

平成16年マダイ瀬戸内海中・西部系群の資源評価

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：広島県水産試験場，山口県水産研究センター内海研究部，大分県海洋水産研究センター，愛媛県中予水産試験場および同東予分場

要 約

瀬戸内海中・西部系群のマダイ資源量は1984年以降減少傾向があるが、変動幅は狭く安定している。2003年には8,205トンと推定された。過去27年間のコホート解析およびより長期のデータがある漁獲量データから判断して資源水準は中位で、過去5年の資源動向は減少と判断した。

管理方策として、年齢別漁獲尾数の時系列データが不十分であること、また推定された再生産曲線の性質からも F_{msy} を算出することができないこと、 B_{limit} が不明なことを考慮し F_{sim} （2009年の親漁資源量が2003年の親漁資源量に等しくなる F ）を管理基準とした。ABC算定のための基本規則（平成16年度）の1-3)-(3)を適用して $F_{limit} = F_{sim} \times 0.9$ 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。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0.65を仮定した。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	19百トン	0.9 F_{sim}	0.32	36.1%
ABC _{target}	16百トン	0.72 F_{sim}	0.26	29.6%

漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 、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	85	26	0.56	28.0%
2003	82	27	0.48	24.9%
2004	75	-	-	-

（水準・動向）

水準：中位 動向：減少

1. まえがき

瀬戸内海中・西部海域は日本におけるマダイの種苗放流事業発祥の海域であり、栽培漁業の調査、研究がさかんで栽培漁業に関する関心が高い。

瀬戸内海のマダイ種苗放流量は1989年以降、3,609～4,619千尾にのぼり、この間平均4,128千尾でほぼ安定している。中・西部における放流量は1989年以降、2,549～3,160千尾にのぼる（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3,900トンの3%に当たる。この内、中・西部（広島，山口，福岡，大分，愛媛）の採捕量は48トンで、漁獲量2.8千トンの1.7%を占める（農林水産省

¹ 現西海区水産研究所

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以下のマダイの採捕を禁じている。

2. 生態

(1) 分布・回遊(図2、3)

瀬戸内海中・西部系群のマダイは、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、燧灘、備後芸予瀬戸、安芸灘、伊予灘、周防灘の全域及び豊後水道にも分布が広がる。産卵期は春季で、内海中央部の燧灘、備後芸予瀬戸、及び安芸灘では5月中旬～6月中旬。伊予灘では3月～4月上旬。親魚が主要な産卵場に回遊して多回産卵を行う(広島県 1983)。

(2) 年齢・成長(図4)

満1歳で16.0cm、2歳で22.5cm、3歳で28.1cm、4歳で32.8cmに成長する(広島県 1983)。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(高場 1992)。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

瀬戸内海中・西部海域におけるマダイは主に小型底曳網、吾智網、釣りによって漁獲されている。瀬戸内海東部と比較して吾智網漁業の比率が高い。

2003年においては小型底曳網での漁獲が全体の36%を占め、吾智網(34%)、釣り(14%)、刺網(11%)、小型定置網(5%)と続く。

(2) 漁獲量の推移(図6)

瀬戸内海中・西部系群のマダイ漁獲量は1953年の4,552トンから減少傾向が続き、1970年には過去最低の1,715トンまで低下した。その後1984年までに3,351トンに回復したが、2003年には2,686トンとなった(附表1)。

(3) 漁獲努力量

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0.27(kg/出漁日数)であったが、1975年には0.95(kg/出漁日数)と急増し、その後、1996年には3.03(kg/出漁日数)となったが、それ以降はやや減少気味である。

(3) 漁獲物の年齢(体長)組成の推移(図8)

2000~2001年、2003年に愛媛県が大浜、小部、下灘、上灘で調査した精密測定データ(尾又長 年齢データ)をもとに、尾又長別の年齢組成割合を作成した(附表2)。2001年、2002年、2003年の漁法別漁獲尾数割合は附表3に示した。上記で作成した漁法別年齢別漁獲尾数割合および漁法別漁獲量をもとに1977~2003年の年別年齢別漁獲尾数を算出した。

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58%以上を占めている(附表4)。

(4) 資源量の推移(図9)

瀬戸内海中・西部系群のマダイ資源量は1984年以降減少傾向があるが、変動幅は狭く安定している。2003年には8,205トンと推定された(図9)。

2003年の瀬戸内海中・西部系群マダイの資源尾数は2,516万尾と推定された。年齢別の資源尾数割合は、0歳:39.4%、1歳:21.7%、2歳:20.0%、3歳:8.7%、4歳:4.9%、5歳:3.0%、6歳以上:2.3%となっており、0~2歳の未成熟個体で全体の81.1%を占めている(附表5)。

0歳魚の資源尾数を加入量の指標とした場合、1977~1984年まで加入量は増加傾向があったが、1986~1999年は1,492~1,599万尾で安定していた。1997~2000年以降はやや減少傾向が見られたが、2001年には1,883万尾と増加した。2003年は992万尾に減少した。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1979年より急増しており1984年は4,871トンに達している。以降やや減少傾向にあり2003年は4,070トンと推定された(図10)。RPS(加入量/産卵親魚量)は2001年をのぞき比較的安定していた(附表5、図11)。2001年の加入量の増加は2002年の小型底曳網の1歳魚の漁獲割合が極端に多かったためであるが、新たに愛媛県のデータを使用したことによるデータ収集体制の過渡期におこった人為的な要因である可能性が高い。

マダイ瀬戸内海中・西部系群については毎年約245万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。

1983~1987年の広島、愛媛県の調査(昭和62年度回遊性魚類共同放流実験調査事業瀬戸内海西部海域総合報告書)からとりまとめた0歳魚の混獲率は2.4~19.0%であった(1983年は6.7%、1984年は2.4%、1985年は16.8%、1986年は14.2%、1987年は19.0%)。

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。1983年以前は0歳時の添加効率を0.32、1984年は0.16、1985年は1.00、1986年は0.73、1987年以降は0.65として、親魚資源量と再生産加入量との関係を検討したところ指数関数で表される再生産関係が見られた(図12)。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。

$$R_y = \times \exp(\times SSB) + A r \times K_y \quad (1)$$

ここでSSBおよびAr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。またおよびは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、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、 $= 6,194,848$ 、 $= 0.000173$ が得られた。推定された親魚資源量と加入量との関係は図12に示した。ただし、親魚資源量の変動幅が狭いので加入量の予測式として使用するのには注意が必要である。

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年間のコホート解析および長期のデータがある漁獲量データから判断して資源水準は中位で、過去5年の資源動向は減少と判断した。Blimit を再生産関係の図におけるRPShigh (再生産成功率上位10%相当) とRhigh (加入量上位10%相当) の交点から求める方法ではBlimit (=4,350トン) であり、資源状態B(=SSB)は4,070トンでありB Blimitである。しかし、親魚資源量の変動幅が狭いのでBlimitの妥当性については疑問がある。

5. 資源管理の方策

年齢別漁獲尾数の時系列データが不十分であること、また推定された再生産曲線の性質からもFmsyを算出することができない。またBlimitについても問題があるのでFsim (シミュレーションにより管理目標 (2009年の親魚資源量が2003年の親魚資源量と等しくなる) を達成する資源の現状を維持するF) を管理基準として使用する。

(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。1歳魚のF値は高位安定傾向が見られた。5歳魚のF値には減少傾向が見られた。瀬戸内海中・西部海域においては様々な漁法で漁獲されているため瀬戸内海東部海域のように小型底曳網の漁獲努力量とF値の相関が明瞭でない。

Precautionary approach plotを図15に示す。解析に用いた産卵親魚量の変動範囲が狭いのでF値に関する産卵親魚量の反応は不明瞭である。

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(Fcurrent)は0.48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。

(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1.10倍のABCが算定される(図17)。

6. 2005年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

過去27年間のコホート解析および長期のデータがある漁獲量データから判断して資源水準は中位で、過去5年の資源動向は減少傾向がある。

(2) ABCの設定

年齢別漁獲尾数の時系列データが不十分であること、また推定された再生産曲線の性質からもFmsyを算出することができないこと、Blimitが不明なことを考慮しFsim (仮定された再生産関係のもとで、資源の現状を維持するF) を管理基準として使用する。資源水準は中位で、過去5年の資源動向は減少傾向であるのでABCの算定規則1-3)-(3)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。

$$\begin{aligned} F_{limit} &= F_{sim} \times 0.9 \\ &= 0.36 \times 0.9 = 0.32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{target} &= F_{limit} \times 0.8 \\ &= 0.32 \times 0.8 = 0.26 \end{aligned}$$

2、は各々0.9、0.8とした。

ABClimit、ABCtargetを計算すると ABClimit=1,885トン(漁獲割合36.1%)、ABCtarget=1,559トン(漁獲割合29.6%)となる。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	19百トン	0.9 Fsim	0.32	36.1%
ABCtarget	16百トン	0.72 Fsim	0.26	29.6%

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) = 2,636トン、加入量(2003年以降)は{過去のRPSのメジアン値(=3,352尾/トン)} × {各年SSB} + {242万尾の種苗放流} × {0歳時の添加効率=0.65}で計算する。ただし、過去最大の1,883万尾を上限値とする。

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		0	0	0	0	0	3296	4761	6981	10242	14877
0.05	0.1 $F_{current}$	325	474	705	908	1169	3296	4526	6324	8902	12417
0.10	0.2 $F_{current}$	634	880	1247	1559	1943	3296	4302	5733	7749	10387
0.14	0.3 $F_{current}$	926	1227	1659	2016	2435	3296	4091	5201	6755	8708
0.19	0.4 $F_{current}$	1203	1521	1961	2296	2713	3296	3891	4722	5897	7316
0.24	0.5 $F_{current}$	1467	1769	2176	2454	2847	3296	3701	4290	5155	6158
0.29	0.6 $F_{current}$	1716	1976	2322	2519	2823	3296	3521	3901	4512	5194
0.31	0.7 $F_{current}$	1820	2055	2367	2526	2787	3296	3447	3745	4262	4828
0.32	F_{limit}	1885	2102	2391	2525	2758	3296	3400	3649	4111	4610
0.36	F_{sim}	2056	2216	2437	2503	2662	3296	3277	3403	3728	4070
0.38	0.8 $F_{current}$	2178	2290	2457	2473	2579	3296	3190	3233	3472	3715
0.43	0.9 $F_{current}$	2392	2404	2468	2395	2411	3296	3037	2946	3051	3150
0.48	1.0 $F_{current}$	2594	2494	2451	2295	2232	3296	2892	2687	2684	2676

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

毎年約242万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.65と仮定

2005年以降、 F_{limit} で管理した場合、2009年に期待される資源量は現在(2003年)の漁獲圧を継続した場合の1.7倍の資源水準となり、漁獲量も24%上回る。

(4) ABC $_{limit}$ 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。ABC $_{limit}$ の感度解析結果を図18に示す。Mの±30%の変動に対し管理基準の変動は13%以内に収まっていた。Mの±30%の変動に対しABC $_{limit}$ の変動は3%以内に収まっていた。Mに対するそれぞれの値の感度はやや高いが、ABC $_{limit}$ 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)	ABC $_{limit}$ (トン)	ABC $_{target}$ (トン)	漁獲量 (トン)
2003年(当初)	$F_{msy}(0.29)$	11910	1972	1607	
2003年(2003年再評価)	$F_{msy}(0.37)$	15144	2546	2087	2684
2003年(2004年再評価)	0.9 $F_{sim}(0.32)$	8205	1936	1600	
2004年(当初)	$F_{current}(0.37)$	13182	2546	2087	
2004年(再評価)	0.9 $F_{sim}(0.32)$	7506	2213	1943	

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 $F_{limit}=0.32$ の規制を実施した時の予測漁獲量、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)				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.32		1845	2031	2267	2334	2484	3296	3393	3554	3837	4176

F_{limit} (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_{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。

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.

広島県(1983) 斎島地区人工礁漁場造成事業調査報告書 . pp.74.

農林水産省統計情報部(1998) 遊漁採捕量調査報告書 . pp.115.

高場 稔(1992)広島県東部、中部海域の放流マダイ幼魚の食性 .広島水試研報,17: 59-70 .

補足資料1

(1) 漁法別漁獲尾数割合

2001年まで

小型底曳網については小部、上灘の各水揚げ地の2001年月別水揚げ量で重み付けした尾又長組成を尾又長別年齢組成割合を用いて年齢組成に変換した。吾智網については小部の2001年月別水揚げ量で重み付けした尾又長組成を尾又長別年齢組成割合を用いて年齢組成に変換した。釣りについては大浜の2001年月別水揚げ量で重み付けした尾又長組成を尾又長別年齢組成割合を用いて年齢組成に変換した。小底、吾智網、釣り以外の漁法の年齢組成については瀬戸内海栽培漁業協会(1973)から引用した。

2002~2003年

小型底曳網については小部、上灘、伊予の各水揚げ地の各年月別水揚げ量で重み付けした尾又長組成を尾又長別年齢組成割合を用いて年齢組成に変換した。吾智網については下灘、小部の各年月別水揚げ量で重み付けした尾又長組成を尾又長別年齢組成割合を用いて年齢組成に変換した。釣りについては大浜の各年月別水揚げ量で重み付けした尾又長組成を尾又長別年齢組成割合を用いて年齢組成に変換した。小底、吾智網、釣り以外の漁法の年齢組成については瀬戸内海栽培漁業協会(1973)から引用した。

(2) 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中・西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)	35	223	378	607	828	1133	2692

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歳魚以上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

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

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_t 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。

(3) 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)は広島県(1983)の関係式より
 $W_a = 4231 \times [1 - \exp\{-0.165 \times (a + 0.5 + 0.417)\}]^{3.00}$ 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。

(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、

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

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を2003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歳魚以上の資源重量をもとに{過去のRPSのメジアン値(=3,352尾/トン)}×{各年SSB}で計算する。ただし、0歳魚の資源尾数は過去最大の1,883万尾を上限値とする。また、毎年約246万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.65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5,225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.
- 広島県(1983) 斎島地区人工礁漁場造成事業調査報告書. pp.74.
- 瀬戸内海栽培漁業協会(1973) 瀬戸内海におけるマダイ資源の培養と種苗放流事業の在り方. pp.13.
- 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.

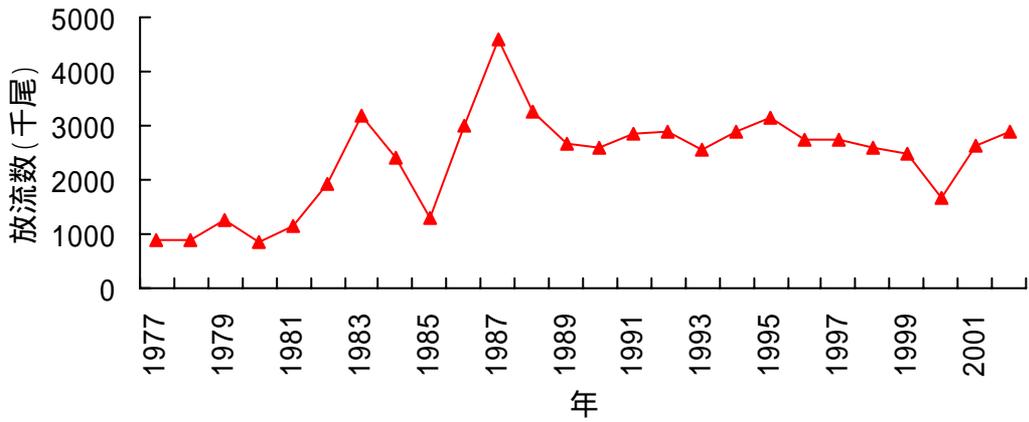


図1 瀬戸内海中・西部系群マダイの放流数

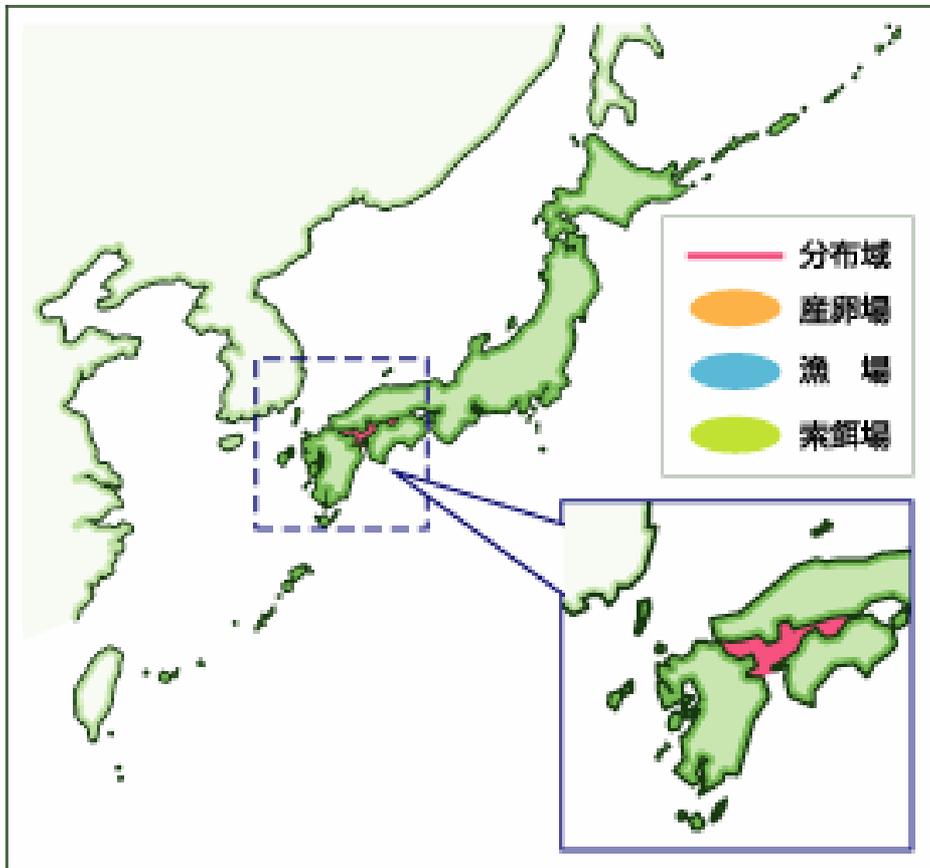


図2 瀬戸内海中・西部系群マダイの分布・回遊

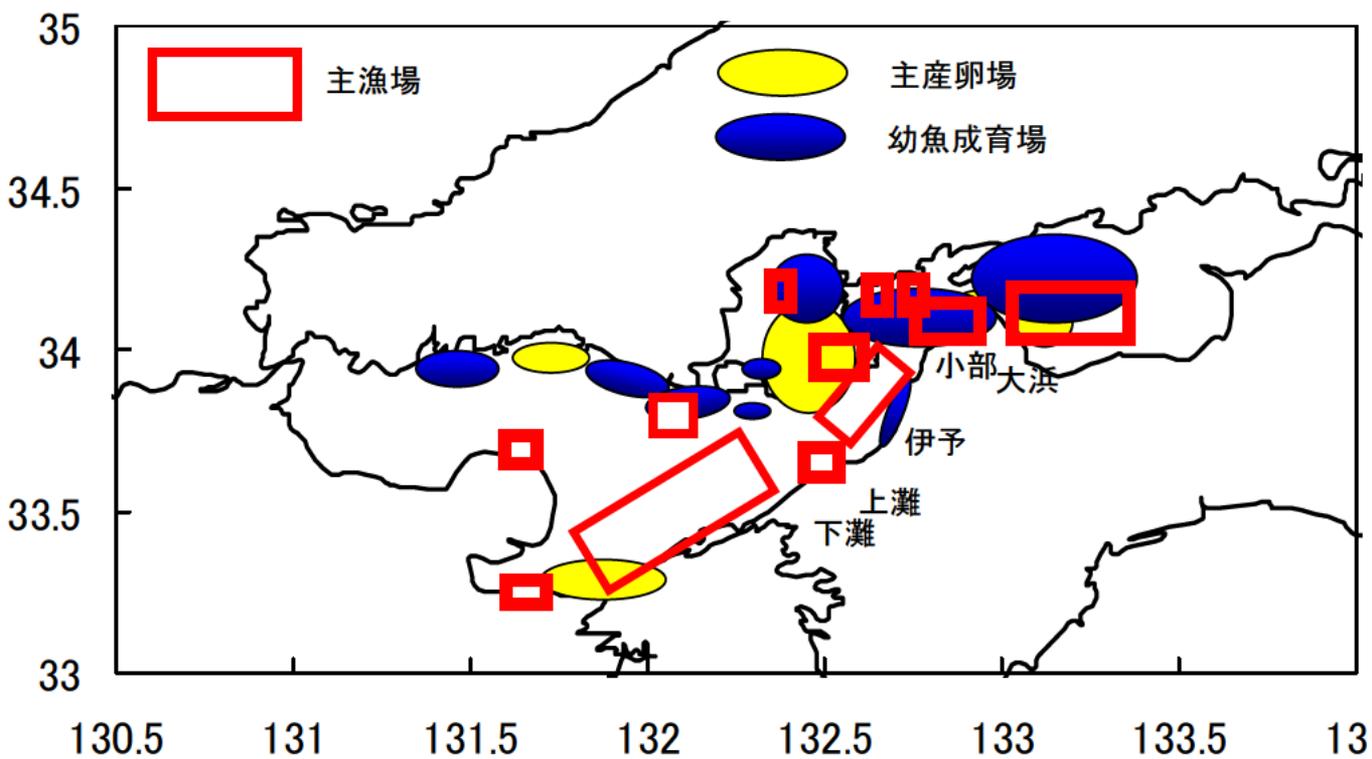


図3 瀬戸内海中・西部系群マダイの生活史・漁場形成図

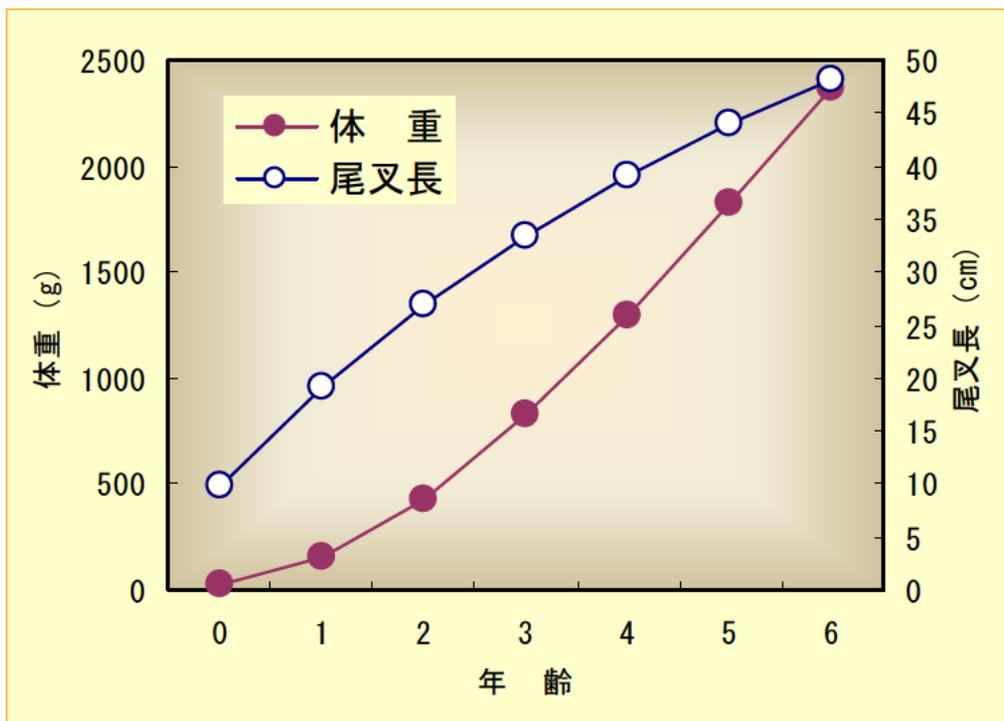


図4 瀬戸内海中・西部系群マダいの年齢・成長

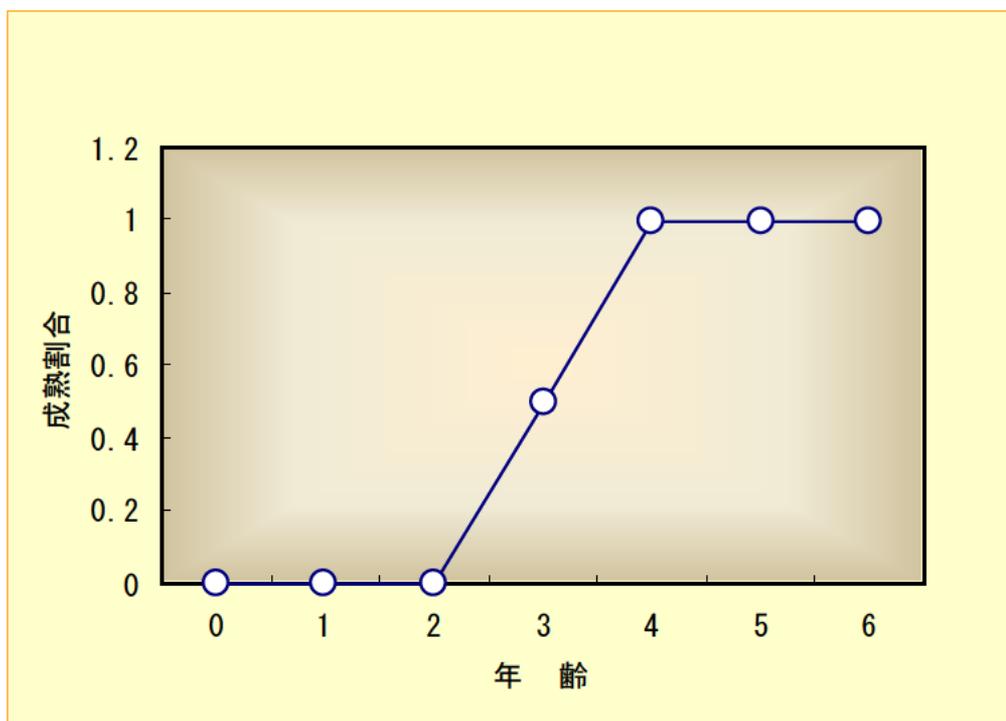


図5 瀬戸内海中・西部系群マダいの年齢別成熟割合

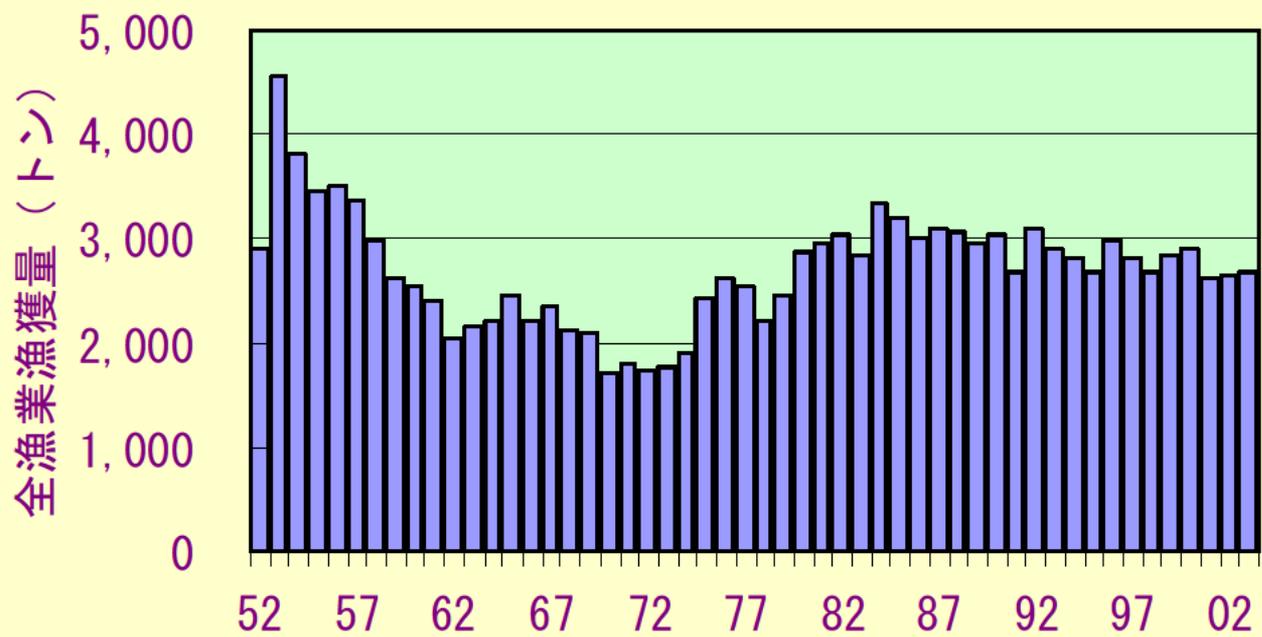


図6 瀬戸内海中・西部系群マダイの漁獲量経年推移

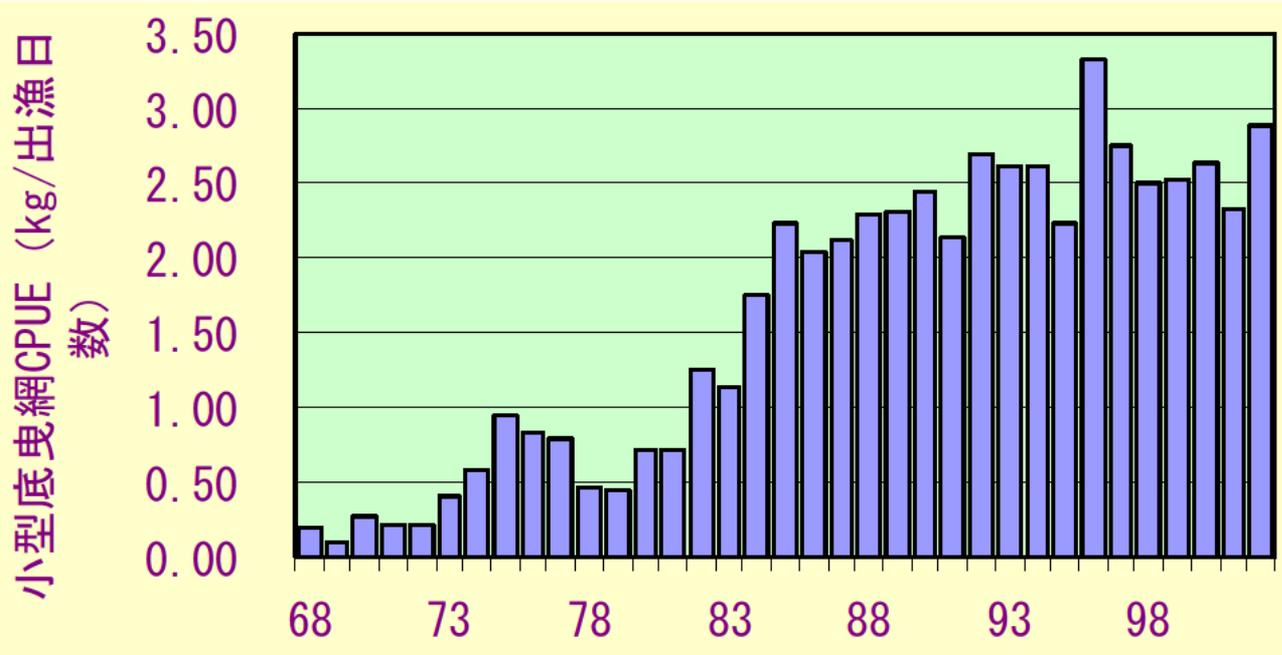


図7 主要漁業種(小型底曳網)のCPUE

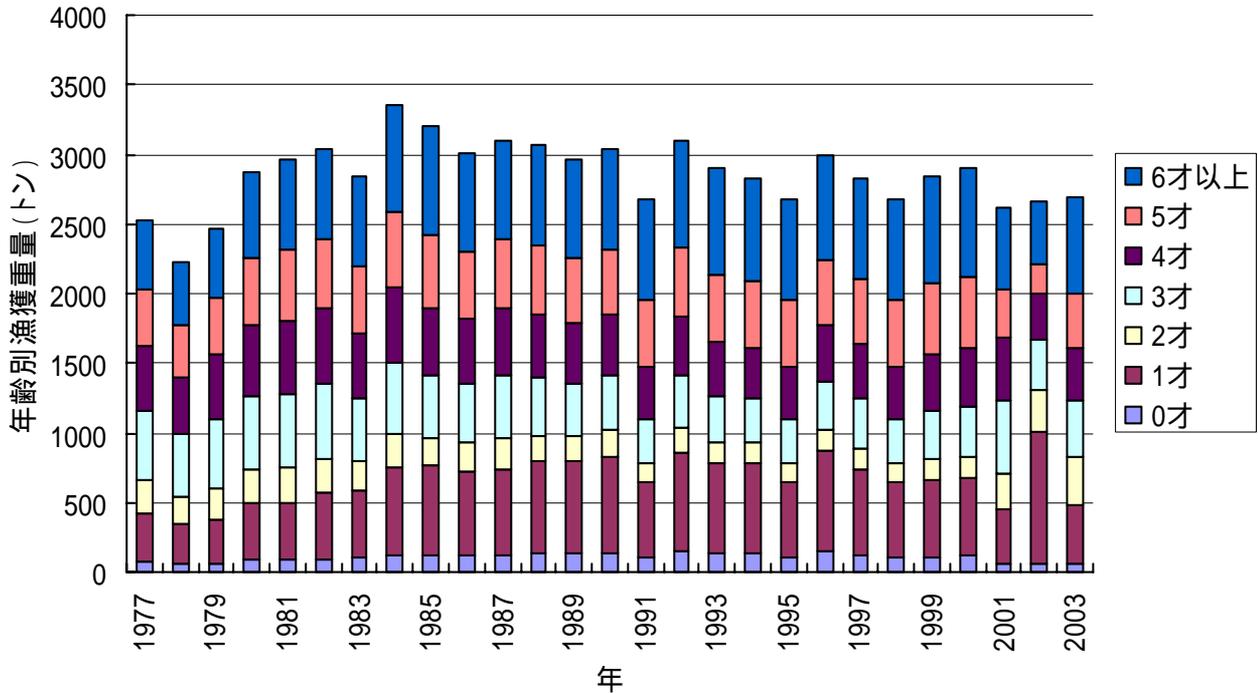
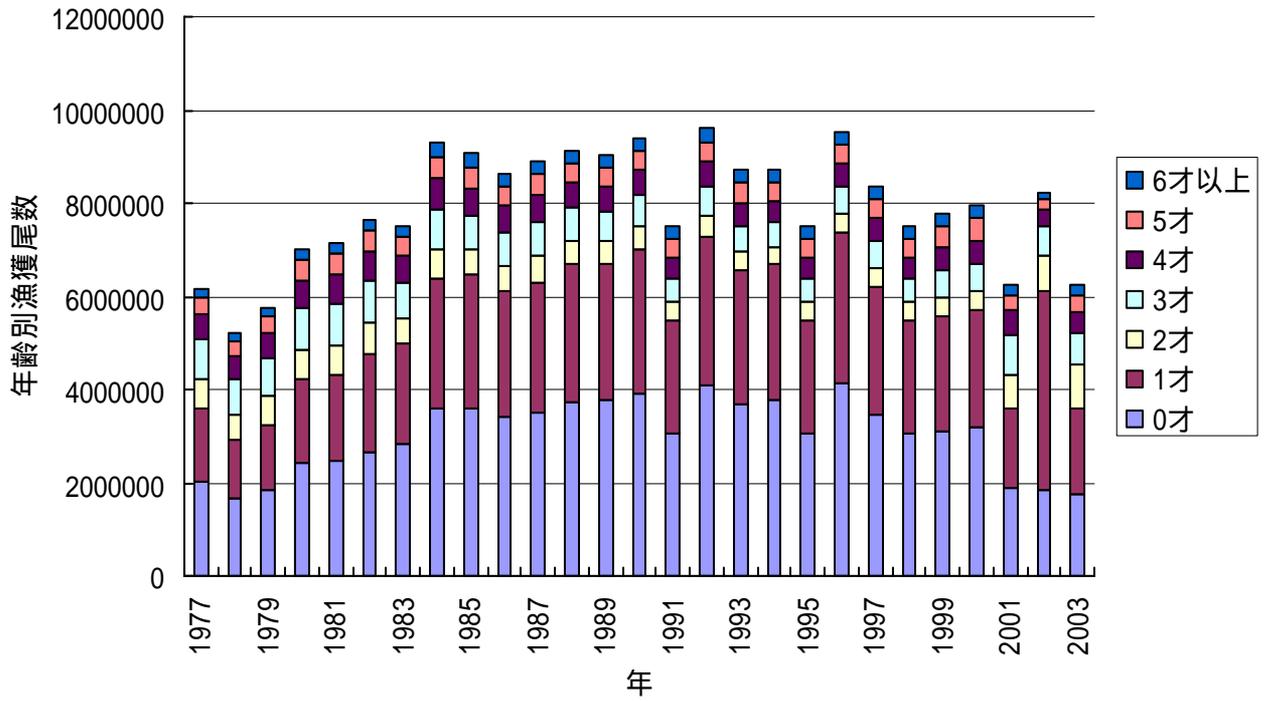


図8 年齢別漁獲尾数(上)・重量(下)の経年推移

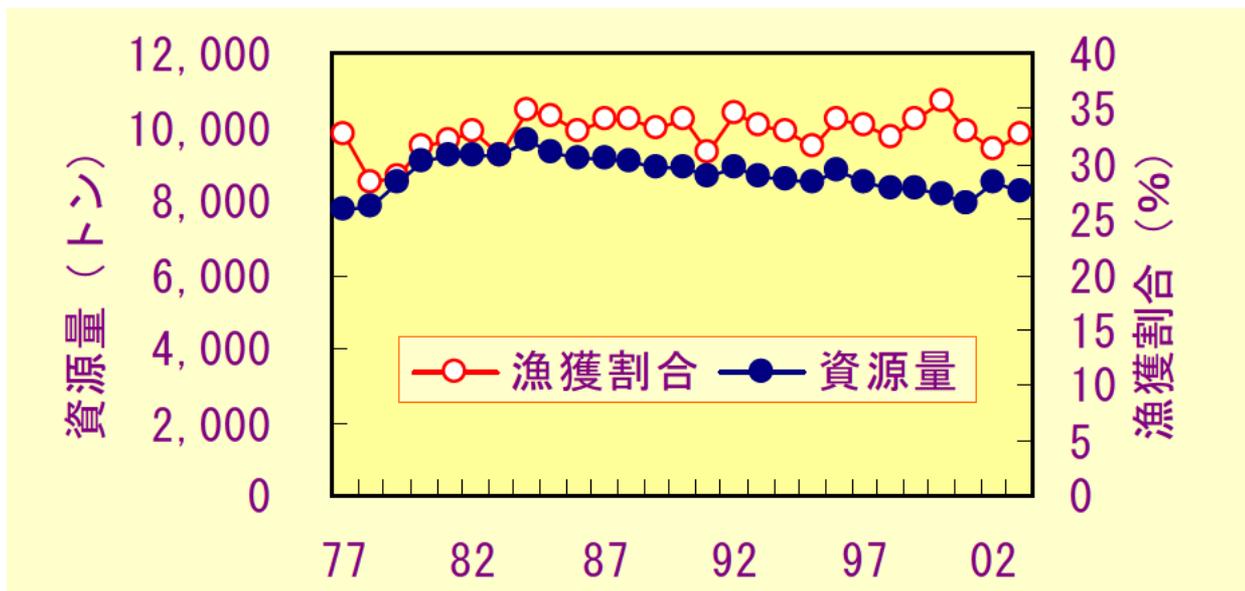


図9 資源量と漁獲割合の経年推移

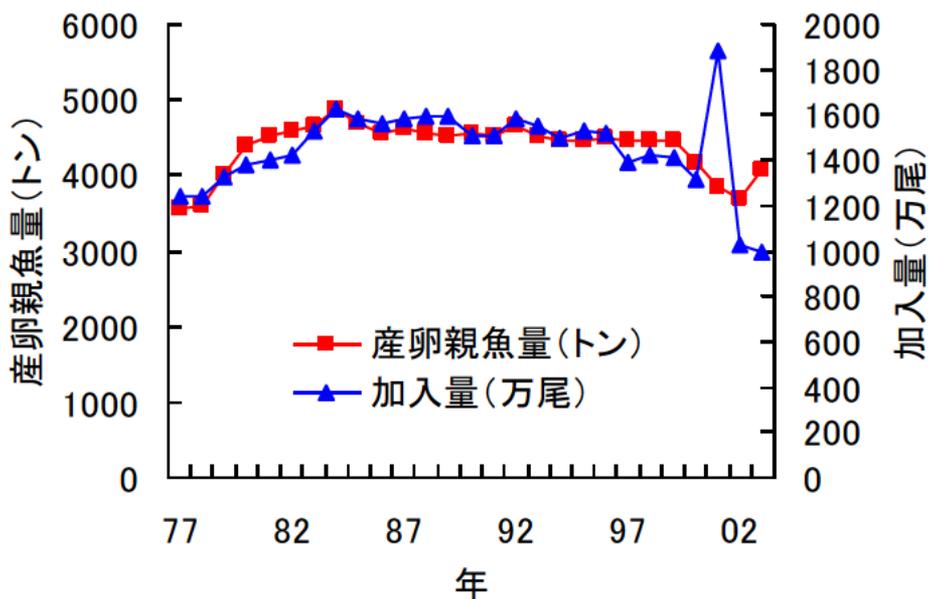


図10 加入量と産卵親魚量の経年推移

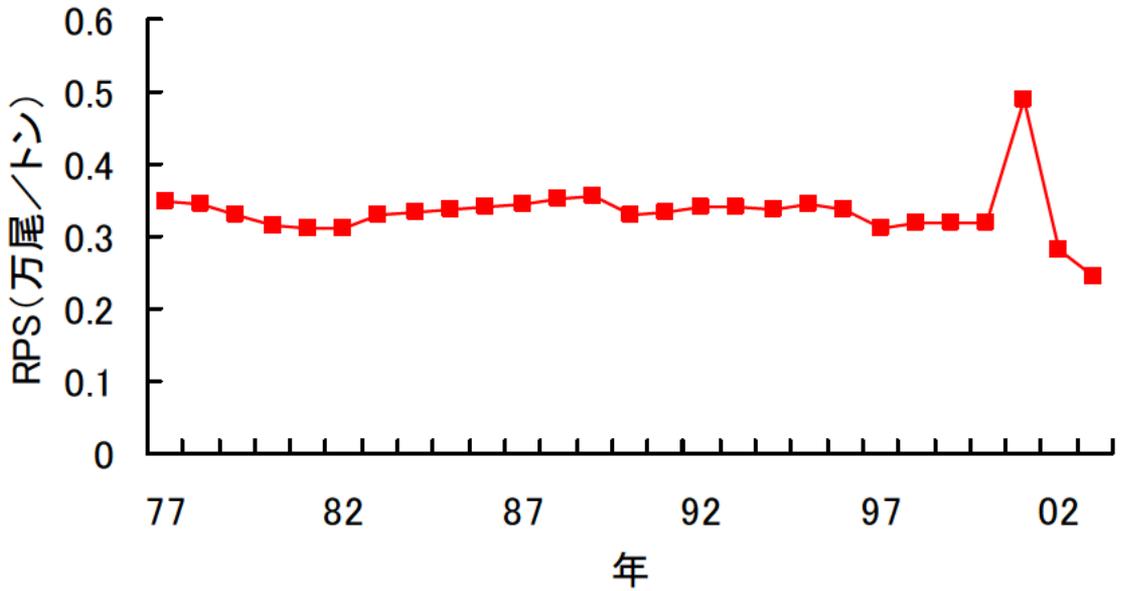


図11 RPSの経年推移

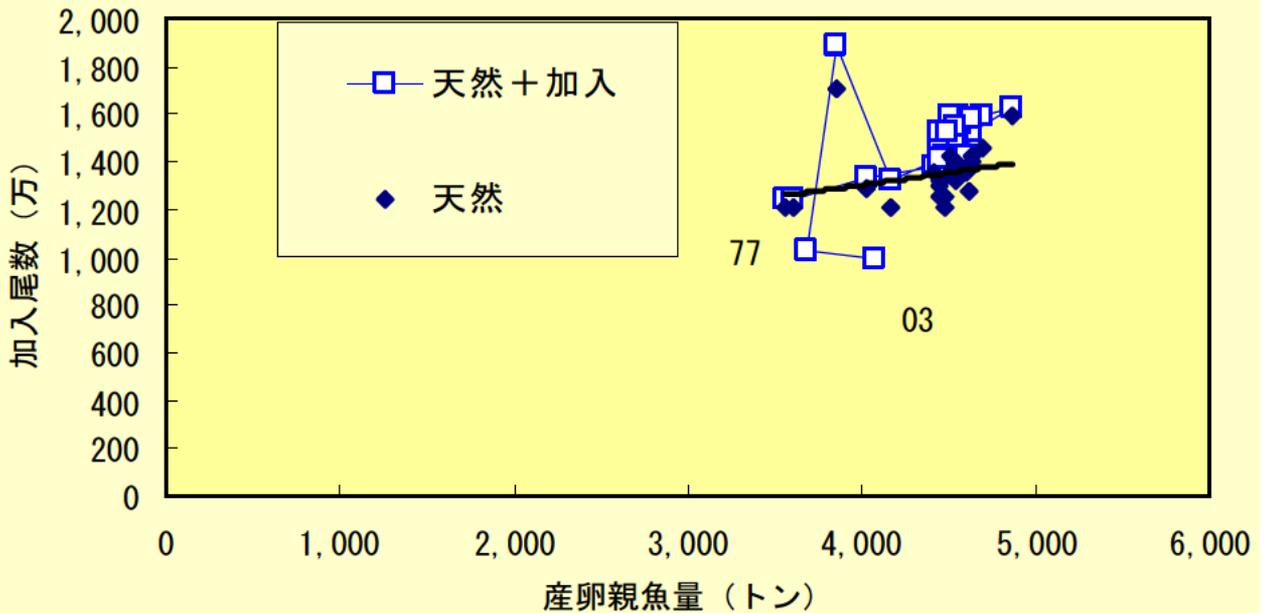


図12 再生産関係

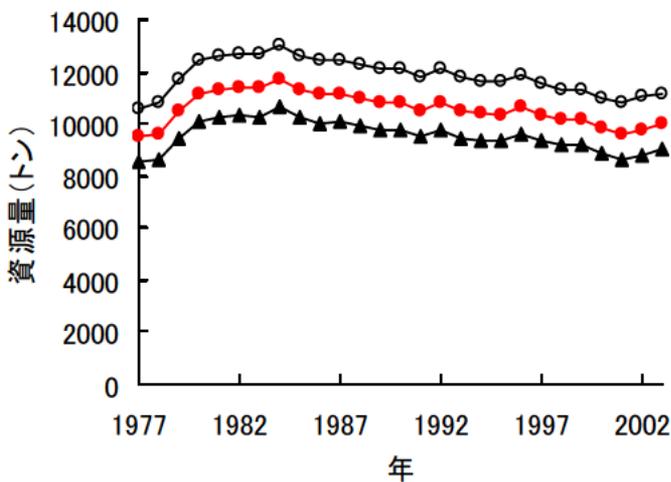
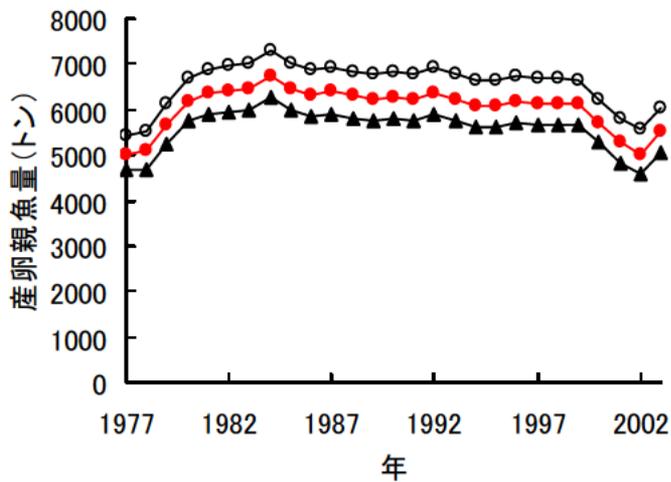
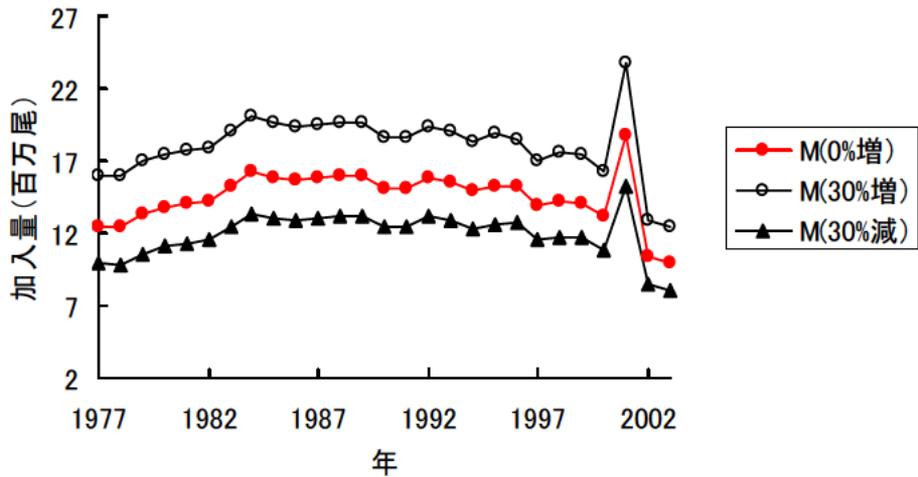


図13 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

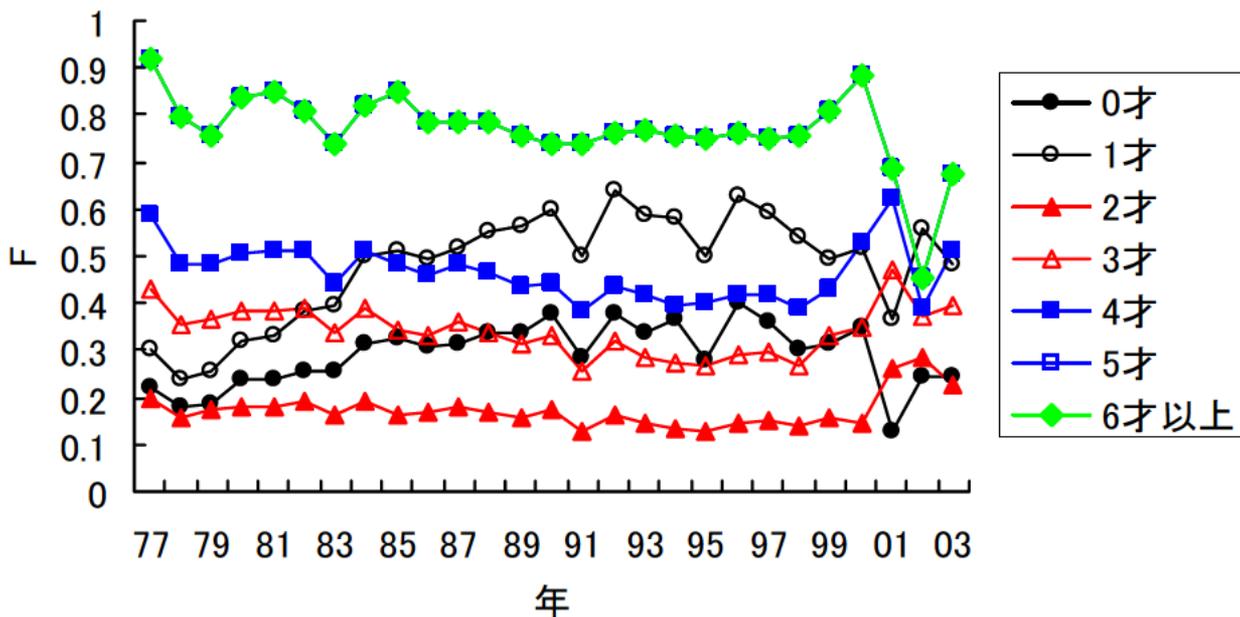


図14 年齢別Fの変化

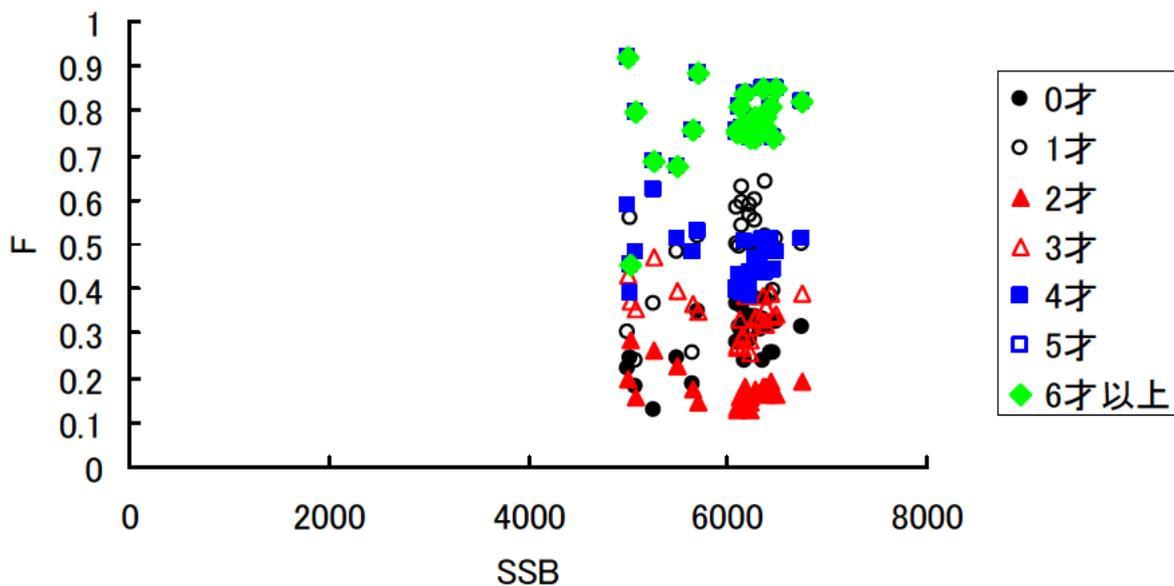


図15 Precautionary approach plot

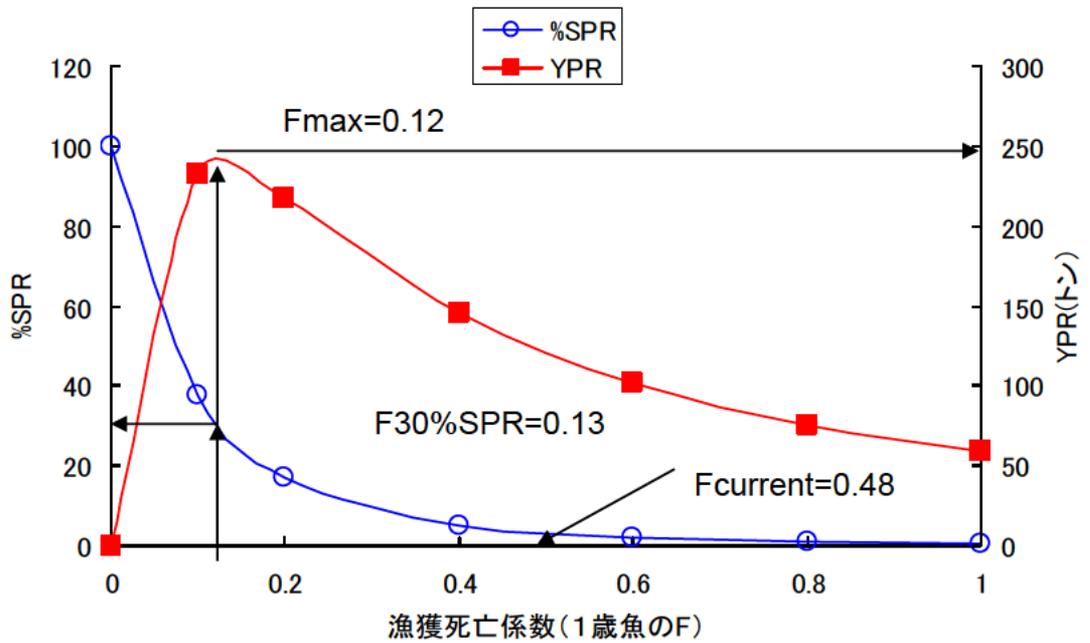


図16 %SPR・YPR

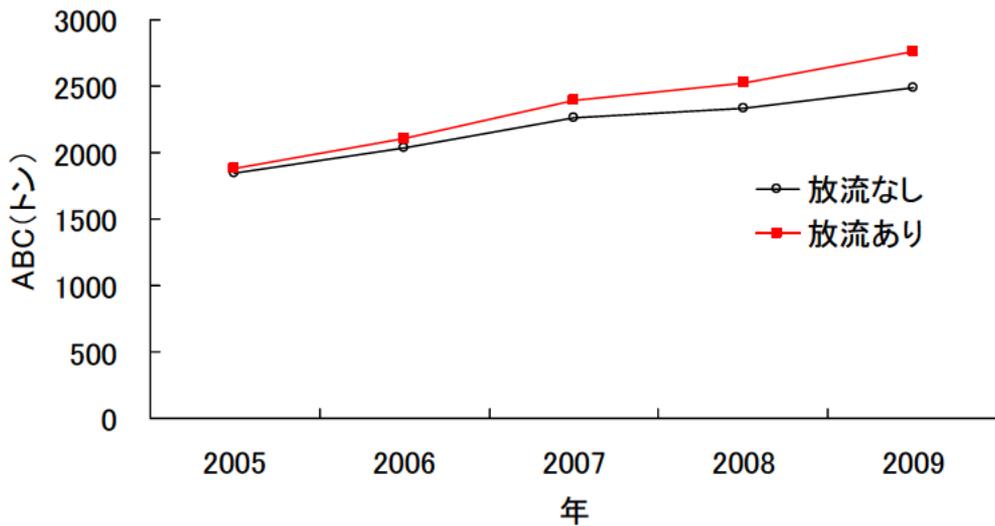


図17 種苗放流の有無によるABCの相違

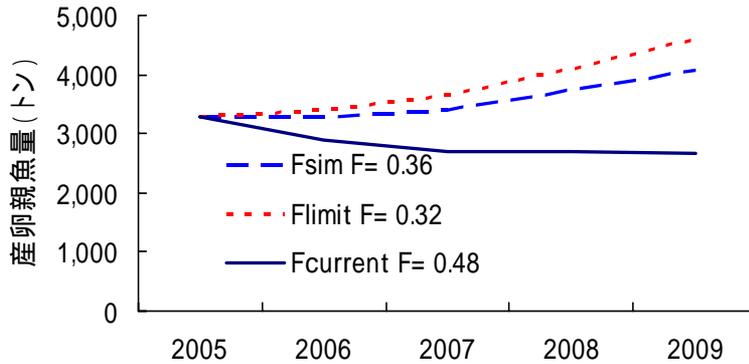
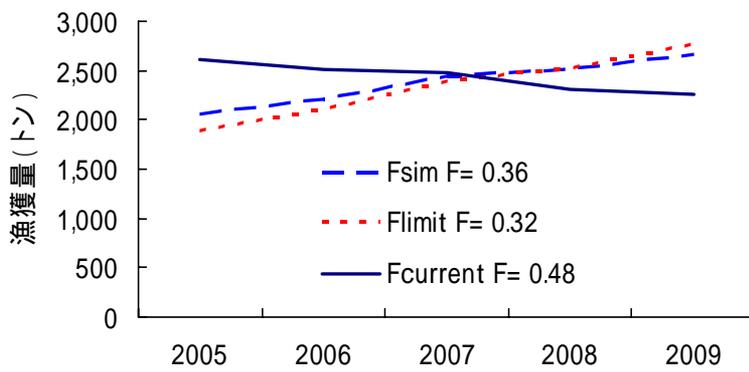


図18 F値(1歳魚)の変化による期待漁獲量(上)と親魚資源量(下)の変化

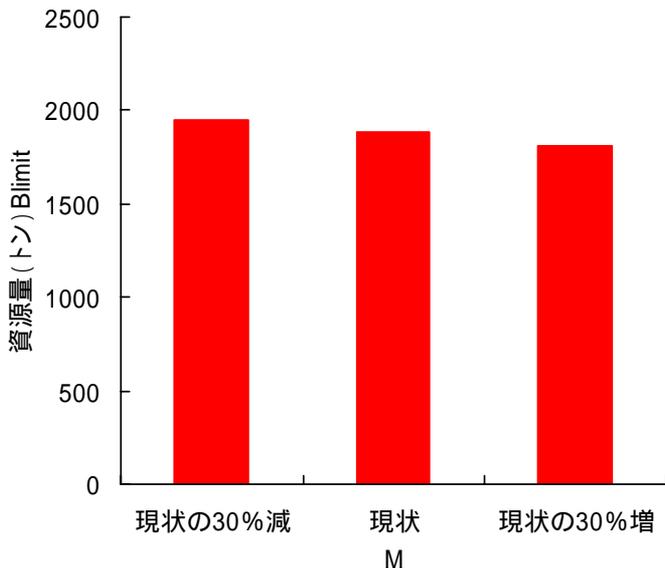


図19 M値の変化による漁獲量(ABC)の感度解析

附表3 瀬戸内海中・西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	0.44	0.00	0.00	0.58	0.00	0.13
1歳	0.39	0.05	0.00	0.38	0.00	0.35
2歳	0.03	0.30	0.00	0.02	0.04	0.37
3歳	0.04	0.38	0.12	0.01	0.16	0.08
4歳	0.05	0.21	0.20	0.00	0.23	0.05
5歳	0.04	0.06	0.37	0.00	0.35	0.01
6歳以上	0.03	0.01	0.32	0.00	0.21	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	0.17	0.00	0.00	0.58	0.00	0.13
1歳	0.68	0.11	0.11	0.38	0.61	0.35
2歳	0.05	0.32	0.23	0.02	0.15	0.37
3歳	0.03	0.32	0.26	0.01	0.11	0.08
4歳	0.02	0.19	0.21	0.00	0.08	0.05
5歳	0.02	0.06	0.11	0.00	0.04	0.01
6歳以上	0.03	0.00	0.08	0.00	0.02	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	0.55	0.00	0.00	0.00	0.03	0.13
1歳	0.24	0.27	0.11	0.05	0.44	0.35
2歳	0.05	0.27	0.23	0.23	0.24	0.37
3歳	0.03	0.21	0.26	0.28	0.14	0.08
4歳	0.03	0.16	0.21	0.13	0.09	0.05
5歳	0.04	0.08	0.11	0.20	0.04	0.01
6歳以上	0.05	0.02	0.08	0.11	0.02	0.01

附表4 瀬戸内海中・西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	203	158	62	83	56	36	18	617
1978	167	127	54	72	50	33	17	520
1979	185	139	61	81	55	36	18	577
1980	241	181	65	87	61	43	23	701
1981	246	185	65	88	63	45	24	716
1982	266	211	67	89	64	44	24	765
1983	282	216	56	76	56	42	24	752
1984	359	281	64	85	64	48	28	929
1985	361	287	54	72	58	47	29	908
1986	343	270	53	72	56	43	26	863
1987	351	278	57	76	58	44	26	889
1988	374	295	51	69	55	43	27	914
1989	375	296	48	64	51	41	26	902
1990	392	309	50	66	53	41	27	938
1991	307	244	36	51	45	42	27	753
1992	408	321	47	62	52	43	28	961
1993	368	290	40	55	48	43	28	871
1994	376	293	38	51	45	41	28	872
1995	307	244	36	51	45	42	27	753
1996	411	325	42	56	48	41	28	952
1997	345	274	42	57	48	41	27	835
1998	307	244	36	51	45	42	27	753
1999	311	246	41	57	49	45	29	777
2000	319	252	42	58	50	46	29	796
2001	190	171	70	86	54	30	22	623
2002	186	425	78	61	39	20	16	823
2003	175	185	95	66	46	34	26	626

漁獲重量								
年\	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	合計
1977	72	353	235	501	466	407	495	2529
1978	59	283	205	439	411	372	450	2219
1979	65	311	231	494	458	409	492	2460
1980	85	404	245	528	506	485	618	2873
1981	87	413	247	534	520	512	651	2963
1982	94	470	252	543	529	497	652	3037
1983	100	482	213	460	464	475	647	2841
1984	127	627	241	517	531	543	766	3351
1985	128	639	202	440	480	528	780	3197
1986	121	602	202	434	460	487	702	3008
1987	124	619	215	460	481	494	712	3104
1988	132	657	194	416	452	490	727	3069
1989	133	659	181	387	426	467	709	2962
1990	139	688	190	401	436	469	714	3036
1991	109	543	137	312	376	472	735	2684
1992	144	715	176	377	428	489	761	3091
1993	130	647	150	331	397	488	766	2908
1994	133	654	142	312	375	468	742	2827
1995	109	543	137	312	376	472	735	2684
1996	146	724	160	343	400	467	748	2988
1997	122	611	159	349	400	465	722	2828
1998	109	543	137	312	376	472	735	2684
1999	110	548	153	347	408	504	772	2842
2000	113	561	157	355	417	516	786	2904
2001	67	381	263	522	451	341	591	2616
2002	66	946	294	367	321	222	438	2655
2003	62	412	358	402	378	381	693	2686

附表5 瀬戸内海中・西部系群マダイの資源尾数(万尾)、資源重量(トン)

資源尾数								
年\	資源尾数							上 合 計
	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以	
1977	1244	688	382	258	139	65	33	2808
1978	1238	675	401	265	142	65	33	2819
1979	1330	701	418	288	157	74	37	3006
1980	1383	748	428	297	168	82	44	3150
1981	1406	739	428	301	170	86	46	3175
1982	1422	750	417	301	173	86	47	3196
1983	1531	744	403	290	172	87	50	3277
1984	1628	805	393	288	175	93	55	3438
1985	1588	807	384	273	165	89	55	3361
1986	1562	778	381	274	164	86	52	3297
1987	1582	775	373	272	166	87	53	3308
1988	1597	782	363	262	160	87	54	3305
1989	1599	773	354	259	158	85	54	3282
1990	1509	773	346	255	160	86	55	3185
1991	1506	699	335	246	154	87	57	3083
1992	1585	767	334	249	160	88	58	3241
1993	1553	737	319	239	153	87	58	3146
1994	1492	749	323	233	151	85	57	3090
1995	1530	701	329	238	149	86	56	3089
1996	1520	783	335	244	153	84	57	3177
1997	1388	691	328	244	154	85	55	2945
1998	1420	656	300	238	153	86	56	2909
1999	1412	709	300	220	154	87	56	2938
2000	1320	700	340	216	133	84	54	2847
2001	1883	632	327	249	128	66	48	3332
2002	1032	1118	345	212	131	58	48	2945
2003	992	546	503	220	124	75	57	2516

資源重量								
年\	資源重量							上 合 計
	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以	
1977	440	1533	1444	1565	1147	737	898	7764
1978	438	1505	1514	1610	1172	738	893	7870
1979	470	1562	1580	1750	1303	837	1008	8510
1980	489	1667	1615	1801	1394	929	1185	9081
1981	497	1646	1615	1827	1410	973	1236	9205
1982	503	1672	1574	1826	1433	975	1277	9260
1983	541	1658	1523	1761	1420	990	1348	9241
1984	576	1794	1486	1749	1450	1056	1491	9602
1985	562	1799	1449	1660	1365	1006	1487	9328
1986	552	1734	1439	1666	1358	973	1402	9124
1987	560	1727	1407	1652	1373	990	1426	9135
1988	565	1744	1372	1591	1324	981	1456	9033
1989	565	1724	1337	1574	1309	961	1457	8928
1990	534	1724	1308	1546	1326	976	1485	8898
1991	533	1558	1265	1491	1276	983	1530	8636
1992	561	1711	1261	1512	1325	1001	1556	8925
1993	549	1644	1206	1449	1267	991	1553	8658
1994	528	1669	1220	1413	1252	964	1527	8574
1995	541	1562	1243	1443	1235	974	1517	8516
1996	538	1746	1267	1482	1270	954	1527	8783
1997	491	1540	1240	1481	1276	963	1494	8484
1998	502	1462	1134	1445	1267	971	1512	8293
1999	500	1580	1132	1335	1272	991	1516	8325
2000	467	1561	1284	1309	1101	956	1455	8132
2001	666	1408	1237	1509	1062	747	1296	7924
2002	365	2493	1304	1289	1081	659	1304	8496
2003	351	1217	1901	1334	1023	845	1536	8205

附表6 瀬戸内海中・西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)、添加効率

\ 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	添加効率
	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上						
1977	0.22	0.30	0.20	0.43	0.58	0.92	0.92	7764	22.0	3564	1244	0.35	
1978	0.18	0.24	0.16	0.35	0.48	0.80	0.80	7870	18.4	3609	1238	0.34	
1979	0.19	0.25	0.17	0.37	0.48	0.76	0.76	8510	19.2	4023	1330	0.33	
1980	0.24	0.32	0.18	0.38	0.50	0.84	0.84	9081	22.3	4408	1383	0.31	
1981	0.24	0.33	0.18	0.38	0.51	0.85	0.85	9205	22.6	4532	1406	0.31	
1982	0.26	0.38	0.19	0.39	0.51	0.81	0.81	9260	23.9	4598	1422	0.31	
1983	0.25	0.40	0.17	0.33	0.44	0.74	0.74	9241	22.9	4639	1531	0.33	0.32
1984	0.31	0.50	0.19	0.39	0.51	0.82	0.82	9602	27.0	4871	1628	0.33	0.16
1985	0.32	0.51	0.16	0.34	0.48	0.85	0.85	9328	27.0	4688	1588	0.34	1.00
1986	0.31	0.50	0.17	0.33	0.46	0.79	0.79	9124	26.2	4566	1562	0.34	0.73
1987	0.31	0.52	0.18	0.36	0.48	0.78	0.78	9135	26.9	4615	1582	0.34	0.65
1988	0.34	0.55	0.17	0.34	0.46	0.79	0.79	9033	27.6	4557	1597	0.35	
1989	0.34	0.56	0.16	0.31	0.44	0.75	0.75	8928	27.5	4514	1599	0.35	
1990	0.38	0.60	0.17	0.33	0.44	0.74	0.74	8898	16.4	4559	1509	0.33	
1991	0.28	0.50	0.13	0.26	0.39	0.74	0.74	8636	16.6	4535	1506	0.33	
1992	0.38	0.64	0.16	0.32	0.43	0.76	0.76	8925	13.9	4638	1585	0.34	
1993	0.34	0.59	0.15	0.29	0.42	0.77	0.77	8658	13.7	4535	1553	0.34	
1994	0.37	0.58	0.14	0.27	0.40	0.75	0.75	8574	26.1	4450	1492	0.34	
1995	0.28	0.50	0.13	0.27	0.40	0.75	0.75	8516	26.0	4448	1530	0.34	
1996	0.40	0.63	0.15	0.29	0.42	0.76	0.76	8783	20.4	4492	1520	0.34	
1997	0.36	0.59	0.15	0.30	0.42	0.75	0.75	8484	20.9	4473	1388	0.31	
1998	0.30	0.54	0.14	0.27	0.39	0.75	0.75	8293	24.0	4472	1420	0.32	
1999	0.31	0.50	0.16	0.33	0.43	0.81	0.81	8325	32.8	4446	1412	0.32	
2000	0.35	0.52	0.14	0.35	0.53	0.89	0.89	8132	27.9	4166	1320	0.32	
2001	0.13	0.36	0.26	0.47	0.62	0.69	0.69	7924	18.7	3859	1883	0.49	
2002	0.25	0.56	0.28	0.37	0.39	0.46	0.46	8496	28.0	3689	1032	0.28	
2003	0.24	0.48	0.23	0.40	0.51	0.68	0.68	8205	24.9	4070	992	0.24	

附表7 瀬戸内海中・西部系群マダイの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	20	0	0.53	0.39	0.16	0.13
1	94	0	1.00	0.24	0.32	0.26
2	243	0	0.32	0.17	0.15	0.12
3	460	0.5	0.65	0.17	0.27	0.21
4	725	1	0.87	0.17	0.34	0.28
5	1019	1	0.51	0.17	0.45	0.36
6	1325	1	0.51	0.17	0.45	0.36
7	1628	1	0.51	0.17	0.45	0.36
8	1920	1	0.51	0.17	0.45	0.36
9	2193	1	0.51	0.17	0.45	0.36
10	2444	1	0.51	0.17	0.45	0.36
11	2671	1	0.51	0.17	0.45	0.36
12	2875	1	0.51	0.17	0.45	0.36
13	3055	1	0.51	0.17	0.45	0.36
14	3214	1	0.51	0.17	0.45	0.36
15	3354	1	0.51	0.17	0.45	0.36

附表8 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	0.12	0.13	0.13
F2003	0.54	0.48	0.42
Fmed	0.35	0.29	0.24
Fmax	0.11	0.12	0.14
Fsus	0.42	0.36	0.30
Flimit	0.38	0.32	0.27
ABC	1944	1885	1811

F値は1歳魚の値