

平成19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、愛媛県中予水産試験場、愛媛県中予水産試験場東予分場、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トン前後であったが、1970年代後半から1980年代にかけて増加し、1990年以降は800～1,000トン台を推移している。資源量は1980年代後半から2,000～3,000トンで推移している。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放流魚割合、種苗放流数から推定した添加効率は0.07～0.11で、種苗放流が天然の加入群に対し毎年35万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B_{limit}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。2007～2012年の資源が同水準を維持する漁獲係数(F_{sim})を資源管理基準とした。

	2008年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	875トン	F _{sim}	0.87	40%
ABCtarget	812トン	0.9F _{sim}	0.78	37%

漁獲割合はABC／資源量、F値は選択率が1.0となる年齢の漁獲係数である。

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F値	漁獲割合
2005	2,387	934	0.96	39%
2006	2,170	923	0.95	43%
2007	2,129	—	—	—

水準：高位 動向：減少

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15%、17%（2004年）で、瀬戸内海の魚類漁獲量、生産額の0.6%、2.4%（2005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、2005年の種苗放流尾数は508万尾であった。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。1995～2004年に精密測定を行った個体の全長、体重と耳石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）。

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

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

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

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

（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1歳（4%）2歳（75%）3歳（82%）4歳以上（100%）、雄1歳（4%）2歳（52%）3歳（91%）4歳以上（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）。秋は未成年、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。その後漁獲量は横ばい傾向で、800～1,000 トン台を推移している。2005 年は 934 トン、2006 年は概数値で 923 トンとなった（表 1、図 5）。なお、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

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。2005 年の出漁日数はそれぞれ、748,152 日と 529,370 日であり、1980 年の 0.61 倍、0.52 倍であった。また、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、2005 年の漁労体数は 1,639 統であった（表 2、図 6）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1987～2006 年までの 20 年間の年別年齢別漁獲尾数データを使用し、コホート解析（Pope の近似式）により年別年齢別資源尾数を推定した（平松 2001）。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。また 2006 年の 1～5 歳の漁獲係数は、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（2001～2005 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

小底、刺網、定置網の CPUE（小底と刺網は kg/出漁日数、定置網は t/漁労体数）の推移をみると、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。2005 年の小底、刺網、定置網の CPUE は、それぞれ 0.77、0.37、0.07 で、1980 年の

CPUE と比較し 3.46、6.06、3.67 倍に増加している（表 2、図 6）。

（３）漁獲物の年齢組成

1995～2006 年に河原津、1994～2006 年に伊予、上灘、徳山、2000～2006 年に泉佐野、仮屋、神戸市、塩田、由良、2001～2005 年に浅野浦、坊勢、室津浦で、小底の漁獲物の全長組成を、1995、1998～2006 年に西条で刺網の漁獲物の全長組成を計測した。また、1996～2006 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。

1994～2006 年は、瀬戸内海の東部、中部、西部の海域別の全長組成データを月ごとに分け、標本漁協の月別水揚げ重量で加重平均し、さらに、海域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。このうち 1995、1998～2006 年の中部海域については各年の小底と刺網の全長組成を漁法別漁獲量で加重平均し、海域の全長組成とした。各年の全長組成を全長、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。また、定置網の年齢組成情報が利用可能な 1996～2006 年の中部海域については、定置網を除いた漁獲量で推定した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。

（４）資源量の推移

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。1995～2001 年までは 2,500 トンを上回っていたが、その後資源は減少傾向で、2006 年の資源量推定値は 2,170 トンであった（表 5、6、図 9）。1970 年代からの漁獲量、CPUE の推移とコホート解析の結果から判断すると、近年の資源水準は高位で推移していると考えられる。漁獲割合は、35～50%の範囲で推移している（図 9）。漁獲係数の推定結果より漁獲圧は各年とも 2、3 歳に対して高く、4 歳以上ではこれより低い傾向がある（表 7）。親魚量は近年 1,500 トン程度で推移している（表 8、図 10）。

1994～2006 年の 1 歳魚の放流魚割合を、全長の計測と体色異常の有無より天然魚か放流魚か判別した市場調査データから推定した。ここで、全府県から放流される種苗放流個体の体色異常率は 100%と仮定した（大阪府 2001）。放流魚割合は、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個体中の放流魚の割合とした。放流魚割合は灘ごとに割合を推定し、灘別漁獲量で

加重平均し瀬戸内海全域の割合を求めた。瀬戸内海全域の1歳の放流魚割合は11～28%で、2006年は26%であった。放流尾数、1歳の初期資源尾数、1歳の放流魚割合から、添加効率(=1歳の放流魚割合×1歳の初期資源尾数÷放流尾数)を求めたところ、2006年の添加効率は0.07、1995～2006年の間0.07～0.11の範囲で推移し、平均0.09であった(表9)。

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35万尾程度天然資源に加わっていることが示された(図11)。ここで、1987～1994年は1歳の放流魚割合の情報が不十分であったので、添加効率を0.09と仮定し、この期間の1歳魚を天然と放流とに分離した。親魚量と天然の1歳資源尾数は、親魚量の水準があまり変化していないため、明瞭な再生産関係を把握することができなかった(図12)。再生産成功率(RPS)は0.65～1.92の範囲で平均1.26だった。RPSは1990年代前半と比較し、近年低い水準となっている(図13)。愛媛県河原津と香川県大浜で実施しているソリネットによる稚魚の着底密度調査のうち6月のピーク時の天然の稚魚(0歳魚)採集数 $N_{0,nat}$ (400m²あたり)と、翌年の天然の1歳資源尾数 $N_{1,nat}$ には正の相関がみられた(表10、図14)。

$$N_{1,nat}=20956 N_{0,nat} + 1360764 \quad (R^2=0.43) \quad (6)$$

前年の稚魚の着底密度調査結果から、翌年の天然の1歳資源尾数の予測が可能と考えられる。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1歳資源尾数の感度解析の結果を図15に示す。

(5) 資源の水準・動向

1970年代以降、漁獲量とCPUEが増加傾向であることから、資源水準は高位であると判断した(図5、6)。2002～2006年の小底や刺網のCPUEは横ばいで推移しているものの、コホート解析の結果、資源量推定値に減少傾向が見られることから、動向は減少と判断した。また、2007年の稚魚の着底密度調査で6月のピーク時の稚魚採集数の平均(暫定値)は5.4尾であったことから、2008年の天然の加入量は、低水準と予想される(図14)。

5. 資源管理の方策

瀬戸内海のヒラメ資源は高位水準を保っていることから、資源水準の現状維持を管理目標とする。

(1) 資源と漁獲の関係

図16は漁獲係数の経年変化を示す。図17はF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18は親魚量と漁獲係数の関係を示す。現状のF値はF30%やF0.1などの推奨される資源管理基準を大きく上回っている。資源動向が減少傾向であることや、2006年の加入量が少ないこと、さらに、2008年の加入量も低調と予想されることから、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。

(2) 種苗放流効果

種苗放流の規模の違いが資源に与える影響を検証するため、人工種苗を 0 尾、200 万尾、400 万尾、600 万尾放流した場合について、加入量の変動を考慮したシミュレーションを 1000 回ずつ行った。2007 年以降毎年 2006 年の漁獲圧で漁業を行い、放流魚の添加効率を 2001～2005 年の放流群の平均 0.08 と仮定した。2007 年、2008 年の天然の 1 歳資源尾数は、前年の 6 月のピーク時の稚魚採集数より(6)式で推定した値に、平均 0、分散 $316,561^2$ の正規分布に従う誤差を加えて推定した。また、2009 年以降の天然の 1 歳資源尾数は、前年の親魚量に対して 1997～2006 年の 10 年間の RPS 推定値のいずれかが起こると仮定し推定した。図 19 は、想定した放流尾数における 2012 年の資源量推定値の分布と 2006 年の資源量に対する増減確率を示す。2006 年の漁獲圧で漁業を続けた場合、現状 1.2 倍の 600 万尾放流を行っても資源水準を維持できない可能性が高いが、継続的に数百万尾規模の放流を実施することで資源水準を下支えしているものと推察できる。また、放流尾数を 100 万尾単位で変化させると漁獲圧が一定であっても、予想される将来の資源水準は変化する。

6. 2008 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

漁獲量、CPUE の推移とコホート解析の結果から判断して資源の水準、動向は高位、減少である。

(2) ABC の設定

コホート解析を行った 1987 年以降は高水準期と考えられ、低水準期の再生産関係を把握できず B_{limit} を推定することができなかった。資源の水準は高位、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。ABC の算定において、2007 年、2008 年の天然の 1 歳資源尾数は前年の 6 月のピーク時の稚魚採集数より(6)式で推定した。2009 年以降の天然の 1 歳資源尾数は前年の親魚量に対して、再生産成功率を 1997～2006 年の平均値 0.96 とし推定した。また、2006 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 2001～2005 年の平均で、それぞれ 441 万尾、0.08 とし、毎年約 37 万尾が天然の加入群に加わると仮定した。資源管理基準は F_{sim} を使用し、2007～2012 年までの期間で資源水準を維持する漁獲係数とした。2007 年の漁獲圧は 2006 年の漁獲圧と等しいと仮定し、2008 年以降は各年齢群への選択率が 2006 年のものに等しいと仮定した。 F_{sim} は、2007～2012 年までの資源量推定値をプロットし、回帰直線の傾きが 0 となる F の値を探索した。また、不確実性を考慮し、RPS が過去 10 年のうち低位であった 5 ヶ年の平均 0.80 の場合において、資源量水準を維持する F が 0.78 で、 F_{sim} の約 0.9 倍であったことから、安全率 $\alpha=0.9$ とし ABC_{target} を求めた。

	2008 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	875 トン	F_{sim}	0.87	40%
ABCtarget	812 トン	$0.9F_{sim}$	0.78	37%

漁獲割合は $ABC/\text{資源量}$ 、 F 値は選択率が 1.0 となる年齢の漁獲係数である。

(3) 漁獲圧と資源動向

漁獲量 (トン)								
F	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.10	0.1Fcurrent	923	875	129	210	288	397	562
0.19	0.2Fcurrent	923	875	248	379	496	656	886
0.29	0.3Fcurrent	923	875	358	515	644	816	1,053
0.38	0.4Fcurrent	923	875	460	623	745	905	1,116
0.48	0.5Fcurrent	923	875	555	708	810	946	1,115
0.57	0.6Fcurrent	923	875	643	774	849	952	1,075
0.67	0.7Fcurrent	923	875	724	824	868	935	1,012
0.76	0.8Fcurrent	923	875	799	860	873	903	939
0.86	0.9Fcurrent	923	875	869	886	866	862	863
0.95	1.0Fcurrent	923	875	934	903	852	817	788
1.05	1.1Fcurrent	923	875	994	913	832	769	717
1.15	1.2Fcurrent	923	875	1,050	917	808	721	652
資源量 (トン)								
F	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.10	0.1Fcurrent	2,170	2,129	2,189	3,401	4,998	7,166	10,158
0.19	0.2Fcurrent	2,170	2,129	2,189	3,209	4,462	6,092	8,241
0.29	0.3Fcurrent	2,170	2,129	2,189	3,032	3,995	5,200	6,716
0.38	0.4Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,867	3,588	4,455	5,499
0.48	0.5Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,715	3,231	3,833	4,525
0.57	0.6Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,573	2,919	3,312	3,744
0.67	0.7Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,442	2,645	2,873	3,114
0.76	0.8Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,321	2,403	2,504	2,606
0.86	0.9Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,208	2,190	2,191	2,195
0.95	1.0Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,102	2,002	1,926	1,860
1.05	1.1Fcurrent	2,170	2,129	2,189	2,005	1,836	1,700	1,587
1.15	1.2Fcurrent	2,170	2,129	2,189	1,914	1,688	1,507	1,363

(4) A B C の再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2006 年 (当初)	0.95Cave2-yr	—	860	690	923
2006 年 (2006 年再評価)	Fsus(0.83)	2,063	859	792	923
2006 年 (2007 年再評価)	Fsim(0.87)	2,170	886	823	923
2007 年 (当初)	Fsus(0.83)	2,123	863	796	
2007 年 (2007 年再評価)	Fsim(0.87)	2,129	819	759	

7. 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割以上は小底で漁獲されている。小底は網目が小さく、小型魚も多く混獲される。管理方策として網目拡大が考えられるが、小型エビ類等も小底の主要な漁獲対象種であるため網目規制による管理は困難であると考えられる。未成魚の漁獲圧を下げるための現実的な管理方策としては小型魚の再放流を徹底することである。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 28 cmであるのに比べ、瀬戸内海では 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。小型魚保護のためには、市場での水揚げ魚の全長制限サイズを引き上げることや、禁漁区を設定することなどの管理方策が考えられる。

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ことから、努力量規制と種苗放流を組み合わせた管理方策を検討する必要がある。

8. 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 山田作太郎, 田中栄次（1999）水産資源解析学. 成山堂. 151pp.
- 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) 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。

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

a 歳、 y 年の漁獲係数 $F_{a,y}$ は、

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

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。

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

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

また、最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2006} = \frac{C_{a,2006}}{1 - \exp(-F_{a,2006})} \exp(M / 2)$$

で求めた。ここで、最近年の 1～5 歳の漁獲係数は過去 5 年の平均と仮定した。

$$F_{a,2006} = \frac{1}{3} (F_{a,2001} + F_{a,2002} + F_{a,2003} + F_{a,2004} + F_{a,2005})$$

$F_{6+,2006}$ の値は $F_{6+,2006}=F_{5,2006}$ となる値を探索した。自然死亡係数 M は渡辺ら 2004 より、 $M=0.31$ 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)	334	832	1,614	2,558	3,617	4,482

(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)をそれぞれ以下の式で求めた。

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

$$SPR = \sum_{a=1}^8 f r_a S_a W_a$$

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

ここで、 $f r_a$ 、 W_a はそれぞれ a 歳の成熟率（雌）と漁獲物の平均体重を示す。

表1 ヒラメ瀬戸内海系群の灘別漁獲量(トン)

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
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
1980	65	8	22	58	76	120	44	24	15	432
1981	63	9	24	58	87	100	19	35	21	416
1982	67	6	22	40	76	107	42	55	21	436
1983	56	9	57	49	92	132	73	98	11	577
1984	78	15	44	41	109	154	62	125	27	655
1985	80	32	207	54	127	155	77	207	9	948
1986	74	22	204	50	134	182	93	119	10	888
1987	71	19	71	50	145	198	102	93	8	757
1988	76	9	222	49	181	255	100	102	23	1,017
1989	65	44	155	58	206	304	114	92	4	1,042
1990	65	34	106	57	141	240	96	89	4	832
1991	80	25	185	56	155	221	103	108	3	936
1992	91	26	144	53	155	181	116	117	5	888
1993	95	40	135	56	138	168	118	135	16	901
1994	106	37	126	76	160	114	127	122	8	876
1995	118	26	151	95	238	179	104	83	8	1,002
1996	101	21	159	99	167	222	107	111	12	999
1997	87	23	157	108	143	230	108	96	20	972
1998	87	44	185	99	113	276	96	108	31	1,039
1999	86	40	209	88	93	258	116	191	37	1,118
2000	74	25	167	92	104	266	93	158	44	1,023
2001	76	27	153	74	89	333	92	156	33	1,033
2002	71	52	135	109	242	174	93	142	21	1,039
2003	58	39	155	92	230	137	93	70	37	911
2004	69	44	158	120	106	234	71	59	50	911
2005	81	41	142	107	120	280	73	58	31	934
2006	70	42	153	107	153	218	79	63	40	923

※ 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

※ 2006 年の数値は概数値

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(t/漁労体数)と努力量(漁労体数)および放流尾数(千尾)の経年変化

年	小底		刺網		定置網		放流尾数 (千尾)
	CPUE	努力量	CPUE	努力量	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	161
1980	0.222	1,222,827	0.061	1,014,695	0.018	2,007	227
1981	0.214	1,221,183	0.060	1,027,415	0.014	2,033	140
1982	0.219	1,219,748	0.070	1,034,989	0.016	2,156	171
1983	0.309	1,187,619	0.115	1,000,991	0.022	2,150	719
1984	0.373	1,196,887	0.106	979,294	0.031	2,071	1,431
1985	0.615	1,148,855	0.148	933,918	0.029	2,289	966
1986	0.541	1,123,191	0.158	946,653	0.039	2,224	1,462
1987	0.433	1,151,227	0.158	919,477	0.033	2,162	1,840
1988	0.629	1,129,380	0.201	909,193	0.039	2,077	1,314
1989	0.650	1,114,723	0.208	876,758	0.039	2,130	1,897
1990	0.481	1,092,348	0.195	829,300	0.042	2,118	2,616
1991	0.548	1,064,092	0.238	833,030	0.046	2,153	2,293
1992	0.523	1,058,620	0.255	815,062	0.035	2,054	3,486
1993	0.560	1,023,712	0.252	783,039	0.033	2,255	3,031
1994	0.558	994,086	0.255	753,895	0.038	2,067	2,919
1995	0.680	1,006,915	0.245	741,748	0.038	2,008	4,134
1996	0.699	950,983	0.266	720,932	0.042	2,030	3,817
1997	0.648	952,662	0.289	729,140	0.044	1,980	4,078
1998	0.713	938,420	0.307	683,685	0.047	1,956	3,982
1999	0.769	909,769	0.377	665,695	0.055	1,883	4,695
2000	0.757	885,218	0.290	658,172	0.052	1,943	4,332
2001	0.752	868,645	0.324	635,932	0.050	1,902	4,327
2002	0.783	831,926	0.351	599,106	0.054	1,828	3,537
2003	0.738	796,401	0.280	593,780	0.054	1,789	4,001
2004	0.755	775,278	0.352	528,797	0.053	1,720	5,102
2005	0.769	748,152	0.370	529,370	0.068	1,639	5,079

表3 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	89,676	279,828	330,155	87,801	19,725	6,690	7,227
1988	364,491	630,567	520,599	95,243	13,155	4,279	2,964
1989	504,798	1,025,889	464,332	76,250	18,826	5,317	6,404
1990	302,035	689,198	424,399	63,741	12,565	3,622	3,759
1991	294,054	577,514	459,317	151,736	41,015	14,236	16,853
1992	281,093	823,409	631,301	102,347	31,198	9,108	11,726
1993	227,254	841,291	680,948	112,704	25,183	6,823	6,124
1994	344,327	852,750	465,460	85,077	26,980	20,087	16,187
1995	587,117	1,143,626	604,603	127,437	30,936	7,875	6,347
1996	552,786	1,141,224	672,635	125,120	26,987	6,723	2,849
1997	290,968	716,784	590,299	129,102	34,533	9,509	10,324
1998	261,791	648,462	555,798	157,467	41,902	11,856	9,332
1999	259,217	663,467	572,139	167,316	42,608	12,699	14,948
2000	132,010	413,906	470,529	153,325	44,780	12,848	17,908
2001	190,100	537,969	533,419	158,879	41,997	13,786	11,849
2002	285,988	751,782	434,063	119,051	41,186	16,751	24,036
2003	207,470	649,852	479,778	110,361	29,513	10,676	17,657
2004	196,116	634,453	498,676	129,566	32,614	12,637	10,168
2005	178,437	603,707	545,511	131,062	34,104	11,864	8,839
2006	125,098	456,509	511,353	138,934	32,419	9,961	10,466

表4 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	112	330	170	61	29	39
1988	59	235	483	171	37	17	15
1989	75	350	394	126	49	20	29
1990	46	242	371	108	34	14	18
1991	36	165	327	209	90	44	65
1992	31	208	398	125	60	25	40
1993	25	215	433	139	49	19	21
1994	41	232	316	112	56	59	59
1995	65	292	384	157	60	22	22
1996	60	286	421	152	52	18	10
1997	36	202	415	176	75	29	39
1998	34	193	413	227	96	38	37
1999	34	202	434	246	99	42	61
2000	19	136	386	244	113	46	79
2001	25	166	410	237	99	46	49
2002	38	233	335	178	98	56	100
2003	27	194	357	159	68	35	71
2004	25	186	364	183	73	40	40
2005	23	177	399	186	77	38	35
2006	17	143	398	210	78	34	44

表5 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	1,459,515	652,861	173,508	67,027	22,457	24,261
1988	1,792,656	830,970	202,485	53,767	32,414	22,452
1989	2,354,386	781,494	177,952	68,590	28,226	33,998
1990	1,932,660	863,915	187,202	66,352	34,301	35,602
1991	2,049,806	834,774	278,026	83,352	37,909	44,876
1992	2,457,411	1,012,669	229,080	77,289	26,769	34,464
1993	2,191,889	1,105,190	219,311	81,995	30,390	27,278
1994	2,508,639	897,572	245,635	66,572	38,777	31,247
1995	2,944,732	1,118,151	269,079	108,178	26,087	21,023
1996	2,845,869	1,194,853	315,345	90,441	53,062	22,484
1997	2,400,636	1,125,167	315,782	125,776	43,428	47,150
1998	2,242,272	1,152,345	331,833	122,824	62,890	49,501
1999	2,048,498	1,093,830	379,179	111,283	54,620	64,293
2000	1,771,821	940,283	323,973	137,426	45,656	63,636
2001	1,759,710	946,555	295,644	108,981	62,856	54,024
2002	2,088,953	834,257	249,713	84,164	44,489	63,838
2003	2,004,850	896,627	248,943	83,295	27,214	45,011
2004	2,102,251	919,815	256,909	89,806	36,135	29,073
2005	1,986,635	1,003,496	258,358	79,966	38,304	28,536
2006	1,428,837	944,860	280,687	79,800	29,948	31,465

表6 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	487	543	280	171	81	109
1988	599	692	327	138	117	101
1989	786	650	287	175	102	152
1990	646	719	302	170	124	160
1991	685	695	449	213	137	201
1992	821	843	370	198	97	154
1993	732	920	354	210	110	122
1994	838	747	397	170	140	140
1995	984	931	434	277	94	94
1996	951	994	509	231	192	101
1997	802	936	510	322	157	211
1998	749	959	536	314	227	222
1999	684	910	612	285	198	288
2000	592	783	523	352	165	285
2001	588	788	477	279	227	242
2002	698	694	403	215	161	286
2003	670	746	402	213	98	202
2004	702	765	415	230	131	130
2005	664	835	417	205	139	128
2006	477	786	453	204	108	141

表7 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	0.25	0.86	0.86	0.41	0.42	0.42
1988	0.52	1.23	0.77	0.33	0.17	0.17
1989	0.69	1.12	0.67	0.38	0.25	0.25
1990	0.53	0.82	0.50	0.25	0.13	0.13
1991	0.39	0.98	0.97	0.82	0.56	0.56
1992	0.49	1.22	0.71	0.62	0.50	0.50
1993	0.58	1.19	0.88	0.44	0.30	0.30
1994	0.50	0.89	0.51	0.62	0.89	0.89
1995	0.59	0.95	0.78	0.40	0.43	0.43
1996	0.62	1.02	0.61	0.42	0.16	0.16
1997	0.42	0.91	0.63	0.38	0.29	0.29
1998	0.41	0.80	0.78	0.50	0.25	0.25
1999	0.47	0.90	0.70	0.58	0.31	0.31
2000	0.31	0.84	0.78	0.47	0.39	0.39
2001	0.43	1.02	0.94	0.58	0.29	0.29
2002	0.53	0.90	0.79	0.82	0.57	0.57
2003	0.47	0.94	0.71	0.52	0.60	0.60
2004	0.43	0.96	0.85	0.54	0.51	0.51
2005	0.43	0.96	0.86	0.67	0.44	0.44
2006	0.46	0.95	0.83	0.63	0.48	0.48

表8 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)、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	1,672	0.45	1,019	1,327,935	131,580	
1988	1,017	1,973	0.52	1,167	1,627,056	165,600	1.60
1989	1,042	2,154	0.48	1,186	2,236,126	118,260	1.92
1990	832	2,120	0.39	1,267	1,761,930	170,730	1.49
1991	936	2,380	0.39	1,468	1,814,366	235,440	1.43
1992	888	2,482	0.36	1,418	2,251,041	206,370	1.53
1993	901	2,448	0.37	1,452	1,878,149	313,740	1.32
1994	876	2,432	0.36	1,370	2,235,849	272,790	1.54
1995	1,002	2,814	0.36	1,560	2,635,419	309,313	1.92
1996	999	2,978	0.34	1,726	2,506,267	339,601	1.61
1997	972	2,938	0.33	1,843	2,104,728	295,908	1.22
1998	1,039	3,007	0.35	1,952	1,916,464	325,808	1.04
1999	1,118	2,977	0.38	1,983	1,710,043	338,455	0.88
2000	1,023	2,699	0.38	1,841	1,282,401	489,420	0.65
2001	1,033	2,601	0.40	1,754	1,385,862	373,848	0.75
2002	1,039	2,457	0.42	1,542	1,755,517	333,436	1.00
2003	911	2,331	0.39	1,430	1,705,986	298,864	1.11
2004	911	2,373	0.38	1,434	1,729,326	372,926	1.21
2005	934	2,387	0.39	1,466	1,518,291	468,344	1.06
2006	923	2,170	0.43	1,434	1,064,403	364,434	0.73

表9 ヒラメ瀬戸内海系群の1歳魚の灘別放流魚割合と添加効率

年	大阪湾	播磨灘	燧灘	伊予灘	周防灘	加重平均	添加効率
1995			0.04	0.25	0.47	0.11	0.11
1996			0.03	0.22	0.46	0.12	0.08
1997			0.01	0.28	0.15	0.12	0.08
1998			0.02	0.25	0.23	0.15	0.08
1999			0.06	0.37	0.28	0.17	0.08
2000			0.04	0.44	0.23	0.28	0.10
2001	0.26		0.16	0.25	0.15	0.21	0.09
2002	0.13	0.07	0.07	0.41	0.17	0.16	0.08
2003	0.19	0.05	0.06	0.52	0.37	0.15	0.08
2004	0.31	0.07	0.09	0.40	0.33	0.18	0.09
2005	0.47	0.20	0.05	0.42	0.47	0.24	0.09
2006	0.43		0.06	0.52	0.41	0.26	0.07

表10 6月のピーク時の稚魚採集数(尾、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

※ 2007年香川県は暫定値

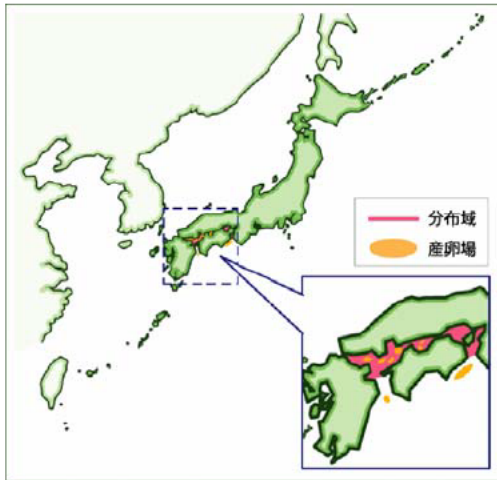


図1 ヒラメ瀬戸内海系群の分布

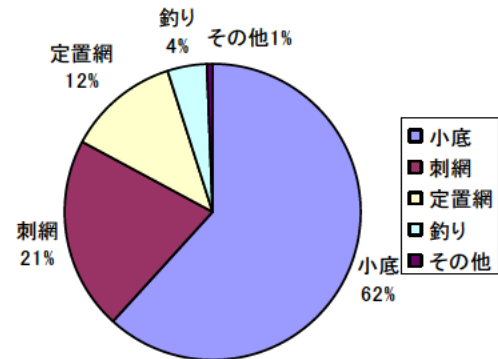


図4 2005年の漁法別漁獲量の割合

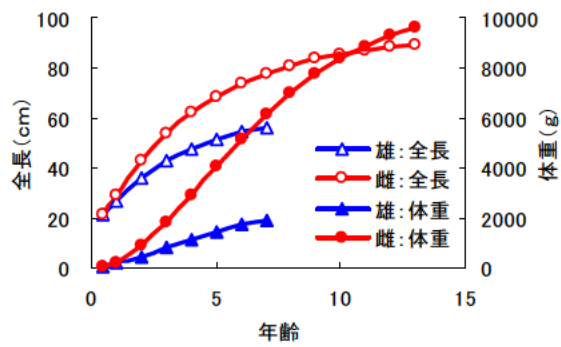


図2 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

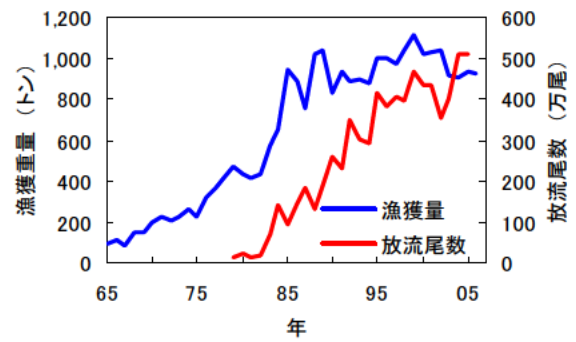


図5 漁獲量と放流尾数の推移

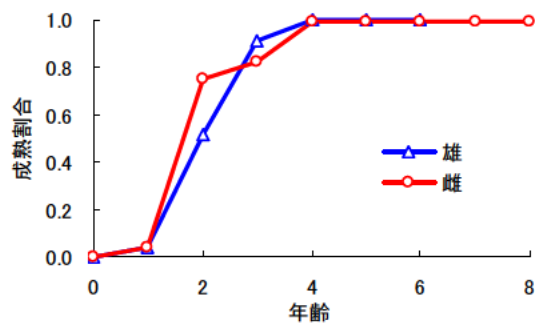


図3 年齢別成熟割合

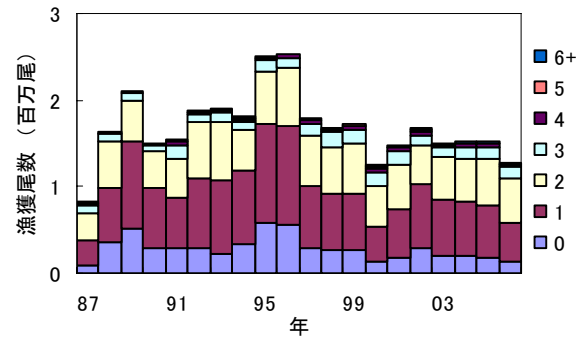
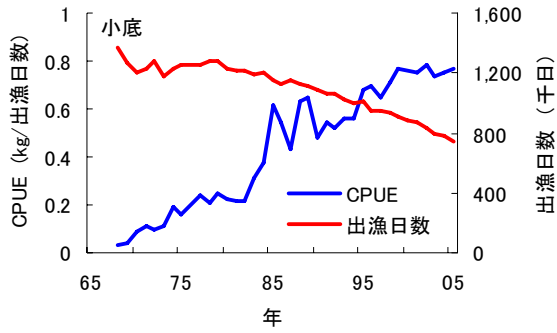


図7 年齢別漁獲尾数の推移

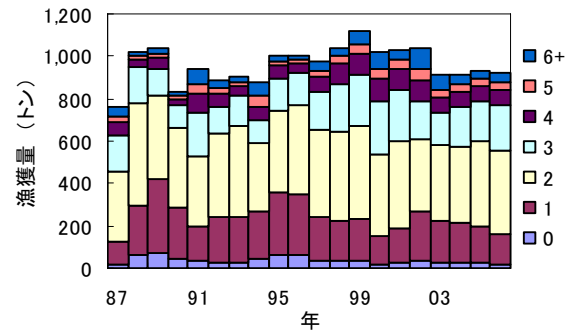
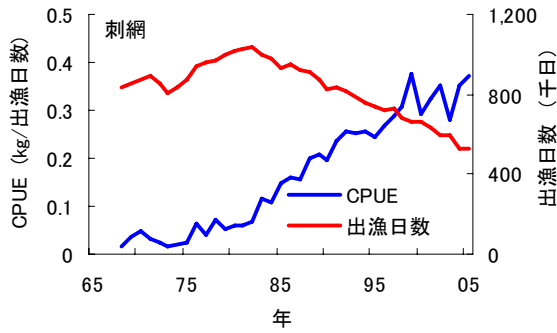


図8 年齢別漁獲量の推移

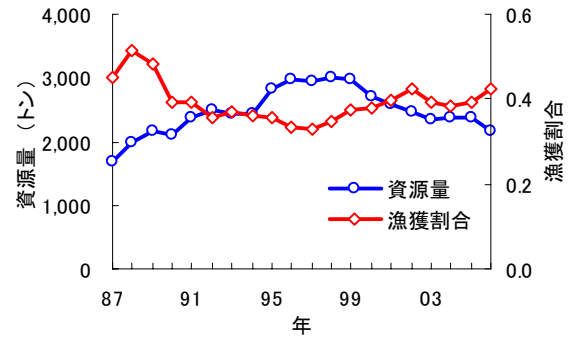
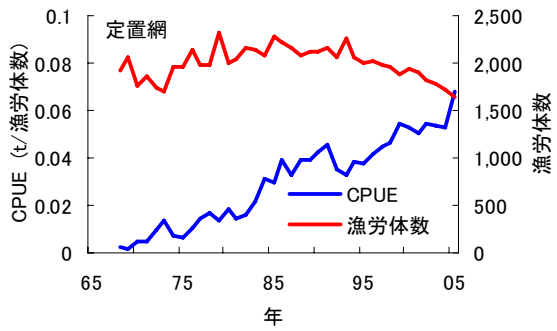


図6 小型底びき網、刺網、定置網の努力量とCPUEの推移

図9 資源量と漁獲割合の推移

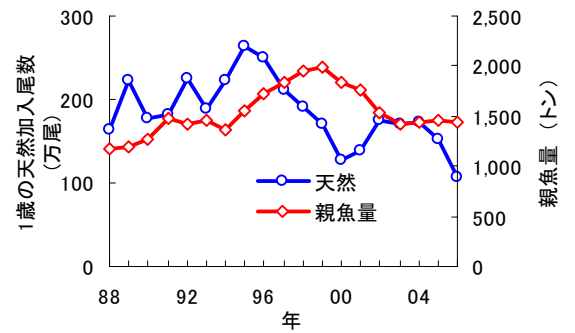


図10 親魚量と天然魚加入量の関係

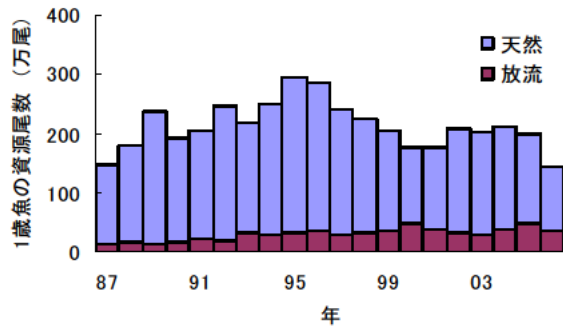


図 1.1 1歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

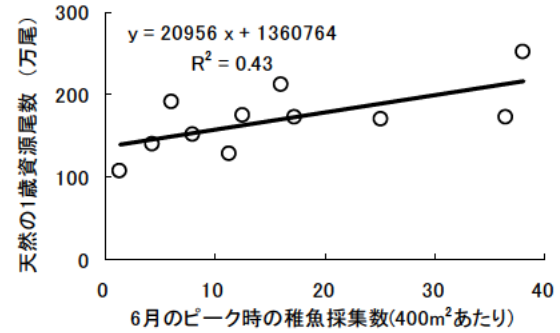


図 1.4 6月のピーク時の稚魚採集数と天然の1歳資源尾数の関係

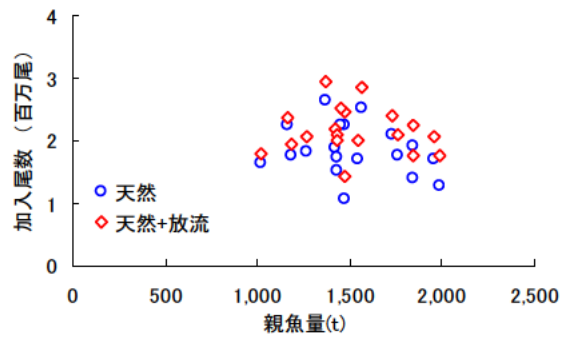


図 1.2 再生産関係

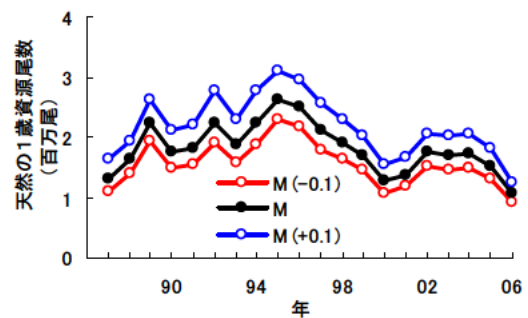
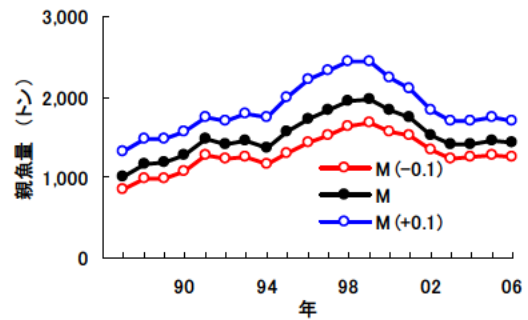
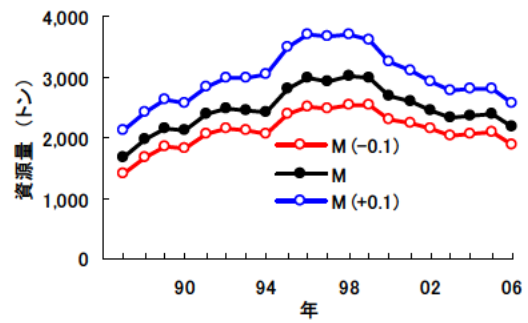


図 1.5 自然死亡係数の値による、資源量、親魚量、天然の1歳資源尾数の感度解析

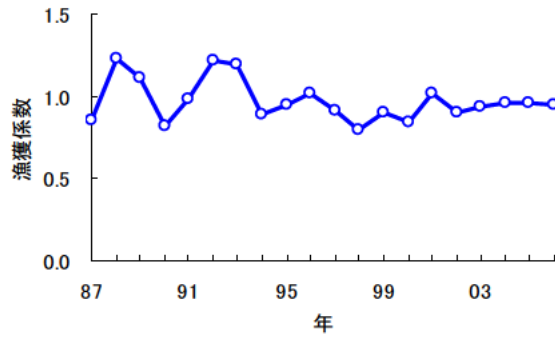


図 1 6 漁獲係数の推移

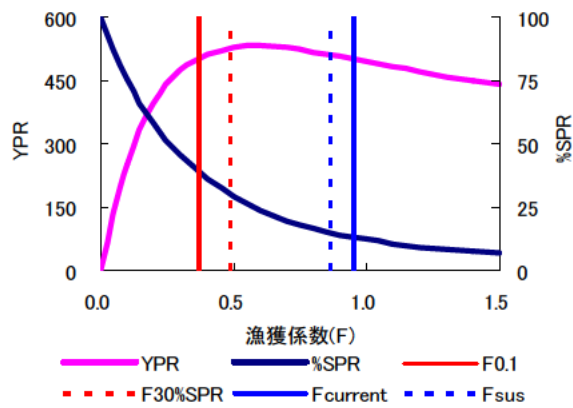


図 1 7 漁獲係数と YPR、%SPR の関係

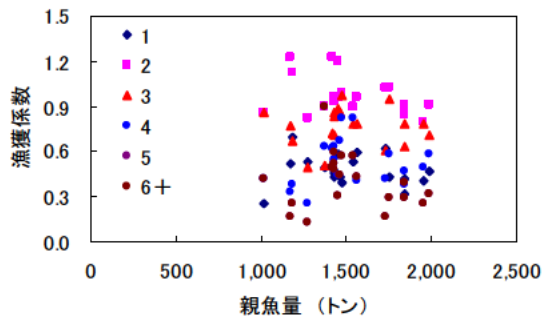


図 1 8 親魚量と漁獲係数の関係

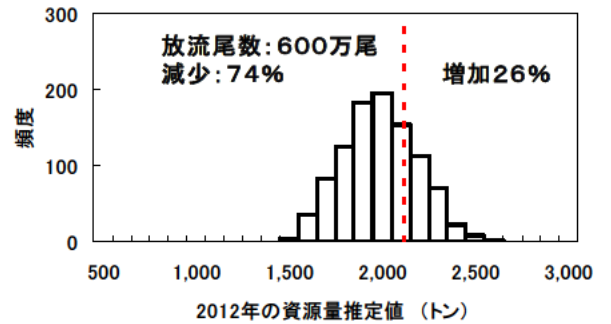
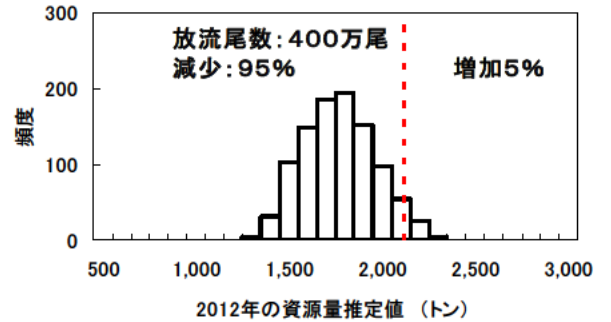
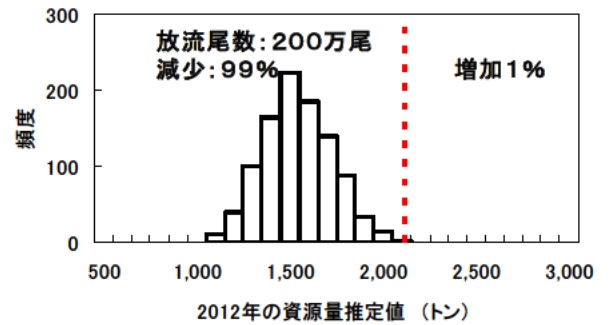
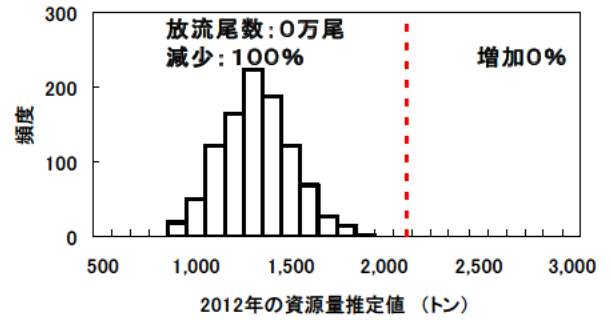


図 1 9 2006 年の漁獲圧 ($F=0.87$) で漁獲を継続し、放流尾数を 0,200 万,400 万,600 万尾と変化させた場合の 2012 年の資源量推定値の分布と 2006 年の資源量に対する増減確率。赤い点線は 2006 年の資源水準を示す。

付表1 Age length key と雌雄割合

以上 (mm)	未満	雌						雄						雌の 割合	雄の 割合		
		0	1	2	3	4	5	6	0	1	2	3	4			5	6
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						0.57	0.43						0.34	0.66
180～	200	0.67	0.31	0.02					0.64	0.35	0.01					0.38	0.62
200～	220	0.56	0.41	0.03					0.50	0.48	0.01					0.45	0.55
220～	240	0.31	0.65	0.03	0.01				0.31	0.67	0.03					0.45	0.55
240～	260	0.24	0.72	0.05					0.21	0.71	0.07					0.45	0.55
260～	280	0.31	0.63	0.06					0.14	0.68	0.17					0.46	0.54
280～	300	0.16	0.69	0.15					0.09	0.68	0.22	0.01				0.43	0.57
300～	320	0.16	0.65	0.19		0.01			0.08	0.51	0.39	0.01	0.01			0.41	0.59
320～	340	0.07	0.60	0.32		0.01			0.02	0.37	0.59	0.02				0.39	0.61
340～	360	0.02	0.57	0.41					0.00	0.23	0.74	0.03				0.33	0.67
360～	380		0.38	0.59	0.02	0.01			0.00	0.10	0.83	0.05	0.01			0.25	0.75
380～	400		0.29	0.65	0.05					0.08	0.79	0.13				0.34	0.66
400～	420		0.13	0.80	0.06	0.01				0.07	0.67	0.24	0.02			0.46	0.54
420～	440		0.08	0.83	0.09					0.03	0.44	0.45	0.06	0.01		0.68	0.32
440～	460		0.05	0.89	0.06					0.02	0.37	0.47	0.08	0.04	0.02	0.83	0.17
460～	480		0.08	0.81	0.10					0.04	0.33	0.46	0.17			0.83	0.17
480～	500		0.11	0.67	0.21	0.01						0.26	0.37	0.21	0.16	0.90	0.10
500～	520		0.04	0.58	0.35	0.03						0.14	0.50	0.18	0.09	0.87	0.13
520～	540		0.05	0.43	0.47	0.03	0.01					0.18	0.18		0.55	0.89	0.11
540～	560			0.22	0.76	0.02						0.13	0.25	0.38	0.25	0.91	0.09
560～	580		0.01	0.13	0.71	0.12	0.03					0.57	0.29		0.14	0.91	0.09
580～	600		0.04	0.04	0.68	0.23	0.02						1.00			0.96	0.04
600～	620			0.05	0.56	0.38	0.02					0.33	0.33		0.33	0.95	0.05
620～	640				0.53	0.38	0.06	0.02							1.00	0.98	0.02
640～	660				0.45	0.45	0.10					1.00				0.97	0.03
660～	680				0.29	0.19	0.38	0.14								1.00	0.00
680～	700			0.04	0.26	0.39	0.09	0.22								1.00	0.00
700～	720				0.19	0.25	0.25	0.31					1.00			0.94	0.06
720～	740					0.44		0.56								1.00	0.00
740～	760				0.09	0.36	0.27	0.27								1.00	0.00
760～	780					0.30	0.10	0.60								1.00	0.00
780～	800						0.11	0.89								1.00	0.00
800～	820							1.00								1.00	0.00
820～	840					0.20	0.20	0.60								1.00	0.00
840～	860						0.40	0.60								1.00	0.00
860～								1.00								1.00	0.00

※ 赤字は推測値