

平成 20 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(巨 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混入率、種苗放流数から推定した添加効率は0.08～0.15で、種苗放流が天然の加入群に対し毎年40万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。2008～2013年の資源が同水準を維持する漁獲係数(Fsim)を資源管理基準とした。

	2009年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	809トン	Fsim	0.87	37%
ABCtarget	701トン	0.9Fsim	0.79	34%

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
2006	2,443	918	1.00	38%
2007	2,271	867	0.92	38%
2008	2,251	-	-	-

水準:高位 動向:減少

データセット一覧 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) (兵庫県、山口県、香川県、愛媛県)
加入量指数	新規加入量調査(香川県、愛媛県)・ソリネット
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.31$ を仮定
2008年加入量	2007年産卵親魚量と1998～2007年の再生産成功率平均値より算出
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)

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%、18%(2005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、2006年の種苗放流尾数は506万尾であった。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)。

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

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

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

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

(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。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。2006年は918トン、2007年は概数値で867トンであった(表1、図5)。なお、今年度は2007年の海区別漁獲量の概数値が発表されなかったため、2007年の県別漁獲量概数値に、2006年の各府県の漁獲量のうち瀬戸内海区での漁獲の占める割合を掛け、各府県の瀬戸内海区の漁獲量を合計し算出した。この際、瀬戸内海区で行われていない沖合底びき網の漁獲量は除いて計算した。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

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0.59倍、0.50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、2006年の漁労体数は1,562統であった(表2、図6)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1987～2007年までの21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2007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(2002～2006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。2006年の小底、刺網、定置網のCPUEは、それぞれ0.77、0.41、0.07で、1980年のCPUEと比較し3.47、6.78、3.68倍に増加している(表2、図6)。

(3) 漁獲物の年齢組成

1995～2007年に河原津、1994～2007年に伊予、上灘、徳山、2000～2007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、1998～2007年に西条で刺網の漁獲物の全長組成を、2004～2007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、1996～2007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。

1994～2007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。このうち1996～2007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ため、定置網を除いた漁獲量で推定した瀬戸内海全体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3、表4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、1999年は3,000トンに達したが、その後資源は減少傾向で、2007年の資源量は2,271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歳が高く、4歳以上ではこれらより低い傾向がある(表7)。産卵親魚量は近年1,600トン程度で推移している(表8、

図 10)。

1994～2007年の1歳魚の混入率を、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)。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が行われていないため、この間の混入率は2001～2003年の平均0.18に等しいと仮定した。瀬戸内海全域の1歳の混入率は13～28%で、2007年は28%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、添加効率は1995～2007年の間0.08～0.15の範囲で推移し、平均0.10で2007年は0.09だった(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40万尾程度天然資源に加わっていることが示された(図11)。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12)。再生産成功率(RPS)は0.71～2.02の範囲で平均1.24だった。RPSは1990年代前半と比較し、近年は低い水準となっている(図13)。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14に示す。図15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。昨年までは年齢別漁獲尾数の推定における燧灘のデータの割合が高かったが、本年度新たに他海域の全長組成データを追加し、年齢別漁獲尾数の推定における燧灘のデータの割合が低下したと考えられるため、両者に有意な正の相関は見られなかった。

(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)。コホート解析の結果より2000年以降、資源量と漁獲量が減少傾向であることから、動向は減少と判断した(図5、9)。

(6) 資源と漁獲の関係

図16は年齢別漁獲係数の経年変化を示す。図17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18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。資源動向が減少傾向であり、2003年以降天然の1歳の加入量も、それ以前より低水準であることから、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

2009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2013年の資源量と漁獲量を推定した。ここで、天然の1歳資源尾数は前年の産卵親魚量に対して、RPSを1998～2007年の平均値0.89、また、種苗放流の添加効率は2002～2006の平均0.10として推定した。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2013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19、図20はそれぞれ2013年の推定された資源量と漁獲量の等量線図である。漁獲圧と放流量とも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放流量のみを減少させると将来の資源量と漁獲量を減少する危険がある。

5. 2009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は高位、動向は減少である。

(2) ABC並びに推定漁獲量の算定

コホート解析を行った1987年以降資源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。ABCの算定において、天然の1歳資源尾数は前年の産卵親魚量に対して、RPSを1998～2007年の平均0.89として推定した。また、2007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2002～2006年の平均で、それぞれ456万尾、0.10とした(将来予測方法の詳細は補足資料参照)。図20より管理基準として漁獲量の最大化を目標とすることもできるが、資源量が高位と考えられることから、現状の資源水準維持を管理目標とした。資源管理基準はFsimを使用し、2008～2013年までの期間で資源水準を維持する漁獲係数とした。水準が高位であるので β_1 は1.0とした。2008年の漁獲圧は2007年の漁獲圧と等しいと仮定し、2009年以降は各年齢群への選択率が2007年のものに等しいと仮定した。Fsimは、2008～2013年の資源量推定値を横軸にプロットし、回帰直線の傾きが0となるFの値を探索した。また、RPSが過去10年のうち低位であった5ヶ年の平均0.75の場合において、資源量水準を維持するFが0.80で、ABClimitのFsimの約0.9倍であった。そこでABCtargetは加入について不確実性を考慮し、安全率 $\alpha=0.9$ 、RPS=0.75のときの2008～2013年の期間で資源水準を維持する漁獲係数とした。

	2009年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	809 トン	Fsim	0.87	37%
ABCtarget	701 トン	0.9Fsim	0.79	34%

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。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量(トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
現状の漁獲 の継続	Fcurrent (F=0.92)	867	844	841	827	812	799	787
		資源量(トン)						
	管理基準	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
現状の漁獲 の継続	Fcurrent (F=0.92)	2,271	2,195	2,159	2,118	2,079	2,045	2,015

		資源量 (トン)						
F	基準値	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.09	0.1Fcurrent	2,271	2,195	2,159	3,295	4,801	6,772	9,444
0.18	0.2Fcurrent	2,271	2,195	2,159	3,125	4,331	5,851	7,827
0.28	0.3Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,966	3,916	5,070	6,509
0.37	0.4Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,818	3,551	4,408	5,433
0.46	0.5Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,681	3,227	3,845	4,553
0.55	0.6Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,552	2,941	3,365	3,832
0.65	0.7Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,432	2,686	2,956	3,239
0.74	0.8Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,320	2,460	2,605	2,751
0.83	0.9Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,215	2,259	2,304	2,349
0.92	1.0Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,118	2,079	2,045	2,015
1.01	1.1Fcurrent	2,271	2,195	2,159	2,026	1,918	1,821	1,739
1.11	1.2Fcurrent	2,271	2,195	2,159	1,941	1,774	1,629	1,509

		漁獲量 (トン)						
F	基準値	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.09	0.1Fcurrent	867	844	113	178	241	328	459
0.18	0.2Fcurrent	867	844	218	325	423	554	743
0.28	0.3Fcurrent	867	844	315	445	558	704	904
0.37	0.4Fcurrent	867	844	407	544	655	798	983
0.46	0.5Fcurrent	867	844	492	623	724	850	1,005
0.55	0.6Fcurrent	867	844	571	687	770	871	991
0.65	0.7Fcurrent	867	844	646	737	798	871	954
0.74	0.8Fcurrent	867	844	715	776	812	856	903
0.83	0.9Fcurrent	867	844	780	805	816	831	846
0.92	1.0Fcurrent	867	844	841	827	812	799	787
1.01	1.1Fcurrent	867	844	897	842	802	763	729
1.11	1.2Fcurrent	867	844	950	852	787	725	673

(3) ABClimit の評価

ABClimit の漁獲圧で漁業を行った場合と、他の管理基準で漁業を行った場合について、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 1000 回行い、2013 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選択した 1997~2006 年の RPS 値から推定した。放流尾数と添加効率は ABClimit の

算定と同様に、それぞれ456万尾、0.10とした。95%信頼区間はパーセントイル法で推定した。また、現状(2008年)と比較した2013年の親魚量と漁獲量の割合を求めた。

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		2009年 ABC
			5年後	5年平均	現状親魚量を 維持(5年後)	現状漁獲量を 維持(5年後)	
基準値での漁獲 (F_{sim})	0.87 ($0.95F_{current}$)	37%	709~949 トン	815トン	100%	97%	809トン
基準値での漁獲の 予防的措置 (αF 基準値)	0.79 ($0.85F_{current}$)	34%	709~789 トン	725トン	103%	90%	701トン
現状の漁獲圧の維 持($F_{current}$)	0.92	39%	686~906 トン	813トン	92%	93%	841トン
現状の漁獲圧の維 持の予防的措置 ($\alpha F_{current}$)	0.83 ($0.90F_{current}$)	36%	684~764 トン	726トン	95%	87%	729トン
現状の親魚量の維 持(F_{sus})	0.88 ($0.95F_{current}$)	38%	710~931 トン	815トン	100%	97%	811トン
現状の親魚量の維 持の予防的措置 (αF_{sus})	0.79 ($0.86F_{current}$)	35%	705~787 トン	725トン	103%	90%	703トン
							2009年算定漁獲量
現状の漁獲圧の維 持($F_{current}$)	0.92 ($1.00F_{current}$)	39%	686~906 トン	813トン	92%	93%	841トン
コメント							
<ul style="list-style-type: none"> ・ 当該資源に対する現状の漁獲圧を1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2007年の漁獲係数 ・ 将来漁獲量(5年後)は95%信頼区間を示す ・ 評価の現状親魚量と漁獲量は2008年を基準とした2013年の割合 							

(4)ABC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)
2007年(当初)	$F_{sus}(0.83)$	2,123	863	796	
2007年(2007年再評価)	$F_{sim}(0.87)$	2,130	819	759	
2007年(2008年再評価)	$F_{sim}(0.87)$	2,271	852	802	867
2008年(当初)	$F_{sim}(0.87)$	2,170	875	812	
2008年(2008年再評価)	$F_{sim}(0.87)$	2,135	793	747	

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。未成年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28cm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。

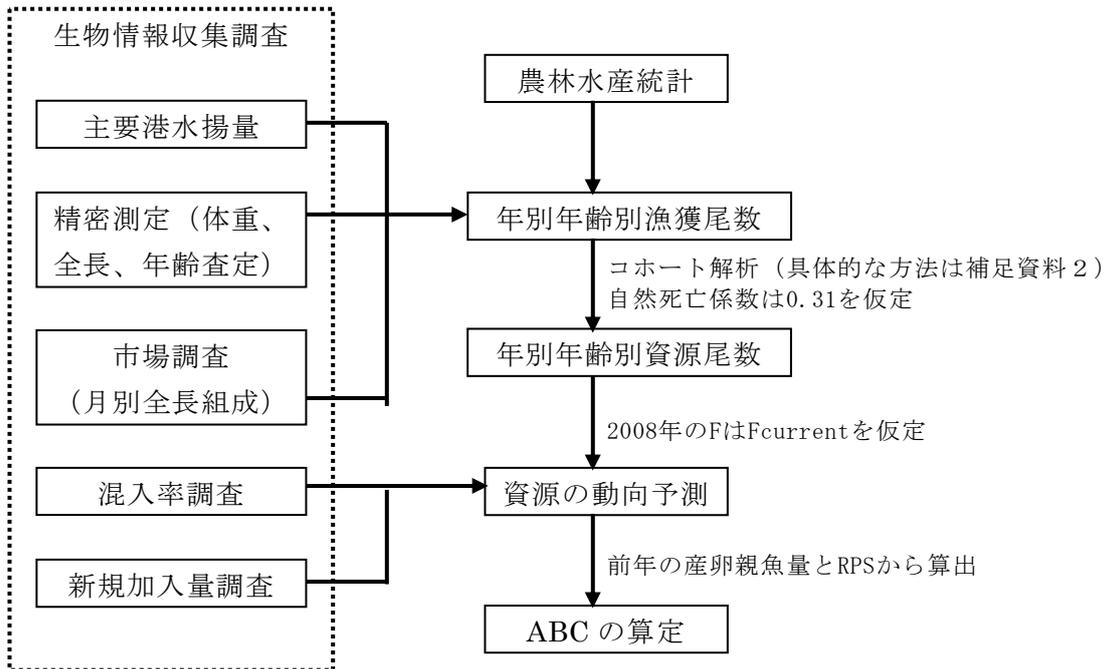
全長制限サイズを引き上げ効果のシミュレーションを行い、全長制限サイズを 20~36cm、放流尾数を0~600万尾で2009年から5年間変化させたときの2013年の漁獲量を予測した。全長制限サイズの引き上げによる新たな漁獲係数は、2007年の1、2歳の漁獲尾数を、①全長制限サイズ以上で漁獲される個体、②再放流の後死亡する個体、③再放流の後生残する個体に分類し、①と②の尾数を $C_{a,y}$ と考え(7)式より推定した。①~③の尾数は、上述の4.(4)の方法で1、2歳魚に分離し、そこから①~③の割合を求め、2007年の年齢別漁獲尾数をかけ推定した。ここで、再放流にともなう生残率は0.7(平川、田中 1997)とした。将来の漁獲量の推定はABC算定と同様に再生成功率を0.89、添加効率を0.10とし、(15)~(18)式のコホート解析の前進法を使用し漁獲が1年に1回との仮定のもとで推定した。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(図 21)。図 22、23 は全長制限サイズと漁獲係数を変化させたときの YPR、SPR の等量線図を示す。YPR については全長制限サイズ 34cm、 $F=0.65$ の箇所に極大値が見られる。

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。

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.
- 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.
- 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。

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

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

また、最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2007} = \frac{C_{a,2007}}{1 - \exp(-F_{a,2007})} \exp(M/2) \quad (10)$$

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。

$$F_{a,2007} = \frac{1}{5} (F_{a,2002} + F_{a,2003} + F_{a,2004} + F_{a,2005} + F_{a,2006}) \quad (11)$$

$F_{6+,2007}$ の値は $F_{6+,2007}=F_{5,2007}$ となる値を探索した。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)	314	809	1,638	2,594	3,325	4,224

(3) 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)をそれぞれ以下の式で求めた。

$$YPR = \sum_{a=1}^8 \frac{F_a}{F_a + M} \{1 - \exp(-F_a - M)\} S_a W_a \quad (12)$$

$$SPR = \sum_{a=1}^8 fr_a S_a W_a \quad (13)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp\{-(F_a + M)\} \quad (\text{ただし } S_1=1) \quad (14)$$

ここで、 fr_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。

(4) 将来予測方法

各年齢の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{1,y} = \sum_{a=1}^{6+} N_{a,y-1} fr_a W_a \times RPS + \text{放流尾数} \times \text{添加効率} \quad (15)$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M) - C_{a-1,y-1} \exp(-M/2) \quad (a=2, \dots, 5) \quad (16)$$

$$N_{6+,y} = N_{6+,y-1} \exp(-M) - C_{5,y-1} \exp(-M/2) + N_{6+,y-1} \exp(-M) - C_{6+,y-1} \exp(-M/2) \quad (17)$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp(-M/2) \quad (18)$$

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
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
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	36	119	122	70	316	48	106	32	918
2007	69	38	132	110	93	260	60	70	36	867

※ 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

※ 2007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)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	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	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
2006	0.771	718,757	0.414	506,802	0.068	1,562	5,062

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	92,178	287,376	322,480	87,812	17,532	6,788	6,809
1988	375,166	644,141	499,968	94,340	10,369	4,093	2,791
1989	519,530	1,049,802	429,311	75,861	15,606	5,454	6,080
1990	310,307	706,056	402,575	63,270	9,742	3,648	3,553
1991	301,676	590,789	441,880	151,548	37,411	14,884	16,467
1992	288,440	846,374	606,220	101,583	26,479	9,639	11,372
1993	233,441	865,186	657,387	111,388	19,885	6,769	6,089
1994	352,910	874,650	438,961	85,520	20,758	20,456	17,482
1995	602,006	1,170,168	567,766	125,848	27,976	7,761	6,201
1996	566,480	1,167,081	638,577	122,957	23,533	6,670	2,798
1997	298,631	734,960	568,423	128,897	29,103	10,373	10,996
1998	268,663	665,116	536,377	156,109	37,510	12,496	10,230
1999	265,962	680,892	552,691	165,891	38,055	12,942	15,830
2000	135,412	425,306	459,161	151,351	41,684	13,613	18,759
2001	194,944	552,446	517,999	157,448	38,004	14,211	12,877
2002	293,322	770,940	411,473	117,427	36,286	17,610	25,770
2003	212,882	667,747	460,385	108,847	25,336	11,338	18,693
2004	201,227	718,738	484,352	124,485	26,868	11,818	11,546
2005	183,133	586,458	539,646	124,477	28,653	14,079	11,174
2006	128,654	503,320	542,462	130,431	26,330	8,873	10,657
2007	249,845	519,637	435,027	118,944	27,133	11,254	15,809

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	17	113	326	180	57	28	36
1988	64	237	474	181	32	16	14
1989	82	358	376	135	44	20	28
1990	50	247	362	115	28	13	17
1991	39	165	318	221	86	44	62
1992	33	212	391	133	55	26	38
1993	27	219	428	147	41	18	21
1994	44	237	306	121	46	59	64
1995	70	296	370	166	58	21	21
1996	65	290	409	159	48	18	9
1997	38	204	406	186	67	30	41
1998	36	194	403	237	90	39	40
1999	37	203	424	257	94	41	63
2000	20	136	378	252	110	46	81
2001	27	166	401	247	94	45	52
2002	41	235	323	187	91	57	106
2003	29	196	348	167	61	35	74
2004	26	204	354	184	63	35	44
2005	24	169	400	187	68	43	43
2006	18	149	414	202	64	28	43
2007	34	154	331	184	66	35	63

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	1,469,936	651,349	172,359	62,248	22,149	22,216
1988	1,792,838	829,622	200,706	50,991	30,546	20,828
1989	2,395,062	760,705	179,319	66,146	28,436	31,698
1990	1,953,872	854,321	189,334	66,305	35,045	34,130
1991	2,062,466	825,562	280,694	84,402	40,178	44,450
1992	2,517,694	1,003,604	226,034	75,735	29,751	35,099
1993	2,234,594	1,118,042	215,725	78,481	32,760	29,473
1994	2,532,307	894,831	255,685	62,552	40,410	34,533
1995	2,995,254	1,104,548	279,209	113,914	28,009	22,379
1996	2,916,716	1,190,477	322,469	96,630	59,412	24,922
1997	2,460,025	1,135,657	324,768	130,753	50,567	53,602
1998	2,294,365	1,171,149	344,666	127,353	70,768	57,934
1999	2,110,628	1,109,689	398,043	118,636	61,089	74,721
2000	1,820,459	961,771	339,124	149,320	54,246	74,751
2001	1,831,176	968,092	310,905	118,651	73,591	66,687
2002	2,160,909	867,184	265,203	92,790	54,301	79,459
2003	2,054,475	921,535	282,494	93,586	36,850	60,756
2004	2,219,056	931,932	280,422	113,575	46,798	45,723
2005	2,054,213	1,008,727	267,528	98,683	60,112	47,706
2006	1,743,076	1,001,270	276,417	89,257	47,690	57,281
2007	1,641,120	844,749	268,552	90,667	42,781	60,093

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	462	527	282	161	74	94
1988	564	671	329	132	102	88
1989	753	615	294	172	95	134
1990	614	691	310	172	117	144
1991	649	668	460	219	134	188
1992	792	812	370	196	99	148
1993	703	905	353	204	109	125
1994	796	724	419	162	134	146
1995	942	894	457	295	93	95
1996	917	963	528	251	198	105
1997	774	919	532	339	168	226
1998	721	948	565	330	235	245
1999	664	898	652	308	203	316
2000	572	778	556	387	180	316
2001	576	783	509	308	245	282
2002	679	702	435	241	181	336
2003	646	746	463	243	123	257
2004	698	754	459	295	156	193
2005	646	816	438	256	200	202
2006	548	810	453	232	159	242
2007	516	683	440	235	142	254

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	0.26	0.86	0.91	0.40	0.44	0.44
1988	0.54	1.22	0.80	0.27	0.17	0.17
1989	0.72	1.08	0.68	0.32	0.25	0.25
1990	0.55	0.80	0.50	0.19	0.13	0.13
1991	0.41	0.98	1.00	0.73	0.57	0.57
1992	0.50	1.22	0.75	0.53	0.48	0.48
1993	0.60	1.16	0.93	0.35	0.28	0.28
1994	0.52	0.85	0.50	0.49	0.90	0.90
1995	0.61	0.92	0.75	0.34	0.39	0.39
1996	0.63	0.99	0.59	0.34	0.14	0.14
1997	0.43	0.88	0.62	0.30	0.27	0.27
1998	0.41	0.77	0.75	0.42	0.23	0.23
1999	0.47	0.87	0.67	0.47	0.28	0.28
2000	0.32	0.82	0.74	0.40	0.35	0.35
2001	0.43	0.98	0.90	0.47	0.26	0.26
2002	0.54	0.81	0.73	0.61	0.48	0.48
2003	0.48	0.88	0.60	0.38	0.45	0.45
2004	0.48	0.94	0.73	0.32	0.35	0.35
2005	0.41	0.98	0.79	0.41	0.32	0.32
2006	0.41	1.00	0.80	0.42	0.25	0.25
2007	0.46	0.92	0.73	0.43	0.37	0.37

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、産卵親魚量(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	1,602	0.47	975	1,323,083	146,853	
1988	1,017	1,886	0.54	1,118	1,608,016	184,822	1.65
1989	1,042	2,062	0.51	1,134	2,263,075	131,987	2.02
1990	832	2,049	0.41	1,231	1,763,325	190,547	1.56
1991	936	2,317	0.40	1,445	1,799,698	262,768	1.46
1992	888	2,418	0.37	1,389	2,287,370	230,324	1.58
1993	901	2,398	0.38	1,434	1,884,437	350,157	1.36
1994	876	2,382	0.37	1,362	2,227,853	304,453	1.55
1995	1,002	2,776	0.36	1,567	2,570,915	424,338	1.89
1996	999	2,962	0.34	1,747	2,529,426	387,289	1.61
1997	972	2,958	0.33	1,891	2,133,905	326,120	1.22
1998	1,039	3,044	0.34	2,013	1,987,882	306,483	1.05
1999	1,118	3,040	0.37	2,061	1,702,139	408,488	0.85
2000	1,023	2,790	0.37	1,946	1,453,986	366,472	0.71
2001	1,033	2,703	0.38	1,863	1,452,322	378,853	0.75
2002	1,039	2,573	0.40	1,667	1,799,130	361,780	0.97
2003	911	2,476	0.37	1,587	1,644,088	410,387	0.99
2004	911	2,555	0.36	1,614	1,789,510	429,546	1.13
2005	934	2,558	0.37	1,655	1,501,503	552,710	0.93
2006	918	2,443	0.38	1,633	1,310,246	432,830	0.79
2007	867	2,271	0.38	1,526	1,181,970	459,150	0.72

表 9. ヒラメ瀬戸内海系群の1歳魚の海域別混入率と添加効率

年	東部	中部	西部	平均	添加効率
1995		0.04	0.28	0.14	0.15
1996		0.03	0.24	0.13	0.09
1997		0.01	0.25	0.13	0.09
1998		0.02	0.24	0.13	0.08
1999		0.06	0.35	0.19	0.10
2000	0.18	0.04	0.43	0.20	0.08
2001	0.24	0.16	0.24	0.21	0.09
2002	0.13	0.07	0.39	0.17	0.08
2003	0.17	0.06	0.51	0.20	0.12
2004	0.19	0.09	0.40	0.19	0.11
2005	0.43	0.05	0.42	0.27	0.11
2006	0.32	0.06	0.50	0.25	0.09
2007	0.49	0.05	0.33	0.28	0.09

表 10. 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

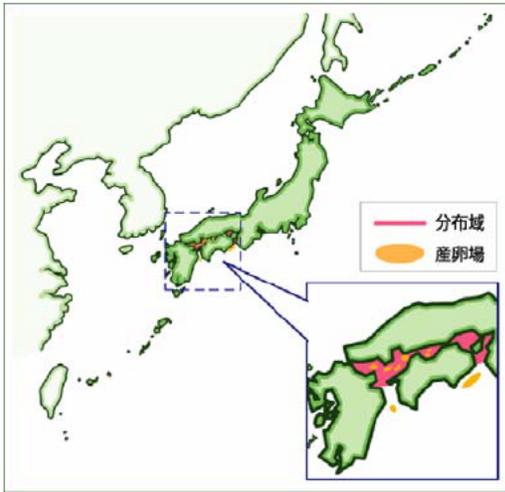


図 1. ヒラメ瀬戸内海系群の分布

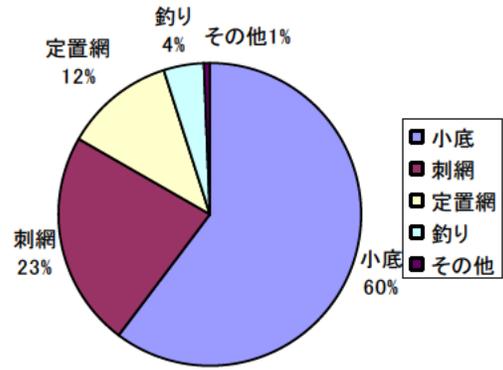


図 4. 2005 年の漁法別漁獲量の割合

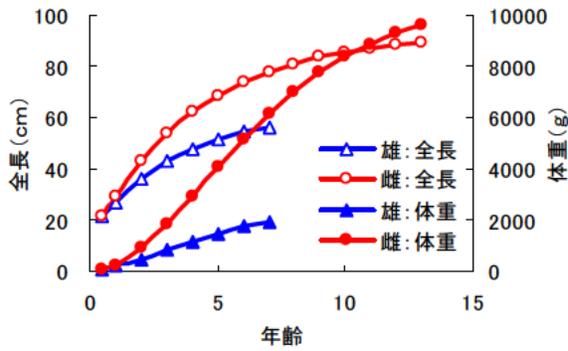


図 2. 雌雄別の年齢と全長、体重の関係

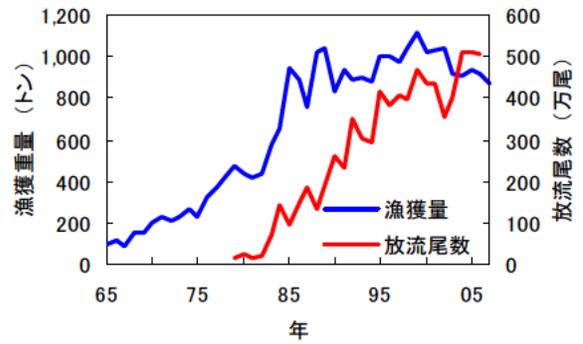


図 5. 漁獲量と放流尾数の推移

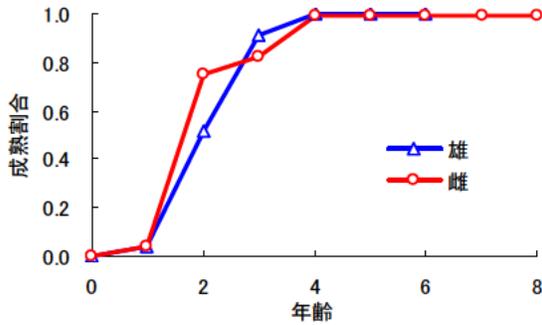


図 3. 年齢別成熟割合

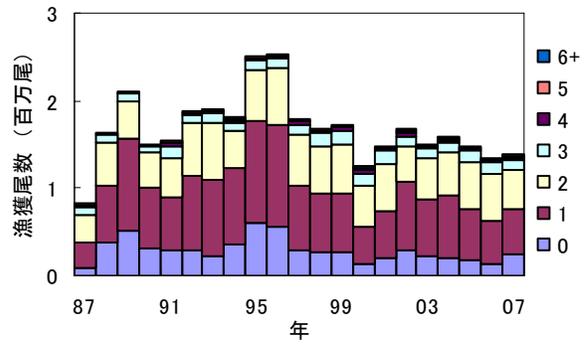
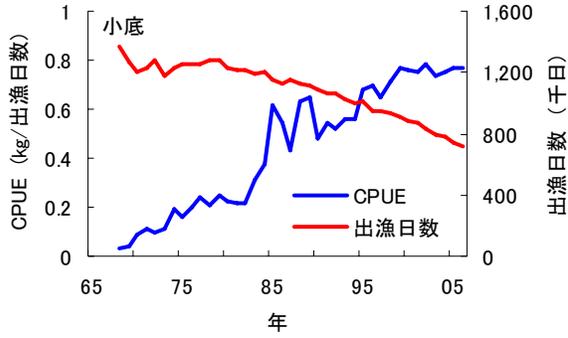


図7. 年齢別漁獲尾数の推移

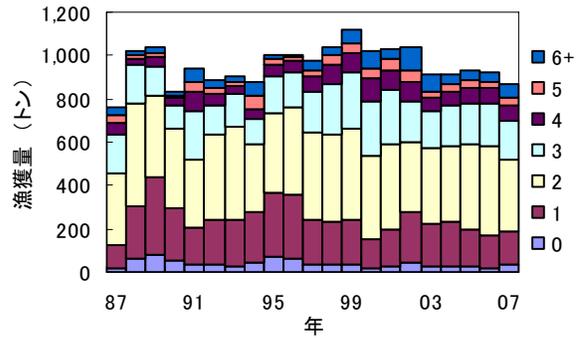
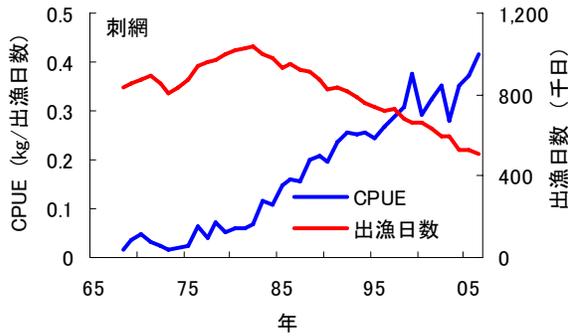


図8. 年齢別漁獲量の推移

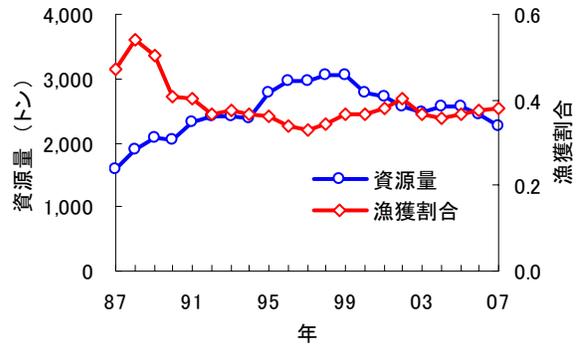
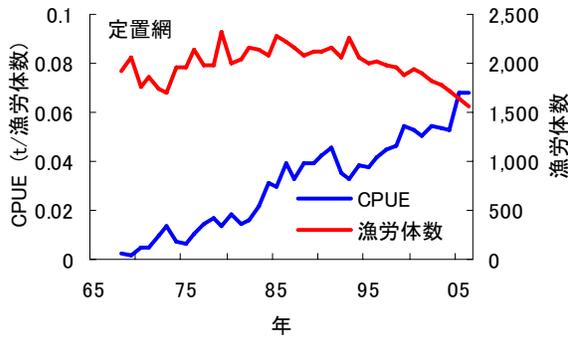


図6. 小型底びき網、刺網、定置網の努力量とCPUEの推移

図9. 資源量と漁獲割合の推移

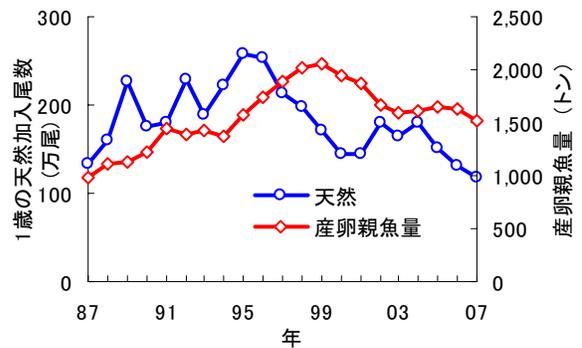


図10. 産卵親魚量と天然魚加入量の関係

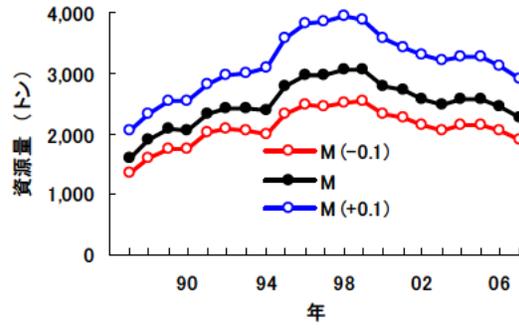
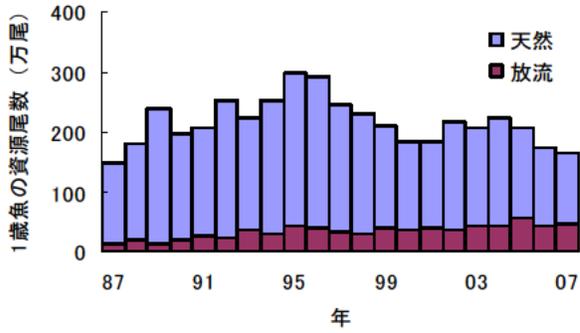


図 11. 1歳資源尾数の天然と放流魚の内訳

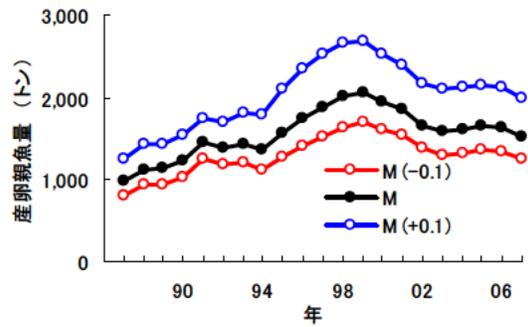
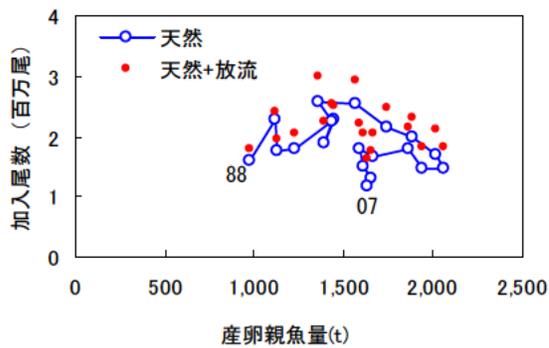


図 12. 再生産関係

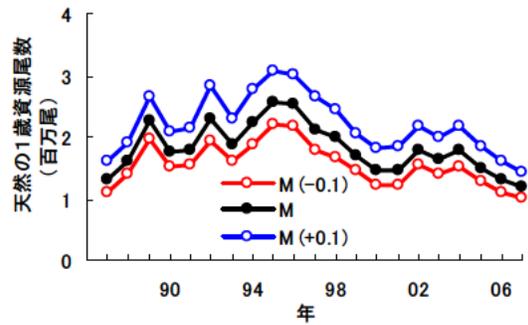
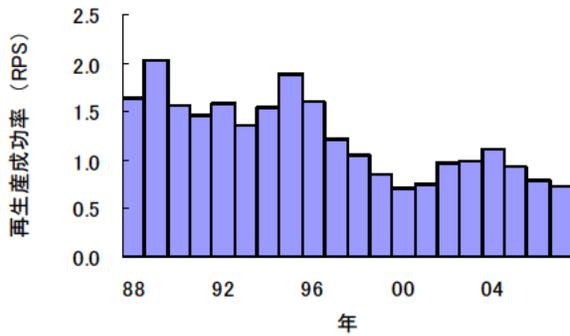


図 14. 自然死亡係数の値による、資源量、産卵親魚量、天然の1歳資源尾数の感度解析

図 13. 再生産成功率(RPS)の推移

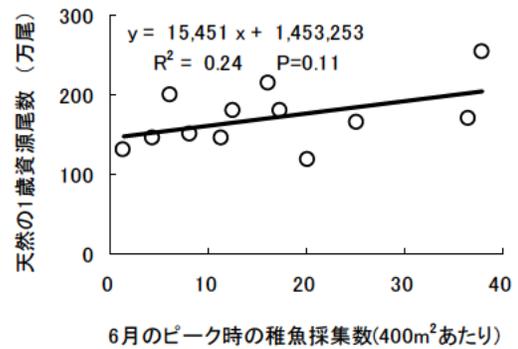


図 15. 6月のピーク時の稚魚採集数と天然の1歳資源尾数の関係

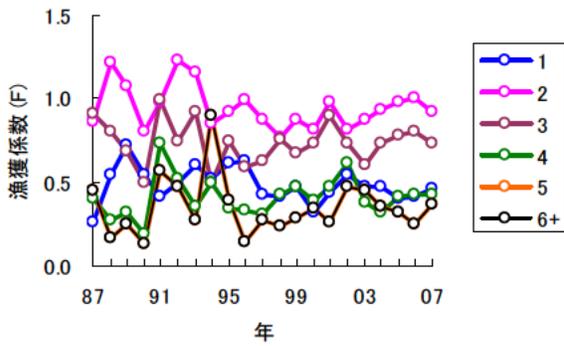


図 16. 年齢別漁獲係数の推移

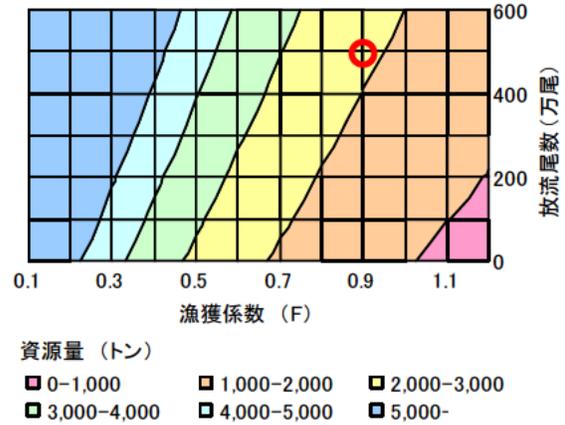


図 19. 2009～2013 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの2013年の資源量の等量線図、赤丸は現状のFと放流尾数を示す

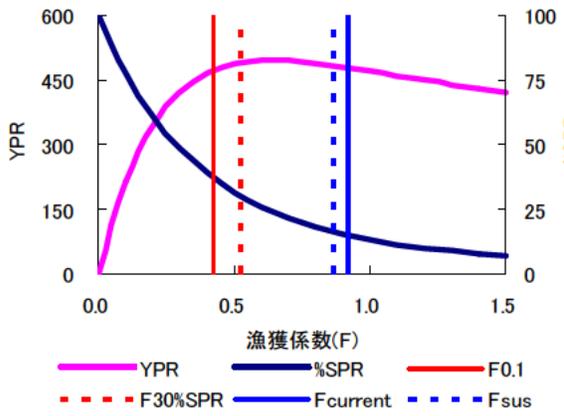


図 17. 漁獲係数と YPR、%SPR の関係

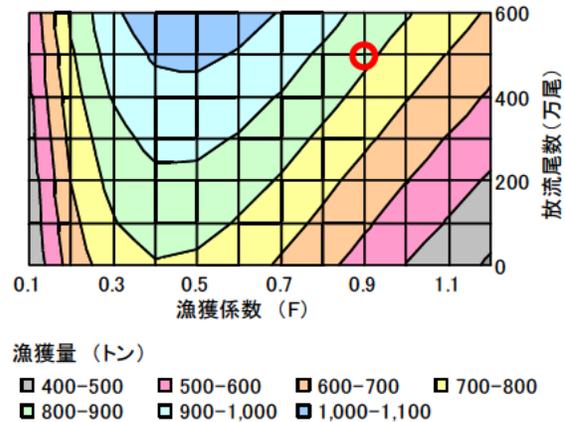


図 20. 2009～2013 年にかけて漁獲圧と放流尾数を変化させたときの2013年の漁獲量の等量線図、赤丸は現状のFと放流尾数を示す

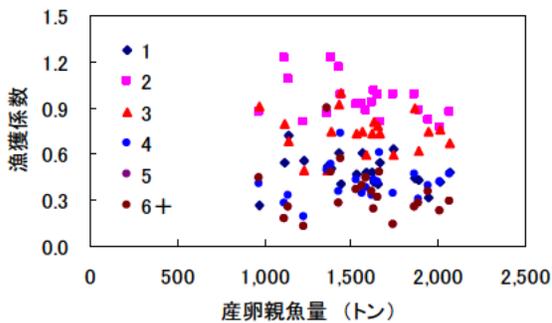


図 18. 産卵親魚量と漁獲係数の関係

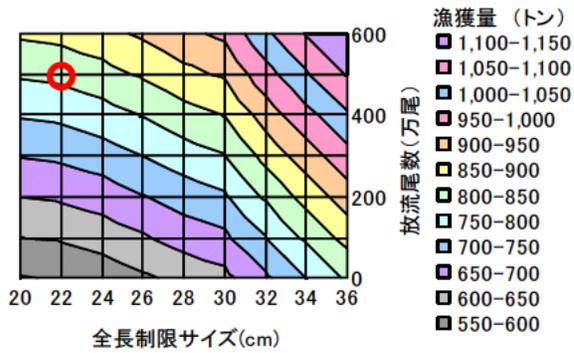


図 21. 全長制限サイズと放流尾数を変化させたときの 2013 年の推定漁獲量等量線図、赤丸は現状の全長制限サイズと放流尾数を示す

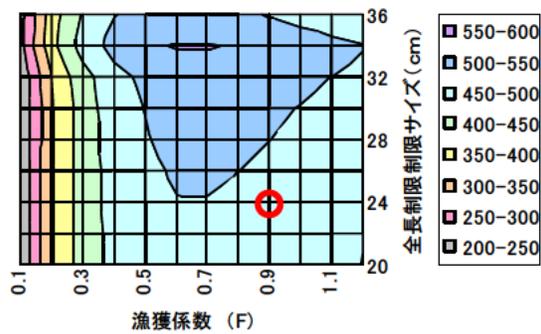


図 22. 全長制限サイズと漁獲係数を変化させたときの YPR の等量線図、赤丸は現状の漁獲係数と全長制限サイズを示す

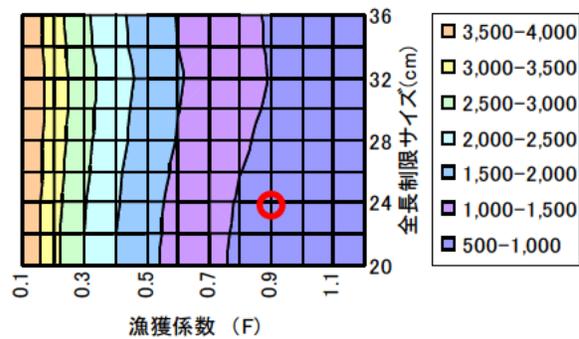


図 23. 全長制限サイズと漁獲係数を変化させたときの SPR の等量線図、赤丸は現状の漁獲係数と全長制限サイズを示す

付表 1. Age length key と雌雄割合

以上 未満 (mm)	雌							雄							雌の 割合	雄の 割合	
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6+歳			
0~ 20	1.00							1.00							0.50	0.50	
20~ 40	1.00							1.00							0.50	0.50	
40~ 60	1.00							1.00							0.50	0.50	
60~ 80	1.00							1.00							0.50	0.50	
80~ 100	1.00							1.00							0.50	0.50	
100~ 120	1.00							1.00							0.50	0.50	
120~ 140	1.00							1.00							0.50	0.50	
140~ 160	0.56	0.44						0.73	0.27						0.45	0.55	
160~ 180	0.78	0.22						0.60	0.40						0.35	0.65	
180~ 200	0.68	0.32						0.67	0.33						0.38	0.62	
200~ 220	0.57	0.43						0.51	0.48	0.01					0.44	0.56	
220~ 240	0.32	0.68		0.01				0.31	0.69						0.45	0.55	
240~ 260	0.24	0.74	0.02					0.22	0.73	0.05					0.45	0.55	
260~ 280	0.32	0.64	0.05					0.14	0.70	0.16					0.46	0.54	
280~ 300	0.17	0.72	0.11					0.09	0.69	0.21	0.01				0.42	0.58	
300~ 320	0.16	0.67	0.17					0.09	0.53	0.37	0.00				0.42	0.58	
320~ 340	0.07	0.63	0.30					0.02	0.39	0.57	0.02				0.39	0.61	
340~ 360	0.02	0.59	0.39						0.24	0.73	0.03				0.33	0.67	
360~ 380		0.41	0.57	0.02				0.00	0.10	0.83	0.05	0.01			0.24	0.76	
380~ 400		0.30	0.64	0.05					0.08	0.79	0.12			0.00	0.34	0.66	
400~ 420		0.14	0.80	0.06					0.07	0.67	0.25	0.01			0.47	0.53	
420~ 440		0.08	0.83	0.09					0.03	0.44	0.48	0.03	0.01		0.70	0.30	
440~ 460		0.05	0.89	0.05	0.00				0.02	0.37	0.46	0.09	0.04	0.02	0.83	0.17	
460~ 480		0.09	0.81	0.10	0.00					0.05	0.34	0.43	0.18		0.83	0.17	
480~ 500		0.11	0.67	0.21	0.01						0.28	0.39	0.17	0.17	0.91	0.09	
500~ 520		0.04	0.58	0.35	0.02						0.15	0.50	0.20	0.10	0.05	0.87	0.13
520~ 540		0.06	0.43	0.47	0.03	0.01					0.20	0.20	0.50	0.10	0.90	0.10	
540~ 560			0.21	0.77	0.02							0.13	0.25	0.38	0.25	0.91	0.09
560~ 580		0.01	0.14	0.70	0.11	0.03						0.57	0.29	0.14	0.91	0.09	
580~ 600		0.04	0.04	0.67	0.23	0.02							1.00		0.96	0.04	
600~ 620			0.03	0.57	0.38	0.02					0.33	0.33		0.33	0.95	0.05	
620~ 640				0.52	0.38	0.07	0.02							1.00	0.98	0.02	
640~ 660				0.41	0.48	0.11					1.00				0.96	0.04	
660~ 680				0.29	0.19	0.38	0.14								1.00	0.00	
680~ 700			0.06	0.31	0.25	0.13	0.25								1.00	0.00	
700~ 720				0.08	0.23	0.31	0.38						1.00		0.93	0.07	
720~ 740					0.33		0.67								1.00	0.00	
740~ 760				0.10	0.30	0.30	0.30								1.00	0.00	
760~ 780					0.22	0.11	0.67								1.00	0.00	
780~ 800						0.14	0.86								1.00	0.00	
800~ 820							1.00								1.00	0.00	
820~ 840					0.00	0.33	0.67								1.00	0.00	
840~ 860						0.33	0.67								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	