

平成16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、塚本洋一¹）

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、984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、2001年には4,111トンとなった。2003年には3,671トンと推定された。資源水準は高位、資源動向は横ばいと判断した。

管理方策として、最大持続漁獲量MSYを実現するための管理基準Fmsyを採用した。ABC算定のための基本規則（平成16年度）の1-1)-(1)を適用してFlimit = Fmsy のときの漁獲量をABClimit、Ftarget = Flimit × 0.8のときの漁獲量をABCtargetとした。なお種苗放流数を過去5年間（1998～2002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0.10と仮定した。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	12百トン	Fmsy	0.65	32.5%
ABCtarget	10百トン	0.8 Fmsy	0.52	27.1%

漁獲割合はABC / 資源量、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
2002	41	19	1.02	35.8%
2003	37	15	0.94	40.2%
2004	37			

（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月までの遊漁調査では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 1998）。2002年1月から12月までの遊漁調査では195トンのマダイ採捕が報告されている（農林水産省統計情報部 2003）。これは同年の瀬戸内海マダイ漁獲量4.5千トンの4%に当たる。

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

¹ 現西海区水産研究所

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こと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。2003年においては小型底曳網での漁獲が全体の52%を占め、釣り(15%)、小型定置網(13%)、刺網(12%)、吾智網(8%)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1,874トンになったが、2003年には1,485トンと減少した(附表1)。

(3) 漁獲努力

小型底曳網の出漁日数を努力量とした(附表1)。努力量は経年的に減少傾向にある。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

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。2003年の0～5歳魚の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) 資源量指標値の推移

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(1968～2002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、2002年には2.26(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) 漁獲物の年齢組成(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)。なお、兵庫県からの情報では兵庫県内の小型底曳網漁獲物中の0歳魚の割合が雑賀崎と比較して高いとの情報もあり、今後、資料の検討が必要である。

(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、2001年には4,111トンとなった。2003年には3,671トンと推定された(図9)。

2003年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は1,826万尾と推定された。年齢別の資源尾数割合は、0歳:66.7%、1歳:16.3%、2歳:8.4%、3歳:4.3%、4歳:2.4%、5歳:1.1%、6歳以上:0.8%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の91.4%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、1999～2000年には約1,500万尾となった。2001年は1,098万尾、2002年には720万尾に減少したが、2003年は1,218万尾であった。

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1,691トンに達している。2003年も1,661トンと安定している(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100万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。

1993～2001年の和歌山県の調査(平成14年度複合資源管理型漁業促進対策事業報告書)では0歳魚の放流時の標識率で補正した混獲率は0.60～6.75%であった(1993年は1.41%、1994年は1.01%、1995年は1.66%、1996年は6.75%、1997年は3.19%、1998年は1.51%、1999年は0.60%、2000年は0.80%、2001年は1.32%、2002年は1.50%)。

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

より各年の0歳時の添加効率(K_y)を計算した。また島本(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)。

0歳時の添加効率を1985年は0.60、1986年は0.15、1987年は0.18、1988年は0.15、1989～1992年は0.31、1993年は0.09、1994年は0.09、1995年は0.13、1996年は0.46、1997年は0.40、1998年は0.11、1999年は0.05、2000年は0.07、2001年は0.16、2002年は0.11として、親魚資源量と当該年の種苗放流以外の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。したがって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。

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

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。

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1977～2002年分を使用)。計算の結果、 $\alpha = 21,128$ 、 $\beta = 0.000672$ 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27年間のコホート計算による資源解析により、平成15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。添加効率を0.10として、再生産式(1)より求められる最大親規加入量(R_{max})の50%である328万尾が得られるSSBを(1)式よりもとめ B_{limit} (=340トン)と考える。資源状態 B (=SSB)は1,661トンであり $B < B_{limit}$ である。

5. 資源管理の方策

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。

（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。また、1985年以降の小型底曳網の出漁日数と0歳魚のF値の間には正の相関関係があった（0歳魚のF値 = $2.71 \times 10^{-6} \times \text{小型底曳網出漁日数} - 0.8$, $r^2 = 0.59$ ）。

Precautionary approach plotを図15に示す。産卵親魚量が低いときに若齢魚のみの漁獲圧が高くなるという傾向はなかった。

附表7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（2000～2002年）の1歳魚の漁獲死亡係数（ $F_{current}$ ）は0.94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、資源量水準が高位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）種苗放流効果

現在の種苗放流数水準では、放流しないときの約1.01倍の持続漁獲量が得られる（図17）。

6. 2005年ABCの算定

（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、産卵親魚量水準も高水準である。

（２）ABCの算定

資源量および親魚量と加入量の関係が利用でき、現在の親魚量は B_{limit} 以上であると考えられるので、ABC算定のための基本規則1 - 1) - (1)によってABCを算定する。また栽培対象種であるので種苗放流も考慮する。

F_{limit} 、 F_{target} （1歳魚の値で代表）及び2005年の資源量の見積もりから、ABCは下表のように算定される。

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

$$= 0.65$$

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

$$= 0.65 \times 0.8$$

$$= 0.52$$

α は各々0.9、0.8とした。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC $_{limit}$	12百トン	F_{msy}	0.65	32.5%
ABC $_{target}$	10百トン	0.8 F_{msy}	0.52	27.1%

漁獲割合はABC / 資源量、F値については完全加入年齢1歳における値

（３）漁獲圧と資源動向（図18）

前提：すべての年齢について F （2004年）= $F_{current}$ とする。漁獲量（2004年）= 1,567トン、加入量（2004年以降）は（１）式の再生産関係に従うとする。

	漁獲量（トン）	親魚量（トン）
--	---------	---------

F	基準値	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0		0	0	0	0	0	1506	2487	4919	9682	15958
0.09	0.1Fcurrent	213	359	519	667	804	1506	2351	4353	8030	12628
0.19	0.2Fcurrent	411	654	906	1123	1294	1506	2222	3853	6662	9994
0.28	0.3Fcurrent	597	893	1188	1428	1584	1506	2101	3412	5529	7910
0.38	0.4Fcurrent	770	1086	1387	1622	1749	1506	1986	3022	4590	6261
0.47	0.5Fcurrent	932	1239	1520	1734	1836	1506	1878	2678	3811	4955
0.56	0.6Fcurrent	1083	1357	1602	1785	1870	1506	1775	2375	3165	3922
0.65	Flimit	1211	1440	1640	1791	1864	1506	1688	2130	2677	3173
0.66	0.7Fcurrent	1224	1447	1643	1790	1862	1506	1679	2106	2630	3103
0.75	0.8Fcurrent	1356	1513	1652	1759	1817	1506	1587	1868	2186	2456
0.85	0.9Fcurrent	1480	1558	1636	1701	1739	1506	1501	1658	1817	1943
0.94	1.0Fcurrent	1596	1586	1602	1621	1631	1506	1419	1472	1511	1537

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0.10と仮定

2005年以降、Flimit で管理した場合、2009年に期待される資源量は現在（2003年）の漁獲量を継続した場合の2.1倍の資源水準となり、漁獲量も14%上回る。

（4）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±30%の変動に対し管理基準の変動は±15%以内に収まっていた。Mの±30%の変動に対しABClimitの変動は±5%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。

（5）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)	ABClimit (トン)	漁獲量 (トン)
2003年(当初)	Fmsy(0.61)	4212	1351	1129	
2003年(2003年再評価)	Fmsy(0.68)	4445	1360	1130	1485
2003年(2004年再評価)	Fmsy(0.65)	3690	1125	936	
2004年(当初)	Fmsy(0.68)	4576	1433	1194	
2004年(再評価)	Fmsy(0.65)	3723	1201	1002	

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

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Fmsy（Fmsy(0歳規制)）は0.65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)					親魚量(トン)				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.65	Fmsy(0歳規制)	1140	1535	1879	2137	2282	1506	1688	2130	2886	3781

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Flimit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(2003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。

$$N_{a,2003} = \frac{C_{a,2003} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2003})}$$

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

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

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_r)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2000～2002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) Fmsy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

漁獲量はコホート解析でPopeの近似式を使用したことから、

$$Ca, y = Na, y \times \{1 - \exp(-Fa, y)\} \times \exp(-M / 2)$$

により計算した。

2003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2000～2002年の平均値として一定と仮定する。2004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2004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 = $21,128 \times SSB \times \exp(-0.000672 \times SSB) + \text{種苗放流数} \times 0\text{歳時の添加効率}$ 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0.10と仮定する。2005年初めの資源量は2004年も2003年と同じ漁獲圧 ($F_{current}$) をかけたとして3,730トンと予測する。さらに2005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.

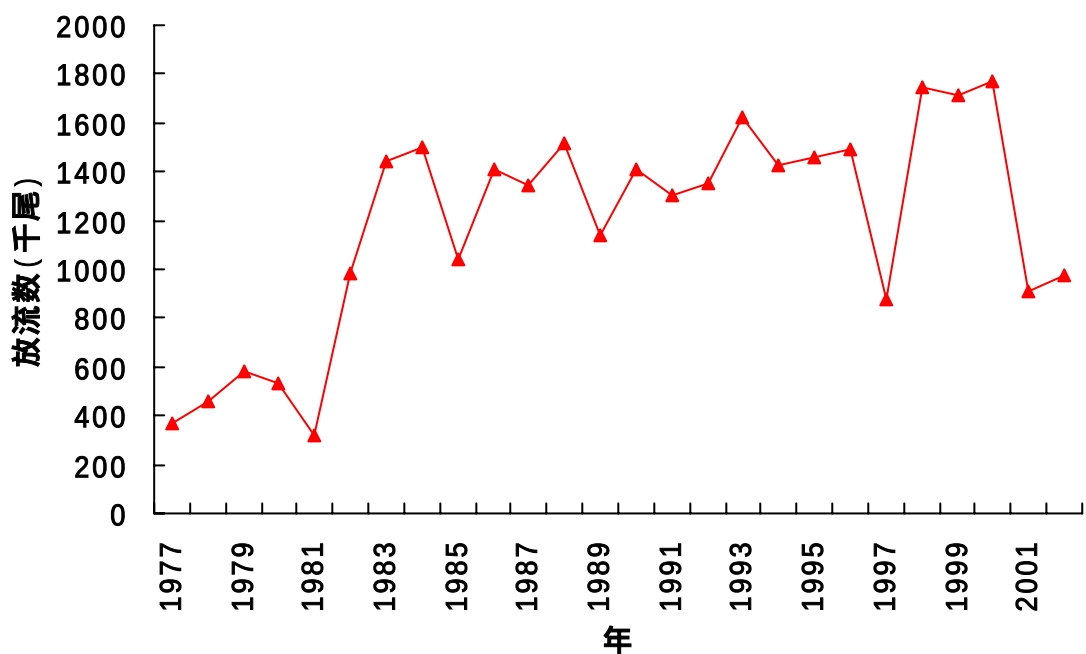


図1 瀬戸内海東部系群マダイの放流数



図2 瀬戸内海東部系群マダイの分布・回遊

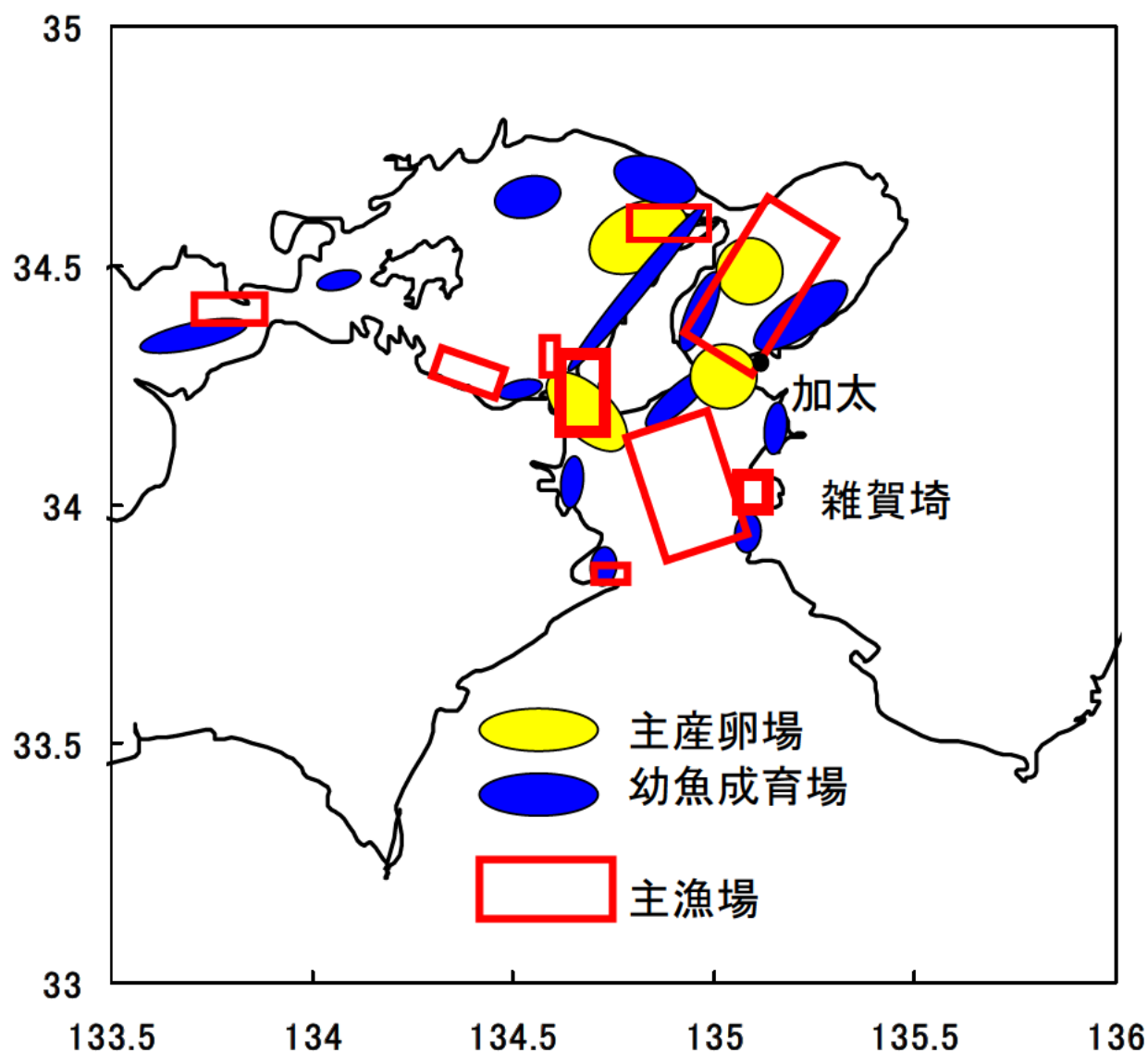


図3 瀬戸内海東部系群マダイの生活史・漁場形成図

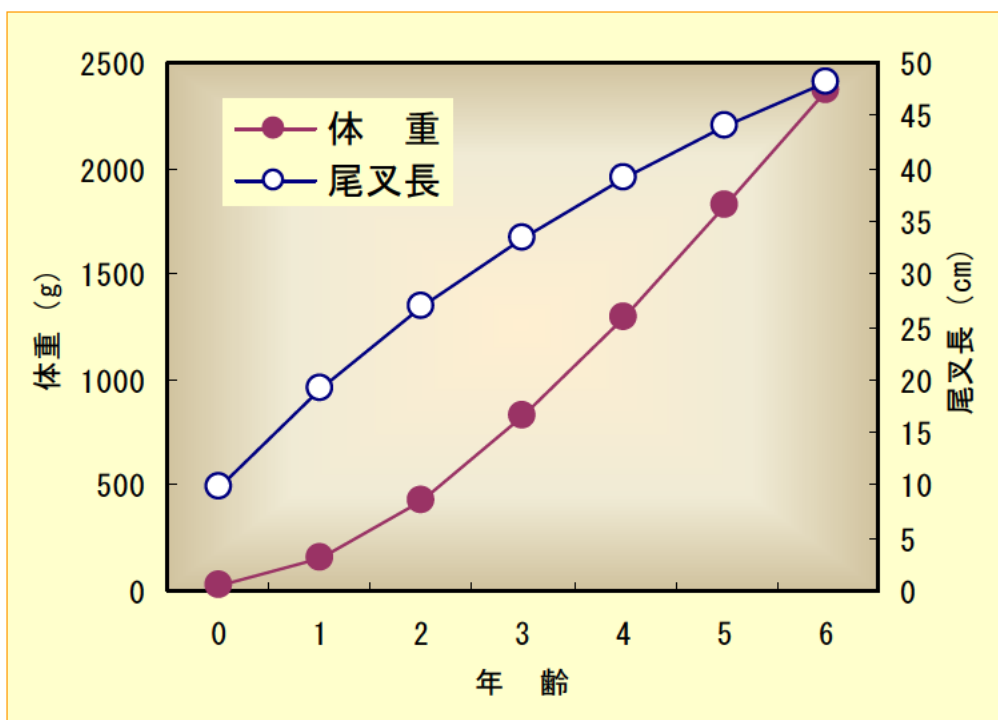


図4 瀬戸内海東部系群マダイの年齢・成長

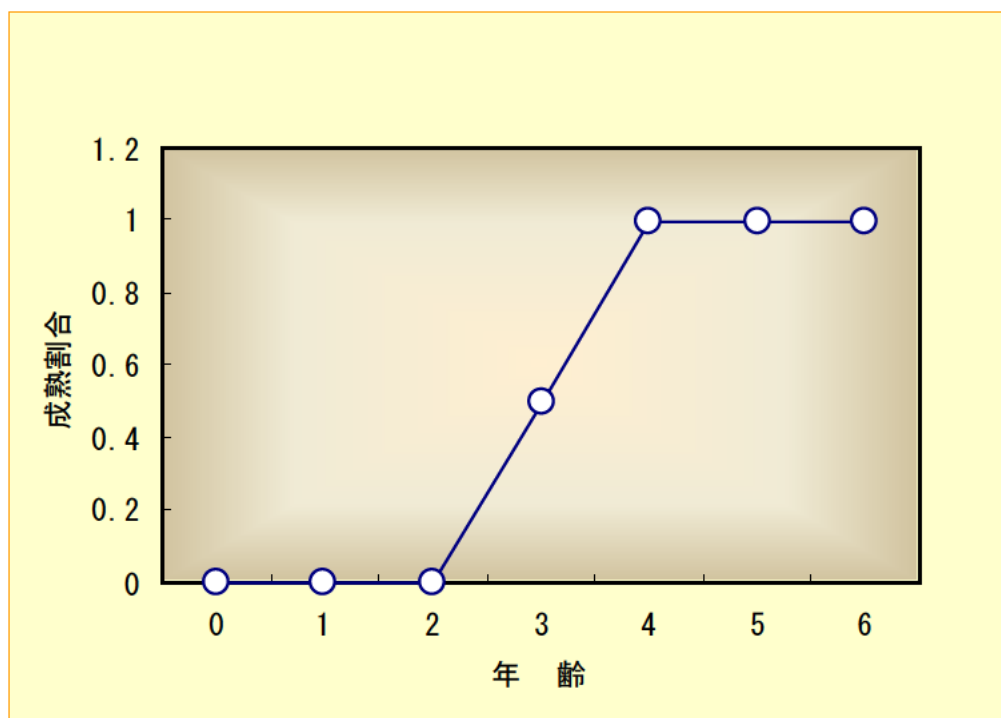


図5 瀬戸内海東部系群マダイの年齢別成熟割合

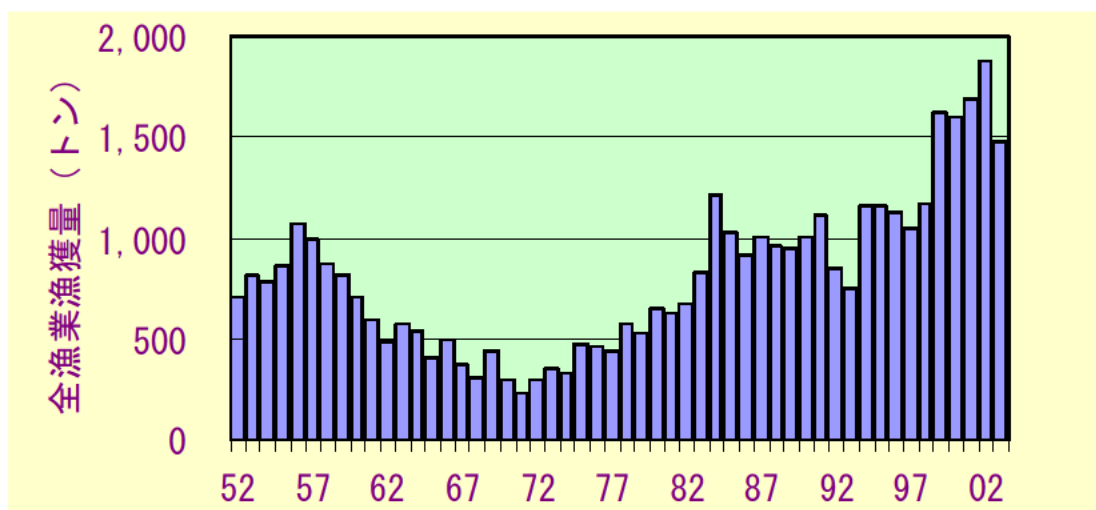


図6 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量経年推移

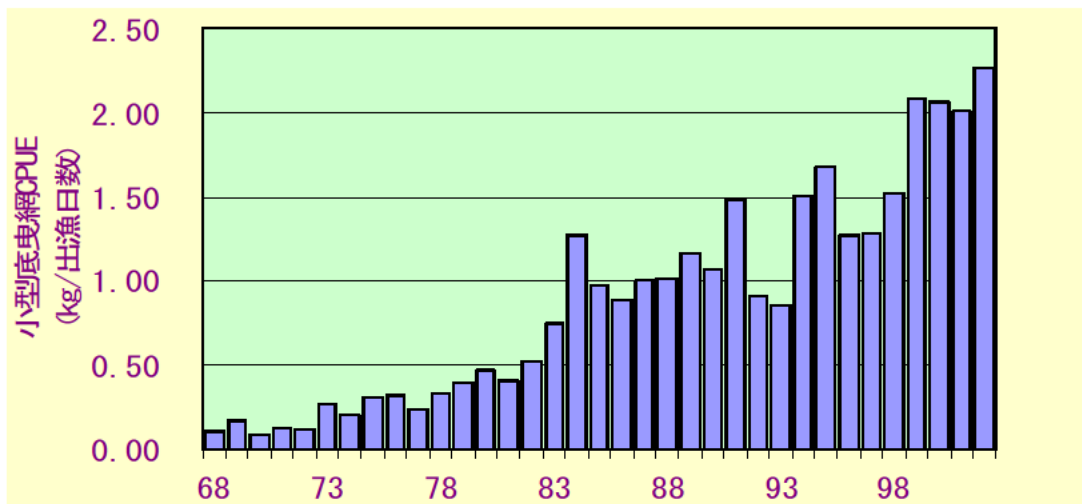


図7 主要漁業種(小型底曳網)のCPUE

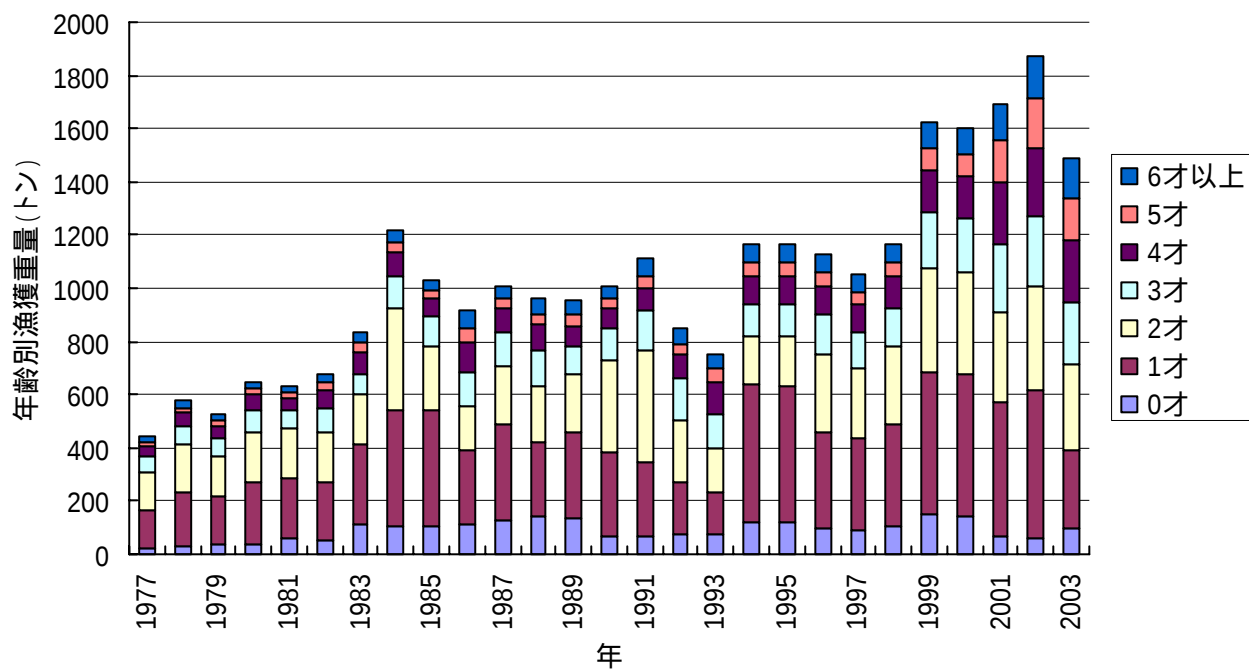
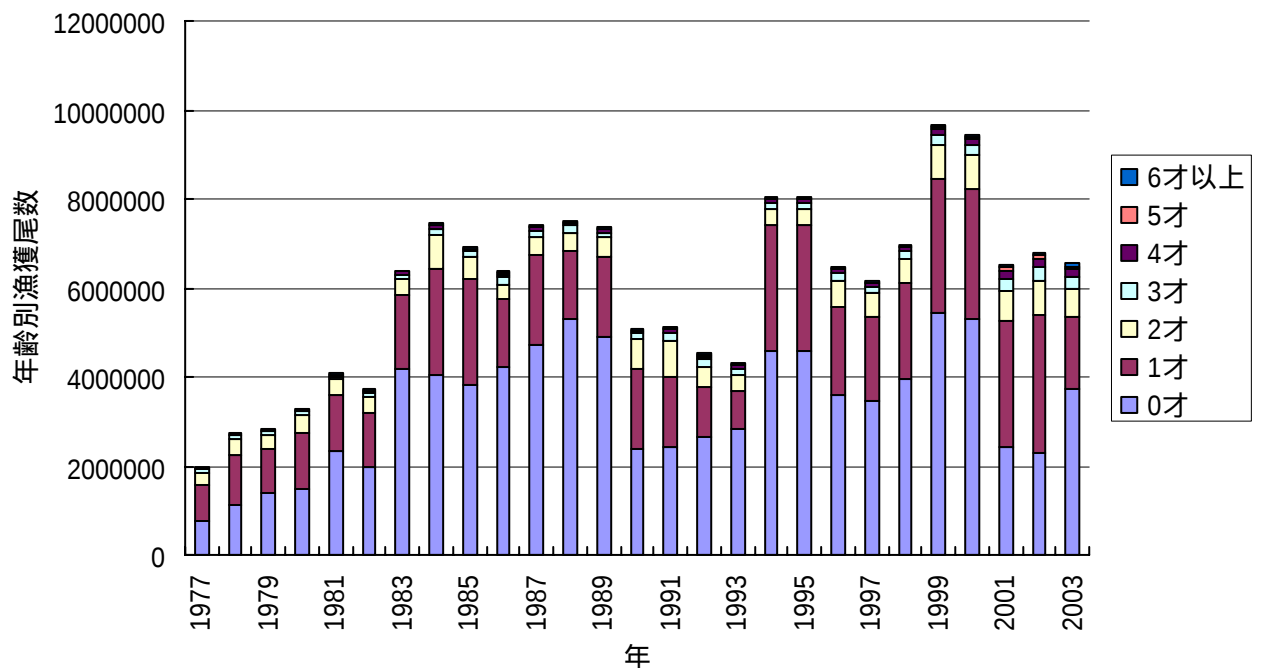


図8 年齢別漁獲尾数(上)・重量(下)の経年推移

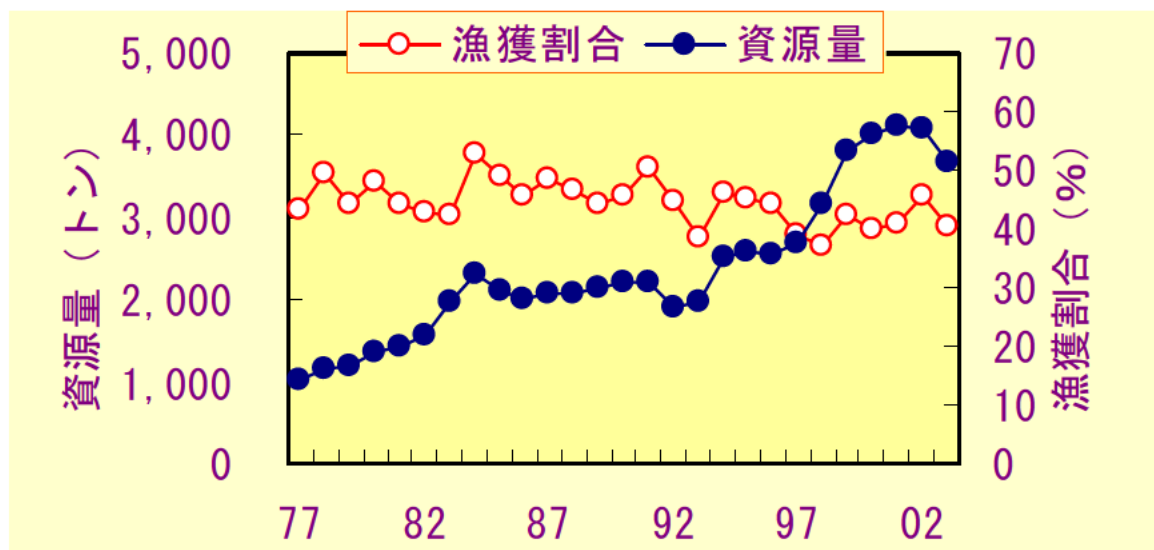


図9 資源量と漁獲割合の経年推移

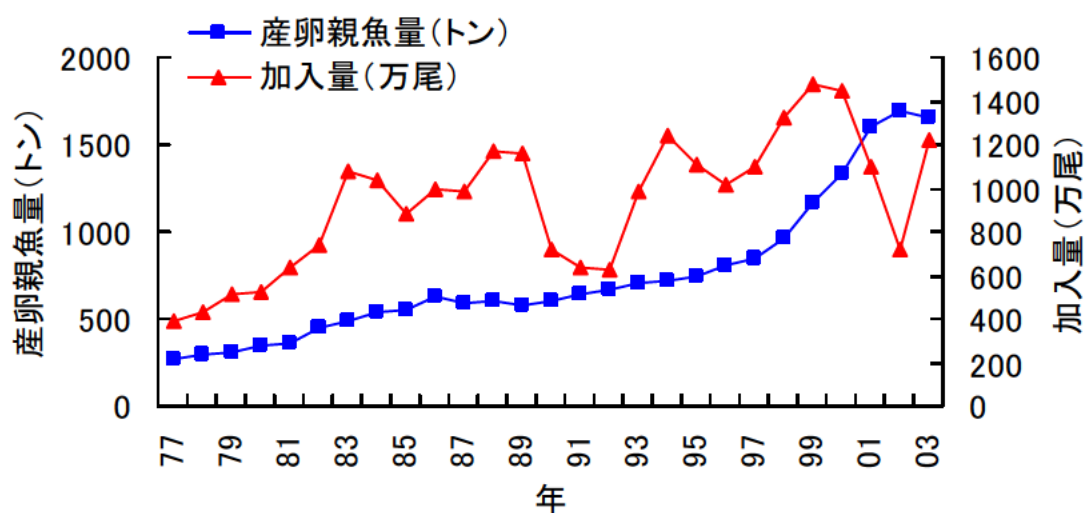


図10 加入量と産卵親魚量の経年推移

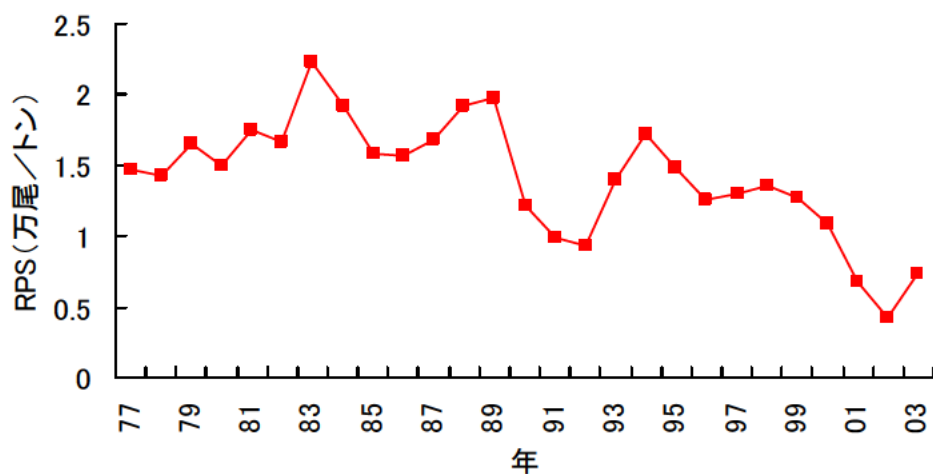


図11 RPSの経年推移

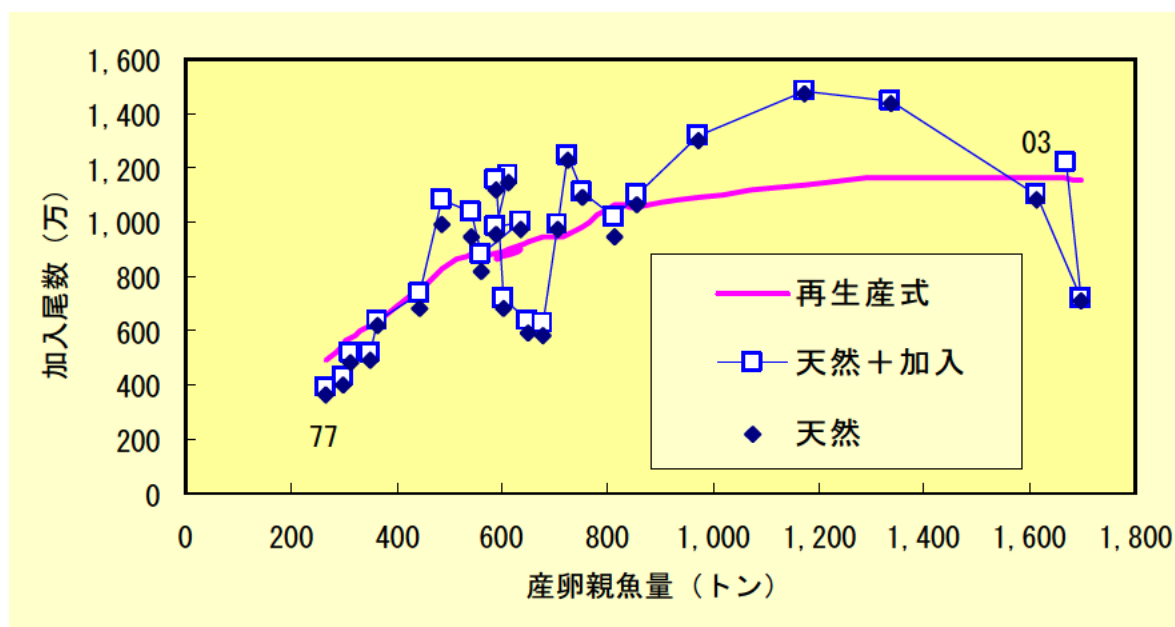


図12 再生産関係

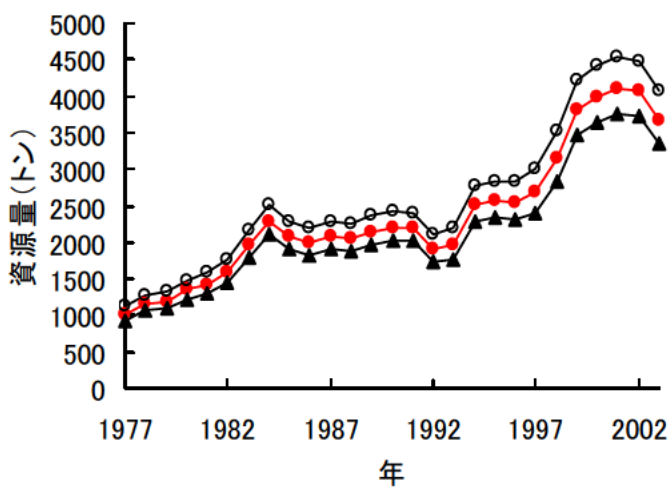
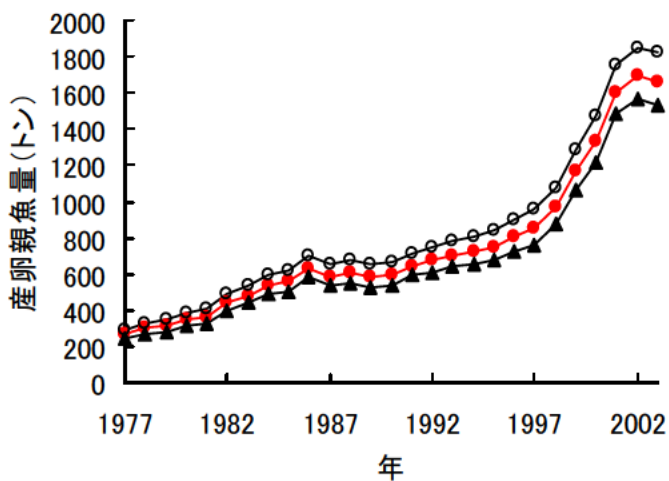
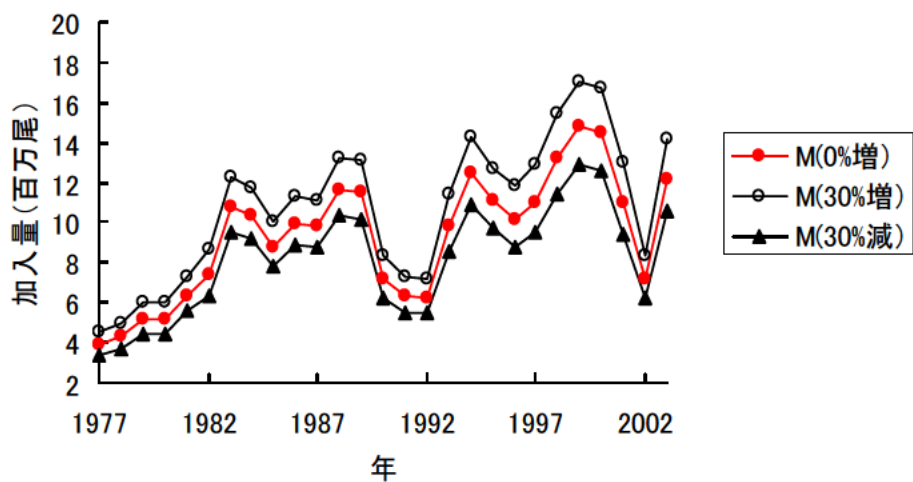


図13 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

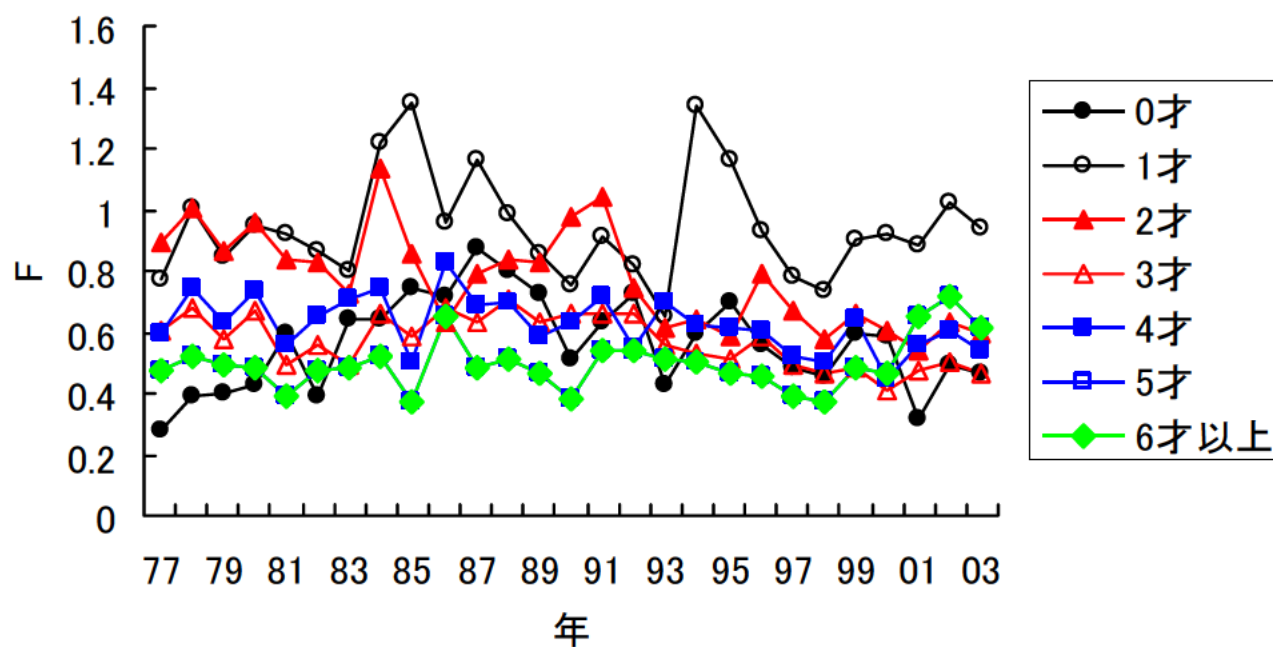


図14 年齢別Fの変化

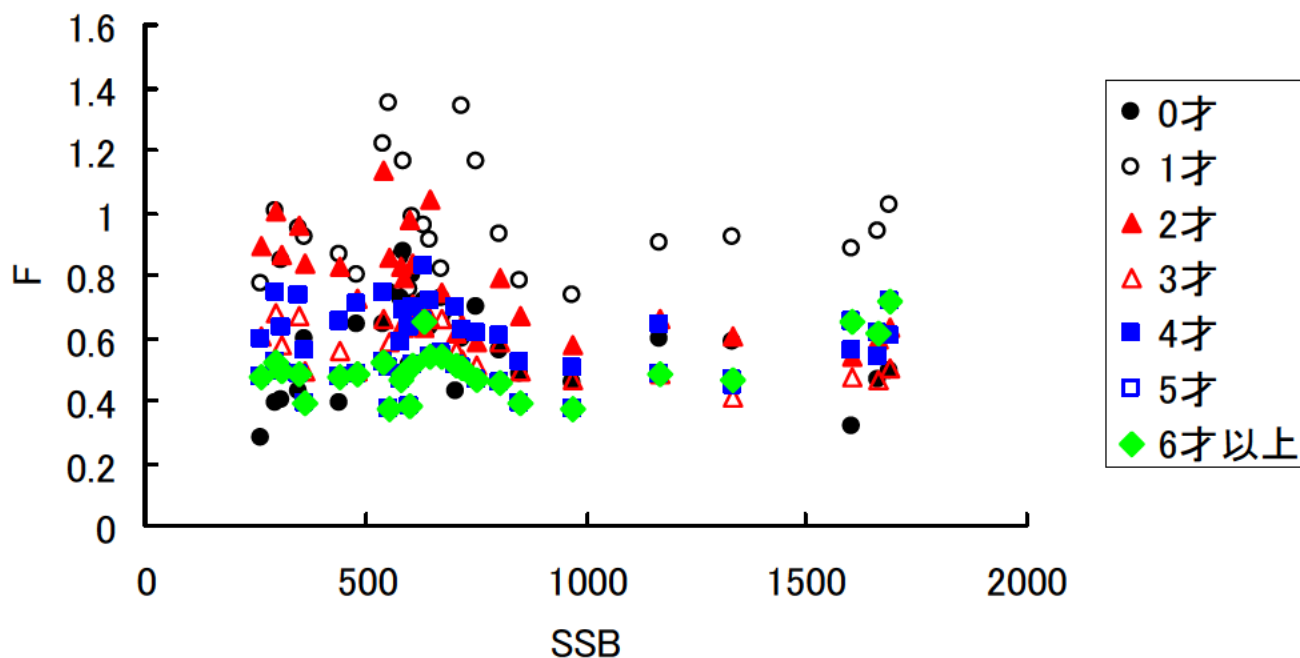


図15 Precautionary approach plot

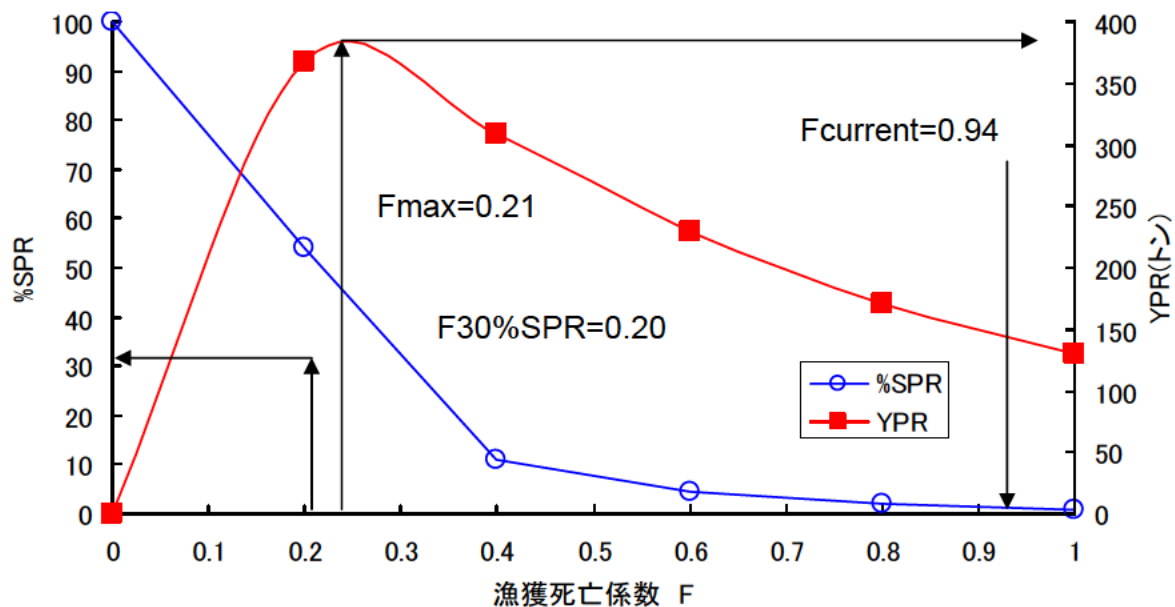


図16 %SPR・YPR

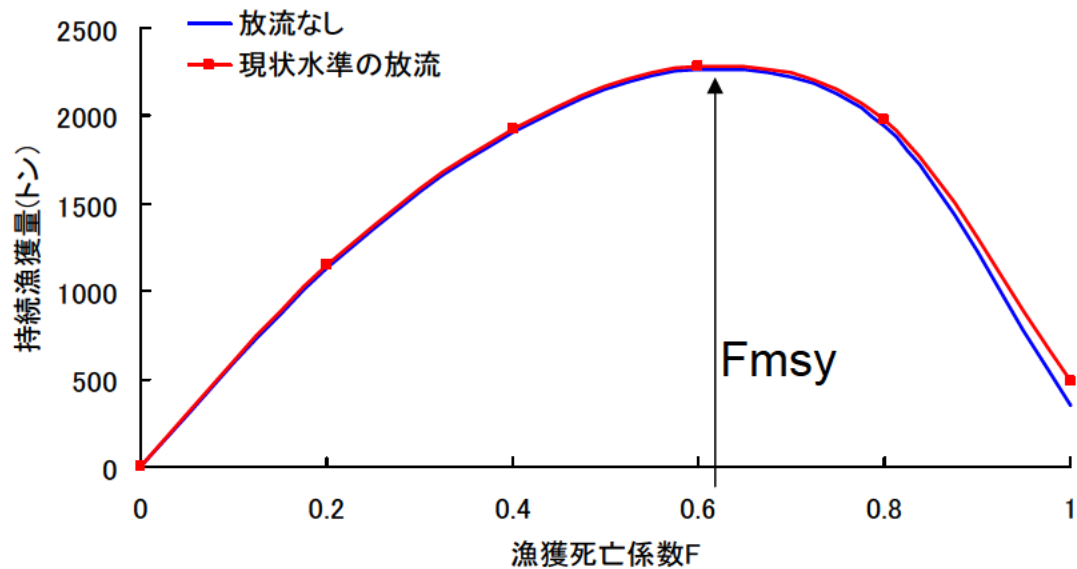


図17 1歳魚のFと持続漁獲量

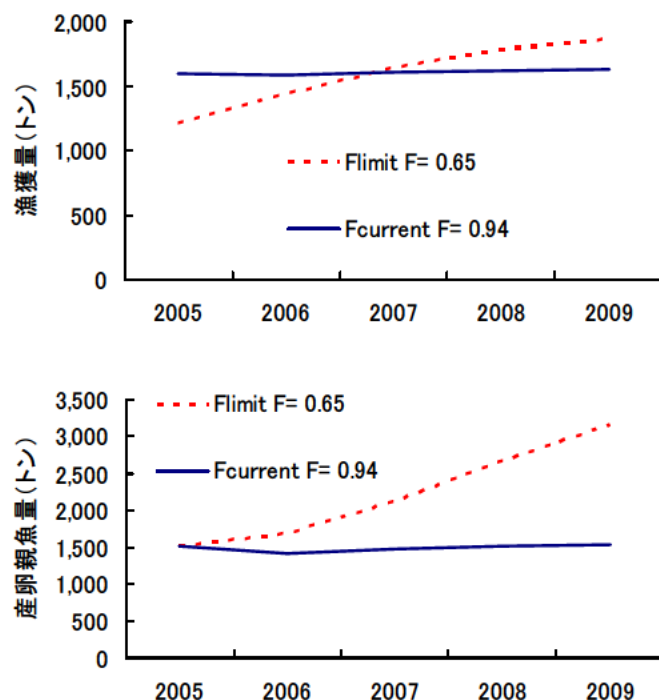


図18 F値(1歳魚)の変化による資源量・漁獲量の推移
期待漁獲量(上)親魚資源量(下)の変化

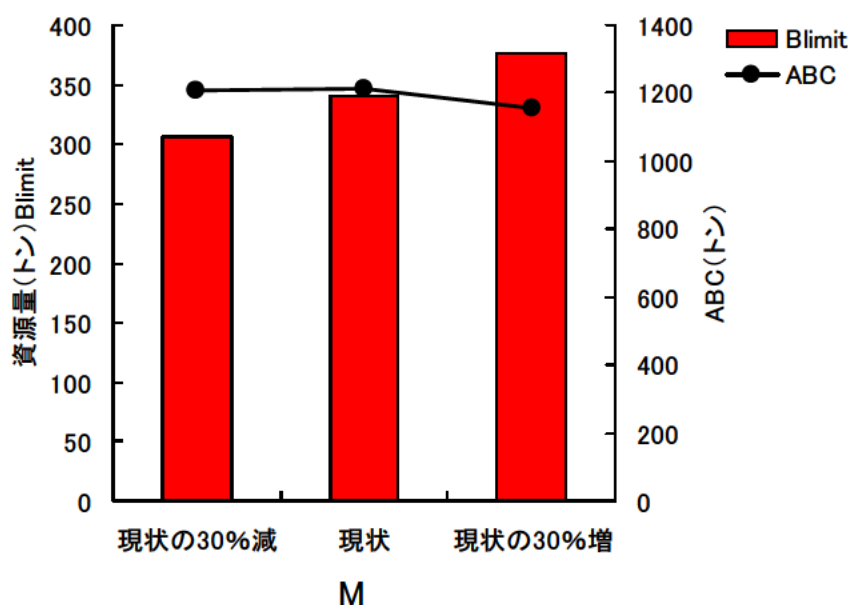


図19 M値の変化による資源量(Blimit)・漁獲量(ABC)
の感度解析

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)
および小型底曳網のCPUE(kg/出漁日数)および努力量(出漁日数)

年	漁獲量	放流数	CPUE	努力量	年	漁獲量	放流数	CPUE	努力量
1952	702	-	-		1981	631	316	0.41	572610
1953	818	-	-		1982	679	985	0.52	565984
1954	782	-	-		1983	833	1442	0.75	553350
1955	858	-	-		1984	1219	1500	1.27	551228
1956	1076	-	-		1985	1029	1045	0.98	572998
1957	990	-	-		1986	919	1413	0.88	565795
1958	870	-	-		1987	1011	1345	1.00	586364
1959	821	-	-		1988	960	1520	1.01	569760
1960	704	-	-		1989	952	1142	1.16	551222
1961	598	-	-		1990	1009	1411	1.06	546221
1962	489	-	-		1991	1115	1303	1.49	534326
1963	573	-	-		1992	853	1351	0.91	528019
1964	545	-	-		1993	754	1624	0.85	517788
1965	406	-	-		1994	1164	1428	1.51	511505
1966	498	-	-		1995	1162	1459	1.68	498801
1967	378	-	-		1996	1131	1488	1.28	502438
1968	314	-	0.11	660358	1997	1053	880	1.28	490787
1969	440	-	0.17	630249	1998	1168	1744	1.51	483433
1970	299	-	0.09	607289	1999	1624	1713	2.08	476476
1971	234	-	0.13	600931	2000	1602	1767	2.06	459344
1972	297	-	0.12	603140	2001	1694	910	2.01	451614
1973	359	-	0.26	573385	2002	1874	972	2.26	481538
1974	328	-	0.20	602378	2003	1485	-	-	-
1975	471	-	0.31	619266					
1976	466	-	0.32	624577					
1977	440	369	0.23	631060					
1978	577	455	0.33	617706					
1979	528	585	0.40	538064					
1980	647	530	0.47	587899					

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	0.47	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	0.01	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	0.00	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

2003年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
0歳	0.75	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.10	0.10	0.40	0.11	0.71	0.35
2歳	0.07	0.39	0.07	0.46	0.10	0.37
3歳	0.04	0.22	0.02	0.30	0.08	0.08
4歳	0.03	0.14	0.01	0.05	0.04	0.05
5歳	0.02	0.06	0.01	0.04	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.09	0.00	0.05	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	230	309	76	31	18	10	7	681
2003	373	161	63	27	17	8	6	655

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	62	556	388	267	257	181	163	1874
2003	101	290	322	232	234	159	148	1485

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＼ ＼齡	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	1168	277	81	33	15	6	6	1586
1989	1154	355	82	29	14	6	6	1647
1990	721	379	119	30	13	6	7	1275
1991	634	291	140	38	13	6	7	1130
1992	624	228	92	42	16	5	7	1014
1993	987	205	79	37	18	8	6	1340
1994	1243	435	84	36	18	8	7	1832
1995	1108	466	90	37	18	8	7	1734
1996	1017	374	114	42	19	8	8	1583
1997	1101	394	116	44	20	9	9	1692
1998	1319	461	142	50	23	10	10	2015
1999	1478	566	175	67	27	11	12	2336
2000	1444	552	181	76	35	12	12	2313
2001	1098	542	173	84	43	19	13	1971
2002	720	544	176	85	44	20	14	1603
2003	1218	298	154	79	43	20	14	1826

資源重量								
年＼ ＼齡	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	69	1013
1978	167	353	270	150	96	55	75	1166
1979	201	349	255	156	101	54	81	1197
1980	203	415	298	169	115	63	86	1348
1981	248	405	319	180	113	65	97	1428
1982	288	419	319	218	145	77	114	1581
1983	421	602	348	219	165	89	123	1968
1984	405	685	538	264	177	96	137	2301
1985	344	655	401	271	181	99	145	2096
1986	389	504	337	269	199	129	175	2002
1987	384	583	384	283	180	103	166	2083
1988	456	492	361	273	198	107	170	2058
1989	451	631	365	245	177	117	171	2157
1990	282	672	533	251	171	117	188	2213
1991	248	517	628	315	171	108	213	2201
1992	244	404	413	348	215	99	189	1911
1993	386	363	355	309	237	147	169	1965
1994	486	773	377	302	234	139	201	2513
1995	433	827	403	312	235	148	214	2572
1996	397	665	511	353	248	150	237	2562
1997	430	699	520	366	259	160	254	2688
1998	515	818	635	419	294	182	289	3153
1999	578	1005	782	563	348	210	333	3818
2000	564	980	810	635	457	217	346	4009
2001	429	962	775	697	555	345	365	4128
2002	281	965	790	710	570	374	399	4089
2003	476	528	689	658	566	368	405	3690

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)

\ 年齢 年 \	漁獲死亡係数							資源重量	漁獲割合	産卵親魚量	加入量	RPS
	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	1013	43.4	266	389	1.46
1978	0.39	1.01	1.00	0.68	0.75	0.52	0.52	1166	49.4	300	428	1.43
1979	0.40	0.84	0.87	0.58	0.63	0.49	0.49	1197	44.1	312	516	1.65
1980	0.43	0.95	0.96	0.67	0.73	0.48	0.48	1348	48.0	347	519	1.50
1981	0.60	0.92	0.83	0.49	0.56	0.39	0.39	1428	44.2	364	635	1.74
1982	0.39	0.87	0.83	0.56	0.66	0.47	0.47	1581	43.0	443	738	1.67
1983	0.64	0.80	0.73	0.49	0.70	0.48	0.48	1968	42.3	484	1079	2.23
1984	0.64	1.22	1.14	0.66	0.74	0.52	0.52	2301	53.0	540	1036	1.92
1985	0.74	1.35	0.85	0.58	0.51	0.37	0.37	2096	49.1	557	881	1.58
1986	0.72	0.96	0.63	0.68	0.83	0.65	0.65	2002	45.9	634	997	1.57
1987	0.88	1.16	0.79	0.63	0.68	0.49	0.49	2083	48.5	587	983	1.67
1988	0.80	0.98	0.84	0.71	0.70	0.52	0.52	2058	46.6	609	1168	1.92
1989	0.72	0.85	0.83	0.64	0.58	0.47	0.47	2157	44.1	584	1154	1.98
1990	0.52	0.75	0.98	0.66	0.63	0.39	0.39	2213	45.6	597	721	1.21
1991	0.63	0.91	1.04	0.66	0.72	0.54	0.54	2201	50.6	646	634	0.98
1992	0.73	0.82	0.74	0.66	0.55	0.54	0.54	1911	44.6	673	624	0.93
1993	0.43	0.65	0.61	0.56	0.70	0.52	0.52	1965	38.4	703	987	1.40
1994	0.59	1.34	0.64	0.53	0.62	0.50	0.50	2513	46.3	722	1243	1.72
1995	0.69	1.17	0.59	0.51	0.62	0.46	0.46	2572	45.2	750	1108	1.48
1996	0.56	0.93	0.79	0.59	0.61	0.46	0.46	2562	44.2	807	1017	1.26
1997	0.48	0.78	0.67	0.50	0.52	0.39	0.39	2688	39.2	851	1101	1.29
1998	0.46	0.73	0.57	0.47	0.50	0.38	0.38	3153	37.0	969	1319	1.36
1999	0.59	0.90	0.66	0.49	0.64	0.48	0.48	3818	42.5	1166	1478	1.27
2000	0.59	0.92	0.60	0.41	0.45	0.46	0.46	4009	40.0	1330	1444	1.09
2001	0.31	0.88	0.54	0.48	0.56	0.65	0.65	4128	41.0	1607	1098	0.68
2002	0.49	1.02	0.64	0.51	0.60	0.72	0.72	4089	45.8	1691	720	0.43
2003	0.47	0.94	0.59	0.47	0.54	0.61	0.61	3690	40.2	1661	1218	0.73

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	0.49	0.39	0.32	0.26
1	178	0	1.00	0.24	0.65	0.52
2	448	0	0.63	0.17	0.41	0.33
3	834	0.5	0.49	0.17	0.32	0.26
4	1306	1	0.57	0.17	0.37	0.30
5	1828	1	0.65	0.17	0.42	0.34
6	2373	1	0.65	0.17	0.42	0.34
7	2917	1	0.65	0.17	0.42	0.34
8	3443	1	0.65	0.17	0.42	0.34
9	3940	1	0.65	0.17	0.42	0.34
10	4400	1	0.65	0.17	0.42	0.34
11	4822	1	0.65	0.17	0.42	0.34
12	5202	1	0.65	0.17	0.42	0.34
13	5543	1	0.65	0.17	0.42	0.34
14	5846	1	0.65	0.17	0.42	0.34
15	6114	1	0.65	0.17	0.42	0.34

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	0.19	0.20	0.22
F2003	1.02	0.94	0.86
Fmsy	0.69	0.65	0.57
Fmax	0.19	0.21	0.24
Fsus	0.99	0.91	0.83
Blimit	306	340	376
ABC	1205	1211	1157

F値は1歳魚の値