

平成15年マダイ瀬戸内海東部系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研所（銭谷 弘、塚本洋一）

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、大阪府立水産試験場、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、徳島県立農林水産総合技術センター水産研究所、香川県水産試験場

要 約

瀬戸内海東部系群のマダイ資源量は1977年以降増加傾向が続き、1984年に2,305トンまで増加した。1992年に1,921トンまで低下したものの、1998年以降急増し、2002年には4,632トンと推定された。2001、2002年級群が少ないことなどから判断して、資源水準は高位であるが、資源動向は横ばいと判断した。

管理方策として種苗放流数を過去5年間（1997～2001年）の平均値、種苗放流したものが漁業に加入する割合（0歳魚の添加効率）を0.23と仮定した条件下で、最大持続漁獲量を実現する F を MSY を実現するための管理基準 F_{msy} とした。ABC算定の資源管理基準と漁獲制御ルール（平成15年度）の1-1)-(1)を適用して $F_{limit} = F_{msy}$ のときの漁獲量を ABC_{limit} 、 $F_{target} = F_{limit} \times 0.8$ のときの漁獲量を ABC_{target} とした。

	2004年ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	14百トン	F_{msy}	0.68	31%
ABC_{target}	12百トン	$0.8F_{msy}$	0.54	26%

F 値については完全加入年齢1歳における値

年	資源量（百トン）	漁獲量（百トン）	F 値	漁獲割合
2001	43	17	0.87	37.2%
2002	45	18	0.87	37.3%
2003	46	-	-	-

（水準・動向）

水準：高位 動向：横ばい

1. まえがき

瀬戸内海東部海域におけるマダイは古くから「明石鯛」として全国にその名を知られている。また、種苗放流も盛んに行われており、瀬戸内海東部における放流量は1986年以降、880～1,767千尾にのぼる（図1；水産庁・（社）日本栽培漁業協会：栽培漁業種苗生産、入手・放流実績より）。

1997年1月から12月までの遊魚調査では120トンのマダイ採捕が報告されており、これは同年の瀬戸内海マダイ漁獲量3.9千トンの3%に当たる。この内、東部（和歌山、大阪、兵庫、岡山、徳島、香川）の採捕量は72トンで、漁獲量1.1千トンの6.5%を占めるにすぎない（農林水産省統計情報部 1989）。

瀬戸内海漁業取締規則は毎年7月1日から9月30日までの3カ月間、体長12cm以下のマダイの採捕を禁じている。

2. 生態

(1) 分布・回遊(図2、3)

瀬戸内海東部系群のマダイは、体長10cm前後の幼魚期までは産卵場に近い育成場で生息する。その後成長に伴って次第に生息範囲を拡大し、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸の全域及び紀伊水道にも分布が広がる。産卵期は春季で、紀伊水道、大阪湾、播磨灘では4月中旬～5月上旬、内海中央部の備讃瀬戸では5月中旬～6月中旬である。親魚は主要な産卵場に回遊して多回産卵を行う(島本 1999)。

(2) 年齢・成長(図4)

ふ化後6ヶ月で10cm、1年で15～23cm、2年で23～30cm、3年で30～37cmに成長する。寿命は15～20年である。

(3) 成熟・産卵生態(図5)

3歳で約半数が産卵に加わり、4歳以上で完全に成熟する。

(4) 被捕食関係

甲殻類のほか多毛類、尾虫類、魚類を主な餌とする(島本 1999)。稚幼魚期には魚食性魚に捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 主要漁業の概要

戦前は主に一本釣り、吾智網、しばり網などによって大型サイズのものを漁獲していたが戦後は主に小型底曳網、吾智網、釣、刺網、小型定置網によって漁獲され、小型サイズのマダイが漁獲対象となっている。2002年においては小型底曳網での漁獲が全体の59%を占め、小型定置網(16%)、釣り(10%)、刺網(8%)、吾智網(7%)と続く。

(2) 漁獲量の推移(図6)

瀬戸内海東部系群のマダイ漁獲量は1956年の1,076トンから減少傾向が続き、1971年には過去最低の234トンまで低下した。その後1984年までに1,219トンに回復した。1986～1998年の漁獲量は754～1,168トンでほぼ安定していたが、1999年に1,624トンに急増し、2002年には1,786トンとなった(附表1)。

4. 資源状態

(1) 資源評価方法

資源量推定はコホート解析(Popeの近似式を用いた)でおこなった。プラスグループ(6歳以上)の資源尾数の推定は平松(1999)の方法を用いた。5歳魚と6歳以上魚の漁獲死亡係数は同じ年では等しいと仮定した。0～5歳魚のターミナル F は各年齢の過去3年間の F の平均とした。6歳以上魚のターミナル F は5歳魚のターミナル F と等しくなるようにエクセルのソルバーを使用して探索的に求めた(詳細は補足資料1参照)。

(2) CPUE・資源量指数

主要漁業種のCPUE(図7、附表1)

小型底曳網のCPUE(kg/出漁日数)の変遷(1968～2001年)を図7に示す。CPUEは1970年に0.09(kg/出漁日数)であったが、1984年には1.27(kg/出漁日数)と急増し、その後、1999年には2.08(kg/出漁日数)となっている。小型底曳網では0、1歳魚を主体に漁獲しており、小型魚の増加がCPUEの増加に反映している。

(3) 漁獲物の年齢(体長)組成の推移(図8)

1977～2000年までは島本(1999)で作成された漁法別年齢別漁獲尾数割合と漁法別漁獲量をもとに年別年齢別漁獲尾数を算出した。ただし、島本(1999)では、1977～1994年までの漁法別年齢別漁獲尾数割合しかないので、1995～2000年は島本(1999)の1994年の漁法別年齢別漁獲尾数割合を用いた。2001年より和歌山県が加太(一本釣、刺網)、雑賀崎(小型底曳網)で調査した年齢別漁獲尾数を漁法別年齢別漁獲尾数割合の新しいデータとして使用した(附表2)。年齢別漁獲尾数および年齢別漁獲重量の推移を図8に示す。未成魚の0、

1歳魚が漁獲物の80%以上を占めている（附表3）。

（4）資源量の推移（図9）

瀬戸内海東部系群のマダイ資源量は1977年以降増加傾向が続き、1984年に2,305トンまで増加した。1992年に1,921トンまで低下したものの、1998年以降急増し、2002年には4,632トンと推定された（図9）。

2002年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は1,657万尾と推定された。年齢別の資源尾数割合は、0歳：42.8%、1歳：34.7%、2歳：10.9%、3歳：5.7%、4歳：3.0%、5歳：1.7%、6歳以上：1.1%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の88.4%を占めている。漁獲割合は37～53%である（附表4）。

0歳魚の資源尾数を加入量の指標とした場合、1977～1989年まで加入量は増加傾向があったが1990～1992年に減少した。その後、増加傾向に転じ、1999年には1,501万尾まで増加した。2000年においても1,452万尾であり高水準であったが、2001年は1,146万尾、2002年には708万尾に減少した。産卵親魚量（3歳魚の資源重量×0.5+4歳魚以上の資源重量）は1997年より急増しており2002年は2,128トンに達している（図10）。RPS（加入量/産卵親魚量）は1994年以降漸減傾向にある（附表5、図11）。

瀬戸内海東部海域では毎年約140万尾の種苗放流が行われており、ここでは放流種苗の資源添加を考慮して再生産関係の検討を行った。産卵親魚量（SSB）と0歳魚の資源尾数との関係を図12に示した。ここで0歳魚資源尾数には天然海域での再生産による個体に加え、資源添加した放流個体が含まれている。

各年における放流種苗が漁業に添加する割合（0歳時の添加効率）を一定の値（ K ）とし、親魚資源量と再生産加入量との関係を検討したところリッカ-型の再生産関係が最も適合した。

天然における再生産関係と人工種苗の添加による y 年における0歳魚資源尾数（ R_y ）は以下の式で表せる。

$$R_y = \alpha \times SSB \times \exp(-\beta \times SSB) + A_r \times K \quad (1)$$

ここでSSBおよび A_r はそれぞれ y 年における親魚資源重量および放流個体数である。また α および β はリッカ-型再生産曲線のパラメータである。 K については、以下の式から推定した。

0歳時の添加効率 = (0歳魚の混獲率) / 種苗放流尾数 × 新規加入量

0歳魚の混獲率は3%未満（日本栽培漁業協会 1989）、種苗放流尾数/新規加入量は平均0.13であるので、0歳時の添加効率 K は上限値の0.23を使用した。なお、島本（1999）の1985～1989年のデータでは0歳時の添加効率は0.15～0.60（平均0.2）であった。

上記の（1）式より各年の実測値 R_y と計算値との偏差平方和が最小となる α 、 β の値を求めた（データは放流データが揃っている1977～2001年分を使用）。計算結果では、 $\alpha = 21,437$ 、 $\beta = 0.00060$ が得られた。推定された親魚資源量と加入量の関係は図12に示した。

なお、自然死亡係数 M を大きい値に仮定すると資源量、加入量、親魚資源量の推定値は大きくなる傾向がある（図13）。しかし、 M の変動の割に資源量、加入量、親魚資源量の推定値はそれほど大きな影響を受けない。

（5）資源水準・動向の判断

過去26年間のコホート計算によるコホート解析より、過去5年の資源動向は増大傾向である。ただし、1999、2000年級と比較し2001、2002年級群が少ないことなどから判断して、平成14年の資源水準は高位ではあるが、資源動向は横ばいと判断した。

5．資源の変動要因

（1）資源と漁獲の関係

附表5、図14に F 値の年齢別の経年変化を示す。2～4歳魚の F 値は経年的に減少傾向が見られた。Precautionary approach plotを図15に示す。2～4歳魚の F 値の減少に伴い産卵親魚量は増加傾向があった。

附表 6 の設定に基づいて計算した % *SPR*、*YPR* と 1 歳魚の漁獲死亡係数の関係を図 16 に示した。

過去 3 年（1999～2001 年）の 1 歳魚の漁獲死亡係数（*F_{current}*）は 0.87 であり、30% *SPR* の推奨値と比較すると漁獲圧が高い状態である。また、加入量当たり漁獲量で見ると漁獲死亡係数が高く成長乱獲の状態である。しかし、資源量水準が増加傾向を保っていることから判断して、漁獲が資源に壊滅的な悪影響を及ぼしているとは判断できない。

（2）資源と海洋環境の関係

産卵期直後の 6 月の瀬戸内海東部海域における平均 0m 層水温と *RPS* について関係（図 11）を見ても特に相関関係は見られない。

（3）種苗放流効果

島本（1999）により 0 歳時の添加効率は 1985～1989 年において 0.15～0.60 と計算されている（1985 年は 0.60、1986 年は 0.15、1987 年は 0.18、1988 年は 0.15、1989 年は 0.31）。それ以降のデータは未整理である。なお、現在の種苗放流水準では、放流しないときの約 1.02 倍の持続漁獲量が得られる（図 17）。

6．管理目標・管理基準値・2004 年 ABC の設定

（1）資源評価のまとめ

資源量は高位、横ばいである。新規加入量は若干減少傾向が見られるものの、産卵親魚量水準は高水準である。現在得られている再生産関係から判断して、産卵親魚量が増加したことにより、新規加入量が密度従属的に減少したと考えられる。

（2）資源管理目標

式 (1) の再生産関係をもとにして、最大持続漁獲量を実現する資源管理目標を設定する。また栽培対象種であるので種苗放流も考慮する。

（3）2004 年 ABC の設定

放流尾数を 140 万尾とし、0 歳時の添加効률을 0.23 と仮定した場合の最大持続漁獲量を求める。1 歳魚の *F* に対応する持続漁獲量曲線を図 16 に示した。最大持続漁獲量を与える 1 歳魚の *F* (*F_{msy}*) は 0.68、最大持続可能漁獲重量は 2,585 トンと計算された。

再生産式 (1) より天然海域由来の最大新規加入量 + 現状の種苗放流水準 × 添加効률을合わせた親規加入量の 50% である 679 万尾が得られる *SSB* を (1) 式よりもとめ *B_{limit}* (=375 トン) と考える。資源状態 *B* (= *SSB*) は 2,128 トンであり *B > B_{limit}* である。資源管理基準と漁獲制御ルール (1 - 1) - (1) に基づいて漁獲死亡係数 *F_{limit}*、*F_{target}* (1 歳魚の値で代表) を算出すると

$$F_{limit} = F_{msy}$$

$$= 0.68$$

$$F_{target} = F_{limit} \times 0.8$$

$$= 0.54$$

ABCLimit、*ABCTarget* を計算すると *ABCLimit* = 1,433 トン（漁獲割合 31.3%）、*ABCTarget* = 1,194（漁獲割合 26.1%）となる。

	2004 年 ABC	資源管理基準	<i>F</i> 値	漁獲割合
<i>ABCLimit</i>	14 百トン	<i>F_{msy}</i>	0.68	31.3%
<i>ABCTarget</i>	12 百トン	0.8 <i>F_{msy}</i>	0.54	26.1%

F 値については完全加入年齢 1 歳における値

（4）*F* 値の変化による資源量（産卵親魚量）及び漁獲量の推移（図 18）

前提：すべての年齢について *F* (2003 年) = *F_{current}* とする。漁獲量 (2003 年) = 1,656 トン、加入量 (2003 年以降) は (1) 式の再生産関係に従うとする。

F	基準値	漁獲量 (トン)					産卵親魚量 (SSB、トン)				
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
0		0	0	0	0	0	2302	3441	5750	10868	17430
0.09	0.1 F_{sus}	224	375	511	636	741	2302	3287	5173	9191	14103
0.18	0.2 F_{sus}	435	689	904	1091	1223	2302	3140	4657	7777	11417
0.27	0.3 F_{sus}	635	950	1201	1412	1533	2302	2999	4194	6586	9247
0.35	0.4 F_{sus}	823	1166	1422	1632	1729	2302	2865	3780	5580	7492
0.44	0.5 F_{sus}	1001	1343	1581	1776	1852	2302	2736	3407	4731	6072
0.53	0.6 F_{sus}	1169	1486	1690	1862	1925	2302	2614	3073	4014	4924
0.62	0.7 F_{sus}	1328	1600	1760	1903	1958	2302	2497	2773	3407	3993
0.68	F_{limit}	1433	1664	1789	1910	1961	2302	2419	2583	3043	3454
0.71	0.8 F_{sus}	1478	1689	1797	1909	1957	2302	2385	2504	2894	3240
0.80	0.9 F_{sus}	1620	1757	1809	1885	1922	2302	2279	2261	2460	2629
0.87	$F_{current}$	1734	1799	1802	1846	1869	2302	2192	2076	2146	2205
0.88	1.0 F_{sus}	1755	1806	1800	1837	1857	2302	2177	2043	2092	2134

F 値および管理基準は1歳魚の値で代表

毎年約140万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.23と仮定

・2004年以降、 F_{limit} で管理した場合、期待される生物学的許容漁獲量は2004年においては現在（2002年）の漁獲圧での漁獲量（1,734トン）を17%下回る。2007年以降は現状の漁獲圧を継続した場合よりも増加が期待できる。

（5） $ABClimit$ の検証

代表的な管理基準の M による感度解析結果を附表7に示した。 M に対する $ABClimit$ 、 $Blimit$ の感度解析結果を図19に示す。 M の $\pm 30\%$ の変動に対し管理基準の変動は $\pm 10\%$ 以内に収まっていた。 M の $\pm 30\%$ の変動に対し $ABClimit$ の変動は $\pm 1\%$ 以内に収まっていた。 M に対するそれぞれの値の感度は低く、 $ABClimit$ 算出に対する影響は少ない。

（6）過去の管理目標・基準値、 ABC （当初・再評価）のレビュー

評価対象年	（当初・再評価）	管理基準	資源量	$ABClimit$	$Target$	漁獲量	管理目標
2002年	（当初）	$F_{med}(0.80)$	3823	1983	1682		長期的に資源を安定させる管理目標
2002年	（2002年再評価）	$F_{msy}(0.61)$	3952	1456	1318	1843	最大持続漁獲量の実現
2002年	（2003年再評価）	$F_{msy}(0.68)$	4521	1490	1243		同上
2003年	（当初）	$F_{msy}(0.61)$	4212	1351	1129		同上
2003年	（再評価）	$F_{msy}(0.68)$	4632	1433	1194		同上

資源量、 ABC の単位：トン

F 値および管理基準は1歳魚の値で代表

・2002年の新規加入量が前年と比較して極端に低く推定されている。2003年以降のデータがそろった段階で値が変わる可能性がある。

7. ABC 以外の管理方策への提言

若齢魚規制について検討した。例として、0歳魚を全面禁漁とした場合に得られる最大持続漁獲量を実現する F_{msy} （ $F_{msy}(0歳規制)$ ）は0.71であり、予測漁獲量、予測産卵親魚量は以下ようになる。

F	基準値	漁獲量 (トン)					産卵親魚量 (SSB、トン)				
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
0.71		1388	1833	2126	2369	2510	2302	2382	2495	3126	3931

$F_{msy}(0歳規制)$

F 値および管理基準は1歳魚の値で代表

・漁獲量の増加、産卵親魚の回復は0歳規制しない F_{msy} よりも迅速であるが、漁業形態の改変を伴う管理施策の提言を現時点では提示する段階ではない。

8 . 引用文献

平松一彦(1999)VPAの入門と実際.水産資源管理談話会報, 19: 25-40.

日本栽培漁業協会 (1989) 栽培漁業技術についての考え方 . pp.18.

農林水産省統計情報部 (1998) 遊漁採捕量調査報告書 . pp.115.

島本信夫(1999) 瀬戸内海東部海域におけるマダイの資源変動および栽培漁業に関する研究.兵庫水試研報, 35: 43-112.

補足資料 1

(1) 資源量等推定方法

近年の漁獲動向及び漁法別年齢別漁獲尾数データをもとにして瀬戸内海東部系群マダイの年齢別漁獲尾数をもとめ、平松(1999)のコホート計算により年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数を算定した。

計算に使用した漁獲物の年齢別平均体重

年齢	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上
体重(g)	27	180	510	860	1460	1880	2496

資源量計算に際し、自然死亡係数(M)は島本(1999)より年齢別に $M=0.39$ (0歳魚)、 0.24 (1歳魚)、 0.17 (2歳以降)とした。6歳魚以上をプラスグループとしてあつかっており、5歳魚と6歳以上魚の漁獲死亡係数は同じ年では等しいと仮定した。コホート計算の基本式は以下に示したPopeの近似式を用いた

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot \exp(M) + C_{a,y} \cdot \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲尾数である。

最近年(2002年)、6歳以上魚(プラスグループ)、5歳魚の資源尾数は以下の式で計算した。

$$N_{a,2002} = \frac{C_{a,2002} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2002})}$$

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

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

漁獲死亡係数 F の計算は、ターミナル F 以外は以下の式による。

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

0～5歳魚のターミナル F は各年齢の過去3年間の F の平均とした。6歳以上魚のターミナル F は5歳魚のターミナル F と等しくなるようエクセルのソルバーを使用して探索的に求めた。

(2) SPR 、 YPR 計算

SPR 、 YPR は次式を用いた。

$$SPR = \sum_{a=0}^{15} \left[\prod_{k=0}^a \exp\{-(F_k + M_k)\} \right] \times W_a \times SR_a$$

$$YPR = \sum_{a=0}^{15} \left[\prod_{k=0}^a \exp\{-(F_k + M_k)\} \right] \times W_a \times \frac{F_a}{F_a + M_a}$$

以下に SPR 、 YPR 計算のための仮定を示す(附表3)。

・年齢(a)別体重(W_a)は島本(1999)の関係式より

$$W_a = 7864 \times [1 - \exp\{-0.1563 \times (a + 0.5 + 0.4412)\}]^{2.906} \quad \text{を用いた。}$$

・漁業への加入年齢(a_f)は0歳。

- ・ 産卵寄与率 (SR_a) は成熟に関する情報をもとに2歳以下は0、3歳は0.5、4歳以上が1と仮定する。
- ・ ある年齢 a の漁獲死亡係数 (F_a) と1歳魚の漁獲死亡係数 (F_1) の比 (年齢別漁獲選択性: $s_a = F_a / F_1$) が1999～2001年で同じと仮定する。
- ・ 1歳魚の漁獲死亡係数 (F_1) により資源を管理する。各年齢毎の漁獲死亡係数 (F_a) は $F_a = F_1 \times s_a$ で計算する。

(3) F_{msy} の探索方法

最初に任意の F (1歳魚の F で代表) に対する SPR 値 ($SPR(F)$) を求め、 $SPR(F)$ の逆数の傾きをもち原点を通る直線と (1) 式の再生産曲線の交点 ($SSB(F)$, $R(F)$) を求める (資源の平衡条件)。次にこの F を用いて $YPR(F)$ を計算。持続漁獲量 $SY(F)$ を $SY(F) = R(F) \times YPR(F)$ で計算、 $SY(F)$ が最大となる $F = F_{msy}$ を探索する。

(4) 漁獲量 (ABC 含む) 予測の方法

2002年以降、現状の F (1歳魚の F で代表) および年齢別漁獲選択性が1999～2001年の平均値として一定と仮定する。2003年における1歳魚以上の資源尾数は2002年における資源尾数と現状の漁獲死亡係数をもとに計算する。また2003年以降における0歳魚の資源尾数を当該年の3歳以上魚の資源重量 (SSB) をもとに再生産式

0歳魚の資源尾数 = $21437 \times SSB \times \exp(-0.00060 \times SSB) + \text{種苗放流数} \times 0\text{歳時の添加効率}$ から推定する。ただし、毎年約140万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率が0.23と仮定する。2004年初めの資源量は2003年も2002年と同じ漁獲圧 ($F_{current}$) をかけたとして3,735トンと予測する。さらに2004年以降における予測資源尾数に対して F_{limit} 、 F_{target} の漁獲圧をかけるとして ABC_{limit} 、 ABC_{target} を計算する。

引用文献

平松一彦(1999) VPAの入門と実際. 水産資源管理談話会報, 19: 25-40.

島本信夫(1999) 瀬戸内海東部海域におけるマダイの資源変動および栽培漁業に関する研究. 兵庫水試研報, 35: 43-112.

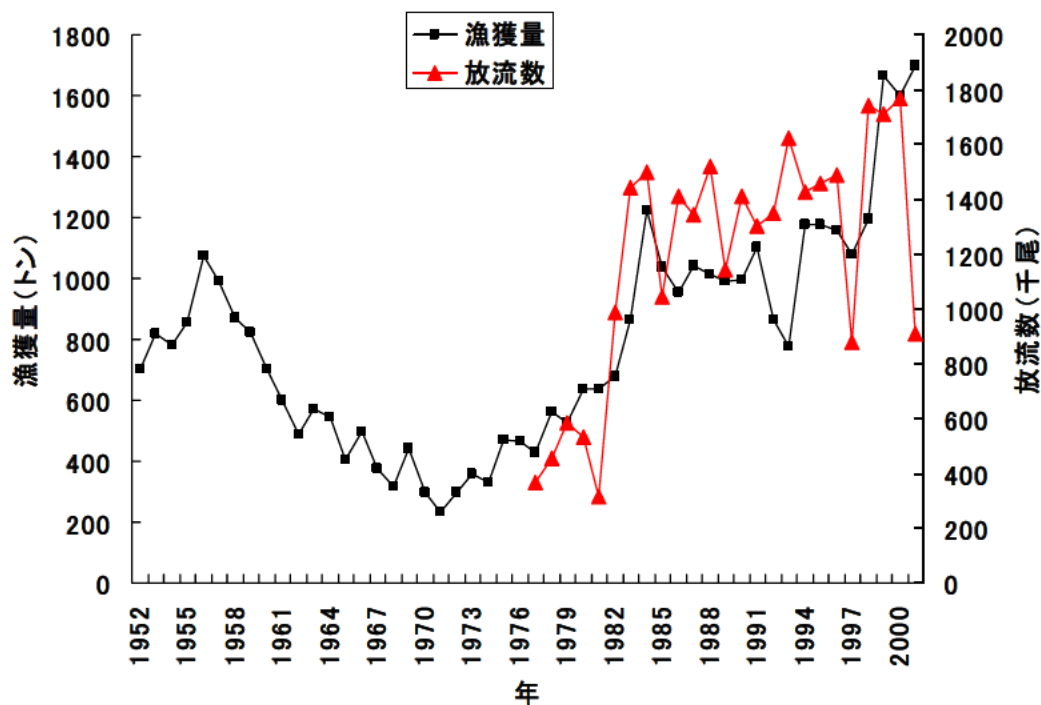


図1 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量および放流数



図2 瀬戸内海東部系群マダイの分布・回遊

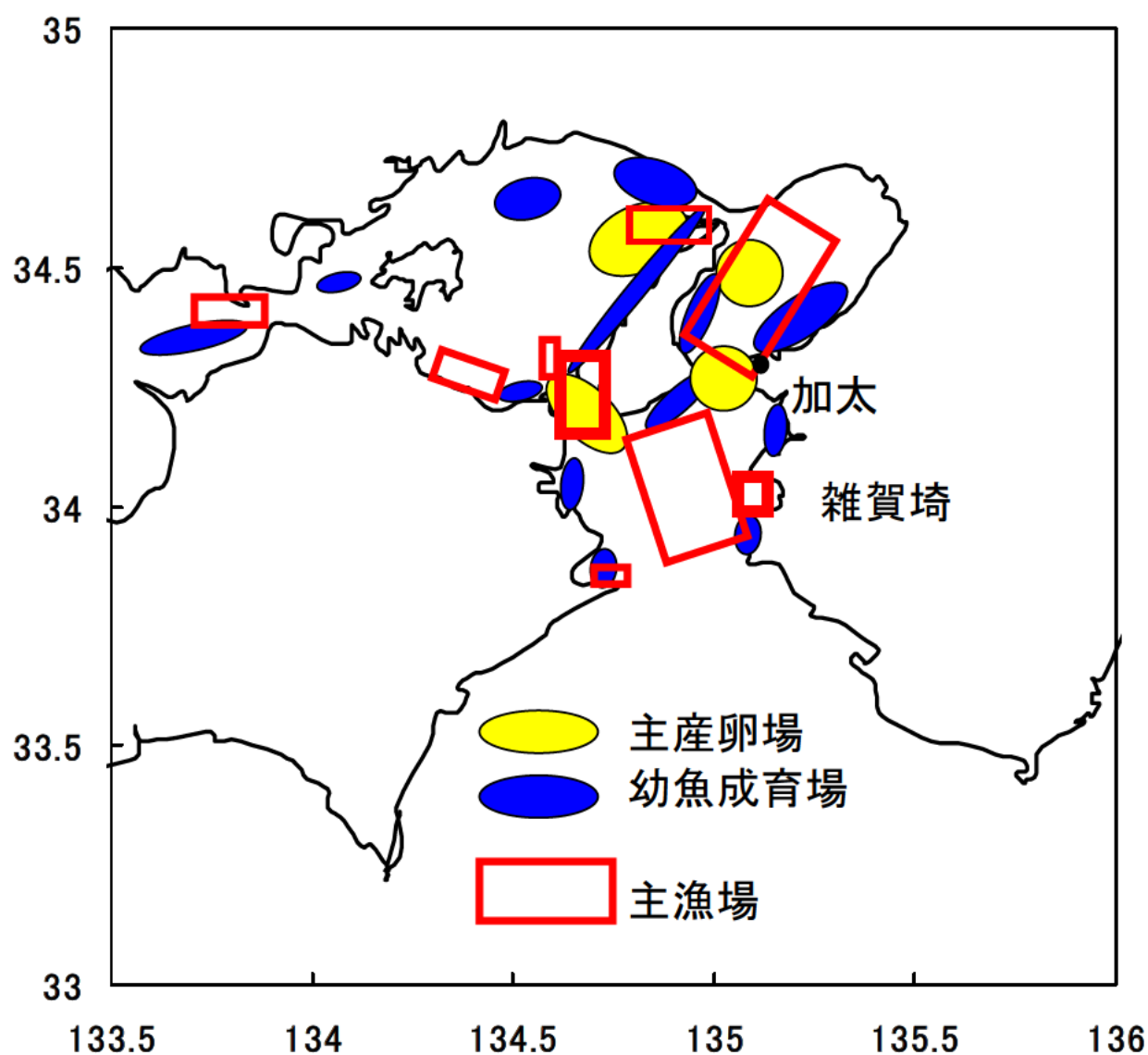


図3 瀬戸内海東部系群マダイの生活史・漁場形成図

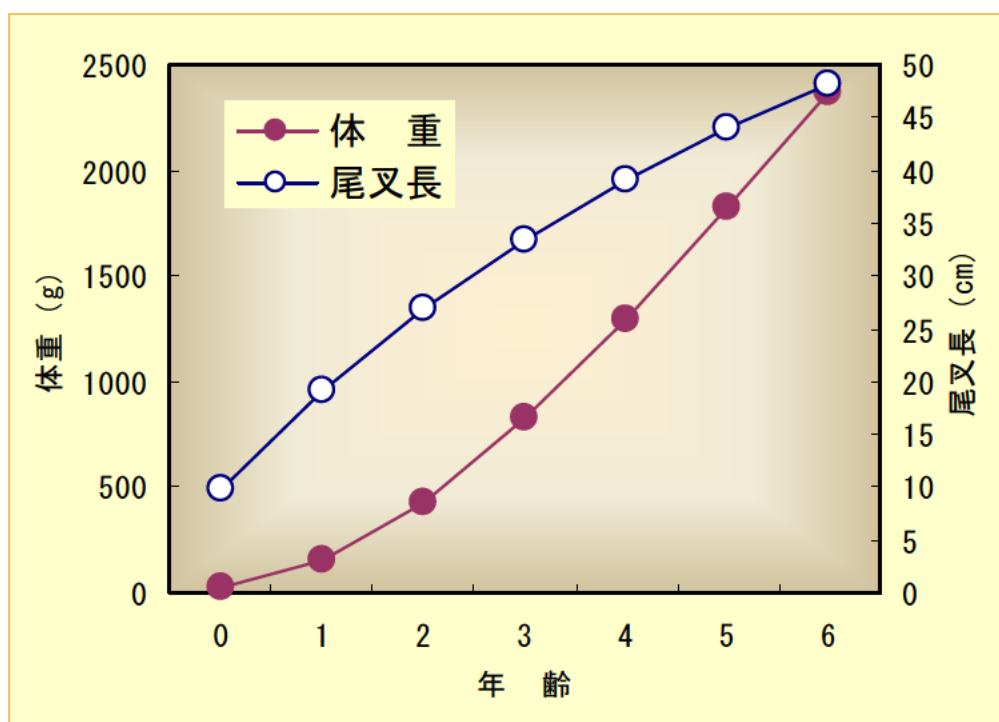


図4 瀬戸内海東部系群マダイの年齢・成長

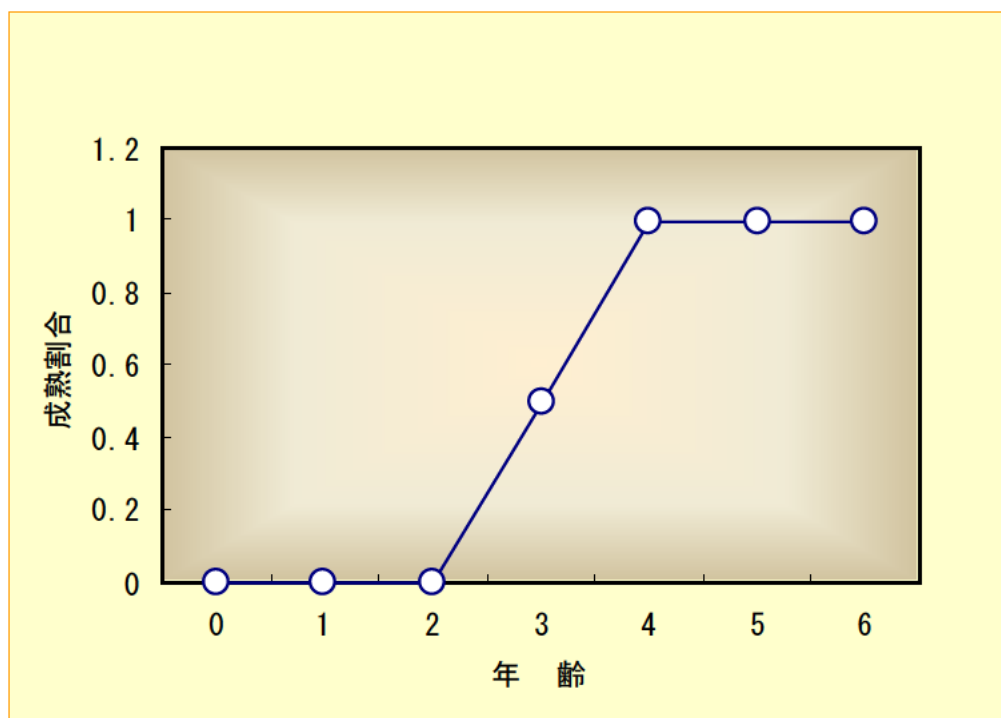


図5 瀬戸内海東部系群マダイの年齢別成熟割合

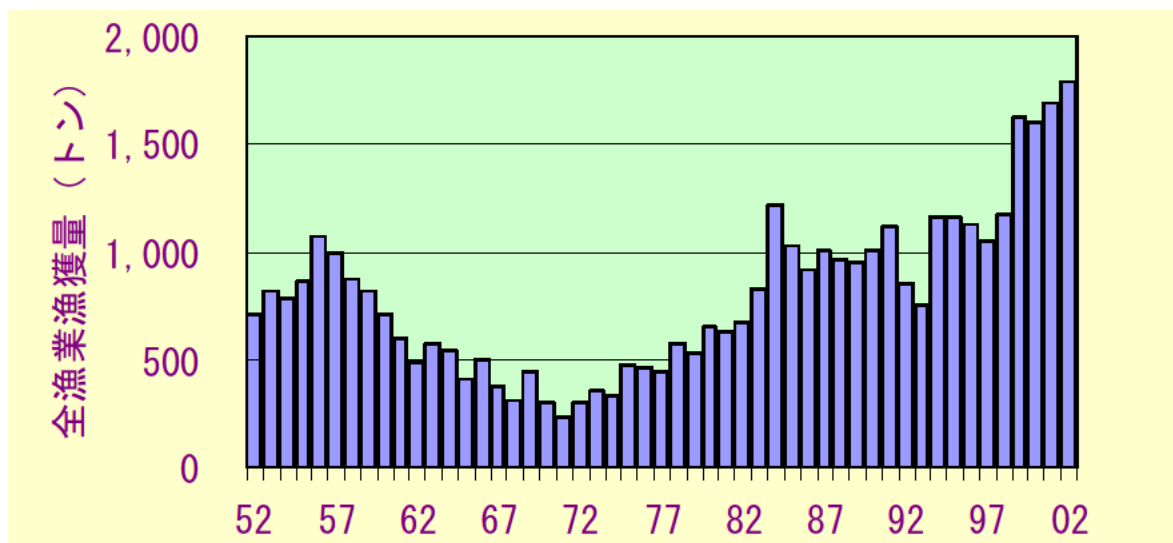


図6 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量経年推移

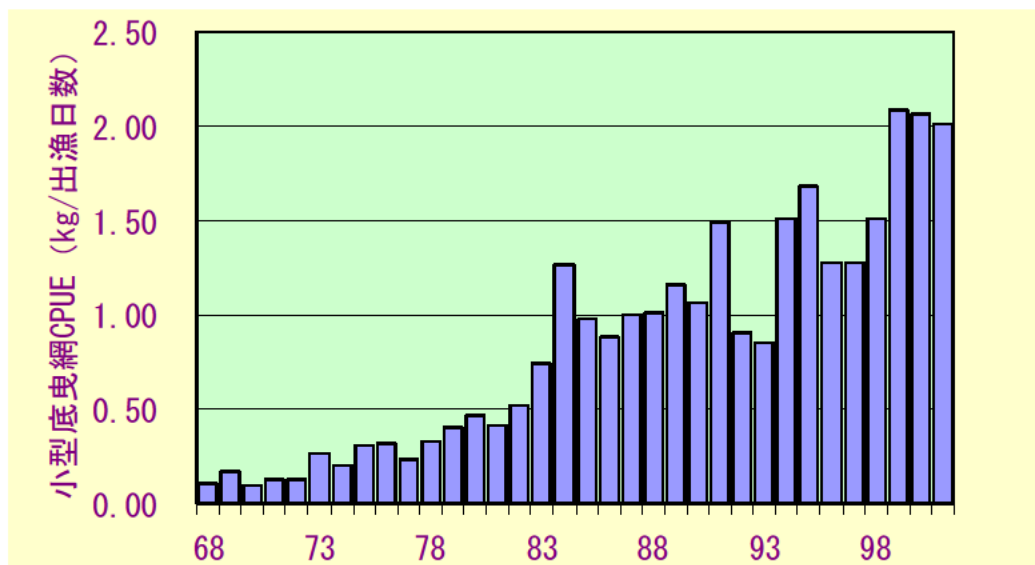


図7 主要漁業種(小型底曳網)のCPUE

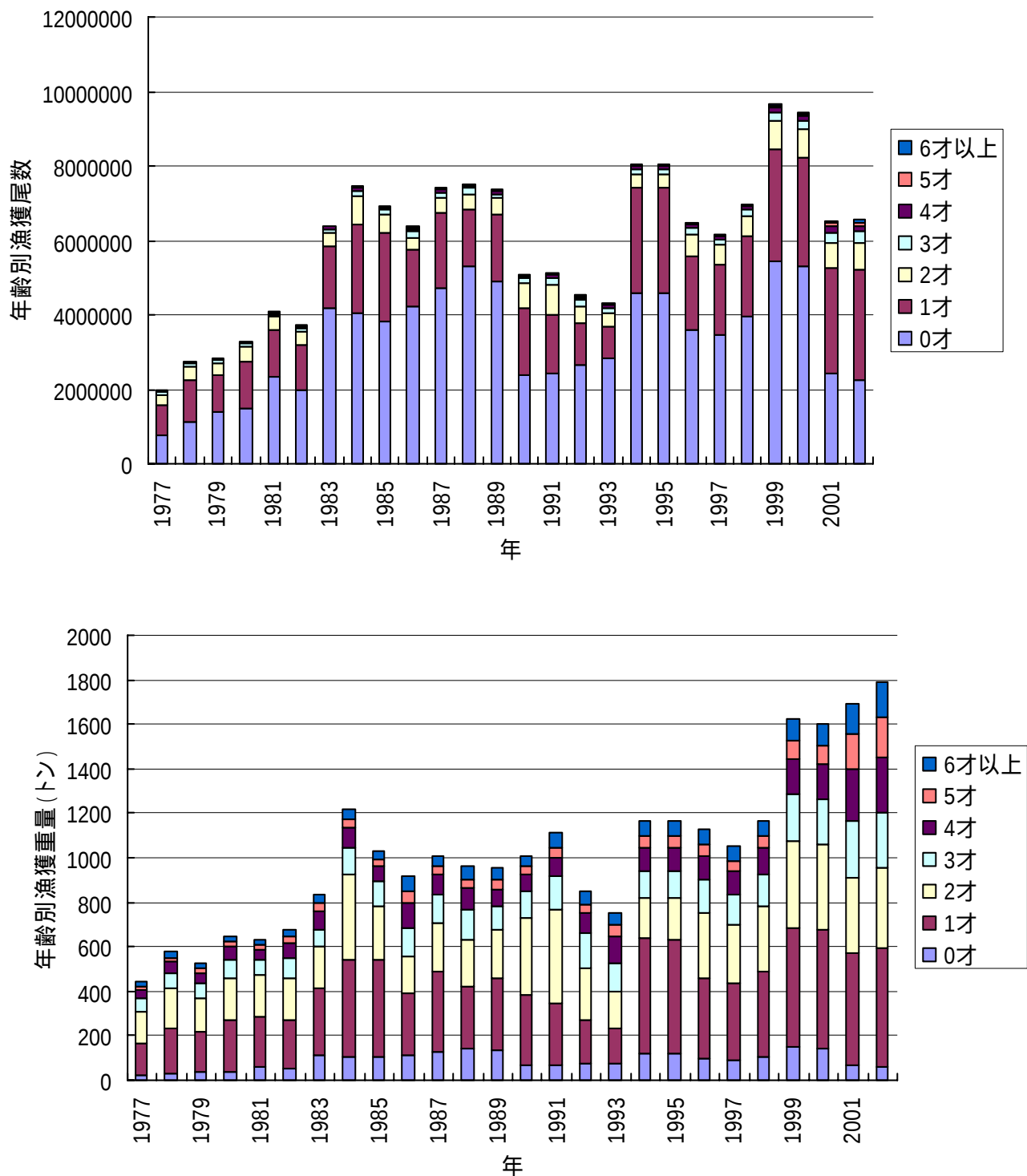


図8 年齢別漁獲尾数(上)・重量(下)の経年推移

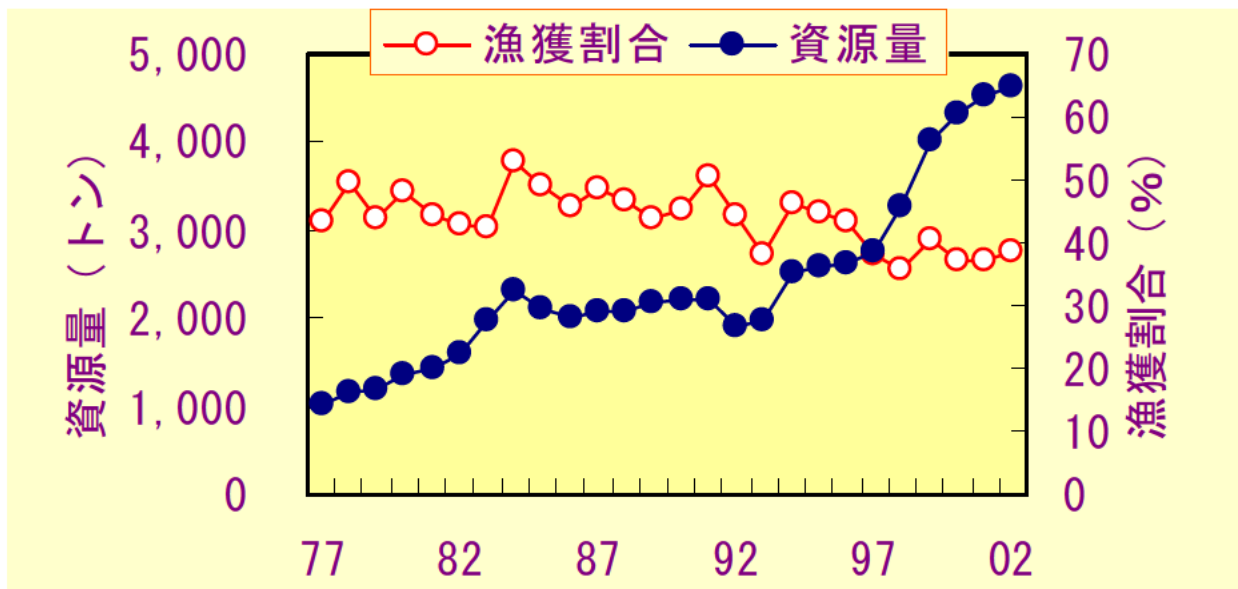


図9 資源量と漁獲割合の経年推移

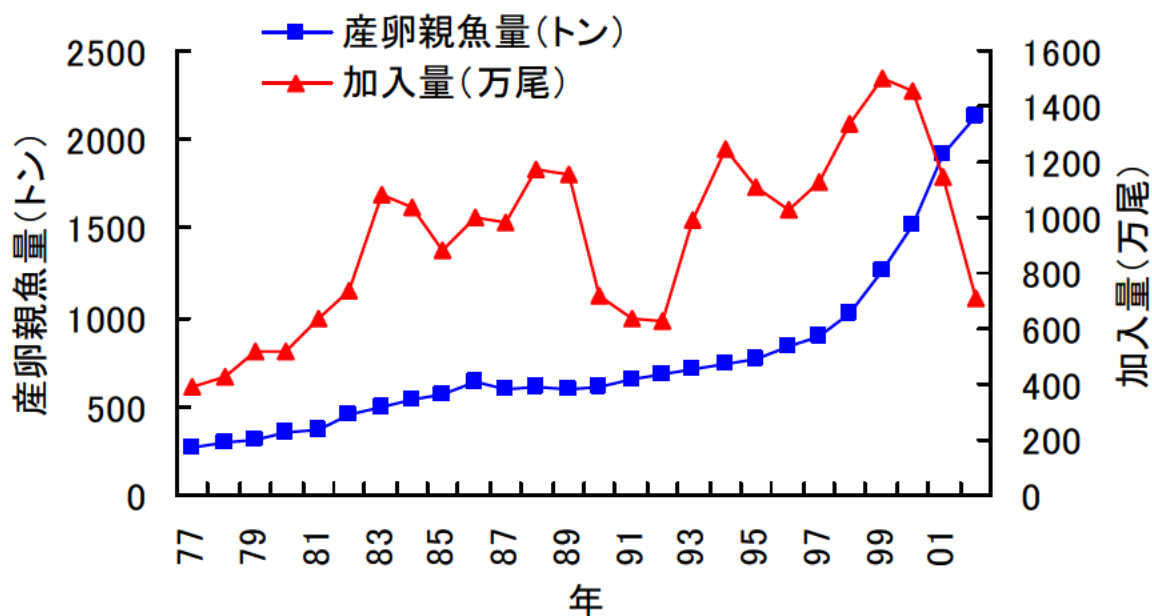


図10 加入量と産卵親魚量の経年推移

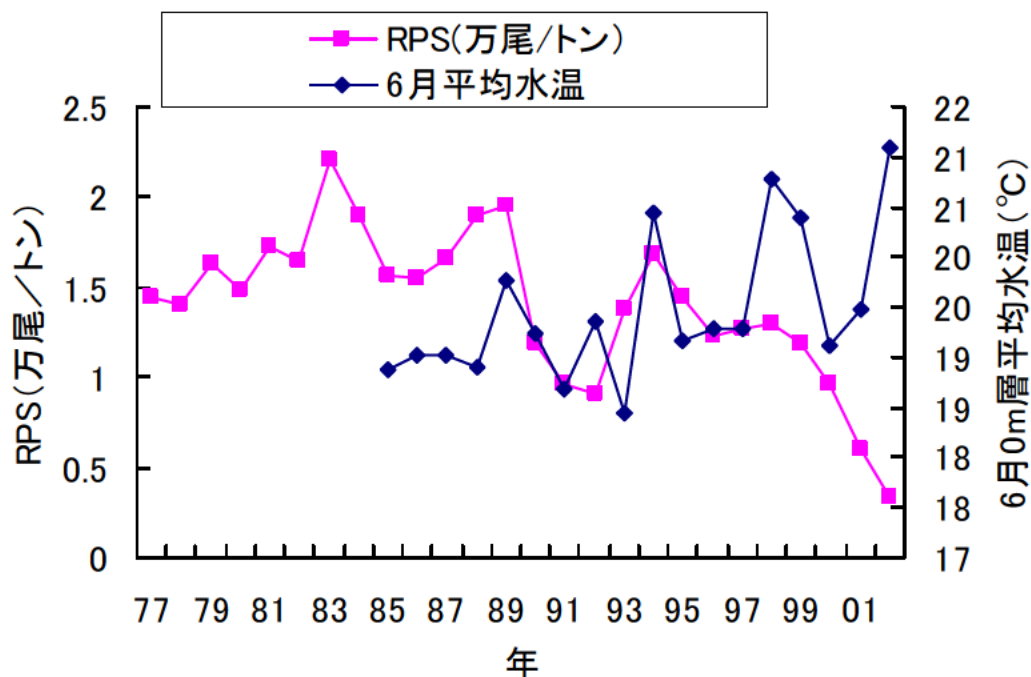


図11 RPSと6月の0m層平均水温の経年推移

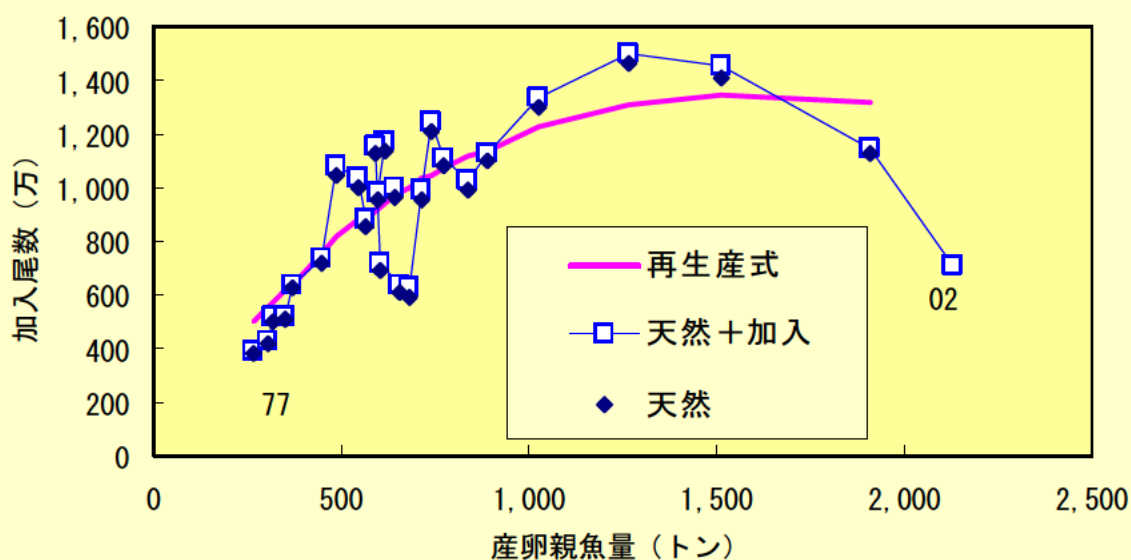


図12 再生産関係

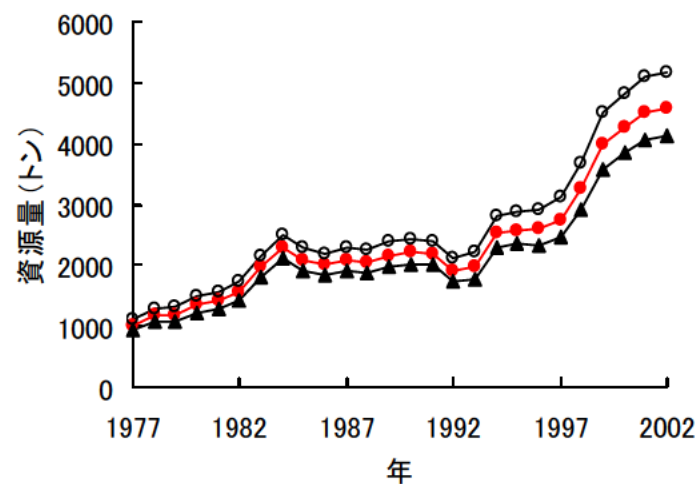
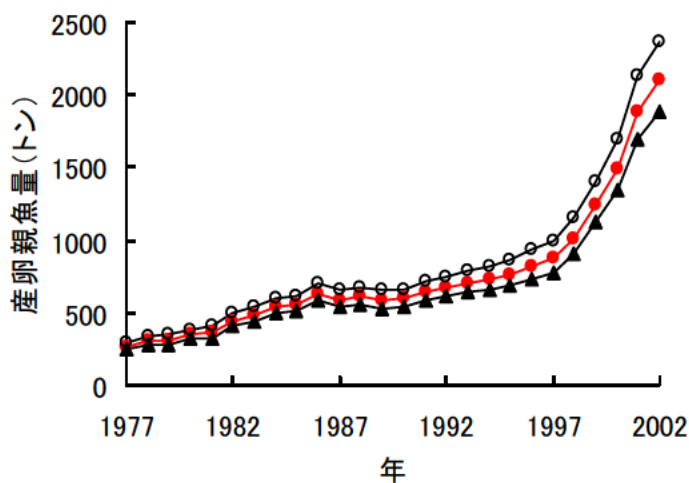
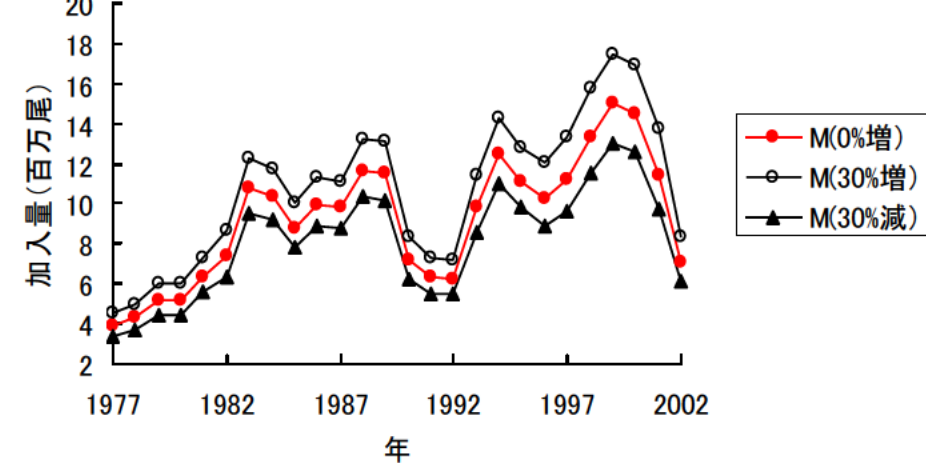


図13 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

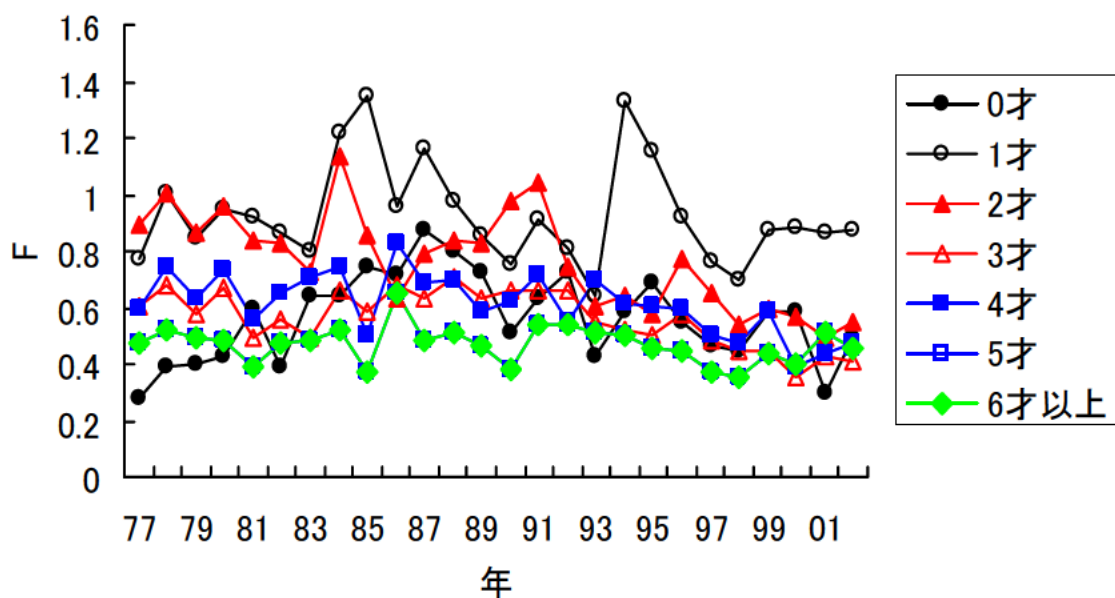


図14 年齢別 F の変化

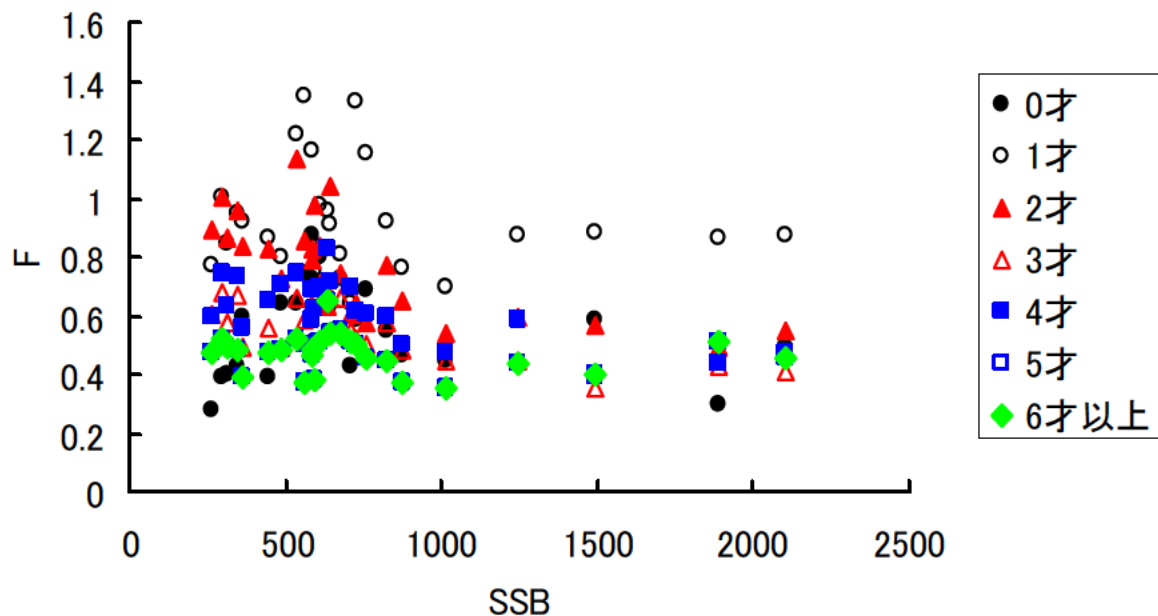


図15 Precautionary approach plot

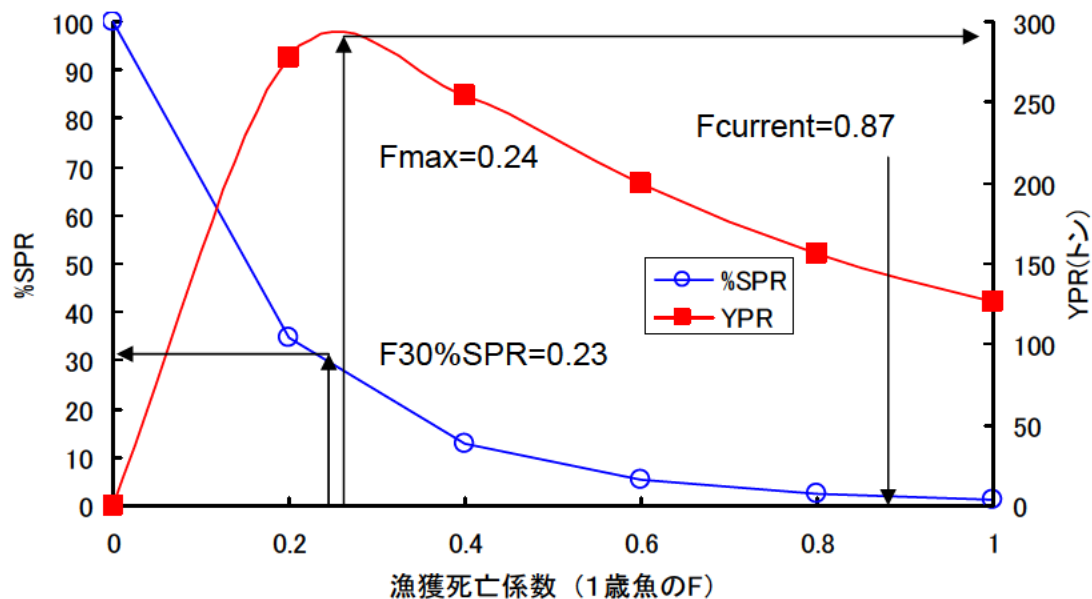


図16 %SPR・YPR

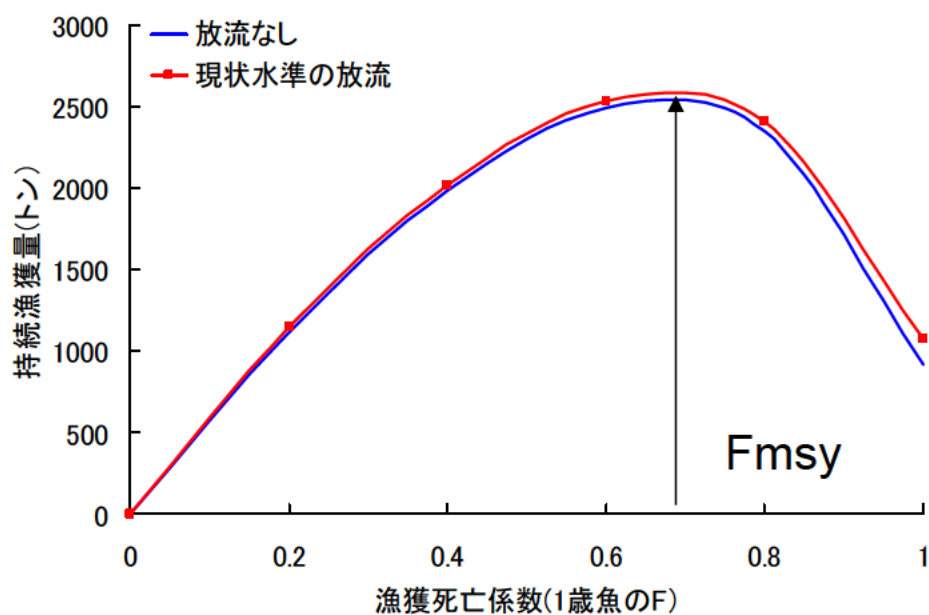


図17 1歳魚のFと持続漁獲量

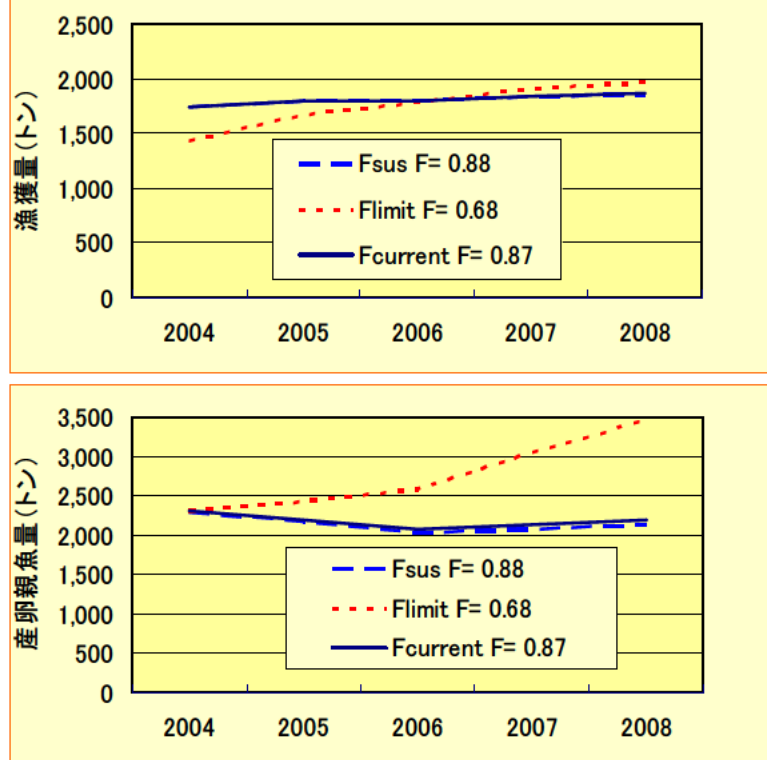


図18 F値(1歳魚)の変化による資源量・漁獲量の推移
期待漁獲量(上)親魚資源量(下)の変化

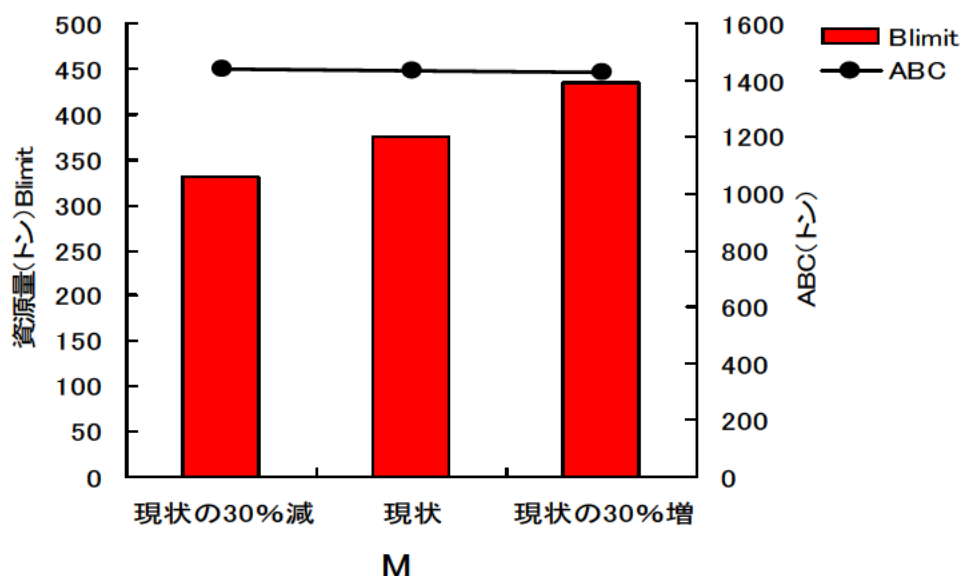


図19 M値の変化による資源量(Blimit)・漁獲量(ABC)の感度解析

附表1 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量(トン)、放流数(千尾)
および小型底曳網によるCPUE(kg/出漁日数)

年	漁獲量	放流数	CPUE	年	漁獲量	放流数	CPUE
1952	702	-	-	1981	631	316	0.41
1953	818	-	-	1982	679	985	0.52
1954	782	-	-	1983	833	1442	0.75
1955	858	-	-	1984	1219	1500	1.27
1956	1076	-	-	1985	1029	1045	0.98
1957	990	-	-	1986	919	1413	0.88
1958	870	-	-	1987	1011	1345	1.00
1959	821	-	-	1988	960	1520	1.01
1960	704	-	-	1989	952	1142	1.16
1961	598	-	-	1990	1009	1411	1.06
1962	489	-	-	1991	1115	1303	1.49
1963	573	-	-	1992	853	1351	0.91
1964	545	-	-	1993	754	1624	0.85
1965	406	-	-	1994	1164	1428	1.51
1966	498	-	-	1995	1162	1459	1.68
1967	378	-	-	1996	1131	1488	1.28
1968	314	-	0.11	1997	1053	880	1.28
1969	440	-	0.17	1998	1168	1744	1.51
1970	299	-	0.09	1999	1624	1713	2.08
1971	234	-	0.13	2000	1602	1767	2.06
1972	297	-	0.12	2001	1694	910	2.01
1973	359	-	0.26	2002	1786	-	-
1974	328	-	0.20				
1975	471	-	0.31				
1976	466	-	0.32				
1977	440	369	0.23				
1978	577	455	0.33				
1979	528	585	0.40				
1980	647	530	0.47				

附表2 瀬戸内海東部系群マダイの漁法別漁獲尾数割合

2001年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
0歳	0.42	0.00	0.48	0.02	0.05	0.13
1歳	0.41	0.18	0.40	0.18	0.71	0.35
2歳	0.07	0.42	0.07	0.43	0.10	0.37
3歳	0.04	0.25	0.02	0.24	0.08	0.08
4歳	0.03	0.08	0.02	0.08	0.04	0.05
5歳	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01

2002年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
0歳	0.36	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.45	0.20	0.40	0.07	0.71	0.35
2歳	0.09	0.46	0.07	0.48	0.10	0.37
3歳	0.04	0.20	0.02	0.29	0.08	0.08
4歳	0.03	0.07	0.01	0.09	0.04	0.05
5歳	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01

附表3 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲尾数(万尾)、漁獲重量(トン)

漁獲尾数								
＼ 年＼	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	合計
1977	78	79	28	7	3	1	1	197
1978	113	112	35	8	4	1	1	274
1979	140	99	30	8	3	1	1	283
1980	149	127	38	9	4	1	1	329
1981	235	122	37	8	3	1	1	408
1982	196	122	37	10	5	1	1	372
1983	419	165	37	9	6	2	2	640
1984	404	241	75	14	7	2	2	744
1985	380	242	47	13	5	2	1	691
1986	421	155	32	15	8	3	3	637
1987	472	200	43	15	6	2	2	741
1988	529	154	42	15	7	2	2	752
1989	490	181	42	13	6	2	2	735
1990	239	178	68	13	6	2	2	508
1991	245	154	84	17	6	2	3	511
1992	265	113	44	19	6	2	3	452
1993	283	86	33	15	8	3	2	431
1994	457	285	37	14	8	3	3	805
1995	456	284	37	14	8	3	3	804
1996	358	201	57	17	8	3	3	647
1997	346	189	52	16	7	3	3	615
1998	397	212	57	17	8	3	3	697
1999	545	298	77	24	12	4	4	964
2000	530	294	75	24	12	4	4	943
2001	243	282	66	29	17	8	6	651
2002	226	297	70	29	17	9	6	656

漁獲重量								
＼ 年＼	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	合計
1977	21	143	143	57	38	17	21	440
1978	31	202	179	70	50	21	24	577
1979	38	179	155	65	47	20	25	528
1980	40	228	192	78	59	23	26	647
1981	64	220	189	66	48	20	25	631
1982	53	219	188	89	69	27	34	679
1983	113	297	189	81	82	32	38	833
1984	109	434	382	121	92	37	44	1219
1985	103	436	241	113	71	29	36	1029
1986	114	279	165	126	111	58	67	919
1987	127	361	220	126	89	38	51	1011
1988	143	276	215	131	99	41	55	960
1989	132	326	216	109	78	41	51	952
1990	65	320	348	114	79	35	48	1009
1991	66	278	426	145	87	42	71	1115
1992	72	203	227	159	90	39	63	853
1993	76	156	170	125	118	56	54	754
1994	123	512	187	118	108	52	64	1164
1995	123	512	187	117	107	52	63	1162
1996	97	362	292	148	112	52	69	1131
1997	93	341	265	136	104	49	65	1053
1998	107	382	290	148	115	54	72	1168
1999	147	536	395	206	163	76	101	1624
2000	143	530	384	204	164	76	102	1602
2001	66	507	338	251	237	156	139	1694
2002	61	535	359	252	245	176	158	1786

附表4 瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数(万尾)、資源重量(トン)

資源尾数								
年\	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	合 計
1977	389	166	52	16	6	3	2	635
1978	428	199	60	18	7	3	3	718
1979	516	197	57	19	8	3	3	801
1980	519	234	67	20	9	3	3	854
1981	635	228	71	22	9	4	3	971
1982	738	236	71	26	11	4	4	1091
1983	1079	339	78	26	13	5	4	1544
1984	1036	386	120	32	14	5	5	1597
1985	881	369	90	32	14	5	5	1396
1986	997	284	75	32	15	7	6	1417
1987	983	329	86	34	14	6	6	1456
1988	1169	277	81	33	15	6	6	1586
1989	1154	356	82	29	14	6	6	1647
1990	721	379	119	30	13	6	7	1275
1991	635	292	140	38	13	6	7	1131
1992	625	228	93	42	16	5	7	1016
1993	989	205	80	37	18	8	6	1343
1994	1246	437	85	37	18	8	7	1837
1995	1112	468	91	38	18	8	8	1742
1996	1028	377	116	43	19	8	8	1601
1997	1125	402	119	45	20	9	9	1729
1998	1337	477	148	52	24	10	11	2058
1999	1501	578	187	73	28	12	12	2391
2000	1452	567	190	87	39	13	13	2363
2001	1146	547	185	91	52	22	15	2059
2002	708	576	181	95	50	28	19	1657

資源重量								
年\	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	合 計
1977	152	295	233	133	85	47	71	1015
1978	167	353	270	150	96	55	77	1168
1979	201	349	255	156	101	54	83	1199
1980	203	415	298	169	115	63	88	1350
1981	248	405	319	180	113	65	99	1431
1982	288	419	319	218	145	77	117	1584
1983	421	602	348	219	165	89	127	1972
1984	405	685	538	264	177	96	141	2305
1985	344	655	401	271	181	99	149	2100
1986	389	504	337	269	199	129	180	2007
1987	384	583	384	283	180	103	170	2088
1988	456	492	361	273	198	107	175	2063
1989	451	631	366	245	177	117	176	2163
1990	282	672	533	251	171	117	193	2220
1991	248	518	629	316	172	108	220	2210
1992	244	405	414	348	215	99	195	1921
1993	386	364	356	311	238	147	174	1976
1994	487	775	379	305	236	141	209	2531
1995	434	830	407	315	238	150	223	2598
1996	402	670	518	359	253	153	250	2604
1997	439	713	531	376	267	165	270	2761
1998	522	847	662	436	307	191	312	3278
1999	586	1026	838	605	370	226	368	4019
2000	567	1007	852	725	512	243	398	4305
2001	448	971	828	763	673	410	447	4541
2002	277	1022	809	793	658	513	560	4632

附表5 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲死亡係数(1/年)、資源重量(トン)、漁獲割合(%)、産卵親魚量(トン)
 加入量(万尾)、RPS(万尾/トン)、6月播磨灘10m層平均水温(℃)

\ 年 \ 年齢	漁獲死亡係数							資源重量	漁獲割合	産卵親魚量	加入量	RPS	6月0m層 平均水温
	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上						
1977	0.28	0.77	0.89	0.61	0.60	0.48	0.48	1015	43.4	269	389	1.45	-
1978	0.39	1.01	1.00	0.68	0.75	0.52	0.52	1168	49.4	303	428	1.41	-
1979	0.40	0.84	0.87	0.58	0.63	0.49	0.49	1199	44.0	316	516	1.63	-
1980	0.43	0.95	0.96	0.67	0.73	0.48	0.48	1350	47.9	351	519	1.48	-
1981	0.60	0.92	0.83	0.49	0.56	0.39	0.39	1431	44.1	368	635	1.72	-
1982	0.39	0.87	0.83	0.56	0.66	0.47	0.47	1584	42.9	448	738	1.65	-
1983	0.64	0.80	0.73	0.49	0.70	0.48	0.48	1972	42.2	490	1079	2.20	-
1984	0.64	1.22	1.14	0.66	0.74	0.52	0.52	2305	52.9	546	1036	1.90	-
1985	0.74	1.35	0.85	0.58	0.51	0.37	0.37	2100	49.0	564	881	1.56	18.9
1986	0.72	0.96	0.63	0.68	0.83	0.65	0.65	2007	45.8	642	997	1.55	19.0
1987	0.88	1.16	0.79	0.63	0.68	0.49	0.49	2088	48.4	595	983	1.65	19.0
1988	0.80	0.98	0.84	0.71	0.70	0.52	0.52	2063	46.5	617	1169	1.89	18.9
1989	0.72	0.85	0.83	0.64	0.58	0.47	0.47	2163	44.0	592	1154	1.95	19.8
1990	0.52	0.75	0.98	0.66	0.63	0.38	0.38	2220	45.4	607	721	1.19	19.2
1991	0.63	0.91	1.04	0.66	0.72	0.54	0.54	2210	50.4	657	635	0.97	18.7
1992	0.72	0.81	0.74	0.66	0.55	0.54	0.54	1921	44.4	683	625	0.91	19.4
1993	0.43	0.64	0.61	0.55	0.69	0.51	0.51	1976	38.2	715	989	1.38	18.5
1994	0.59	1.33	0.64	0.52	0.62	0.50	0.50	2531	46.0	737	1246	1.69	20.5
1995	0.69	1.16	0.58	0.50	0.61	0.46	0.46	2598	44.7	770	1112	1.44	19.2
1996	0.55	0.92	0.77	0.57	0.59	0.44	0.44	2604	43.4	835	1028	1.23	19.3
1997	0.47	0.76	0.65	0.48	0.50	0.37	0.37	2761	38.1	890	1125	1.26	19.3
1998	0.45	0.70	0.54	0.44	0.48	0.35	0.35	3278	35.6	1029	1337	1.30	20.8
1999	0.58	0.87	0.60	0.44	0.59	0.44	0.44	4019	40.4	1266	1501	1.19	20.4
2000	0.59	0.88	0.56	0.35	0.39	0.40	0.40	4305	37.2	1516	1452	0.96	19.1
2001	0.30	0.87	0.50	0.43	0.44	0.52	0.52	4541	37.3	1912	1146	0.60	19.5
2002	0.49	0.87	0.55	0.41	0.47	0.45	0.45	4632	38.6	2128	708	0.33	21.1

附表6 瀬戸内海東部系群マダイのSPR、YPR計算様式

年齢	体重(g)	産卵寄与率	漁獲選択率	M	Flimit	Ftarget
0	39	0	0.56	0.39	0.38	0.30
1	178	0	1.00	0.24	0.68	0.54
2	448	0	0.63	0.17	0.43	0.34
3	834	0.5	0.47	0.17	0.32	0.25
4	1306	1	0.54	0.17	0.37	0.29
5	1828	1	0.52	0.17	0.35	0.28
6	2373	1	0.52	0.17	0.35	0.28
7	2917	1	0.52	0.17	0.35	0.28
8	3443	1	0.52	0.17	0.35	0.28
9	3940	1	0.52	0.17	0.35	0.28
10	4400	1	0.52	0.17	0.35	0.28
11	4822	1	0.52	0.17	0.35	0.28
12	5202	1	0.52	0.17	0.35	0.28
13	5543	1	0.52	0.17	0.35	0.28
14	5846	1	0.52	0.17	0.35	0.28
15	6114	1	0.52	0.17	0.35	0.28

附表7 Mの変化に関する感度解析

M	現状の30%減	現状	現状の30%増
年齢 0	0.27	0.39	0.51
1	0.17	0.24	0.31
2+	0.12	0.17	0.22
F30%SPR	0.21	0.23	0.24
F2002	0.96	0.87	0.79
Fmsy	0.75	0.68	0.61
Fmax	0.21	0.24	0.27
Fsus	0.96	0.88	0.80
Blimit	330	375	435
ABC	1439	1433	1428

F値は1歳魚の値