平成 23 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、1996 年に 3,602 トンに達した。その後、減少に転じ 2010 年は 1,954 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、減少と判断した。Blimit は、再生産関係より最大の加入量の 50%が得られる親魚量 992 トンと設定した。資源が中位、減少であることから、資源の減少傾向を食い止める必要があると考えられる。現状（2010 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 1-1)-(1)に基づいて ABC を算出した。Flimit は長期的に資源水準を維持する漁獲係数（Fsus）とした。本種は栽培対象種で 2009 年には 386 万尾の人工種苗が放流され、放流魚の混入率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.26、添加効率は 0.09 と推定された。

	2012 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	436 トン	Fsus	0.81	30%
ABCtarget	367 トン	0.8Fsus	0.65	26%

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。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合
2009	2,211	750	0.84	34%
2010	1,954	761	1.10	39%
2011	1,619	-	-	-

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
2011 年加入量	2010 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（2000～2010 年：大阪、香川、愛媛、山口、2002～2010 年：岡山、大分、2004～2010 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 22 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おり、2009 年の放流尾数は 386 万尾だった。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 11%、14%（2008 年）で、瀬戸内海の魚類漁獲量、生産額の 0.5%、2.0%（2008 年）だった。また、平成 16 年から周防灘において、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(cm)の von Bertalanffy 成長式と、全長 L(cm)と体重 W(g)のアロメトリー式を推定した（図 2）。

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

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

全長－体重関係式　雄：$W=0.0072L^{3.10}$　(3)

雌：$W=0.0047L^{3.23}$　(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）。秋には未成魚、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、2009 年は 750 トン、2010 年は 761 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）。

農林水産統計から努力量が得られない 2006 年以降は、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、庵治、東讃、内海、河原津、上灘、伊予）の合計の努力量（出漁隻数）の推移から把握した。2006 年と 2010 年の努力量は、44,347 隻と 37,095 隻で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

1987～2010 年までの 24 年間の 0～5 歳と 6 歳以上をプラスグループとした年別年齢別漁獲尾数を用い、コホート解析で資源量推定を行った。昨年度までの資源評価では、毎年の資源量を 1 歳以上の各年齢の 1 月の時点の初期資源尾数の合計より推定していた。今年度の資源評価では、資源量を 0 歳の時点で漁獲されるヒラメも考慮し、0 歳魚の漁獲が始まる 10 月と、1 歳以上の各年齢の 1 月の時点での初期資源尾数の合計より推定した。5 歳と 6 歳以上の漁獲係数が等しいと仮定し、最近年の 5 歳の漁獲係数を未知パラメータとした。5 歳の漁獲係数はチューニングにより、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、相対資源量の指標のトレンドが、最も一致する値を推定した（平松 2001)。相対資源量の指標は、2000～2010 年までの 11 年間の標本船と標本漁協の CPUE（kg/出漁隻数）を、一般化線型モデルで標準化し、年以外の要因を取り除いた年効果の最小二乗平均を用いた（庄野 2004)。最近年の年齢別の選択率は、レトロスペクティブ解析（山田、田中 1999）の結果を踏まえ、最近年の資源量推定値が安定する過去 5 年（2005～2009 年）の平均に等しいと仮定した（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情報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、努力量データの積算に由来するものと考えられる。

（3）漁獲物の年齢組成

1995～2010 年に河原津、1994～2010 年に伊予、上灘、徳山、2000～2010 年に泉佐野、仮屋、神戸市、塩田、由良、2001～2010 年に浅野浦、坊勢、室津浦で、小底の漁獲物の全長組成を、1995、1998～2010 年に西条で刺網の漁獲物の全長組成を、2004～2010 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、1996～2010 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。

1994～2010 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 1995～2010 年までの年齢と全長の測定値をプー

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 1996～2010 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 2,000～3,600 トンの間で推移している。1996 年に最大の 3,602 トンに達したが、その後、減少傾向で、2010 年の資源量は 1,954 トンにまで低下している（表 6、7、図 13）。2010 年の 2 歳の漁獲係数は 1.10 だった。漁獲割合は、28～39%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、1 歳以下と 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 1,983 トンに達したが、2010 年は 1,215 トンで 2/3 に減少している（表 9、図 14）。昨年度までと今年度の方法での資源量を比較すると、0 歳の資源量が上乗せされるが、1 歳以上の年齢別資源量や、増減傾向は、ほぼ同じであった。1994～2009 年級群についての 0 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 歳までは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、10～12 月の期間に 0 歳の全長の推定値の標準誤差(σ=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 年の平均を用い、0.29 と仮定した。1998 年以降の混入率は、平成 22 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 1.0 と仮定した。瀬戸内海全域の 0 歳魚の混入率は 0.10～0.45 で、2009 年級群は 0.26 だった。放流尾数、0 歳の初期資源尾数、0 歳の混入率から、添加効率（=0 歳の混入率×0 歳の初期資源尾数÷放流尾数）を求めたところ、1995～2009 年の間、平均 0.13 で 0.06～0.22 の範囲を推移し、2009 年は 0.09 だった（表 10）。0 歳資源尾数を天然魚と放流魚に分離したところ、1995 年以降放流魚は放流年の 10 月の時点で 25 万～110 万尾程度が天然資源に加わっていることが示された（図 15）。なお、1987～1994 年は混入率の情報が十分に得られなかったので、添加効率を 1995～1999 年の平均 0.09 と仮定し、この期間の 0 歳魚を天然と放流とに分離した。

親魚量が 1,000～2,000 トンに集中し、1,000 トン以下の情報が無いため（図 16）、再生産曲線により加入量が極大となる親魚量を推定することは困難と判断した。そこで、暫定的な親魚量 SSB（トン）と天然の加入尾数 R（百万尾）の関係として、原点を通る以下の直

線式を推定した。

$$R = 1{,}336.98 \times SSB \quad (6)$$

上式より求まる過去の最大親魚量 1,983 トンでの加入量を Rmax とし、その 50%の加入量（R50%）が得られる親魚量 992 トンを当面の Blimit とした（図 17）。なお、親魚量が今後 1,000 トン以下に減少した場合には、再生産関係式の妥当性および、Blimit の設定について再検討するものとする。

再生産成功率は 0.70～2.52 の範囲で平均 1.42 だった。再生産成功率は 1990 年代後半を境に、近年は低い水準に落ち込んでいる（図 18）。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（400m^2 あたり）で、図 19 は翌年の天然の 0 歳資源尾数との関係を示す。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 0 歳資源尾数の感度解析の結果を図 20 に示す。

（5）資源の水準・動向

資源量は 1987 年以降、2,000～3,600 トンの間であるが 2000 年以降減少傾向を示す。水準は、資源量が 0～最大値を 3 等分し、それぞれ低位、中位、高位と区分し決定した（図 13）。2010 年の資源量は 0～最大値の 1/3～2/3 に位置することから、水準を中位と判断した（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 21 は年齢別漁獲係数の経年変化を示す。図 22 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 23 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、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、近年の天然の 0 歳の加入量、再生産成功率が低水準であることから、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 万尾ほど放流されていたが、近年は減少傾向で 2009 年の種苗放流尾数は 386 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。2012 年から 5 年間放流尾数と漁獲圧を変化させ、期待される 2016 年の資源量と漁獲量を推定した。放流尾数は、減少傾向が続いているが、2010 年と 2011 年は 2009 年の放流尾数 386 万尾、2012 年以降 0～600 万尾の範囲で変化させた。2011 年の漁獲係数は 2010 年と同一の値で、2012 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 24、図 25 は、それぞれ 2016 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できれば、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。

5. 2012 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

現在の資源水準は Blimit を上回ることから、ABC 算定規則の 1-1)-(1)に基づいて ABC を算定した。1990 年代後半から減少傾向が続いており、最低限これを食い止める方策が必要と考えられる。現状（2010 年）の資源水準を維持することを管理目標とし、F 基準値は長期的にこの水準を維持する漁獲係数 Fsus とした。なお、同様に資源水準を維持する管理基準である Fmed の使用も検討したが、種苗放流による資源への添加量が大きい資源では、親魚量が加入量と漁獲圧のみでは決まらない。このため、単純に再生産関係のプロットの中央値に相当する F では、放流魚が親になり産卵に寄与する分、資源が増加に転じる。毎年同規模の種苗放流が実施され、将来も安定して継続すると考えられる資源については、親魚量に与える放流の影響が一定となるため、Fmed を資源水準の維持のシナリオをとして使用することが可能と考えられる。しかし、本系群のように年代により、放流量が 100～500 万尾の間で大きく変化する場合は、親魚量に及ぼす放流の影響が年により変化する。このため、将来に予測される放流量を加味した、資源維持の漁獲係数を Fmed として求めることができなかった。

2011 年以降の資源量は、天然の 0 歳資源尾数を親魚量と再生産成功率、放流尾数、添加効率より推定し、1 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、経年的に低下傾向がみられたため（図 18）、2005～2009 年の平均値 0.77 とした。漁獲圧は 2011 年が 2010 年の年齢別漁獲係数に等しく、2012 年以降は 2011 年の選択率に等しいと仮定した。2006 年以降、放流尾数は減少傾向であるが、2010 年以降も 2009 年と同程度の種苗放流が実施されると仮定し、放流尾数を 386 万尾、添加効率を 1995～2009 年の平均 0.13 とした。再生産成功率の低下や放流数の減少などの、不確実性を考慮した Ftarget は、安全率を標準値の α ＝0.8 と設定した。

	2012 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	436 トン	Fsus	0.81	30%
ABCtarget	367 トン	0.8Fsus	0.65	26%

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	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
長期的に現状の資源水準を維持	Fsus	761	625	436	478	491	503	516
		資源量（トン）						
	管理基準	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
長期的に現状の資源水準を維持	Fsus	1,954	1,619	1,427	1,495	1,539	1,582	1,624

		資源量（トン）						
F	基準値	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.11	0.1Fcurrent	1,954	1,619	1,427	2,131	3,082	4,300	5,857
0.22	0.2Fcurrent	1,954	1,619	1,427	2,010	2,740	3,625	4,699
0.33	0.3Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,898	2,444	3,072	3,795
0.44	0.4Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,794	2,188	2,617	3,087
0.55	0.5Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,699	1,965	2,242	2,531
0.66	0.6Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,610	1,771	1,932	2,093
0.77	0.7Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,527	1,602	1,675	1,746
0.88	0.8Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,450	1,454	1,461	1,471
0.99	0.9Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,379	1,325	1,283	1,251
1.10	1.0Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,313	1,211	1,133	1,075
1.21	1.1Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,251	1,110	1,007	934
1.31	1.2Fcurrent	1,954	1,619	1,427	1,193	1,022	901	819
		漁獲量（トン）						
0.11	0.1Fcurrent	761	625	74	121	169	227	307
0.22	0.2Fcurrent	761	625	143	218	289	371	478
0.33	0.3Fcurrent	761	625	206	295	372	458	563
0.44	0.4Fcurrent	761	625	265	356	428	504	592
0.55	0.5Fcurrent	761	625	320	404	463	522	588
0.66	0.6Fcurrent	761	625	370	441	482	522	564
0.77	0.7Fcurrent	761	625	418	469	491	511	531
0.88	0.8Fcurrent	761	625	462	489	490	491	494
0.99	0.9Fcurrent	761	625	503	503	484	468	456
1.10	1.0Fcurrent	761	625	541	512	474	443	419
1.21	1.1Fcurrent	761	625	576	517	461	417	386
1.31	1.2Fcurrent	761	625	610	519	446	392	355

（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 年後と 10 年後の平均漁獲量と、その 95%信頼区間、2016 年に 2010 年の資源量、漁獲量を上回る確率を推定した。種苗は 2010 年以降毎年 386 万尾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 (Fcurrent との比較)	漁獲割合	将来漁獲量		評価		2012 年 ABC
			5 年後	5 年平均	現状資源量を上回る 5 年後(10 年後)	現状漁獲量を上回る 5 年後 (10 年後)	
基準値での漁獲（Fsus）	0.81 (0.74 Fcurrent)	30%	439～602 トン	517 トン	1% (12%)	0% (0%)	436 トン
基準値での漁獲の予防的措置（αF 基準値）	0.65 (0.59 Fcurrent)	26%	493～653 トン	568 トン	89% (100%)	0% (54%)	367 トン
						2012 年算定漁獲量	
現状の漁獲圧の維持(Fcurrent)	1.10 (1.00 Fcurrent)	39%	346～503 トン	419 トン	0% (0%)	0% (0%)	541 トン

コメント
- 当該資源に対する現状の漁獲圧を 3～4 割程度減少させると持続的な漁業が可能と考えられる。
- Fcurrent は 2010 年の漁獲係数。
- 将来漁獲量（5 年後）は 95%信頼区間を示す。
- Flimit、Ftarget で資源量が 1,900 トン台に到達するまでに、それぞれ 20 年、4 年を要する

（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
1987-2010 年 0 歳漁獲尾数	資源量推定値
2009 年漁獲量確定値	資源量推定値、2009 年漁獲量、2009 年混入率
2010 年全長組成	2010 年年齢別漁獲尾数
2010 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
2009 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）	ABClimit（トン）	ABCtarget（トン）	漁獲量（トン）
2010 年（当初）	0.9Fcurrent	0.93	1,846	711	626	
2010 年（2010 年再評価）	0.9Fcurrent	0.88	1,521	603	558	
2010 年（2011 年再評価）	0.9Fcurrent	0.86	1,954	676	625	761
2011 年（当初）	0.7Fcurrent	0.85	1,393	518	395	
2011 年（2011 年再評価）	0.7Fcurrent	0.59	1,619	429	319	
当初および、2010 年再評価は 1 歳から 6+歳の資源量の積算値で、2011 年再評価は 0 歳から 6+歳の資源量の積算値						

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、Fcurrent のもとで、全長制限サイズを 18～36cm、放流尾数を 0～600 万尾に変化させたときの、2016 年の漁獲量をシミュレーションで予測した（図 26）。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 の算定のように 1 年間隔での解析ではなく、1 ヶ月間隔で行い、2016 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 400 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、2016 年に 20 トンの漁獲量の増大が見込まれた。また、図 27 に全長制限サイズの違いによる 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加入のうち 2～3 割は種苗放流に由来しており、天然の加入群を下支えする一定の効果があると考えられる。図 24、25、26 より、同じ漁獲圧であっても、種苗放流数を変化させると、将来の資源水準が大きく変化する。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検討する必要がある。現在、天然資源の加入量、種苗放流量ともに減少傾向であることから、ヒラメの資源水準維持のためには努力量削減と種苗放流量を考慮した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.

庄野　宏 (2004）CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究 68, 106-120.

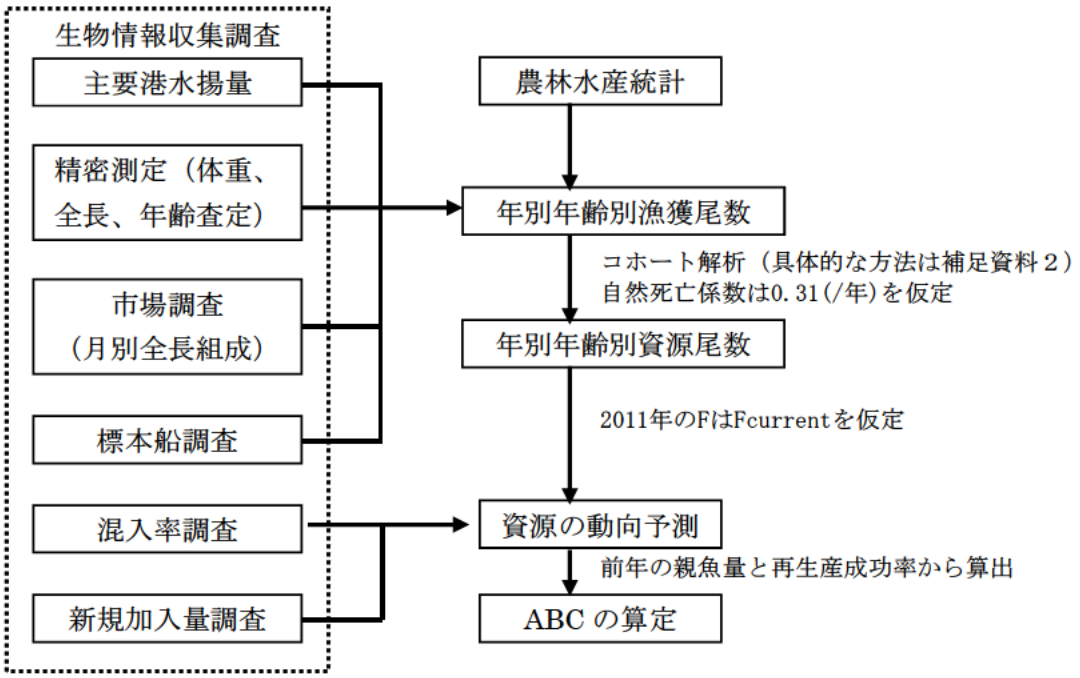
水産庁管理課資源管理推進事務局 (1999) 平成 11 年度複合的資源管理型漁業促進対策事業魚種別全体計画, 282pp.

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 歳以上は 1 月 1 日を年齢の起算日とした。0 歳魚は 10 月頃から漁獲が開始されるので 10 月 1 日時点での資源量を推定し、全年齢について合計したものを y 年の資源量とした。年別年齢別漁獲尾数から、a 歳、y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ を以下のコホート解析（Pope の近似式）で推定した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1}\exp(M_a) + C_{a,y}\exp(M_a/2) \qquad (7)$$

a 歳、y 年の漁獲係数 $F_{a,y}$ は、

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y}\exp(M_a/2)}{N_{a,y}}\right) \tag{8}$$

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。

$$N_{5,y} = \frac{C_{5,y}}{C_{5,y}+C_{6+,y}} N_{6+,y+1}\exp(M_5) + C_{5,y}\exp(M_5/2) \tag{9}$$

$$N_{6+,y} = \frac{C_{6+,y}}{C_{5,y}} N_{5,y} \tag{10}$$

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2010} = \frac{C_{a,2010}}{1-\exp(-F_{a,2010})}\exp(M_a/2) \tag{11}$$

で求めた。最近年の漁獲係数は $F_{5,2010}$ を未知パラメータとし $F_{6+,2010}$=$F_{5,2010}$、また $F_{0,2010}$～$F_{4,2010}$ は、選択率が過去 5 年の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,2010} = \frac{\sum_{b=1}^{5} F_{a,2010-b}}{\sum_{b=1}^{5} F_{5,2010-b}} F_{5,2010} \tag{12}$$

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。

$$\ln(u_y) = \ln q \sum_a s_{a,y} N_{a,y} W_a + \varepsilon_y \tag{13}$$

$$s_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{\underset{a}{Max.} F_{a,y}} \tag{14}$$

$$\varepsilon_y \sim N(0,\sigma^2) \tag{15}$$

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、$F_{5,2010}$、σ^2 は最尤法で推定した。

$$LL = -\sum\left(\frac{1}{2}\ln(2\pi\sigma^2) + \frac{(\ln(u_y) - \ln(q\cdot s_{a,y}N_{a,y}W_a))^2}{2\sigma^2}\right) \tag{16}$$

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＝0.08（/0.25 年）、M_1～M_{6+}＝0.31（/年）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	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6+歳
平均体重(g)	180	367	833	1,728	2,754	3,816	4,369

（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。

$$YPR = \sum_{a=0}^{8} \frac{F_a}{F_a + M_a}\{1 - \exp(-F_a - M_a)\}S_a W_a \tag{17}$$

$$SPR = \sum_{a=0}^{8} fr_a S_a W_a \tag{18}$$

$$S_{a+1} = S_a \exp\{-(F_a + M_a)\} \quad (\text{ただし } S_0=1) \tag{19}$$

ここで、fr_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。

$$N_{0,y} = \sum_{a=0}^{6+} N_{a,y}\, fr_a W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \tag{20}$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1}\exp(-M_{a-1}) - C_{a-1,y-1}\exp(-M_{a-1}/2) \qquad (a=1,\ldots,5) \tag{21}$$

$$N_{6+,y} = N_{5,y-1}\exp(-M_5) - C_{5,y-1}\exp(-M_5/2) + N_{6+,y-1}\exp(-M_{6+}) - C_{6+,y-1}\exp(-M_{6+}/2) \tag{22}$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y}(1 - \exp(-F_{a,y}))\exp(-M_a/2) \tag{23}$$

2011～2016 年の将来予測において、再生産成功率(RPS)は 2005～2009 年の平均で 0.77、添加効率は 1995～2009 年の平均で 0.13 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、2005～2009 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、$N_{0,y}$ 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、2010 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 lc(cm)の平均 24cm における、t 月齢での漁業による死亡係数 $FI_{t,lc=24}$ 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 lccm に変化させたときの新たな漁業による死亡係数 $FI_{t,lc}$ は、$FI_{t,lc=24}$ に漁業による死亡係数が変化する倍率$(g_{lc}+h_{lc})/(g_{lc=24}+h_{lc=24})$を乗じ、以下の式で推定した。

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

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, σ^2）の l_c より大きい確率とした。

$$g_{lc} = \int_{l_c}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-L_t)^2}{2\sigma^2}\right) dx \quad (25)$$

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

$$h_{lc}= (1-g_{lc}) \times (1-SR) \quad (26)$$

$$h'_{lc}= (1-g_{lc}) \times SR \quad (27)$$

●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=0, m=10 のとき

$$N_{0,y,10} = \sum_{a=1}^{6+} N_{a,y,1}\, fr_a W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (28)$$

a=1,…,5, m=1 のとき

$$N_{a,y,1} = N_{a-1,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{a-1,y-1,12} \exp(-M/12/2) \quad (29)$$

a=6, m=1 のとき

$$\begin{aligned} N_{6+,y,1} &= N_{5,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{5,y-1,12} \exp(-M/12/2) \\ &+ N_{6+,y-1,12} \exp(-M/12) - C'_{6+,y-1,12} \exp(-M/12/2) \end{aligned} \quad (30)$$

m=2,…,12 のとき

$$N_{a,y,m} = N_{a,y,m-1}\exp(-M/12) - C'_{a,y,m-1}\exp(-M/12/2) \quad (31)$$

ここで、$C'_{a,y,m}$は以下の式で求めた。

$$C'_{a,y,m} = N_{a,y,m}(1-\exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m}))\exp(-M/2) \quad (32)$$

$F_{a,y,m}$、$F'_{a,y,m}$ 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。

$$F_{a,y,m} = g_{lc}/(g_{lc}+h_{lc})\, FI_{t,lc} \quad (33)$$

$$F'_{a,y,m} = h_{lc}/(g_{lc}+h_{lc}) FI_{t,lc} \quad (34)$$

y 年の 1 年間の漁獲量 CW_y は以下の式で求めた。

$$CW_y = \sum_a \sum_m N_{a,y,m} \frac{F_{a,y,m}}{F_{a,y,m} + F'_{a,y,m}}(1-\exp(-F_{a,y,m} - F'_{a,y,m}))\exp(-M/12/2) \quad (35)$$

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) 燧灘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灘別漁獲量（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	42	41	123	44	83	318	22	56	23	750	3,856
2010	46	34	111	43	82	318	31	72	24	761	

※ 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。
※ 2010年の漁獲量合計値は概数値、灘別漁獲量は推定値（2007-2009年の割合）。
※ 2007年以降の灘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	伊予	河原津	山口	上灘	泉佐野	東讃	庵治	杵築・日出	内海	日生	標準化CPUE
2000	0.61	0.60	1.03	0.71	0.31	0.15					0.28
2001	0.58	0.54	0.56	0.59	0.20	0.07					0.20
2002	0.90	0.22	0.38	0.74	0.31	0.07	1.14	0.42	0.14	1.25	0.19
2003	1.17	0.25	0.31	0.62	0.36	0.09	1.29	0.29	0.15	1.18	0.24
2004	0.91	0.43	0.45	0.24	0.30	0.05	1.68	0.37	0.25	1.09	0.20
2005	0.77	0.41	0.49	0.30	0.25	0.05	1.38	0.34	0.25	1.09	0.18
2006	1.10	0.49	0.39	0.25	0.34	0.05	1.26	0.60	0.23	0.50	0.23
2007	0.86	0.24	0.39	0.44	0.37	0.04	1.06	0.20	0.11	0.55	0.18
2008	0.86	0.30	0.27	0.68	0.18	0.03	0.90	0.19	0.06	0.87	0.15
2009	0.45	0.21	0.38	0.28	0.23	0.06	0.77	0.55	0.05	0.88	0.13
2010	0.61	0.37	0.24	0.35	0.18	0.04	0.66	0.55	0.06	1.17	0.15

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	91,551	292,253	320,943	82,890	18,847	7,769	7,268
1988	374,825	651,702	497,958	90,652	10,154	3,828	2,640
1989	517,353	1,058,155	427,263	70,101	16,763	6,522	6,561
1990	301,315	598,914	438,468	143,760	39,845	16,540	15,764
1991	288,656	855,934	600,647	94,783	28,003	11,145	10,972
1992	232,223	880,277	650,144	104,245	20,565	7,098	5,706
1993	232,566	878,736	652,769	104,031	19,442	6,752	5,711
1994	351,988	884,236	432,861	82,124	26,847	20,032	13,927
1995	602,126	1,178,854	562,518	121,872	28,571	8,346	5,455
1996	565,532	1,179,474	634,375	118,019	25,147	6,304	2,749
1997	298,802	743,647	565,718	122,470	32,901	11,976	9,945
1998	268,618	673,711	533,158	150,356	41,945	13,945	8,577
1999	265,528	690,502	547,974	161,010	42,898	13,833	13,995
2000	135,247	432,015	456,361	145,394	46,459	15,695	16,897
2001	194,729	560,503	515,021	151,136	43,346	15,234	11,252
2002	292,165	780,335	406,803	113,013	40,836	20,304	22,393
2003	211,903	676,161	456,497	105,015	28,297	13,913	15,680
2004	243,566	727,721	480,753	119,902	30,952	12,483	9,620
2005	168,603	594,787	535,950	119,224	34,021	14,660	8,758
2006	146,076	481,586	552,695	129,105	28,246	9,662	8,516
2007	250,693	510,780	420,067	108,928	29,731	12,497	12,428
2008	189,309	562,522	435,984	98,971	27,968	10,465	11,115
2009	144,454	400,177	323,971	101,711	28,441	13,162	11,736
2010	123,468	355,214	334,640	102,942	30,444	12,081	11,862

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	19	125	312	167	61	35	37
1988	74	261	452	171	31	16	13
1989	92	382	350	119	45	25	28
1990	40	162	269	183	81	46	51
1991	41	245	391	128	60	33	37
1992	31	240	402	134	42	20	19
1993	32	244	411	136	40	19	19
1994	51	258	287	113	59	61	48
1995	80	320	347	156	58	24	18
1996	74	315	385	148	50	18	9
1997	44	223	385	173	74	37	36
1998	42	213	383	224	100	46	32
1999	42	223	402	245	104	47	54
2000	23	151	361	239	122	57	70
2001	31	184	383	233	107	52	44
2002	47	256	303	175	101	69	88
2003	33	216	331	158	68	46	60
2004	37	222	334	173	71	40	35
2005	26	187	383	177	80	48	33
2006	23	156	407	197	69	33	33
2007	40	164	306	165	72	42	47
2008	30	182	321	151	68	35	43
2009	25	138	254	165	74	47	48
2010	21	125	268	171	81	44	50

表 6. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別資源尾数（尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	2,182,672	1,503,860	653,647	173,443	64,058	24,057	22,505
1988	2,875,356	1,930,598	850,270	203,701	55,994	30,745	21,204
1989	2,778,464	2,298,804	855,025	196,145	71,492	32,281	32,474
1990	2,942,558	2,072,125	776,753	260,092	83,542	37,967	36,185
1991	2,978,787	2,431,650	1,003,721	193,243	67,323	27,040	26,620
1992	2,626,078	2,477,330	1,046,914	220,577	60,307	25,302	20,340
1993	2,942,969	2,205,399	1,059,513	209,841	72,212	26,532	22,441
1994	3,569,616	2,498,144	861,882	216,813	64,540	36,202	25,169
1995	3,768,093	2,962,852	1,071,354	260,320	88,379	24,255	15,853
1996	3,207,247	2,905,857	1,159,341	302,672	86,212	40,222	17,540
1997	2,777,545	2,422,351	1,117,113	305,583	120,493	41,565	34,516
1998	2,559,831	2,281,454	1,136,155	333,413	118,815	60,013	36,911
1999	2,209,619	2,109,129	1,092,892	375,195	115,324	51,049	51,647
2000	2,082,569	1,788,208	952,454	330,870	136,779	47,680	51,332
2001	2,526,988	1,795,996	938,759	306,484	117,707	60,331	44,561
2002	2,519,321	2,149,813	834,555	246,290	94,955	49,041	54,086
2003	2,607,615	2,049,018	905,381	262,617	83,524	34,542	38,929
2004	2,467,135	2,207,865	920,743	271,928	102,310	36,904	28,440
2005	1,978,391	2,047,491	992,856	262,420	96,389	48,377	28,901
2006	2,019,706	1,667,568	989,228	267,966	90,013	41,420	36,507
2007	1,956,864	1,727,443	808,097	250,990	85,619	41,695	41,465
2008	1,570,936	1,568,714	826,931	231,914	90,457	37,210	39,521
2009	1,264,368	1,270,822	666,545	232,079	85,017	42,258	37,679
2010	1,042,182	1,030,429	587,464	210,548	82,794	37,873	37,187

表 7. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別資源量（トン）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	394	552	544	300	176	92	98
1988	520	708	708	352	154	117	93
1989	502	843	712	339	197	123	142
1990	532	760	647	449	230	145	158
1991	538	892	836	334	185	103	116
1992	475	909	872	381	166	97	89
1993	532	809	882	363	199	101	98
1994	645	917	718	375	178	138	110
1995	681	1,087	892	450	243	93	69
1996	580	1,066	966	523	237	153	77
1997	502	889	930	528	332	159	151
1998	463	837	946	576	327	229	161
1999	399	774	910	648	318	195	226
2000	376	656	793	572	377	182	224
2001	457	659	782	530	324	230	195
2002	455	789	695	426	261	187	236
2003	471	752	754	454	230	132	170
2004	446	810	767	470	282	141	124
2005	357	751	827	453	265	185	126
2006	365	612	824	463	248	158	159
2007	354	634	673	434	236	159	181
2008	284	576	689	401	249	142	173
2009	228	466	555	401	234	161	165
2010	188	378	489	364	228	145	162

表 8. ヒラメ瀬戸内海系群の年齢別漁獲係数

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳
1987	0.04	0.26	0.85	0.82	0.42	0.47	0.47
1988	0.15	0.50	1.15	0.73	0.24	0.16	0.16
1989	0.22	0.77	0.88	0.54	0.32	0.27	0.27
1990	0.11	0.41	1.08	1.04	0.82	0.71	0.71
1991	0.11	0.53	1.20	0.85	0.67	0.66	0.66
1992	0.10	0.54	1.29	0.80	0.51	0.40	0.40
1993	0.09	0.63	1.27	0.87	0.38	0.35	0.35
1994	0.11	0.53	0.88	0.58	0.67	1.04	1.04
1995	0.18	0.63	0.95	0.79	0.47	0.51	0.51
1996	0.20	0.64	1.02	0.61	0.42	0.20	0.20
1997	0.12	0.44	0.90	0.63	0.38	0.41	0.41
1998	0.12	0.42	0.80	0.75	0.53	0.32	0.32
1999	0.13	0.48	0.88	0.70	0.57	0.38	0.38
2000	0.07	0.33	0.82	0.72	0.51	0.49	0.49
2001	0.08	0.45	1.03	0.86	0.56	0.35	0.35
2002	0.13	0.55	0.84	0.77	0.70	0.66	0.66
2003	0.09	0.49	0.89	0.63	0.50	0.64	0.64
2004	0.11	0.49	0.94	0.72	0.44	0.50	0.50
2005	0.09	0.41	1.00	0.76	0.53	0.44	0.44
2006	0.08	0.41	1.06	0.83	0.46	0.32	0.32
2007	0.14	0.42	0.94	0.71	0.52	0.43	0.43
2008	0.13	0.54	0.96	0.69	0.45	0.40	0.40
2009	0.13	0.46	0.84	0.72	0.50	0.45	0.45
2010	0.13	0.52	1.10	0.85	0.56	0.47	0.47

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	2,157	0.35	1,043	2,014,178	168,494	1.93
1988	1,017	2,652	0.38	1,212	2,755,029	120,327	2.27
1989	1,042	2,858	0.36	1,308	2,604,750	173,714	1.99
1990	832	2,921	0.28	1,417	2,703,004	239,554	1.91
1991	936	3,005	0.31	1,341	2,768,811	209,976	2.06
1992	888	2,988	0.30	1,354	2,306,856	319,223	1.70
1993	901	2,984	0.30	1,390	2,665,411	277,557	1.92
1994	876	3,080	0.28	1,308	3,302,315	267,301	2.52
1995	1,002	3,515	0.29	1,487	3,234,266	533,827	2.18
1996	999	3,602	0.28	1,663	2,781,380	425,867	1.67
1997	972	3,490	0.28	1,808	2,409,332	368,213	1.33
1998	1,039	3,539	0.29	1,933	2,315,304	244,527	1.20
1999	1,118	3,470	0.32	1,983	1,902,278	307,341	0.96
2000	1,023	3,180	0.32	1,873	1,683,977	398,592	0.90
2001	1,033	3,176	0.33	1,796	1,920,695	606,293	1.07
2002	1,039	3,050	0.34	1,587	1,988,125	531,196	1.25
2003	911	2,963	0.31	1,500	1,799,180	808,435	1.20
2004	911	3,039	0.30	1,540	1,366,386	1,100,749	0.89
2005	934	2,965	0.31	1,598	1,244,233	734,158	0.78
2006	918	2,829	0.32	1,587	1,210,775	808,931	0.76
2007	835	2,670	0.31	1,462	1,233,284	723,580	0.84
2008	831	2,513	0.33	1,432	1,103,193	467,743	0.77
2009	750	2,211	0.34	1,324	931,872	332,496	0.70
2010	761	1,954	0.39	1,215			

表 10. ヒラメ瀬戸内海系群の 0 歳と 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）

	補正無し混入率		標識	補正済み混入率		添加効率
放流年	0歳	1歳	装着率	0歳	1歳	(0歳)
1995	0.17	0.13	1.00	0.17	0.13	0.13
1996	0.17	0.13	1.00	0.17	0.13	0.11
1997	0.17	0.13	1.00	0.17	0.13	0.09
1998	0.21	0.18	1.00	0.21	0.18	0.06
1999	0.25	0.20	0.98	0.25	0.21	0.07
2000	0.19	0.21	1.00	0.19	0.21	0.09
2001	0.24	0.17	1.00	0.24	0.17	0.14
2002	0.20	0.20	0.96	0.21	0.21	0.15
2003	0.27	0.19	0.88	0.31	0.22	0.20
2004	0.38	0.27	0.85	0.45	0.32	0.22
2005	0.31	0.24	0.84	0.37	0.28	0.14
2006	0.29	0.24	0.71	0.40	0.33	0.16
2007	0.21	0.23	0.57	0.37	0.41	0.15
2008	0.18	0.18	0.61	0.30	0.30	0.11
2009	0.20	0.17	0.77	0.26	0.22	0.09
2010	0.20					

表 11. 6 月のピーク時の稚魚採集数（400m^2 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
2011	6.7	0	3.3

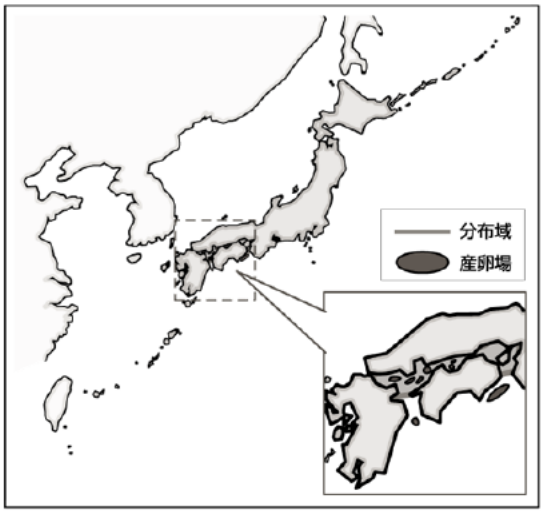


図 1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

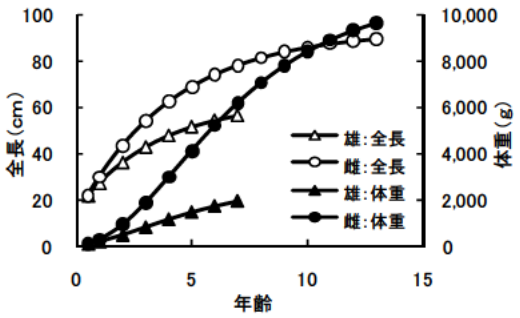


図 2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

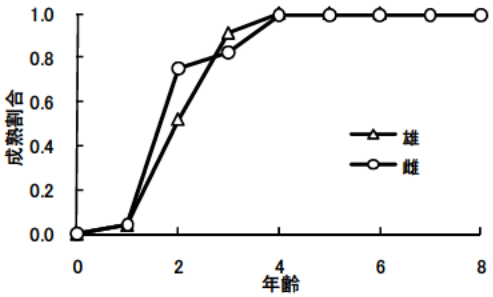


図 3. 年齢別成熟割合

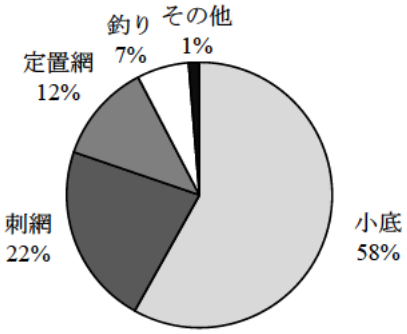


図 4. 2010 年の漁法別漁獲量の割合

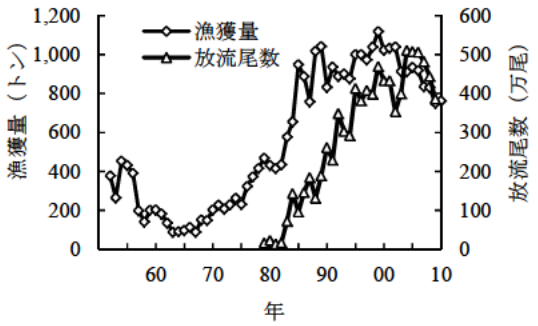


図 5. 漁獲量と放流尾数の推移

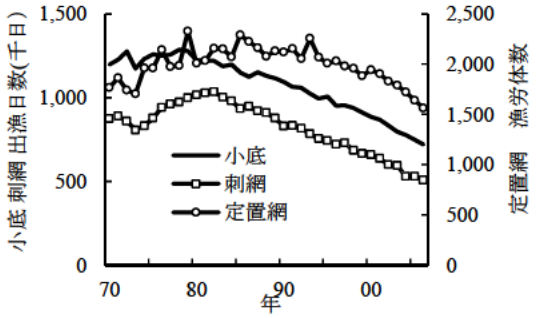


図 6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の努力量の推移

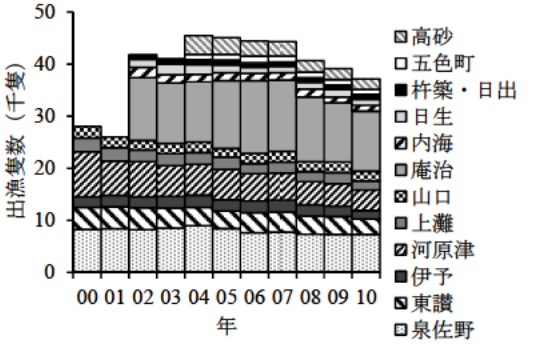


図 7. 標本船・標本漁協の小底出漁隻数の推移

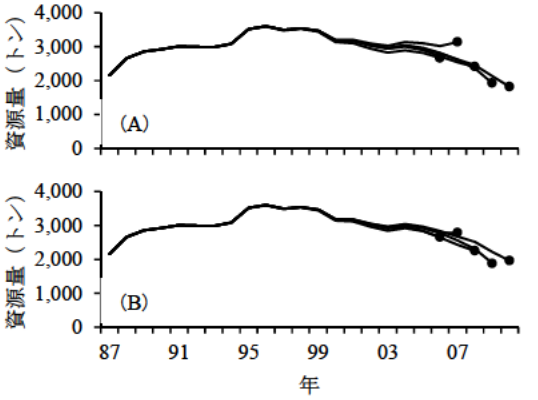


図 8. レトロスペクティブ解析結果
(A)選択率を過去 3 年の平均と仮定。
(B)選択率を過去 5 年の平均と仮定。

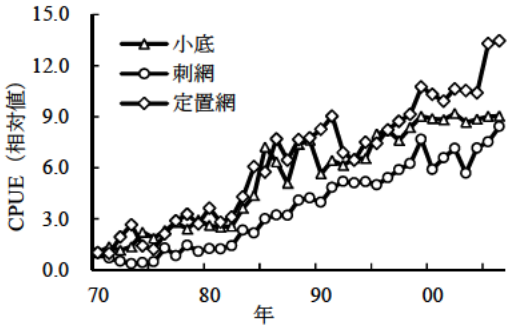


図 9. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の CPUE の推移

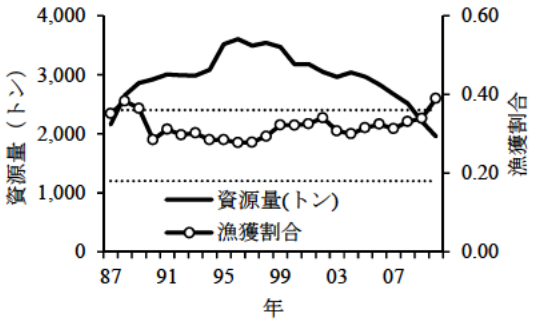


図 13. 資源量と漁獲割合の推移　点線で区分された領域のうち上側が高位、中央が中位、下側が低位の水準を示す

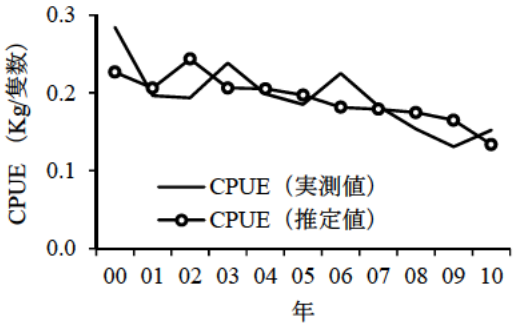


図 10. 小底の標本船・標本漁協 CPUE

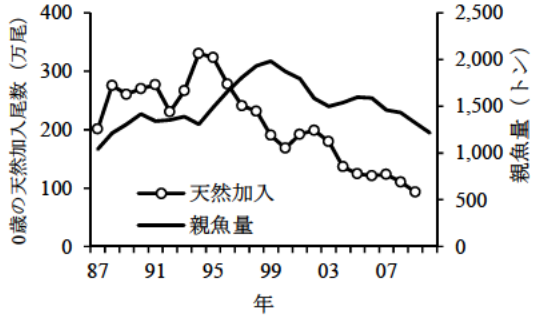


図 14. 親魚量と天然魚加入量の関係

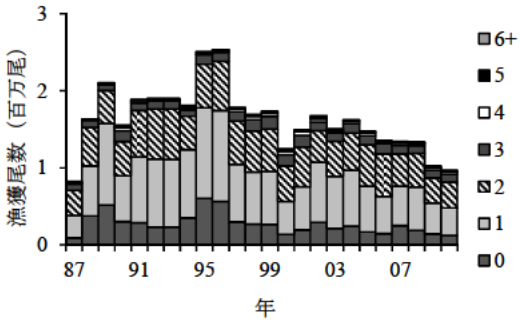


図 11. 年齢別漁獲尾数の推移

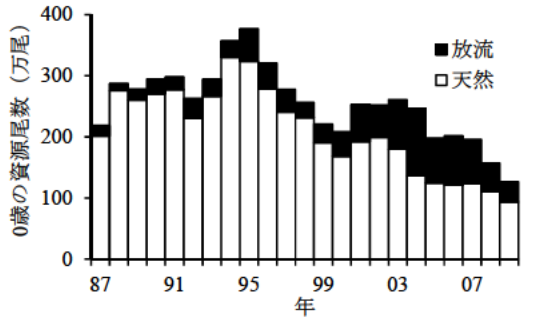


図 15.　0 歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

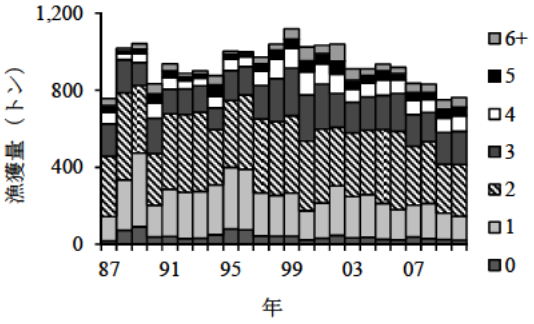


図 12. 年齢別漁獲量の推移

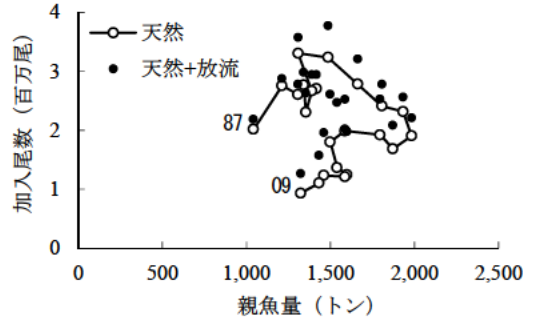


図 16. 再生産関係

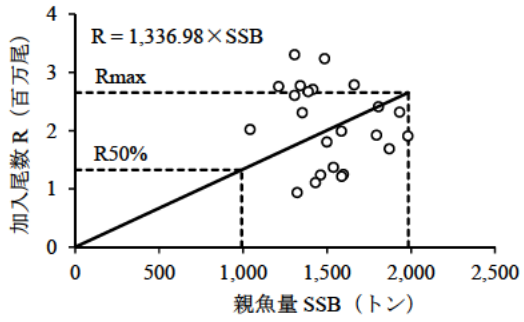


図 17. Blimit の設定、プロットは親魚量と天然の加入尾数の関係を示す

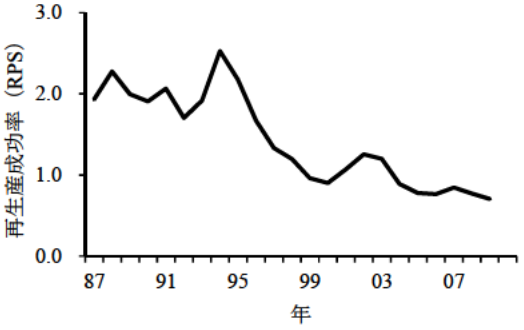


図 18. 再生産成功率の推移

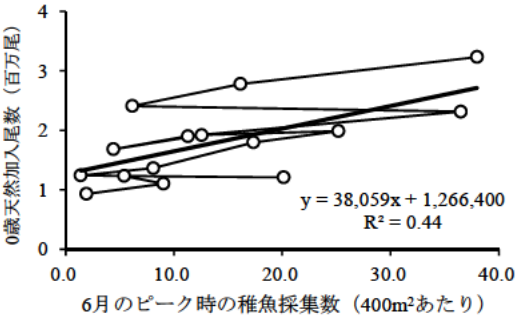


図 19. 6 月のピーク時の稚魚採集数と天然の 0 歳資源尾数の関係

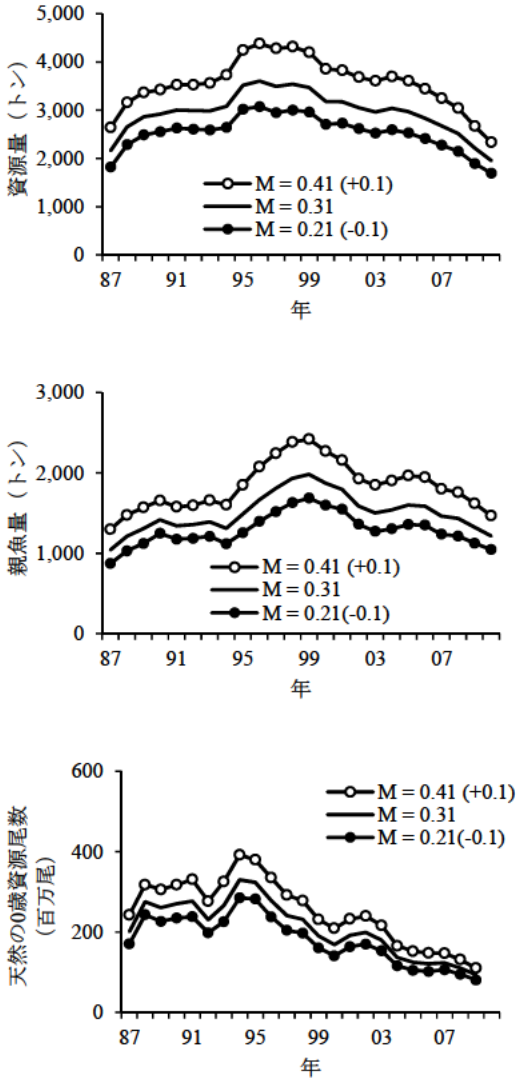


図 20. 自然死亡係数の値による、資源量、親魚量、天然の 0 歳資源尾数の感度解析

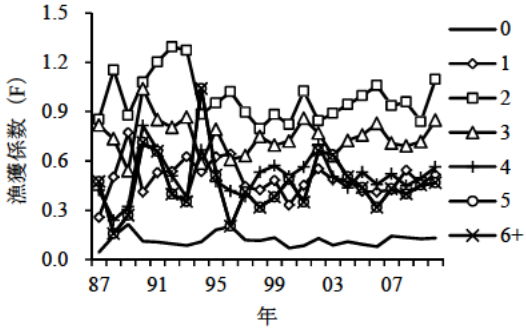


図 21. 年齢別漁獲係数の推移

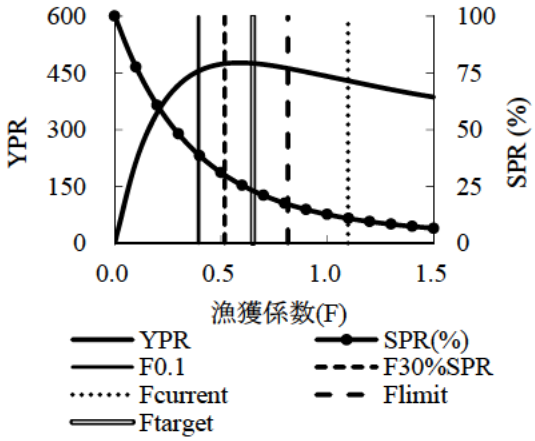


図 22. 漁獲係数と YPR、SPR(%)の関係括弧内は漁獲係数の値を示す。

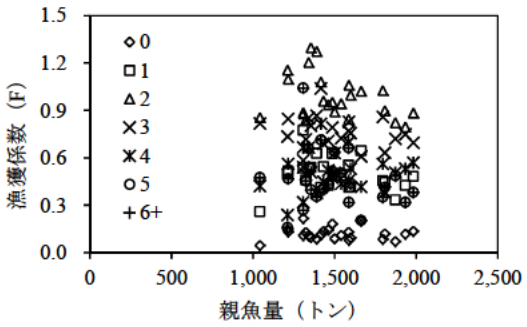


図 23. 親魚量と漁獲係数の関係

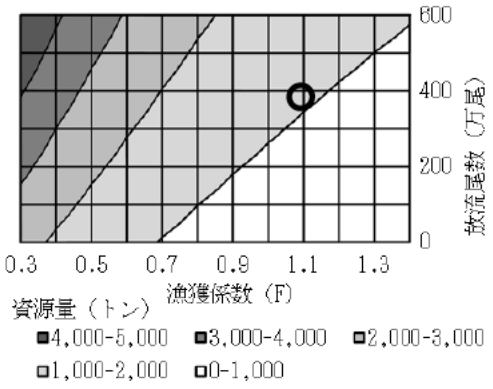


図 24. 2012～2016 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2016 年の資源量（トン）の等量線図　黒の円は現状の F と放流尾数のレベル。

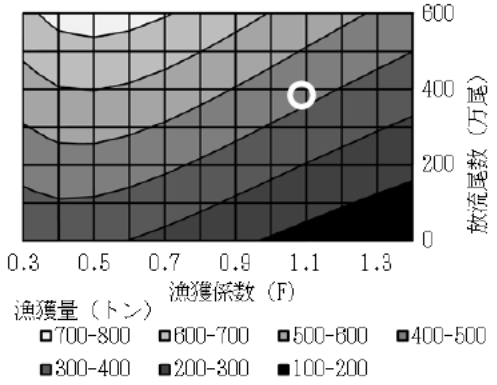


図 25. 2012～2016 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの 2016 年の漁獲量（トン）の等量線図　白の円は現状の F と放流尾数のレベル。

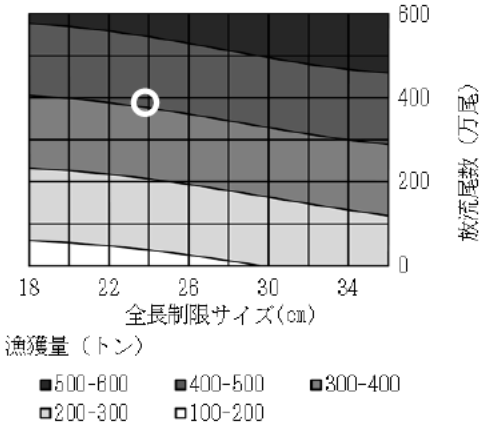


図 26. 2012～2016 年にかけて全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの 2016 年の漁獲量の等量線図　白の円は現状の F と放流尾数のレベル。

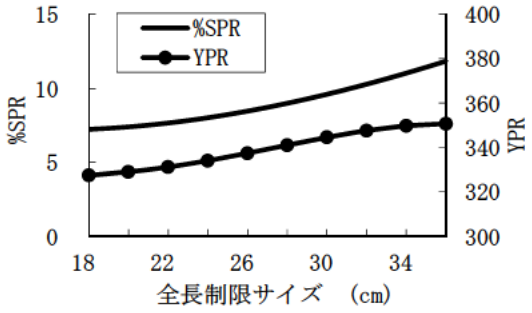


図 27. Flimit での全長制限サイズによる%SPR と YPR の変化

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	0.56	0.41	0.01				0.01	0.22	0.74	0.03				0.33	0.67
360～ 380		0.40	0.59	0.02				0.00	0.12	0.82	0.05	0.01			0.24	0.76
380～ 400		0 31	0.64	0.05					0.09	0.80	0.10			0.00	0.31	0.69
400～ 420		0.15	0.79	0.06					0.09	0.68	0.22	0.01			0.44	0.56
420～ 440		0.08	0.83	0.08					0.08	0.48	0.40	0.03	0.01		0.65	0.35
440～ 460		0.05	0.89	0.05	0.00				0.06	0.40	0.40	0.10	0.03	0.01	0.79	0.21
460～ 480		0.08	0.81	0.10	0.00				0.05	0.37	0.42	0.14	0.02		0.82	0.18
480～ 500		0.11	0.70	0.19	0.00				0.04	0.11	0.30	0.30	0.11	0.15	0.89	0.11
500～ 520		0.05	0.56	0.38	0.02					0.14	0.48	0.24	0.10	0.03	0.86	0.14
520～ 540		0.05	0.40	0.50	0.04	0.01				0.18	0.41	0.06	0.29	0.06	0.87	0.13
540～ 560		0.01	0.21	0.73	0.05					0.06	0.39	0.22	0.22	0.11	0.85	0.15
560～ 580		0.01	0.16	0.69	0.11	0.02					0.46	0.46		0.08	0.87	0.13
580～ 600		0.03	0.03	0.66	0.25	0.03					0.09	0.55	0.09	0.27	0.86	0.14
600～ 620			0.04	0.55	0.37	0.02	0.01			0.09	0.27	0.45	0.18		0.88	0.12
620～ 640			0.02	0.55	0.35	0.07	0.02					0.60	0.40		0.92	0.08
640～ 660				0.39	0.48	0.11	0.02				0.17	0.33	0.33	0.17	0.88	0.12
660～ 680				0.24	0.38	0.29	0.09								1.00	0.00
680～ 700			0.03	0.27	0.32	0.22	0.16					0.33		0.67	0.93	0.08
700～ 720				0.06	0.44	0.34	0.16					1.00			0.97	0.03
720～ 740				0.06	0.29	0.12	0.53								0.94	0.06
740～ 760				0.06	0.29	0.29	0.35								1.00	0.00
760～ 780				0.06	0.17	0.28	0.50								1.00	0.00
780～ 800						0.36	0.64								1.00	0.00
800～ 820							1.00								1.00	0.00
820～ 840				0.17		0.33	0.50								1.00	0.00
840～ 860						0.38	0.63								1.00	0.00
860～ 880							1.00								1.00	0.00
880～ 900						0.25	0.75								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