とした。

2011年3月に発生した震災の影響を考慮し、2010、2011年度のF値を、それぞれ2009年度（直近年5年の平均）の0.82倍、0.80倍とした。2010年度以降の1歳の資源尾数は、2001～2009年度（卓越年級群が加入した2006、2008年度を除く）の平均値（雌769千尾、雄820千尾）で一定であると仮定した。雌雄それぞれについて $F_{limit}(F_{current})$ および $F_{target}(0.8 \times F_{limit})$ 時の2012年度の漁獲量を推定し、加算した。その結果、太平洋北部系群の ABC_{limit} は1.58千トン、 ABC_{target} は1.36千トンとなった。

	2012年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	1.58千トン	$F_{current}$	0.81	48%
ABC_{target}	1.36千トン	$0.8F_{current}$	0.66	42%

10トン未満を四捨五入した。Fcurrentは2009漁獲年度の漁獲係数である。

(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、2016年度には2,214トンとなる(図22、23、表5)。与えた条件のうち、加入量は卓越年級を除いた平均値としており、やや厳しい条件である。その条件でも、2016年の推定資源量は中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の数值は、特に漁獲加入量水準の影響が大きく、2010年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
2009年漁獲量確定値	福島県解析値を太平洋北部系群全体に引き延ばす際の係数
2009年度の雌雄・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
2009年度のF	シミュレーションに実測値を使用

本評価票で更新した資源尾数、加入尾数(2009年度までは実測値、2010年度以降は予測値)を使用した。2010年度のABC再評価は、2014年の福島県産卵親魚量が141トンになることを目標として、2009年度までのFは実測値を用い、2010年度以降のFを変化させた。2011年度のABC再評価は、管理基準をFcurrentとして、2009年までのFは実測値を、2010年のFは震災の影響を考慮して2009年の0.82倍として、2011年以降のFを変化させて再計算した値を示した。2009年度の資源量およびABClimitは、2010年再評価値の1.1~1.2倍、2010年度は、前年の推定値の1.2~1.5倍に増加した。これは主に、2008年度の資源尾数がやや増加したことに起因する。また、2011年度の資源量増加は、震災の影響を考慮して2010年度のF値を下げたことも一因である。

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)
2010年(当初)	Frec	0.67	1.78	0.82	0.70	
2010年(2010年再評価)	Frec	0.82	3.31	1.74	1.51	
2010年(2011年再評価)	Frec	0.91	4.19	1.96	1.69	2.50*
2011年(当初)	Fcur	0.70	2.49	1.34	1.15	
2011年(2011年再評価)	Fcur	0.81	3.66	1.60	1.37	

*: 資源量は年度で計算しているのに対して、漁獲量は年で計算している。漁獲量は暫定値である。

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1

994、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21、24)。しかし、混獲された小型個体を再放流しても、ほとんどの個体が死亡しているとの指摘もある。この場合、漁獲開始年齢を上げて、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。

また、現在の放流水準(約500万尾)は、Fを0.1減少させた場合、あるいは漁獲開始全長を9cm増大させた場合と同程度の、漁獲増加に対する効果があると見積もられた。一方、加入量が大きく変動する本ヒラメ資源の変動を安定化させる効果があると思われる。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.
- 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(仙台湾一常磐北部沿岸域). 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.
- 小澤貴和・黒岩博文・鶴田和弘(1996) 九州南西海域産ヒラメの成熟年齢と年間総産卵数. 日水誌, 62, 733-739.
- 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. J. J. 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.

- Tomiyama, T., M. Watanabe, and Y. Kurita (2009) Rapid fluctuation in infection levels of *Neoheterothrium 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

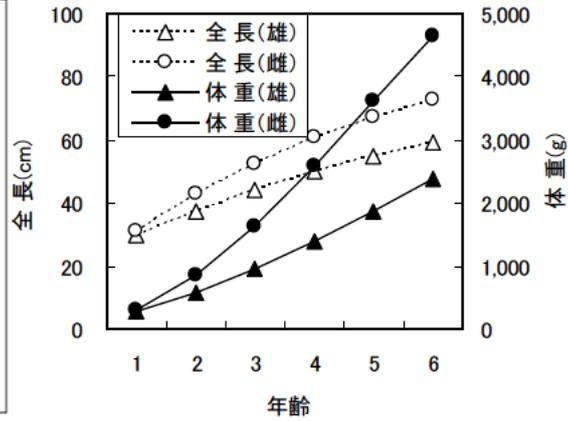


図2. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城）の成長

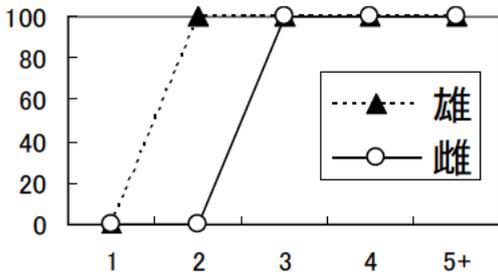


図3. ヒラメ太平洋北部系群（宮城～茨城）の年齢と成熟率（暫定値）

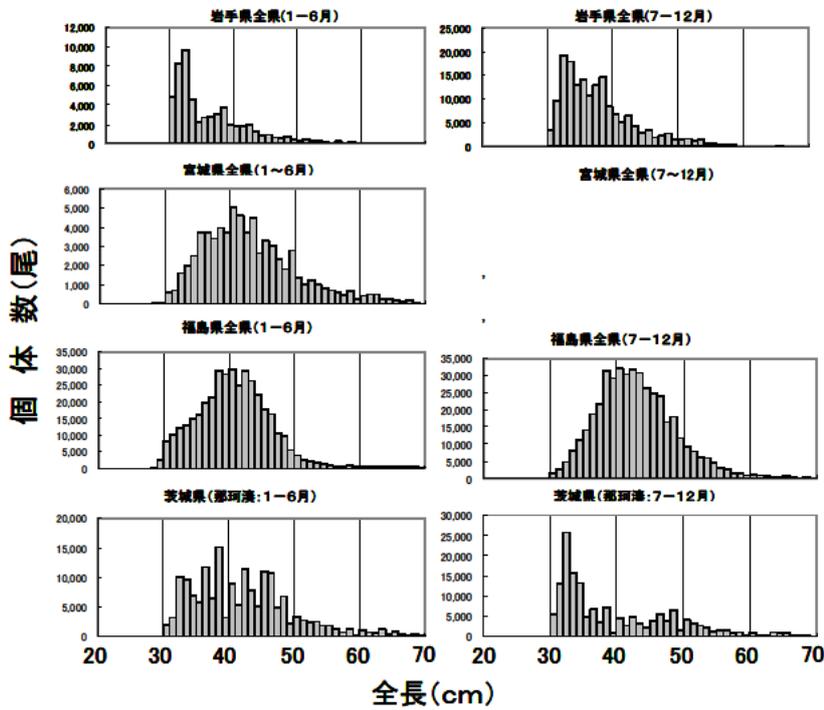


図4. 平成21年1～6月、7～12月の岩手、宮城、福島、茨城県における天然漁獲物の全長組成と、青森県における調査個体の全長組成 例年、9月前後に1歳魚が加入する。

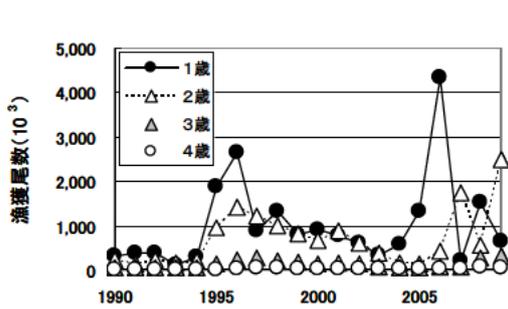


図5. 漁獲尾数の年齢組成
2002年まではプールA-L keyを、
2003年以降は半年毎のA-L keyを
適用。

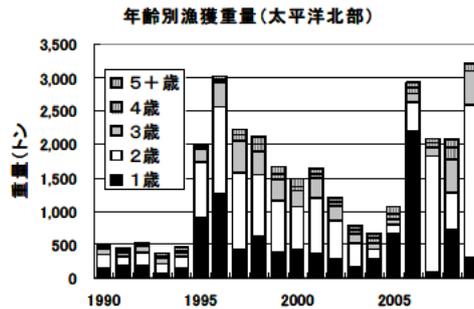


図6. 漁獲重量の年齢組成
2002年まではプールA-L keyを、
2003年以降は半年毎のA-L key
を適用。

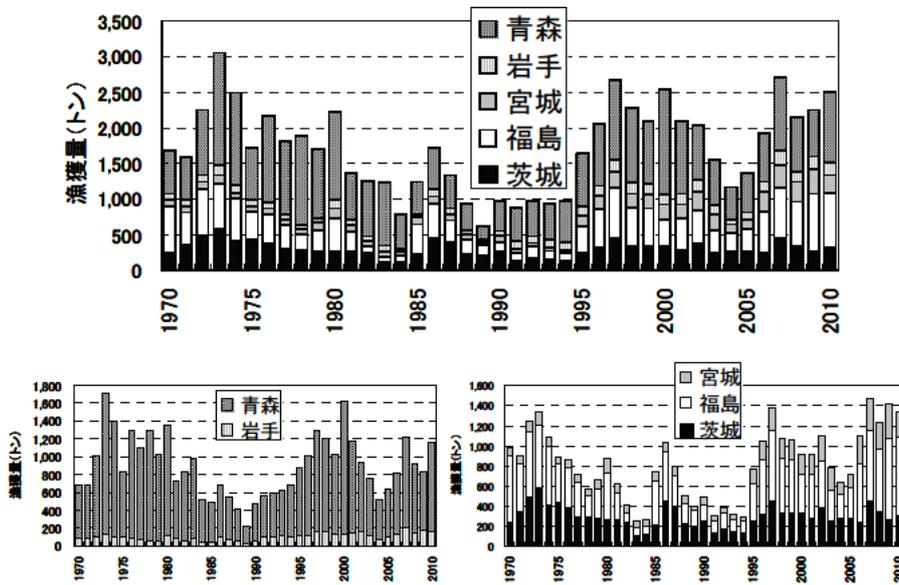


図7. 県別漁獲量の推移
東北ブロック全県（上）、青森・岩手県（下左）、宮城・福島・茨城県
（下右）。

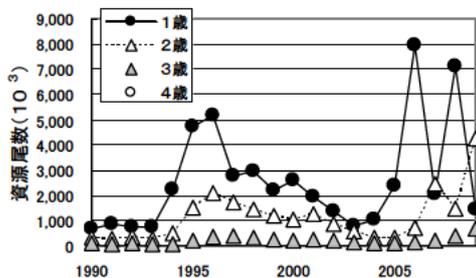


図8. 年齢別資源尾数

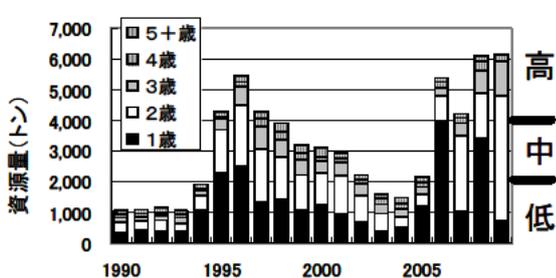


図9. 年齢別資源量
図右の太線は、資源水準の境界を表す。

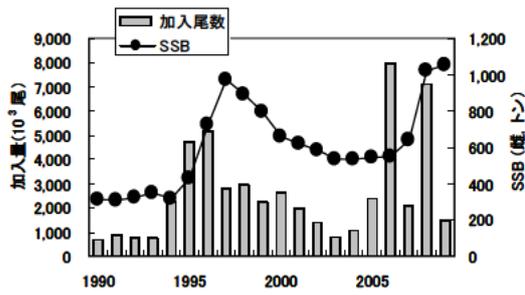


図10. 加入量とSSBの経年推移

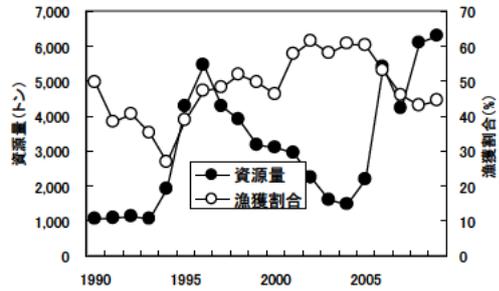


図11. 資源量と漁獲割合の経年推移

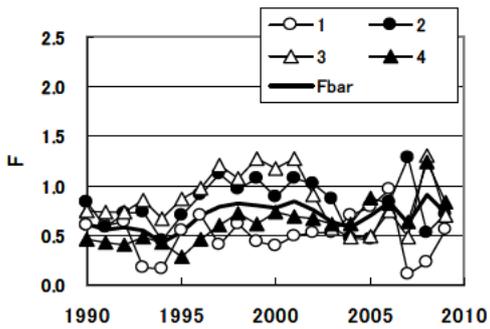


図12. 雌のFの経年推移

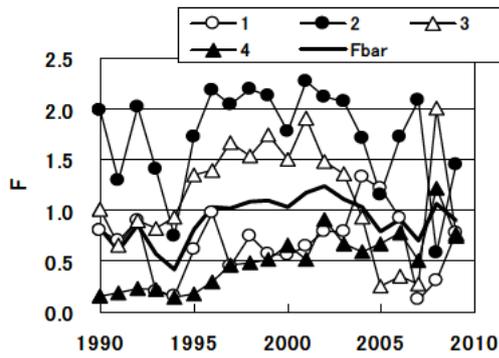


図13. 雄のFの経年推移

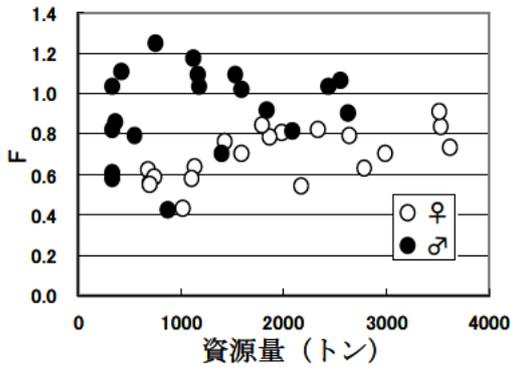


図14. 雌雄の資源量とFの関係

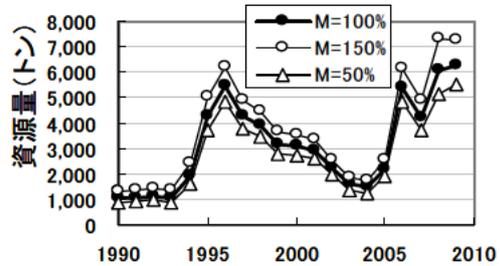


図15. Mの感度解析 (資源量)

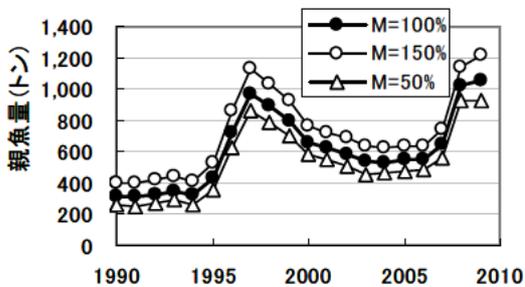


図16. Mの感度解析 (親魚量)

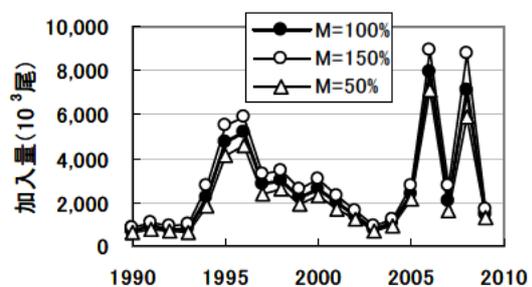


図17. Mの感度解析 (加入量)

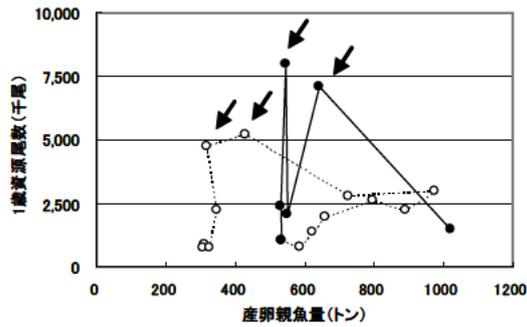


図18. 親（産卵親魚量）子（翌年1歳の資源尾数）関係
1990～2002年を○で、2003～2008年を●で示す。矢印は卓越年級群を表す。

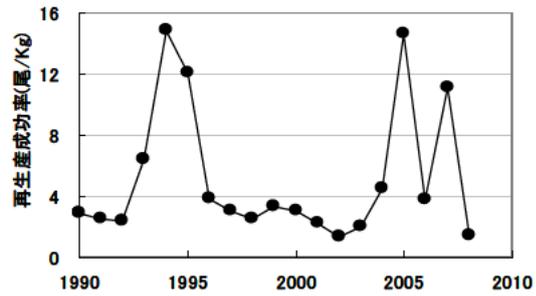


図19. 再生産成功率の経年変化
再生産成功率は1歳加入尾数を前年の雌のSSBで除して求めた。

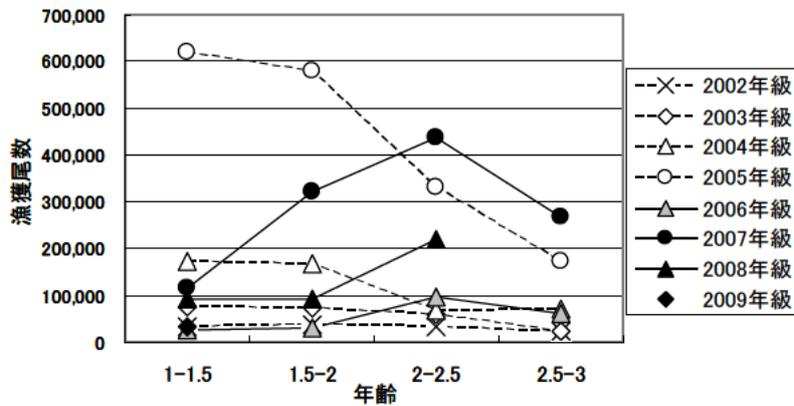


図20. 福島県の年齢別漁獲尾数
年2回作成したage-length keyを福島県の体長組成データに適用して推定した。

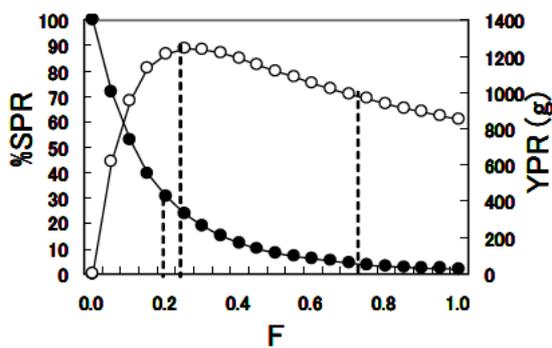


図21. Fを変化させた時の%SPRおよびYPRの変化
雌の値を用いて作図した。破線は、左からF30%SPR、Fmax、Fcurrentを表す。

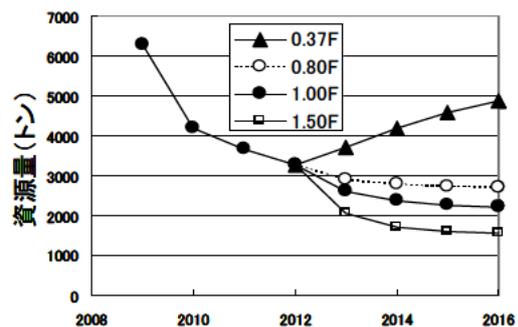


図22. Fを変化させた時の資源量の変化
0.37FはFmax。

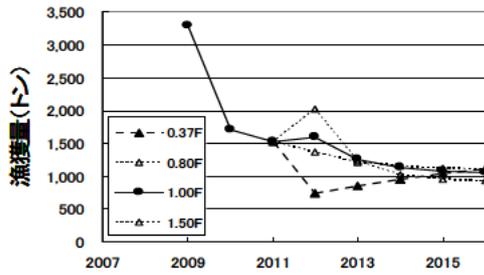


図23. Fを変化させた時の漁獲量の変化
0.37FはFmax。

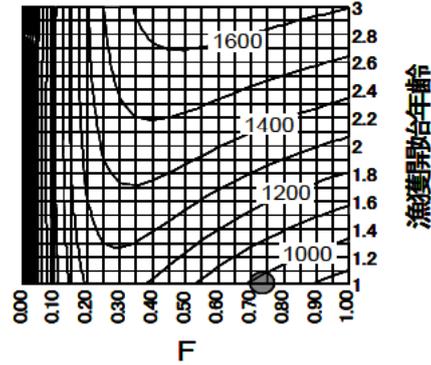


図24. Fおよび漁獲開始年齢を変化させた時の太平洋北部系群の漁獲量の変化
雌の値のみを用いて作図した。黒丸は現状の値を表す。図中の数字はトン数。

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	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
青森県										
沖底	3	2	1	1	0	2	1	3	3	4
小底	163	88	61	37	42	95	104	111	113	107
刺網	409	325	351	147	357	279	377	255	166	399
定置網	389	303	198	*	*	*	*	*	318	
その他	56	45	28	*	*	*	*	*	53	89
計	1,020	764	639	456	546	702	1,022	773	653	995
岩手県										
沖底	0	1	1	*	*	*	*	*	*	
小底	0	0	0	*	*	*	*	*	*	
刺網	81	99	67	29	39	51	110	61	80	
定置網	60	60	46	32	54	82	78	77	85	
その他	9	11	9	8	4	8	14	8	10	
計	150	171	122	70	96	142	201	146	177	167
宮城県										
沖底	21	17	38	16	10	44	32	34	31	
小底	50	60	35	29	45	111	89	68	112	
刺網	106	117	111	60	62	93	173	131	164	
定置網	15	16	21	13	17	27	25	34	26	
その他	1	40	15	2	2	2	2	4	5	
計	195	250	220	120	136	276	320	271	339	260
福島県										
沖底	136	117	85	66	92	225	246	166	325	
小底	78	73	40	47	60	184	137	85	133	
刺網	215	260	182	125	147	167	304	348	338	
定置網	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
その他	11	8	8	4	4	3	17	16	17	
計	439	458	315	243	304	580	704	615	813	771
茨城県										
沖底	6	6	6	*	*	*	*	*	22	59
小底	164	239	92	133	108	120	225	159	97	83
刺網	87	102	115	107	134	73	150	141	110	135
定置網	3	5	8	*	*	*	*	*	5	
その他	26	36	30	*	24	15	42	*	31	21
計	287	388	251	280	277	242	452	349	265	312
合計										
沖底	169	143	131	92	106	301	307	220	381	
小底	455	460	228	249	256	510	555	423	455	
刺網	898	903	826	468	730	663	1,114	936	858	
定置網	467	384	273	292	205	391	578	469	434	
その他	103	140	90	69	51	77	145	105	116	
計	2,092	2,031	1,547	1,170	1,348	1,942	2,699	2,153	2,247	2,505

2010年の漁獲量は暫定値。青森、茨城県は統計情報部速報値、岩手、宮城、福島県は各県データを元に集計または推定した。

*は、秘匿情報を含むため不明であることを示す。

表2. 太平洋北部系群のコホート解析の結果

福島県の漁獲物体長組成を海域全体に引き延ばし、雌雄・年齢分解した。年齢分解は2002年度までは複数年の調査結果をプールして作成した性別 age-length key を使用し、2003年以降は半年ごとに作成した age-length key を適用して求めた。

年齢別漁獲尾数(x10 ³ 尾)(雌)																				
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	130	168	151	46	106	705	934	342	502	305	315	289	228	162	266	650	2,315	91	525	236
2	84	56	84	72	68	249	469	504	341	315	260	342	234	156	68	78	247	835	265	824
3	33	27	30	37	26	57	124	180	131	122	92	107	86	47	34	36	57	60	188	157
4	8	8	7	9	8	6	12	27	32	25	20	17	16	22	22	26	26	20	55	32
5+	7	7	8	9	8	6	10	14	21	19	22	16	13	11	14	20	15	12	21	14
合計	260	267	280	173	216	1,022	1,551	1,068	1,027	786	709	770	577	398	405	810	2,660	1,018	1,054	1,264
漁獲量(t)	302	282	312	262	261	880	1,470	1,355	1,186	990	861	941	714	505	444	720	1,909	1,334	1,295	1,657

年齢別資源尾数(x10 ³ 尾)(雌)																				
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	319	409	357	312	796	1,862	2,064	1,134	1,213	946	1,062	819	618	429	587	1,323	4,153	991	2,800	613
2	165	142	181	153	211	549	875	832	611	532	492	577	404	296	202	236	487	1,282	721	1,797
3	70	58	64	71	60	110	221	286	221	189	148	164	160	117	99	103	121	172	287	346
4	23	27	23	25	24	25	37	68	70	61	43	37	37	52	53	50	51	47	86	63
5+	20	22	26	26	26	26	31	35	46	45	47	35	29	27	34	38	30	29	33	28
合計	596	658	651	588	1,116	2,572	3,229	2,355	2,160	1,773	1,791	1,632	1,248	921	976	1,749	4,842	2,521	3,927	2,847

F-Matrix(雌)																				
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	0.60	0.61	0.63	0.18	0.16	0.55	0.70	0.41	0.61	0.44	0.40	0.49	0.52	0.52	0.70	0.79	0.97	0.11	0.23	0.56
2	0.83	0.58	0.73	0.74	0.45	0.70	0.91	1.12	0.97	1.07	0.88	1.07	1.02	0.86	0.47	0.46	0.83	1.29	0.52	0.71
3	0.74	0.73	0.74	0.85	0.66	0.87	0.98	1.20	1.07	1.27	1.17	1.27	0.91	0.57	0.49	0.49	0.74	0.49	1.30	0.70
4	0.46	0.42	0.41	0.49	0.43	0.29	0.46	0.60	0.72	0.62	0.73	0.69	0.66	0.61	0.61	0.88	0.82	0.63	1.24	0.84
5+	0.46	0.42	0.41	0.49	0.43	0.29	0.46	0.60	0.72	0.62	0.73	0.69	0.66	0.61	0.61	0.88	0.82	0.63	1.24	0.84
Weight Aveg	0.68	0.60	0.66	0.59	0.33	0.60	0.78	0.88	0.80	0.83	0.70	0.87	0.79	0.67	0.64	0.75	0.95	1.11	0.57	0.69
Fbar	0.62	0.55	0.58	0.55	0.42	0.54	0.70	0.79	0.82	0.80	0.78	0.84	0.76	0.64	0.58	0.70	0.84	0.63	0.91	0.73

年齢別資源重量 (ton)(雌)																				
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	184	236	206	180	458	1,072	1,189	653	698	545	611	472	356	247	338	762	2,391	571	1,612	353
2	205	176	225	191	263	683	1,087	1,035	760	661	611	717	502	368	251	293	605	1,594	897	2,233
3	148	123	135	149	126	232	467	604	466	398	311	347	337	247	209	216	256	363	606	731
4	70	84	70	77	75	77	116	209	215	189	133	115	115	160	164	153	158	145	266	196
5+	92	100	120	121	118	122	144	162	211	209	215	161	135	127	159	177	137	133	151	129
Total	699	719	755	718	1,040	2,185	3,002	2,662	2,350	2,002	1,882	1,811	1,444	1,149	1,121	1,602	3,547	2,805	3,531	3,641
SSB	310	307	325	348	319	430	727	975	892	796	659	622	586	534	532	547	551	641	1,022	1,055

年齢別漁獲尾数(x10 ³ 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
1	182	209	216	71	176	1,168	1,719	532	812	488	592	481	371	173	302	666	2,032	107	999	405
2	128	83	139	86	131	695	943	699	644	504	411	547	364	209	92	58	178	909	289	1,671
3	13	8	14	9	13	69	88	76	64	52	41	56	38	29	14	3	6	7	87	154
4	1	1	1	2	1	1	5	8	5	5	4	4	5	4	3	3	5	5	12	6
5+	1	2	2	2	1	2	3	7	8	6	7	4	5	2	2	3	3	2	6	3
合計	325	303	373	170	323	1,935	2,757	1,322	1,532	1,056	1,091	782	417	415	734	2,225	1,029	1,293	2,239	848
漁獲量(t)	193	166	220	113	194	1,104	1,555	870	929	671	631	696	494	276	225	341	1,015	752	774	1,628

年齢別資源尾数(x10 ³ 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
1	372	470	411	445	1,431	2,869	3,116	1,657	1,752	1,273	1,558	1,147	767	360	466	1,070	3,813	1,080	4,308	848
2	169	129	182	129	284	959	1,204	910	821	648	561	691	469	270	128	96	246	1,176	747	2,474
3	23	18	28	19	25	105	133	106	92	71	60	74	55	44	26	18	24	34	114	327
4	8	7	7	9	6	8	21	26	15	15	10	10	9	10	9	8	11	13	20	12
5+	10	12	12	12	13	13	13	20	23	18	16	10	10	6	6	6	6	6	9	7
合計	582	636	639	614	1,759	3,954	4,488	2,720	2,703	2,026	2,205	1,933	1,310	689	635	1,199	4,099	2,309	5,198	3,667

F-Matrix(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
1	0.81	0.70	0.90	0.20	0.15	0.62	0.98	0.45	0.74	0.57	0.56	0.64	0.79	0.79	1.33	1.22	0.93	0.12	0.30	0.78
2	1.98	1.30	2.02	1.41	0.74	1.72	2.18	2.04	2.19	2.13	1.77	2.27	2.12	2.07	1.71	1.15	1.73	2.09	0.58	1.45
3	1.01	0.66	0.90	0.83	0.93	1.35	1.39	1.67	1.54	1.74	1.51	1.90	1.48	1.36	0.94	0.25	0.35	0.28	2.00	0.76
4	0.16	0.18	0.24	0.22	0.14	0.18	0.30	0.46	0.48	0.51	0.66	0.51	0.91	0.66	0.59	0.67	0.78	0.50	1.22	0.75
5+	0.16	0.18	0.24	0.22	0.14	0.18	0.30	0.46	0.48	0.51	0.66	0.51	0.91	0.66	0.59	0.67	0.78	0.50	1.22	0.75
Weight Aveg	1.27	0.86	1.31	0.85	0.42	1.04	1.40	1.36	1.38	1.37	1.07	1.52	1.44	1.47	1.39	1.21	0.99	1.86	0.48	1.28
Fbar	0.82	0.60	0.86	0.57	0.42	0.81	1.03	1.02	1.09	1.09	1.03	1.17	1.24	1.11	1.03	0.79	0.91	0.70	1.06	0.90

年齢別資源重量 (ton)(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
1	157	199	173	188	604	1,211	1,316	700	739	538	658	484	324	152	197	452	1,609	456	1,819	358
2	127	98	137	98	215	723	909	687	620	489	424	522	354	204	96	73	186	887	564	1,867
3	27	21	32	22	29	123	155	123	107	83	70	86	64	51	31	21	28	40	132	380
4	14	11	12	14	10	12	35	42	25	25	16	17	14	16	14	13	18	21	33	19
5+	23	28	28	28	31	31	32	48	53	43	37	24	23	13	15	15	14	14	21	16
Total	348	356	383	350	888	2,101	2,446	1,600	1,545	1,178	1,204	1,133	779	436	353	574	1,854	1,418	2,569	2,641

雌雄合計																				
年齢/漁期年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
漁獲尾数	586	569	653	343	540	2,957	4,308	2,390	2,559	1,842	1,764	1,861	1,359	814	820	1,543	4,885	2,047	2,447	3,503
資源尾数	1,178	1,294	1,290	1,202	2,875	6,526	7,717	5,075	4,863	3,799	3,995	3,565	2,558	1,611	1,611	2,948	8,941	4,830	9,125	6,514
F	0.72	0.58	0.72	0.56	0.42	0.67	0.87	0.90	0.95	0.95	0.91	1.01	1.00	0.87	0.80	0.74	0.87	0.66	0.99	0.81
資源重量	1,046	1,0																		

表3. ヒラメの種苗放流実績（千尾）
「栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）」より。

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
青森県	1,528	1,677	1,502	816	303	1,305	1,040	1,035	929	940
岩手県	701	1,158	1,204	1,335	1,353	1,235	1,113	1,210	1,282	1,518
宮城県	1,155	1,119	1,028	1,116	899	605	290	220	268	440
福島県	1,050	1,034	1,054	439	1,120	1,056	1,040	1,040	1,040	1,022
茨城県	1,358	1,056	785	850	984	653	973	805	962	1,001
合計	5,792	6,044	5,573	4,556	4,659	4,854	4,456	4,310	4,481	4,921

表4. 太平洋北部系群の混入率(%)

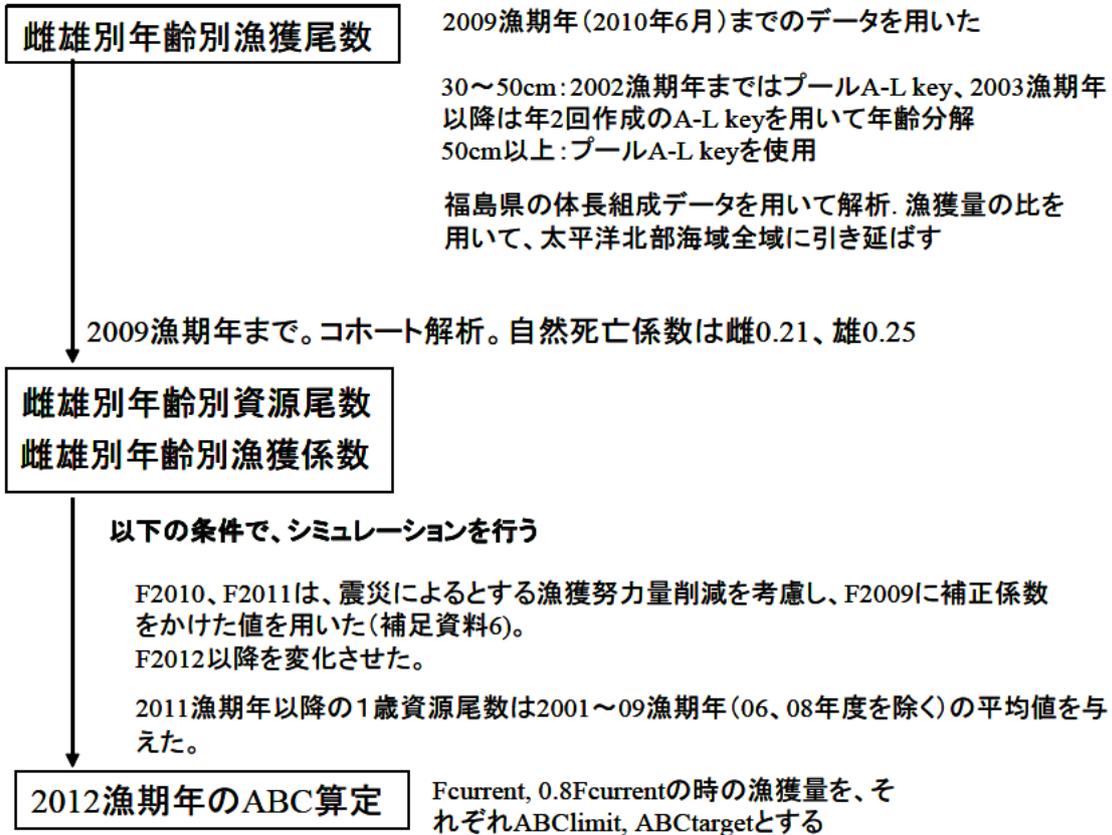
年	2004	2005	2006	2007	2008	2009
混入率	13.6	15.3	9.9	6.6	12.0	7.4

表5. 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）						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1.22	1.50F _{cur}	1,717	1,530	1,998	1,234	1,017	949	930	4,190	3,659	3,262	2,055	1,704	1,596	1,567
0.81	F _{cur}	1,717	1,530	1,577	1,252	1,129	1,076	1,055	4,190	3,659	3,262	2,615	2,363	2,257	2,214
0.65	0.80F _{cur}	1,717	1,530	1,355	1,204	1,148	1,124	1,115	4,190	3,659	3,262	2,907	2,777	2,723	2,700
0.30	F _{max}	1,717	1,530	738	851	954	1,046	1,114	4,190	3,659	3,262	3,719	4,185	4,582	4,871

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

本報告書の資源解析は、福島県が測定した水揚げ物の全長組成に、東北水研が作成した性別age-length keyを適用して得られた性別年齢別漁獲尾数を基礎データとしている。一方、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（1998～2009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、福島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、説明した。

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. 福島県データの解析方法

性別年齢別漁獲尾数

漁獲物の全長組成は、福島県が1990～2010年各月ごとに測定したデータを用いた。1990～2002年度の全長組成は、1995～2001年に採集した個体の年齢査定結果をプールして作成した性別age-length key（プールA-L key；30～80cm対象；1～6月用、7～12月用の2種作成）を用いて漁獲物の体長組成を雌雄別年齢組成に分解した。2003年度以降は、全長30～50cmを対象に毎年6月と10または11月に性別age-length keyを作成した。このkeyを用いて該当する年月の全長組成を性別年齢別組成に分解した。age-length keyを適用した月の性別年齢組成を参考にして、他の月の性別年齢組成を推定した。また、全長50～80cmを対象に、2003～2010年に採集した個体を用いて性別age-length key（高齢魚プールA-L key；51～6月用、7～12月用の2種作成）を作成した。これらのage-length keyを、2010年6月～2009年12月における毎月の福島県水揚げ物の全長組成（福島県水産試験場調査）に適用して、雌雄別年齢別漁獲尾数を得た。プールA-L keyを用いると、年級間の違いが過少評価される。従って、2002年度以前の加入量変動は、現在の評価よりも大きかったと推察される。

コホート解析

得られた性別年齢別漁獲尾数を漁期年（7月～翌年6月）で集計し、コホート解析用のデータとした。

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($N_{a,2009}$)および漁獲係数($F_{a,2009}$)を

$$N_{a,2009} = \{C_{a,2009} / (1 - \exp(-F_{a,2009}))\} \exp(M/2)$$

$$F_{a,2009} = \sum_{y=2004}^{2008} F_{a,y} / 5$$

により求めた。最後に、

$$F_{5+,2009} = F_{4,2009}$$

となるような $F_{5+,2009}$ 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 は雌雄それぞれ0.21、0.25を与えた。雌雄各齢とも、漁獲年度の間(1.5歳、2.5歳、3.5歳、4.5歳)に一齐に漁獲されると仮定するので、その時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。

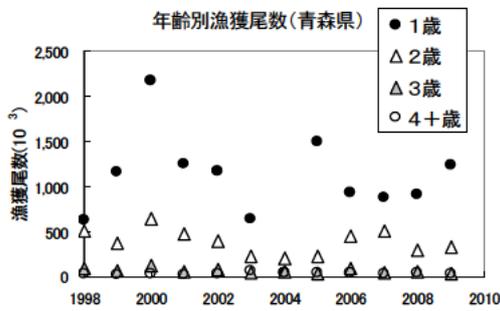
2. 青森県データの解析方法

性別年齢別漁獲尾数

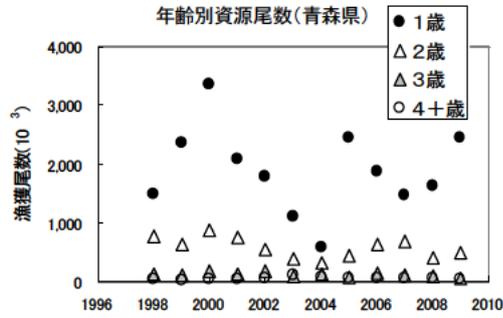
八戸港に水揚げされたヒラメの水揚げデータを青森県の太平洋北区の漁獲量で引き延ばした。八戸港の水揚げデータは、原則として、沖合底曳網ならびに小型底曳網漁業は銘柄(1箱の入り尾数)で、刺し網・定置網・その他の漁業は重量で記録されている。前者は性別age-銘柄 keyで、後者は性別age-weight keyでそれぞれ漁獲物を年齢分解した。ヒラメの成長を考慮し、age-銘柄 keyは1~3、4~6、9~12月(7、8月は休漁)の3期に分けて作成し、age-weight keyは1~6、7~12月の2期に分けて作成した。得られた性別年齢別漁獲尾数は、南部と同様7~12月と翌年1~6月を足し合わせて、当該漁期年の漁獲尾数とした(補足図2-1、補足表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。

青森県の年齢別漁獲尾数の結果(補足図2-1)を福島県の結果(本文図8)と比較すると、資源尾数のピークを示す年が両県で異なった。青森県では2000年(1999年級)および2005年(2004年級)がピークとなったが、福島県では両年にピークは認められず、2006年(2005年級)がピークとなった。また、青森県では極端に少ない1歳魚の漁獲尾数が2004年(2003年級)に認められたが、福島県では2003年(2002年級)が近年では最低の水準であった。

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)、各年の増減には上述のように南北の違いが認められる。



補足図2-1. 青森県におけるヒラメ年齢別漁獲尾数



補足図2-2. 青森県におけるヒラメ年齢別資源尾数

補足表2-1. 青森県太平洋北区のコホート解析結果

八戸港の水揚げデータを基に、青森県全県に引き延ばした。

年齢別漁獲尾数(尾)(総)												年齢別漁獲尾数(尾)(総)													
年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	429	854	1,334	873	816	444	25	808	543	495	328	710	1	189	314	624	369	340	183	14	673	379	370	371	517
2	386	273	457	315	273	149	151	144	296	324	196	198	2	127	101	184	196	118	70	50	85	150	179	100	124
3	68	46	95	44	57	38	48	29	70	36	43	22	3	24	17	29	16	18	11	12	7	19	15	12	9
4+	12	7	16	11	15	43	28	23	20	15	28	17	4+	8	5	8	5	8	13	5	6	10	6	6	3
合計	895	1,161	2,102	1,243	1,160	675	249	1,005	929	870	795	948	合計	348	437	847	545	484	277	81	770	557	570	490	654
漁獲量(t)	522	565	1,025	615	583	390	215	478	520	476	431	459	漁獲量(t)	157	174	335	220	196	120	46	274	228	234	190	244

年齢別資源尾数(尾)(総)												年齢別資源尾数(尾)(総)													
年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	1,047	1,682	2,350	1,454	1,245	782	391	1,423	1,156	880	974	1,488	1	432	685	1,001	621	335	310	185	1,025	721	593	651	963
2	587	463	613	524	392	274	234	297	425	448	268	314	2	184	170	254	229	158	117	80	132	203	228	135	180
3	88	75	129	85	141	72	88	54	111	79	71	40	3	36	31	45	35	40	19	29	19	30	26	19	17
4+	18	12	22	22	37	80	51	44	32	34	46	31	4+	13	9	15	10	18	22	11	16	15	10	10	6
合計	1,740	2,231	3,114	2,085	1,815	1,209	764	1,817	1,724	1,442	1,359	1,874	合計	665	893	1,311	895	751	468	306	1,190	969	856	815	1,166

F-Matrix(総)												F-Matrix(総)													
年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	0.61	0.80	1.29	1.10	1.30	1.00	0.07	1.00	0.74	0.98	0.92	0.76	1	0.68	0.74	1.23	1.12	1.27	1.10	0.09	1.37	0.90	1.23	1.04	0.94
2	1.31	1.07	1.77	1.10	1.48	0.93	1.26	0.78	1.48	1.63	1.68	1.21	2	1.52	1.11	1.73	1.49	1.87	1.15	1.21	1.23	1.81	2.22	1.80	1.82
3	1.96	1.16	1.71	0.85	0.59	0.89	0.94	0.91	1.22	0.69	1.10	0.93	3	1.47	0.92	1.45	0.70	0.72	1.07	0.65	0.60	1.30	1.07	1.30	0.94
4+	1.96	1.16	1.71	0.85	0.59	0.89	0.94	0.91	1.22	0.69	1.10	0.93	4+	1.47	0.92	1.45	0.70	0.72	1.07	0.65	0.60	1.30	1.07	1.30	0.94
Weight Ave	1.03	0.88	1.42	1.09	1.30	0.97	1.05	0.96	1.02	1.20	1.13	0.88	Weight Ave	1.06	0.83	1.35	1.21	1.39	1.11	0.90	1.34	1.17	1.53	1.20	1
Fbar	1.46	1.05	1.62	0.97	0.99	0.93	0.80	0.90	1.16	1.00	1.20	0.96	Fbar	1.28	0.93	1.46	1.00	1.15	1.10	0.65	0.95	1.33	1.39	1.36	1

年齢別資源量(ton)(総)												年齢別資源量(ton)(総)													
年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	年齢/漁期年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1	395	635	887	549	470	295	148	537	436	332	368	582	1	139	219	322	199	172	100	60	329	232	191	209	308
2	402	317	420	359	269	188	160	203	291	307	183	215	2	99	92	137	124	85	63	43	71	110	123	73	97
3	96	81	140	92	153	78	95	58	120	85	77	44	3	28	24	34	28	31	15	22	15	24	20	15	14
4+	33	22	40	41	68	147	95	80	59	63	84	58	4+	15	10	14	12	20	25	12	18	17	11	11	7
Total	926	1,054	1,486	1,040	960	709	496	879	906	787	712	878	Total	281	346	507	362	309	203	138	433	382	345	308	427

補足資料3

2010、2011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も数多く被災したことから、2010年度（2010年7月～2011年6月）および2011年度（2011年7月～2012年6月）の漁獲努力量は2010年度以前とは異なる様相となっている。本資源評価では、2012年度のABC算出に際して、2010年度および2011年度の漁獲死亡係数を用いている。被災状況、復旧状況ともに地域、漁業種別に異なり、類型化することは簡単ではないが、ここでは以下の手順で県別、漁業種別に被災状況をまとめ、震災が漁獲に与えた影響を可能な限り数値化した。

- ・ヒラメが漁獲されている青森、岩手、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、小型底曳き網漁業および沿岸漁業（延縄、刺し網、定置網およびその他）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。
 - ・被災しておらず5～6月のがれき撤去などに従事していた船は、9月から操業を再開するとした。ただし福島県の船については9～12月のうち半分の操業とした。
 - ・被災した船については12月31日まで操業を再開しないものとした。
 - ・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。それ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2005～2009年度の年齢別Fの平均値に乗じることで2010年度および2011年度の年齢別のFを求めた。
- その結果、各漁法とも、約2割減少と見積もられた。これらを統合した結果、2010年度および2011年度のヒラメ漁業の漁獲圧は、2009年比でそれぞれ81.5、80.0%に減少することが示された。

補足表3-1. 2010年度の漁獲努力量
(2009年度比)

	漁獲量(トン、直近5年平均)	漁法別の比率(g)	減少率(h)	比率g*比率h
沖底	258	0.124	0.814	0.101
小底	440	0.211	0.835	0.176
沿岸漁業	1,382	0.664	0.809	0.538
合計	2,080	1.000		0.815

補足表3-2. 2011年度の漁獲努力量
(2009年度比)

	漁獲量(トン、直近5年平均)	漁法別の比率(g)	減少率(h)	比率g*比率h
沖底	258	0.124	0.798	0.099
小底	440	0.211	0.831	0.176
沿岸漁業	1,382	0.664	0.791	0.525
合計	2,080	1.000		0.800

補足資料4

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。

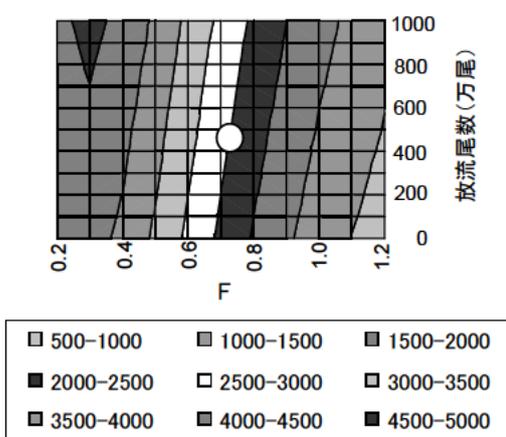
まず、2009年度の太平洋北部系群の資源尾数、漁獲尾数、F値、放流尾数を初期値とし、2011年度以降のF値および放流尾数を変化させたときの2016年の漁獲量を前進法により推定した。解析には雌のみの値を用いた。Fを0.2~1.2、放流尾数を0~1,000万尾の間で変化させた。つぎに、同様の方法で、漁獲開始サイズを30~48cm、放流尾数を0~600万尾で変化させ、2016年度の漁獲量を推定した。RPS (尾/Kg) として1.4を、添加効率として0.05を与えた。解析方法の詳細は、亘(2011)に準じた。

漁獲量を維持するという観点からは、現状のパラメータのもとでは、Fを0.1下げる効果と、放流尾数を700万尾増加させる効果が同等であり、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39cmに引き上げることと同等の効果が認められた(補足図4-3、4-4)。

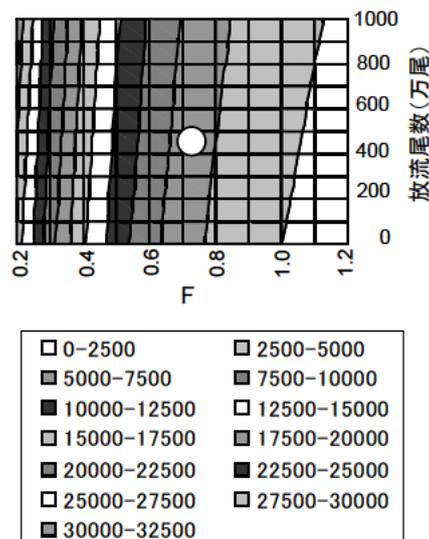
等漁獲量線は、RPSが増加すれば傾きが急になり、添加効率が増加すれば傾きが緩やかになる。従って、この様な比較を行うためには、RPSと添加効率の推定精度を向上させる必要がある。現状ではこれらの推定値の精度は十分に高いとは言えない。

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。

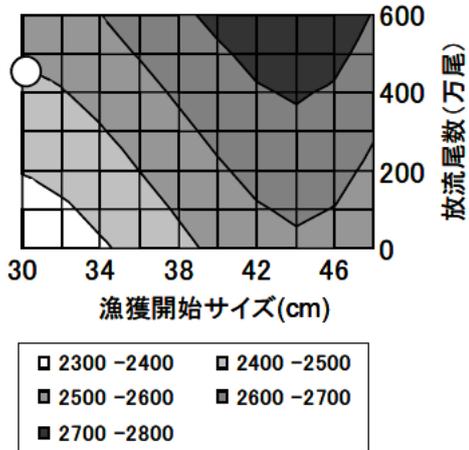
亘 真吾(2011)平成23年のヒラメ瀬戸内海系群の資源評価、平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価(本巻)。



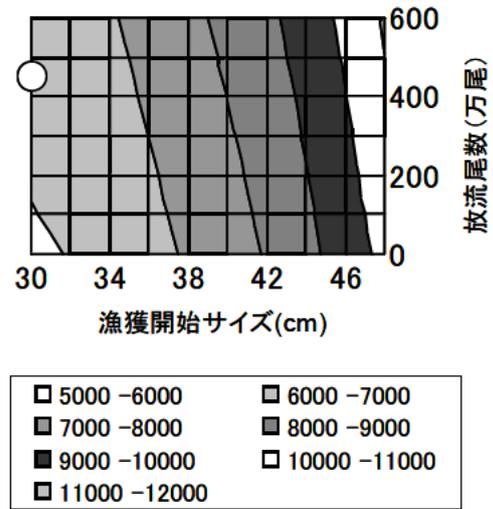
補足図4-1. 2011年以降の漁獲圧と放流尾数を変化させたときの2016年の等漁獲量図
白丸は現状の値。



補足図4-2. 2011年以降の漁獲圧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

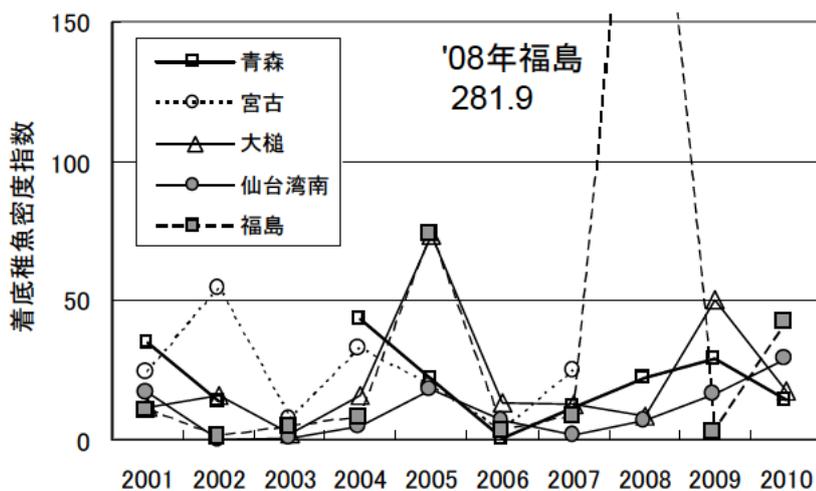
新規加入量調査の結果

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。

着底稚魚密度の指標値は、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。指標値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～茨城の各県および宮古栽培漁業センター、東北水研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。2005年は多くの海域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り、東北南部海域（宮城県以南）では卓越年級群となった。2006年は青森県で過去最低となった。2007年は東北北部海域（岩手県以北）では平均的～低水準、南部水域の福島県では低水準であった2006年を上回る水準であった。2008年は北部水域では平均的～低水準、南部水域の福島県では指数としては極めて高水準(281.9)となったが、指数算出時の稚魚死亡率の過大評価によるものと考えられ、高水準ではあるものの2005年の水準を大きく上回るものではないと判断された。2009年は北部水域の青森県では比較的高水準であった。大槌も高水準となったが、2008年の福島県同様に指数算出時の稚魚死亡率の過大評価によるものと考えられ、過去3年（2006～'08年）の水準を大きく上回るものではないと判断された。2010年は東北北部海域では平均的な水準であったが、南部海域では、仙台湾南部で過去最高水準、福島県でも卓越した2005年級群に次ぐ高水準であった。平均着底稚魚密度の年変動の傾向は、漁獲加入齢（1歳）の漁獲尾数の変動傾向と概ね一致しており、漁獲加入量の指標となる可能性がある。従って、東北南部海域では2010年級群の豊度が高いことが推察される。

なお、新規加入量調査の詳細は、上原ほか(2007～'11)（東北底魚研究27～31号）を参照のこと。

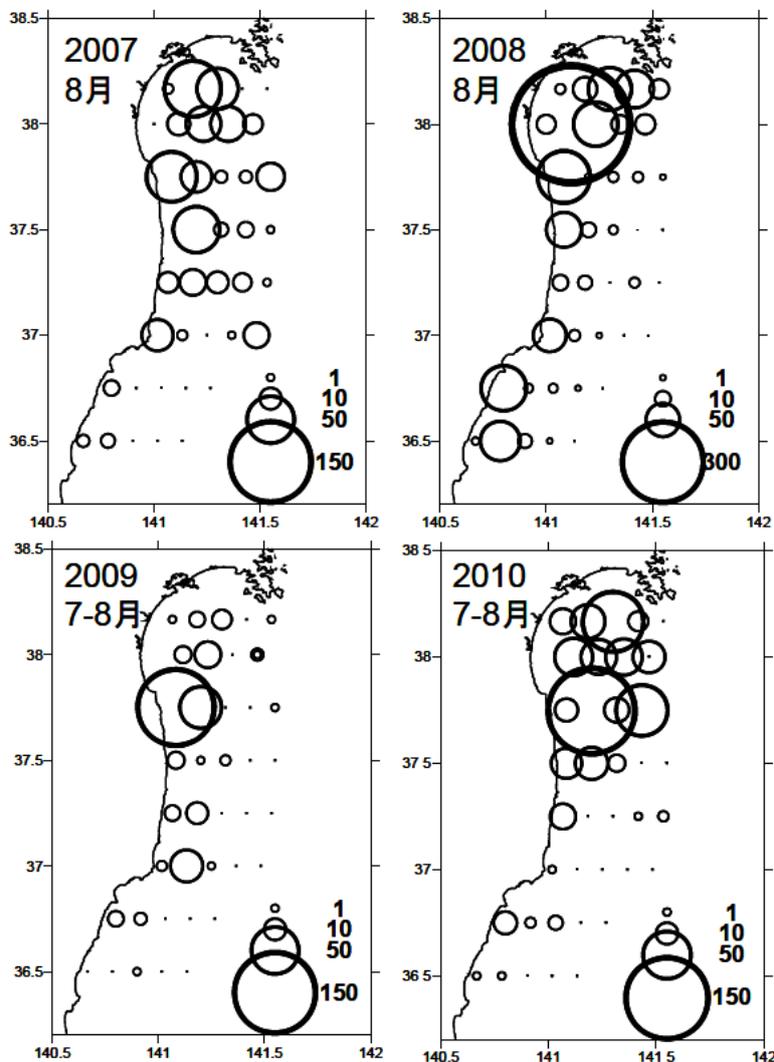


補足図5-1. ヒラメ太平洋北部における着底稚魚密度指数の経年変化

補足資料6

卵仔魚調査の結果

東北区水産研究所では、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ている。2010年度は、7月29日～8月7日に仙台湾常磐海域において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～2010年の分布を補足図5-1に示す。海域全体の分布量は、2010年は2007年、2009年を上回る水準であった。例年同様に仙台湾～常磐北部海域の分布量が多かった。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海洋環境要因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。



補足図6-1. 2007年～2010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）。