

平成17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）

参画機関：広島県立水産海洋技術センター，山口県水産研究センター内海研究部，大分県農林水産研究センター水産試験場，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。2004年には7,969トンと推定された。過去28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、また再生産関係の性質からも 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} （2010年の親魚資源量が2004年の親魚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17年度）の1-1)-(2)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（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0.25を仮定した。

	2006年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	22百トン	0.9 F_{sim}	0.41	28.2%
ABC_{target}	18百トン	0.72 F_{sim}	0.32	23.4%

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	84	27	0.32	32.5%
2004	80	26	0.48	32.1%
2005	77	—	—	—

（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）。また、漁獲量の6割程度の養殖量がある（2003年1526トン、うち広島県が453トン、愛媛県が824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3,900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

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、昆虫類、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。

2004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（35%）、釣り（13%）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、2004年には2,555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。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（1968～2002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3.33（kg／出漁日数）となったが、それ以降は頭打ちの傾向がある。

②小型定置網の小型サイズ漁獲量の推移

愛媛県が新規加入量調査の一環として2002～2004年に実施した小型定置網（1ヶ統）で漁獲される30cm以下のマダイの4-12月におけるCPUE（尾／出漁日数）を附表1に示す。いまのところチューニングデータとして使用できるほどのデータの蓄積がない。

（3）漁獲物の年齢（体長）組成の推移（図8）

2000～2001年、2003～2004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（尾叉長—年齢データ）をもとに、尾叉長別の年齢組成割合を作成した（附表2）。2001～2004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1977～2004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56%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。2004年には7,969トンと推定された（図9）。

2004年の瀬戸内海中・西部系群マダイの資源尾数は2,491万尾と推定された。年齢別の資源尾数割合は、0歳：45.2%、1歳：19.2%、2歳：17.3%、3歳：8.8%、4歳：3.9%、5歳：2.4%、6歳以上：3.1%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の81.7%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1,409～1,599万尾で安定していた。1997～2000年以降はやや減少傾向が見られたが、2001年には1,621万尾と増加した。2004年は1128万尾に減少した。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2004年は4,208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6、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236万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%）。愛媛県中予水試東予分場が、西条、今治、小部、菊間、関前、御島、宮窪で実施した0歳魚の混獲率調査では1989年は31.0%、1990年は28.6%、1991年は10.5%、1992年は5.9%、1993年は5.1%、1995年は2.2%、1996年は3.4%、1997年は1.7%、1998年は1.6%、1999年は3.9%、2000年は4.4%、2001年は0.8%であった。しかし、近年のデータは標本数が減少しているので精度については確証がもてない。

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、1987～1988年は0.65、1989～1990年は1.0、1991年は0.55、1992年は0.32、1993年は0.31、1994年は0.11、1995年は0.17、1996年は0.09、1997年は0.08、1998年は0.22、1999年以降は0.25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明瞭な再生産関係は見られなかった（図12）。

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。B_{limit}を再生産関係の図におけるRPS_{high}（再生産成功率上位10%相当）とRh_{high}（加入量上位10%相当）の交点から求める方法ではB_{limit}（=4,495トン）であり、資源状態B(=SSB)は4,208トンでありB≤B_{limit}である。しかし、親魚資源量の変動幅が狭いのでB_{limit}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F_{msy}を算出することができない。またB_{limit}についても問題があるのでF_{sim}（シミュレーションにより管理目標（2010年の親魚資源量が2004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6、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。2、3歳魚のF値はやや増加傾向が、5歳魚のF値には減少傾向が見られた。

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（2001～2003年）の1歳魚の漁獲死亡係数（F_{current}）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1.03倍のABCが算定される（図17）。

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}（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であるのでABCの算定規則1-1)-(2)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。

$$F_{limit} = F_{sim} \times B / B_{limit}$$

$$= 0.45 \times 0.9 = 0.41$$

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

$$= 0.41 \times 0.8 = 0.32$$

αは0.8とした。

ABC_{limit}、ABC_{target}を計算すると ABC_{limit}=2,169トン（漁獲割合28.2%）、ABC_{target}=1,800トン（漁獲割合23.4%）となる。

	2006年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	22百トン	0.9 F _{sim}	0.41	28.2%
ABC _{target}	18百トン	0.72 F _{sim}	0.32	23.4%

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）=2,382

トン、加入量（2004年以降）は {過去のRPSのメジアン値 (=3,090尾/トン)} × {各年SSB} } + {236万尾の種苗放流} × {0歳時の添加効率=0.25} で計算する。ただし、過去最大の1,621万尾を上限值とする。

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	3956	5961	9620	13994	20054
0.05	0.1Fcurrent	304	435	626	807	1041	3956	5687	8773	12251	16975
0.10	0.2Fcurrent	595	817	1135	1416	1773	3956	5425	8002	10729	14385
0.14	0.3Fcurrent	872	1151	1544	1868	2273	3956	5176	7300	9400	12202
0.19	0.4Fcurrent	1137	1440	1862	2190	2592	3956	4939	6660	8238	10329
0.24	0.5Fcurrent	1390	1690	2098	2407	2773	3956	4713	6078	7223	8722
0.29	0.6Fcurrent	1631	1905	2270	2545	2859	3956	4497	5547	6335	7369
0.34	0.7Fcurrent	1861	2088	2391	2623	2880	3956	4292	5063	5558	6229
0.38	0.8Fcurrent	2081	2242	2463	2604	2804	3956	4096	4622	4878	5269
0.41	Flimit	2169	2299	2481	2582	2738	3956	4018	4452	4623	4917
0.43	0.9Fcurrent	2291	2371	2498	2541	2634	3956	3909	4220	4284	4459
0.48	1.0Fcurrent	2492	2478	2504	2450	2445	3956	3731	3854	3763	3776

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

毎年約236万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.25と仮定

2006年以降、Flimit 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1.3倍の資源水準となり、漁獲量は12%上回る。

(4) ABClimitの検証

再生産の誤差変動を考慮してABClimitの検証を行う。

RPSの実測値の変動が誤差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

$$R_y = RPS_{median} \times SSB + Er + Ar \times Ky \quad (R_y < 1621 \text{ 万尾の時})$$

$$= 1621 \text{ 万尾} \quad (R_y \geq 1621 \text{ 万尾の時})$$

により行い、ABClimitの計算を1000回試行し、ABClimit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。 $\mu=60003$ 、 $\sigma=1350959.3$ 。FlimitでのABC等の基本統計を附表7に示す。ABClimitの誤差変動は2.2%であり、Fcurrentで予測される漁獲量の頻度分布と重なる場合はなく（図19）、現状の漁獲でABClimitが偶然達成される可能性はない。

(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)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2004年 (当初)	Fcurrent (0.37)	13182	2546	2087	2555
2004年 (2004年再評価)	0.9 Fsim (0.32)	7506	2213	1943	
2004年 (2005年再評価)	0.9 Fsim (0.41)	7969	2385	2124	
2005年 (当初)	0.9 Fsim (0.32)	5225	1885	1559	
2005年 (再評価)	0.9 Fsim (0.41)	8290	2179	2063	

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Flimit=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)				
		2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0.32		2111	2328	2563	2750	3000	3956	4018	4452	4763	5283
Flimit (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。

2002～2004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(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。

$$N_{a,2003} = \frac{C_{a,2004} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2004})}$$

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

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

漁獲死亡係数 F の計算は、ターミナル F_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8）。

- ・ 年齢（ a ）別体重（ W_a ）は広島県（1983）の関係式
 $W_a = 4231 \times [1 - \exp\{-0.165 \times (a + 0.5 + 0.417)\}]^{3.00}$ を参考に補足資料1-(2)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。

(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。

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を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歳魚以上の資源重量をもとに {過去のRPSのメジアン値 (=3,090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1,621万尾を上限値とする。また、毎年約236万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.25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7,682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.
- 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.

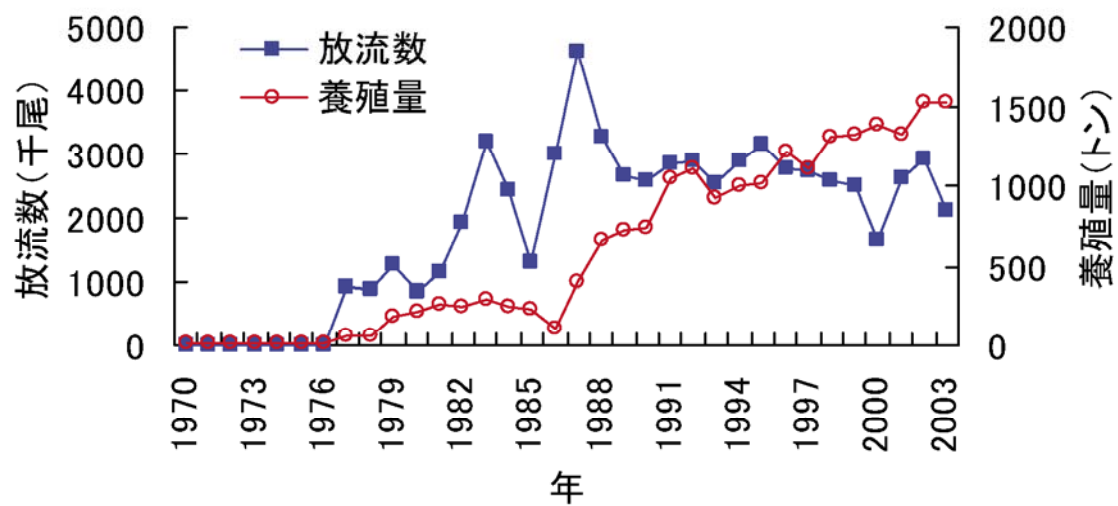


図1 瀬戸内海中・西部系群マダイの放流数、養殖量

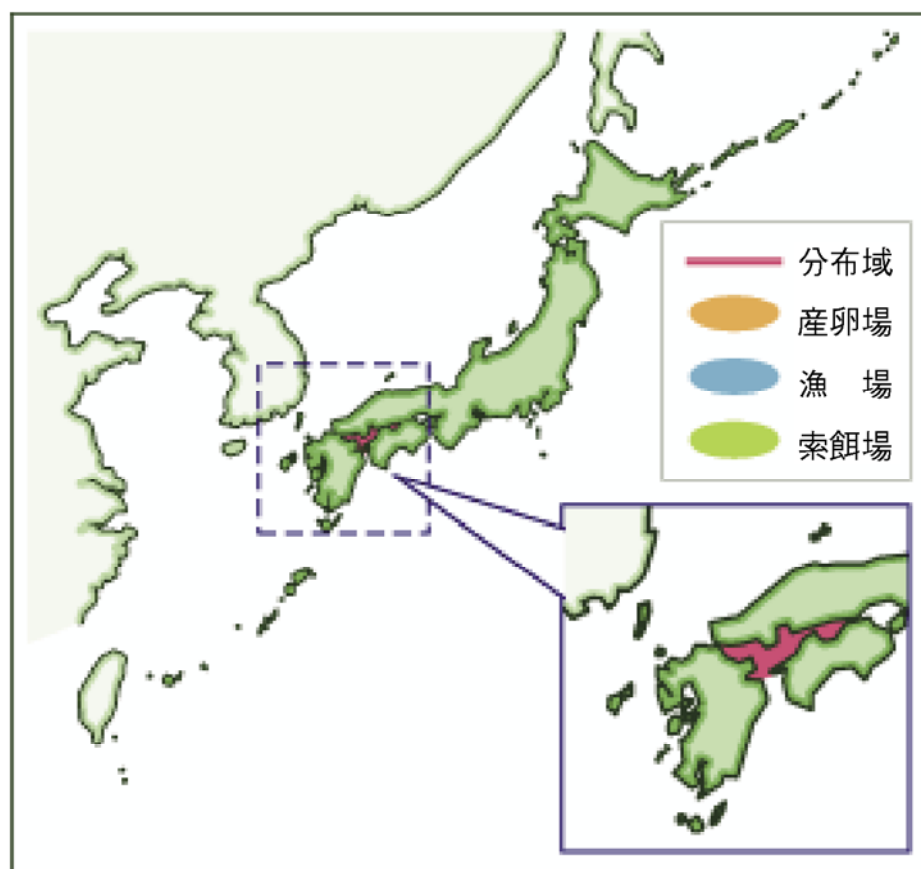


図2 瀬戸内海中・西部系群マダイの分布・回遊

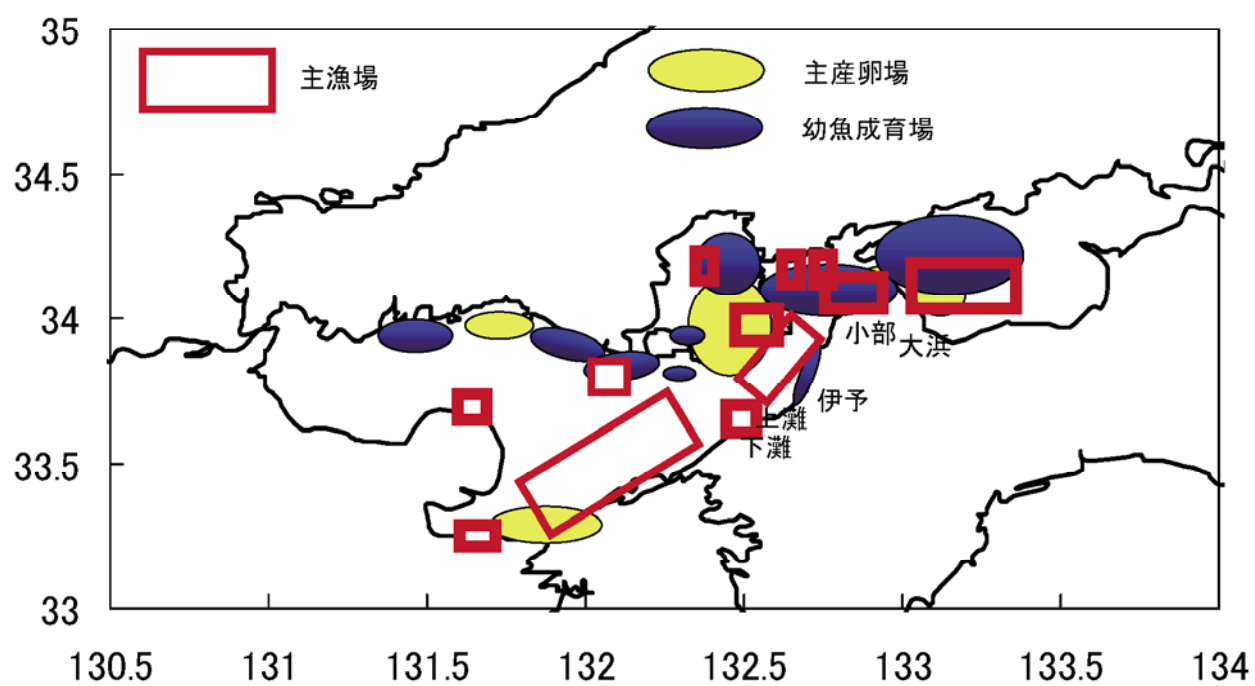


図3 瀬戸内海中・西部系群マダイの生活史・漁場形成図

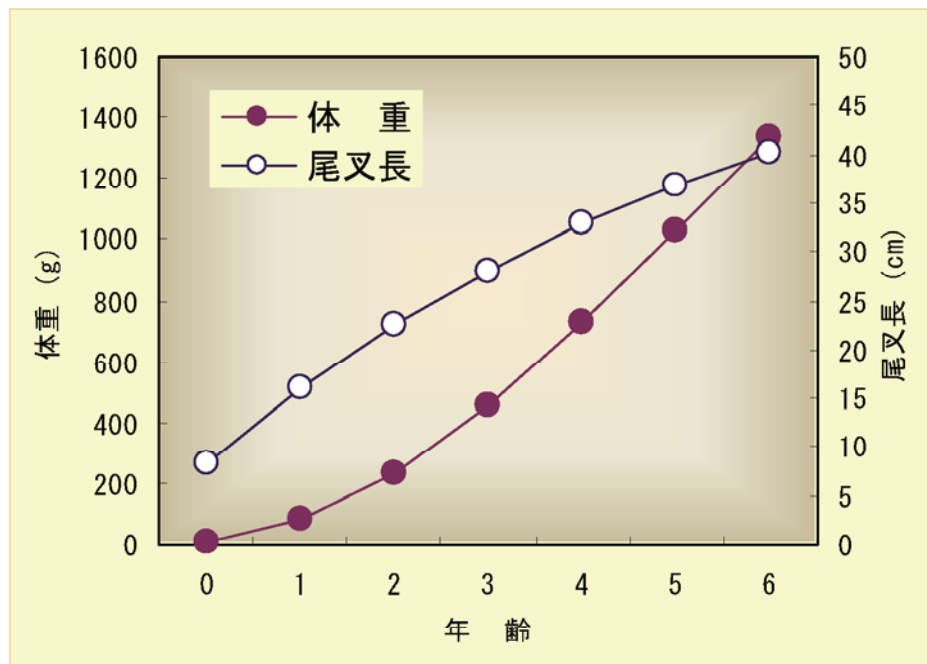


図4 瀬戸内海中・西部系群マダイの年齢・成長

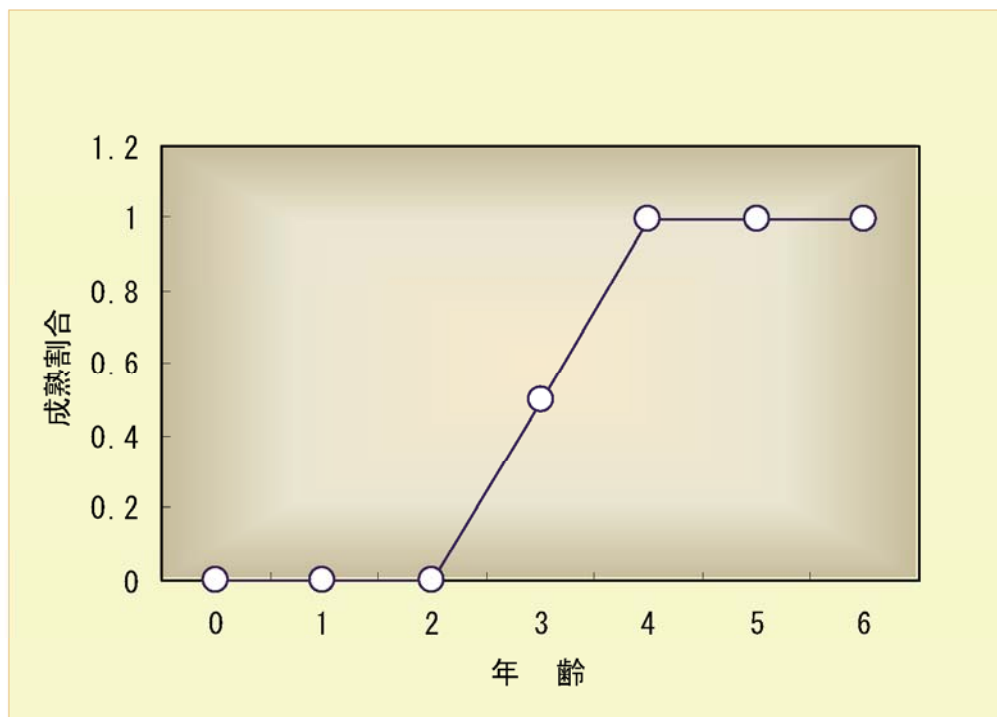


図5 瀬戸内海中・西部系群マダイの年齢別成熟割合

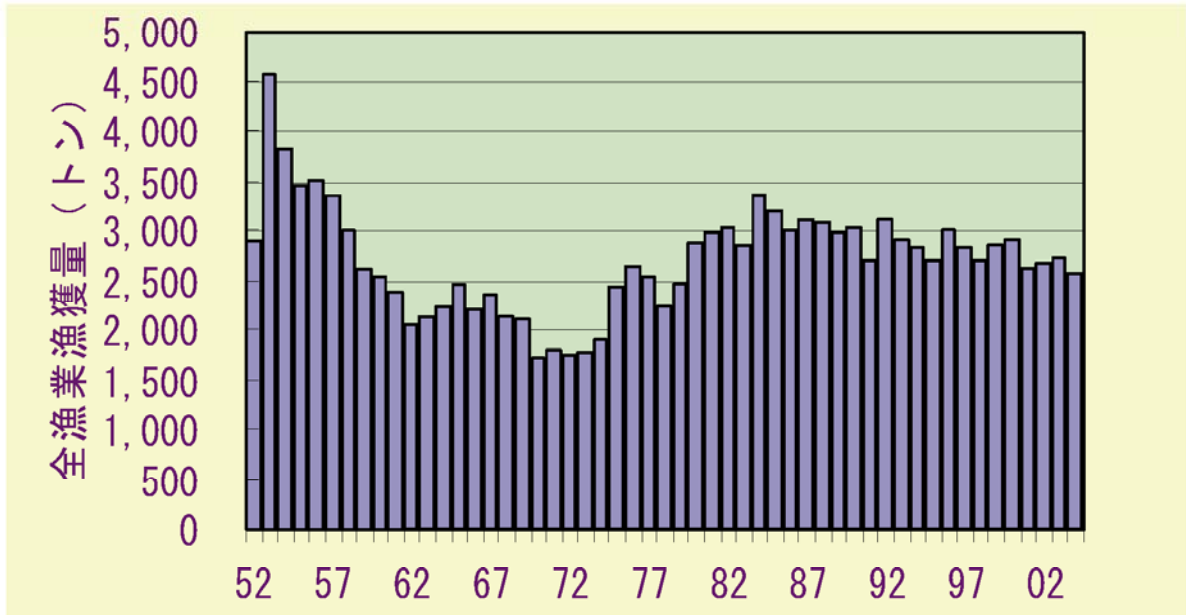


図6 瀬戸内海中・西部系群マダイの漁獲量経年推移

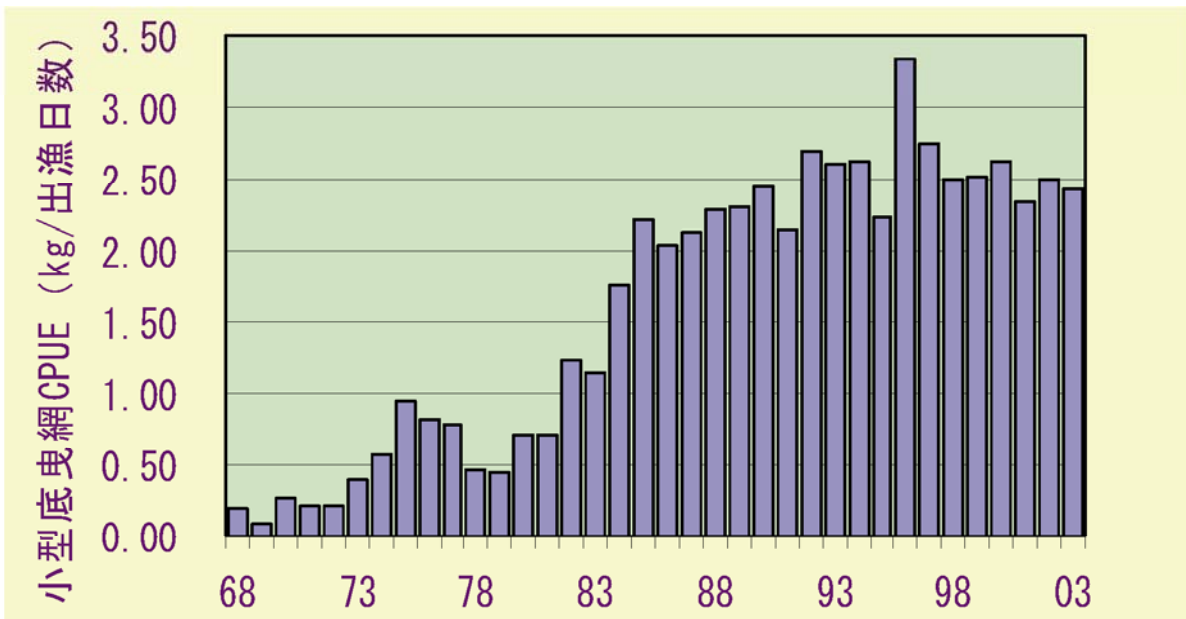


図7 主要漁業種(小型底曳網)のCPUE

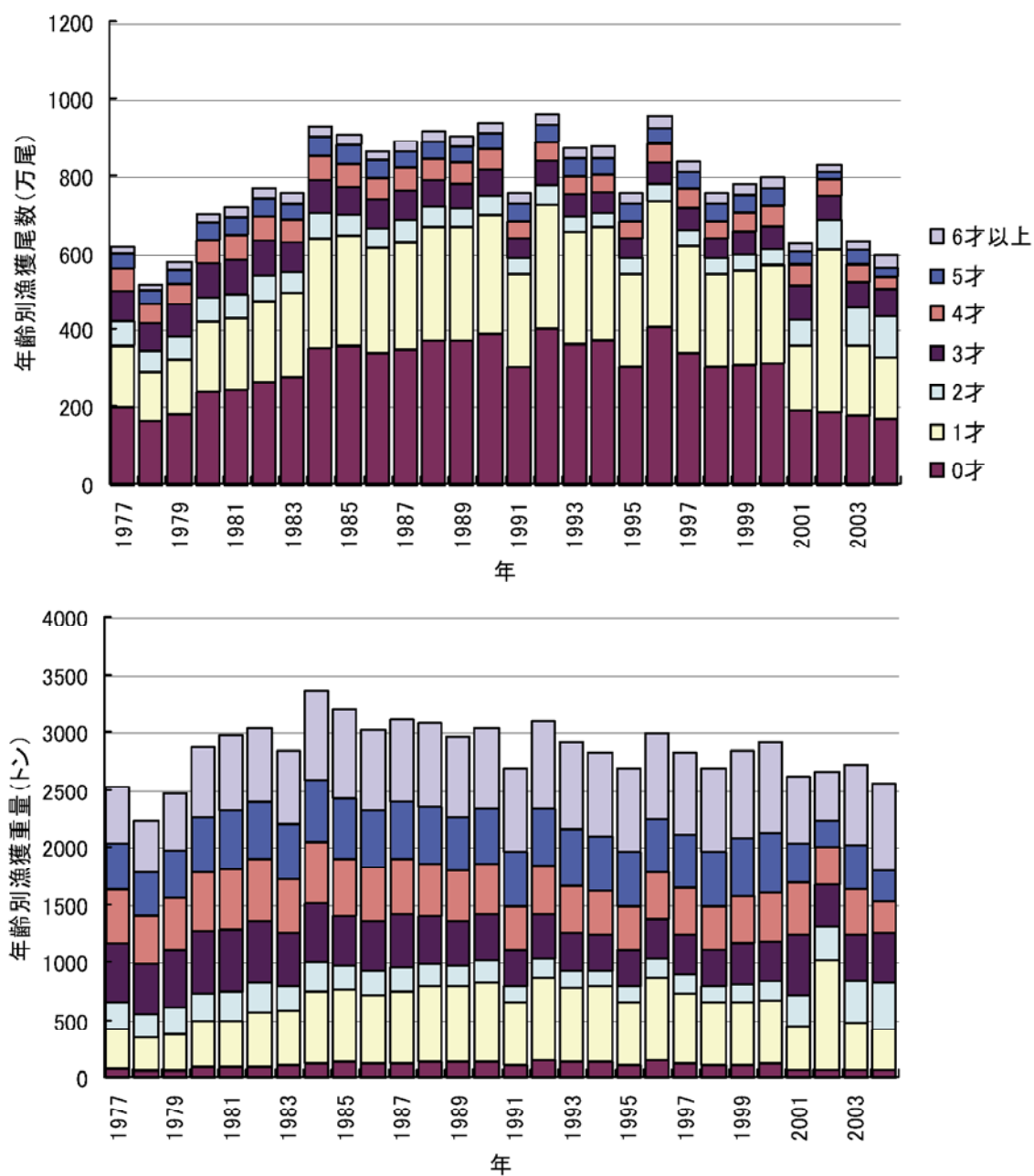


図8 年齢別漁獲尾数(上)・重量(下)の経年推移

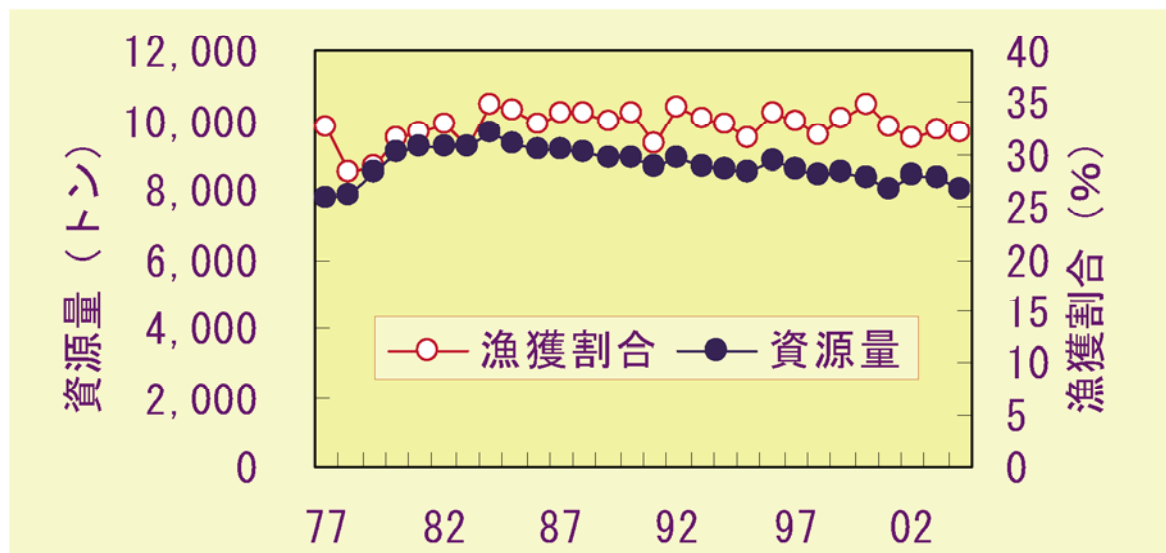


図9 資源量と漁獲割合の経年推移

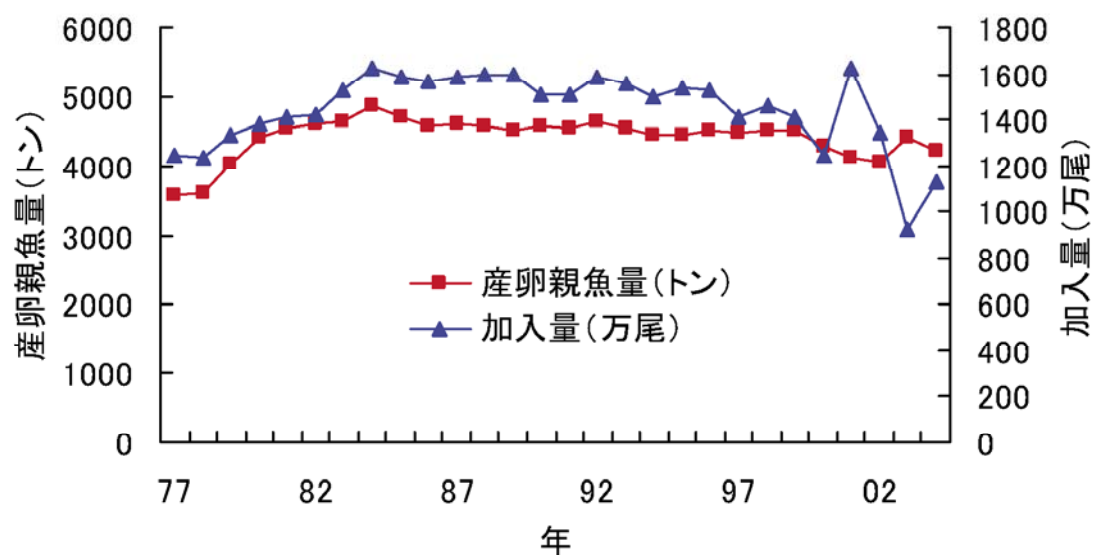


図10 加入量と産卵親魚量の経年推移

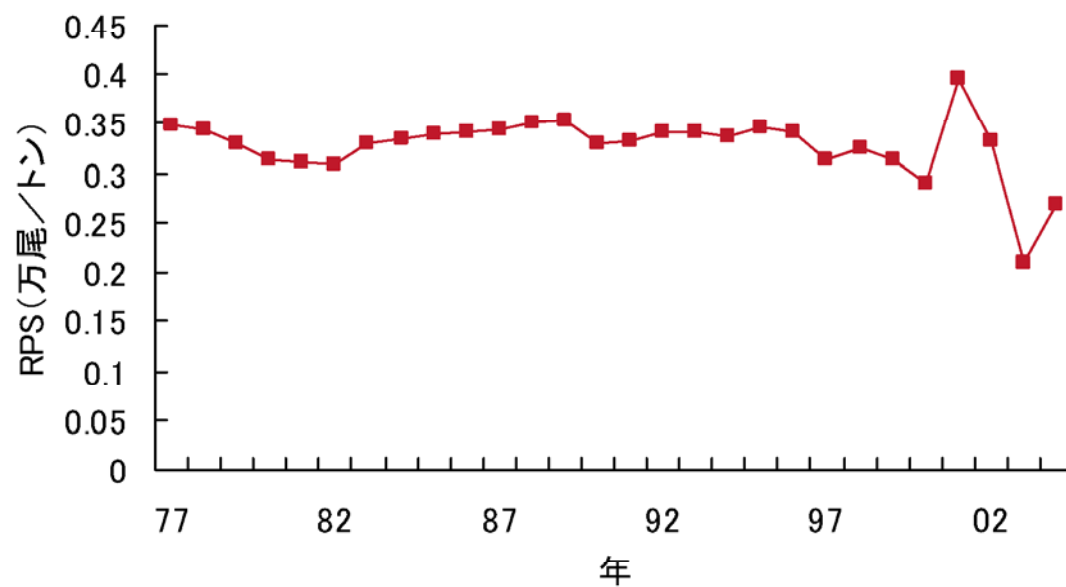


図11 RPSの経年推移

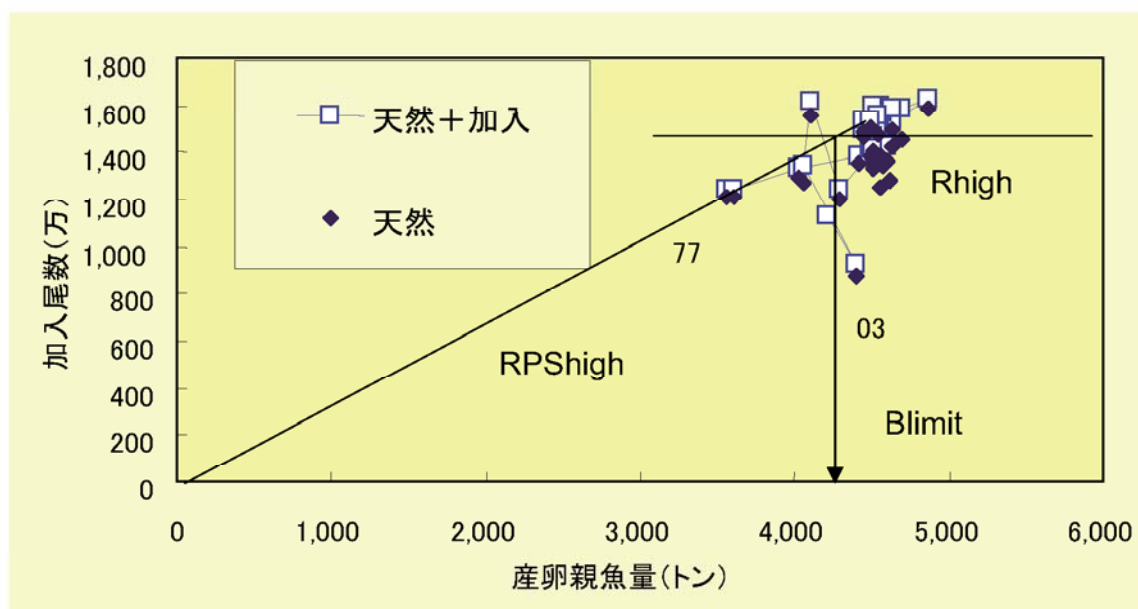


図12 再生産関係

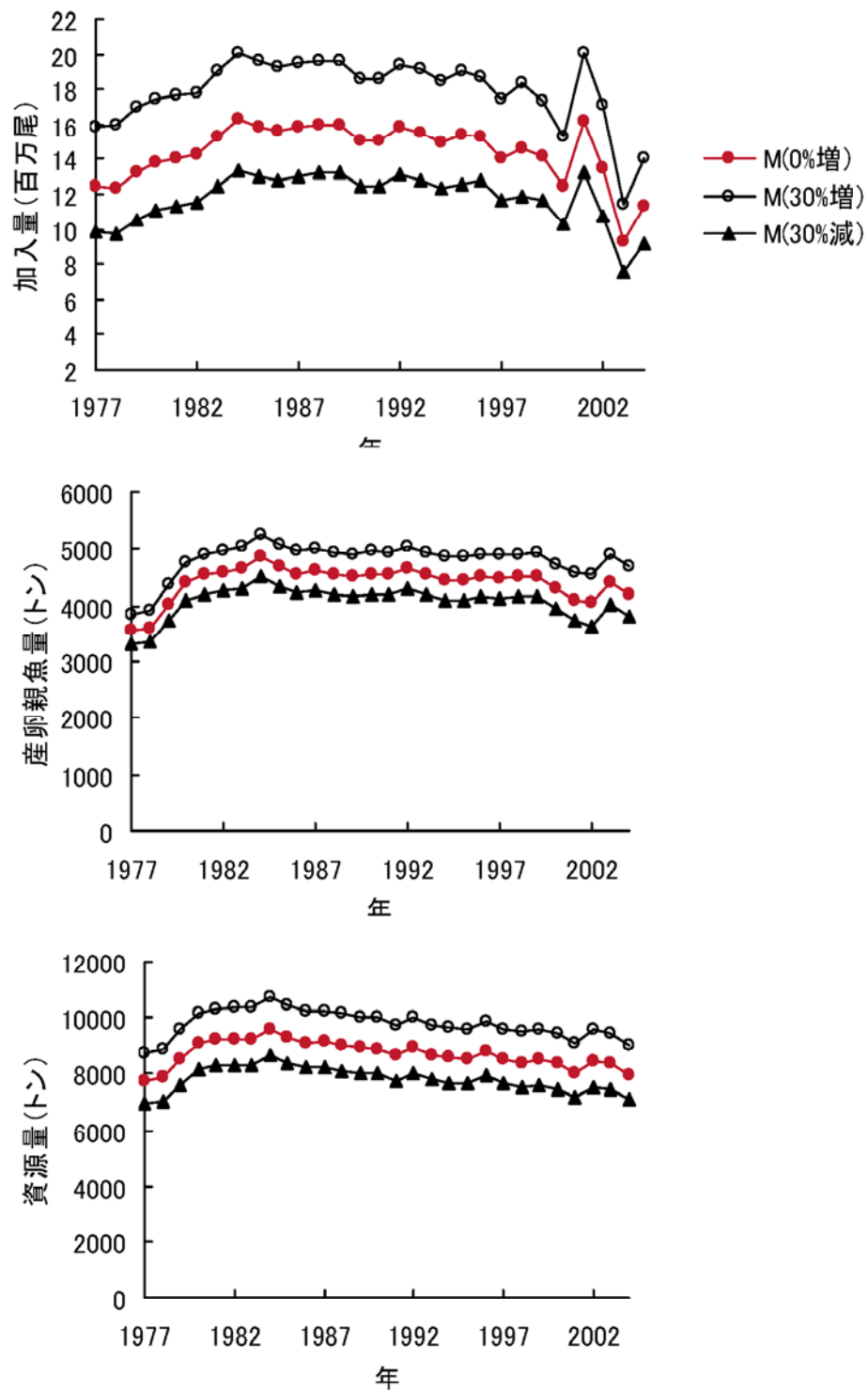


図13 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

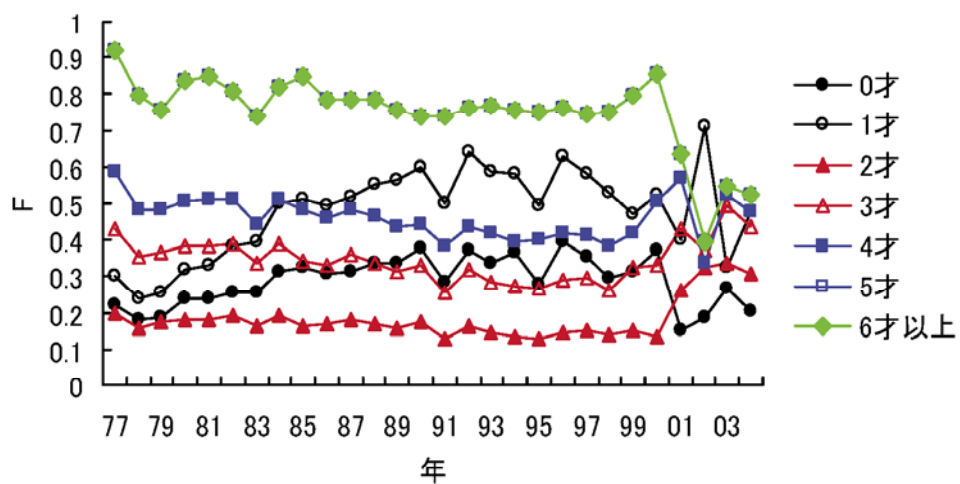


図14 年齢別Fの変化

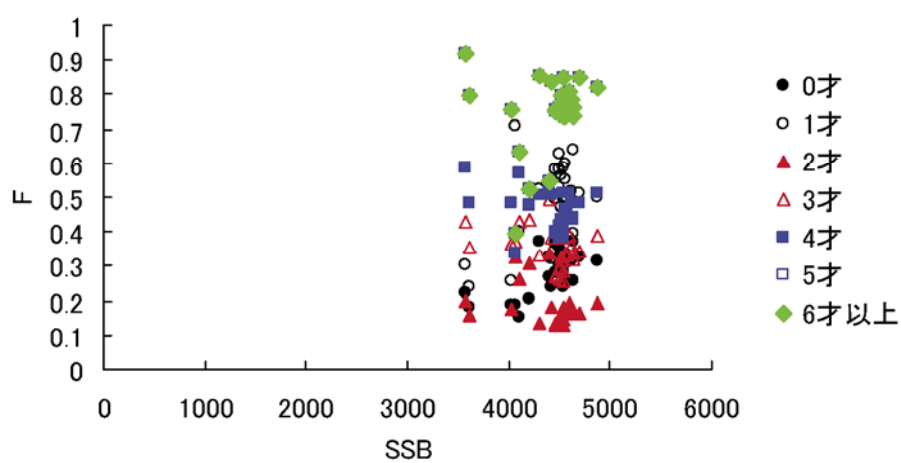


図15 Precautionary approach plot

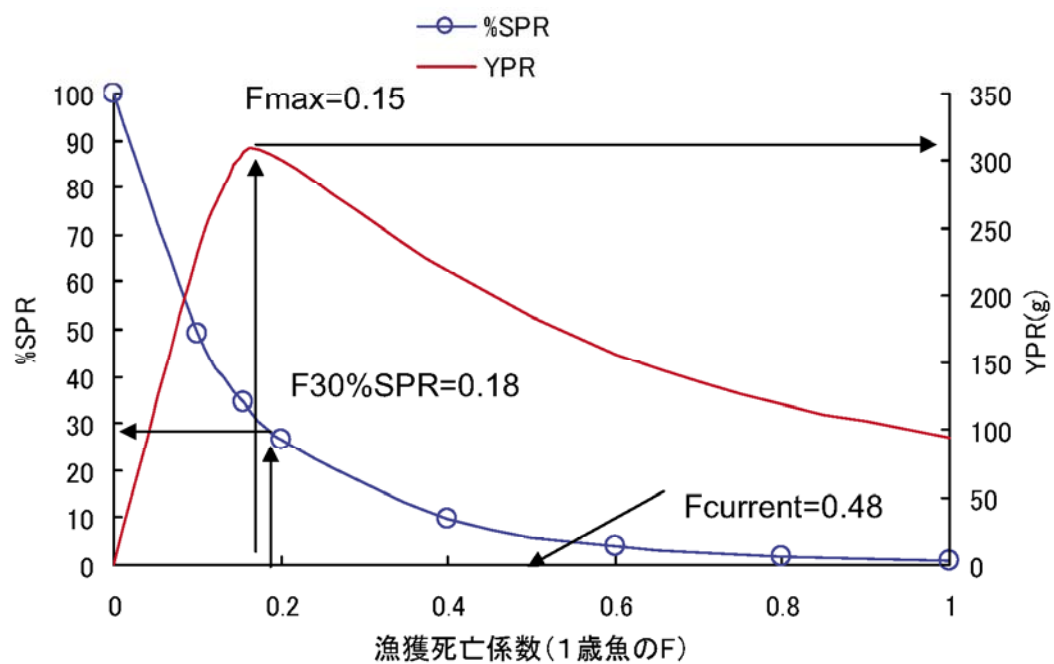


図16 %SPR・YPR

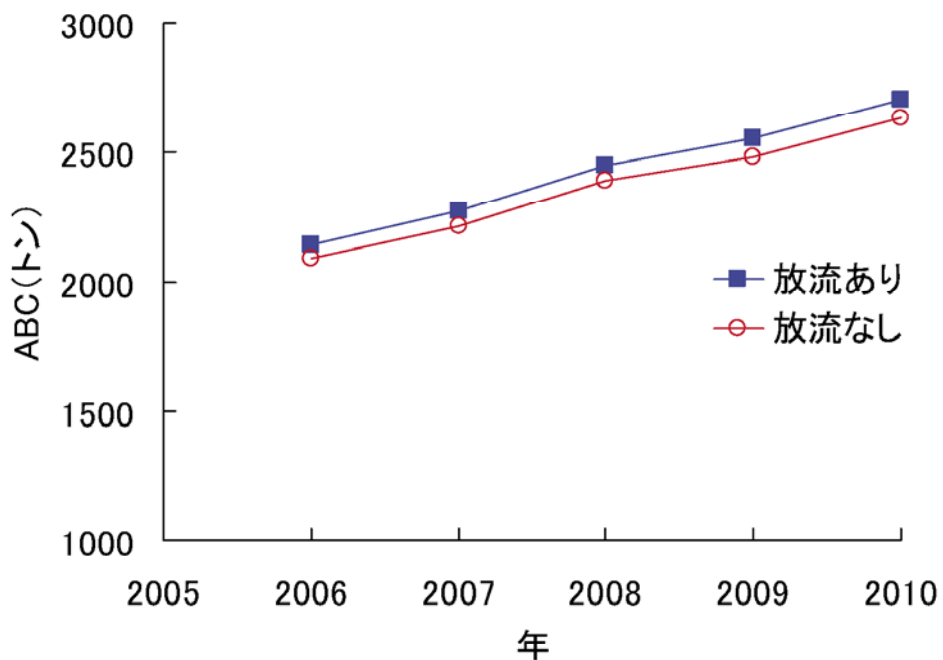


図17 種苗放流の有無によるABCの相違

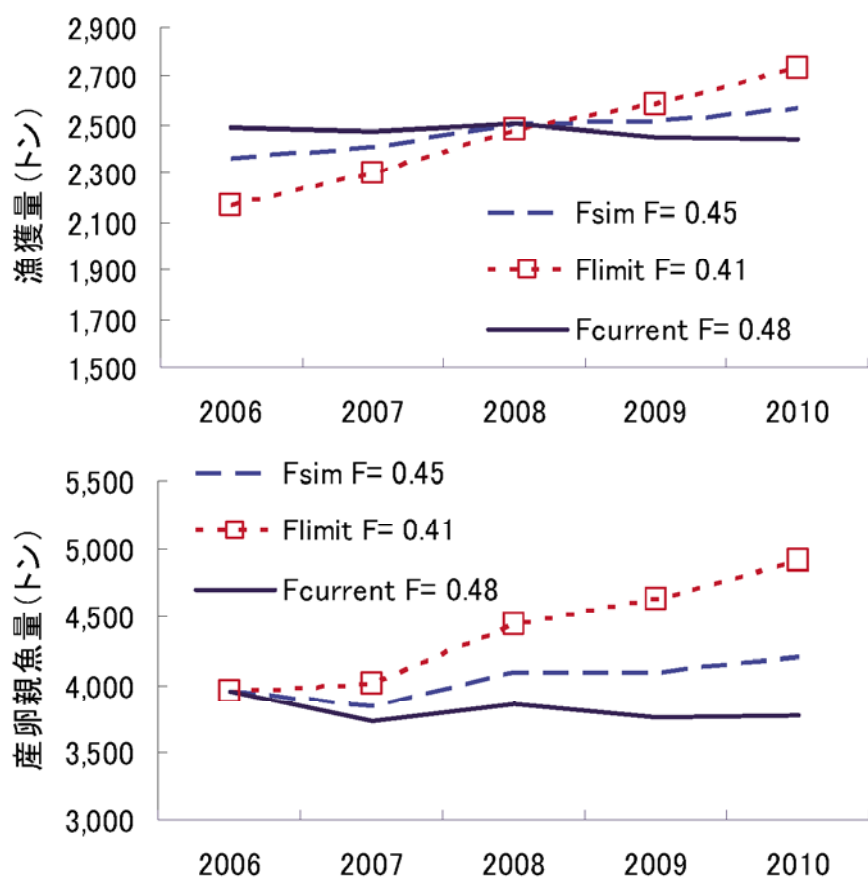


図18 F値(1歳魚)の変化による期待漁獲量(上)と親魚資源量(下)の変化

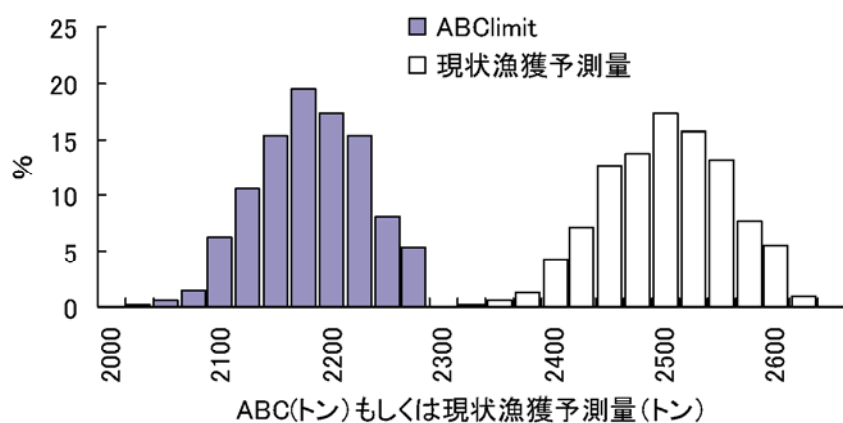


図19 再生産の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるABClimitと現状漁獲予測量の頻度分布

附表1 瀬戸内海中・西部系群マダダイの漁獲量(トン)、放流量(千尾)、養殖量(トン) 小型底曳網のCPUE(kg/出漁日数)および努力量(出漁日数)、標準定置網CPUE(尾/出漁日数)												
年	漁獲量	放流量	CPUE	養殖量	CPUE	努力量	年	漁獲量	放流量	CPUE	養殖量	CPUE
1952	2888	-	-	1981	2963	1145	265	0.72	648573			
1953	4552	-	-	1992	3037	1941	252	1.24	653764			
1954	3825	-	-	1993	2841	3196	297	1.14	634269			
1955	3463	-	-	1994	3351	2409	251	1.75	645659			
1956	3504	-	-	1995	3197	1301	231	2.22	575857			
1957	3359	-	-	1996	3008	3011	101	2.03	557396			
1958	2995	-	-	1997	3104	4604	406	2.12	564863			
1959	2616	-	-	1998	3069	3252	658	2.29	559620			
1960	2547	-	-	1999	2962	2665	722	2.31	563501			
1961	2396	-	-	1990	3036	2577	741	2.45	546127			
1962	2051	-	-	1991	2684	2859	1039	2.14	529766			
1963	2141	-	-	1992	3091	2881	1108	2.69	530601			
1964	2219	-	-	1993	2908	2549	918	2.61	505924			
1965	2466	-	-	1994	2827	2894	996	2.62	482581			
1966	2198	-	-	1995	2684	3160	1020	2.23	508114			
1967	2352	-	-	1996	2988	2754	1216	3.33	448545			
1968	2136	-	0.19	1997	2828	2729	1110	2.76	461875			
1969	2107	-	0.09	1998	2684	2594	1310	2.49	454987			
1970	1715	-	0.27	1999	2842	2494	1327	2.52	433293			
1971	1801	-	0.16	2000	2904	1672	1382	2.63	425874			
1972	1737	-	0.19	2001	2616	2614	1326	2.33	417031			
1973	1764	-	0.19	2002	2655	2907	1525	2.50	406323			5.25
1974	1894	-	0.15	2003	2712	2109	1526	2.43	378825			5.66
1975	2440	-	0.23	2004	2555	-	-	-	-			3.83
1976	2629	-	0.15		626597							
1977	2529	904	0.58		626727							
1978	2219	879	0.62		669456							
1979	2460	1271	0.180		674799							
1980	2873	834	0.208		634928							

附表2 瀬戸内海中・西部系群マダいの尾又長別年齢組成割合(2004年)

尾又長階級	年齢						
(mm)	0	1	2	3	4	5	6+
-120	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
140	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
160	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	070	0.29	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
200	003	0.90	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
220	000	0.88	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00
240	000	0.73	0.24	0.03	0.00	0.00	0.00
260	000	0.40	0.48	0.11	0.01	0.00	0.01
280	000	0.09	0.57	0.29	0.02	0.01	0.01
300	000	0.01	0.41	0.46	0.07	0.03	0.02
320	000	0.00	0.21	0.50	0.16	0.09	0.04
340	000	0.00	0.07	0.36	0.31	0.18	0.08
360	000	0.00	0.02	0.16	0.41	0.29	0.12
380	000	0.00	0.00	0.05	0.41	0.37	0.16
400	000	0.00	0.00	0.01	0.34	0.42	0.23
420	000	0.00	0.00	0.00	0.24	0.42	0.34
440	000	0.00	0.00	0.00	0.14	0.36	0.49
460	000	0.00	0.00	0.00	0.06	0.26	0.68
480	000	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14	0.84
500	000	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.93
520	000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98
540	000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.99
560-	000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

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

2004年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
0歳	0.50	0.00	0.00	0.66	0.05	0.13
1歳	0.19	0.16	0.11	0.00	0.48	0.35
2歳	0.10	0.35	0.23	0.01	0.26	0.37
3歳	0.07	0.30	0.26	0.06	0.14	0.08
4歳	0.03	0.09	0.21	0.14	0.04	0.05
5歳	0.03	0.06	0.11	0.10	0.02	0.01
6歳以上	0.08	0.04	0.08	0.04	0.02	0.01

附表4 瀬戸内海中・西部系群マダいの漁獲尾数(万尾)、漁獲重量(トン)

漁獲重量									漁獲尾数									
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	合計
1977		203	158	62	83	56	36	18	617	1977	72	353	235	501	466	407	495	2529
1978		167	129	54	72	50	33	17	520	1978	59	283	205	439	411	372	450	2219
1979		185	139	61	81	55	36	18	577	1979	65	311	231	494	458	409	492	2460
1980		241	181	65	87	61	43	23	701	1980	85	404	245	528	506	485	618	2873
1981		246	185	65	88	63	45	24	716	1981	87	413	247	534	520	512	651	2963
1982		266	211	67	89	64	44	24	765	1982	94	470	252	543	529	497	652	3037
1983		282	216	56	76	56	42	24	752	1983	100	482	213	460	464	475	647	2841
1984		359	281	64	85	64	48	28	929	1984	127	627	241	517	531	543	766	3351
1985		361	287	54	72	58	47	29	908	1985	128	639	202	440	480	528	780	3197
1986		343	270	53	72	56	43	26	863	1986	121	602	202	434	460	487	702	3008
1987		351	278	57	76	58	44	26	889	1987	124	619	215	460	481	494	712	3104
1988		374	295	51	69	55	43	27	914	1988	132	657	194	416	452	490	727	3069
1989		375	296	48	64	51	41	26	902	1989	133	659	181	387	426	467	709	2962
1990		392	309	50	66	53	41	27	938	1990	139	688	190	401	436	469	714	3036
1991		307	244	36	51	45	42	27	753	1991	109	543	137	312	376	472	735	2684
1992		408	321	47	62	52	43	28	961	1992	144	715	176	377	428	489	761	3091
1993		368	290	40	55	48	43	28	871	1993	130	647	150	331	397	488	766	2908
1994		376	293	38	51	45	41	28	872	1994	133	654	142	312	375	468	742	2827
1995		307	244	36	51	45	42	27	753	1995	109	543	137	312	376	472	735	2684
1996		411	325	42	56	48	41	28	952	1996	146	724	160	343	400	467	748	2988
1997		345	274	42	57	48	41	27	835	1997	122	611	159	349	400	465	722	2828
1998		307	244	36	51	45	42	27	753	1998	109	543	137	312	376	472	735	2684
1999		311	246	41	57	49	45	29	777	1999	110	548	153	347	408	504	772	2842
2000		319	252	42	58	50	46	29	796	2000	113	561	157	355	417	516	786	2904
2001		190	171	70	86	54	30	22	623	2001	67	381	263	522	451	341	591	2616
2002		186	425	78	61	39	20	16	823	2002	66	946	294	367	321	222	438	2655
2003		177	185	95	67	46	34	26	631	2003	63	413	359	406	381	387	703	2712
2004		169	162	105	71	33	23	29	592	2004	60	361	396	431	276	261	771	2555

附表5 瀬戸内海中・西部系群マダいの資源尾数(万尾)、資源重量(トン)

資源尾数									資源重量								
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
1977	1244	688	382	258	139	65	33	2808	1977	440	1533	1444	1565	1147	737	898	7764
1978	1238	675	401	265	142	65	33	2819	1978	438	1505	1514	1610	1172	738	893	7870
1979	1330	701	418	288	157	74	37	3006	1979	470	1562	1580	1750	1303	837	1008	8510
1980	1383	748	428	297	168	82	44	3150	1980	489	1667	1615	1801	1394	929	1185	9081
1981	1406	739	428	301	170	86	46	3175	1981	497	1646	1615	1827	1410	973	1236	9205
1982	1422	750	417	301	173	86	47	3196	1982	503	1672	1574	1826	1433	975	1277	9260
1983	1531	744	403	290	172	87	50	3277	1983	541	1658	1523	1761	1420	990	1348	9241
1984	1628	805	393	288	175	93	55	3438	1984	576	1794	1486	1749	1450	1056	1491	9602
1985	1588	807	384	273	165	89	55	3361	1985	562	1799	1449	1660	1365	1006	1487	9328
1986	1562	778	381	274	164	86	52	3297	1986	552	1734	1439	1666	1358	973	1402	9124
1987	1582	775	373	272	166	87	53	3308	1987	560	1727	1407	1652	1373	990	1426	9135
1988	1597	782	363	262	160	87	54	3305	1988	565	1744	1372	1591	1324	981	1456	9033
1989	1599	773	354	259	158	85	54	3282	1989	566	1724	1337	1574	1309	961	1458	8928
1990	1509	774	346	255	160	86	55	3185	1990	534	1724	1308	1546	1326	976	1485	8898
1991	1507	699	335	246	154	87	57	3084	1991	533	1558	1265	1491	1276	983	1530	8637
1992	1585	768	334	249	160	88	58	3242	1992	561	1711	1261	1512	1325	1001	1556	8927
1993	1554	738	319	239	153	87	58	3148	1993	550	1645	1206	1450	1267	991	1553	8661
1994	1495	750	323	233	151	85	57	3094	1994	529	1671	1221	1414	1253	964	1528	8580
1995	1536	703	330	238	149	86	56	3099	1995	543	1567	1246	1445	1236	974	1517	8530
1996	1532	788	337	245	154	84	57	3196	1996	542	1756	1273	1486	1272	955	1529	8812
1997	1409	699	332	245	155	85	56	2980	1997	498	1558	1253	1489	1280	965	1497	8541
1998	1464	670	307	241	154	86	56	2978	1998	518	1494	1159	1463	1276	976	1519	8405
1999	1411	738	311	225	156	88	57	2987	1999	499	1646	1175	1368	1292	1001	1533	8514
2000	1246	699	363	225	138	86	55	2812	2000	441	1558	1371	1367	1139	979	1491	8346
2001	1621	581	326	268	136	70	51	3054	2001	573	1295	1233	1627	1129	791	1373	8022
2002	1342	941	305	212	147	65	54	3067	2002	475	2098	1154	1284	1218	737	1457	8423
2003	924	756	364	186	123	88	68	2509	2003	327	1686	1375	1130	1017	1002	1820	8356
2004	1128	480	431	220	96	61	76	2491	2004	399	1069	1627	1333	791	696	2054	7969

附表6 瀬戸内海中・西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)

年	漁獲死亡係数						資源重量				産卵親魚量				添加効率			
	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	加入量(万尾)	RPS(万尾/トン)	添加効率	漁獲割合	産卵親魚量	加入量	RPS	添加効率	漁獲割合	産卵親魚量	加入量
1977	0.22	0.30	0.20	0.43	0.58	0.92	0.92	7764			32.6	3564	1244	0.35				
1978	0.18	0.24	0.16	0.35	0.48	0.80	0.80	7870			28.2	3609	1238	0.34				
1979	0.19	0.25	0.17	0.37	0.48	0.76	0.76	8510			28.9	4023	1330	0.33				
1980	0.24	0.32	0.18	0.38	0.50	0.84	0.84	9081			31.6	4408	1383	0.31				
1981	0.24	0.33	0.18	0.38	0.51	0.85	0.85	9205			32.2	4532	1406	0.31				
1982	0.26	0.38	0.19	0.39	0.51	0.81	0.81	9260			32.8	4598	1422	0.31				
1983	0.25	0.40	0.17	0.33	0.44	0.74	0.74	9241			30.7	4639	1531	0.33	0.32			
1984	0.31	0.50	0.19	0.39	0.51	0.82	0.82	9602			34.9	4871	1628	0.33	0.16			
1985	0.32	0.51	0.16	0.34	0.48	0.85	0.85	9328			34.3	4688	1588	0.34	1.00			
1986	0.31	0.50	0.17	0.33	0.46	0.79	0.79	9124			33.0	4566	1562	0.34	0.73			
1987	0.31	0.52	0.18	0.36	0.48	0.78	0.78	9135			34.0	4615	1582	0.34	0.65			
1988	0.34	0.55	0.17	0.34	0.46	0.79	0.79	9033			34.0	4557	1597	0.35				
1989	0.34	0.56	0.16	0.31	0.44	0.75	0.75	8928			33.2	4514	1599	0.35	1.00			
1990	0.38	0.60	0.17	0.33	0.44	0.74	0.74	8898			34.1	4559	1509	0.33	1.00			
1991	0.28	0.50	0.13	0.26	0.39	0.74	0.74	8637			31.1	4535	1507	0.33	0.55			
1992	0.37	0.64	0.16	0.32	0.43	0.76	0.76	8927			34.6	4638	1585	0.34	0.32			
1993	0.34	0.59	0.15	0.29	0.42	0.77	0.77	8661			33.6	4536	1554	0.34	0.31			
1994	0.36	0.58	0.14	0.27	0.39	0.75	0.75	8560			32.9	4452	1495	0.34	0.11			
1995	0.28	0.50	0.13	0.27	0.40	0.75	0.75	8530			31.5	4451	1536	0.35	0.16			
1996	0.39	0.63	0.15	0.29	0.42	0.76	0.76	8812			33.9	4498	1532	0.34	0.09			
1997	0.35	0.58	0.15	0.29	0.42	0.74	0.74	8541			33.1	4487	1409	0.31	0.08			
1998	0.29	0.53	0.14	0.26	0.39	0.75	0.75	8405			31.9	4503	1464	0.33	0.22			
1999	0.31	0.47	0.15	0.32	0.42	0.80	0.80	8514			33.4	4510	1411	0.31	0.24			
2000	0.37	0.52	0.13	0.33	0.51	0.85	0.85	8346			34.8	4292	1246	0.29				
2001	0.15	0.40	0.26	0.43	0.57	0.63	0.63	8022			32.6	4106	1621	0.39				
2002	0.18	0.71	0.33	0.37	0.34	0.40	0.40	8423			31.5	4054	1342	0.33				
2003	0.27	0.32	0.33	0.50	0.52	0.55	0.55	8356			32.5	4404	924	0.21				
2004	0.20	0.48	0.31	0.43	0.48	0.53	0.53	7969			32.1	4208	1128	0.27				

附表7 瀬戸内海中・西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	2170	2488
中央値	2171	2489
標準偏差	48	55
範囲	251	287
最小	2024	2321
最大	2275	2608
試行回数	1000	1000
変動係数	2.22	2.22

附表8 瀬戸内海中・西部系群マダいの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	35	0	0.42	0.39	0.17	0.14
1	223	0	1.00	0.24	0.41	0.33
2	378	0	0.64	0.17	0.26	0.21
3	607	0.5	0.90	0.17	0.37	0.30
4	828	1	1.00	0.17	0.41	0.33
5	1133	1	1.10	0.17	0.45	0.36
6-	2692	1	1.10	0.17	0.45	0.36