

平成 28（2016）年度ヒラメ日本海北・中部系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（八木佑太、上原伸二、後藤常夫、飯田真也）

参画機関：青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター

要 約

本系群の 1999 年以降の資源量についてコホート解析により計算した。2015 年の漁獲量は 1,030 トン（暫定値）であり、前年を 57 トン上回った。資源量は 2007 年の 2,781 トンから 2012 年の 2,131 トンに減少した後、2013 年の 2,395 トンに増加した。2015 年の資源量は 2,424 トンと推定された。資源量の推移から、資源水準を低位、資源動向を横ばいと判断した。本系群の資源量は B_{limit} （資源量 2,900 トン）を下回る状態であるため、5 年後に資源量を中位水準に回復させることを管理目標として、ABC 算定規則の 1-1)-(2)に基づき 2017 年 ABC を算定した。2015 年以降の再生産成功率が 2014 年を除く過去 5 年間（2009～2013 年）の平均値、人工種苗放流が現状と同程度で継続されとする仮定の下で計算された F_{rec5yr} による 2017 年の漁獲量 1,010 トンを ABC_{limit} 、さらに不確実性を考慮して安全率 α を 0.8 とし、 $0.8F_{rec5yr}$ による漁獲量 860 トンを ABC_{target} とした。本種は栽培対象種であり、2014 年には 210 万尾の人工種苗が放流され、1 歳の放流魚の混入率は 4.9%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.041 と推定された。

管理基準	Target / Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (トン)	$B_{limit}=2,900$ (トン) 資源量 5 年後 (トン)
F_{rec5yr}	Target	0.45	34	860	3,904
	Limit	0.56	40	1,010	2,900

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。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が期待される漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は 2 歳における値である。漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ である。2015 年の資源量は 2,424 トンである。ABC は 10 トン未満を四捨五入した。 B_{limit} を資源量について設定しているため、5 年後の資源量を記載した。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2012	2,131	1,321	836	0.58	39
2013	2,395	1,498	992	0.58	41
2014	2,431	1,630	973	0.55	40
2015	2,424	1,717	1,030	0.57	42
2016	2,429	1,629	-	-	-

水準：低位 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通り

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数 (天然魚・黒化魚別)	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 月別漁業種類別漁獲量（青森～兵庫(9)府県） 月別体長組成調査（水研、青森県、秋田県、山形県、新潟県、 福井県、兵庫県） ・市場測定 体長－体重・体長－年齢測定調査（水研、青森～新潟(4)県） ・精密測定 資源評価調査以外による調査結果 ・各県栽培漁業協会等業務報告書 ・各県資料
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.2$ を仮定 安達(2007)に従う
稚魚加入量	各県地先における幼稚魚分布調査（水研、青森～新潟(4)県） ・水工研Ⅱ型桁網（新潟県は4m ビームトロール）
漁獲努力量指数	新潟県主要4港板びき網出漁隻数および漁獲量（新潟県）

1. まえがき

ヒラメは我が国沿岸のほぼ全域に分布し、各地で沿岸漁業の重要な対象種になっている。本種は栽培漁業の代表的な対象種でもあり、本系群の分布海域においては、1980年前後より人工種苗の放流が開始され、2014年には210万尾が放流された。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群の分布域は青森県津軽半島西岸から兵庫県にいたる沿岸域である（図1）。本種

は本来暖海性の魚種であるが、生息水温は 10～25℃と幅広い。索餌期の生息水深は概ね 150m 以浅の海域で、産卵期には水深 50m 以浅に移動する。ふ化した仔魚は約 1 ヶ月の浮遊生活後、水深 10m 以浅の浅海域に着底し、全長 10cm 以上になると次第に沖合へと分布域を広げる。未成魚期には春季に接岸し、冬季に沖合で越冬するという季節的な深淺移動を行う。成長するにつれて広域移動をする個体も見られるようになる。標識放流の結果からは青森県沖から富山湾にかけてと能登半島西岸から若狭湾にかけては、それぞれ連続した交流が認められているが、能登半島を越えて再捕される例はごく稀である（南 1997）。一方、能登半島西岸や若狭湾沿岸で放流した個体が鳥取県以西で再捕された事例は数多い（竹野・浜中 1994、竹野ほか 2001）。

(2) 年齢・成長

2006～2008 年に秋田県から新潟県にかけての海域で漁獲されたヒラメの精密測定結果から得られた雌雄別の成長式（図 2）ならびに雌雄込みの全長－体重関係式は以下の通りであった。

$$\text{雄} : L_t = 52.57(1 - \exp(-0.46(t + 0.50)))$$

$$\text{雌} : L_t = 97.51(1 - \exp(-0.15(t + 1.32)))$$

ここで L_t は起算日を 6 月 1 日とした場合の t 歳時の全長 (cm)。

$$\text{雌雄込み} : W = 0.0043L^{2.3}$$

ここで W は全長 L (cm) のときの体重 (g)。

雄は雌よりも成長が遅く最大全長も小さいため（図 2）、全長 50cm 以上では雄の占める割合は著しく低い（図 3）。寿命は概ね 15 年程度と推定されている（南 1997）。青森県日本海側では、19 歳の雌の採集記録がある（上原ほか 2013）。

(3) 成熟・産卵

雄は 2 歳、雌は 3 歳で成熟し（南 1997）、春から初夏にかけて沖合から接岸して水深 50m 以浅の海域で産卵を行う。産卵期は南ほど早く、若狭湾で 3～4 月、富山湾で 4～5 月、新潟から秋田沿岸で 5～6 月、津軽半島沿岸で 5～7 月となっている（南 1997）。

(4) 被捕食関係

着底後は主にアミ類を食べる。全長 10cm 以上になると魚類を主食とし、他にはイカ類、エビ類等も食べるようになる。一方、稚魚期にはより大型のヒラメをはじめマゴチ、オニオコゼ、アナハゼ、イシガニ、エビジャコ等に捕食されることが知られている（南 1986、Seikai et al. 1993、首藤ほか 2006）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

主に刺し網、定置網、底びき網の漁獲対象として各府県で広く漁獲されている（図 4）。府県により主たる漁業種類は大きく異なり、例えば青森県ならびに京都府では定置網によ

る漁獲が全漁獲のおよそ 8 割以上を占めるが、隣接する秋田県、福井県では定置網の占める割合は 3 割程度である（図 5）。新潟県北部沿岸では板びき網と称する開口板を有する小型底びき網漁業が営まれており、例年、本系群の総漁獲量の 1 割程度を占める 100 トン以上の水揚げがある（2015 年は 125 トン、12%）。

近年、資源の保護・管理を目的として漁具漁法、目合、操業時期、操業海域など様々な規制措置がとられている。特に全長制限は各府県で行われており、その制限サイズは兵庫県、京都府、福井県では 20～30cm、石川県、富山県では 25cm、新潟県、山形県、秋田県では 30cm、青森県では 35cm であり、西で小さく北で大きい。

本系群における遊漁によるヒラメの採捕量は 40 トン（2008 年）で、漁獲量の 3%程度である（社団法人フィッシャリーナ協会 2009）。

（2）漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、1970 年以降 10 数年周期の増減を繰り返してきたが、周期的に見られる漁獲量のピークは 1972 年の 2,448 トン、1983 年の 1,901 トン、1995 年の 1,581 トン、2008 年の 1,310 トンと徐々に減少してきており、全体としては減少傾向にある。近年の漁獲量は 2010 年の 1,176 トンから 2012 年の 836 トンに減少した後、2013 年の 992 トンに増加した。2015 年は前年を 57 トン上回る 1,030 トンであった（図 6、表 1）。

本系群の分布する海域では富山県以北と石川県以西で漁獲量の変動傾向が異なることが指摘されている（梨田 1988）。漁獲量の大半を占める青森県から富山県にいたる海域では 1970 年代から 1980 年代にかけて漁獲量は減少したが、石川県から兵庫県にいたる海域では同時期の減少は見られていない（図 7）。

（3）漁獲努力量

新潟県北部沿岸で行われている板びき網はヒラメを主対象として操業しており、その漁獲量は本系群全体の 8～13%を占める。新潟県の主要 4 港における板びき網の出漁隻数は長期的には減少傾向が続いており、2015 年の出漁隻数は 1986 年の 32%となる 4,357 隻であった（図 8）。

4. 資源の状態

（1）資源の評価方法

1999～2015 年の年齢別漁獲尾数データを使用し、Pope の近似式（Pope 1972）を用いてコホート解析を行い、年齢別資源尾数、資源量、および漁獲係数を推定した（年齢別漁獲尾数算出方法ならびに資源計算方法の詳細は補足資料 2 参照）。

（2）資源量指標値の推移

新潟県の板びき網における CPUE（漁獲量／出漁隻数）の推移は漁獲量の推移と概ね同調している。近年では 2005 年から 2008 年にかけて CPUE が増加した後、2009 年に大きく減少した。2010 年以降 CPUE は再び増加傾向にあり、2015 年は 28.8kg／隻であった（図 8）。

新潟県から青森県沿岸での着底稚魚密度指数（青森県、秋田県、山形県、新潟県の平均）

は、近年では 2011、2012、2014 年に比較的高い値を示している（図 9）。しかし、2012、2013、2015 年の 1 歳魚加入尾数は必ずしも多いとはいえず（表 2）、2011、2012、2014 年の稚魚密度の高さが翌年の 1 歳魚加入尾数に反映されていない。

（3）漁獲物の年齢組成

新潟県岩船港における漁獲物の全長組成の推移を図 10 に示す。例年、9 月以降に 30～35cm 台をモードとした 1 歳魚の漁獲加入がみられるが、2015 年は 9 月以降に 30～35cm 台の明瞭なモードがみられず、全体としての 1 歳魚の漁獲加入は低い水準となった。

府県別年齢別漁獲尾数を図 11 に示す。京都府、福井県では 1 歳魚が約 4 割を占めるが、新潟県から青森県では 1 歳魚は 3 割以下と低い割合であり、日本海北部海域で 1 歳魚の割合が低い。系群全体で見ると、例年、2 歳魚以下が漁獲物の 6 割以上を占めているが、2015 年の 2 歳魚以下の割合は 58%とやや低かった（図 12、補足資料 3）。

（4）資源量と漁獲割合の推移

コホート解析により求めた資源量は、2007 年の 2,781 トンをピークとして減少し、2012 年には 2,131 トンとなった。その後、2013 年には 2,395 トンと増加し、2015 年は 2,424 トンと推定された（図 13、表 2）。漁獲割合は 39～48%の間を推移しており、近年では 2011 年の 48%から 2012 年の 39%に大きく低下した。その後は 40%前後で推移しており、2015 年の漁獲割合は 42%であった。

1 歳魚加入尾数は 1999 年以降増加して、2007 年に 314 万尾のピークに達した後、減少傾向に転じ、2015 年は 174 万尾と推定された（表 2）。なお、1 歳魚加入尾数は放流魚を含む数値である（詳細は表 2、補足資料 3 および（6）再生産関係）。

自然死亡係数 M を変化させた場合の資源量、親魚量、加入尾数の変化を図 14 に示した。 M を基準値である 0.2 から 0.05 増減させたときに生じる資源量、親魚量、加入尾数の増減は概ね 10%以下であった。

（5）資源の水準・動向

1970 年以降の漁獲量の最小値と最大値の間を 3 等分し、漁獲量が 1,800 トン以上の場合が高位、1,200 トン未満の場合は低位水準と判断した（図 6）。ただし、資源量が推定された 1999 年以降においては、上記の基準とした漁獲量の範囲から、それに対応する資源量を漁獲割合 42%（1999～2010 年の平均値）として換算し、漁獲量 1,800 トンに相当する資源量 4,300 トンを高位と中位の境界、漁獲量 1,200 トンに相当する資源量 2,900 トンを中位と低位の境界とした。2015 年の資源量は 2,424 トンであったことから、資源水準を低位と判断した。また、直近 5 年間（2011～2015 年）の資源量の推移から動向を横ばいと判断した（図 13）。

（6）再生産関係

本系群は栽培対象種であることから、コホート解析により求められた 1 歳魚加入尾数には放流魚が含まれている。そこで、2006 年以降の放流群については黒化判定統一基準（宮津栽培漁業センター 2006）による混入率調査を基に、2005 年以前の放流群については添

加効率を 0.03 で一定であるとして天然魚、放流魚別の 1 歳魚加入尾数を算出した（表 2）。

1999 年以降 2010 年まで、親魚量は概ね 1,600～1,800 トンで比較的安定して推移していたが、2011、2012 年と連続して減少した。その後は増加傾向にあり、2015 年は 1,717 トンと推定された（図 15、表 2）。天然 1 歳魚加入尾数はこれまで 160 万～290 万尾の間を変動しており、2015 年は 165 万尾と推定された。親魚量と天然 1 歳魚加入尾数の間には、明瞭な再生産関係は認められない（図 16）。2005 年に 1.76 であった再生産成功率（ $t+1$ 年の天然 1 歳魚加入尾数/ t 年の親魚量；尾/kg）は、2006 年から 2010 年にかけて低下した（図 17、表 2）。2011 年以降は 2 年連続して増加したものの、2013 年に大きく低下し、2014 年はこれまでで最も低い 1.01 であった。

（7）Blimit の設定

1999 年以降、親魚量の変動幅が小さいため、再生産関係を用いた Blimit の設定は適当ではない（図 16）。そこで、低位水準にある資源の中位水準への回復が重要と考え、資源水準の低位と中位の境界となっている資源量 2,900 トンを、再生産関係を用いた Blimit の設定が可能となるまでの当面の Blimit とした。

（8）資源と漁獲の関係

年齢別の漁獲係数 F の推移を図 18、補足資料 3 に示す。概ね、1 歳魚の F は 0.2～0.4、2～4 歳魚の F は 0.6～1.1 で推移している。1999～2005 年は 2000 年を除き 2 歳魚の F が全年齢中最高であったが、2009 年以降、3 歳魚と 4 歳魚の F が 2 歳魚の F を上回っている。1 歳魚の F が低いのは各地で漁獲物の全長規制が行われていることによると考えられる。2 歳魚の F と資源量の間には明瞭な関係は認められない（図 19）。

2 歳魚の F と加入量あたり漁獲量（YPR）および漁獲がない場合を 100%としたときの加入量あたり親魚量（%SPR）の関係を図 20 に示す。2012～2014 年の 2 歳魚の F の平均（ F_{current} ）は 0.57 であり、YPR が最大となる F_{max} （0.23）および 30%SPR を達成する $F_{30\%SPR}$ （0.24）に対して約 2 倍の高い値である。従って、加入資源の有効利用および親魚資源の確保の両観点から、現状の漁獲圧は高いと判断される。

（9）種苗放流効果

本種は栽培漁業の代表的な対象種であり、本系群の分布域において 2014 年には 210 万尾の種苗放流が行われた（表 3）。本系群においては近年、放流種苗、漁獲個体ともに統一的な基準（宮津栽培漁業センター 2006）による黒化判定が行われており、放流種苗の黒化率（表 4）により補正した放流魚の年齢別漁獲尾数と混入率が推定されている（京都府 2006、鳥取県 2007、石川県 2008、新潟県 2008、2009、福井県 2009、島根県 2010、全国豊かな海づくり推進協会 2011、各県未発表資料）。なお、近年、放流効果評価に関わるデータの入手が困難になってきており、2015 年に黒化率と混入率の数値が利用可能であったのは、秋田県、山形県、福井県、京都府の 1 府 3 県であった。これらから算出される系群全体としての 1 歳魚における放流魚の混入率は、2013～2015 年でそれぞれ 4.9%、10.6%、4.9%であった（表 5）。放流魚の添加効率（1 歳魚の放流魚混入率×漁獲加入時（1 歳）の資源尾数/前年の放流尾数）は 2007～2014 年放流群で 0.024 から 0.076 の間を変動し、平均値は

0.049 であった（表 5）。

種苗放流と漁獲圧が漁獲量に与える影響を比較するために、2017 年から 5 年間放流尾数と漁獲係数を変化させ、期待される 2021 年の資源量と漁獲量を前進法により推定した（補足資料 4）。現状の本系群のパラメータ条件（RPS=1.33、添加効率 0.05）のもとでは、放流尾数の増減よりも漁獲係数の増減による漁獲量と資源量への影響が大きいと考えられる。

5. 2017 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

コホート解析により求めた資源量は 2007 年から 2012 年にかけて減少したが、2013 年に増加し、2015 年は 2,424 トンと推定された。資源量の推移から、資源水準を低位、資源動向を横ばいと判断した。当面は、資源量を中位水準（Blimit=資源量 2,900 トン）に回復させることを管理目標とするべきである。

(2) ABC の算定

本系群の資源量は Blimit（資源量 2,900 トン）を下回っていることから、ABC 算定規則の 1-1)-(2) $F_{limit} = F_{rec5yr}$ 、 $F_{target} = F_{limit} \times \alpha$ （ α は安全率）に基づいて 2017 年 ABC を算定した。 F_{rec5yr} は 5 年後に資源量を中位水準に回復させることを目標として、これを達成する F を管理基準とした。 F_{rec5yr} を算定するにあたり、2016 年以降の加入量を仮定するために、2015 年以降の再生産成功率に過去 5 年間（2009～2013 年）の平均値 1.33 を用いた。なお、直近年である 2014 年の再生産成功率は、直近年における加入量推定値の不確実性を考慮して、平均値の計算から除いた。人工種苗放流尾数およびその添加効率については現状と同程度（放流尾数 210 万尾（2014 年放流尾数）、添加効率 0.05（2007～2014 年放流群の平均値）とした。2016 年の漁獲係数は 2015 年の漁獲係数と同値とし、各年齢への漁獲選択率は 2015 年と同値とした。

その結果、 $F=0.56$ （ F_{rec5yr} ）で漁獲した場合、5 年後（2021 年）に資源量を中位水準に回復させることが可能と計算された。その際の 2017 年漁獲量は 1,010 トンで、これを ABClimit とした。また、不確実性を考慮して安全率 α に標準値 0.8 を採用し、 $0.8F_{rec5yr}$ による漁獲量 860 トンを ABCtarget とした。なお、ABC は 10 トン未満を四捨五入した値である。

管理基準	Target / Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (トン)
Frec5yr	Target	0.45	34	860
	Limit	0.56	40	1,010

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。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が期待される漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は 2 歳における値である。漁獲割合は ABC/資源量である。ABC は 10

トン未満を四捨五入した。

(3) ABC の評価

ABC 算定と同じ条件の下で、2017 年以降、 $F_{current}$ の 0.6～1.2 倍の F を継続した場合の 2021 年までの漁獲量と資源量および親魚量の将来予測を下表および図 21 に示す。

F_{rec5yr} (0.98 $F_{current}$) で漁獲した場合、2017 年の漁獲量はやや減少するが、2018 年以降は資源量の回復と共に漁獲量も増加する。そして、2021 年には資源量が B_{limit} である 2,900 トンに回復するとともに、漁獲量は 1,174 トンとなり、2015 年の漁獲量を上回る。一方、1.20 $F_{current}$ で漁獲した場合、いずれも減少すると予測される。

F	管理基準	漁獲量 (トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.34	0.60 $F_{current}$	1,029	994	697	897	1,066	1,281	1,520
0.40	0.70 $F_{current}$	1,029	994	787	959	1,093	1,263	1,445
0.45	0.79 $F_{current}$	1,029	994	860	1,000	1,101	1,233	1,367
0.51	0.90 $F_{current}$	1,029	994	950	1,041	1,098	1,180	1,256
0.56	0.98 $F_{current}$	1,029	994	1,011	1,062	1,088	1,136	1,174
0.57	1.00 $F_{current}$	1,029	994	1,023	1,065	1,085	1,126	1,157
0.63	1.10 $F_{current}$	1,029	994	1,092	1,081	1,066	1,070	1,062
0.68	1.20 $F_{current}$	1,029	994	1,156	1,090	1,043	1,012	972
F	管理基準	資源量 (トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.34	0.60 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	3,091	3,676	4,437	5,270
0.40	0.70 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	2,955	3,374	3,911	4,475
0.45	0.79 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	2,845	3,141	3,522	3,904
0.51	0.90 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	2,708	2,867	3,079	3,278
0.56	0.98 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	2,616	2,690	2,804	2,900
0.57	1.00 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	2,596	2,654	2,750	2,827
0.63	1.10 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	2,492	2,464	2,465	2,450
0.68	1.20 $F_{current}$	2,424	2,429	2,521	2,394	2,293	2,218	2,133
F	管理基準	親魚量 (トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.34	0.60 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	2,192	2,620	3,124	3,710
0.40	0.70 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	2,064	2,361	2,712	3,105
0.45	0.79 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	1,960	2,164	2,410	2,675
0.51	0.90 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	1,832	1,934	2,072	2,208
0.56	0.98 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	1,746	1,787	1,864	1,929
0.57	1.00 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	1,728	1,758	1,824	1,876
0.63	1.10 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	1,631	1,602	1,612	1,601
0.68	1.20 $F_{current}$	1,717	1,629	1,634	1,540	1,465	1,431	1,372

$F_{current}$ は 2012～2014 年における 2 歳の F の平均。再生産成功率 (RPS) は 2009～2013 年の平均 (1.33) と仮定した。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2014 年漁獲量確定値 2015 年漁獲量暫定値	2015 年漁獲量暫定値の追加
2015 年年齢別漁獲尾数 2014 年年齢別漁獲尾数の見直し	2015 年までの年齢別資源尾数（再生産関係）、漁獲係数（年齢別選択率）

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2015 年 (当初)	Frec	0.51	2,076	750	630	
2015 年 (2015 年再評価)	Frec	0.51	1,968	710	600	
2015 年 (2016 年再評価)	Frec	0.56	2,424	990	840	1,030
2016 年 (当初)	Frec	0.48	1,974	700	590	
2016 年 (2016 年再評価)	Frec	0.55	2,429	970	830	

ABC は 10 トン未満を四捨五入した。

2015 年 (2016 年再評価)、2016 年 (2016 年再評価) の ABC は、当初評価時より高い値となっている。これは、今年度評価時に求めた 2015 年の資源量が前年度評価時の予測値を上回ったこと、および管理基準とした Frec がやや高い値に更新されたことによるものである。

6. ABC 以外の管理方策への提言

漁獲開始年齢の引き上げや漁獲体サイズ制限は、漁獲圧（漁獲係数）による管理方策以外の有効な管理方策の一つと考えられる。漁獲開始年齢を1～3歳に変化させて、漁獲係数とYPRの関係を見ると、漁獲開始年齢の引き上げにより漁獲量が増加することが期待される（図22）。本系群の分布する各府県においては、全長20～35cmの漁獲規制サイズが設けられているが、規制サイズが20～25cmの海域では1歳魚が主な漁獲対象となる場合がある。このことから、規制サイズの見直しにより資源管理効果の向上を図ることが重要である。なお、規制サイズが大きくても年や季節によって規制サイズを下回るヒラメが大量に漁獲され再放流されることもある。再放流されたヒラメの生残状況は明らかになっていないことから、再放流ヒラメの生残状況の把握が必要である。

また、種苗放流は資源量および漁獲量を増加させる有効な手段と位置づけられ、本系群の分布域においても 2014 年には 210 万尾の種苗が放流されている。ただし、現状のパラメータ条件のもとでは、放流尾数の増減よりも漁獲係数の増減による漁獲量への影響が大きいと考えられる（補足資料 4）。

本系群のヒラメにおいては、1996 年頃から扁形動物ネオヘテロボツリウムの寄生による貧血症状（ネオヘテロボツリウム症）を呈する個体が目立つようになった。ネオヘテロボツリウムの寄生がヒラメの生残に与える影響を定量的に評価することは現段階では困難である。今後も、ネオヘテロボツリウム寄生率とヒラメ再生産成功率および加入尾数との関係を注視していく必要がある（補足資料 5）。

7. 引用文献

- 安達二郎(2007) 島根県におけるヒラメの age-length key について. 平成 18 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書別冊, 1-12.
- 福井県(2009) 平成 20 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 123-128.
- 五利江重昭・大谷徹也・宮原一隆(2005) 兵庫県但馬沿岸域におけるヒラメの資源特性. 兵庫農技セ研報(水産), **38**, 7-13.
- 石川県(2003) 平成 14 年度早期生産ヒラメ放流効果調査報告書, 21pp.
- 石川県(2008) 平成 19 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 総括 1-7.
- 京都府(2006) 平成 17 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 1.
- 南 卓志(1986) 日本産カレイ目魚類幼稚仔魚の被食事例. 日水研報, **36**, 39-47.
- 南 卓志(1997) 生活史特性. ヒラメの生物学と資源培養(南 卓志・田中 克 編), 恒星社厚生閣, 東京, 9-24.
- 宮津栽培漁業センター(2006) 日本海中西部ヒラメ広域連携調査における無眼側黒化判別基準. 平成 17 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 1-6.
- 梨田一也(1988) 日本海におけるヒラメの系群について. 日水研連絡ニュース, **343**, 2-5.
- 新潟県(2008) 統一基準による無眼側黒化判定と DNA 標識による放流魚の移動解明. 日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書(平成 18-20 年度), 33-36.
- 新潟県(2009) 統一基準による無眼側黒化判定と DNA 標識による放流魚の移動解明. 日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書(平成 21 年度), 29-31.
- Pope, J.G.(1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res., Bull., **9**, 65-74.
- Seikai, T., I. Kinoshita and M. Tanaka(1993) Predation by crangonoid shrimp on juvenile Japanese flounder under laboratory conditions. Nippon Suisan Gakkaishi, **59**, 321-326.
- 社団法人フィッシャリーナ協会(2009) 平成 20 年度遊魚採捕量調査報告書, 99pp.
- 島根県(2010) 平成 21 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 235-240.
- 首藤宏幸・梶原直人・藤井徹夫(2006) 佐渡島真野湾に放流したヒラメ種苗の被食減耗. 水研センター研報, 別冊 **5**, 165-167.
- 竹野功璽・浜中雄一(1994) 標識放流からみた若狭湾周辺海域におけるヒラメの移動. 京都府海洋センター研報, **17**, 66-71.
- 竹野功璽・葭矢 護・宮嶋俊明(2001) 標識放流結果からみた若狭湾西部海域産ヒラメの分布・移動. 日水誌, **67**, 807-813.
- 鳥取県(2007) 平成 18 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 総括 1-5.
- 上原伸二・井関智明・八木佑太・柳谷 智(2013) 日本海北部青森県海域で採集されたヒラメ *Paralichthys olivaceus* の年齢と寿命. 日本生物地理学会会報, **68**, 23-27.
- 浦邊清治・横越 淳・鴨野裕紀・増田育司(2007) 耳石横断薄片切片を用いて解析した富山湾産ヒラメの年齢と成長. 富山水試研報, **18**, 1-11.
- 全国豊かな海づくり推進協会(2011) 栽培漁業資源回復等対策事業(平成 18~22 年度)総括報告書, 542pp.



図 1. ヒラメ日本海北・中部系群の分布域

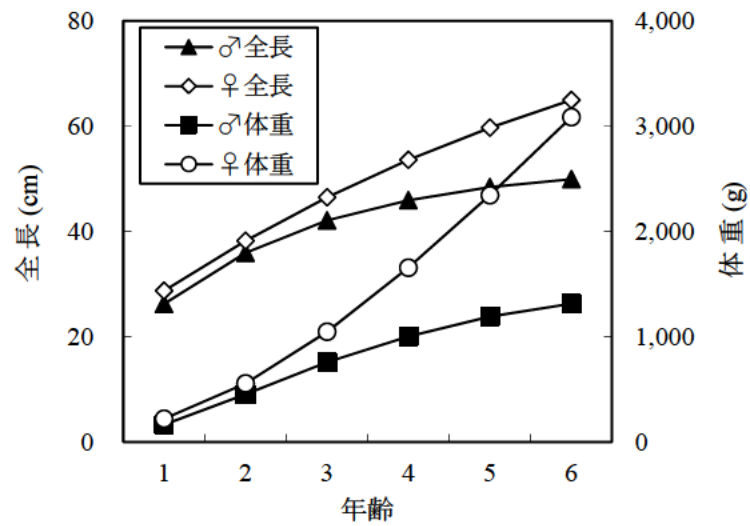


図 2. 2006～2008 年の新潟県～秋田県の精密測定結果に基づくヒラメの成長

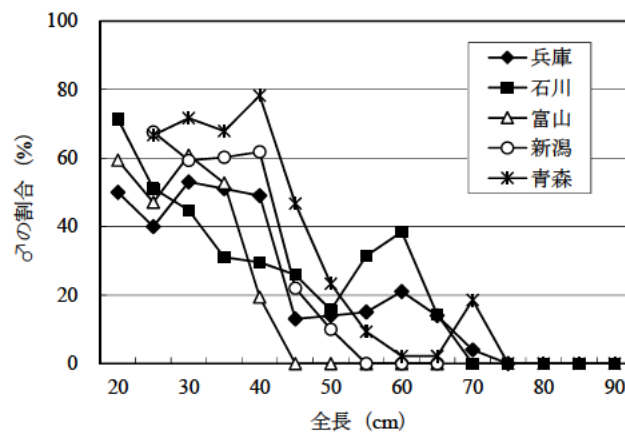


図 3. 全長階級別の雄の割合

(五利江ほか 2005、石川県 2003、浦邊ほか 2007)

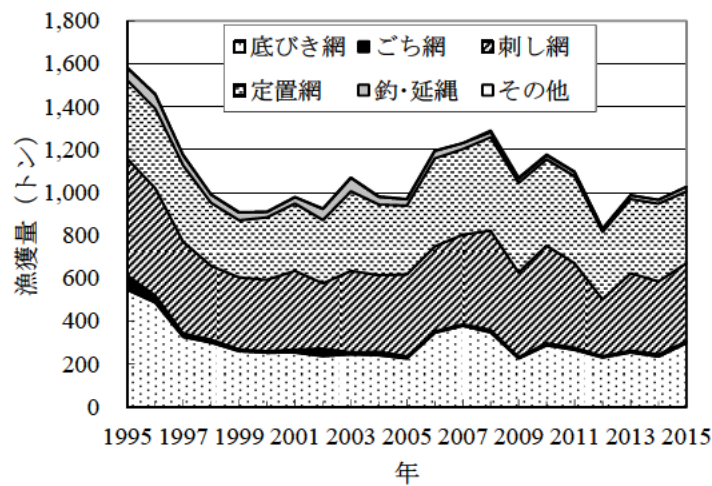


図 4. 漁業種類別漁獲量（農林統計、ただし青森県は県統計）

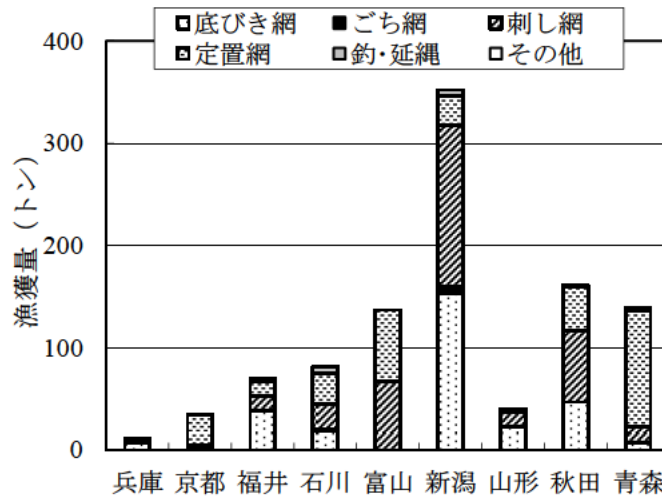


図 5. 2015 年の県別漁業種類別漁獲量（農林統計、ただし青森県は県統計）

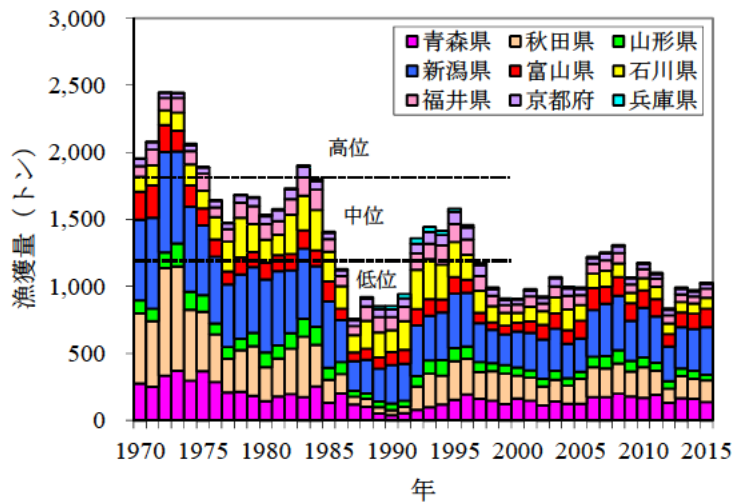


図 6. 漁獲量の経年変化（農林統計、ただし青森県は県統計）

横点線は 1998 年までの資源水準の境界（高位・中位 1,800 トン、
中位・低位 1,200 トン）。

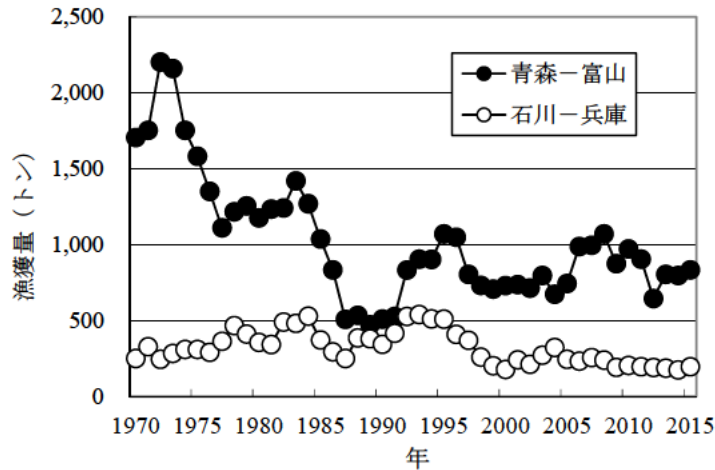


図 7. 海域別の漁獲量（農林統計、ただし青森県は県統計）

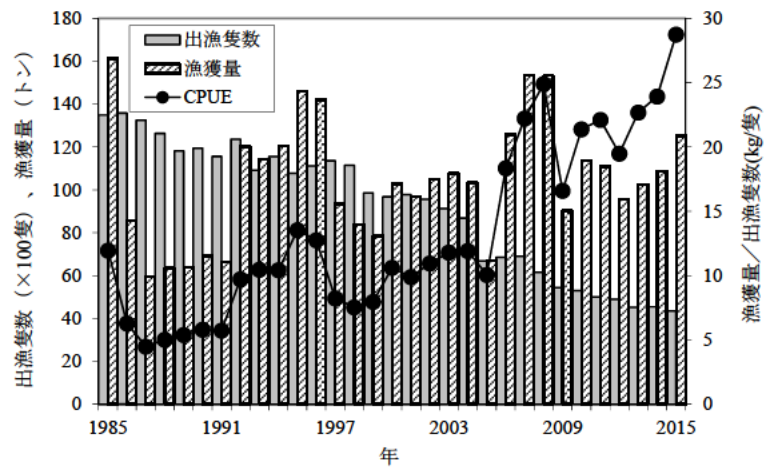


図 8. 新潟県の板びき網の出漁隻数（主要 4 港）、
漁獲量および CPUE（新潟県資料）

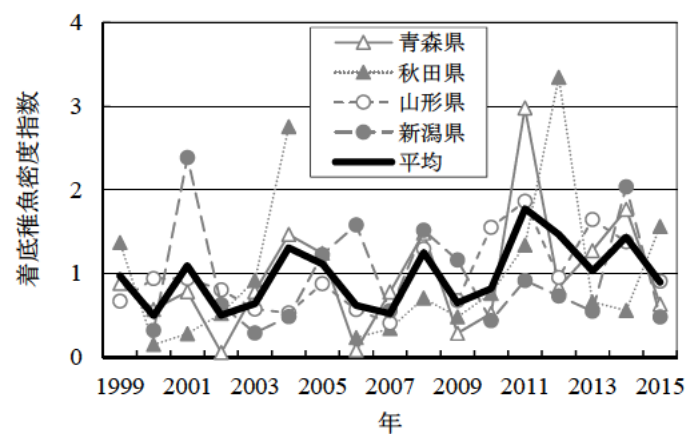


図 9. ヒラメ稚魚密度指数 各県の調査期間内の平均値を 1
とする（各県調査資料より計算）。

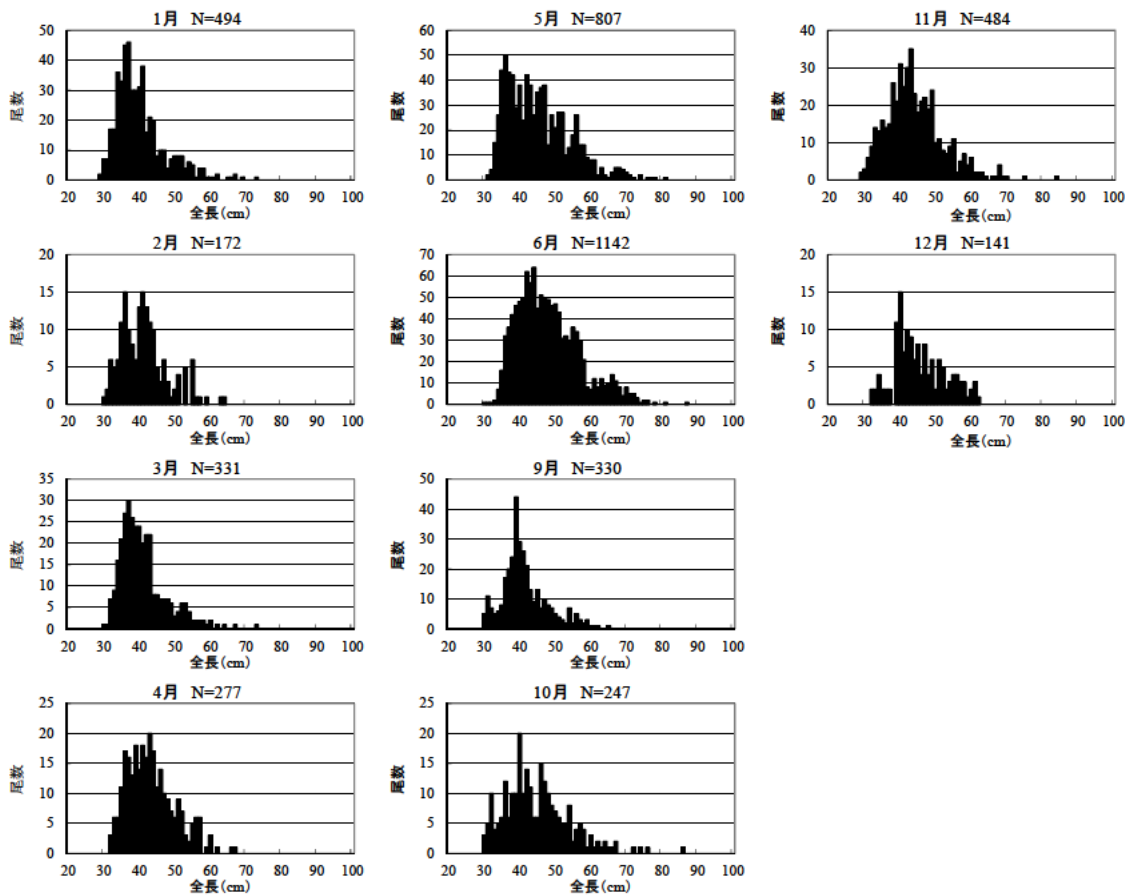


図 10. 新潟県岩船港における漁獲物の全長組成（2015 年）
尾数は各月の調査尾数を示す。

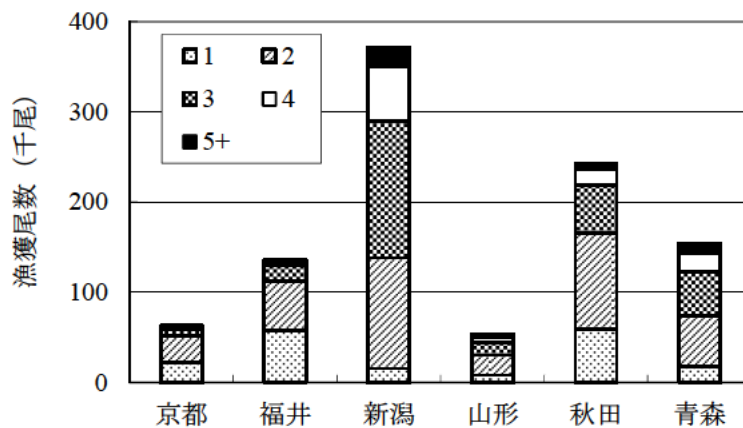


図 11. 2015 年の府県別年齢別漁獲尾数 年齢起算日は 1 月 1 日。
兵庫県、石川県、富山県の漁獲尾数データは無い。

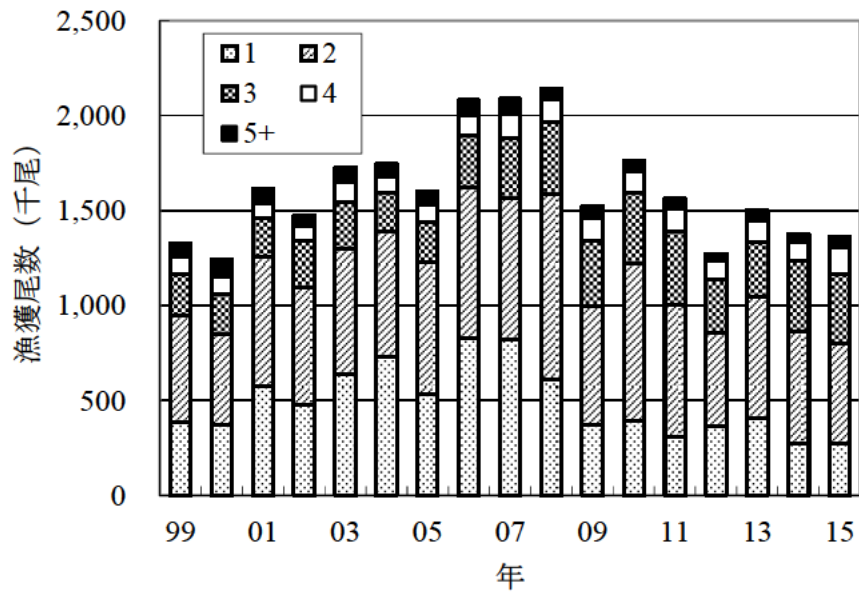


図 12. 年齢別漁獲尾数の推移 年齢起算日は1月1日。

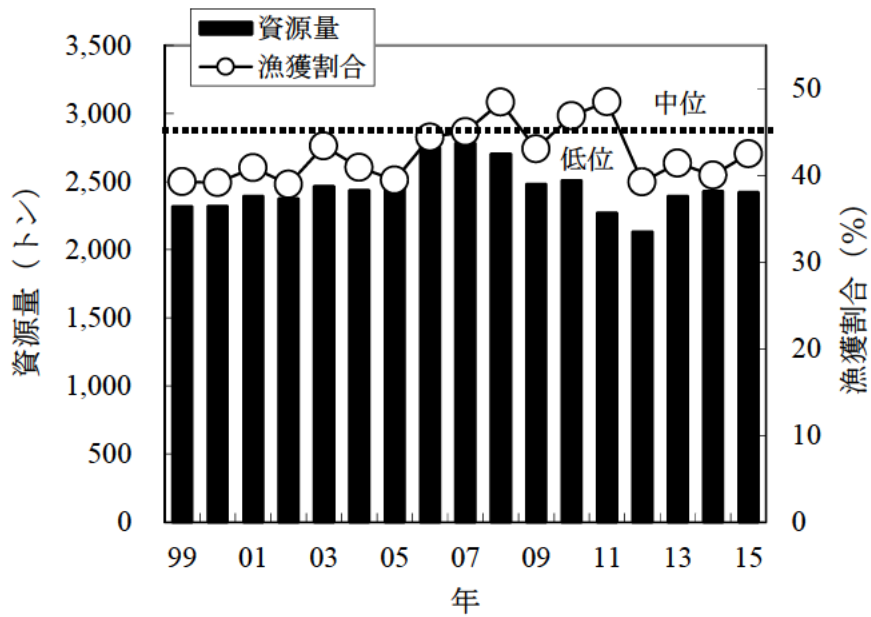


図 13. 資源量と漁獲割合の推移

横点線は資源水準低位と中位の境界 (2,900 トン)。

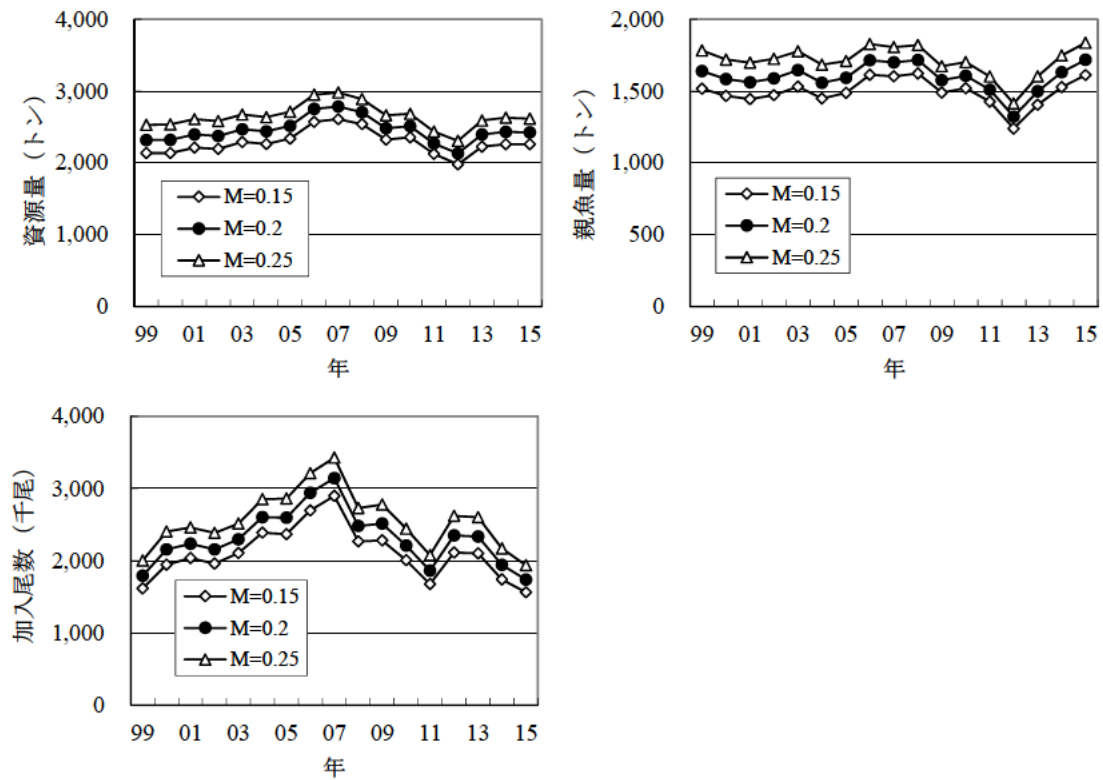


図 14. M を変化させたときの資源量 (左上)、親魚量 (右上)、加入尾数 (下) の変化

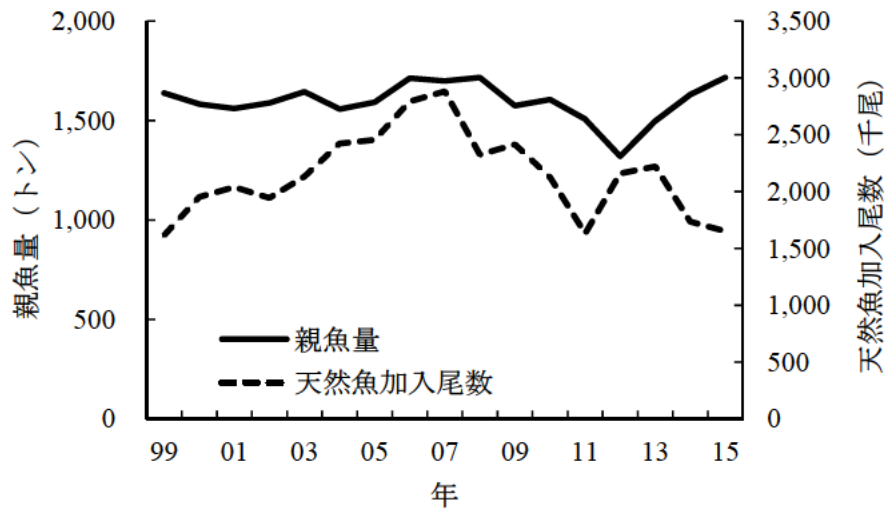


図 15. 親魚量と天然魚加入尾数の推移

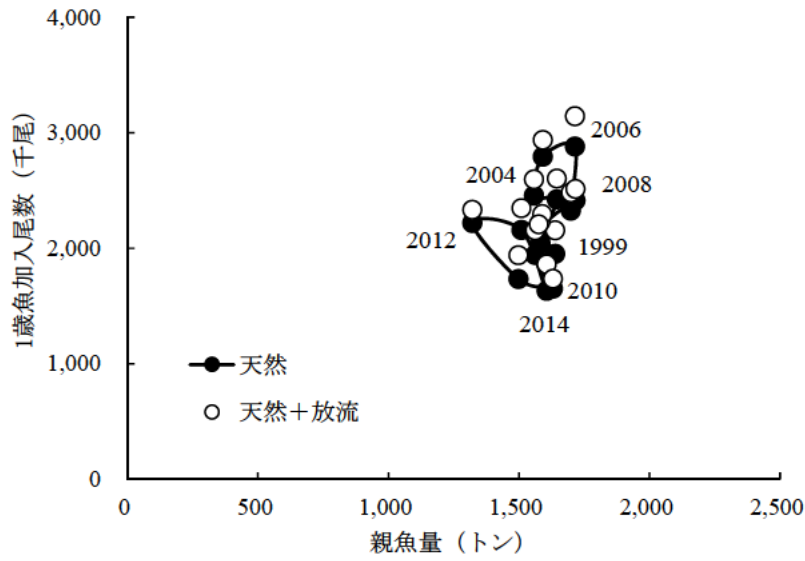


図 16. 親魚量と 1 歳魚加入尾数の関係

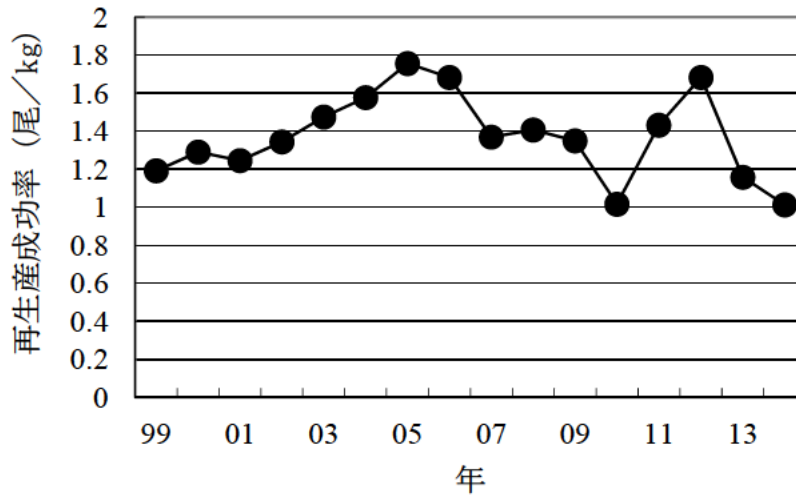


図 17. 再生産成功率の推移

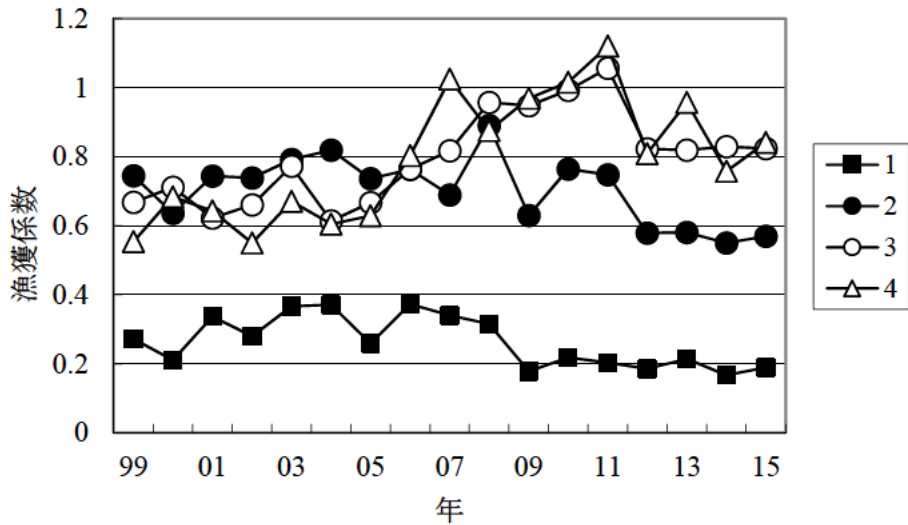


図 18. 年齢別の漁獲係数の推移

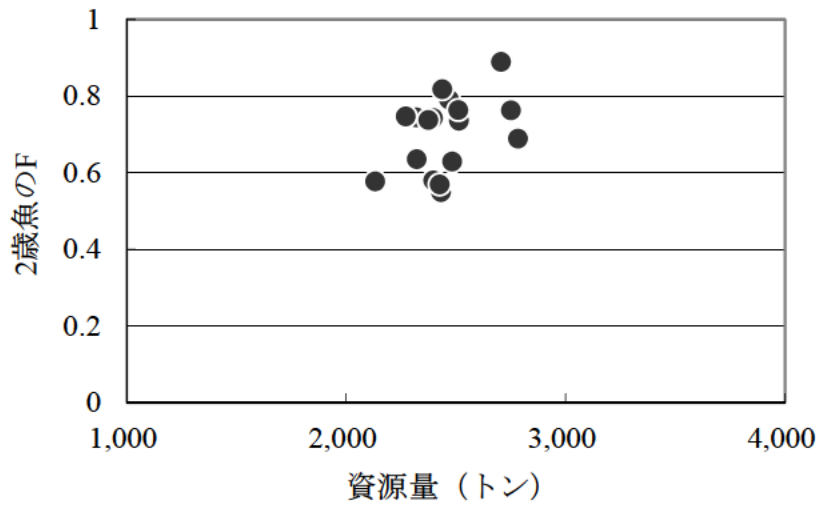


図 19. 資源量と 2 歳魚の漁獲係数(F)の関係

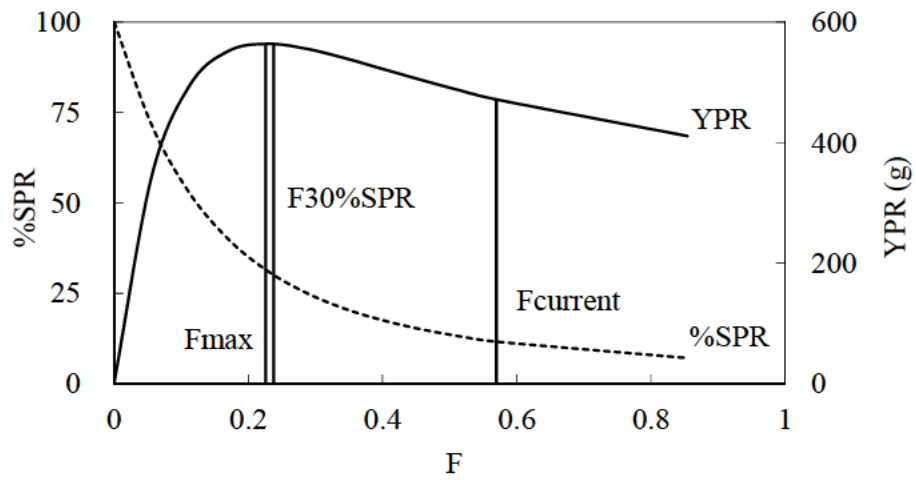


図 20. 2 歳魚の漁獲係数(F)と YPR、%SPR の関係

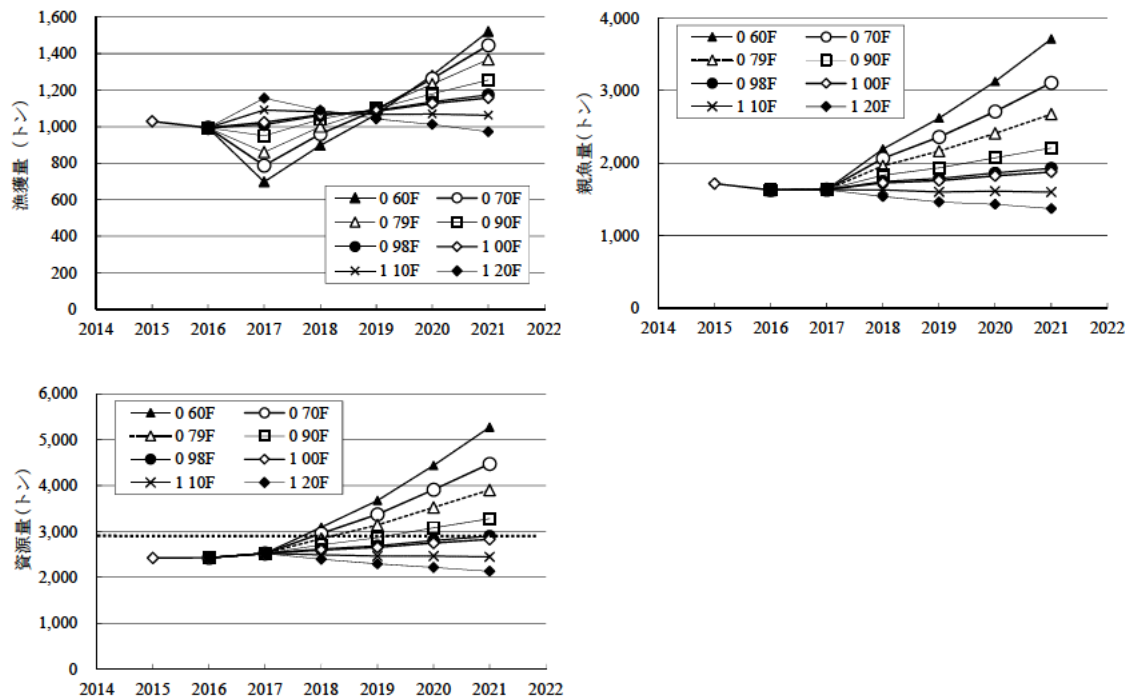


図 21. F の変化による漁獲量(左上)と資源量(下)および親魚量 (右上) の推移
 凡例内の F は $F_{current}(0.57)$ 、数値は $F_{current}$ に対する係数。
 $0.98F = F_{rec5yr}$ 、 $0.79F = 0.8 \times F_{rec5yr}$ 。
 資源量(下)に示した横点線は $B_{limit}(2,900 \text{ トン})$ 。

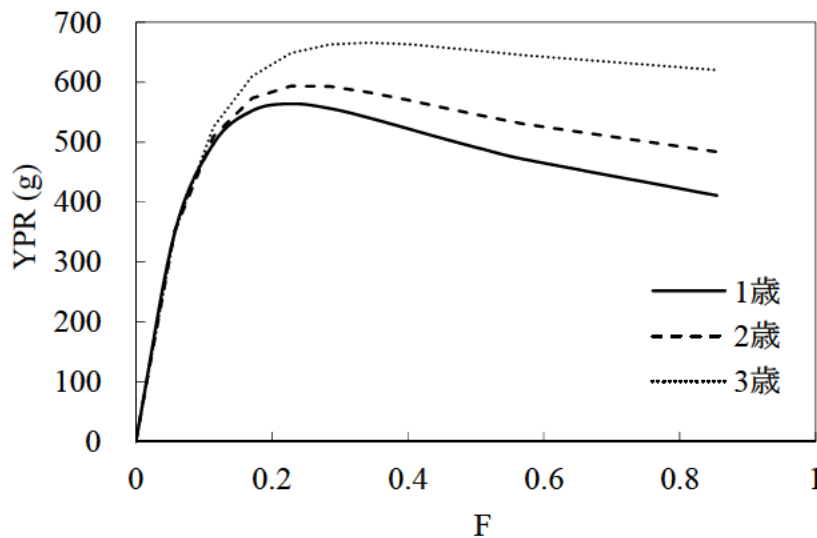


図 22. 漁獲開始年齢別の漁獲係数(F)と YPR の関係
 現状は漁獲開始年齢 1 歳、 $F=0.57$ 。

表 1. ヒラメ日本海北・中部系群の府県別漁獲量（単位：トン；農林統計、ただし青森県は県統計）

年	青森県	秋田県	山形県	新潟県	富山県	石川県	福井県	京都府	兵庫県	合計
1970	276	523	98	601	207	114	79	53	5	1,956
1971	252	489	93	679	240	151	117	56	4	2,081
1972	335	801	118	747	201	112	92	37	5	2,448
1973	369	780	171	685	156	135	110	35	4	2,445
1974	298	527	136	635	157	157	99	43	12	2,064
1975	368	444	122	521	127	133	126	46	5	1,892
1976	287	357	81	497	129	166	71	50	5	1,643
1977	208	254	87	466	96	222	95	43	4	1,475
1978	215	311	85	478	128	295	112	57	4	1,685
1979	183	372	98	491	112	209	135	60	7	1,667
1980	143	253	113	542	126	172	115	58	12	1,534
1981	179	284	97	554	120	151	102	81	9	1,577
1982	197	338	116	470	121	293	116	72	9	1,732
1983	176	449	132	524	138	257	137	78	10	1,901
1984	256	309	135	452	118	300	152	62	16	1,800
1985	132	171	89	496	149	223	92	49	8	1,409
1986	202	146	89	312	86	168	73	44	9	1,129
1987	118	60	43	222	65	130	67	43	11	759
1988	103	58	40	251	83	208	108	57	14	922
1989	52	48	41	245	86	184	116	58	23	853
1990	41	37	49	286	97	164	99	56	25	854
1991	54	48	46	275	105	212	107	63	34	944
1992	80	173	77	380	122	292	122	72	41	1,359
1993	101	249	99	331	124	300	114	86	39	1,443
1994	119	216	115	355	98	258	146	76	32	1,415
1995	154	289	97	407	124	260	133	93	24	1,581
1996	196	266	91	400	97	187	114	88	20	1,459
1997	161	201	74	291	77	166	107	81	17	1,175
1998	149	218	60	250	55	121	77	49	12	991
1999	122	228	63	231	63	96	59	37	11	910
2000	165	170	60	270	65	74	61	37	7	909
2001	148	172	54	279	85	108	79	44	10	979
2002	113	141	56	295	109	102	57	43	9	925
2003	141	162	69	313	113	122	80	61	9	1,070
2004	125	135	55	256	103	153	102	55	13	997
2005	126	183	55	248	133	116	73	48	9	991
2006	174	223	79	348	164	107	72	45	9	1,221
2007	175	213	92	392	125	121	76	50	9	1,253
2008	200	226	100	403	141	102	76	53	9	1,310
2009	180	186	78	300	131	77	63	47	6	1,068
2010	169	228	75	369	131	91	66	40	8	1,176
2011	191	180	59	347	129	90	63	33	10	1,101
2012	131	106	56	259	94	79	60	41	10	836
2013	168	163	58	307	109	80	56	40	11	992
2014	160	153	60	311	114	76	51	38	10	973
2015*	139	161	44	352	138	82	68	35	11	1,030

*2015年は暫定値。

表 2. ヒラメ日本海北・中部系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 (千尾)			漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
				天然 ^{*1}	放流 ^{*2}	計		
1999	910	2,317	1,639	1,953	203	2,157	39	1.19
2000	909	2,320	1,582	2,041	192	2,233	39	1.29
2001	979	2,395	1,561	1,944	212	2,156	41	1.25
2002	925	2,374	1,588	2,134	164	2,297	39	1.34
2003	1,070	2,467	1,644	2,424	180	2,604	43	1.47
2004	997	2,437	1,557	2,457	141	2,598	41	1.58
2005	991	2,512	1,591	2,794	145	2,939	39	1.76
2006	1,221	2,749	1,714	2,883	262	3,145	44	1.68
2007	1,253	2,781	1,699	2,326	157	2,484	45	1.37
2008	1,310	2,705	1,716	2,415	100	2,514	48	1.41
2009	1,068	2,482	1,576	2,126	82	2,208	43	1.35
2010	1,176	2,509	1,606	1,632	230	1,862	47	1.02
2011	1,101	2,270	1,509	2,160	188	2,348	48	1.43
2012	836	2,131	1,321	2,221	115	2,335	39	1.68
2013	992	2,395	1,498	1,735	206	1,941	41	1.16
2014	973	2,431	1,630	1,652	84	1,736	40	1.01
2015	1,030	2,424	1,717	—	—	—	42	—

*1 天然加入尾数: 対象年に発生し、1歳時における尾数。

*2 放流加入尾数: 前年に放流され、翌年1歳として加入した尾数。

表 3. 日本海北・中部系群分布域における種苗放流尾数 (単位: 千尾; 水産庁、日栽協、水研センターおよび全国豊かな海づくり推進協会資料)

年	青森県	秋田県	山形県	新潟県	富山県	石川県	福井県	京都府	兵庫県	合計
1988	93	261	144	1,030	376	26	182	215	45	2,372
1989	56	339	143	928	359	299	121	160	21	2,426
1990	750	356	111	904	365	450	127	224	50	3,337
1991	1,500	219	105	844	249	385	232	124	5	3,663
1992	1,485	169	97	915	187	515	451	251	10	4,080
1993	1,249	171	136	952	260	565	451	705	20	4,509
1994	1,532	443	184	923	321	464	561	854	28	5,310
1995	1,322	949	158	1,010	258	462	330	704	288	5,481
1996	1,169	770	249	884	428	579	317	689	280	5,365
1997	1,145	845	257	795	221	612	312	556	301	5,044
1998	936	365	432	1,499	321	890	335	811	300	5,889
1999	1,026	575	242	1,163	276	1,833	660	701	300	6,776
2000	888	1,063	299	979	261	1,465	416	672	365	6,408
2001	981	507	347	1,158	257	1,439	1,101	907	363	7,060
2002	951	891	240	1,137	199	615	329	736	352	5,450
2003	843	938	235	900	83	1,146	737	760	355	5,997
2004	128	231	230	866	283	1,098	784	740	337	4,697
2005	1,060	569	166	1,219	250	253	471	450	400	4,838
2006	827	815	201	1,789	222	285	512	427	280	5,358
2007	929	335	149	1,306	272	294	481	462	295	4,523
2008	755	690	154	999	232	307	533	166	310	4,146
2009	750	331	163	689	234	309	394	168	318	3,356
2010	833	330	154	489	203	286	349	141	345	3,130
2011	595	298	105	489	230	323	266	43	278	2,627
2012	875	319	154	444	161	302	306	47	267	2,875
2013	709	297	159	394	168	374	261	55	283	2,700
2014	285	258	154	275	162	343	214	59	312	2,062

表 4. 黒化判定統一基準（宮津栽培漁業センター 2006）による府県別、年別放流種苗黒化率（単位：％；府県資料および全国豊かな海づくり推進協会 2011）

黒化率	青森県	秋田県	山形県	新潟県	富山県	石川県	福井県	京都府	兵庫県
2005	—	—	—	—	—	47	68	81	9
2006	92	99	98	53	73	33	33	71	35
2007	74	37	93	53	43	31	46	89	35
2008	55	100	53	31	81	80	47	100	31
2009	96	92	99	50	50	83	63	83	34
2010	63	39	62	49	25	49	69	50	—
2011	28	23	86	—	44	40	58	100	—
2012	45	6	40	39	57	78	78	100	—
2013	64	12	77	—	—	62	75	100	—
2014	98	22	—	100	—	70	100	100	—
2015	94	32	—	—	62	85	100	95	—

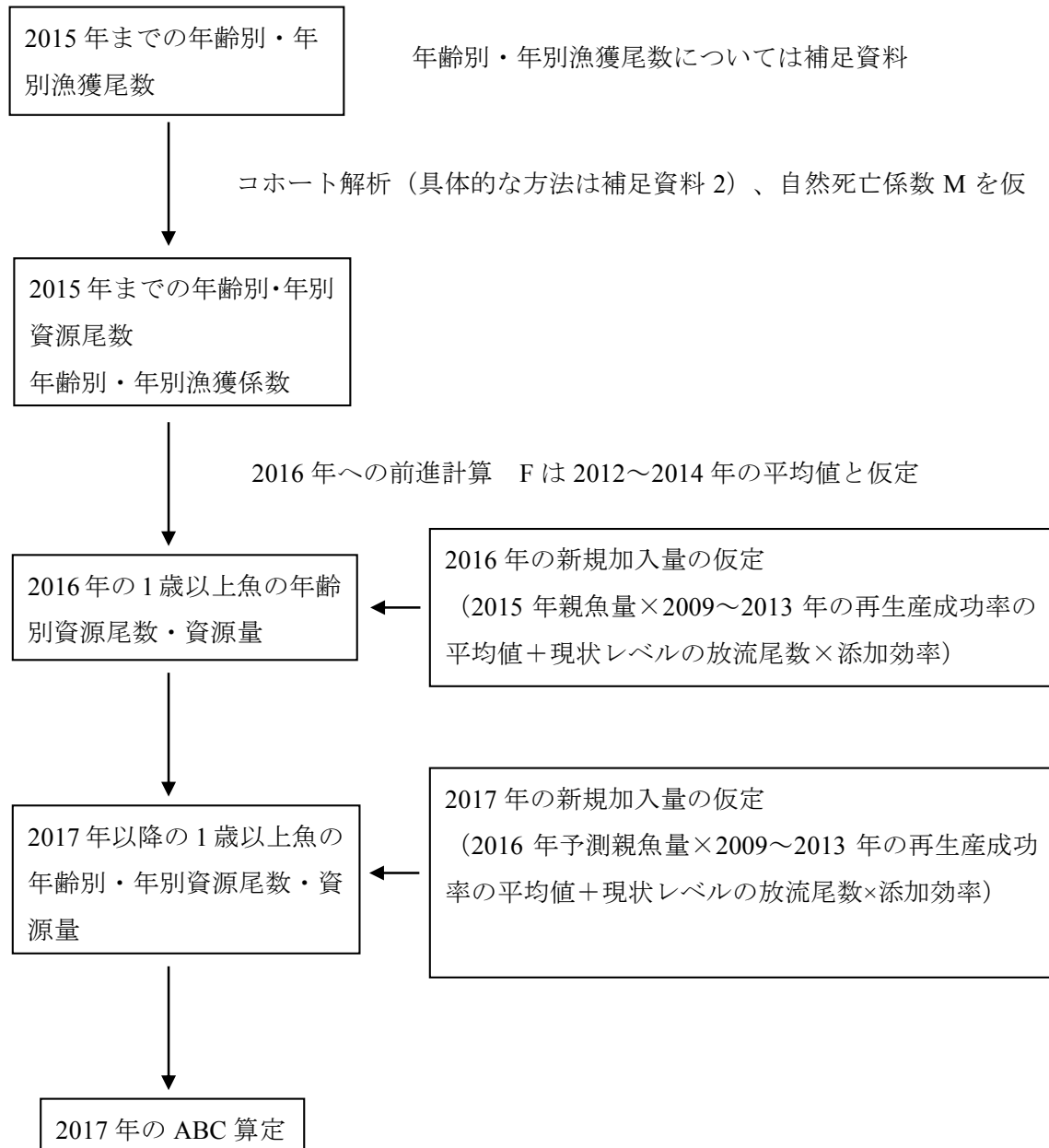
京都府の2011～2014年は焼印標識による標識率。

表 5. 黒化判定統一基準（宮津栽培漁業センター 2006）に基づく
放流魚混入率調査結果（放流種苗黒化率による補正済み）

青森～富山									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
漁獲量（トン）	997	1,070	875	972	905	646	805	798	834
放流尾数（千尾）	2,991	2,830	2,167	2,009	1,717	1,953	1,727	1,134	
放流尾数／漁獲量	3.0	2.6	2.5	2.1	1.9	3.0	2.1	1.4	
年齢別総漁獲尾数（千尾）									
1歳	389	346	229	241	178	162	231	190	120
2歳	578	805	484	697	513	340	447	436	367
3歳	284	343	300	318	350	252	258	336	322
4歳				101	110	85	106	90	125
5+歳					44	30	48	34	51
年齢別放流魚漁獲尾数（千尾）									
1歳	14	10	4	7	20	12	4	20	6
2歳		20	9	12	11	18	25	8	47
3歳			4	6	6	5	16	15	3
4歳				2	9	1	5	4	3
5+歳					1	1	4	2	2
放流魚混入率（%）									
1歳	3.7	3.0	1.7	2.8	11.1	7.6	1.8	10.3	4.7
2歳		2.5	1.8	1.8	2.2	5.2	5.5	1.9	12.8
3歳			1.4	1.9	1.6	2.0	6.3	4.6	0.8
4歳				1.6	8.1	1.3	4.2	4.5	2.6
5+歳					3.4	3.9	8.1	7.1	4.0
石川～兵庫									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
漁獲量（トン）	256	240	193	204	195	190	187	175	196
放流尾数（千尾）	1,532	1,316	1,189	1,121	910	922	973	928	
放流尾数／漁獲量	6.0	5.5	6.2	5.5	4.7	4.9	5.2	5.3	
年齢別総漁獲尾数（千尾）									
1歳	431	263	143	151	133	198	178	81	151
2歳	169	172	143	135	179	154	189	155	161
3歳	32	36	41	50	37	34	30	37	47
4歳				12	10	9	7	9	10
5+歳					9	8	5	11	8
年齢別放流魚漁獲尾数（千尾）									
1歳	54	28	11	8	19	17	16	9	8
2歳	15	21	14	9	13	30	19	19	15
3歳		6	9	6	4	4	7	6	6
4歳				2	1	1	1	3	1
5+歳					2	1	0	1	1
放流魚混入率（%）									
1歳	12.5	10.7	7.6	5.2	14.1	8.4	8.9	11.3	5.0
2歳	9.2	12.5	9.9	6.9	7.2	19.3	10.2	12.2	9.1
3歳		15.4	22.8	12.3	9.7	11.5	22.1	15.6	12.0
4歳				18.6	11.0	7.4	12.0	36.6	10.5
5+歳					24.5	8.2	7.4	10.4	15.4
合計									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
漁獲量（トン）	1,253	1,310	1,068	1,176	1,101	836	992	973	1,030
放流尾数（千尾）	4,523	4,146	3,356	3,130	2,627	2,875	2,700	2,062	
放流尾数／漁獲量	3.6	3.2	3.1	2.7	2.4	3.4	2.7	2.1	
年齢別総漁獲尾数（千尾）									
1歳	820	608	372	392	310	361	409	271	271
2歳	747	977	627	832	692	494	636	591	528
3歳	316	379	341	368	388	286	289	373	370
4歳				113	120	94	113	99	135
5+歳					54	38	53	45	59
年齢別放流魚漁獲尾数（千尾）									
1歳	68	39	15	15	38	29	20	29	13
2歳		41	23	22	24	47	44	27	62
3歳			14	12	9	9	23	21	8
4歳				4	10	2	5	7	4
5+歳					4	2	4	4	3
放流魚混入率（%）									
1歳	8.3	6.3	4.0	3.7	12.3	8.0	4.9	10.6	4.9
2歳		4.2	3.6	2.6	3.5	9.6	6.9	4.6	11.7
3歳			4.0	3.3	2.4	3.1	8.0	5.6	2.2
4歳				3.4	8.3	1.9	4.7	7.5	3.2
5+歳					7.0	4.8	8.0	7.9	5.6
添加効率*	0.049	0.035	0.024	0.025	0.073	0.072	0.040	0.076	0.041

*漁獲加入時（1歳）の放流魚資源尾数／前年放流尾数。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料2 資源計算方法

1. 年別・年齢別漁獲尾数の推定

(1) 青森県

- ① 1999～2006 年は月別雌雄別全長組成データ（青森県資料）を精密測定結果に基づく雌雄別 age-length key により年齢分解を行った。
- ② 2007～2015 年は月別銘柄別漁獲重量を銘柄別平均重量（青森県資料）で割って銘柄別漁獲尾数に変換後、精密測定に基づく季節別 age-銘柄 key（青森県 2009）により年齢分解を行った。

(2) 秋田県～富山県

- ① 各県ごとの月別漁業種類別全長組成を精密測定に基づく季節別 age-length key（2008～2015 年は下表、1999～2007 年については 2009 年度（平成 21 年度）資源評価時およびそれ以前の age-length key を使用）で年齢分解後、月別漁業種類別漁獲量で引き伸ばした。なお、富山県については、2014 年の月別全長組成データ（社団法人富山県農林水産公社水産部 2015）が平成 27 年度（2015 年度）資源評価報告書確定後に得られたため、2014 年に遡って年齢別漁獲尾数の再計算を行った。

全長／年齢	3～8月					9～2月					
	1	2	3	4	5+	0	1	2	3	4	5+
～250	1.00					1.00					
250～300	0.85	0.15					1.00				
300～350	0.03	0.96	0.01				0.98	0.02			
350～400		0.80	0.19	—			0.53	0.47	—		
400～450		0.19	0.78	0.02			0.06	0.81	0.13	—	
450～500			0.74	0.22	0.04			0.64	0.33	0.02	
500～550			0.37	0.60	0.03			0.25	0.74	0.02	
550～600			0.04	0.71	0.26			0.13	0.74	0.11	0.02
600～650				0.55	0.45				0.49	0.32	0.19
650～700				0.06	0.94				0.29	0.29	0.42
700～					1.00						1.00

年齢起算日は便宜上3月1日とした。本評価票では年齢起算日を1月1日としているため、1、2月分はこの表で求めた年齢に1を加えた。—は0.005未満の数値。

- ② 山形県については、漁連の仕切帳の箱重量・入り数から平均重量に変換後、月別 age-weight key で年齢分解した資料（山形県資料）も参照した。
- ③ 富山県の 2015 年の月別全長組成データが入手できなかったため、青森県～新潟県をブールした年齢別漁獲尾数の比率と漁獲量を用いて、富山県を含む青森県～富山県（日本海北部）の年齢別漁獲尾数を求めた。

(3) 石川県～兵庫県

- ① 1999～2005 年は各県ごとの月別漁業種類別全長組成を石川県（2005）もしくは五利江ほか（2005）の age-length key で年齢分解し、月別漁業種類別漁獲量で引き伸ばした。データが欠落している部分については隣接県のデータを引き伸ばした。京都府ならびに宮津栽培漁業センターの月別年齢組成データ（京都府資料、宮津栽培漁業センター

資料) も参照した。

- ② 2006～2010 年は日本海中西部ヒラメ広域連携調査で得られた天然、放流魚別の年齢別漁獲尾数データ（鳥取県 2007、石川県 2008、福井県 2009、島根県 2010）、栽培漁業資源回復等対策事業で得られたデータ（全国豊かな海づくり推進協会 2011）、ならびに各県資料を利用した。
- ③ 2011 年以降は石川県、兵庫県の天然、放流魚別の年齢別漁獲尾数データが入手できなかったため、福井県と京都府をプールした年齢別漁獲尾数の比率と漁獲量を用いて、石川県、兵庫県を含む石川県～兵庫県（日本海中部）の年齢別漁獲尾数を求めた。

2. 資源量推定法

漁獲統計が 1～12 月の集計値であるため、1 月 1 日を年齢の起算日とし、1 歳魚以上について資源量を推定した。

a 歳、y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ は Pope の近似式（Pope 1972）により

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad C \text{ は漁獲尾数、} M \text{ は自然死亡係数}$$

a 歳、y 年の漁獲係数 $F_{a,y}$ は

$$F_{a,y} = -\ln \left[1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right]$$

5 歳以上をプラスグループとし、4 歳と 5+歳の漁獲係数が等しいと仮定した。

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

$$N_{5+,y} = \frac{C_{5+,y}}{C_{4,y}} N_{4,y}$$

最近年の資源尾数は

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

で求めた。最近年の漁獲係数は過去 3 年間の平均と仮定し、 $F_{5+,2015}$ は $F_{5+,2015} = F_{4,2015}$ となる値を探索した。自然死亡係数 M は安達（2007）に従い 0.2 とした。

資源尾数から資源量への変換や親魚量の算出に用いた年齢別体重と成熟率は以下の通りである。

年齢	1	2	3	4	5+
平均体重 (g)	210	510	920	1,410	2,910
成熟率 (%)	0	50	100	100	100

引用文献

- 安達二郎(2007) 島根県におけるヒラメの age-length key について. 平成 18 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書別冊, 1-12.
- 青森県(2009) 日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書(平成 18-20 年度), 37-40.
- 福井県(2009) 平成 20 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 123-128.
- 五利江重昭・大谷徹也・宮原一隆(2005) 兵庫県但馬沿岸域におけるヒラメの資源特性. 兵庫農技セ研報(水産), **38**, 7-13.
- 石川県(2005) 平成 16 年度早期生産ヒラメ放流効果調査報告書, 55pp.
- 石川県(2008) 平成 19 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 総括 1-7.
- Pope, J.G.(1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res., Bull., **9**, 65-74.
- 島根県(2010) 平成 21 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 235-240.
- 社団法人富山県農林水産公社水産部(2015) 平成 26 年度栽培漁業センター業務報告書, 78pp.
- 鳥取県(2007) 平成 18 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 総括 1-5.
- 全国豊かな海づくり推進協会(2011) 栽培漁業資源回復等対策事業(平成 18～22 年度) 総括報告書, 542pp.

補足資料３ コホート解析結果の詳細

年齢別漁獲尾数（千尾）

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	386	370	579	477	637	730	536	828	820	608	372	392	310	361	409	271	271
2歳	564	476	679	617	660	659	694	793	747	977	627	832	692	494	636	591	528
3歳	217	212	203	244	249	205	207	279	316	379	341	368	388	286	289	373	370
4歳	90	93	80	82	104	79	93	99	128	120	120	113	120	94	113	99	135
5+歳	73	90	72	58	76	70	69	83	78	55	63	59	54	38	53	45	59
計	1,330	1,241	1,612	1,476	1,727	1,745	1,599	2,082	2,089	2,139	1,524	1,764	1,564	1,273	1,500	1,378	1,363

年齢別漁獲量（トン）

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	81	78	121	100	134	153	113	174	172	128	78	82	65	76	86	57	57
2歳	287	243	346	314	337	336	354	404	381	498	320	425	353	252	325	301	269
3歳	200	195	187	224	229	189	191	256	291	349	314	339	357	263	266	343	340
4歳	127	131	112	115	147	112	131	139	180	169	169	159	169	132	159	140	190
5+歳	212	261	210	169	222	204	200	242	226	160	184	171	156	111	156	131	172
計	910	909	979	925	1,070	997	991	1,221	1,253	1,310	1,068	1,176	1,101	836	992	973	1,030

合計漁獲量には数トン程度の0歳魚漁獲量が含まれる。

年齢別漁獲係数

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	0.27	0.21	0.34	0.28	0.37	0.37	0.26	0.37	0.34	0.32	0.18	0.22	0.20	0.19	0.21	0.17	0.19
2歳	0.74	0.64	0.74	0.74	0.79	0.82	0.74	0.76	0.69	0.89	0.63	0.76	0.75	0.58	0.58	0.55	0.57
3歳	0.67	0.71	0.62	0.66	0.77	0.61	0.67	0.76	0.82	0.96	0.95	0.99	1.06	0.82	0.82	0.83	0.82
4歳	0.55	0.68	0.64	0.55	0.67	0.60	0.63	0.80	1.02	0.88	0.97	1.02	1.12	0.81	0.96	0.76	0.84
5+歳	0.55	0.68	0.64	0.55	0.67	0.60	0.63	0.80	1.02	0.88	0.97	1.02	1.12	0.81	0.96	0.76	0.84
単純平均	0.56	0.58	0.60	0.56	0.65	0.60	0.58	0.70	0.78	0.78	0.74	0.80	0.85	0.64	0.71	0.61	0.65

年齢別資源尾数（千尾）

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	1,792	2,157	2,233	2,156	2,297	2,604	2,598	2,939	3,145	2,484	2,514	2,208	1,862	2,348	2,335	1,941	1,737
2歳	1,186	1,118	1,431	1,305	1,334	1,304	1,471	1,642	1,657	1,832	1,483	1,722	1,454	1,244	1,596	1,542	1,344
3歳	492	461	485	557	511	495	471	577	627	681	616	647	657	564	571	731	728
4歳	235	207	185	213	235	193	219	198	220	227	214	196	196	187	203	206	261
5+歳	190	200	168	152	173	171	163	167	134	104	113	102	88	76	96	94	115
計	3,895	4,142	4,502	4,383	4,550	4,767	4,922	5,522	5,782	5,327	4,941	4,875	4,257	4,419	4,802	4,514	4,185

年齢別資源量（トン）

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	376	453	469	453	482	547	546	617	660	522	528	464	391	493	490	408	365
2歳	605	570	730	666	680	665	750	837	845	934	756	878	741	634	814	787	685
3歳	453	424	446	512	470	455	433	530	576	626	567	595	605	518	525	673	670
4歳	331	291	261	300	332	272	309	279	310	320	302	276	277	264	286	291	369
5+歳	552	582	489	443	502	497	474	485	390	303	328	296	257	221	279	273	335
計	2,317	2,320	2,395	2,374	2,467	2,437	2,512	2,749	2,781	2,705	2,482	2,509	2,270	2,131	2,395	2,431	2,424

年齢別親魚量（トン）

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	302	285	365	333	340	333	375	419	422	467	378	439	371	317	407	393	343
3歳	453	424	446	512	470	455	433	530	576	626	567	595	605	518	525	673	670
4歳	331	291	261	300	332	272	309	279	310	320	302	276	277	264	286	291	369
5+歳	552	582	489	443	502	497	474	485	390	303	328	296	257	221	279	273	335
計	1,639	1,582	1,561	1,588	1,644	1,557	1,591	1,714	1,699	1,716	1,576	1,606	1,509	1,321	1,498	1,630	1,717

補足資料 4 漁獲係数、漁獲開始サイズおよび種苗放流による管理効果の比較

漁獲係数と放流尾数を変化させた場合の漁獲量と資源量の変化および漁獲開始サイズと放流尾数を変化させた場合の漁獲量の変化を試算した。計算の詳細は亘(2013)を参照のこと。

試算に当たり、再生産成功率(RPS)は2009～2013年の平均値1.33、添加効率は0.05を与えた。これらの条件のもと、2017年以降5年間、放流尾数と漁獲係数および漁獲開始サイズと放流尾数を変化させ、期待される2021年の漁獲量を推定した。放流尾数は0～600万尾の範囲で、漁獲係数は0.1～1.5の範囲で、漁獲開始サイズは20～38cmの範囲で変化させた。

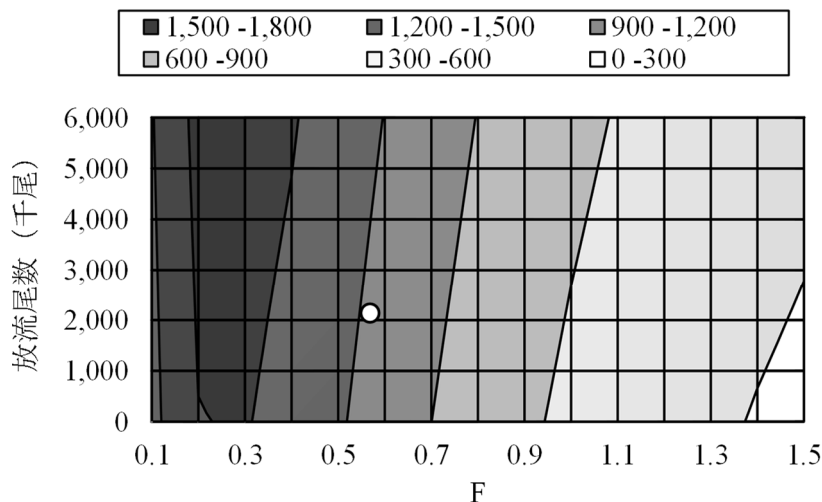
補足図4-1と補足図4-2は、それぞれ、漁獲係数と放流尾数を変化させたときの2021年の漁獲量と資源量の等量線図である。現状のパラメータ条件のもとでは、放流尾数の増減よりも漁獲係数の増減による漁獲量と資源量への影響が大きいと考えられる。

補足図4-3は、漁獲開始サイズと放流尾数を変化させたときの2021年の漁獲量の等量線図である。現状の種苗放流尾数は漁獲開始サイズを30cmから34cm程度に引き上げることに相当している。

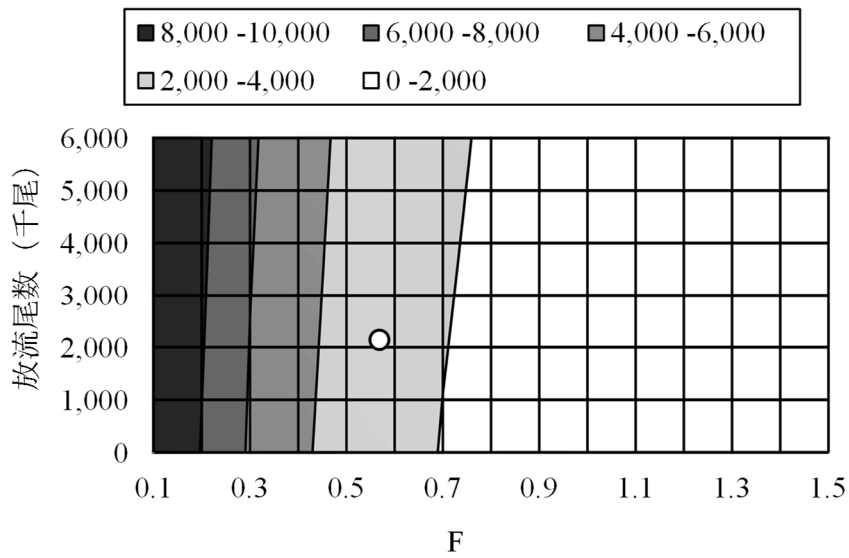
等漁獲量線図の傾きは、与える条件(RPSと添加効率)によって変化する。従って、このような管理効果の比較を行うためには、RPSや添加効率の推定精度を向上させる必要がある。

引用文献

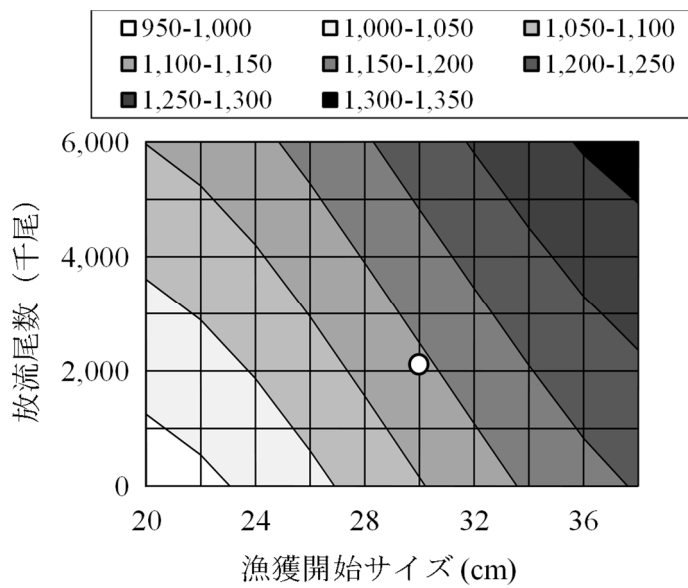
亘 真吾(2013) 平成24年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 平成24年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第3分冊. 水産庁増殖推進部ほか, 1373-1399.



補足図 4-1. 漁獲係数(F)と放流尾数を変化させたときの 2021 年の漁獲量 (トン) の等量線図 ○は現状の F と放流尾数を示す。



補足図 4-2. 漁獲係数(F)と放流尾数を変化させたときの 2021 年の資源量 (トン) の等量線図 ○は現状の F と放流尾数を示す。



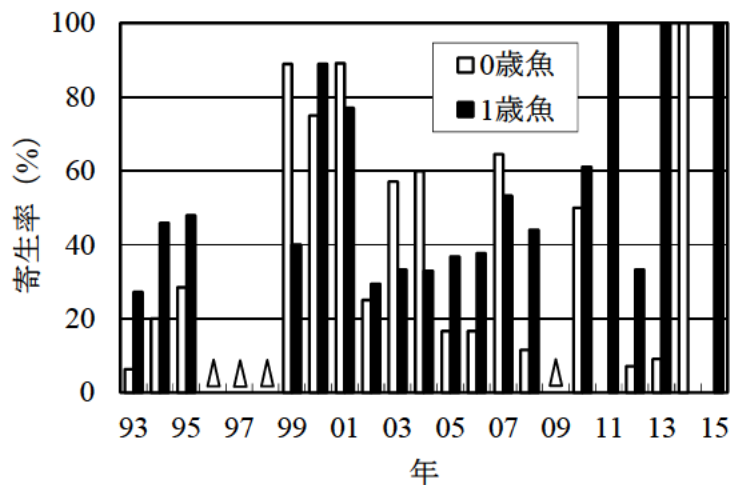
補足図 4-3. 漁獲開始サイズと放流尾数を変化させたときの 2021 年の漁獲量 (トン) の等量線図 ○は現状の漁獲開始サイズと放流尾数を示す。

補足資料 5 ネオヘテロボツリウム寄生率

本系群のヒラメにおいては、1993 年から扁形動物ネオヘテロボツリウム ヒラメ *Neoheterobothrium hirame* の寄生が確認され始め、1996 年頃から貧血症状を呈する（ネオヘテロボツリウム症）個体が目立つようになった。新潟県北部沿岸における寄生率は、2000 年前後に高い傾向がみられたが、年および年齢による変動が大きい。2015 年については、解析に用いたヒラメ試料数が少ないため、寄生実態の詳細は検討できない（補足図 5-1）。青森県、秋田県、新潟県がそれぞれ実施した調査においては、2015 年の寄生率は青森県と秋田県では近年の中では比較的高いが、新潟県では低い値であり（青森県ほか 2016）、海域差がみられた。ネオヘテロボツリウムの寄生が 0、1 歳魚を中心としたヒラメの生残に与える影響は、ヒラメ 1 尾あたりの寄生数、ヒラメのサイズ、餌条件、水温等によって異なると考えられており、現段階では定量的に評価することは困難である。今後も、ネオヘテロボツリウム寄生率とヒラメ再生産成功率および加入尾数との関係を注視していく必要がある。

引用文献

青森県・秋田県・山形県・新潟県・富山県・日本海区水産研究所(2016) 日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書（平成 27 年度）, 30pp.



補足図 5-1. 新潟県北部沿岸における 8～10 月のネオヘテロボツリウム寄生率
△は寄生率の欠測。