

平成 22 年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研究所（亘 真吾）

参画機関：和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場、大阪府環境農林水産総合研究所水産技術センター、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、香川県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所

要 約

ヒラメ瀬戸内海系群の資源量は、1980 年代後半から増加傾向で、1999 年に 2,887 トンに達した。その後、減少に転じ 2009 年は 1,771 トンであった。漁獲量、CPUE の推移とコホート解析の結果から、資源状態は中位、減少であると判断した。2009 年の放流魚の混入率は 0.30 で、添加効率は 0.07 だった。低水準期の再生産関係を把握できず B_{limit} を推定することができなかった。資源の減少に伴い、水準が高位から中位に落ち込んだことから、資源の減少傾向を食い止める必要があると考えられる。2015 年に 2009 年の資源水準を維持することを管理目標とし、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(3)に基づいて ABC を算出した。 F_{limit} は 2009 年の漁獲係数に資源回復のための係数 β_2 (1 未満) を乗じた漁獲係数 ($0.7F_{current}$) とした。

	2011 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	518 トン	$0.7F_{current}$	0.85	37%
ABC _{target}	395 トン	$0.7 \cdot 0.7F_{current}$	0.60	28%

漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 、F 値は完全加入年齢である 2 歳の値を示す。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2008	2,151	831	0.98	39%
2009	1,771	744	1.25	42%
2010	1,521	-	-	-

水準：中位 動向：減少

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
年別年齢別 漁獲尾数	瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向（中国四国農政局） 農林水産統計年報（和歌山～大分(11)府県） 生物情報収集調査 ・ 主要港水揚量（大阪～大分(7)府県） ・ 市場調査（月別全長組成）（大阪～大分(7)府県） ・ 精密測定（体重、全長、年齢査定）（兵庫、山口、香川、愛媛）
加入量指数	新規加入量調査（香川、愛媛）・ソリネット
自然死亡係数（M）	年当たり $M=0.31$ を仮定
2010 年加入量	2009 年親魚量と 1999～2009 年の再生産成功率の平均値より算出
漁獲努力量指数	・ 瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向（中国四国農政局） 農林水産統計年報（和歌山～大分(11)府県） ・ 標本船、標本漁協の小底漁獲量と努力量（2000～2009 年：大阪、香川、愛媛、山口、2002～2009 年：岡山、大分、2004～2009 年：兵庫）
混入率	生物情報収集調査 ・ 市場調査（月別全長組成、黒化の有無）（大阪～大分(7)府県）
標識装着率	平成 21 年度栽培漁業瀬戸内海ブロック会議資料（大阪、兵庫、岡山、山口、愛媛）

1. まえがき

本種は北海道から九州にかけて広範囲にわたって分布し、沿岸漁業にとって重要な魚種であり、栽培漁業および資源管理型漁業等の対象となっている。瀬戸内海では 1980 年代から全域で種苗放流が実施されている。瀬戸内海のヒラメの漁獲量及び生産額は、全国のヒラメの 10%、12%（2007 年）で、瀬戸内海の魚類漁獲量、生産額の 0.6%、1.8%（2007 年）だった。また、周防灘においては、平成 16 年から実施されている周防灘小型機船底びき網漁業対象種資源回復計画の対象魚種に指定されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

春に瀬戸内海で生まれた仔稚魚はごく沿岸域で成長し、徐々に沖合域に分布を拡げるが、未成魚期までは瀬戸内海に分布する。成魚になると、瀬戸内海に留まるものと外海へ移出するものがあり、移出の場合は東部海域では紀伊水道へ、中西部海域では豊後水道へ向かう（図 1）（山口県 1995、愛媛県 1995、徳島県 1995）。

(2) 年齢・成長

本種は雌雄により成長に顕著な差が見られる。雌は雄よりも大型に成長し、5 歳では雌は雄の 2 倍以上の体重となる。寿命は 15 歳程度である。1995～2004 年に精密測定を行った

た個体の全長、体重と耳石切断法による年齢査定値を使用し、雌雄別の年齢 t と全長 $L_t(\text{cm})$ の von Bertalanffy 成長式と、全長 $L(\text{cm})$ と体重 $W(\text{g})$ のアロメトリー式を推定した(図 2)。

$$\text{年齢－全長関係式} \quad \text{雄} : L_t = 62.78(1 - \exp(-0.29(t+0.96))) \quad (1)$$

$$\text{雌} : L_t = 92.94(1 - \exp(-0.24(t+0.59))) \quad (2)$$

$$\text{全長－体重関係式} \quad \text{雄} : W = 0.0072L^{3.10} \quad (3)$$

$$\text{雌} : W = 0.0047L^{3.23} \quad (4)$$

(3) 成熟・産卵

産卵場は、東部海域では徳島県の太平洋海域、中西部海域では山口県周防灘及び伊予灘、愛媛県斎灘、燧灘西部及び島嶼部に分散していると考えられている(図 1)。産卵期は東部海域では 2～5 月、中西部海域では 3～6 月である。年齢別成熟割合は雌が 1 歳で 4%、2 歳で 75%、3 歳で 82%、4 歳以上で 100%、雄は 1 歳で 4%、2 歳で 52%、3 歳で 91%、4 歳以上で 100%である(図 3)(愛媛県 1995)。

(4) 被捕食関係

着底後の稚魚はアミ類や魚類の仔魚等を摂餌するが、成魚は魚食性であり、甲殻類やイカ類も捕食する。稚魚はマゴチ等の大型魚に捕食される(山口県 1995、愛媛県 1995、徳島県 1995)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

小型底びき網(以下、小底)、刺網、定置網で主に漁獲される。漁法別漁獲量の割合は、小底、刺網、定置網でそれぞれ 6 割、2 割、1 割程度である(図 4)。秋は未成魚、冬から春にかけては成魚が漁獲の主体である。

(2) 漁獲量の推移

漁獲量は 1970 年代前半までは 200 トン前後だったが、1970 年代後半から 1980 年代にかけて増加し、1988 年には 1,000 トンを越えた。1999 年の 1,118 トンをピークに、その後は減少に転じ、2008 年は 831 トン、2009 年は 744 トン(概数値)だった(表 1、図 5)。また、遊漁による採捕量は 1997 年 1～12 月の調査で 7 トンで(農林水産省統計情報部 1998)、漁獲量 972 トンの 0.7%だった。

(3) 漁獲努力量

農林水産統計による 2006 年までの小底、刺網の努力量(出漁日数)は、小底で 1978 年(1,285,936 日)、刺網で 1982 年(1,034,989 日)に最大となり、その後経年的に減少傾向にある。2006 年の出漁日数はそれぞれ、718,757 日と 506,802 日であり、1980 年の 0.6 倍、0.5 倍だった。小型定置網の努力量(漁労体数)は、1970 年代後半から 1990 年代前半にかけて 2,000～2,200 統で横ばいだったが、その後減少傾向で、2006 年の漁労体数は 1,562 統だった(表 2、図 6)。

小底標本船（大分、山口）と小底標本漁協（泉佐野、五色町、高砂、日生、東讃、内海、河原津、上灘、伊予）の合計の努力量（出漁隻数）は、2006 年が 30,415 隻で、2009 年が 27,731 隻となり減少傾向が続いている（図 7）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1987～2009 年までの 23 年間の年別年齢別漁獲尾数と、2002～2009 年までの 8 年間の標本船と標本漁協の CPUE（kg/出漁隻数）の平均を相対資源量の指標として使用し、チューニングコホート解析により各年の 1 月 1 日現在の年齢別資源尾数を推定した（平松 2001）。各年の泉佐野、東讃、庵治、内海、日生、河原津、上灘、伊予、山口、大分の CPUE を平均したものを、瀬戸内海のヒラメの相対資源量の指標値とした。6 歳以上をプラスグループとし、5 歳と 6 歳以上の漁獲係数が等しいと仮定した。最近年の漁獲係数は、コホート解析で算出した資源量より求めた CPUE のトレンドと、標本船と標本漁協の CPUE のトレンドが、最も一致する値を最尤法で推定した。最近年の年齢別の選択率は、昨年度の資源評価で、過去 5 年の平均に等しいと仮定した。しかし、図 8 に示すように、レトロスペクティブ解析（山田、田中 1999）の結果、最近年の資源量が過小推定となる傾向が見られたため、過去 3 年（2006～2008 年）の平均に等しいと新たに仮定した（資源量推定法の詳細は補足資料参照）。

（2）資源量指標値の推移

1970～2006 年まで農林水産統計による小底、刺網、定置網の CPUE（小底と刺網は kg/出漁日数、定置網はトン/漁労体数）の推移は、いずれの漁法においても 1970 年代から増加傾向で、近年は高水準で推移している。2006 年の小底、刺網、定置網の CPUE は、それぞれ 0.77、0.41、0.07 で、1970 年の CPUE と比較し 9.0、8.4、13.3 倍に増加している（表 2、図 9）。一方、標本船・標本漁協の小底の CPUE は、2000 年以降減少傾向である（表 3、図 10）。農林水産統計の CPUE で使用した努力量は、瀬戸内海でヒラメの分布の少ない海域のものも含めた合計値である。このため、2000 年以降の農林水産統計と、標本船・標本漁協の CPUE の傾向の差は、努力量データの質に基づくと考えられる。

（3）漁獲物の年齢組成

1995～2009 年に河原津、1994～2009 年に伊予、上灘、徳山、2000～2009 年に泉佐野、仮屋、神戸市、塩田、由良、2001～2009 年に浅野浦、坊勢、室津浦で、小底の漁獲物の全長組成を、1995、1998～2009 年に西条で刺網の漁獲物の全長組成を、2004～2009 年に姫島、国見、安岐で刺網、建網、一本釣りによる漁獲物の全長組成を計測した。また、1996～2009 年に伊吹、大浜、仁尾で定置網の漁獲物の年齢組成を調べた。

1994～2009 年は、瀬戸内海の東部、中部、西部の海域・漁法別の全長組成を標本漁協の月別水揚げ重量で加重平均し、さらに、海域・漁法別漁獲量で加重平均し、瀬戸内海全体の全長組成を推定した。各年の全長組成は 1995～2009 年までの年齢全長測定値をプールして作成した Age-length key（付表 1）で年別年齢別漁獲尾数に変換した。このうち 1996～2009 年の中部海域の定置網のサンプルは年齢組成を調査しているので、定置網を

除いた漁獲量で推定した瀬戸内海全域の年別年齢別漁獲尾数と、定置網の年齢組成データから推定した年別年齢別漁獲尾数を加え、年別年齢別漁獲尾数を推定した（年齢組成の推定方法の詳細は補足資料参照）。

1987～1993 年は放流技術開発事業報告書に記載されている全長組成を利用した。年間の全長組成を県別漁獲量で加重平均し、瀬戸内海全体の全長組成を推定し、Age-length key で年別年齢別漁獲尾数に変換した。表 4、5、図 11、12 に、それぞれ年齢別漁獲尾数、年齢別漁獲量を示す。

（4）資源量と漁獲割合の推移

資源量は、1987 年以降 2,000～3,000 トンで推移している。1999 年に最大の 2,887 トンに達したが、その後、減少傾向で、2009 年の資源量は 1,771 トンと 2/3 の水準に減少している（表 6、7、図 13）。2009 年の 2 歳の漁獲係数は 1.25 だった。漁獲割合は、35～50% の範囲で推移している（図 13）。漁獲係数は各年とも 2、3 歳が高く、4 歳以上ではこれらより低い傾向がある（表 8）。親魚量は 1999 年に最大の 1,908 トンに達したが、2009 年は 1,266 トンと 2/3 の水準に減少している（表 9、図 14）。

1994～2009 年の 1 歳魚の混入率を、市場調査で得られた全長の測定値と、無眼側の黒化より天然魚か放流魚かを判断した情報を用いて推定した。1 歳の時点で雌雄の成長差が小さいことから（Fig. 2）、混入率は、雌雄込みで推定した成長曲線

$$L_t = 101.74(1 - \exp(-0.17(t + 0.88))) \quad (5)$$

を使用し、生れた翌年の 1～12 月の期間に全長の推定値の標準誤差($\sigma=5.73$)の範囲内に含まれる総個体数と、その中の放流魚の個体数から求めた。混入率は瀬戸内海の東部、中部、西部ごとに求め、海域別漁獲量で加重平均し、標識装着率で割ったものを瀬戸内海全域の値とした。2000 年以前は東部海域での市場調査データが十分でないため、この間の混入率は 2001～2003 年の平均 0.18 と仮定した。1998 年以降の混入率は、平成 21 年度栽培漁業瀬戸内海ブロック会議資料を使用し、大阪、兵庫、岡山、山口、愛媛の県別放流尾数で加重平均した放流時の標識装着率（黒化率）で補正した。なお、各府県で混入率調査が行われる以前の放流魚の標識装着率は 100%と仮定した。瀬戸内海全域の 1 歳の混入率は 13～36%で、2009 年は 30%だった。放流尾数、1 歳の初期資源尾数、1 歳の混入率から、添加効率（ $=1$ 歳の混入率 $\times$ 1 歳の初期資源尾数 $\div$ 放流尾数）を求めたところ、1995～2009 年の間、平均 0.10 で 0.07～0.14 の範囲を推移し、2009 年は 0.07 だった（表 10）。1 歳資源尾数を天然魚と放流魚に分離したところ、1995 年以降放流魚は 30 万～60 万尾程度天然資源に加わっていることが示された（図 15）。1987～1994 年は 1 歳の混入率の情報が十分に得られなかったため、添加効率を 0.10 と仮定し、この期間の 1 歳魚を天然と放流とに分離した。

親魚量の水準が 1,000～2,000 トンに存在しており、1,000 トン以下の情報がほとんどないため、親魚量と天然の 1 歳資源尾数の間に、明瞭な再生産関係を把握することができなかった（図 16）。再生産成功率は 0.50～2.01 の範囲で平均 1.23 だった。再生産成功率は 1990 年代前半と比較し、近年は低い水準となっていることに加え、低下傾向が続いている（図 17）。自然死亡係数の値を ± 0.1 変化させた場合の資源量と親魚量、天然の 1 歳資源尾数の感度解析の結果を図 18 に示す。表 11 は 6 月の燧灘でのピーク時の天然稚魚（0 歳魚）

の採集尾数（400m²あたり）で、図 19 は翌年の天然の 1 歳資源尾数との関係を示す。

(5) 資源の水準・動向

資源量は 1987 年以降、1,500～3,000 トンの間であるが 2000 年以降減少傾向である。水準は、2009 年の資源量と漁獲量が、0～最大値の間の 2/3 以下に減少していることから、中位と判断した（表 9）。動向は、資源量、標本船・標本漁協の CPUE、漁獲量のいずれも減少傾向であることから、減少と判断した（図 5、10、13）。

(6) 資源と漁獲の関係

図 20 は年齢別漁獲係数の経年変化を示す。図 21 は漁獲係数と YPR、%SPR の関係を示す（YPR と %SPR の計算方法は補足資料参照）。図 22 は親魚量と漁獲係数の関係を示す。現状の F 値は F30%や F0.1 などの推奨される経験的資源管理基準を大きく上回っている。資源が減少傾向であることに加え、2006 年以降、天然の 1 歳の加入量、再生産成功率が低水準であり、資源水準を維持するには漁獲圧を減少させる必要がある。

(7) 種苗放流効果

1980 年代から大規模な種苗放流が実施されており、1990 年代後半以降、毎年 400 万～500 万尾ほど放流され、2008 年の種苗放流尾数は 444 万尾だった。種苗放流の影響を評価するため、放流尾数と漁獲圧を変化させた場合の資源量と漁獲量の変化を試算した。2011 年から 5 年間放流尾数と漁獲圧を変化させ、期待される 2015 年の資源量と漁獲量を推定した。放流尾数は、2009 年と 2010 年が 2005～2009 年の平均の 490 万尾、2011 年以降 0～600 万尾の範囲で変化させた。漁獲係数は 2009 年と 2010 年が同一の値で、2011 以降 0.3～1.4 の範囲で変化させた（将来予測方法の詳細は補足資料参照）。なお、種苗放流効果の算定にあたり、収集、推定した標識装着率や混入率、添加効率などについては、表 10 に記載した。図 23、図 24 は、それぞれ 2015 年の資源量と漁獲量の等量線図である。漁獲圧と放流量を共に減少させることが出来れば、現状の漁獲量を維持できる可能性がある。しかし、漁獲圧を変化させず放流量のみを減少させると、将来の資源量と漁獲量が減少する危険がある。再生産成功率と添加効率の不確実性を考慮したシミュレーションを行い、2015 年の資源量と漁獲量が、2009 年の水準を上回る確率を求めた。表 12 に放流尾数を 100 万尾、300 万尾、490 万尾、漁獲係数が 0.45,0.85,1.25 の時の結果を示す。

5. 2011 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量、CPUE、漁獲量の推移から判断して、資源の水準は中位、動向は減少である。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

低水準期の再生産関係を把握できず Blimit を推定することができなかった。資源の減少に伴い、2009 年より水準が高位から中位に落ち込んだことから、資源の減少傾向を食い止めることが最低限とすべき方策と考えられる。2015 年に 2009 年の資源水準を維持することを管理目標とし、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(3)に基づいて ABC を算出した。

F_{limit} は 2009 年の漁獲係数に資源回復のための係数 β_2 (1 未満) を乗じた $F_{\text{current}} \times \beta_2$ とした。

2009 年以降の資源量は、天然の 1 歳資源尾数を前年の親魚量と再生産成功率から推定し、2 歳以降をコホート解析の前進法で推定した。再生産成功率は、2000 年以降、低下傾向がみられたため、2000～2009 年の平均値 0.85 とした。将来の漁獲圧は、2010 年が 2009 年の年齢別漁獲係数に等しく、2011 年以降は 2009 年の選択率に等しいと仮定した。2009 年以降も現状と同程度の種苗放流が実施されると仮定し、放流尾数を 2005～2009 年の平均で 490 万尾、添加効率を 0.10 とした。F=0.85 (0.7F_{current}) のとき、2015 年に 2009 年の資源の水準維持が可能であったことから、 β_2 を 0.7 とした。

再生産成功率が観測値のなかで最小である 0.50 (2009 年) のとき、管理目標を達成する F が F_{limit} の 0.7 倍の 0.60 だった。F_{target} の安全率 α は、再生産について不確実性を考慮し 0.7 とした。

	2011 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	518 トン	0.7F _{current}	0.85	37%
ABCTarget	395 トン	0.7・0.7F _{current}	0.60	28%

漁獲割合は ABC/資源量、F 値は完全加入年齢である 2 歳の値を示す。

漁獲シナリオ		漁獲量 (トン)						
	管理基準	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
現状の資源水準を維持	0.7F _{current} (F=0.85)	744	683	518	567	588	618	651
		資源量 (トン)						
	管理基準	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
現状の資源水準を維持	0.7F _{current} (F=0.85)	1,771	1,521	1,393	1,499	1,588	1,682	1,771

		資源量 (トン)						
F	基準値	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.12	0.1F _{current}	1,771	1,521	1,393	2,204	3,309	4,734	6,601
0.25	0.2F _{current}	1,771	1,521	1,393	2,054	2,884	3,903	5,164
0.37	0.3F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,918	2,527	3,238	4,071
0.50	0.4F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,794	2,224	2,704	3,236
0.62	0.5F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,681	1,967	2,274	2,595
0.75	0.6F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,579	1,749	1,927	2,102
0.87	0.7F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,485	1,563	1,644	1,721
1.00	0.8F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,400	1,403	1,414	1,424
1.12	0.9F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,323	1,266	1,225	1,193
1.25	1.0F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,252	1,148	1,069	1,011
1.37	1.1F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,187	1,046	941	867
1.50	1.2F _{current}	1,771	1,521	1,393	1,127	957	834	753

		漁獲量 (トン)						
F	基準値	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.12	0.1F _{current}	744	683	98	161	221	305	428
0.25	0.2F _{current}	744	683	187	286	372	489	648
0.37	0.3F _{current}	744	683	268	381	471	590	742
0.50	0.4F _{current}	744	683	341	453	533	637	762
0.62	0.5F _{current}	744	683	409	506	568	649	739
0.75	0.6F _{current}	744	683	470	544	584	638	696
0.87	0.7F _{current}	744	683	526	570	587	614	643
1.00	0.8F _{current}	744	683	577	587	581	583	588
1.12	0.9F _{current}	744	683	623	597	569	549	535
1.25	1.0F _{current}	744	683	666	601	552	514	486
1.37	1.1F _{current}	744	683	705	601	534	480	443
1.50	1.2F _{current}	744	683	741	598	514	448	405

(3) ABClimit の評価

再生産成功率と添加効率の不確実性を考慮したシミュレーションを、基準値での漁獲、基準値での漁獲の予防的措置、現状の漁獲圧の維持の 3 つのシナリオについて実施した。各シナリオについて 1000 回ずつ計算を実施し、5 年後の平均漁獲量と、その 95%信頼区間、2015 年に 2009 年の資源量、漁獲量を上回る確率を推定した。2009 年以降、毎年 490 万尾の種苗が放流されると設定した。(将来予測方法の詳細は補足資料参照)

漁獲シナリオ (管理規準)	F 値 (F _{current} との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2011 年 ABC
			5 年後	5 年平均	現状資源量を 上回る(5 年後)	現状漁獲量を 上回る(5 年後)	
基準値での漁獲 (0.7F _{current})	0.85 (0.7 F _{current})	37%	515～785 トン	636 トン	41%	7%	518 トン
基準値での漁獲 の予防的措置 (αF 基準値)	0.60 (0.49 F _{current})	27%	582～890 トン	730 トン	100%	42%	395 トン
						2011 年算定漁獲量	
現状の漁獲圧の 維持(F _{current})	1.25 (1.00 F _{current})	48%	384～571 トン	474 トン	0%	0%	666 トン
コメント ・ 当該資源に対する現状の漁獲圧を 3 割程度減少させると持続的な漁業が可能と考えられる。 ・ F _{current} は 2009 年の漁獲係数。 ・ 将来漁獲量 (5 年後) は 95%信頼区間を示す。							

(4) ABC の再評価

昨年度資源評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2008 年漁獲量確定値	資源量推定値、2008 年漁獲量、2008 年混入率
2009 年全長組成	2009 年年齢別漁獲尾数
2009 年年齢全長測定値	Age length key の更新、年齢別漁獲尾数、資源量推定値
2008 年種苗放流尾数	仮定した値からの置き換え

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (トン)	ABC limit (トン)	ABC target (トン)	漁獲量 (トン)
2009 年(当初)	Fsim	0.87	2,159	809	701	
2009 年(2009 年再評価)	0.9Fcurrent	0.93	1,920	731	682	
2009 年(2010 年再評価)	0.7Fcurrent	0.85	1,771	644	491	831
2010 年(当初)	0.9Fcurrent	0.93	1,846	711	626	
2010 年(2010 年再評価)	0.7Fcurrent	0.85	1,521	525	398	

6. ABC 以外の管理方策への提言

瀬戸内海において漁獲されるヒラメの 6 割近くは小底で漁獲されているが、小底は網目が小さく、小型魚も多く混獲されている。また、複合的資源管理型漁業促進対策事業魚種別全体計画（水産庁管理課資源管理推進事務局 1999）によると、再放流サイズは瀬戸内海以外の全国平均が全長 28cm であるのに比べ、瀬戸内海では 20～28cm で平均 24cm とやや小さく、他海域よりも小型魚が多く漁獲されていると考えられる。そこで、2011 年以降、全長制限サイズを 18～36cm、放流尾数を 0～600 万尾で変化させたときの、2015 年の漁獲量をシミュレーションで予測した（図 25）。同一年齢の 1 年間に再放流後、再度入網する可能性があるため、資源量の将来予測は、ABC の将来予測のように 1 年間隔での計算ではなく、1 ヶ月間隔で行い、2015 年の 1～12 月に全長制限サイズ以上で漁獲される量を推定した。放流尾数が 500 万尾のとき、全長制限サイズを 24cm から 28cm に引き上げることで、2015 年に 17 トンの漁獲量の増大が見込まれた。また、図 26 に Flimit での全長制限サイズによる SPR と YPR の変化を示す。（全長制限サイズ規制の効果の予測方法の詳細は補足資料参照）。

瀬戸内海におけるヒラメの種苗放流は、1995 年以降放流尾数、添加効率共に安定して推移しており、天然の加入群に対して一定の下支えの効果があると考えられる。図 23、24、25 より、漁獲圧が一定であっても、種苗放流量を変化させると、将来の資源水準が大きく変化する。よって、種苗放流量を削減する場合は、努力量削減も同時に行わないと、現状より漁獲圧が過剰となり、資源の減少につながる可能性がある。このため、努力量と種苗放流尾数を組み合わせた管理方策を考える必要がある。加えて、現在、天然資源の加入が急速に減少していることから、対策を早急に講じる必要がある。

7. 引用文献

- 愛媛県（1995）平成 2～6 年度放流技術開発事業総括報告書資料編（瀬戸内海・九州海域ブロックヒラメ班），1-58.
- 平松一彦（2001）平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書・資源解析手法教科書・水産資源保護協会，104-127.
- 農林水産省統計情報部（1998）平成 9 年遊漁採捕量調査報告書，115pp.
- 水産庁管理課資源管理推進事務局（1999）平成 11 年度複合的資源管理型漁業促進対策

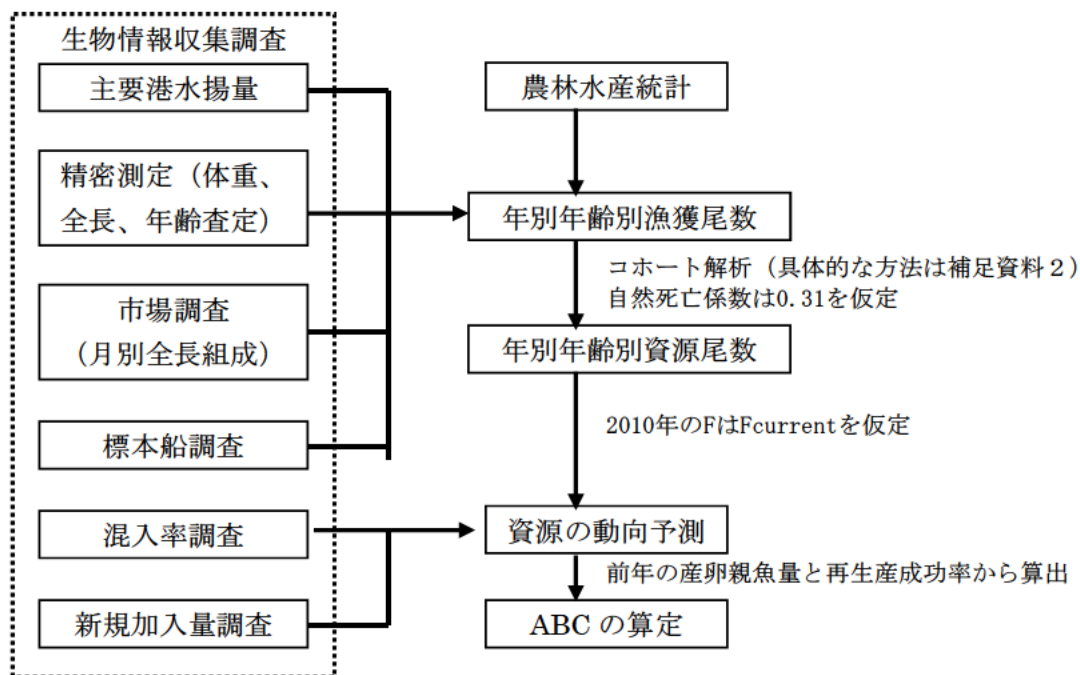
事業魚種別全体計画, 282pp.

徳島県 (1995) 平成 2～6 年度放流技術開発事業総括報告書資料編 (瀬戸内海・九州海域
ブロックヒラメ班), 1-38.

山田作太郎, 田中栄次 (1999) 水産資源解析学. 成山堂, 151pp.

山口県 (1995) 平成 2～6 年度放流技術開発事業総括報告書資料編 (瀬戸内海・九州海域
ブロックヒラメ班), 1-28.

補足資料 1. データと資源評価の関係を示すフロー



補足資料 2. 資源計算方法

(1) 年別年齢別漁獲尾数の推定

(小底、刺網、その他)

全長組成から年別年齢別漁獲尾数の推定は以下の手順で行った。

- ① 全長組成を付表 1 の全長階級値別雌雄割合を使用し、雌雄別全長組成に分解した。
- ② 雌雄別全長階級毎の体重 (全長-体重関係式より算出) と全長組成の積から全長組成を重量割合に変換した。
- ③ ②と Age-length key を使用し全長階級値別年齢割合を算出した。
- ④ ③×総漁獲量÷雌雄別全長階級毎の体重で、全長階級値別年齢別尾数を求めた。
- ⑤ ④を年齢ごとにまとめ、年別年齢別漁獲尾数とした。

(定置網)

中部海域の定置網の漁獲物サンプルは、全測定個体について年齢査定が行われている。定置網の漁獲量に年齢組成の重量比をかけ、年齢別漁獲量を算出した。これを 1 尾当たり平均体重で割り、定置網の年別年齢別漁獲尾数を推定した。

(2) 資源量推定法

漁獲統計が1月1日～12月31日の暦年の集計値であるため、1月1日を年齢の起算日とした。年別年齢別漁獲尾数に含まれる0歳魚は10～12月頃に漁獲されているが、1月1日時点ではまだ存在しないため、1歳以上の個体について資源量を推定した。年別年齢別漁獲尾数から、コホート解析（Popeの近似式）で a 歳、 y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ を推定した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp(M/2) \quad (6)$$

a 歳、 y 年の漁獲係数 $F_{a,y}$ は、

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp(M/2)}{N_{a,y}}\right) \quad (7)$$

で求めた。ここで、6歳以上をプラスグループとし、5歳と6+歳の漁獲係数が等しいと仮定した。

$$N_{5,y} = \frac{C_{5,y}}{C_{5,y} + C_{6+,y}} N_{6+,y+1} \exp(M) + C_{5,y} \exp(M/2) \quad (8)$$

$$N_{6+,y} = \frac{C_{6+,y}}{C_{5,y}} N_{5,y} \quad (9)$$

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2009} = \frac{C_{a,2009}}{1 - \exp(-F_{a,2009})} \exp(M/2) \quad (10)$$

で求めた。最近年の漁獲係数は $F_{5,2009}$ を未知パラメータとし $F_{6+,2009}=F_{5,2009}$ 、また $F_{1,2009} \sim F_{4,2009}$ は、選択率が過去3年の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,2009} = \frac{\sum_{b=1}^3 F_{a,2009-b}}{\sum_{b=1}^3 F_{5,2009-b}} F_{5,2009} \quad (11)$$

y 年における対数変換したCPUEの観測値 $\ln(u_y)$ は、平均0、分散 σ^2 の正規分布に従うと仮定した。

$$\ln(u_y) = \ln q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a + \varepsilon_y \quad (12)$$

$$s_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{\text{Max}_a F_{a,y}} \quad (13)$$

$$\varepsilon_y \sim N(0, \sigma^2) \quad (14)$$

q 、 $s_{a,y}$ 、 W_a はそれぞれ、漁具能率、 a 歳 y 年における選択率、 a 歳の平均体重を示す。コホート解析で推定した資源量より求めた CPUE の理論値と、CPUE の観測値のトレンドが最も一致するように、未知パラメータ q 、 $F_{5,2009}$ 、 σ^2 は最尤法で推定した。

$$LL = -\sum \left(\frac{1}{2} \ln(2\pi\sigma^2) + \frac{(\ln(u_y) - \ln(q \cdot s_{a,y} N_{a,y} W_a))^2}{2\sigma^2} \right) \quad (15)$$

自然死亡係数は田内・田中の方法（田中 1960）を使用し、最高年齢は 8 歳（渡辺ら 2004）と仮定し $M=0.31$ とした。資源尾数から資源量への変換は、年齢査定を行った漁獲物標本から求めた雌雄込みの年齢別平均体重を使用した。

年齢	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6+歳
平均体重(g)	323	806	1,667	2,818	3,626	4,378

(3) YPR、SPR の解析

加入あたり漁獲量（YPR）と加入あたり親魚量（SPR）は、以下の式で求めた。

$$YPR = \sum_{a=1}^8 \frac{F_a}{F_a + M} \{1 - \exp(-F_a - M)\} S_a W_a \quad (16)$$

$$SPR = \sum_{a=1}^8 f r_a S_a W_a \quad (17)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp\{-(F_a + M)\} \quad (\text{ただし } S_1=1) \quad (18)$$

ここで、 $f r_a$ は a 歳の成熟率（雌）を示す。

(4) 将来予測方法

各年齢の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{1,y} = \sum_{a=1}^{6+} N_{a,y-1} f r_a W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (19)$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M) - C_{a-1,y-1} \exp(-M/2) \quad (a=2,\dots,5) \quad (20)$$

$$N_{6+,y} = N_{5,y-1} \exp(-M) - C_{5,y-1} \exp(-M/2) + N_{6+,y-1} \exp(-M) - C_{6+,y-1} \exp(-M/2) \quad (21)$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp(-M/2) \quad (22)$$

2010～2015年の将来予測において、再生産成功率(RPS)は2000～2009年の平均で0.85、添加効率は1995～2009年の平均で0.10を使用した。また、確率論的なシミュレーションでは、再生産成功率と添加効率の不確実性を考慮した2000～2009年の再生産成功率と、1995～2009年の添加効率をそれぞれランダムに選択し、 $N_{i,y}$ を推定した。

(5) 全長制限サイズ規制の効果の予測方法

●全長制限サイズの変化による新たな月別年齢別漁獲係数の推定

全長制限サイズ規制の効果のシミュレーションは、コホート解析の前進法を1ヶ月間隔で実施した。月別年齢別漁獲係数は、2009年の年齢別漁獲係数に、標本船・標本漁協の月別漁獲量割合を乗じて算出した。これらの値を年齢と月の関係から月齢(t)に置換したものを、現在の瀬戸内海での全長制限サイズ $l_c(\text{cm})$ の平均24cmにおける、 t 月齢での漁業による死亡係数 $FI_{t,l_c=24}$ とした。全長制限サイズの変化により、網に入網する個体のうち、漁獲される個体の割合 g_{lc} 、再放流後に死亡する個体の割合 h_{lc} 、生残する個体の割合 h'_{lc} がそれぞれ変化すると考えた。漁業による死亡係数は、漁獲と再放流による死亡をあわせた減少係数とした。全長制限サイズ規制を24cmから $l_{\alpha}\text{cm}$ に変化させたときの新たな漁業による死亡係数 FI_{t,l_c} は、 $FI_{t,l_c=24}$ に漁業による死亡係数が変化する倍率 $(g_{lc}+h_{lc})/(g_{l_c=24}+h_{l_c=24})$ を乗じ、以下の式で推定した。

$$FI_{t,l_c} = (g_{lc} + h_{lc}) / (g_{l_c=24} + h_{l_c=24}) \cdot FI_{t,l_c=24} \quad (23)$$

g_{lc} は、(5)式より計算した t 月齢の全長の L_t を用いて、正規分布 $N(L_t, \sigma^2)$ の l_c より大きい確率とした。

$$g_{lc} = \int_{l_c}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x - L_t)^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

(24)

h_{lc} と h'_{lc} は、再放流にともなう生残率を0.7(平川、田中1997)とし、以下の式で求めた。

$$h_{lc} = (1 - g_{lc}) \times (1 - \text{生残率}) \quad (25)$$

$$h'_{lc} = (1 - g_{lc}) \times \text{生残率} \quad (26)$$

●資源尾数および漁獲尾数の推定

a 歳 y 年 m 月の資源尾数 $N_{a,y,m}$ は、 a 歳 y 年 m 月に漁獲と再放流で死亡する合計の尾数 $C'_{a,y,m}$ を使用し、以下の式で求めた。

$a=1, m=1$ のとき

$$N_{1,y,1} = \sum_{a=1}^{6+} N_{a,y-1,1} \cdot fr_a \cdot W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (27)$$

$a=2, \dots, 5, m=1$ のとき

$$N_{a,y,1} = N_{a-1,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{a-1,y-1,12} \exp(-M/12/2) \quad (28)$$

$a=6, m=1$ のとき

$$\begin{aligned} N_{6+,y,1} &= N_{5,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{5,y-1,12} \exp(-M/12/2) \\ &+ N_{6+,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{6+,y-1,12} \exp(-M/12/2) \end{aligned} \quad (29)$$

$m=2, \dots, 12$ のとき

$$N_{a,y,m} = N_{a,y,m-1} \exp(-M/12) - C'_{a,y,m-1} \exp(-M/12/2) \quad (30)$$

ここで、 $C'_{a,y,m}$ は以下の式で求めた。

$$C'_{a,y,m} = N_{a,y,m} (1 - \exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m})) \exp(-M/2) \quad (31)$$

$F_{a,y,m}$ 、 $F'_{a,y,m}$ は、それぞれ a 歳 y 年 m 月 (t 月齢) の全長制限サイズ変更後の漁業による死亡係数 $FI_{t,lc}$ のうちの漁獲と再放流による死亡分で、以下の関係から求めた。

$$F_{a,y,m} = g_{ld}(g_{lc} + h_{lc}) FI_{t,lc} \quad (32)$$

$$F'_{a,y,m} = h_{ld}(g_{lc} + h_{lc}) FI_{t,lc} \quad (33)$$

y 年の 1 年間の漁獲量 CW_y は以下の式で求めた。

$$\begin{aligned} CW_y &= \sum_a \sum_m N_{a,y,m} \frac{F_{a,y,m}}{F_{a,y,m} + F'_{a,y,m}} \\ &(1 - \exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m})) \exp(-M/12/2) \end{aligned} \quad (34)$$

引用文献

- 平川英人, 田中利幸 (1997) 小型底びき網における再放流ヒラメの生存率. 月刊海洋, 29(6), 376-379.
- 田中栄次 (2003) 資源評価と管理のあり方. エビ・カニ類資源の多様性 (大富潤、渡邊精一編), 恒星社厚生閣, 109-117
- 田中昌一 (1960) 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, 28, 1-200.
- 渡辺昭生, 武智昭彦, 前原務, 福田雅明 (2004) 瀬戸内西部海域におけるヒラメの着底密度と加入尾数の関係. 2004 年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集.

表 1. ヒラメ瀬戸内海系群の瀬別漁獲量（トン）および放流尾数（千尾）の経年変化

年	紀伊 水道	大阪 湾	播磨 灘	備讃 瀬戸	燧灘	備後 芸予	安芸 灘	伊予 灘	周防 灘	合計	放流尾数 (千尾)
1952	18	10	102	106	43		14	45	39	377	
1953	9	4	54	77	40		7	36	38	265	
1954	16	5	111	84	88		8	69	72	453	
1955	8	2	79	90	74		15	79	84	431	
1956	25	3	110	61	38		13	46	95	391	
1957	11	2	44	27	38		22	39	16	199	
1958	7	1	39	2	23		19	47	3	141	
1959	4	1	20	12	28		13	75	48	201	
1960	0	0	18	10	19		13	66	77	203	
1961	7		12		14		19	31	100	183	
1962	3	1	8	7	18		17	37	45	136	
1963	6	1	11	2	19		11	15	23	88	
1964	4	0	16	1	14		16	33	8	92	
1965	11	1	18	3	13		14	37	1	98	
1966	10	1	9	27	18		11	30	8	114	
1967	12	1	5	16	25		3	21	5	88	
1968	16	1	11	52	24		4	34	10	152	
1969	28		6	32	31		8	34	9	148	
1970	15	1	10	13	88		6	49	21	203	
1971	37	0	12	16	96		29	15	23	228	
1972	28	0	4	17	96		21	22	19	207	
1973	27	4	9	26	117		10	27	9	229	
1974	21	3	43	29	119		7	26	15	263	
1975	23	7	64	18	87		7	16	9	231	
1976	24	4	13	15	119		15	118	15	323	
1977	38	6	19	43	158		10	85	14	373	
1978	34	6	16	51	39	126	62	49	33	416	
1979	30	9	21	69	60	144	58	56	19	466	161
1980	65	8	22	58	76	120	44	24	15	432	227
1981	63	9	24	58	87	100	19	35	21	416	140
1982	67	6	22	40	76	107	42	55	21	436	171
1983	56	9	57	49	92	132	73	98	11	577	719
1984	78	15	44	41	109	154	62	125	27	655	1,431
1985	80	32	207	54	127	155	77	207	9	948	966
1986	74	22	204	50	134	182	93	119	10	888	1,462
1987	71	19	71	50	145	198	102	93	8	757	1,840
1988	76	9	222	49	181	255	100	102	23	1,017	1,314
1989	65	44	155	58	206	304	114	92	4	1,042	1,897
1990	65	34	106	57	141	240	96	89	4	832	2,616
1991	80	25	185	56	155	221	103	108	3	936	2,293
1992	91	26	144	53	155	181	116	117	5	888	3,486
1993	95	40	135	56	138	168	118	135	16	901	3,031
1994	106	37	126	76	160	114	127	122	8	876	2,919
1995	118	26	151	95	238	179	104	83	8	1,002	4,134
1996	101	21	159	99	167	222	107	111	12	999	3,817
1997	87	23	157	108	143	230	108	96	20	972	4,078
1998	87	44	185	99	113	276	96	108	31	1,039	3,982
1999	86	40	209	88	93	258	116	191	37	1,118	4,695
2000	74	25	167	92	104	266	93	158	44	1,023	4,332
2001	76	27	153	74	89	333	92	156	33	1,033	4,327
2002	71	52	135	109	242	174	93	142	21	1,039	3,537
2003	58	39	155	92	230	137	93	70	37	911	4,001
2004	69	44	158	120	106	234	71	59	50	911	5,102
2005	81	41	142	107	120	280	73	58	31	934	5,079
2006	70	36	130	70	111	316	48	106	32	918	5,062
2007	56	32	114	48	94	328	40	94	28	835	4,817
2008	48	37	117	44	84	365	35	80	23	831	4,440
2009	50	30	104	47	83	290	35	81	24	744	

※ 備後芸予瀬戸の漁獲量は1977年まで燧灘に含まれており、1978年以降分離。

※ 2009年の漁獲量合計値は概数値、瀬別漁獲量は推定値（2006-2008年の割合）。

※ 2007年以降の瀬別漁獲量は市町村別漁獲量から積算した。

表 2. 小型底びき網、刺網の CPUE (kg/出漁日数) と努力量 (出漁日数)、定置網の CPUE(トン/漁労体数)と努力量 (漁労体数)

年	小底		刺網		定置網	
	CPUE	出漁日数	CPUE	出漁日数	CPUE	漁労体数
1970	0.085	1,196,851	0.049	873,766	0.005	1,767
1971	0.116	1,226,470	0.034	889,297	0.005	1,863
1972	0.098	1,275,259	0.024	857,899	0.010	1,740
1973	0.116	1,173,183	0.017	806,015	0.013	1,705
1974	0.188	1,231,561	0.020	830,603	0.007	1,961
1975	0.159	1,259,258	0.023	877,888	0.006	1,959
1976	0.197	1,250,443	0.063	940,174	0.011	2,141
1977	0.238	1,257,197	0.041	960,817	0.015	1,974
1978	0.205	1,285,936	0.071	973,048	0.017	1,985
1979	0.250	1,277,913	0.053	998,513	0.014	2,328
1980	0.222	1,222,827	0.061	1,014,695	0.018	2,007
1981	0.214	1,221,183	0.060	1,027,415	0.014	2,033
1982	0.219	1,219,748	0.070	1,034,989	0.016	2,156
1983	0.309	1,187,619	0.115	1,000,991	0.022	2,150
1984	0.373	1,196,887	0.106	979,294	0.031	2,071
1985	0.615	1,148,855	0.148	933,918	0.029	2,289
1986	0.541	1,123,191	0.158	946,653	0.039	2,224
1987	0.433	1,151,227	0.158	919,477	0.033	2,162
1988	0.629	1,129,380	0.201	909,193	0.039	2,077
1989	0.650	1,114,723	0.208	876,758	0.039	2,130
1990	0.481	1,092,348	0.195	829,300	0.042	2,118
1991	0.548	1,064,092	0.238	833,030	0.046	2,153
1992	0.523	1,058,620	0.255	815,062	0.035	2,054
1993	0.560	1,023,712	0.252	783,039	0.033	2,255
1994	0.558	994,086	0.255	753,895	0.038	2,067
1995	0.680	1,006,915	0.245	741,748	0.038	2,008
1996	0.699	950,983	0.266	720,932	0.042	2,030
1997	0.648	952,662	0.289	729,140	0.044	1,980
1998	0.713	938,420	0.307	683,685	0.047	1,956
1999	0.769	909,769	0.377	665,695	0.055	1,883
2000	0.757	885,218	0.290	658,172	0.052	1,943
2001	0.752	868,645	0.324	635,932	0.050	1,902
2002	0.783	831,926	0.351	599,106	0.054	1,828
2003	0.738	796,401	0.280	593,780	0.054	1,789
2004	0.755	775,278	0.352	528,797	0.053	1,720
2005	0.769	748,152	0.370	529,370	0.068	1,639
2006	0.771	718,757	0.414	506,802	0.068	1,562

表 3. 標本船・標本漁協の CPUE (操業隻数/kg) の推移

年	泉佐野	五色町	高砂	東讃	庵治	内海	日生	河原津	伊予	上灘	山口	杵築 日出	平均 00-09	平均 02-09	平均 04-09
2000	0.31			0.15				0.60	0.61	0.71	1.03		0.57		
2001	0.20			0.07				0.54	0.58	0.59	0.56		0.42		
2002	0.31			0.07	1.14	0.14	1.25	0.22	0.90	0.74	0.38	0.42	0.56	0.56	
2003	0.36			0.09	1.29	0.15	1.18	0.25	1.17	0.62	0.31	0.29	0.57	0.57	
2004	0.30	0.67	0.36	0.05	1.68	0.25	1.09	0.43	0.91	0.24	0.45	0.37	0.57	0.57	0.57
2005	0.25	0.45	0.36	0.05	1.38	0.25	1.09	0.41	0.77	0.30	0.49	0.34	0.51	0.51	0.51
2006	0.34	1.19	0.49	0.05	1.26	0.23	0.50	0.49	1.10	0.25	0.39	0.60	0.57	0.57	0.57
2007	0.37	1.51	0.45	0.04	1.06	0.11	0.55	0.24	0.86	0.44	0.39	0.20	0.52	0.52	0.52
2008	0.18	1.00	0.23	0.03	0.90	0.06	0.87	0.30	0.86	0.68	0.27	0.19	0.46	0.46	0.46
2009	0.23	0.92	0.36	0.06	0.77	0.05	0.88	0.21	0.45	0.28	0.38	0.55	0.43	0.43	0.43

表 4. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別漁獲尾数（尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	91,642	292,157	322,261	82,651	18,051	7,251	7,049
1988	374,897	651,374	499,718	88,784	9,733	3,928	2,694
1989	517,573	1,057,087	428,348	70,475	16,154	5,958	6,328
1990	309,093	712,406	401,459	58,968	9,847	3,835	3,640
1991	301,294	598,414	441,357	143,570	38,431	15,508	15,612
1992	288,983	854,753	602,768	94,939	27,194	10,231	10,816
1993	232,566	878,736	652,769	104,031	19,442	6,752	5,711
1994	352,367	883,330	436,084	80,498	25,957	19,814	14,349
1995	602,195	1,177,688	565,480	121,751	27,411	7,896	5,442
1996	565,918	1,178,396	635,572	116,999	23,082	6,034	2,432
1997	299,058	742,857	566,895	122,964	30,206	10,551	10,080
1998	268,732	673,236	535,470	149,635	38,499	12,439	9,065
1999	265,670	690,216	550,982	159,647	38,446	12,344	15,295
2000	135,403	432,195	458,400	145,969	42,538	13,938	16,635
2001	194,903	560,076	516,966	151,314	39,351	13,988	11,437
2002	292,508	778,847	409,072	112,657	38,288	18,389	23,478
2003	212,317	675,409	458,386	104,208	26,131	12,113	16,825
2004	243,933	726,960	482,677	118,961	28,061	11,706	10,093
2005	168,981	594,492	537,984	118,158	30,798	14,036	9,374
2006	146,333	482,541	555,116	126,633	25,939	8,503	8,890
2007	250,704	510,444	422,245	107,864	26,734	11,163	13,747
2008	175,504	589,320	454,043	97,823	30,290	12,556	12,416
2009	100,304	385,319	358,473	117,338	30,993	19,973	12,939

表 5. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別漁獲量（トン）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	16	117	321	170	63	32	38
1988	62	247	472	173	32	17	14
1989	78	366	370	126	49	23	30
1990	48	254	357	109	31	15	18
1991	37	170	313	211	95	49	60
1992	32	219	384	125	61	29	37
1993	26	228	423	139	44	20	20
1994	42	243	299	114	62	61	53
1995	68	304	364	162	62	23	19
1996	63	301	404	154	51	17	8
1997	37	210	399	179	74	33	39
1998	35	200	397	229	100	41	36
1999	35	210	417	250	102	42	63
2000	19	141	372	245	121	51	73
2001	26	172	395	239	105	48	47
2002	39	241	315	179	103	64	98
2003	28	202	342	161	68	41	68
2004	31	209	347	177	70	38	39
2005	22	175	395	179	79	46	37
2006	19	146	420	198	69	29	37
2007	33	154	317	167	70	38	56
2008	22	170	327	146	76	41	49
2009	13	110	256	173	77	64	50

表 6. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別資源尾数（尾）

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	1,503,142	653,288	173,275	63,952	24,020	22,472
1988	1,929,312	849,744	203,438	55,872	30,668	21,153
1989	2,296,798	854,084	195,760	71,300	32,191	32,380
1990	2,068,223	775,285	259,404	83,261	37,826	36,051
1991	2,424,240	1,000,866	192,169	66,819	26,834	26,418
1992	2,482,313	1,041,492	218,488	59,522	24,934	20,043
1993	2,195,370	1,063,158	205,874	70,684	25,957	21,953
1994	2,488,204	854,545	219,480	61,639	35,084	24,392
1995	2,944,100	1,064,082	254,953	90,330	22,132	14,467
1996	2,896,900	1,145,622	297,352	82,285	41,649	14,972
1997	2,415,265	1,110,512	296,314	117,228	39,969	34,266
1998	2,266,688	1,130,892	329,099	112,382	59,650	35,883
1999	2,091,154	1,081,851	372,278	112,475	48,520	51,387
2000	1,776,143	939,030	323,297	135,271	47,744	50,574
2001	1,783,908	929,458	297,227	112,595	61,914	45,045
2002	2,129,811	825,512	240,138	88,306	47,636	56,695
2003	2,020,570	891,139	256,368	79,560	31,275	40,552
2004	2,204,979	899,839	262,100	98,008	35,377	27,811
2005	2,099,518	990,670	247,886	89,375	46,967	27,742
2006	1,666,340	1,026,965	266,803	79,855	38,247	34,735
2007	1,752,476	806,392	278,711	85,938	35,504	38,602
2008	1,494,892	845,105	230,937	111,296	39,061	33,337
2009	1,020,765	589,162	231,514	85,137	54,888	32,267

表 7. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別資源量（トン）

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	486	527	289	180	87	98
1988	624	685	339	157	111	93
1989	743	688	326	201	117	142
1990	669	625	432	235	137	158
1991	784	807	320	188	97	116
1992	803	839	364	168	90	88
1993	710	857	343	199	94	96
1994	805	689	366	174	127	107
1995	952	858	425	255	80	63
1996	937	923	496	232	151	66
1997	781	895	494	330	145	150
1998	733	911	549	317	216	157
1999	676	872	621	317	176	225
2000	574	757	539	381	173	221
2001	577	749	495	317	224	197
2002	689	665	400	249	173	248
2003	653	718	427	224	113	178
2004	713	725	437	276	128	122
2005	679	798	413	252	170	121
2006	539	828	445	225	139	152
2007	567	650	465	242	129	169
2008	483	681	385	314	142	146
2009	330	475	386	240	199	141

表 8. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別漁獲係数

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	0.26	0.85	0.82	0.42	0.47	0.47
1988	0.50	1.16	0.74	0.24	0.16	0.16
1989	0.77	0.88	0.54	0.32	0.27	0.27
1990	0.41	1.08	1.04	0.82	0.72	0.72
1991	0.53	1.21	0.86	0.67	0.66	0.66
1992	0.54	1.31	0.82	0.52	0.40	0.40
1993	0.63	1.27	0.89	0.39	0.36	0.36
1994	0.54	0.90	0.58	0.71	1.10	1.10
1995	0.63	0.96	0.82	0.46	0.58	0.58
1996	0.65	1.04	0.62	0.41	0.19	0.19
1997	0.45	0.90	0.66	0.36	0.41	0.41
1998	0.43	0.80	0.76	0.53	0.31	0.31
1999	0.49	0.90	0.70	0.54	0.37	0.37
2000	0.34	0.84	0.74	0.47	0.47	0.47
2001	0.46	1.04	0.90	0.55	0.32	0.32
2002	0.56	0.86	0.79	0.73	0.63	0.63
2003	0.50	0.91	0.65	0.50	0.64	0.64
2004	0.49	0.98	0.76	0.42	0.51	0.51
2005	0.40	1.00	0.82	0.54	0.45	0.45
2006	0.41	0.99	0.82	0.50	0.32	0.32
2007	0.42	0.94	0.61	0.48	0.49	0.49
2008	0.62	0.98	0.69	0.39	0.50	0.50
2009	0.62	1.25	0.90	0.59	0.56	0.56

表 9. ヒラメ瀬戸内海系群の漁獲量（トン）、資源量（トン）、漁獲割合、親魚量（トン）、天然の加入尾数（尾）、放流の加入尾数（尾）、再生産成功率（RPS）（尾/kg）

年	漁獲重量 (トン)	資源量 (トン)	漁獲割合	親魚量 (トン)	加入尾数 天然(尾)	加入尾数 放流(尾)	RPS (尾/kg)
1987	757	1,667	0.45	1,017	1,356,942	146,200	
1988	1,017	2,009	0.51	1,178	1,745,312	184,000	1.72
1989	1,042	2,217	0.47	1,274	2,166,526	130,272	1.84
1990	832	2,256	0.37	1,380	1,880,152	188,071	1.48
1991	936	2,312	0.40	1,301	2,164,887	259,353	1.57
1992	888	2,352	0.38	1,307	2,254,982	227,331	1.73
1993	901	2,299	0.39	1,343	1,849,764	345,606	1.42
1994	876	2,267	0.39	1,257	2,187,707	300,497	1.63
1995	1,002	2,633	0.38	1,429	2,527,008	417,091	2.01
1996	999	2,804	0.36	1,586	2,512,242	384,658	1.76
1997	972	2,795	0.35	1,733	2,095,078	320,186	1.32
1998	1,039	2,883	0.36	1,853	1,963,902	302,786	1.13
1999	1,118	2,887	0.39	1,908	1,686,435	404,719	0.91
2000	1,023	2,646	0.39	1,808	1,410,136	366,007	0.74
2001	1,033	2,560	0.40	1,730	1,414,834	369,074	0.78
2002	1,039	2,424	0.43	1,525	1,773,238	356,573	1.02
2003	912	2,314	0.39	1,431	1,598,077	422,494	1.05
2004	911	2,401	0.38	1,457	1,717,510	487,470	1.20
2005	934	2,434	0.38	1,509	1,431,900	667,620	0.98
2006	918	2,327	0.39	1,523	1,194,563	471,778	0.79
2007	835	2,221	0.38	1,431	1,176,201	576,278	0.77
2008	831	2,151	0.39	1,447	950,300	544,595	0.66
2009	744	1,771	0.42	1,266	719,312	301,459	0.50

表 10. ヒラメ瀬戸内海系群の 1 歳魚の海域別混入率と標識装着率、添加効率

東部の 2000 年以前は 2001～2003 の平均値と仮定 (斜字)

年	補正なし混入率				補正済み 混入率	標識装着率 (黒化率)	添加 効率
	東部	中部	西部	平均			
1995	0.18	0.04	0.28	0.14	0.14	1.00	0.14
1996	0.18	0.03	0.24	0.13	0.13	1.00	0.09
1997	0.18	0.01	0.25	0.13	0.13	1.00	0.08
1998	0.18	0.02	0.24	0.13	0.13	1.00	0.07
1999	0.18	0.06	0.35	0.19	0.19	1.00	0.10
2000	0.18	0.04	0.43	0.20	0.21	0.98	0.08
2001	0.24	0.16	0.24	0.21	0.21	1.00	0.09
2002	0.13	0.07	0.39	0.17	0.17	1.00	0.08
2003	0.17	0.06	0.51	0.20	0.21	0.96	0.12
2004	0.19	0.09	0.40	0.19	0.22	0.88	0.12
2005	0.43	0.05	0.42	0.27	0.32	0.85	0.13
2006	0.32	0.06	0.50	0.24	0.28	0.84	0.09
2007	0.49	0.05	0.33	0.24	0.33	0.72	0.11
2008	0.41	0.04	0.48	0.22	0.36	0.61	0.11
2009	0.33	0.05	0.33	0.19	0.30	0.64	0.07

表 11. 6 月のピーク時の稚魚採集数 (400m²あたり)

年	愛媛県 河原津	香川県 大浜	平均
1995	24.0	52.0	38.0
1996	18.0	14.3	16.2
1997	6.3	6.0	6.2
1998	25.0	48.0	36.5
1999	11.6	11.0	11.3
2000	0.8	8.0	4.4
2001	8.1	17.0	12.6
2002	12.1	38.3	25.2
2003	14.7	20.0	17.4
2004	14.2	2.0	8.1
2005	0.3	2.5	1.4
2006	29.5	10.8	20.1
2007	4.8	6.0	5.4
2008	15.3	2.8	9.0
2009	3.3	0.5	1.9
2010	12.2	1.3	6.7

表 12. 再生産成功率と添加効率の不確実性を考慮し、漁獲圧と放流尾数を
変化させたときの 2015 年の漁獲量 (トン) と資源量 (トン)

放流数 (万尾)	F値	2015年漁獲量(トン) 平均 (95%信頼区間)	2009年を 上回る確率	2015年資源量(トン) 平均 (95%信頼区間)	2009年を 上回る確率
490	0.45	745 (593-903)	50%	3,464 (2,780-4,156)	100%
490	0.85	639 (511-782)	7%	1,749 (1,413-2,122)	45%
490	1.25	472 (385-568)	0%	979 (808-1,166)	0%
300	0.45	660 (522-811)	13%	3,089 (2,482-3,755)	100%
300	0.85	543 (429-666)	0%	1,493 (1,188-1,813)	5%
300	1.25	380 (305-464)	0%	792 (636-966)	0%
100	0.45	568 (434-715)	1%	2,690 (2,121-3,306)	100%
100	0.85	437 (334-553)	0%	1,216 (946-1,531)	0%
100	1.25	281 (213-357)	0%	591 (458-746)	0%

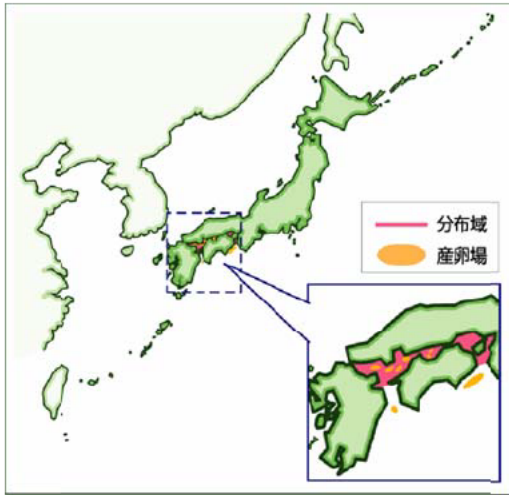


図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

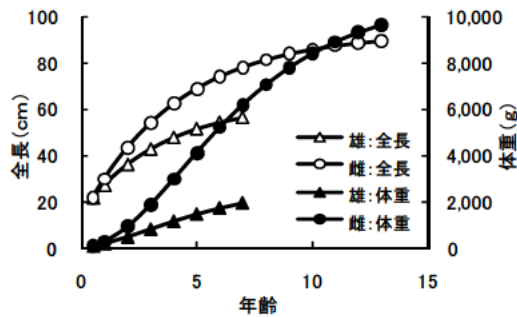


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

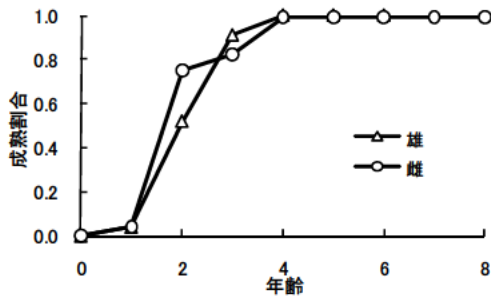


図3. 年齢別成熟割合

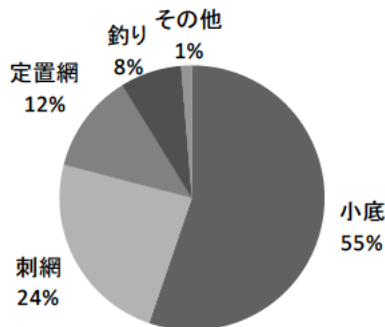


図4. 2008年の漁法別漁獲量割合

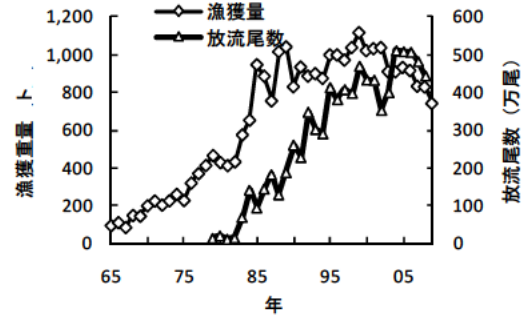


図5. 漁獲量と放流尾数の推移

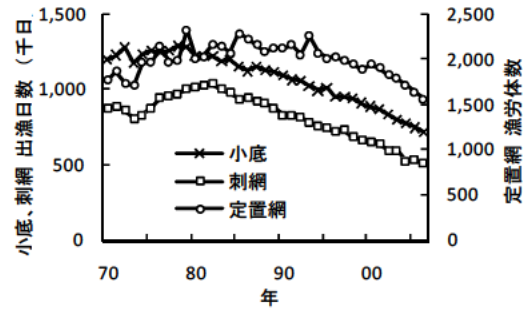


図6. 農林水産省計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の努力量の推移

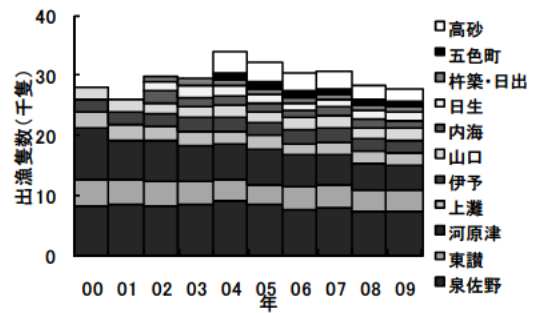


図7. 標本船・県本漁協の小底出漁隻数の推移

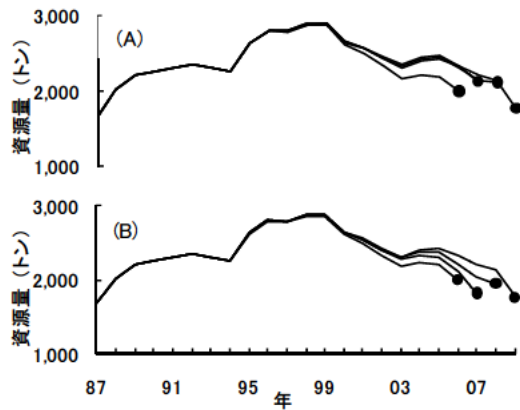


図8. レトロスペクティブ解析結果

(A)選択 3を過去3年の平均と仮定

(B)選択 3を過去5年の平均と仮定

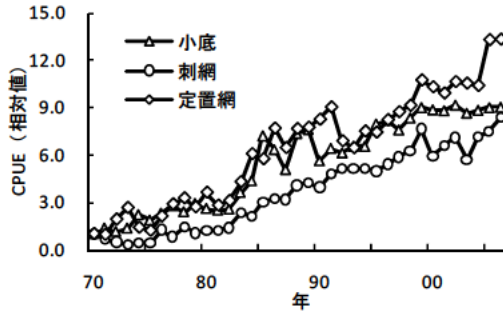


図 9. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網のCPUEの推移

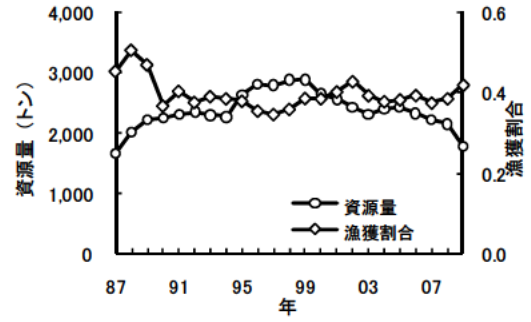


図 13. 資源量と漁獲割合の推移

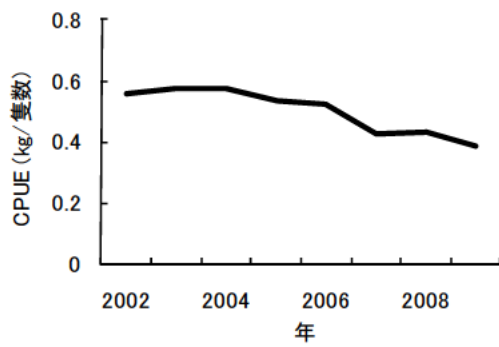


図 10. 小底の標本船・標本漁協 CPUE

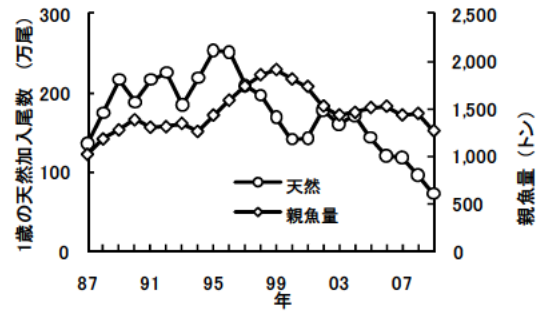


図 14. 親魚量と天然魚加入量の関係

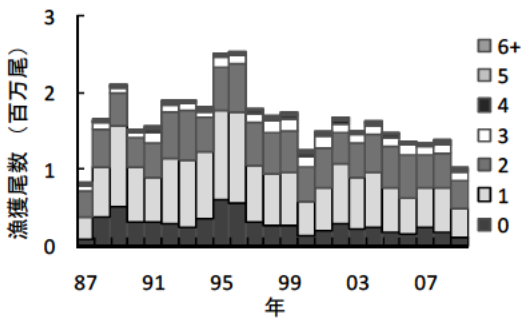


図 11. 年齢別漁獲尾数の推移

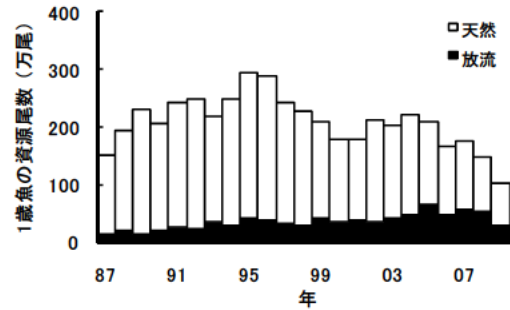


図 15. 1歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

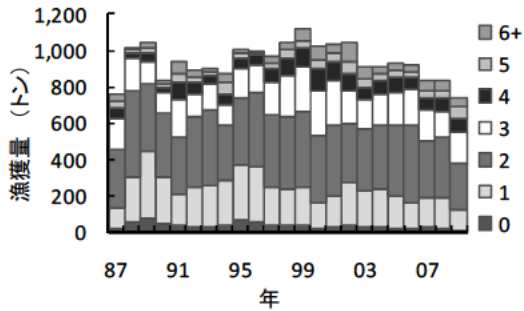


図 12. 年齢別漁獲量の推移

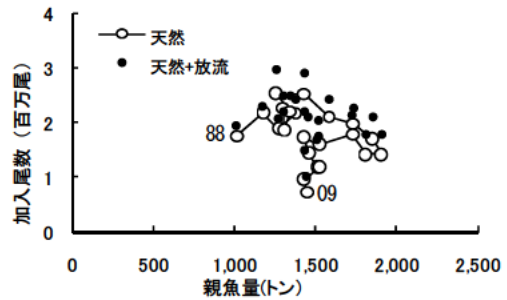


図 16. 再生産関係

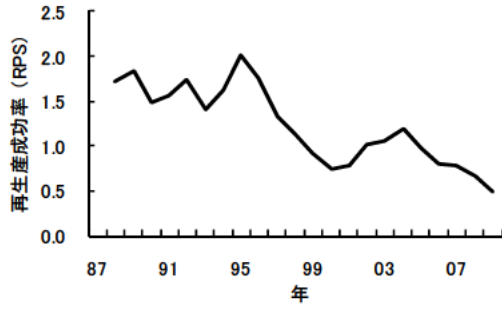


図 17. 再生産成功率の推移

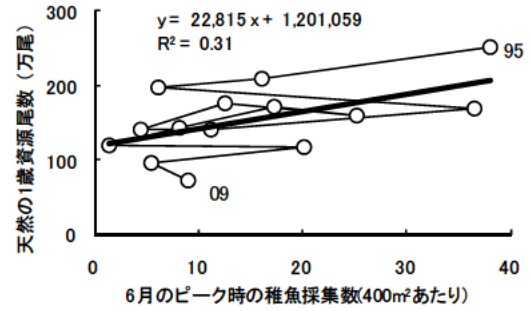


図 19. 6 月のピーク時の稚魚採集数と天然の 1 歳資源尾数の関係

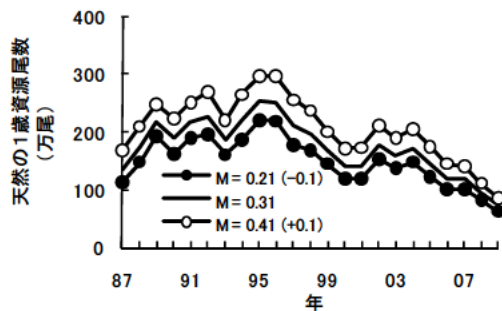
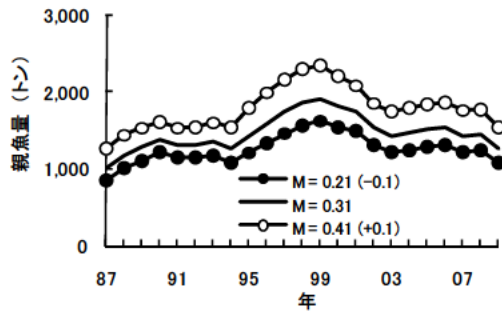
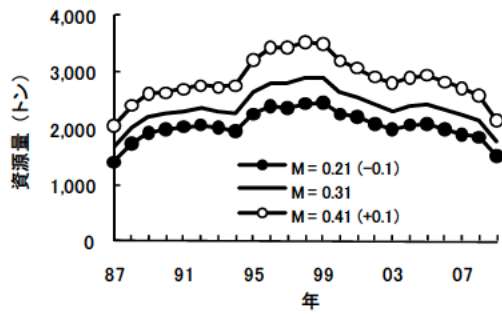


図 18. 自然死亡係数の値による、資源量、親魚量、天然の 1 歳資源尾数の感度解析

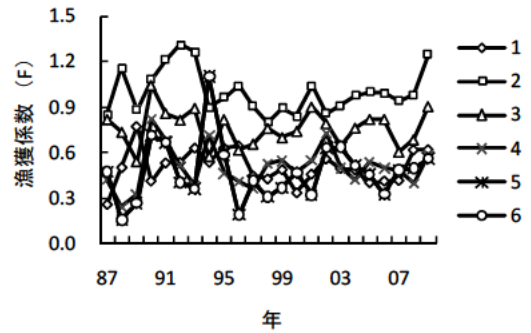


図 20. 年齢別漁獲係数の推移

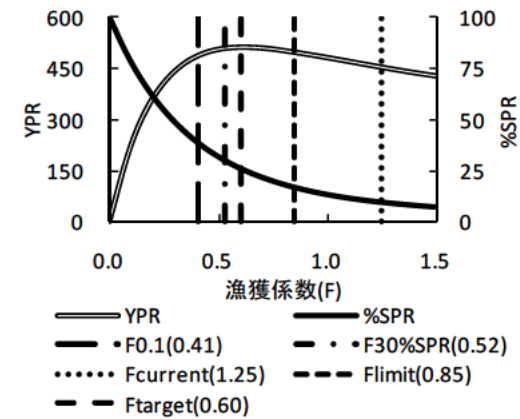


図 21. 漁獲係数と YPR、%SPR の関係
括弧内は漁獲係数の値を示す。

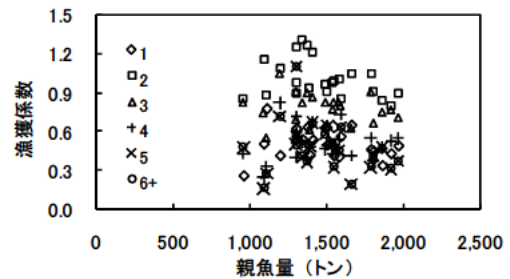


図 22. 親魚量と漁獲係数の関係

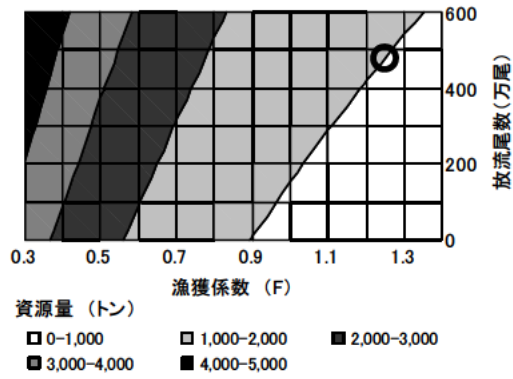


図 23. 2011～2015 年にかけて漁獲量と放流尾数を変化させたときの 2015 年の資源量の等量線図 黒色の円は現状の F と放流尾数を示す。

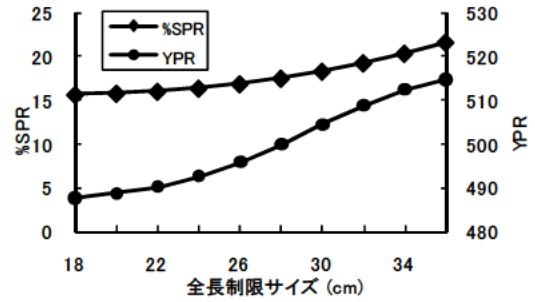


図 26. Flimit での全長制限サイズによる %SPR と YPR の変化

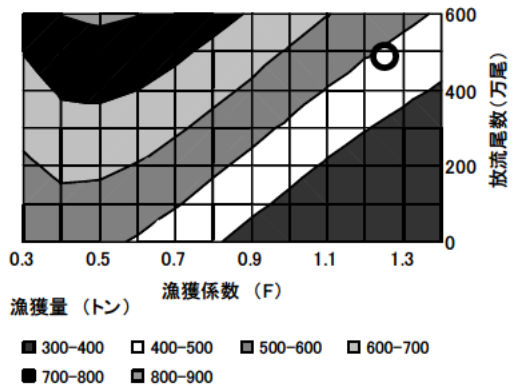


図 24. 2011～2015 年にかけて漁獲量と放流尾数を変化させたときの 2015 年の漁獲量の等量線図 黒色の円は現状の F と放流尾数を示す。

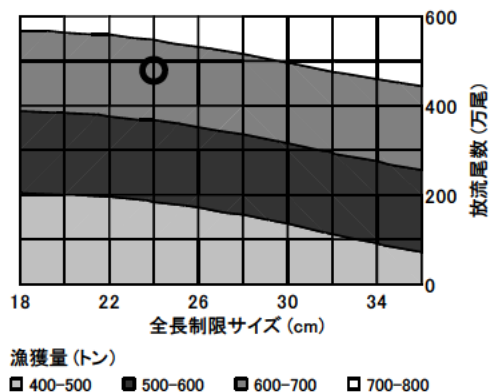


図 25. 2011～2015 年にかけて全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの 2015 年の漁獲量の等量線図 黒色の円は現状の F と放流尾数を示す。

付表 1. Age length key と雌雄割合

以上 未満 (mm)	雌							雄							雌の 割合	雄の 割合
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳		
0～ 20	1.00							1.00							0.50	0.50
20～ 40	1.00							1.00							0.50	0.50
40～ 60	1.00							1.00							0.50	0.50
60～ 80	1.00							1.00							0.50	0.50
80～ 100	1.00							1.00							0.50	0.50
100～ 120	1.00							1.00							0.50	0.50
120～ 140	1.00							1.00							0.50	0.50
140～ 160	0.56	0.44						0.73	0.27						0.45	0.55
160～ 180	0.78	0.22						0.60	0.40						0.35	0.65
180～ 200	0.68	0.32						0.67	0.33						0.38	0.62
200～ 220	0.57	0.43						0.51	0.48	0.01					0.44	0.56
220～ 240	0.32	0.68		0.01				0.31	0.69						0.45	0.55
240～ 260	0.24	0.74	0.02					0.22	0.73	0.05					0.45	0.55
260～ 280	0.31	0.64	0.05					0.14	0.70	0.16					0.47	0.53
280～ 300	0.16	0.73	0.11					0.08	0.71	0.20	0.01				0.41	0.59
300～ 320	0.16	0.68	0.16					0.09	0.56	0.35	0.00				0.42	0.58
320～ 340	0.08	0.65	0.27					0.02	0.39	0.58	0.02				0.40	0.60
340～ 360	0.03	0.55	0.41	0.01				0.01	0.22	0.74	0.03				0.33	0.67
360～ 380		0.40	0.58	0.02				0.00	0.12	0.82	0.05	0.01			0.24	0.76
380～ 400		0.31	0.64	0.05					0.10	0.80	0.10			0.00	0.32	0.68
400～ 420		0.16	0.78	0.06					0.09	0.69	0.21	0.01			0.44	0.56
420～ 440		0.09	0.83	0.09					0.08	0.48	0.41	0.03	0.01		0.67	0.33
440～ 460		0.05	0.90	0.05	0.00				0.06	0.42	0.38	0.09	0.03	0.02	0.80	0.20
460～ 480		0.08	0.81	0.11	0.00				0.06	0.38	0.42	0.15			0.83	0.17
480～ 500		0.12	0.68	0.20	0.00				0.04		0.33	0.29	0.13	0.13	0.90	0.10
500～ 520		0.05	0.56	0.38	0.02					0.13	0.52	0.22	0.09	0.04	0.88	0.12
520～ 540		0.06	0.39	0.50	0.05	0.01				0.23	0.31		0.38	0.08	0.89	0.11
540～ 560			0.21	0.74	0.04						0.38	0.15	0.23	0.15	0.88	0.12
560～ 580		0.01	0.16	0.70	0.11	0.02					0.50	0.40		0.10	0.89	0.11
580～ 600		0.03	0.03	0.66	0.24	0.03						0.75			0.94	0.06
600～ 620			0.04	0.53	0.39	0.03				0.11	0.22		0.22		0.89	0.11
620～ 640				0.52	0.36	0.08	0.02						0.33		0.94	0.06
640～ 660				0.37	0.53	0.11					0.50		0.50		0.95	0.05
660～ 680				0.24	0.36	0.30	0.09								1.00	0.00
680～ 700			0.03	0.26	0.29	0.23	0.19					0.33		0.67	0.91	0.09
700～ 720				0.04	0.36	0.40	0.20					1.00			0.96	0.04
720～ 740					0.33		0.53								1.00	0.00
740～ 760				0.08	0.31	0.31	0.31								1.00	0.00
760～ 780				0.06	0.18	0.24	0.53								1.00	0.00
780～ 800						0.25	0.75								1.00	0.00
800～ 820							1.00								1.00	0.00
820～ 840						0.25	0.75								1.00	0.00
840～ 860						0.38	0.63								1.00	0.00
860～ 880							1.00								1.00	0.00
880～ 900							1.00								1.00	0.00
900～ 920							1.00								1.00	0.00
920～ 940							1.00								1.00	0.00
940～ 960							1.00								1.00	0.00