

平成17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）

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支援センター試験研究部水産研究所、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2,268トンまで増加した。1992年に1,906トンまで低下したものの、1998年以降急増し、2000年には3,930トンとなった。2004年には3,425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17年度）の1-1)-(1)を適用してFlimit = Fmsy のときの漁獲量をABClimit、Ftarget = Flimit×1.0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（1999～2003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0.11と仮定した。

	2006年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	14百トン	Fmsy	0.69	40.0%
ABCtarget	14百トン	1.0 Fmsy	0.69	40.0%

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
2003	33	15	0.67	45.3%
2004	34	16	0.85	46.3%
2005	34			

（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。種苗放流が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）。また、漁獲量に匹敵する養殖量がある（2003年1270トン、うち香川県が1172トン）。

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、全長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、昆虫類、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、しは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。2004年においては小型底曳網での漁獲が全体の53%を占め、釣り(12%)、小型定置網(12%)、刺網(11%)、吾智網(11%)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、2004年には1,586トンと若干減少した(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。2004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

① 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(1968～2003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)となっていたが、2003年には2.01(kg/出漁日数)と減少した。

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。2001～2003年は和歌山県が加太(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を2001～2003年は和歌山県が加太(一本釣、刺網)、湯浅(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77%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2,268トンまで増加した。1992年に1,906トンまで低下したものの、1998年以降急増し、2000年には3,930トンとなった。2004年には3,425トンと推定された(図9)。

2004年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は1,689万尾と推定された。年齢別の資源尾数割合は、0歳:51.3%、1歳:30.9%、2歳:11.6%、3歳:3.8%、4歳:1.4%、5歳:0.5%、6歳以上:0.5%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の94.8%を占めている。漁獲割合は37.5～53.8%である(附表5)。

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1,400万尾となった。2002年には970万尾に減少、2003年には1,018万尾に増加したが、2004年は867万尾と減少した。

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2001年は1,661トンに達している。2004年は977トンと減少した(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126万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。

島本(1999)により0歳時の混獲率は1985～1989年において1.20～2.36%と計算されている(1985年は2.36%、1986年は1.20%、1987年は1.33%、1988年は1.20%、1989年は1.62%)。1993～2002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%)。和歌山県からの情報では2003年は1.19%、2004年は3.94%であった。

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

より各年の0歳時の添加効率(K_y)を計算した。

0歳時の添加効率を1985年以前は0.20、1986年は0.08、1987年は0.10、1988年は0.09、1989～1992年は0.16、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0.06、2001年は0.14、2002年は0.15、2003年は0.13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ー関数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。

$$R_y = 21779 \times SSB \times \exp(-0.000691 \times SSB) + A_r \times K_y \quad (1)$$

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。データは放流データが揃っている1977～2003年分を使用した。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28年間のコホート計算による資源解析により、平成16年の資源水準は高位ではあり、資源動向は横ばいと判断した。添加効率を0.11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586万尾が得られるSSBを(1)式よりもとめBlimit (=340トン) と考える。資源状態B(=SSB)は977トンであり $B \geq B_{limit}$ 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

1977年以降の小型底曳網の出漁日数と親魚資源量の間には負の相関関係があった（図14；親魚量 $= 59169 \times \exp(-8.48 \times 10^{-6} \times \text{小型底曳網出漁日数})$ 、 $r^2 = 0.79$ ）。

Precautionary approach plotを図15に示す。産卵親魚量が低いときに2歳魚の漁獲圧が高くなるという傾向があった。

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。2004年の1歳魚の漁獲死亡係数 ($F_{current}$) は0.85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、努力量の低下と親魚資源量の関係を考慮すると、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。より安定で高位の漁獲が得られる管理方策を提示することにするが、現在の漁獲圧を早急に低下させる必要はないと考える。

（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倍の最大持続漁獲量が得られる（図17）。ただし、種苗放流をしないと高い漁獲圧での資源の持続状態を達成できない。瀬戸内海東部系群のマダイ種苗放流は漁獲圧を高い状態に維持する管理体制では効果があるが、漁獲圧を下げる管理と比較して漁獲量増大の効果が少ない。

6. 2006年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

過去28年間のコホート解析から判断して資源量は高位、横ばいである。

（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Blimit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。

Flimit、Ftarget（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。

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

$$= 0.69$$

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

$$= 0.69 \times 1.0$$

$$= 0.69$$

α は資源が高位水準であることから1.0とした。

	2006年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	14百トン	F _{msy}	0.69	40.0%
ABC _{target}	14百トン	1.0 F _{msy}	0.69	40.0%

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 $F(2005年) = F_{current}$ とする。漁獲量(2005年) = 1,560トン、加入量(2005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)					親魚量 (トン)				
		2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0.00		0	0	0	0	0	1158	2340	5015	10234	16579
0.08	0.1 $F_{current}$	226	410	645	890	1097	1158	2173	4320	8250	12724
0.17	0.2 $F_{current}$	435	741	1108	1458	1706	1158	2019	3721	6654	9783
0.25	0.3 $F_{current}$	628	1006	1430	1808	2027	1158	1875	3206	5369	7535
0.34	0.4 $F_{current}$	808	1214	1645	2007	2184	1158	1742	2762	4335	5813
0.42	0.5 $F_{current}$	975	1376	1777	2103	2248	1158	1618	2380	3501	4491
0.51	0.6 $F_{current}$	1129	1499	1847	2125	2250	1158	1503	2051	2829	3474
0.59	0.7 $F_{current}$	1273	1588	1870	2092	2204	1158	1396	1768	2287	2690
0.68	0.8 $F_{current}$	1406	1650	1856	2020	2114	1158	1297	1524	1849	2086
0.69	F_{limit}	1424	1657	1852	2007	2098	1158	1283	1491	1793	2010
0.76	0.9 $F_{current}$	1529	1689	1816	1919	1986	1158	1205	1314	1496	1618
0.85	1.0 $F_{current}$	1644	1709	1756	1797	1827	1158	1120	1133	1211	1256

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

毎年約126万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.11と仮定

2006年以降、 F_{limit} で管理した場合、2010年に期待される資源量は現在(2004年)の漁獲圧を継続した場合の1.6倍の資源水準となり、漁獲量も15%上回る。

(4) ABC $_{limit}$ の検証

(1)式で示される再生産関係の誤差変動を考慮してABC $_{limit}$ の検証を行う。

加入量 R_y の実測値と(1)式による計算値の誤差 Er が正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ にしたがうと仮定して、加入量の予測を $R_y = 21779 \times SSB \times \exp(-0.000691 \times SSB) + Ar \times Ky$ により行い、ABC $_{limit}$ の計算を1000回試行し、ABC $_{limit}$ のばらつきを検証した。ここで、 μ 、 σ はそれぞれ Er の平均と標準偏差。 $\mu = 250, 138$ 、 $\sigma = 1, 842, 594$ 。 F_{limit} でのABC等の基本統計を附表6に示す。ABC $_{limit}$ の誤差変動は5.2%であり、 $F_{current}$ で予測される漁獲量の頻度分布と重なる場合もあり(図19)、現状の漁獲でABC $_{limit}$ が偶然達成される可能性がある。

(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)	ABC $_{limit}$ (トン)	ABC $_{target}$ (トン)	漁獲量 (トン)
2004年(当初)	F_{msy} (0.68)	4576	1433	1194	
2004年(2004年再評価)	F_{msy} (0.65)	3723	1201	1002	1586
2004年(2005年再評価)	F_{msy} (0.69)	3425	1485	1485	
2005年(当初)	F_{msy} (0.65)	3731	1211	1012	
2005年(再評価)	F_{msy} (0.69)	3823	1516	1516	

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、 F_{msy} で0歳魚を全面禁漁とした場合に得られる予測漁獲量、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)				
		2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0.69	F_{msy} (0歳規制)	1369	1735	2061	2336	2510	1158	1283	1491	1936	2374

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_{limit} 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。

・養殖魚が産卵親魚として機能している可能性もあるが、現在のところ、本資源評価では考慮していない。どの程度養殖が産卵親魚に考慮するかは手法開発も含め今後の課題である。香川県側の卵分布量が和歌山県側の分布量よりも圧倒的に少ないことが判明すれば、養殖の影響を考慮する必要はなくなるかもしれない。現在、マダイ卵の同定技術が確立したことをうけて卵分布調査法の検討を実施しているところである。

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(2004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。

$$N_{a,2004} = \frac{C_{a,2004} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2004})}$$

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

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

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7)。

- ・ 年齢(a)別体重(W_a)は島本(1999)の関係式
 $W_a = 7864 \times [1 - \exp\{-0.1563 \times (a + 0.5 + 0.4412)\}]^{2.906}$ を参考に補足資料1(1)の値を使用した。
- ・ 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2001～2003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。

2004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2001～2003年の平均値として一定と仮定する。2005年における1歳魚以上の資源尾数は2004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2005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 = $21,779 \times SSB \times \exp(-0.000691 \times SSB) + \text{種苗放流数} \times 0\text{歳時の添加効率}$ から推定する。ただし、毎年約126万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率が0.11と仮定する。2006年初めの資源量は2005年も2004年と同じ漁獲圧(F_{current})をかけたとして3,559トンと予測する。さらに2006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い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.

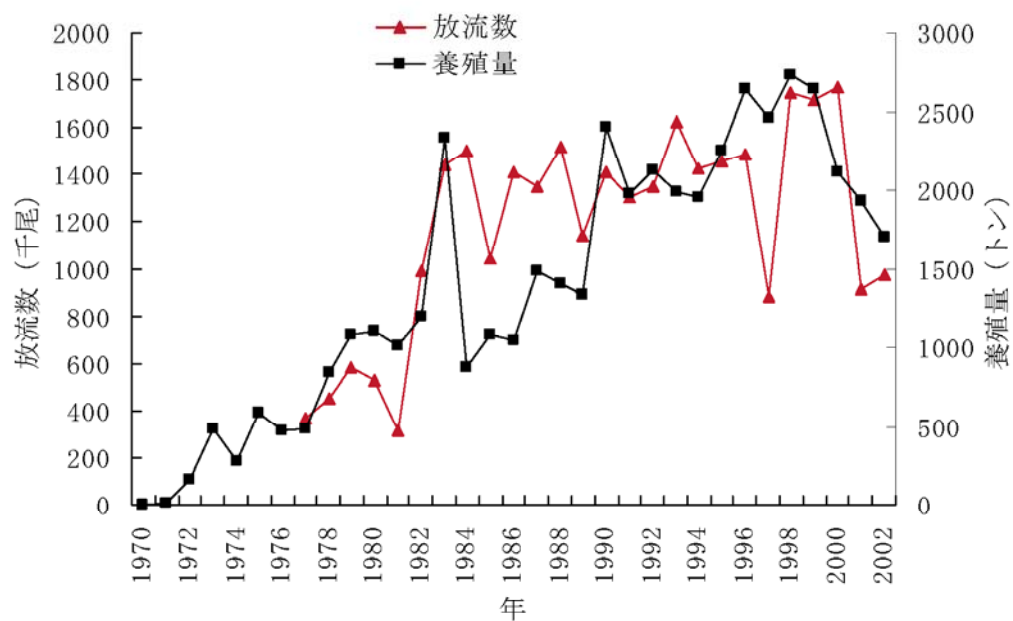


図1 瀬戸内海東部系群マダイの放流数、養殖量



図2 瀬戸内海東部系群マダイの分布・回遊

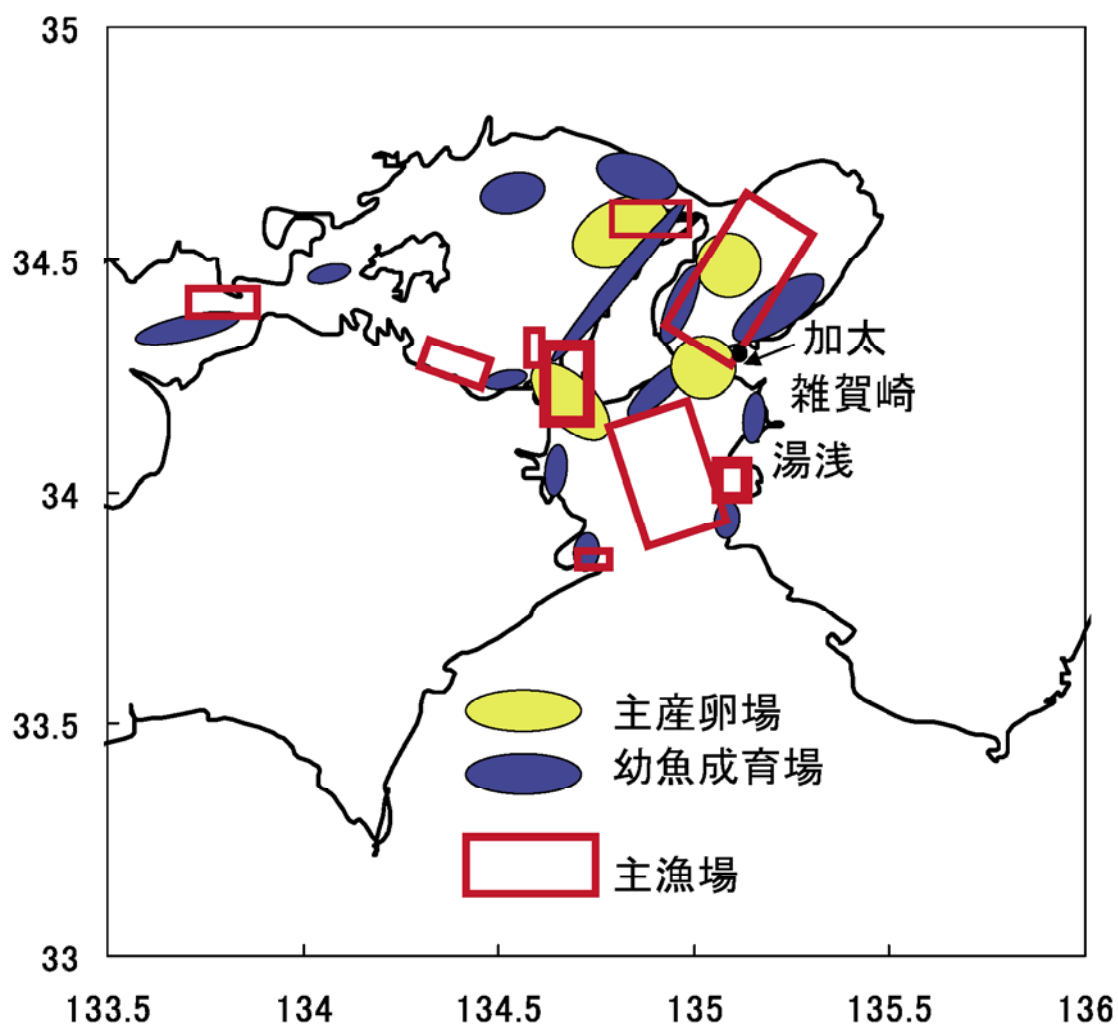


図3 瀬戸内海東部系群マダイの生活史・漁場形成図

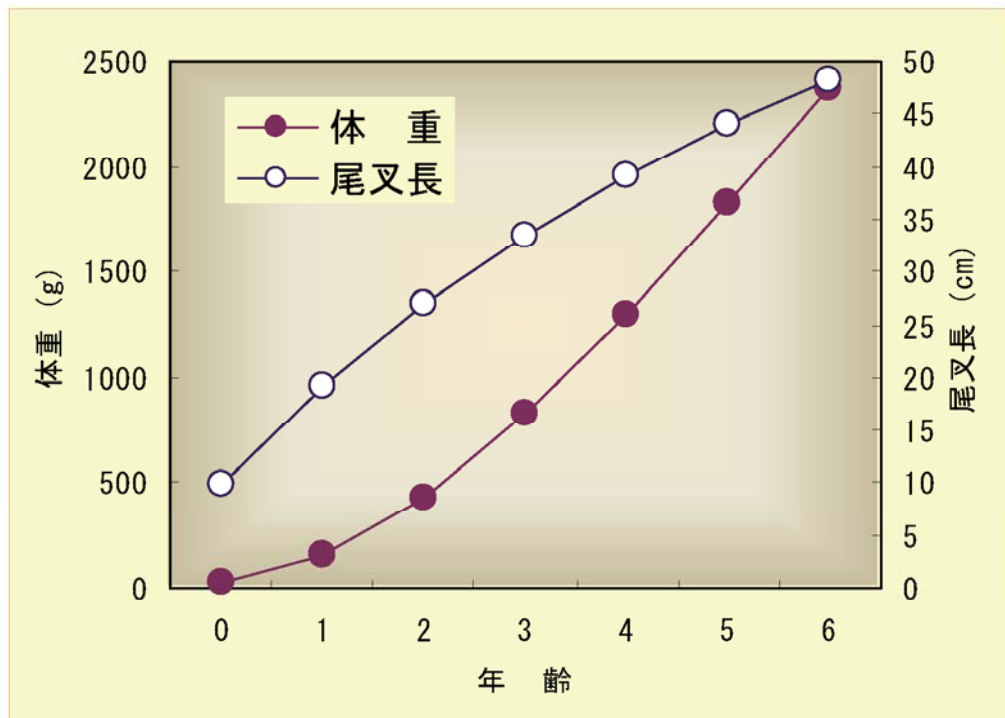


図4 瀬戸内海東部系群マダイの年齢・成長

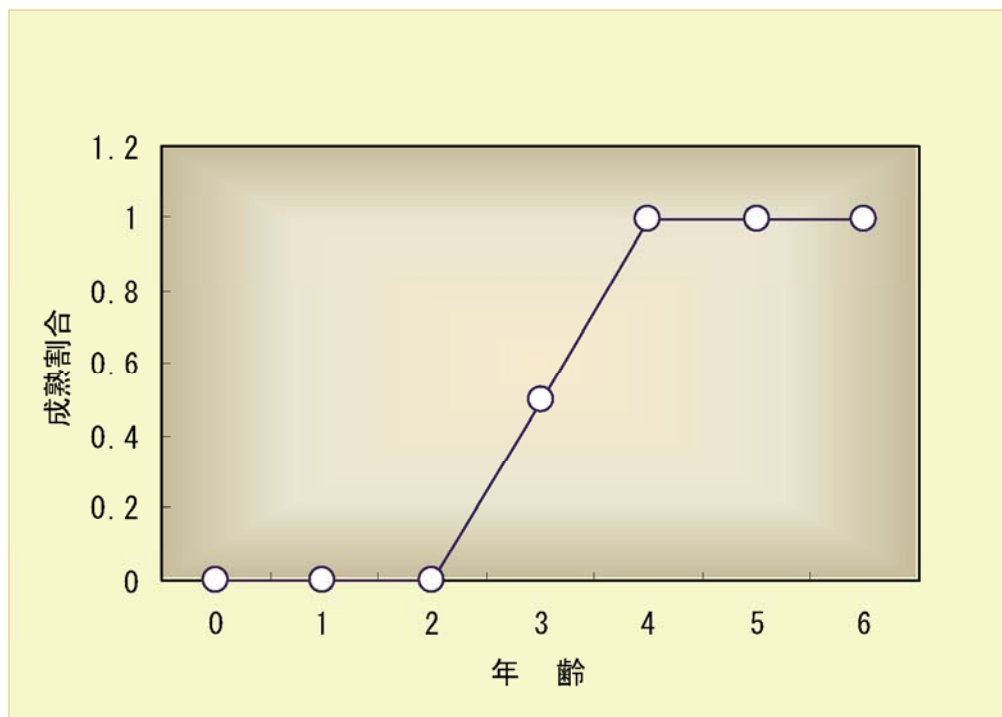


図5 瀬戸内海東部系群マダイの年齢別成熟割合

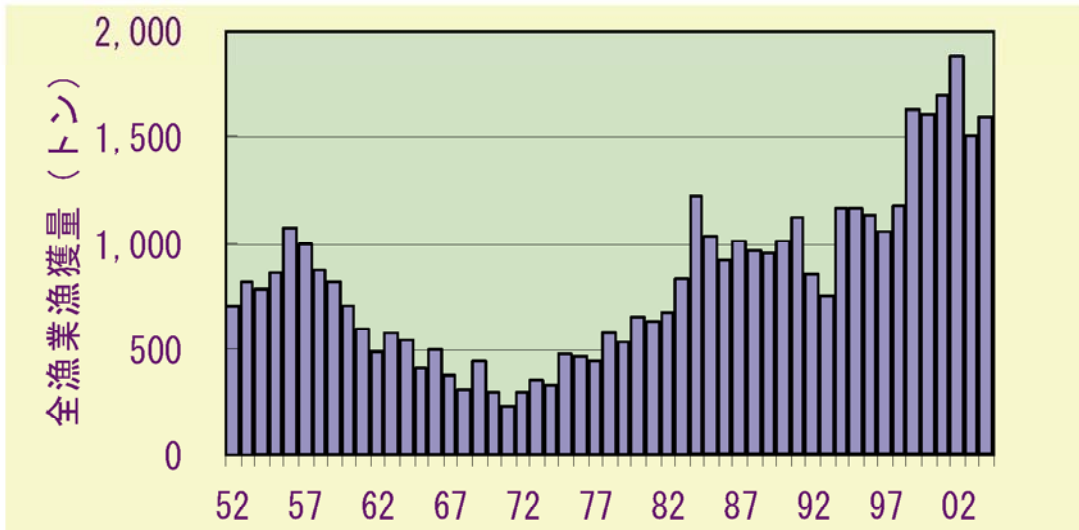


図6 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量経年推移

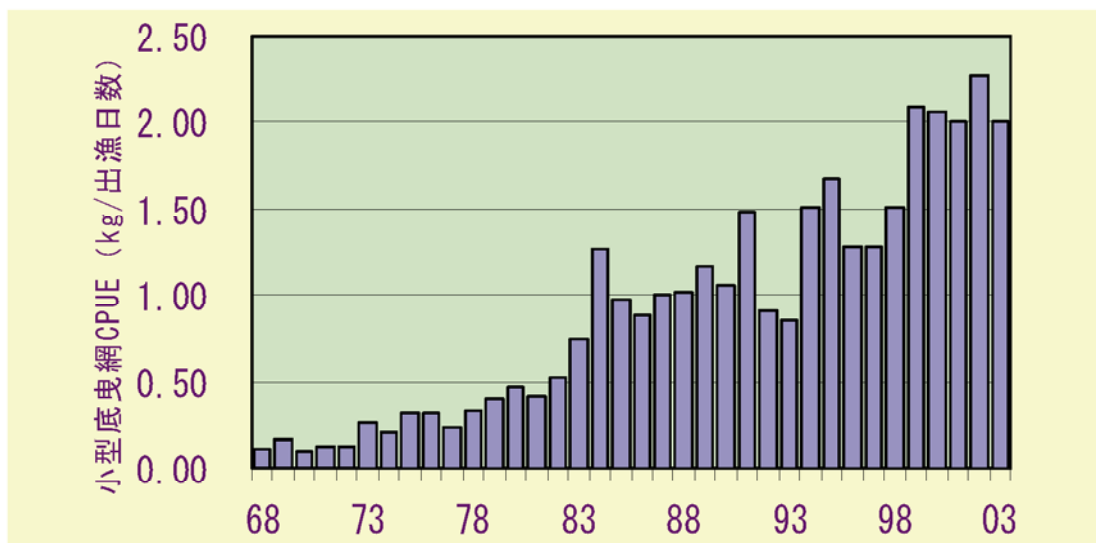


図7 主要漁業種(小型底曳網)のCPUE

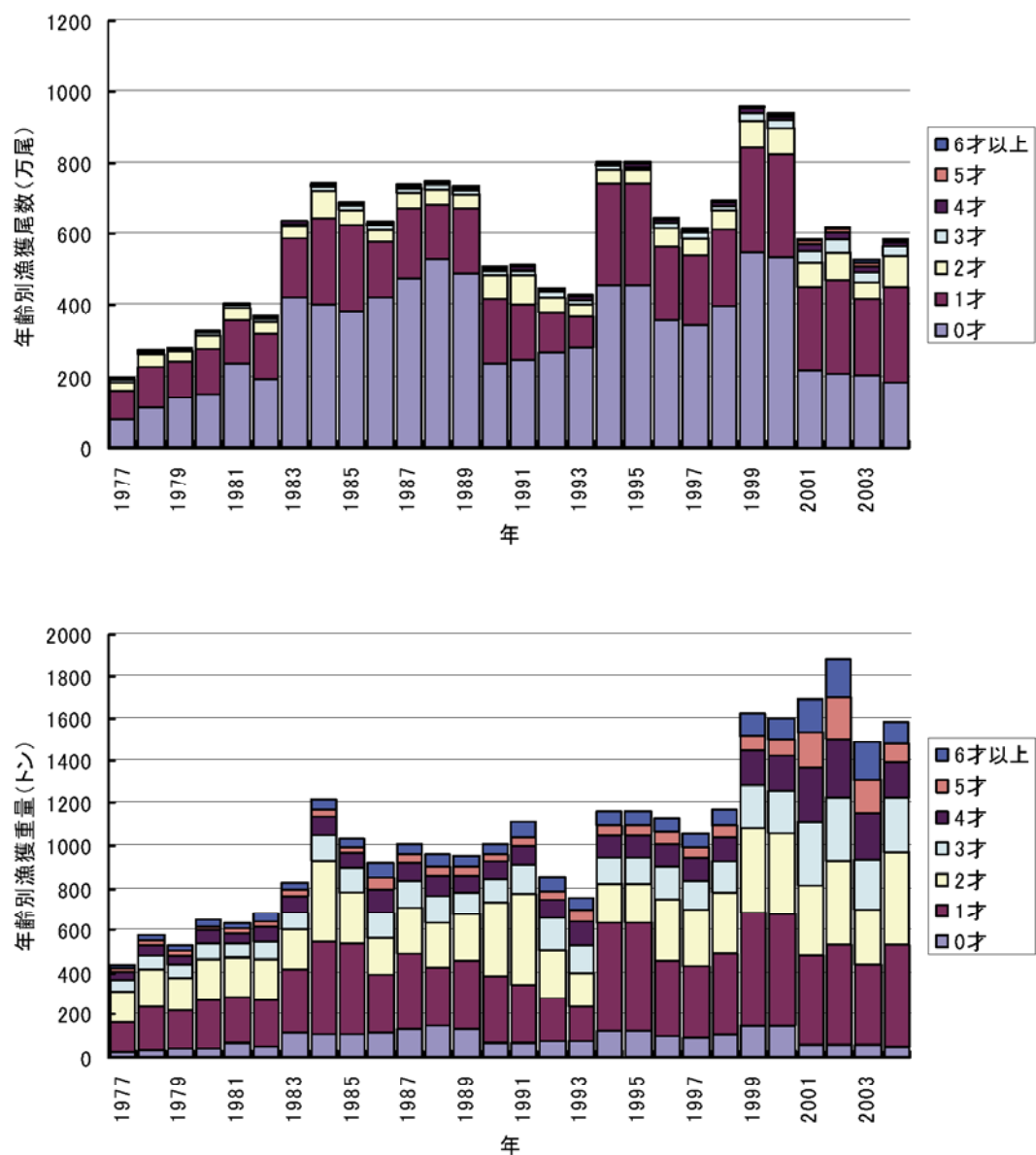


図8 年齢別漁獲尾数(上)・重量(下)の経年推移

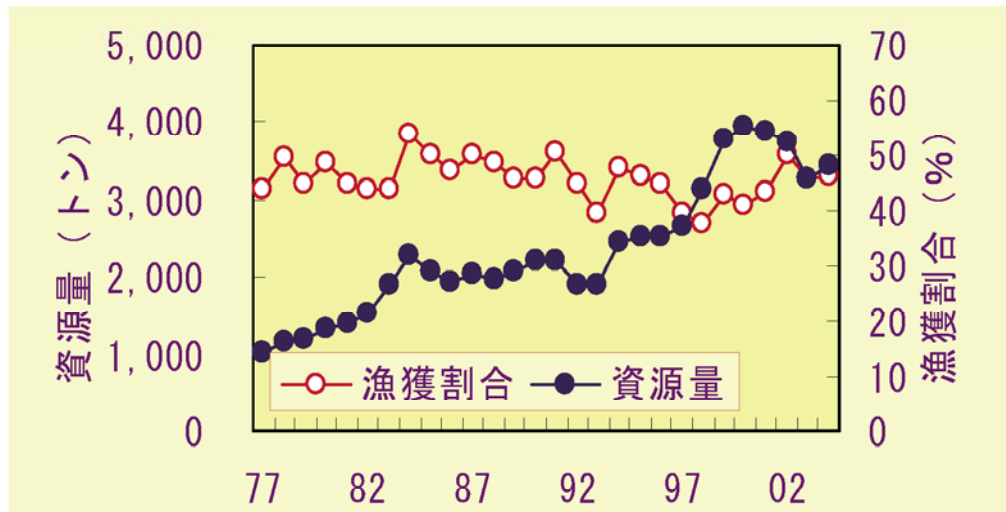


図9 資源量と漁獲割合の経年推移

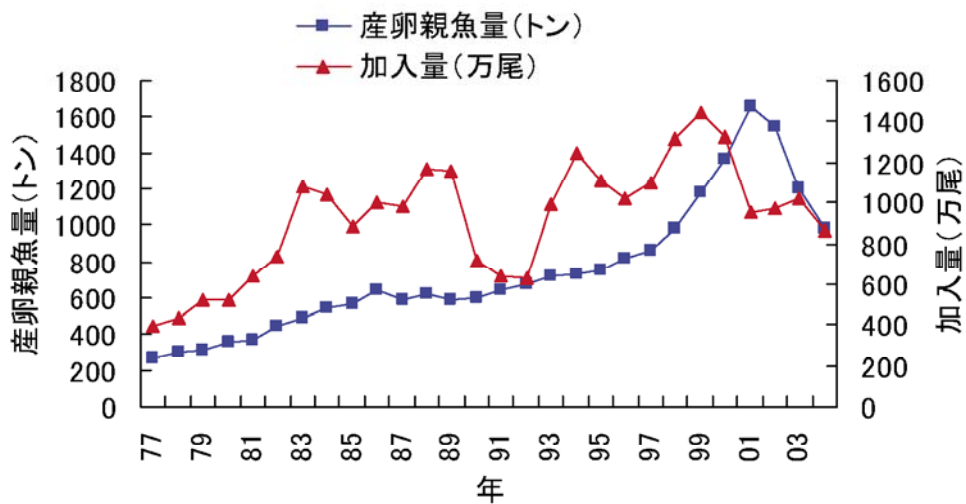


図10 加入量と産卵親魚量の経年推移

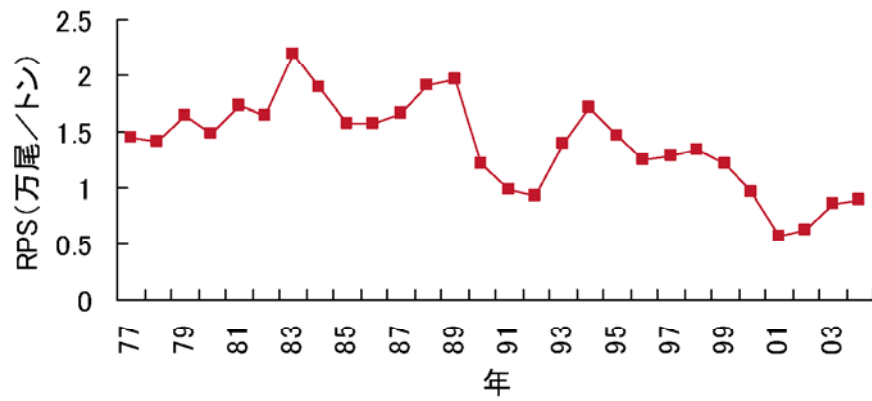


図11 RPSの経年推移

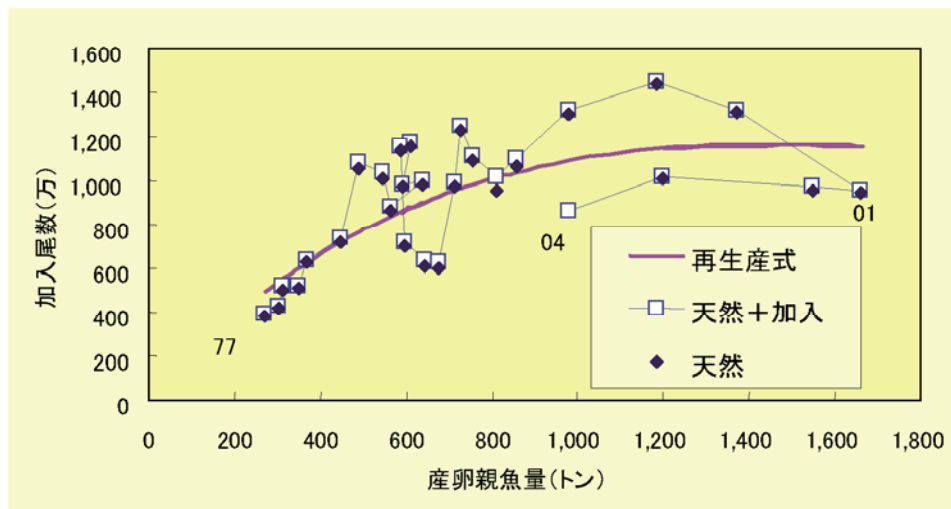


図12 再生産関係

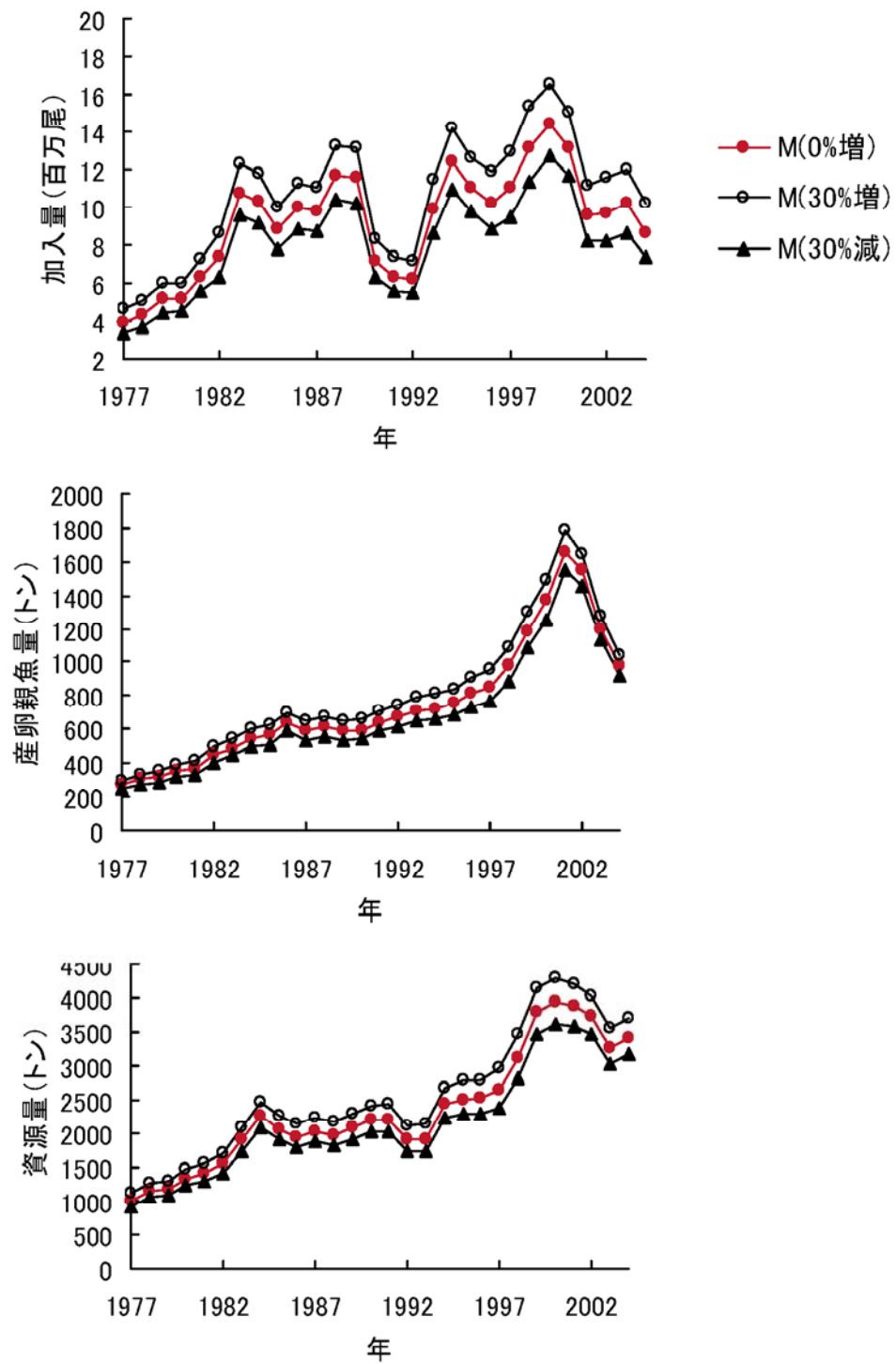


図13 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

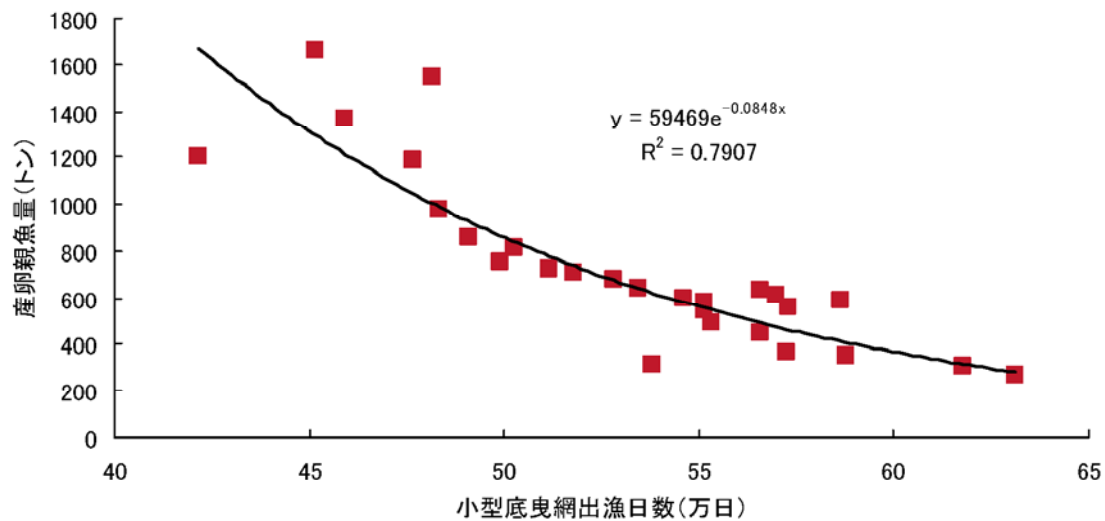


図14 産卵親魚資源と漁獲努力の関係

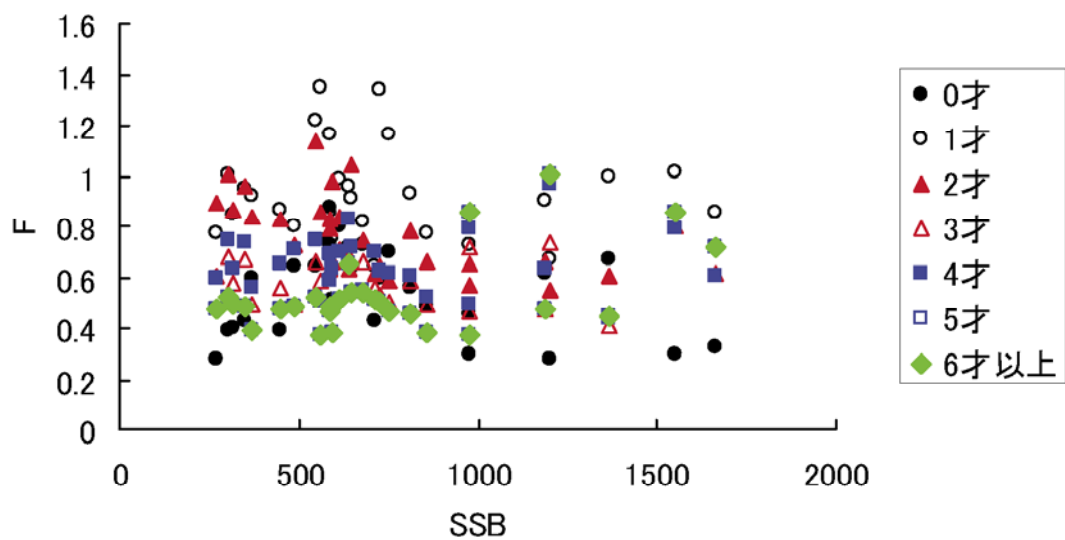


図15 Precautionary approach plot

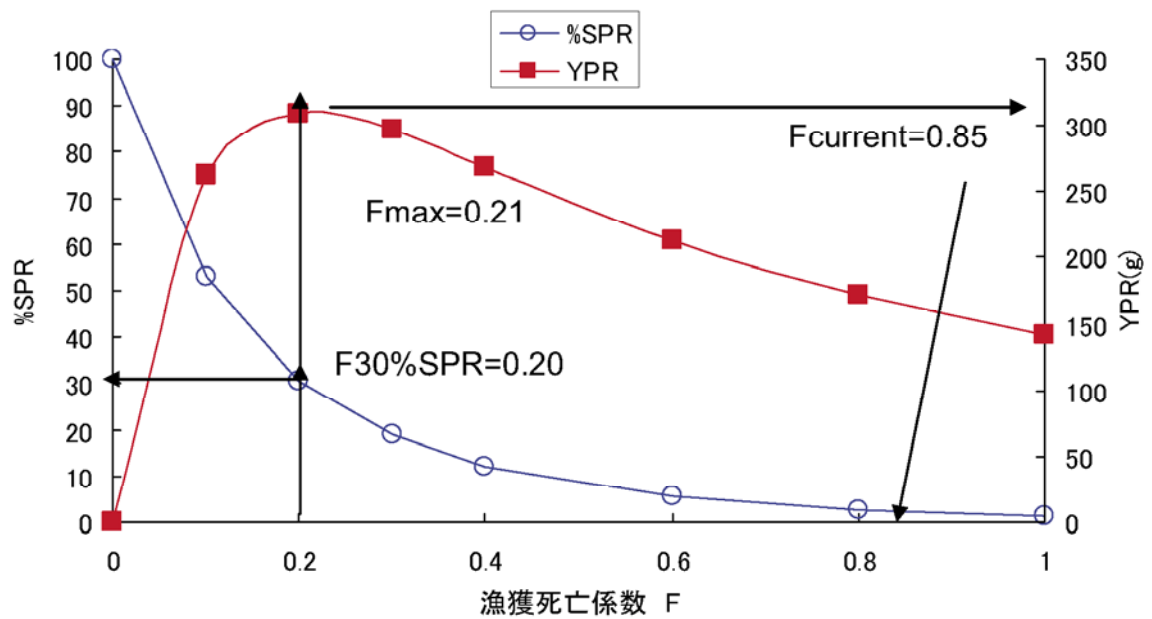


図16 %SPR・YPR

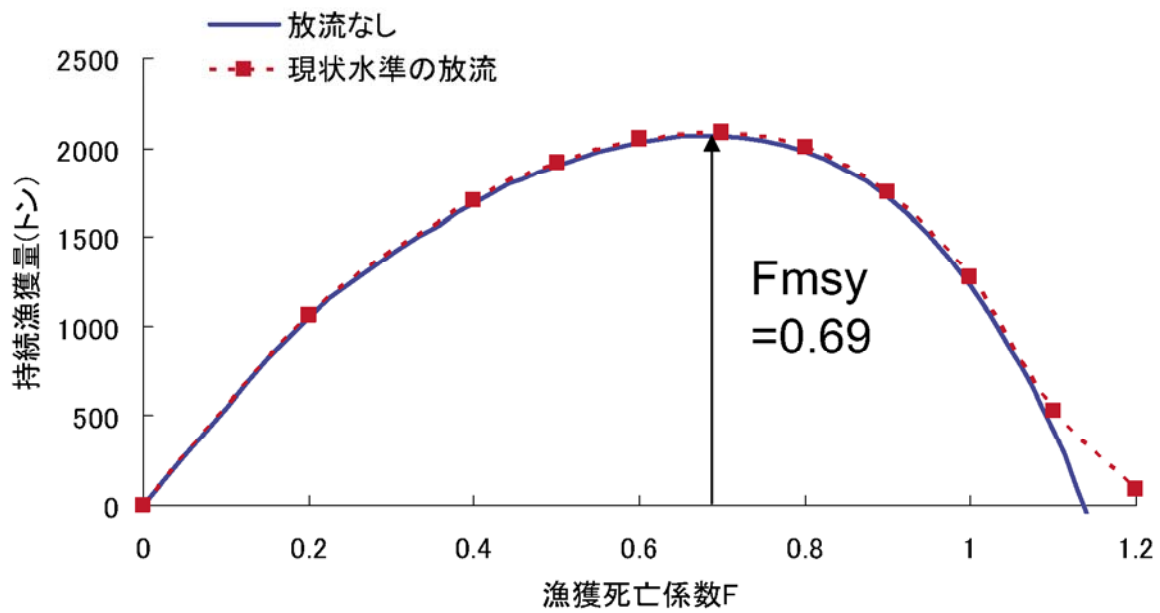


図17 1歳魚のFと持続漁獲量

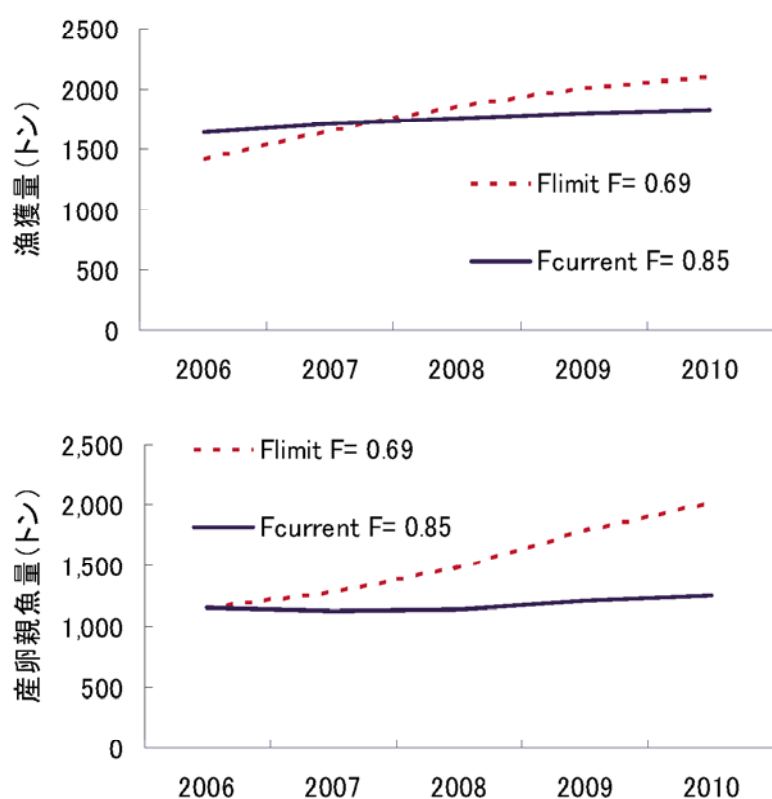


図18 F値(1歳魚)の変化による資源量・漁獲量の推移
期待漁獲量(上)親魚資源量(下)の変化

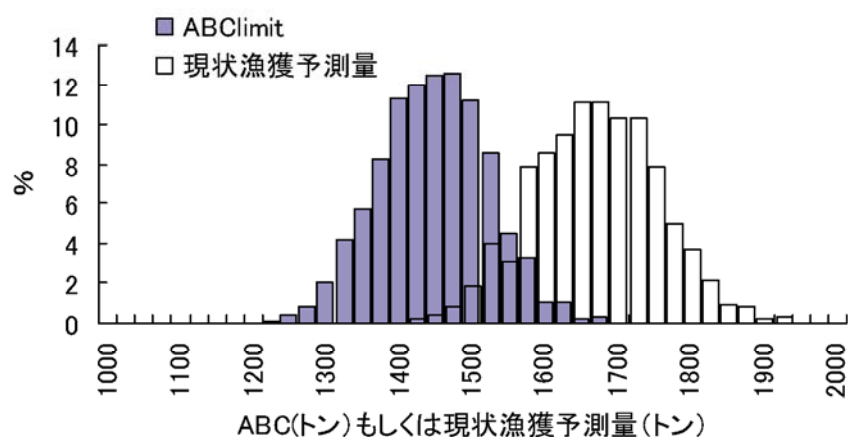


図19 再生産の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるABClimitと現状漁獲予測量の頻度分布

附表1 瀬戸内海東部系群マダダイの漁獲量(トン)、放流数(千尾)、養殖量(トン)
 および小型底見網のCPUE(kg/出漁日数)および努力量(出漁日数)

年	漁獲量	放流数	養殖量	CPUE	努力量	年	漁獲量	放流数	CPUE	養殖量	努力量
1952	702	-	-	-	-	1981	631	316	0.41	1008	572610
1953	818	-	-	-	-	1982	679	985	0.52	1190	565984
1954	782	-	-	-	-	1983	833	1442	0.75	2329	553350
1955	858	-	-	-	-	1984	1219	1500	1.27	874	551228
1956	1076	-	-	-	-	1985	1029	1045	0.98	1080	572998
1957	990	-	-	-	-	1986	919	1413	0.88	1044	565795
1958	870	-	-	-	-	1987	1011	1345	1.00	1486	586364
1959	821	-	-	-	-	1988	960	1520	1.01	1403	569760
1960	704	-	-	-	-	1989	952	1142	1.16	1328	551222
1961	598	-	-	-	-	1990	1009	1411	1.06	2401	546221
1962	489	-	-	-	-	1991	1115	1303	1.49	1980	534326
1963	573	-	-	-	-	1992	853	1351	0.91	2129	528019
1964	545	-	-	-	-	1993	754	1624	0.85	1987	517788
1965	406	-	-	-	-	1994	1164	1428	1.51	1958	511505
1966	498	-	-	-	-	1995	1162	1459	1.68	2255	498801
1967	378	-	-	-	-	1996	1131	1488	1.28	2641	502438
1968	314	-	-	0.11	660358	1997	1053	880	1.28	2458	490787
1969	440	-	-	0.17	630249	1998	1168	1744	1.51	2739	483433
1970	299	-	0	0.09	607289	1999	1624	1713	2.08	2638	476476
1971	234	-	11	0.13	600931	2000	1602	1767	2.06	2118	459344
1972	297	-	159	0.12	603140	2001	1694	910	2.01	1932	451614
1973	359	-	478	0.26	573385	2002	1874	972	2.26	1699	481538
1974	328	-	278	0.20	602378	2003	1500	944	2.01	1270	421714
1975	471	-	589	0.31	619266	2004	1586	-	-	-	-
1976	466	-	468	0.32	624577						
1977	440	369	484	0.23	631060						
1978	577	455	841	0.33	617706						
1979	528	585	1076	0.40	538064						
1980	647	530	1106	0.47	587899						

附表2 瀬戸内海東部系群マダい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	0.45	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.41	0.10	0.40	0.11	0.71	0.35
2歳	0.06	0.39	0.07	0.46	0.10	0.37
3歳	0.03	0.22	0.02	0.30	0.08	0.08
4歳	0.02	0.14	0.01	0.05	0.04	0.05
5歳	0.01	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

2004年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
0歳	0.35	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.47	0.14	0.40	0.09	0.71	0.35
2歳	0.13	0.47	0.07	0.54	0.10	0.37
3歳	0.03	0.22	0.02	0.25	0.08	0.08
4歳	0.01	0.08	0.01	0.04	0.04	0.05
5歳	0.00	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.06	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									漁獲重量										
年＼ 齡	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上		合 計	年＼ 齡	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上		合 計
							6才	上									6才	上	
1977	78	79	28	7	3	1	1	1	197	1977	21	143	143	57	38	17	21	440	
1978	113	112	35	8	4	1	1	1	274	1978	31	202	179	70	50	21	24	577	
1979	140	99	30	8	3	1	1	1	283	1979	38	179	155	65	47	20	25	528	
1980	149	127	38	9	4	1	1	1	329	1980	40	228	192	78	59	23	26	647	
1981	235	122	37	8	3	1	1	1	408	1981	64	220	189	66	48	20	25	631	
1982	196	122	37	10	5	1	1	1	372	1982	53	219	188	89	69	27	34	679	
1983	419	165	37	9	6	2	2	2	640	1983	113	297	189	81	82	32	38	833	
1984	404	241	75	14	7	2	2	2	744	1984	109	434	382	121	92	37	44	1219	
1985	380	242	47	13	5	2	1	1	691	1985	103	436	241	113	71	29	36	1029	
1986	421	155	32	15	8	3	3	3	637	1986	114	279	165	126	111	58	67	919	
1987	472	200	43	15	6	2	2	2	741	1987	127	361	220	126	89	38	51	1011	
1988	529	154	42	15	7	2	2	2	752	1988	143	276	215	131	99	41	55	960	
1989	490	181	42	13	6	2	2	2	735	1989	132	326	216	109	78	41	51	952	
1990	239	178	68	13	6	2	2	2	508	1990	65	320	348	114	79	35	48	1009	
1991	245	154	84	17	6	2	2	3	511	1991	66	278	426	145	87	42	71	1115	
1992	265	113	44	19	6	2	2	3	452	1992	72	203	227	159	90	39	63	853	
1993	283	86	33	15	8	3	2	3	431	1993	76	156	170	125	118	56	54	754	
1994	457	285	37	14	8	3	3	3	805	1994	123	512	187	118	108	52	64	1164	
1995	456	284	37	14	8	3	3	3	804	1995	123	512	187	117	107	52	63	1162	
1996	358	201	57	17	8	3	3	3	647	1996	97	362	292	148	112	52	69	1131	
1997	346	189	52	16	7	3	3	3	615	1997	93	341	265	136	104	49	65	1053	
1998	397	212	57	17	8	3	3	3	697	1998	107	382	290	148	115	54	72	1168	
1999	545	298	77	24	12	4	4	4	964	1999	147	536	395	206	163	76	101	1624	
2000	530	294	75	24	12	4	4	4	943	2000	143	530	384	204	164	76	102	1602	
2001	218	234	65	35	18	9	6	6	585	2001	59	420	330	304	254	172	154	1694	
2002	207	264	77	36	19	10	7	7	620	2002	56	474	393	307	271	195	177	1874	
2003	204	211	52	28	15	8	7	5	525	2003	55	380	264	239	215	159	173	1485	
2004	186	264	86	31	12	5	4	4	587	2004	50	475	438	263	166	86	108	1586	

附表4 瀬戸内海東部系群マダいの資源尾数(万尾)、資源重量(トン)

資源重量									資源尾数									
年＼齡		0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	年＼齡		0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	
1977		105	299	265	138	91	49	60	1006	1977	389	166	52	16	6	3	2	635
1978		115	358	307	155	104	57	65	1161	1978	428	199	60	18	7	3	3	718
1979		139	354	291	161	109	55	70	1179	1979	516	197	57	19	8	3	3	801
1980		140	420	339	174	124	65	74	1337	1980	519	234	67	20	9	3	3	854
1981		171	411	364	186	122	67	84	1405	1981	635	228	71	22	9	4	3	971
1982		199	425	364	225	157	79	99	1547	1982	738	236	71	26	11	4	4	1091
1983		291	610	397	226	178	92	107	1901	1983	1079	339	78	26	13	5	4	1544
1984		280	694	612	272	191	99	119	2268	1984	1036	386	120	32	14	5	5	1597
1985		238	664	457	279	195	102	125	2061	1985	881	369	90	32	14	5	5	1396
1986		269	511	384	277	215	132	151	1941	1986	997	284	75	32	15	7	6	1417
1987		265	591	437	292	195	106	144	2030	1987	983	329	86	34	14	6	6	1456
1988		315	499	411	281	214	110	148	1979	1988	1168	277	81	33	15	6	6	1586
1989		312	640	416	253	191	120	148	2080	1989	1154	356	82	29	14	6	6	1647
1990		195	681	607	258	185	120	163	2210	1990	721	379	119	30	13	6	7	1275
1991		171	525	716	325	185	111	185	2218	1991	634	291	140	38	13	6	7	1130
1992		169	410	471	359	232	102	164	1906	1992	624	228	92	42	16	5	7	1015
1993		267	368	404	319	256	151	146	1912	1993	987	205	79	37	18	8	6	1340
1994		336	784	430	312	253	144	175	2434	1994	1244	436	84	36	18	8	7	1833
1995		299	839	460	322	255	153	186	2514	1995	1108	466	90	37	18	8	7	1736
1996		275	675	584	365	269	155	207	2530	1996	1019	375	115	42	19	8	8	1587
1997		298	712	595	379	282	165	221	2652	1997	1102	395	117	44	20	9	9	1696
1998		356	831	729	436	320	189	253	3115	1998	1319	462	143	51	23	10	10	2018
1999		390	1019	894	588	380	219	293	3783	1999	1443	566	175	68	27	12	12	2303
2000		357	950	924	659	504	228	307	3930	2000	1320	528	181	77	36	12	12	2166
2001		258	824	786	720	606	367	329	3889	2001	954	458	154	84	43	20	13	1726
2002		262	840	780	608	538	371	336	3733	2002	970	467	153	71	38	20	13	1732
2003		275	875	680	500	378	273	298	3279	2003	1018	486	133	58	27	15	12	1749
2004		234	938	996	559	332	162	204	3425	2004	867	521	195	65	24	9	8	1689

附表5 瀬戸内海東部系群マダいの漁獲死亡係数(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	漁獲死亡係数						資源重量		漁獲割合	産卵親魚量	加入量	RPS	添加効率		
	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	1006	43.8	268	389	1.45	-		
1978	0.39	1.01	1.00	0.68	0.75	0.52	0.52	1161	49.7	303	428	1.41	-		
1979	0.40	0.84	0.87	0.58	0.63	0.49	0.49	1179	44.8	314	516	1.64	-		
1980	0.43	0.95	0.96	0.67	0.73	0.48	0.48	1337	48.4	351	519	1.48	-		
1981	0.60	0.92	0.83	0.49	0.56	0.39	0.39	1405	44.9	366	635	1.73	-		
1982	0.39	0.87	0.83	0.56	0.66	0.47	0.47	1547	43.9	447	738	1.65	-		
1983	0.64	0.80	0.73	0.49	0.70	0.48	0.48	1901	43.8	489	1079	2.20	-		
1984	0.64	1.22	1.14	0.66	0.74	0.52	0.52	2268	53.8	545	1036	1.90	-		
1985	0.74	1.35	0.85	0.58	0.51	0.37	0.37	2061	49.9	562	881	1.57	-		
1986	0.72	0.96	0.63	0.68	0.83	0.65	0.65	1941	47.4	638	997	1.56	0.20		
1987	0.88	1.16	0.79	0.63	0.68	0.49	0.49	2030	49.8	590	983	1.67	0.10		
1988	0.80	0.98	0.84	0.71	0.70	0.52	0.52	1979	48.5	613	1168	1.91	0.09		
1989	0.72	0.85	0.83	0.64	0.58	0.47	0.47	2080	45.8	586	1154	1.97	0.16		
1990	0.52	0.75	0.98	0.66	0.63	0.39	0.39	2210	45.6	597	721	1.21	-		
1991	0.63	0.91	1.04	0.66	0.72	0.54	0.54	2218	50.3	644	634	0.98	-		
1992	0.73	0.82	0.74	0.66	0.55	0.54	0.54	1906	44.7	677	624	0.92	-		
1993	0.43	0.65	0.61	0.56	0.70	0.51	0.51	1912	39.5	713	987	1.39	0.09		
1994	0.59	1.33	0.64	0.53	0.62	0.50	0.50	2434	47.8	728	1244	1.71	0.09		
1995	0.69	1.16	0.58	0.51	0.61	0.46	0.46	2514	46.2	755	1108	1.47	0.13		
1996	0.56	0.93	0.78	0.58	0.60	0.45	0.45	2530	44.7	813	1019	1.25	0.46		
1997	0.48	0.78	0.66	0.49	0.52	0.39	0.39	2652	39.7	858	1102	1.28	0.40		
1998	0.46	0.73	0.57	0.46	0.50	0.37	0.37	3115	37.5	980	1319	1.35	0.11		
1999	0.62	0.90	0.66	0.48	0.63	0.47	0.47	3783	42.9	1186	1443	1.22	0.05		
2000	0.67	0.99	0.60	0.41	0.44	0.45	0.45	3930	40.8	1369	1320	0.96	0.06		
2001	0.33	0.86	0.61	0.62	0.61	0.72	0.72	3889	43.6	1661	954	0.57	0.14		
2002	0.30	1.01	0.80	0.80	0.79	0.85	0.85	3733	50.2	1548	970	0.63	0.15		
2003	0.28	0.67	0.55	0.73	0.96	1.00	1.00	3279	45.3	1199	1018	0.85	0.13		
2004	0.30	0.85	0.65	0.72	0.79	0.86	0.86	3425	46.3	977	867	0.89	-		

附表6 瀬戸内海東部系群マダいの再生産の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるABClimit等の基本統計

	ABClimit	予測漁獲量
平均	1434	1655
中央値	1434	1655
標準偏差	74	85
範囲	446	511
最小	1215	1404
最大	1661	1915
試行回数	1000	1000
変動係数	5.16	5.12

附表7 瀬戸内海東部系群マダいの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	27	0	0.36	0.39	0.25	0.25
1	180	0	1.00	0.24	0.69	0.69
2	510	0	0.77	0.17	0.53	0.53
3	860	0.5	0.85	0.17	0.58	0.58
4	1410	1	0.93	0.17	0.64	0.64
5	1880	1	1.01	0.17	0.70	0.70
6-	2496	1	1.01	0.17	0.70	0.70