

平成 24 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：和歌山県水産試験場、大阪府立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 年代後半から高水準で、1990 年代後半には 3,000 トンを越えるレベルであった。しかし、2000 年以降は減少傾向で、2011 年の資源量は 1,888 トンだった。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 958 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（2011 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 2010 年には 302 万尾の人工種苗が放流され、0 歳の放流魚の混入率は 0.29、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は 0.11 と推定された。

	2013 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	445 トン	Fsus	0.69	30%
ABCtarget	373 トン	0.8Fsus	0.55	25%

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
2010	2,085	751	0.74	36%
2011	1,888	734	0.92	39%
2012	1,638	-	-	-

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
2012 年加入量	2011 年親魚量と 2006～2010 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（2000～2011 年：大阪、香川、愛媛、山口、2002～2011 年：岡山、大分、2004～2011 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、2010 年の放流尾数は 302 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 10%、14%（2009 年）で、瀬戸内海の魚類漁獲量、生産額の 0.8%、1.9%（2009 年）だった。また、2004 年度に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、小型魚混獲回避のための漁具改良や種苗放流などの措置が実施されていた。資源回復計画は 2011 年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、2012 年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続して実施されている。

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 $L_t(\text{cm})$ 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、2010 年は 751 トン、2011 年は 734 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）。

農林水産統計で努力量の集計が行われなくなった 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 2011 年の努力量は、44,347 隻と 35,650 隻で、これらの集計でも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

1987～2011 年までの 25 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。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、チューニングにより推定した（平松 2001）。最近年の年齢別の選択率は、昨年度の資源評価と同様に、過去 5 年（2005～2009 年）の平均に等しいと仮定し、1～4 歳の漁獲係数を推定した。相対資源量の指標は、2002～2011 年までの 10 年間の標本船と標本漁協の CPUE (kg/出漁隻数) を使用した。CPUE に含まれる季節や場所など年以外の要因は、一般化線形モデルで標準化を行い取り除いた。（庄野 2004）（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 1980 年代から 90 年代にかけて、増加傾向が見られる。小底や刺網では 2000 年以降横ばいの傾向で推移している。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 倍であった（表 2、図 8）。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 9）。

(3) 漁獲物の年齢組成

1995～2011 年に河原津、1994～2011 年に伊予、上灘、徳山、2000～2011 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、1998～2011 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、2006～2011 年に弓削の定置網による全長組成を計測した。また、1996～2011 年に伊吹、大浜、仁尾で定置網の漁獲物の全長組成と年齢組成を調べた。

昨年度までは、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、瀬戸内海の灘別統計から求めた海域・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ていた。灘別統計は 2006 年以降、統計局による集計が行われなくなったが、昨年度の資源評価では、2006～2009 年まで市町村別の漁獲量を積算し、灘別漁獲量を推定していた。しかし、2010 年の近畿農政局統計部が集計した漁獲統計では、和歌山県、大阪府、兵庫県の県別のヒラメ・カレイ類の総漁獲量の情報しかない。

また、2012 年 7 月 27 日現在で、中国四国、九州農政局管内の県では 2010 年の統計自体が集計されていない。このため、市町村別漁獲量などから灘別漁獲統計の推定することが不可能であった。また、2006～2009 年に使用した灘別統計も、市町村合併の影響で、二つの灘を含む市町村があり、正確に算定できていない海域も存在する。このため、今年度の資源評価から公式の統計値がない 2006 年に溯り、県別漁法別漁獲量を使用し、年齢別漁獲尾数の推定を行った。

1994～2005 年は、昨年までと同様に、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。2006～2011 年は、瀬戸内海の県別・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、県・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 1995～2011 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 1996～2005 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もので、中部海域の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 2 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 10、11 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 1990 年代後半が 3,000 トンを越えるレベルであったが、2000 年以降は減少傾向で、2011 年の資源量は 1,888 トンだった（表 6、7、図 12）。漁獲割合は、0.29～0.39 の範囲で推移している（図 12）。2011 年の 2 歳の漁獲係数は 0.92 だった。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）。年齢別資源量（表 7）とメスの年齢別成熟割合（図 3）から算出した親魚量は、1999 年に最大の 1,915 トンに達したが、2011 年は 1,253 トンで 2/3 に減少している（表 9、図 13）。昨年度までと今年度で年齢別漁獲尾数の計算方法などが異なるので、両者の資源量を比較した結果、および、過去に溯り県別の漁獲量データを使用し資源量を推定した結果を図 14 に示す。資源量の増減傾向はほぼ同じであった。資源量の点推定値のうち、1987～1990 年にかけての違いは全長階級値と体重の値の変更したことによる。また、1990～2005 年にかけて昨年の計算結果の方が大きく推定されている。1990 年以前の体重の情報の変更に加え、チューニングに使用する CPUE の情報が増加したこと、2006 年以降の年齢別漁獲尾数の計算方法が異なることによると考えられる。

1994～2010 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（図 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($\sigma=5.73$)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。混入率は昨年度まで、瀬戸内海の東部、中部、西部ごとに求め、灘別統計より求めた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。上述したように、灘別統計の推定が不可能であることから、漁獲量による重み付けをしない、海域別の混入率の平均を瀬戸内海全体の値とした。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より入手した、大阪、兵庫、岡山、山口、愛媛の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0.16～0.41で、2010年級群は0.29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 $\times$ 0歳の初期資源尾数 $\div$ 放流尾数）を求めたところ、1995～2010年の間、平均0.15で0.10～0.21の範囲を推移し、2010年は0.11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30万～100万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ため、添加効率を1995～1999年の平均0.14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。

$$R = 1,293.4 \times SSB \quad (6)$$

この式より求まる過去の最大親魚量1,915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958トンを当面のBlimitとした（図17）。なお、ABC算定のシミュレーションでは、最大親魚量の1,915トンを越える状況にはなっていない。また、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0.58～2.65の範囲で平均1.36だった。再生産成功率は1990年代後半に境に、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0歳魚の採集尾数（400m²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。2012年の天然0歳魚の採集尾数は、直近5年間では比較的高い水準にある。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1990年代後半が3,000トンを越えるレベルであったが、2000年以降は減少傾向を示した。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12）。2011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、9、10）。

(6) 資源と漁獲の関係

図 21 に年齢別漁獲係数の経年変化を示す。図 22 に親魚量と漁獲係数の関係を示す。図 23 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）。2 歳の漁獲係数で代表した、現状の F 値は 0.92 で F30%SPR 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 2010 年の種苗放流尾数は 302 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。2013 年から 5 年間放流尾数と漁獲圧を変化させ、期待される 2017 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、2011 年と 2012 年は 2010 年の放流尾数 302 万尾、2013 年以降 0～600 万尾の範囲で変化させた。2012 年の漁獲係数は 2011 年と同一の値で、2013 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 2017 年の資源量と漁獲量の等量線図である。今後、放流尾数を減少させたとしても、同時に漁獲圧を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尾数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. 2013 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。2000 年以降、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（2011 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 F_{sus} とした。なお、同様に資源水準を維持する管理基準である F_{med} を使用した場合、RPS が低水準の過去 5～10 年の情報を用いるのが適切と考えられる。しかし、この間の毎年の平均放流尾数は 430 万尾であるが、直近の 2010 年は 302 万尾に減少している。このため、天然＋放流の加入尾数から F_{med} を計算すると種苗放流による添加を過大に扱い、天然のみの加入尾数で F_{med} を計算すると種苗放流による添加を過小に扱ってしまう。 F_{med} で ABC を算定しても、本系群では、種苗放流による添加が将来資源に与える影響を適切に評価できないと考えられる。

2012 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）、2006～2010 年の平均値 0.66 とした。漁獲圧は 2012 年が 2011 年の年齢別漁獲係数に等しく、2013 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、2011 年以降も 2010 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 302 万尾、添加効率を 1995～2009 年の平均 0.15 とした。2013 年から F_{limit} で漁獲を続けたときの資源量と親魚量、漁獲量の推移を図 26 に示す。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 F_{target} は、安全率を標準値の $\alpha = 0.8$ と設定した。

	2013 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC $_{limit}$	445 トン	F_{sus}	0.69	30%
ABC $_{target}$	373 トン	$0.8F_{sus}$	0.55	25%

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。

漁獲シナリオ		漁獲量（トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
長期的に現状の資源水準を維持	管理基準							
	F_{sus}	734	604	445	489	500	494	499
		資源量（トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
長期的に現状の資源水準を維持	管理基準							
	F_{sus}	1,888	1,638	1,498	1,573	1,602	1,617	1,639

		資源量 (トン)						
F	基準値	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.09	0.1Fcurrent	1,888	1,638	1,498	2,162	2,952	3,825	4,795
0.18	0.2Fcurrent	1,888	1,638	1,498	2,054	2,666	3,306	3,998
0.28	0.3Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,953	2,415	2,872	3,354
0.37	0.4Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,859	2,194	2,507	2,830
0.46	0.5Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,771	1,999	2,199	2,404
0.55	0.6Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,688	1,827	1,939	2,055
0.64	0.7Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,611	1,675	1,718	1,768
0.73	0.8Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,539	1,540	1,531	1,531
0.83	0.9Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,471	1,420	1,371	1,335
0.92	1.0Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,407	1,314	1,234	1,172
1.01	1.1Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,348	1,219	1,116	1,036
1.10	1.2Fcurrent	1,888	1,638	1,498	1,292	1,134	1,014	921
		漁獲量 (トン)						
0.09	0.1Fcurrent	734	604	73	116	156	189	230
0.18	0.2Fcurrent	734	604	141	211	271	317	375
0.28	0.3Fcurrent	734	604	205	289	355	401	461
0.37	0.4Fcurrent	734	604	265	353	414	453	505
0.46	0.5Fcurrent	734	604	320	404	455	482	522
0.55	0.6Fcurrent	734	604	372	444	480	495	521
0.64	0.7Fcurrent	734	604	421	476	495	497	509
0.73	0.8Fcurrent	734	604	467	500	502	490	489
0.83	0.9Fcurrent	734	604	509	518	502	479	465
0.92	1.0Fcurrent	734	604	550	531	498	464	440
1.01	1.1Fcurrent	734	604	587	540	490	447	414
1.10	1.2Fcurrent	734	604	622	545	480	429	389
		親魚量 (トン)						
0.09	0.1Fcurrent	1,253	1,034	885	1,459	2,166	2,882	3,615
0.18	0.2Fcurrent	1,253	1,034	885	1,369	1,919	2,434	2,947
0.28	0.3Fcurrent	1,253	1,034	885	1,285	1,703	2,064	2,414
0.37	0.4Fcurrent	1,253	1,034	885	1,206	1,514	1,756	1,986
0.46	0.5Fcurrent	1,253	1,034	885	1,133	1,348	1,499	1,641
0.55	0.6Fcurrent	1,253	1,034	885	1,065	1,203	1,285	1,363
0.64	0.7Fcurrent	1,253	1,034	885	1,001	1,075	1,107	1,138
0.73	0.8Fcurrent	1,253	1,034	885	942	963	956	955
0.83	0.9Fcurrent	1,253	1,034	885	887	864	830	806
0.92	1.0Fcurrent	1,253	1,034	885	835	777	724	683
1.01	1.1Fcurrent	1,253	1,034	885	786	700	634	583
1.10	1.2Fcurrent	1,253	1,034	885	741	632	558	500

(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、2017年に2011年の資源量、漁獲量を上回る確率を推定した。種苗は2011年以降毎年302万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 (F _{current} との比較)	漁獲割合	将来漁獲量		評価		2013 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 (F _{sus})	0.69 (0.75 F _{current})	30%	454～ 547 トン	498 トン	0% (3%)	0% (0%)	445 トン
基準値での漁獲 の予防的措置 (αF 基準値)	0.55 (0.60 F _{current})	25%	476～ 572 トン	522 トン	98% (100%)	0% (3%)	373 トン
						2013 年算定漁獲量	
現状の漁獲圧の 維持(F _{current})	0.92 (1.00 F _{current})	38%	396～ 493 トン	440 トン	0% (0%)	0% (0%)	550 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。 ・ F _{current} は 2011 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
1987-2011 年 0 歳漁獲尾数	資源量推定値
2010 年漁獲量確定値	資源量推定値、2010 年漁獲量、2010 年混入率
2011 年全長組成	2011 年年齢別漁獲尾数
2011 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
2010 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)
2011 年 (当初)	0.7F _{current}	0.85	1,393	518	395	
2011 年 (2011 年再評価)	F _{sus}	0.81	1,619	548	463	
2011 年 (2012 年再評価)	F _{sus}	0.69	1,888	585	491	734
2012 年 (当初)	F _{sus}	0.81	1,427	436	367	
2012 年 (2012 年再評価)	F _{sus}	0.69	1,638	490	410	
2011 年 (当初) は 1～6+歳の資源量の積算値で、それ以外 0～6+歳の資源量の積算値 2012 年再評価では近年の年齢別漁獲尾数の推定方法を変更している						

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

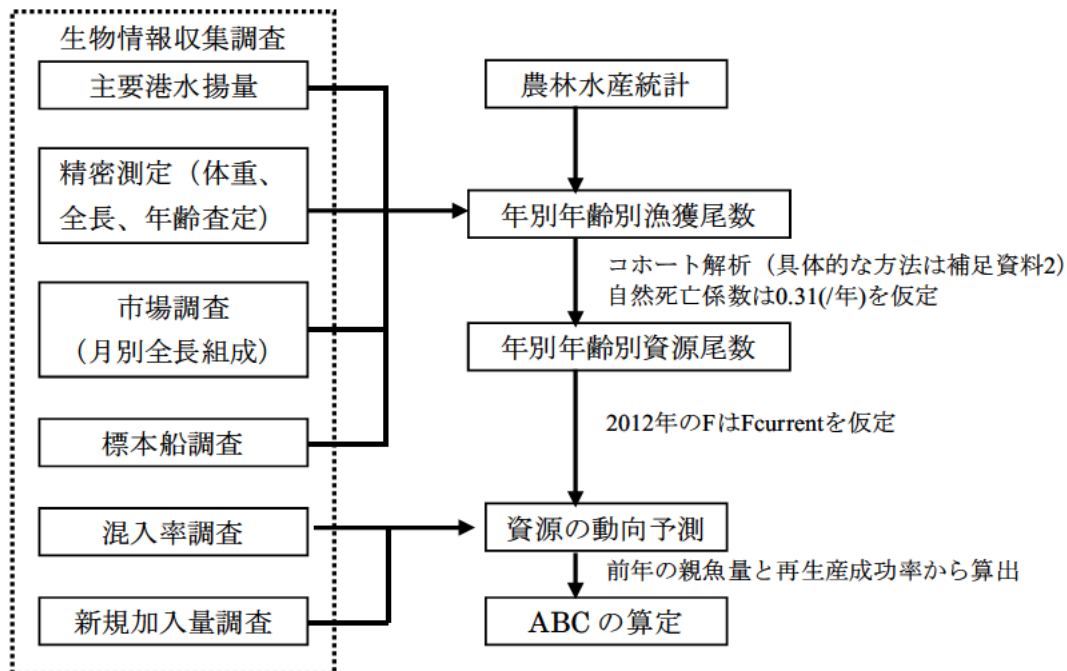
小さく、他海域よりも小型魚が多く漁獲されていると考えられる。そこで、 $F_{current}$ のもとで、全長制限サイズを 18～36cm、放流尾数を 0～600 万尾に変化させたときの、2017 年の漁獲量をシミュレーションで予測した（図 27）。同一年齢の 1 年間に再放流後、再度入網する可能性があるため、資源量の将来予測は、ABC の算定のように 1 年間隔での解析ではなく、1 ヶ月間隔で行い、2017 年の 1～12 月に全長制限サイズ以上で漁獲される量を推定した。放流尾数が 300 万尾のとき、全長制限サイズを 24cm から 28cm に引き上げることで、2017 年に 20 トンの漁獲量の増大が見込まれた。また、図 28 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、27 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。とくに種苗放流尾数は 2008 年と 2010 年で 140 万尾も減少していることから、瀬戸内海のヒラメの資源水準を維持するためには、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、定置網 (2006 年以降)、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) (1996-2005 年)

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。

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

a 歳、 y 年の漁獲係数 $F_{a,y}$ は、

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

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。

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

$$N_{6+,y} = \frac{C_{6+,y}}{C_{5,y}} N_{5,y} \quad (10)$$

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2011} = \frac{C_{a,2011}}{1 - \exp(-F_{a,2011})} \exp(M_a / 2) \quad (11)$$

で求めた。最近年の漁獲係数は $F_{5,2011}$ を未知パラメータとし $F_{6+,2011}=F_{5,2011}$ 、また $F_{0,2011} \sim F_{4,2011}$ は、選択率が過去 5 年の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,2011} = \frac{\sum_{b=1}^5 F_{a,2011-b}}{\sum_{b=1}^5 F_{5,2011-b}} F_{5,2011} \quad (12)$$

y 年における対数変換した CPUE の観測値 $\ln(u_y)$ は、次のような正規分布の確率変数であると仮定した。

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

$$s_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{\text{Max}_a F_{a,y}} \quad (14)$$

$$\varepsilon_y \sim N(0, \sigma^2) \quad (15)$$

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 、 $F_{5,2011}$ 、 σ^2 は最尤法で推定した。

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

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)、 $M_1 \sim M_{6+}$ 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)	130	329	823	1,696	2,775	3,735	4,395

(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。

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

$$SPR = \sum_{a=0}^8 f_r S_a W_a \quad (18)$$

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

ここで、 f_r 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。

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

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

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

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

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

2012～2017 年の将来予測において、再生産成功率(RPS)は 2006～2010 年の平均で 0.66、添加効率は 1995～2010 年の平均で 0.15 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、2006～2010 年の再生産成功率と、1995～2010 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、2011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_{l_c} 、再放流後に死亡する個体の割合 h_{l_c} 、生残する個体の割合 h'_{l_c} 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 $l_{\text{cnew}}(\text{cm})$ に変化させたときの新たな漁業による死亡係数 $FI_{t,l_{\text{cnew}}}$ は、 $FI_{t,l_c 24}$ に漁業による死亡係数が変化する倍率 $(g_{l_{\text{cnew}}}+h_{l_{\text{cnew}}})/(g_{l_c 24}+h_{l_c 24})$ を乗じ、以下の式で推定した。

$$FI_{t,l_{\text{cnew}}} = (g_{l_{\text{cnew}}}+h_{l_{\text{cnew}}})/(g_{l_c 24}+h_{l_c 24}) FI_{t,l_c 24} \quad (24)$$

g_{l_c} 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。

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

h_{l_c} と h'_{l_c} 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。

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

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

●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

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

$a=1, \dots, 5, m=1$ のとき

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

$a=6, m=1$ のとき

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

$m=2, \dots, 12$ のとき

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

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（2005 年以前）と県別（2006 年以降）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)
1955	8	2	79	90	74		15	79	84			431	
1960	0	0	18	10	19		13	66	77			203	
1965	11	1	18	3	13		14	37	1			98	
1970	15	1	10	13	88		6	49	21			203	
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
	和歌山	大阪	兵庫	岡山	広島	山口	徳島	香川	愛媛	福岡	大分		
2006	26	8	130	28	65	46	36	125	410	1	44	918	5,062
2007	13	8	118	33	72	35	31	100	383	1	41	835	4,817
2008	17	6	106	32	122	28	23	108	350	1	39	831	4,440
2009	13	7	119	31	109	29	24	102	288	1	27	750	3,856
2010	12	5	124	30	97	31	28	90	301	1	32	751	3,015
2011	14	7	116	32	103	31	27	93	275	1	36	734	

※ 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。

※ 2011年の漁獲量合計値は概数値。

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					
2001	0.58	0.54	0.56	0.59	0.20	0.07					
2002	0.90	0.22	0.38	0.74	0.31	0.07	1.14	0.42	0.14	1.25	0.26
2003	1.17	0.25	0.31	0.62	0.36	0.09	1.29	0.29	0.15	1.18	0.29
2004	0.91	0.43	0.45	0.24	0.30	0.05	1.68	0.37	0.25	1.09	0.28
2005	0.77	0.41	0.49	0.30	0.25	0.05	1.38	0.34	0.25	1.09	0.26
2006	1.10	0.49	0.39	0.25	0.34	0.05	1.26	0.60	0.23	0.50	0.28
2007	0.86	0.24	0.39	0.44	0.37	0.04	1.06	0.20	0.11	0.55	0.19
2008	0.86	0.30	0.27	0.68	0.18	0.03	0.90	0.19	0.06	0.87	0.17
2009	0.45	0.21	0.38	0.28	0.23	0.06	0.77	0.55	0.05	0.88	0.17
2010	0.61	0.37	0.24	0.35	0.18	0.04	0.66	0.55	0.06	1.17	0.20
2011	0.52	0.36	0.45	0.17	0.20	0.02	0.85	0.50	0.08	1.35	0.19

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	合 計
1987	139,805	410,927	453,434	118,575	28,353	12,046	9,951	1,173,090
1988	599,547	927,857	733,080	136,695	16,390	6,074	3,811	2,423,454
1989	854,082	1,558,990	652,805	107,582	26,652	10,874	9,688	3,220,673
1990	503,140	1,048,334	602,791	90,174	16,378	6,659	5,435	2,272,911
1991	322,932	579,803	435,552	144,437	41,551	17,594	15,142	1,557,012
1992	306,668	843,760	594,638	95,369	28,803	12,073	10,740	1,892,051
1993	243,637	873,965	644,752	105,546	21,392	7,088	5,942	1,902,322
1994	375,332	863,745	429,590	83,070	27,928	19,981	12,025	1,811,671
1995	647,409	1,136,929	558,020	121,478	29,601	9,165	6,517	2,509,120
1996	604,864	1,143,615	628,703	118,692	24,936	6,083	2,536	2,529,428
1997	320,742	725,539	560,982	122,356	32,060	12,553	9,679	1,783,910
1998	288,243	657,778	528,459	150,325	41,481	14,374	8,040	1,688,699
1999	284,319	675,491	543,291	161,089	42,479	14,220	12,975	1,733,863
2000	143,757	427,871	452,214	145,582	45,598	15,668	16,433	1,247,122
2001	207,692	552,078	510,525	151,248	42,798	15,245	10,490	1,490,076
2002	311,884	762,746	403,487	113,052	40,860	20,460	21,424	1,673,915
2003	226,106	665,145	452,256	104,941	28,360	14,183	14,993	1,505,984
2004	260,737	713,391	476,811	120,078	30,582	12,431	9,119	1,623,148
2005	180,414	588,380	531,392	119,202	33,707	14,654	8,300	1,476,050
2006	131,497	467,403	518,335	128,425	29,142	12,425	10,235	1,297,462
2007	220,589	460,263	383,372	111,146	33,005	14,140	12,817	1,235,333
2008	150,223	394,352	407,567	115,413	32,022	11,760	12,627	1,123,965
2009	128,236	334,079	312,528	106,630	32,563	13,507	12,066	939,608
2010	101,031	284,225	288,586	107,639	34,355	14,092	12,844	842,773
2011	117,892	285,430	280,647	104,419	34,836	14,300	12,131	849,656

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	合計
1987	16	114	315	170	66	38	37	757
1988	64	238	469	180	35	18	13	1,017
1989	80	355	372	126	51	28	29	1,042
1990	49	248	357	110	33	18	17	832
1991	38	165	309	211	99	57	57	936
1992	32	216	380	126	62	35	37	888
1993	26	227	418	141	47	21	21	901
1994	43	241	299	119	66	63	45	876
1995	69	295	362	162	65	27	23	1,002
1996	64	294	404	157	54	18	9	999
1997	38	205	397	178	77	40	37	972
1998	35	196	393	230	104	49	32	1,039
1999	36	206	413	253	109	49	53	1,118
2000	19	139	367	244	125	58	71	1,023
2001	26	169	392	239	111	53	43	1,033
2002	40	237	313	181	107	72	89	1,039
2003	28	200	340	163	72	48	60	911
2004	31	206	344	179	74	41	35	911
2005	22	174	392	181	84	49	33	934
2006	17	143	396	202	75	43	42	918
2007	28	143	297	178	86	50	53	835
2008	20	124	320	187	85	42	53	831
2009	17	109	254	179	89	50	52	750
2010	14	96	244	187	98	54	58	751
2011	16	96	235	180	98	54	54	734

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	合 計
1987	2,903,683	2,074,243	892,277	225,474	76,063	28,826	23,812	6,224,379
1988	4,163,931	2,551,019	1,166,064	264,961	63,538	31,397	19,697	8,260,607
1989	3,400,651	3,274,428	1,072,727	226,074	76,928	32,467	28,926	8,112,200
1990	2,709,198	2,323,725	1,062,148	226,450	73,380	33,485	27,328	6,455,714
1991	2,945,616	2,021,734	803,386	261,489	88,545	39,677	34,147	6,194,593
1992	2,682,033	2,413,688	983,200	215,222	67,766	29,240	26,010	6,417,159
1993	2,909,368	2,185,555	1,044,186	210,704	75,887	24,942	20,909	6,471,550
1994	3,527,656	2,456,422	851,444	212,457	63,876	37,222	22,400	7,171,477
1995	3,751,389	2,901,596	1,058,357	255,482	84,383	22,844	16,244	8,090,295
1996	3,208,948	2,846,860	1,150,386	297,010	83,009	36,417	15,184	7,637,813
1997	2,768,341	2,386,100	1,104,621	303,882	115,775	39,402	30,380	6,748,501
1998	2,554,916	2,251,842	1,125,121	328,325	117,668	57,281	32,038	6,467,191
1999	2,217,216	2,085,711	1,084,856	371,142	111,628	50,607	46,176	5,967,335
2000	2,081,874	1,777,163	948,161	328,997	133,746	45,334	47,547	5,362,822
2001	2,529,439	1,787,169	934,223	306,890	116,176	58,849	40,496	5,773,242
2002	2,542,147	2,139,613	835,304	246,817	95,156	48,389	50,670	5,958,096
2003	2,614,549	2,051,166	912,963	266,000	83,876	34,668	36,647	5,999,870
2004	2,442,352	2,200,618	931,737	281,102	104,849	37,108	27,220	6,024,986
2005	1,980,227	2,008,058	999,811	273,835	102,951	50,551	28,631	5,444,063
2006	1,949,534	1,657,907	965,859	276,954	98,383	46,490	38,297	5,033,423
2007	1,786,814	1,676,565	813,160	263,282	92,776	47,052	42,649	4,722,297
2008	1,531,356	1,440,394	832,917	267,005	97,553	39,645	42,569	4,251,439
2009	1,299,802	1,271,804	716,507	260,765	96,627	43,981	39,290	3,728,775
2010	1,141,024	1,078,796	644,719	256,888	99,574	42,842	39,049	3,302,892
2011	1,107,861	958,114	546,154	224,846	95,875	43,465	36,872	3,013,186

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	合計
1987	396	683	734	382	211	108	105	2,619
1988	568	840	960	449	176	117	87	3,197
1989	464	1,079	883	383	214	121	127	3,270
1990	369	765	874	384	204	125	120	2,842
1991	402	666	661	444	246	148	150	2,716
1992	366	795	809	365	188	109	114	2,747
1993	397	720	860	357	211	93	92	2,729
1994	481	809	701	360	177	139	98	2,766
1995	511	956	871	433	234	85	71	3,163
1996	437	938	947	504	230	136	67	3,259
1997	377	786	909	515	321	147	134	3,190
1998	348	742	926	557	327	214	141	3,254
1999	302	687	893	630	310	189	203	3,214
2000	284	585	780	558	371	169	209	2,957
2001	345	589	769	521	322	220	178	2,943
2002	347	705	688	419	264	181	223	2,825
2003	356	676	751	451	233	129	161	2,758
2004	333	725	767	477	291	139	120	2,851
2005	270	661	823	464	286	189	126	2,819
2006	266	546	795	470	273	174	168	2,692
2007	244	552	669	447	257	176	187	2,532
2008	209	474	686	453	271	148	187	2,428
2009	177	419	590	442	268	164	173	2,233
2010	156	355	531	436	276	160	172	2,085
2011	151	316	450	381	266	162	162	1,888

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	0.05	0.26	0.90	0.95	0.57	0.67	0.67
1988	0.16	0.55	1.33	0.92	0.36	0.26	0.26
1989	0.30	0.81	1.24	0.81	0.52	0.50	0.50
1990	0.21	0.75	1.09	0.63	0.30	0.26	0.26
1991	0.12	0.41	1.00	1.04	0.80	0.73	0.73
1992	0.13	0.53	1.23	0.73	0.69	0.66	0.66
1993	0.09	0.63	1.28	0.88	0.40	0.40	0.40
1994	0.12	0.53	0.89	0.61	0.72	0.99	0.99
1995	0.20	0.61	0.96	0.81	0.53	0.63	0.63
1996	0.22	0.63	1.02	0.63	0.43	0.22	0.22
1997	0.13	0.44	0.90	0.64	0.39	0.47	0.47
1998	0.12	0.42	0.80	0.77	0.53	0.35	0.35
1999	0.14	0.48	0.88	0.71	0.59	0.40	0.40
2000	0.07	0.33	0.82	0.73	0.51	0.52	0.52
2001	0.09	0.45	1.02	0.86	0.56	0.36	0.36
2002	0.14	0.54	0.83	0.77	0.70	0.68	0.68
2003	0.09	0.48	0.87	0.62	0.50	0.65	0.65
2004	0.12	0.48	0.91	0.69	0.42	0.50	0.50
2005	0.10	0.42	0.97	0.71	0.48	0.41	0.41
2006	0.07	0.40	0.99	0.78	0.43	0.37	0.37
2007	0.14	0.39	0.80	0.68	0.54	0.43	0.43
2008	0.11	0.39	0.85	0.70	0.48	0.43	0.43
2009	0.11	0.37	0.71	0.65	0.50	0.44	0.44
2010	0.10	0.37	0.74	0.67	0.52	0.49	0.49
2011	0.12	0.43	0.92	0.78	0.55	0.49	0.49

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	2,619	0.29	1,316	2,645,954	257,730	2.01
1988	1,017	3,197	0.32	1,503	3,979,878	184,053	2.65
1989	1,042	3,270	0.32	1,483	3,134,937	265,714	2.11
1990	832	2,842	0.29	1,451	2,342,773	366,424	1.61
1991	936	2,716	0.34	1,431	2,624,434	321,182	1.83
1992	888	2,747	0.32	1,351	2,193,747	488,286	1.62
1993	901	2,729	0.33	1,363	2,484,814	424,554	1.82
1994	876	2,766	0.32	1,269	3,118,790	408,866	2.46
1995	1,002	3,163	0.32	1,439	3,094,031	657,357	2.15
1996	999	3,259	0.31	1,595	2,624,689	584,259	1.65
1997	972	3,190	0.30	1,739	2,314,392	453,949	1.33
1998	1,039	3,254	0.32	1,863	1,953,629	601,288	1.05
1999	1,118	3,214	0.35	1,915	1,625,860	591,356	0.85
2000	1,023	2,957	0.35	1,816	1,619,877	461,997	0.89
2001	1,033	2,943	0.35	1,748	1,915,975	613,464	1.10
2002	1,039	2,825	0.37	1,555	1,890,356	651,791	1.22
2003	911	2,758	0.33	1,484	1,756,034	858,515	1.18
2004	911	2,851	0.32	1,545	1,440,281	1,002,070	0.93
2005	934	2,819	0.33	1,625	1,215,216	765,011	0.75
2006	918	2,692	0.34	1,619	1,109,617	839,917	0.69
2007	835	2,532	0.33	1,511	1,114,162	672,652	0.74
2008	831	2,428	0.34	1,511	976,140	555,216	0.65
2009	750	2,233	0.34	1,427	927,579	372,223	0.65
2010	751	2,085	0.36	1,377	804,588	336,436	0.58
2011	734	1,888	0.39	1,253			

表 10. ヒラメ瀬戸内海系群の 0 歳の混入率と標識装着率、添加効率

放流年	補正無し 混入率	標識 装着率	補正済み 混入率	添加効率 (0歳)
1995	0.18	1.00	0.18	0.16
1996	0.18	1.00	0.18	0.15
1997	0.16	1.00	0.16	0.11
1998	0.24	1.00	0.24	0.15
1999	0.24	0.92	0.27	0.13
2000	0.22	1.00	0.22	0.11
2001	0.24	1.00	0.24	0.14
2002	0.23	0.90	0.26	0.18
2003	0.30	0.90	0.33	0.21
2004	0.36	0.87	0.41	0.20
2005	0.34	0.88	0.39	0.15
2006	0.33	0.76	0.43	0.17
2007	0.25	0.67	0.38	0.14
2008	0.21	0.59	0.36	0.13
2009	0.24	0.82	0.29	0.10
2010	0.22	0.74	0.29	0.11
2011	0.04			

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
2011	6.7	0	3.3
2012	11.5	5.8	8.6

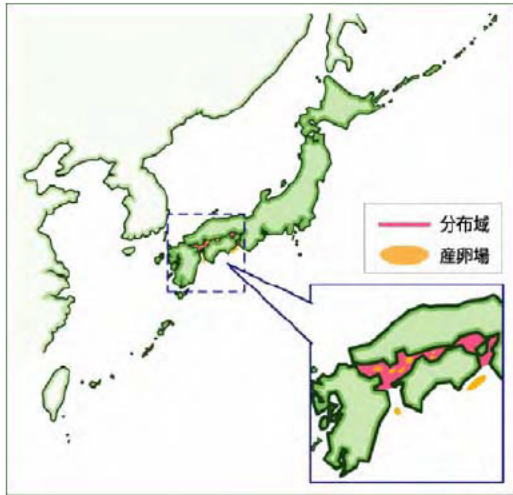


図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

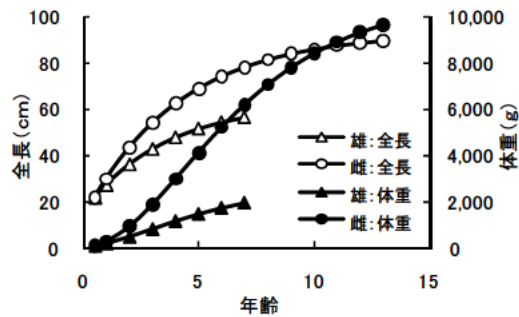


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

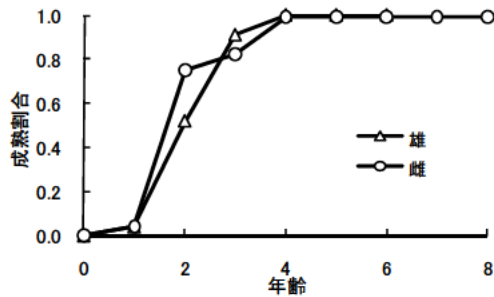


図3. 年齢別成熟割合

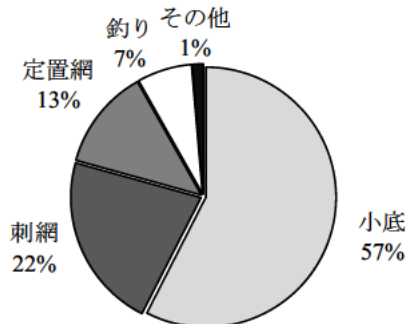


図4. 2010年の漁法別漁獲量の割合

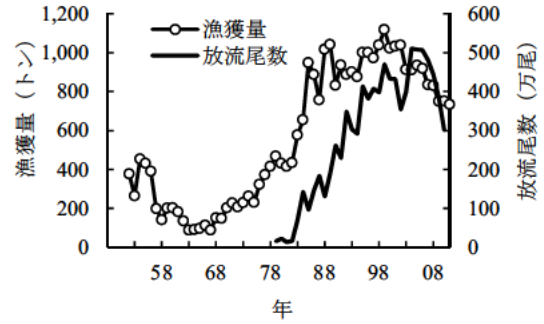


図5. 漁獲量と放流尾数の推移

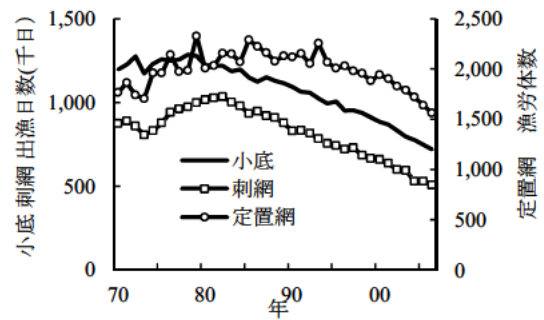


図6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の努力量の推移

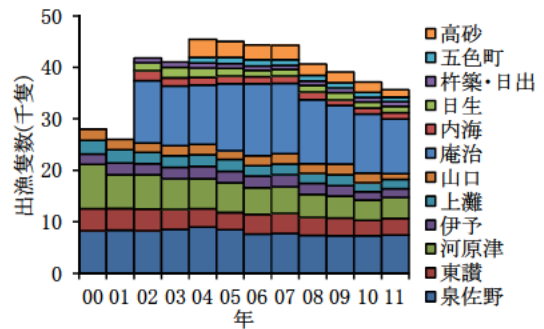


図7. 標本船・標本漁協の小底出漁隻数の推移

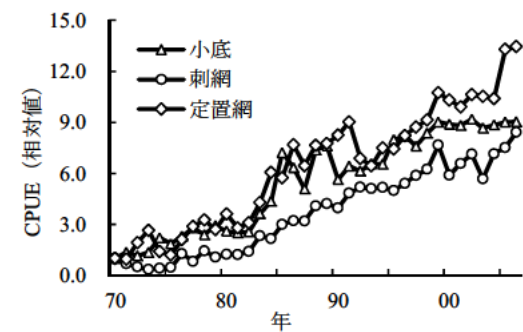


図8. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網のCPUEの推移

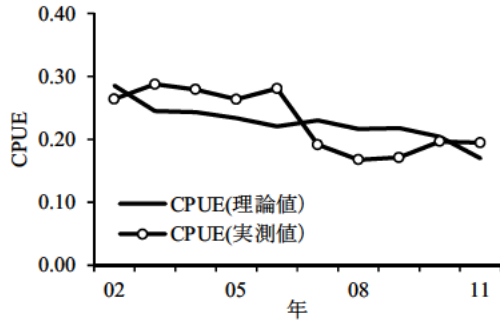


図9. 小底の標本船・標本漁協CPUE

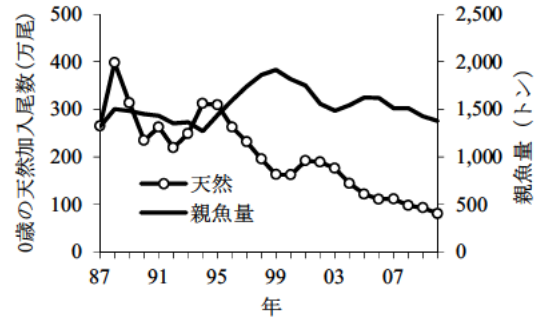


図13. 親魚量と天然魚加入量の関係

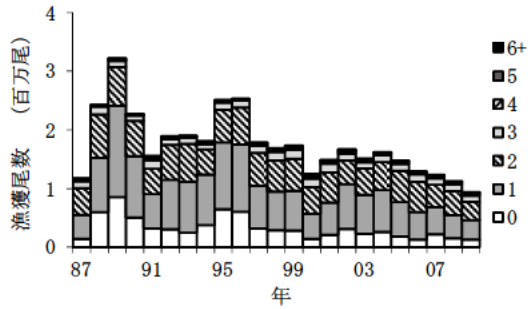


図10. 年齢別漁獲尾数の推移

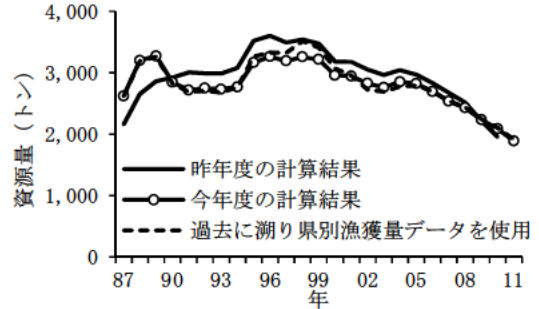


図14. 昨年度と今年度の資源量推定結果および、過去に溯り県別の漁獲量データを使用し資源量を推定した場合の比較

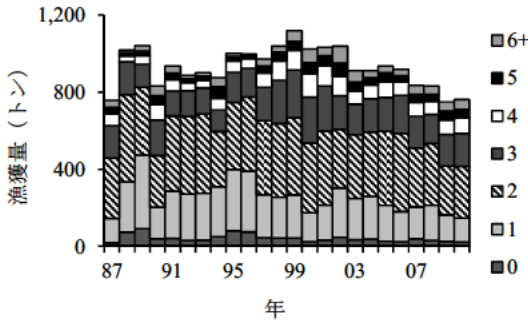


図11. 年齢別漁獲量の推移

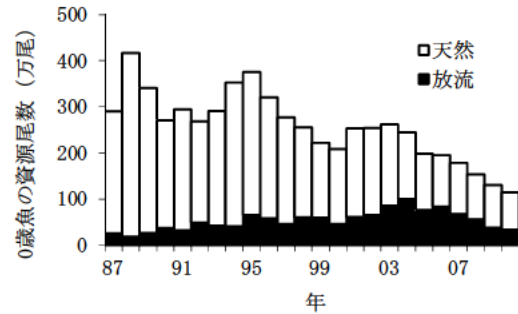


図15. 0歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

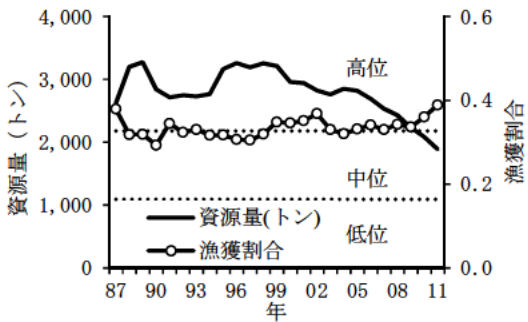


図12. 資源量と漁獲割合の推移 点線で区分された領域のうち上側が高位、中央が中位、下側が低位の水準を示す。

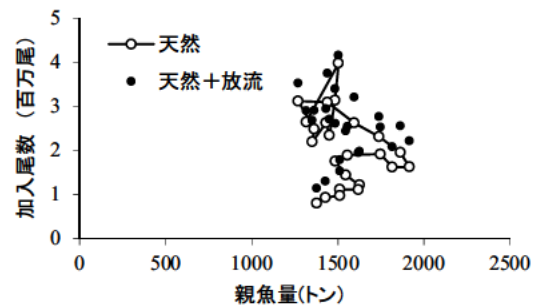


図16. 再生産関係

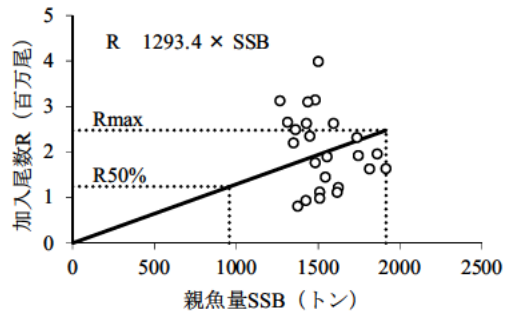


図 17. Blimit の設定、プロットは親魚量と天然の加入尾数の関係を示す

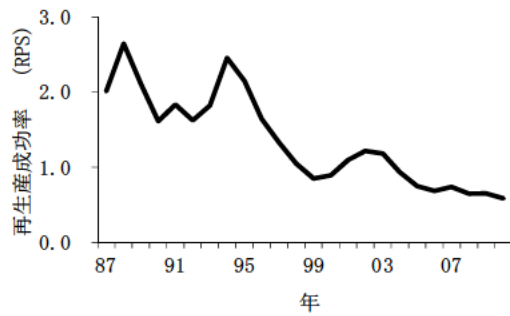


図 18. 再生産成功率の推移

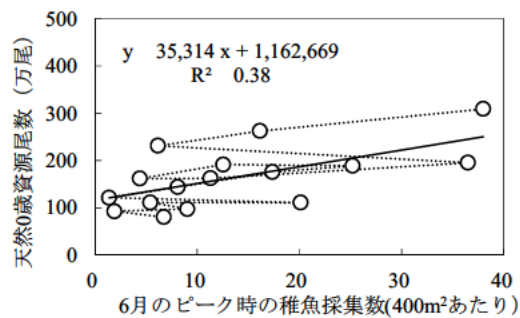


図 19. 6 月のピーク時の稚魚採集数と天然の 0 歳資源尾数の関係

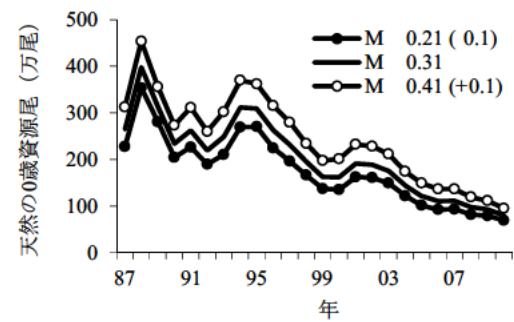
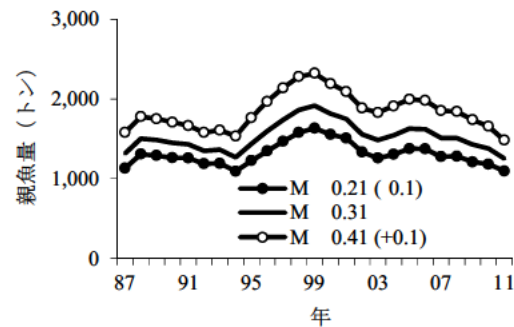
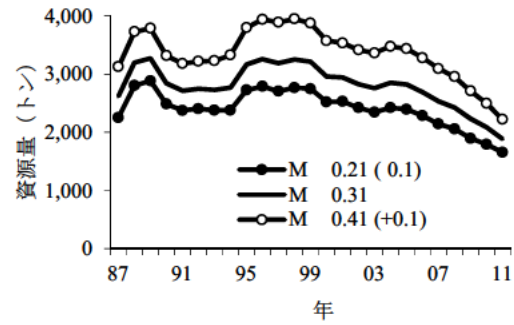


図 20. 自然死亡係数の値による、資源量、親魚量、天然の 0 歳資源尾数の感度解析

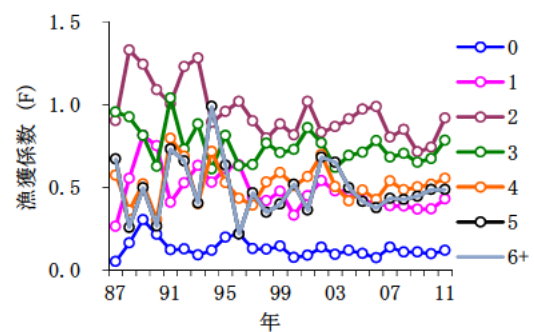


図 21. 年齢別漁獲係数の推移

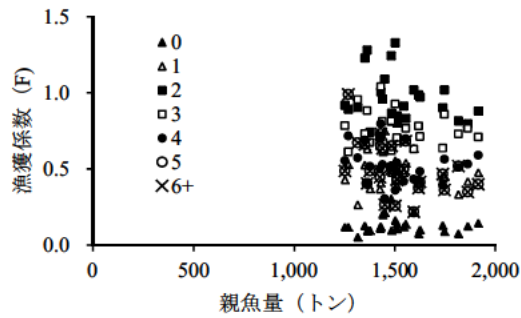


図 22. 親魚量と漁獲係数の関係

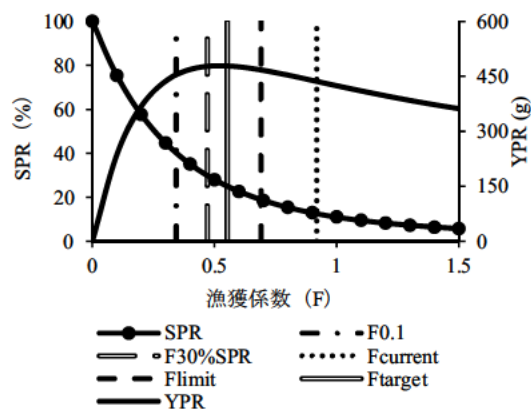


図 23. 漁獲係数と YPR、SPR(%)の関係

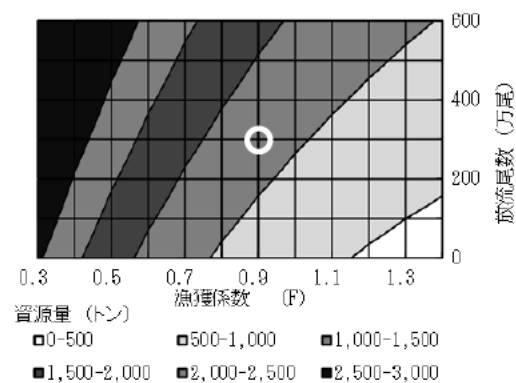


図 24. 2013～2017 年にかけて漁獲王と放流尾数を変化させたときの 2017 年の資源量(トン)の等量線図 白の円は現状の F と放流尾数のレベル。

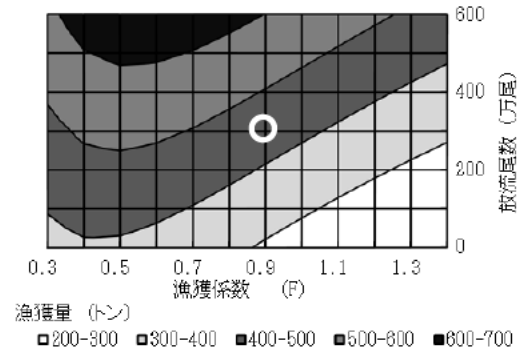


図 25. 2013～2017 年にかけて漁獲王と放流尾数を変化させたときの 2017 年の漁獲量(トン)の等量線図 白の円は現状の F と放流尾数のレベル。

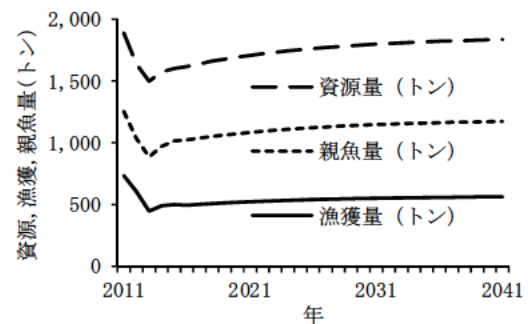


図 26. 2013 年から Flimit で漁獲を続けたときの資源量と親魚量、漁獲量の推移

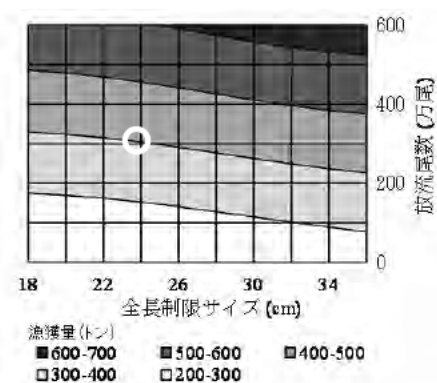


図 27. 2013～2017 年にかけて全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの 2017 年の漁獲量の等量線図 白の円は現状の F と放流尾数のレベル。

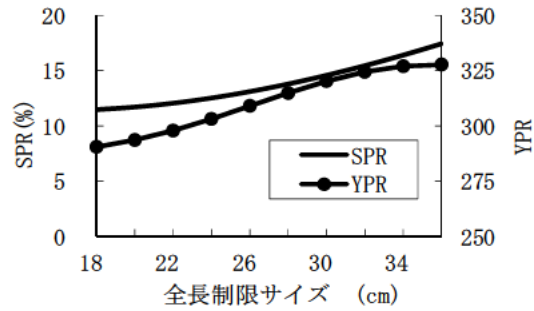


図 28. Flimit での全長制限サイズによる%SPR と YPR の変化

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	0.64	0.36						0.73	0.27						0.50	0.50
160～ 180	0.84	0.16						0.62	0.38						0.42	0.58
180～ 200	0.73	0.27						0.70	0.30						0.42	0.58
200～ 220	0.64	0.36						0.53	0.46	0.01					0.47	0.53
220～ 240	0.38	0.59		0.01				0.33	0.67						0.46	0.54
240～ 260	0.26	0.71	0.04					0.23	0.72	0.05					0.45	0.55
260～ 280	0.32	0.63	0.05					0.14	0.70	0.15					0.48	0.52
280～ 300	0.17	0.72	0.11					0.08	0.71	0.20	0.01				0.41	0.59
300～ 320	0.15	0.68	0.16					0.09	0.57	0.34	0.00				0.43	0.57
320～ 340	0.08	0.65	0.26					0.02	0.39	0.57	0.02				0.40	0.60
340～ 360	0.03	0.57	0.39	0.01				0.01	0.23	0.73	0.03				0.33	0.67
360～ 380		0.41	0.57	0.02				0.00	0.12	0.82	0.05	0.01			0.25	0.75
380～ 400		0.32	0.63	0.05					0.11	0.79	0.10			0.00	0.31	0.69
400～ 420		0.18	0.77	0.06					0.09	0.68	0.22	0.01			0.44	0.56
420～ 440		0.09	0.83	0.08					0.08	0.48	0.40	0.03	0.01		0.65	0.35
440～ 460		0.06	0.88	0.06	0.00				0.05	0.42	0.41	0.09	0.02	0.01	0.78	0.22
460～ 480		0.08	0.81	0.11	0.00				0.05	0.40	0.42	0.12	0.02		0.81	0.19
480～ 500		0.11	0.69	0.20	0.00				0.03	0.17	0.34	0.26	0.09	0.11	0.87	0.13
500～ 520		0.07	0.55	0.36	0.02					0.14	0.42	0.25	0.14	0.03	0.84	0.16
520～ 540		0.05	0.40	0.50	0.04	0.01				0.15	0.50	0.05	0.25	0.05	0.86	0.14
540～ 560		0.01	0.22	0.72	0.04					0.05	0.42	0.21	0.21	0.11	0.85	0.15
560～ 580		0.01	0.18	0.68	0.11	0.02					0.50	0.40		0.05	0.82	0.18
580～ 600		0.03	0.04	0.66	0.24	0.03					0.23	0.46	0.08	0.23	0.84	0.16
600～ 620			0.06	0.56	0.36	0.02	0.01			0.08	0.23	0.38	0.15		0.87	0.13
620～ 640			0.02	0.56	0.35	0.06	0.02					0.60	0.40		0.93	0.07
640～ 660				0.39	0.49	0.10	0.02				0.17	0.33	0.33	0.17	0.89	0.11
660～ 680				0.25	0.40	0.28	0.08								0.95	0.05
680～ 700			0.02	0.24	0.32	0.27	0.15					0.25		0.75	0.91	0.09
700～ 720				0.05	0.43	0.35	0.16					1.00			0.97	0.03
720～ 740				0.05	0.33	0.19	0.43								0.95	0.05
740～ 760				0.05	0.37	0.26	0.32								1.00	0.00
760～ 780				0.05	0.14	0.33	0.48								1.00	0.00
780～ 800						0.38	0.62								1.00	0.00
800～ 820							1.00								1.00	0.00
820～ 840				0.14		0.29	0.57								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