

平成 21 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研究部、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県水産試験場、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内海研究部、福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所、大分県農林水産研究センター水産試験場、大分県農林水産研究センター水産試験場浅海研究所、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所(東予駐在)、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

瀬戸内海におけるヒラメの漁獲量は、1970 年代前半まで 200 トン前後で、1970 年代後半から 1980 年代にかけて増加し、1998 年に 1,118 トンに達したが、2008 年は概数値で 836 トンに減少している。資源量は 1980 年代後半から 2,000～3,000 トンで推移しているが、近年減少傾向である。漁獲量、CPUE の推移とコホート解析の結果から資源状態は高位、減少であると判断した。1 歳の初期資源尾数と混入率、種苗放流数から推定した添加効率は 0.07～0.14 で、種苗放流が天然の加入群に対し毎年 40 万～60 万尾程度底上げになっているものと考えられる。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ため、ABC 算定のための基本規則 1 3) (2)に基づいて ABC を算出した。現状の漁獲係数と比較した、2014 年に 2008 年の資源水準を維持する漁獲係数(0.9Fcurrent)を資源管理基準とした。

	2010 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	711 トン	0.9Fcurrent	0.93	39%
ABCtarget	626 トン	0.9・0.9Fcurrent	0.85	36%

漁獲割合は ABC／資源量、F 値は選択率が 1.0 である 2 歳の漁獲係数

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2007	2,125	835	1.01	39%
2008	2,022	836	1.08	41%
2009	1,920			

水準：高位 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（和歌山～大分(11)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
2009 年加入量	2008 年産卵親魚量と 1998～2008 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（2000～2008 年：大阪、香川、愛媛、山口、2002～2008 年：岡山、大分、2004～2008 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 20 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。瀬戸内海のヒラメの漁獲量及び生産額は、全国のヒラメの 12%、15%（2006 年）で、瀬戸内海の魚類漁獲量、生産額の 0.5%、2.3%（2006 年）であった。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、2007 年の種苗放流尾数は 482 万尾であった。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 トン前後であったが、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、その後徐々に減少に転じ、2007 年は 835 トン、2008 年は概数値で 836 トンであった(表 1、図 5)。また、遊漁による採捕量は 1997 年 1～12 月における調査では 7 トンで(農林水産省統計情報部 1998)、漁獲量 972 トンの 0.7%であった。

(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 倍であった。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 統で横ばいであったが、その後減少傾向で、2006 年の漁労体数は 1,562 統であった（表 2、図 6）。

小底標本船（大分、山口）と小底標本漁協（泉佐野、日生、牛窓、東讃、内海、河原津、上灘、伊予）の合計の努力量（出漁隻数）は、2002 年が 44,406 回で、2008 年が 40,040 回で 0.9 倍に減少した（図 7）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1987～2008 年までの 22 年間の年別年齢別漁獲尾数と、2000～2008 年までの 9 年間の標本船と標本漁協の CPUE（kg/出漁隻数）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年齢別資源尾数を推定した（平松 2001）。CPUE は、一般化線形モデル（GLM）で標準化した年効果の最小二乗平均（以下、標準化 CPUE）を瀬戸内海のヒラメの相対資源量の指標値とした（庄野 2004）。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 と、標準化 CPUE とが、最も一致する値を最尤法で推定した。また、最近年の 1～4 歳の選択率は、レトロスペクティブ解析（山田、田中 1999）の結果を踏まえ、過去 5 年（2003～2007 年）の平均に等しいと仮定した（資源量推定法、CPUE 標準化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 8）。

2008 年の標本船・標本漁協の小底の標準化 CPUE は、2000 年と比較し 0.5 倍に減少している（表 3、図 9）。

（3）漁獲物の年齢組成

1995～2008 年に河原津、1994～2008 年に伊予、上灘、徳山、2000～2008 年に泉佐野、飯屋、神戸市、塩田、由良、2001～2008 年に浅野浦、坊勢、室津浦で、小底の漁獲物の全長組成を、1995、1998～2008 年に西条で刺網の漁獲物の全長組成を、2004～2008 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、1996～2008 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。

1994～2008 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。各年の全長組成は全長年齢データより作成した 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 1996～2008 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 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

ヒラメ瀬戸内海系群の資源量は、1987 年以降 2,000～3,000 トンで推移している。1998 年に最大の 2,953 トンに達したが、その後減少傾向で、2008 年の資源量は 2,022 トンであった（表 6、7、図 12）。コホート解析の未知パラメータとした $F_{5,2008}$ の点推定値 0.43 の 95%信頼区間は 0.26～0.89 であった。この値より求めた 2008 年資源量の点推定値 2,022 トンの 95%信頼区間は 1,367～2,794 トンであった。また、昨年度までの最近年の年齢別漁獲係数が過去 5 年の平均に等しいと仮定した方法で試算したコホート解析結果と、今年度の結果を比較したところ、差はわずかで近年のトレンドも 95%信頼区間に収まる範囲であった（図 13）。漁獲割合は、35～50%の範囲で推移している（図 12）。漁獲係数の推定結果より漁獲圧は各年とも 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）。産卵親魚量は 1998 年に最大の 1,967 トンに達したが、2008 年は 1,303 トンと 2/3 程度に減少している（表 9、図 14）。

1994～2008 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天然魚か放流魚かを無眼側の黒化の有無より判断した情報を用いて推定した。1998 年以降の混入率は、平成 20 年度栽培漁業瀬戸内海ブロック会議資料の記載されている、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。それ以前は放流魚の標識装着率が 100%と仮定した。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尾数と放流魚の尾数から求めた。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。瀬戸内海全域の 1 歳の混入率は 13～35%で、2008 年は 35%であった。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×1 歳の初期資源尾数÷放流尾数）を求めたところ、1995～2008 年の間平均 0.10 で 0.07～0.14 の範囲で推移し、2008 年は 0.12 であった（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 40 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不十分であったので、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。産卵親魚量と天然の 1 歳資源尾数は、親魚量の水準があまり変化しておらず、低水準期の情報がないため、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 0.71～2.05 の範囲で平均 1.24 であった。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おり、1990 年代と同程度の親魚量がいっても、加入量が少ない状態にある（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産卵親魚

量、天然の 1 歳資源尾数の感度解析の結果を図 18 に示す。図 19 は 6 月の燧灘でのピーク時の天然稚魚（0 歳魚）採集尾数（400m²あたり）と、翌年の天然の 1 歳資源尾数の関係を示す。

（5）資源の水準・動向

資源量は 1987 年以降 1,500～3,000 トンの間を推移している。2008 年の資源量は 0～最大値の間の 2/3 以上であることから、資源水準は高位と判断した（表 9、図 12）。動向は資源量、標準化 CPUE、漁獲量が、共に減少傾向であることから、減少と判断した（図 5、9、12）。

（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 は産卵親魚量と漁獲係数の関係を示す。現状の F 値は F30%や F0.1 などの推奨される資源管理基準を大きく上回っている。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、資源が減少傾向であることから、現状の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

2010 年から 5 年間漁獲圧と放流尾数をそれぞれ変化させた場合、期待される 2014 年の資源量と漁獲量を推定した。天然の 1 歳資源尾数は前年の産卵親魚量と 1999～2008 年の再生産成功率の平均値 0.86 を用いて推定した。また、種苗放流の添加効率は 2004～2008 年の平均値 0.11 とした。漁獲圧は $F=0.1\sim 1.2$ 、放流尾数は 0～600 万尾の範囲で変化させて 2014 年の資源量と漁獲量を求めた（将来予測方法の詳細は補足資料参照）。図 23、図 24 はそれぞれ 2014 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、現状程度の漁獲量を維持できる可能性がある。しかし、漁獲圧が現状のままで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. 2010 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、資源の水準は高位、動向は減少である。

（2）ABC 並びに推定漁獲量の算定

1987 年以降資源は高水準期と考えられるが、低水準期の再生産関係を把握できないため Blimit を推定することができなかった。資源の水準は高位、動向は減少と考えられることから、ABC 算定のための基本規則 1 3) (2)を適用した。管理基準として、F0.1 や F30%などの経験的な基準値や、図 21 や図 24 の関係から F_{max} など、資源水準を増加させることを目標とすることもできるが、資源量が高位であることから、2014 年に 2008 年の資源水準を維持することを管理目標とした。資源管理基準は、2008 年の漁獲係数に対して資源水準を維持するための削減率 β_1 をかけた $F_{current} \times \beta_1$ とした。 β_1 の値はシミュレーション結果より 0.86（≒0.9）とした。シミュレーションは、コホート解析の前進法を使用し、天然の 1 歳資源尾数が前年の産卵親魚量と、1999～2008 年の再生産成功率の平均値 0.86

を用いて推定した。2009 年の漁獲圧が 2008 年の漁獲圧と等しく、2010 年以降は各年齢群の選択率が 2008 年のものと等しいと仮定した。また、2008 年以降も現状程度の種苗放流が実施されると仮定し、放流尾数と添加効率は、それぞれ直近 5 年間の平均で、481 万尾、0.11 とした（将来予測方法の詳細は補足資料参照）。

再生産成功率が 1999～2008 年の間で小さい 5 ヶ年の平均 0.75 のとき、資源量水準を維持する F が 0.85 で、 ABC_{limit} の漁獲係数の 0.91 (≈ 0.9) 倍であった。そこで ABC_{target} は再生産について不確実性を考慮し、安全率 $\alpha=0.9$ とし、再生産成功率が低位の 0.75 のとき 2014 年に 2008 年の資源水準を維持する漁獲係数とした。

	2010 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	711 トン	$0.9F_{current}$	0.93	39%
ABC_{target}	626 トン	$0.9 \cdot 0.9F_{current}$	0.85	36%

漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 、 F 値は選択率が 1.0 である 2 歳の漁獲係数

漁獲シナリオ		漁獲量 (トン)						
	管理基準	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
現状の資源水準を維持	$0.9F_{current}$ ($F=0.93$)	836	809	711	737	746	760	775
		資源量 (トン)						
	管理基準	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
現状の資源水準を維持	$0.9F_{current}$ ($F=0.93$)	2,022	1,920	1,846	1,899	1,939	1,982	2,022

		資源量 (トン)						
F	基準値	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0.11	0.1Fcurrent	2,022	1,920	1,846	2,895	4,319	6,181	8,650
0.22	0.2Fcurrent	2,022	1,920	1,846	2,726	3,843	5,240	7,008
0.32	0.3Fcurrent	2,022	1,920	1,846	2,571	3,430	4,462	5,707
0.43	0.4Fcurrent	2,022	1,920	1,846	2,428	3,074	3,818	4,673
0.54	0.5Fcurrent	2,022	1,920	1,846	2,297	2,764	3,282	3,850
0.65	0.6Fcurrent	2,022	1,920	1,846	2,175	2,494	2,836	3,192
0.76	0.7Fcurrent	2,022	1,920	1,846	2,063	2,259	2,463	2,665
0.86	0.8Fcurrent	2,022	1,920	1,846	1,959	2,053	2,150	2,241
0.97	0.9Fcurrent	2,022	1,920	1,846	1,863	1,873	1,887	1,899
1.08	1.0Fcurrent	2,022	1,920	1,846	1,774	1,715	1,664	1,622
1.19	1.1Fcurrent	2,022	1,920	1,846	1,692	1,575	1,476	1,397
1.29	1.2Fcurrent	2,022	1,920	1,846	1,616	1,452	1,316	1,213
		漁獲量 (トン)						
F	基準値	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0.11	0.1Fcurrent	836	809	110	179	245	337	474
0.22	0.2Fcurrent	836	809	211	323	422	558	747
0.32	0.3Fcurrent	836	809	305	437	548	694	889
0.43	0.4Fcurrent	836	809	391	527	634	772	944
0.54	0.5Fcurrent	836	809	470	598	691	808	947
0.65	0.6Fcurrent	836	809	544	652	725	815	917
0.76	0.7Fcurrent	836	809	612	693	742	804	868
0.86	0.8Fcurrent	836	809	675	723	747	779	812
0.97	0.9Fcurrent	836	809	733	744	743	747	752
1.08	1.0Fcurrent	836	809	787	758	733	711	693
1.19	1.1Fcurrent	836	809	837	766	717	673	638
1.29	1.2Fcurrent	836	809	883	769	699	636	587

(3) ABClimit の評価

加入量の不確実性を考慮したシミュレーションを各シナリオにつき 1,000 回行い、2014 年の漁獲量と推定値の 95%信頼区間を求めた。天然の 1 歳資源尾数は、前年の産卵親魚量とランダムに 1 つ選択した 1999～2008 年の再生産成功率より推定した。放流尾数と添加効率は ABClimit の算定と同様に、それぞれ 481 万尾、0.11 とした。95%信頼区間はパーセントイル法で推定した。また、2014 年に 2008 年の資源量と漁獲量を上回る確率を求めた。

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		2010 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 ($\beta_1 F_{current}$)	0.93 (0.86 $F_{current}$)	39%	689～ 881 ト ン	746 トン	46%	11%	711 ト ン
基準値での漁獲 の予防的措置 (αF 基準値)	0.85 (0.78 $F_{current}$)	36%	701～ 732 ト ン	676 トン	47%	0%	626 ト ン
2010 年算定漁獲量							
現状の漁獲圧の 維持($F_{current}$)	1.08 (1.00 $F_{current}$)	43%	616～ 794 ト ン	736 トン	0%	0%	767 ト ン
コメント ・ 当該資源に対する現状の漁獲圧を 2 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 2008 年の漁獲係数 ・ 将来漁獲量 (5 年後) は 95%信頼区間を示す							

漁獲係数の推定値の不確実性を考慮し、 $F_{5,2008}$ の 95%信頼区間の上限 0.89($F_{2,2008}=2.02$) のとき、5 年後 2014 年に 2008 年の資源量の点推定値 2,022 トンを維持する漁獲圧を求めた。

漁獲シナリオ (管理規準)	F 値 ($F_{current}$ 信頼区間上 限との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2010 年 ABC
			5 年後	5 年平均	現状資源量 を維持 (5 年 後)	現状漁獲量を維 持 (5 年後)	
基準値での漁獲 ($\beta_1 F_{current}$)	0.53 (0.26 $F_{current}$)	26%	456～ 583 ト ン	347 ト ン	47%	0%	181 ト ン
基準値での漁獲 の予防的措置 (αF 基準値)	0.45 (0.22 $F_{current}$)	23%	423～ 459 ト ン	297 ト ン	51%	0%	147 ト ン
2010 年算定漁獲量							
現状の漁獲圧の 維持($F_{current}$)	2.02 (1.00 $F_{current}$)	62%	235～ 267 ト ン	315 ト ン	0%	0%	432 ト ン
コメント ・ この表における $\beta_1 F_{current}$ 、 $\alpha \beta_1 F_{current}$ は 2008 年の資源量 (95%信頼区間の下限値) 1,367 トンから 2014 年に管理目標値とした 2008 年の資源量 (点推定値) 2,022 トンに回復するのに必要な漁獲係数 ・ この表における $F_{current}$ は 2008 年の漁獲係数の 95%信頼区間の上限 2.02							

(4) ABC の再評価

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)
2008 年 (当初)	Fsim	0.87	2,170	875	812	
2008 年 (2008 年再評価)	Fsim	0.87	2,135	793	747	
2008 年 (2009 年再評価)	0.9Fcurrent	0.93	2,022	770	719	835
2009 年 (当初)	Fsim	0.87	2,271	809	701	
2009 年 (2009 年再評価)	0.9Fcurrent	0.93	1,920	731	682	

6. ABC 以外の管理方策への提言

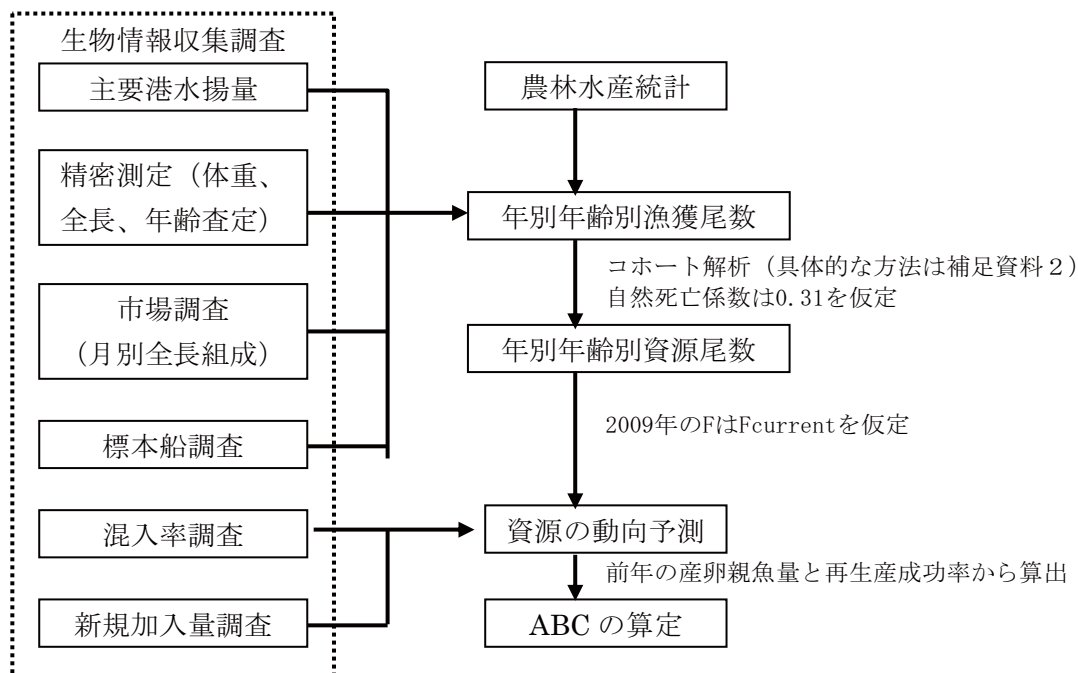
瀬戸内海において漁獲されるヒラメの 6 割近くは小底で漁獲されているが、小底は網目が小さく小型魚も多く混獲されている。また、複合的資源管理型漁業促進対策事業魚種別全体計画（水産庁管理課資源管理推進事務局 1999）によると、再放流サイズは瀬戸内海以外の全国平均が全長 28cm であるのに比べ、瀬戸内海では 20～28cm で平均 24cm とやや小さく、小型魚がより多く漁獲されていると考えられる。網目の拡大や市場での水揚げ魚の全長制限サイズを引き上げ、着底場付近に禁漁区や禁漁期を設定するなど、小型魚保護方策の実施を想定し、1、2 歳の漁獲圧を削減した場合の 2014 年の資源量、漁獲量、産卵親魚量、SPR、%SPR、YPR をシミュレーションで予測した。将来予測は、ABC 算定と同様に、2010～2014 年の漁獲圧を変化させ、放流尾数は現状と同規模の年間 481 万尾、再生成功率を 0.86、添加効率を 0.11 とし、(22)～(25)式のコホート解析の前進法を使用した。若齢の漁獲圧を減少させることでも加入資源を現状より有効に利用できる可能性を示唆している（表 12）。このうち全長制限サイズを引き上げ効果についても同様のシミュレーションを行った。全長制限サイズを 20～30cm で引き上げ 2010 年から 5 年間変化させたときの 2014 年の漁獲量を予測した。全長制限サイズの引き上げによる新たな漁獲係数は、2008 年の 1 歳の漁獲尾数を、①全長制限サイズ以上で漁獲される個体、②再放流の後死亡する個体、③再放流の後生残する個体に分類し、①と②の尾数を $C_{a,y}$ と考え(7)式より推定した。①～③の尾数は、上述の 4. (4)の方法で 1 歳魚を分離し、測定個体の全長から①～③の割合を求め、2008 年の年齢別漁獲尾数をかけ推定した。ここで、再放流にともなう生残率は 0.7（平川、田中 1997）とした。なお、年単位で扱っている、再放流された個体はその年の中では再度漁獲されないとの仮定でのシミュレーションである。2cm 程度の全長制限サイズの引き上げを徹底することで数十トンの漁獲量が増大する可能性がある（表 13）。

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。漁獲圧が一定であっても、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。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、現状により漁獲圧が過剰になり、資源の減少につながる可能性がある。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。

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.
- 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.
- 大阪府（2001）平成 12 年度資源増大技術開発事業報告書 魚類グループ A, 1 18.
- 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(2), 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.
- 高橋行雄, 大橋靖雄, 芳賀敏郎（1989）SAS による実験データの解析, 367PP
- 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.
- 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.
- 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.

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)

定置網の漁獲物サンプルは全数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、

$$N_{a,2008} = \frac{C_{a,2008}}{1 - \exp(-F_{a,2008})} \exp(M/2) \quad (10)$$

で求めた。最近年の漁獲係数は $F_{5,2008}$ を未知パラメータとし $F_{6+,2008}=F_{5,2008}$ 、また $F_{1,2008} \sim F_{4,2008}$ はレトロスペクティブ解析（山田、田中 1999）の結果を考慮し、選択率が過去 5 年の平均に等しいと仮定した。

$$F_{a,2008} = \frac{\sum_{b=1}^5 F_{a,2008-b}}{\sum_{b=1}^5 F_{5,2008-b}} F_{5,2008} \quad (11)$$

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。

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

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

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

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 、 $F_{5,2008}$ 、 σ^2 は最尤法で推定した。

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

未知パラメータの 95%信頼区間は、対数尤度比の 2 倍が χ^2 分布に従う性質を利用し、以下の式で推定した。

$$2\{LL(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_k, \dots, \hat{\theta}_m) - LL(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \theta_k, \dots, \hat{\theta}_m)\} = \chi^2(0.95;1) = 3.841 \quad (16)$$

ここで θ_k は未知パラメータ、 $\hat{\theta}_k$ はその最尤推定値を示す。 θ_k の値は Excel のゴールシークで推定した (田中 2003)。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) CPUE の標準化

標本漁協、標本船より収集した小底の月ごとの CPUE には、各年の資源変動の要因以外に、時期の要因や、地区の違いによる要因などが含まれている。そこで CPUE が対数正規分布に従うと仮定し、年効果 (2000~2008 年)、季節効果 (3、4、5 月、6、7、8 月、9、10、11 月、12、1、2 月)、場所 (泉佐野、東讃、河原津、上灘、伊予、山口) の主効果とその交互作用を含む一般化線型モデル (CPUE Log Normal モデル) により年の要因を抽出した (庄野 2004)。

$$\text{Log(cpue)} = \text{切片} + \text{年効果} + \text{季節効果} + \text{場所効果} + \text{年} \cdot \text{季節} + \text{年} \cdot \text{場所} + \text{場所} \cdot \text{季節} + \text{誤差} \quad (17)$$

ここで誤差は平均 0、分散 σ^2 の正規分布に従う項である。6 つの説明変数から統計的に有意な要因を選択するため、変数の組合せたモデルの AIC (赤池情報量規準) を総当たりで比較した。AIC より選択されたモデルは、

$$\text{Log(cpue)} = \text{切片} + \text{年効果} + \text{季節効果} + \text{場所効果} + \text{場所} \cdot \text{季節} + \text{誤差} \quad (18)$$

であった。CPUE の年変動は最小二乗平均 (LSMEAN) により抽出した (高橋 1989)。LSMEAN の計算は農林水産研究情報総合センター科学技術計算システムのアプリケーション SAS.9.2 を使用した。

(4) YPR、SPR の解析

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

$$YPR = \sum_{a=1}^8 \frac{F_a}{F_a + M} \{1 - \exp(-F_a - M)\} S_a W_a \quad (19)$$

$$SPR = \sum_{a=1}^8 fr_a S_a W_a \quad (20)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp\{-(F_a + M)\} \quad (\text{ただし } S_1=1) \quad (21)$$

ここで、 fr_a は a 歳の成熟率（雌）を示す。

(5) 将来予測方法

各年齢の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{1,y} = \sum_{a=1}^{6+} N_{a,y-1} fr_a W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (22)$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M) - C_{a-1,y-1} \exp(-M/2) \quad (a=2,\dots,5) \quad (23)$$

$$N_{6+,y} = N_{5,y-1} \exp(-M) - C_{5,y-1} \exp(-M/2) + N_{6+,y-1} \exp(-M) - C_{6+,y-1} \exp(-M/2) \quad (24)$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp(-M/2) \quad (25)$$

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	64	34	120	70	101	288	50	80	28	836	

※ 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

※ 2008年の漁獲量は概数値

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. 一般化線型モデルで標準化した小底標本漁協・標本船 CPUE の主効果 (年、月、場所) の最小二乗平均 (LSMEAN)

主効果 年	CPUE (LSMEAN)	主効果 季節	CPUE (LSMEAN)	主効果 場所	CPUE (LSMEAN)
2000	0.51	3、4、5月	1.31	泉佐野	0.45
2001	0.30	6、7、8月	0.12	東讃	0.08
2002	0.31	9、10、11月	0.13	河原津	0.34
2003	0.40	12、1、2月	0.68	伊予	1.23
2004	0.36			上灘	0.29
2005	0.32			山口	0.39
2006	0.39				
2007	0.33				
2008	0.27				

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	541,097	426,344	99,113	26,960	9,445	13,268

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	24	167	328	158	72	33	55

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	1,455,874	633,770	161,949	58,736	21,564	20,964
1988	1,785,589	815,245	188,031	47,789	27,532	18,883
1989	2,368,756	749,216	169,015	61,625	26,638	28,293
1990	1,932,327	828,844	181,753	63,374	31,269	29,680
1991	2,055,210	804,368	263,010	82,535	37,942	38,197
1992	2,470,052	991,774	210,975	69,620	27,512	29,087
1993	2,215,212	1,076,020	210,023	73,147	27,675	23,406
1994	2,504,109	869,061	228,890	64,674	36,886	26,712
1995	2,950,842	1,076,493	262,816	98,605	25,114	17,308
1996	2,896,022	1,151,552	303,898	88,141	48,695	19,628
1997	2,423,515	1,110,839	298,860	122,262	44,743	42,744
1998	2,277,367	1,137,682	327,816	113,474	63,613	46,360
1999	2,102,350	1,090,308	374,334	111,846	50,090	62,065
2000	1,794,625	947,739	326,406	137,315	48,944	58,413
2001	1,806,299	943,300	301,290	113,950	64,077	52,393
2002	2,145,588	842,459	247,949	91,003	49,709	63,464
2003	2,037,475	903,563	266,458	85,042	33,829	46,988
2004	2,176,947	912,940	268,982	105,812	39,867	34,376
2005	2,025,679	970,887	255,066	95,039	53,411	35,671
2006	1,628,065	973,522	250,154	85,545	43,189	45,150
2007	1,628,919	778,378	237,428	74,701	40,399	49,754
2008	1,626,297	755,137	208,308	81,445	31,786	44,651

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	471	511	270	166	78	92
1988	577	657	313	135	100	83
1989	766	604	282	174	97	124
1990	625	668	303	179	113	130
1991	665	648	438	233	138	167
1992	799	799	352	196	100	127
1993	716	867	350	206	100	102
1994	810	700	382	182	134	117
1995	954	868	438	278	91	76
1996	937	928	507	248	177	86
1997	784	895	498	345	162	187
1998	736	917	546	320	231	203
1999	680	879	624	315	182	272
2000	580	764	544	387	177	256
2001	584	760	502	321	232	229
2002	694	679	413	256	180	278
2003	659	728	444	240	123	206
2004	704	736	448	298	145	150
2005	655	782	425	268	194	156
2006	526	785	417	241	157	198
2007	527	627	396	210	146	218
2008	526	609	347	229	115	195

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	0.27	0.90	0.91	0.45	0.50	0.50
1988	0.56	1.26	0.80	0.27	0.18	0.18
1989	0.74	1.10	0.67	0.37	0.30	0.30
1990	0.56	0.84	0.48	0.20	0.15	0.15
1991	0.42	1.03	1.02	0.79	0.65	0.65
1992	0.52	1.24	0.75	0.61	0.57	0.57
1993	0.62	1.24	0.87	0.37	0.34	0.34
1994	0.53	0.88	0.53	0.63	0.99	0.99
1995	0.63	0.95	0.78	0.39	0.46	0.46
1996	0.65	1.04	0.60	0.37	0.16	0.16
1997	0.44	0.91	0.66	0.34	0.32	0.32
1998	0.42	0.80	0.76	0.51	0.26	0.26
1999	0.48	0.89	0.69	0.51	0.34	0.34
2000	0.33	0.83	0.74	0.45	0.40	0.40
2001	0.45	1.02	0.88	0.52	0.29	0.29
2002	0.55	0.84	0.76	0.68	0.57	0.57
2003	0.49	0.90	0.61	0.45	0.54	0.54
2004	0.49	0.96	0.73	0.37	0.42	0.42
2005	0.42	1.04	0.78	0.48	0.37	0.37
2006	0.43	1.10	0.90	0.44	0.26	0.26
2007	0.46	1.01	0.76	0.54	0.39	0.39
2008	0.49	1.08	0.81	0.49	0.43	0.43

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、
産卵親魚量（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	産卵親魚量 （トン）	加入尾数 天然（尾）	加入尾数 放流（尾）	RPS （尾/kg）
1987	757	1,587	0.48	959	1,309,674	146,200	
1988	1,017	1,865	0.55	1,091	1,601,589	184,000	1.67
1989	1,042	2,046	0.51	1,110	2,238,096	130,660	2.05
1990	832	2,018	0.41	1,197	1,743,695	188,632	1.57
1991	936	2,289	0.41	1,410	1,795,083	260,127	1.50
1992	888	2,373	0.37	1,344	2,242,043	228,009	1.59
1993	901	2,343	0.38	1,376	1,868,574	346,638	1.39
1994	876	2,325	0.38	1,304	2,202,715	301,394	1.60
1995	1,002	2,705	0.37	1,494	2,532,795	418,046	1.94
1996	999	2,882	0.35	1,661	2,511,480	384,541	1.68
1997	972	2,871	0.34	1,806	2,102,235	321,280	1.27
1998	1,039	2,953	0.35	1,919	1,973,155	304,212	1.09
1999	1,118	2,951	0.38	1,967	1,695,464	406,886	0.88
2000	1,023	2,708	0.38	1,862	1,433,354	361,272	0.73
2001	1,033	2,629	0.39	1,788	1,432,593	373,707	0.77
2002	1,039	2,501	0.42	1,591	1,786,373	359,215	1.00
2003	911	2,399	0.38	1,505	1,615,419	422,056	1.02
2004	911	2,481	0.37	1,541	1,677,503	499,444	1.11
2005	934	2,480	0.38	1,580	1,348,173	677,506	0.87
2006	918	2,323	0.40	1,547	1,126,278	501,787	0.71
2007	835	2,125	0.39	1,391	1,177,156	451,764	0.76
2008	836	2,022	0.41	1,303	1,058,832	567,465	0.76

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	0.20	1.00	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	0.23	0.84	0.12
2005	0.43	0.05	0.42	0.27	0.33	0.80	0.13
2006	0.32	0.06	0.50	0.24	0.31	0.77	0.10
2007	0.49	0.05	0.33	0.24	0.28	0.85	0.09
2008	0.41	0.04	0.48	0.25	0.35	0.72	0.12

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	3.33	0.50	1.92

表 12. 小型魚の漁獲圧を減少させたときの 2014 年の資源量、漁獲量、親魚量、
 SPR、%SPR、YPR

1歳のF値	2歳のF値	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	親魚量 (トン)	SPR	%SPR	YPR
0.49 (現状)	1.08 (現状)	1,622	693	998	653	12%	479
0.25 (50%減)	1.08 (現状)	2,085	834	1,319	832	15%	534
0.00 (100%減)	1.08 (現状)	2,746	1,017	1,776	1,061	20%	605
0.00 (100%減)	0.54 (50%減)	3,906	1,188	2,641	1,157	21%	655
0.00 (100%減)	0.00 (100%減)	6,052	1,358	4,252	1,892	35%	801

表 13. 再放流サイズによる管理基準を引き上げたときの、2014 年の資源量、漁獲量、親魚量、SPR、%SPR、YPR

再放流サイズ(全長)	1歳のF値	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	親魚量 (トン)	SPR	%SPR	YPR
現状(200～280mm)	0.49	1,622	693	998	653	12%	479
200mm以下	0.49	1,626	694	1,001	655	12%	480
220mm以下	0.48	1,636	697	1,008	659	12%	481
240mm以下	0.45	1,674	706	1,034	674	12%	485
260mm以下	0.36	1,788	734	1,113	719	13%	499
280mm以下	0.27	1,900	760	1,191	763	14%	513
300mm以下	0.19	2,026	788	1,278	810	15%	527

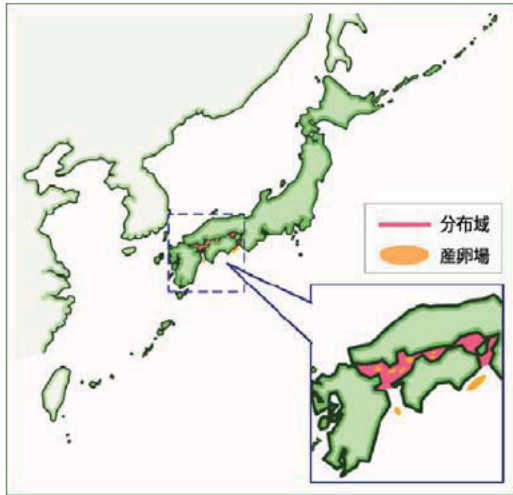


図1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

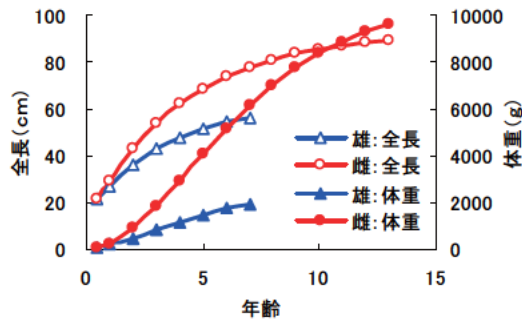


図2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

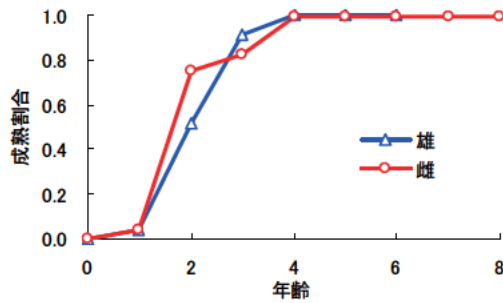


図3. 年齢別成熟割合

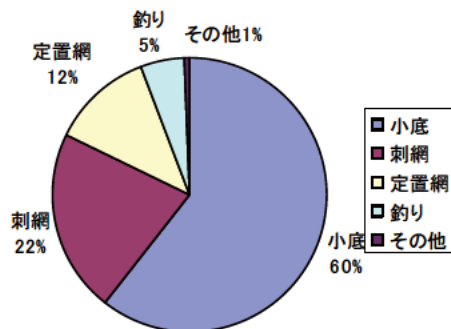


図4. 2007年の漁法別漁獲量の割合

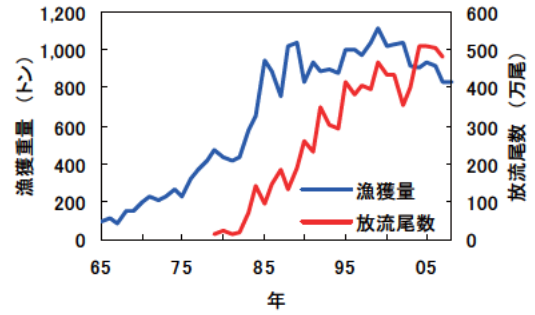


図5. 漁獲量と放流尾数の推移

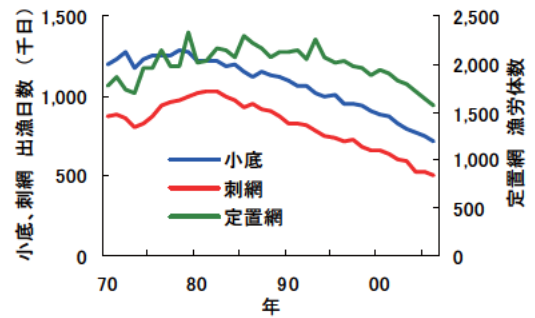


図6. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網の努力量の推移

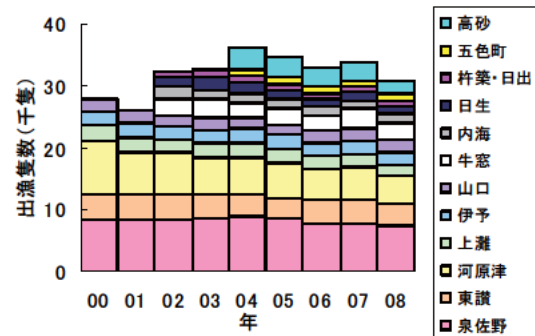


図7. 標本船・標本漁協の小底出漁隻数の推移

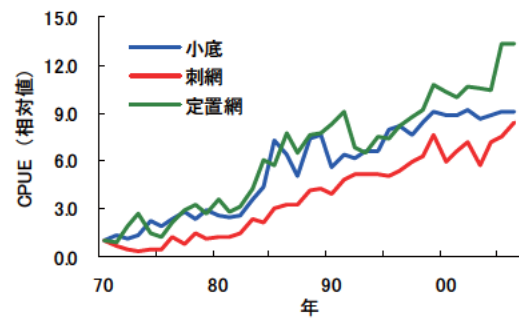


図8. 農林水産統計による瀬戸内海区の小型底びき網、刺網、定置網のCPUEの推移

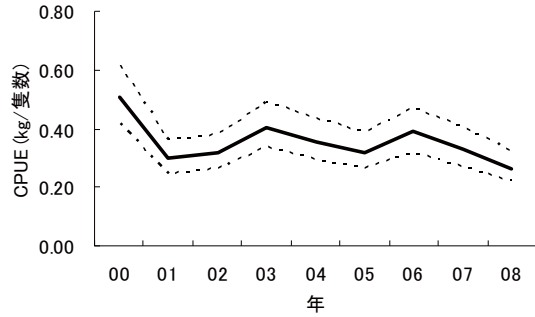


図 9. 小底の標本船・標本漁協の標準化
CPUE (点線：95%信頼区間)

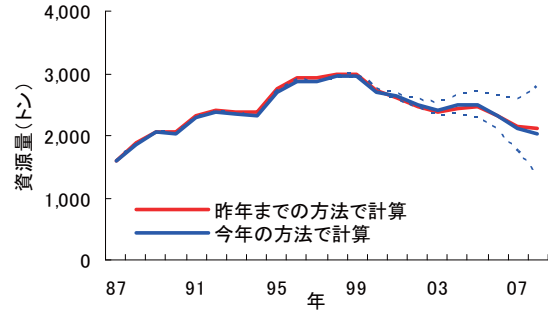


図 13. 昨年度までと今年度用いた資源量推
定方法による結果の違い
(点線は 95%信頼区間)

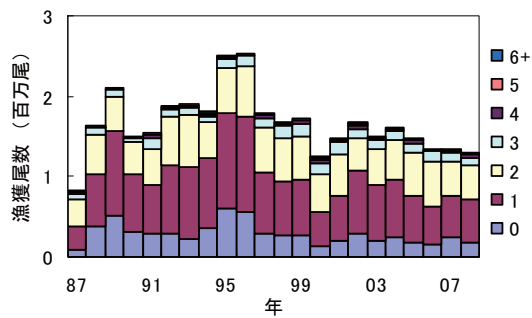


図 10. 年齢別漁獲尾数の推移

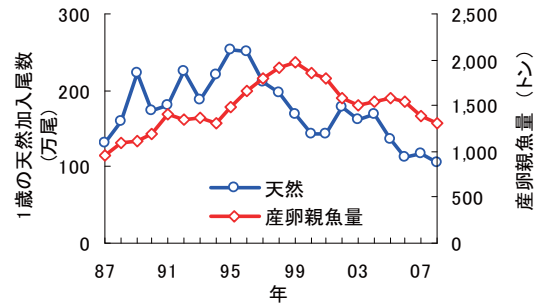


図 14. 産卵親魚量と天然魚加入量の関係

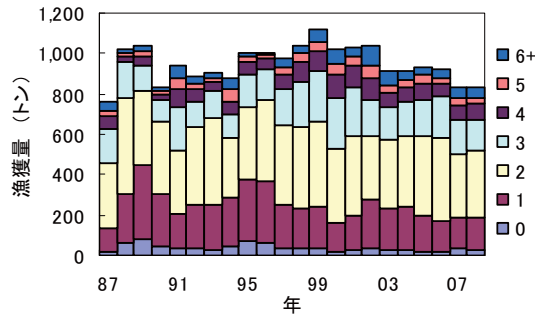


図 11. 年齢別漁獲量の推移

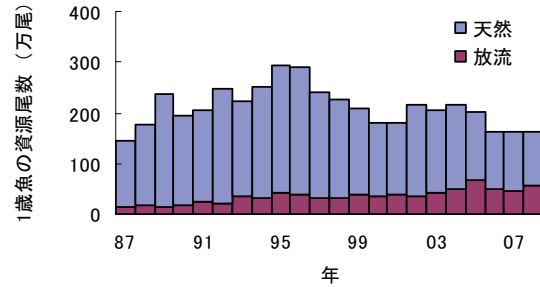


図 15. 1 歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

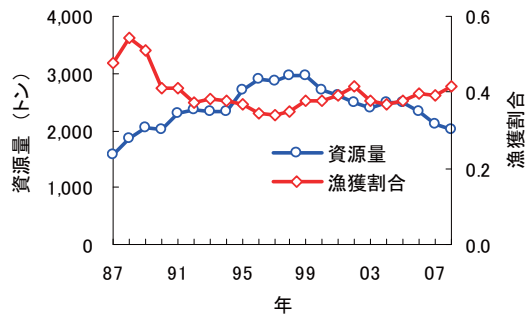


図 12. 資源量と漁獲割合の推移

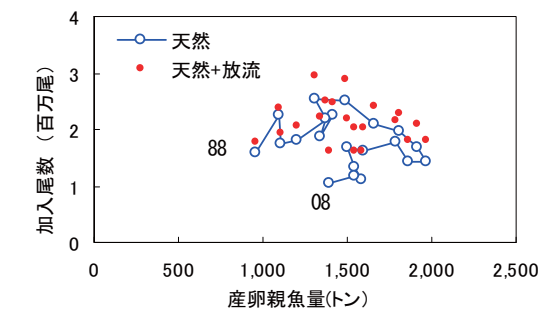


図 16. 再生産関係

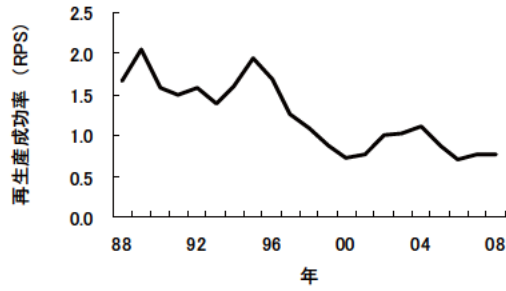


図 17. 再生産成功率の推移

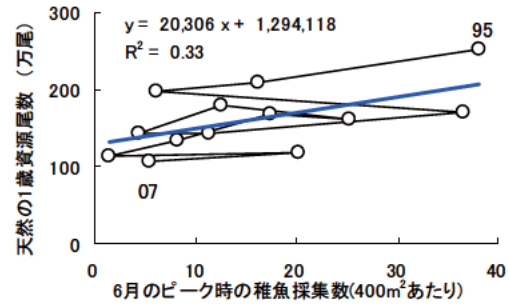


図 19. 6 月のピーク時の稚魚採集数と天然の 1 歳資源尾数の関係

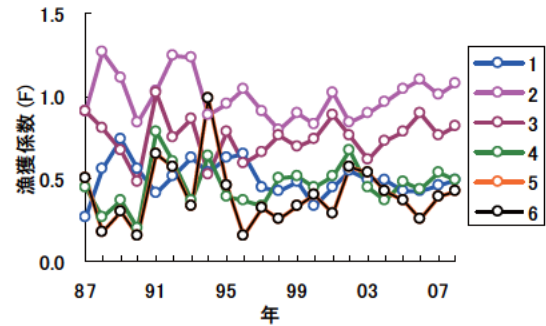
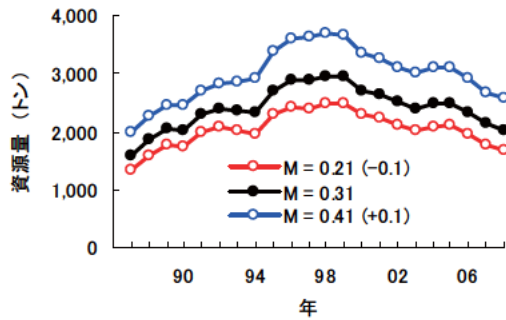


図 20. 年齢別漁獲係数の推移

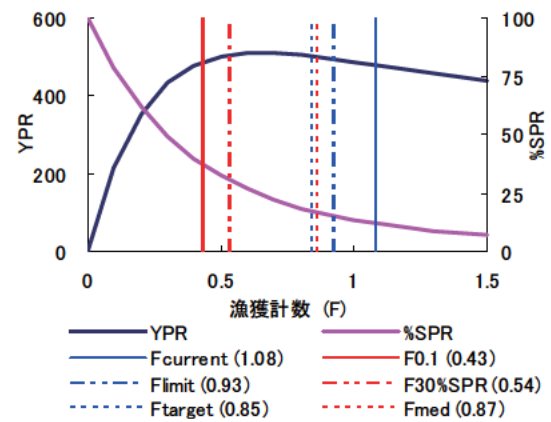
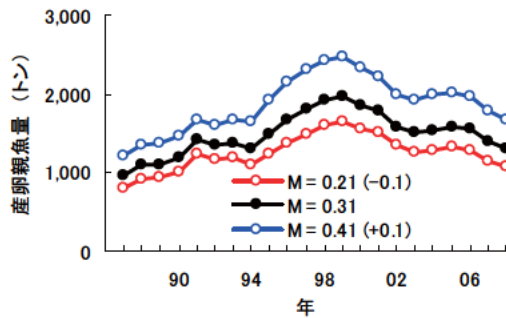


図 21. 漁獲係数と YPR、%SPR の関係
括弧内は漁獲係数の値を示す

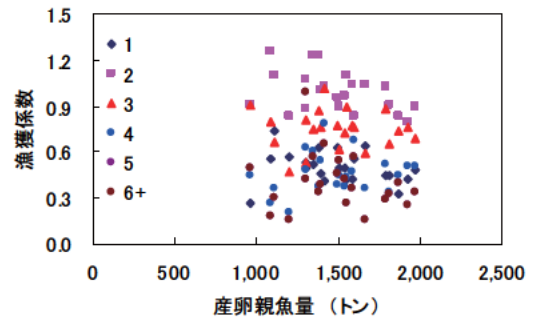
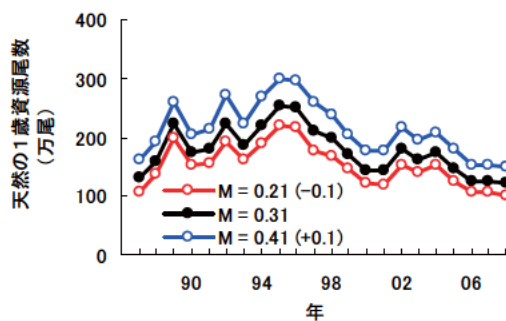


図 22. 産卵親魚量と漁獲係数の関係

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

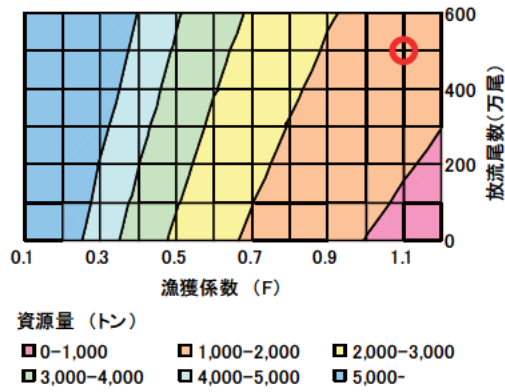


図 23. 2010～2014 年にかけて漁獲王と放流尾数を変化させたときの 2014 年の資源量の等量線図、赤丸は現状の F と放流尾数を示す

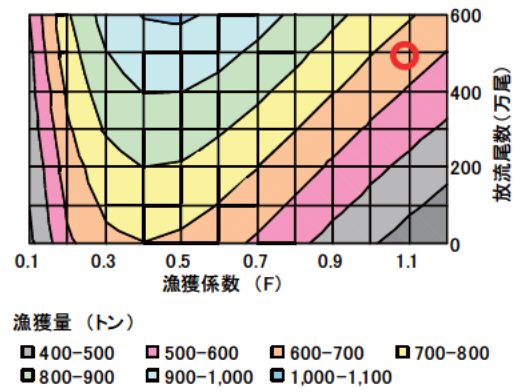


図 24. 2010～2014 年にかけて漁獲王と放流尾数を変化させたときの 2014 年の漁獲量の等量線図、赤丸は現状の F と放流尾数を示す

付表 1. Age length key と雌雄割合

以上 (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	0.63	0.38						0.73	0.27						0.42	0.58
160～ 180	0.78	0.22						0.63	0.38						0.37	0.63
180～ 200	0.68	0.32						0.68	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					0.09	0.70	0.21	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	0.38	0.59	0.02				0.40	0.60
340～ 360	0.03	0.55	0.41	0.01				0.01	0.23	0.73	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	0.79	0.10			0.00	0.33	0.67
400～ 420		0.15	0.79	0.05					0.10	0.67	0.22	0.01			0.45	0.55
420～ 440		0.08	0.83	0.08					0.07	0.47	0.42	0.03	0.01		0.69	0.31
440～ 460		0.05	0.90	0.05	0.00				0.07	0.40	0.42	0.07	0.03	0.02	0.81	0.19
460～ 480		0.08	0.82	0.09	0.00				0.06	0.36	0.42	0.16			0.83	0.17
480～ 500		0.11	0.69	0.19	0.00				0.05		0.26	0.37	0.16	0.16	0.91	0.09
500～ 520		0.05	0.58	0.35	0.02					0.15	0.50	0.20	0.10	0.05	0.88	0.12
520～ 540		0.06	0.42	0.47	0.03	0.01				0.27	0.18		0.45	0.09	0.90	0.10
540～ 560			0.21	0.75	0.03						0.13	0.25	0.38	0.25	0.92	0.08
560～ 580		0.01	0.16	0.69	0.11	0.03					0.63	0.25		0.13	0.90	0.10
580～ 600		0.04	0.04	0.69	0.22	0.02						0.67			0.95	0.05
600～ 620			0.05	0.55	0.39	0.02				0.25	0.25		0.25		0.94	0.06
620～ 640				0.55	0.36	0.06	0.02						1.00		0.98	0.02
640～ 660				0.37	0.54	0.09					0.50		0.50		0.95	0.05
660～ 680				0.22	0.33	0.33	0.11								1.00	0.00
680～ 700			0.04	0.30	0.30	0.19	0.19					0.33		0.67	0.90	0.10
700～ 720				0.05	0.35	0.35	0.25					1.00			0.95	0.05
720～ 740					0.27		0.73								1.00	0.00
740～ 760				0.08	0.33	0.33	0.25								1.00	0.00
760～ 780				0.08	0.25	0.17	0.50								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						0.43	0.57								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