

平成19年度マダイ瀬戸内海中・西部系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研究所（銭谷 弘）

参画機関：広島県立総合技術研究所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1984～1995年は減少傾向にあったが、1996～2003年には漸増傾向となり、9,110トンまで回復した。しかし、2004年以降減少傾向となり2006年には7,729トンとなった。

過去30年間のコホート解析の結果から資源水準は低位、過去5年の資源動向は減少と判断した。ただし、現在の親魚量は B_{limit} より大きい。

管理方策として、2006年の親魚量を2017年においても維持する管理基準 F_{sim} を採用した。ABC算定のための基本規則（平成19年度）の1-1)-(1)を適用して $F_{limit} = F_{sim}$ のときの漁獲量を $ABClimit$ 、 $F_{target} = F_{sim} \times 0.8$ のときの漁獲量を $ABCTarget$ とした。なお種苗放流数、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）を過去5年間（2001～2005年）の平均値、各々240万尾、0.07と仮定した。

	2008年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
$ABClimit$	18百トン	F_{sim}	0.24	27.8%
$ABCTarget$	15百トン	$0.8 F_{sim}$	0.19	23.1%

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
2005	85	27	0.23	31.8%
2006	77	24	0.27	30.9%
2007	68			

F値は完全加入年齢1歳における値

水準：低位

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、1,672～3,160千尾にのぼる（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（2005年1,554トン、うち広島県が380トン、愛媛県が890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2,800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4,500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、瀬戸内海中央部の燧灘、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。

2006年においては吾智網での漁獲が全体の37%を占め、小型底曳網(33%)、刺網(13%)、釣り(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、2006年には2,386トンまで減少した(附表1)。

（3）主要漁業の漁獲努力量とFの推移

瀬戸内海中・西部海域では小型底曳網と吾智網が同等の漁獲を揚げているので、小型底曳網および吾智網の出漁日数を附表1に示した。小型底曳網の努力量は経年的に減少傾向にある。一方、吾智網の努力量は近年増加している。後述するコホート解析で推定された各年齢毎のFの推移は附表6に示した。

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）で行った。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歳以上魚の漁獲係数は同じ

年では等しいと仮定した。2006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）

小型底曳網および吾智網のCPUE（kg／出漁日数）の変遷を図7に示す。小型底曳網の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。吾智網のCPUEは近年やや減少している。

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2002～2006年に実施した小型定置網（1ヶ統）で漁獲される100g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が、2006年のCPUEが非常に低く、2006年の加入量が極端に低いことを示唆している。

（３）漁獲物の年齢（体長）組成の推移（図8）

1997～1999年、2001～2006年に愛媛県が大浜、小部、下灘、上灘、伊予等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）。各漁法について年毎に各水揚げ地の月別水揚げ量で重み付けした漁法別尾叉長組成を作成した。尾叉長別の年齢組成割合と漁法別尾叉長組成等により作成した1981～2006年の漁法別漁獲尾数割合を附表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1977～2006年の年別年齢別漁獲尾数を算出した。

小型底曳網の1977～1996年の漁獲尾数割合は1997年の漁獲尾数割合を使用、吾智網、釣りの1977～1980年の各漁獲尾数割合は1981年の各漁獲尾数割合を使用した。吾智網の1993～1996年の漁獲尾数割合作成にあたって使用した尾叉長別の年齢組成割合は1997年の尾叉長別の年齢組成割合である。吾智網の1998～2000年の漁獲尾数割合作成にあたって使用した尾叉長別の年齢組成割合は2001年の尾叉長別の年齢組成割合である。

2006年における年齢別漁獲尾数および年齢別漁獲量の推移を図8に示す。0歳魚が極端に減少していた（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1984～1995年は減少傾向にあったが、1996～2003年には漸増傾向となり、9,110トンまで回復した。しかし、2004年以降減少傾向となり2006年には7,729トンとなった（図9）。

2006年の瀬戸内海中・西部系群マダイの資源尾数は1,556万尾と推定された。年齢別の資源尾数割合は、0歳：15.7%、1歳：32.7%、2歳：20.1%、3歳：13.2%、4歳：8.2%、5歳：5.0%、6歳以上：5.1%となっており、0歳魚の占める割合が極端に小さくなっている（附表5）。

0歳魚の資源尾数を加入量の指標とした場合、1977～1989年まで加入量は増加傾向にあったが、1990～2000年は増減を繰り返し1,178～1,658万尾であった。2001年以降、急激な減少傾向が見られ、2006年は244万尾に減少した。親魚量（3歳魚の資源量×0.5+4歳魚以上の資源量）は1984年より減少しており、1997年には3,879トンとなった。その後やや増加傾向にあり2005年は5,103トンであったが、2006年には4,704トンと減少した（図10）。RPS（加入量／親魚量）は1998年の0.43万尾／トンピークに2006年は0.05万尾／トンとなった（図11）。

マダイ瀬戸内海中・西部系群については毎年約240万尾（2001～2005年平均）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。親魚量（SSB）と0歳魚の資源尾数との関係を図12に示した。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、愛媛両県の調査（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年から6.7%、2.4%、16.8%、14.2%、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%であった。また、平成18年度栽培漁業ブロック会議資料によると1995年は4.3%、1996年は4.0%、1997年は3.7%、1998年は2.4%、1999年は1.5%、2000年は1.0%、2001年は1.2%、2002年は1.5%、2003年は1.2%、2004年は1.8%、2005年は1.4%であった。ただし、この会議で提出された混獲率のデータは放流時の標識率で補正した値となっていない数値も含まれている。

0歳時の添加効率＝（0歳魚の混獲率／種苗放流尾数）×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0.31、1984年は0.15、1985年は1.00、1986年は0.72、1987～1988年は0.64、1989～1990年は1.00、1991年は0.53、1992年は0.30、1993年は0.28、1994年は0.21、1995年は0.22、1996年は0.24、1997年は0.19、1998年は0.15、1999年は0.08、2000年は0.07、2001年は0.08、2002年は0.06、2003年は0.06、2004年は0.07、2005年は0.06として、親魚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ベバートン・ホルト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 ）は以下の式であった。

$$R_y = 31,712 \times SSB / (1 + 0.00230 \times SSB) + Ar \times K_y \quad (1)$$

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1977～2005年を使用した。近年、予測式（1）から乖離した親魚量－加入量関係にある（図12）ので、加入量予測等にこの式を使用するのは不適であると考ええる。

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30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低位で、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 R_{high} （加入量上位10%相当）の交点から求める方法では、 B_{limit} （=4,150トン）、資源状態 B （=SSB）は4,704トンであり $B \geq B_{limit}$ である。

5. 資源管理の方策

推定された再生産曲線が予測等には不適切であるので F_{sim} （シミュレーションにより管理目標；2017年の親魚資源量が2006年の親魚資源量と等しくなる F ）を管理基準として使用する。2006年の加入量の低下は突発的な低水温の影響と考え、2003～2005年の平均値（849万尾）の加入量があり、また栽培対象種であるので種苗放流も現状水準維持されることも考慮する。

（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。0歳魚の F 値は低い水準で安定している。1～2歳魚の F 値は減少傾向が、3～6歳以上の魚の F 値はやや増加傾向が見られた。

親魚量と年齢別の F 値のプロットを図15に示す。3～6歳以上の魚の F 値とSSBの間に負の相関関係があった。この漁獲圧の高さが近年の資源減少の主原因かもしれない。

附表7の設定に基づいて計算した%SPR、YPRと1歳魚の漁獲係数の関係を図16に示した。過去3年（2003～2005年）の1歳魚の漁獲係数（ $F_{current}$ 、 F_{ave3yr} ）は0.27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係数が高く成長乱獲の状態である。親魚資源量水準がBlimitよりも高位を保っているが、近年の加入量の減少を考慮すると、資源維持のため漁獲圧を下げる必要がある。ただし、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、特定の漁業に対する規制でなく瀬戸内海中・西部海域に展開されているマダイを対象とするすべての漁業についての規制が必要であろう。

(2) 資源と海洋関係の関係

2006年の1-5月において水温が低めに経過しており（瀬戸内海区水産研究所 2007）、このことが2006年の極端な加入量低下の一因となった可能性がある。

(3) 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倍程度のABC（2008年漁獲量）が算定される（図17）が、放流時の標識率で補正されていないため、その精度は高くない。

6. 2008年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

過去30年間のコホート解析の結果からは資源水準は低位と判断される。また、より長期のデータがある漁獲量データから判断しても資源水準は低位である。過去5年の資源動向はコホート解析の結果から減少と判断した。

(2) ABCの設定

資源量および親魚量と加入量が算定されており、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2007年の資源量の見積もりから、ABCは次表のように算定される。

$$F_{limit} = F_{sim}$$

$$= 0.24$$

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

$$= 0.24 \times 0.8$$

$$= 0.19$$

α は0.8とした。

	2008年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	18百トン	Fsim	0.24	27.8%
ABCTarget	15百トン	0.8 Fsim	0.19	23.1%

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2007年のFはFcurrentとする。2007年の漁獲量は1,983トン、加入量（2007年以降）は {2003～2005年の平均値（911万尾）の天然加入量} + {種苗放流（240万尾）} × {0歳時の添加効率(0.07)} で計算する。

		漁獲量（トン）						
F	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0		2,386	1,983	0	0	0	0	0
0.03	0.1Fcurrent	2,386	1,983	245	335	447	568	663
0.05	0.2Fcurrent	2,386	1,983	479	630	808	996	1,131
0.08	0.3Fcurrent	2,386	1,983	703	887	1,099	1,314	1,455

0.11	0.4Fcurrent	2,386	1,983	917	1,111	1,330	1,543	1,670
0.14	0.5Fcurrent	2,386	1,983	1,122	1,305	1,510	1,704	1,806
0.16	0.6Fcurrent	2,386	1,983	1,318	1,473	1,649	1,812	1,883
0.19	0.7Fcurrent	2,386	1,983	1,506	1,617	1,753	1,877	1,917
0.22	0.8Fcurrent	2,386	1,983	1,685	1,740	1,828	1,911	1,920
0.24	0.9Fcurrent	2,386	1,983	1,829	1,828	1,872	1,920	1,906
	=Fsim							
0.27	1.0Fcurrent	2,386	1,983	2,021	1,931	1,910	1,911	1,869

資源量 (トン)

F	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0		7,729	6,832	6,582	9,235	12,506	16,196	18,927
0.03	0.1Fcurrent	7,729	6,832	6,582	8,898	11,660	14,654	16,701
0.05	0.2Fcurrent	7,729	6,832	6,582	8,575	10,882	13,288	14,796
0.08	0.3Fcurrent	7,729	6,832	6,582	8,265	10,165	12,077	13,161
0.11	0.4Fcurrent	7,729	6,832	6,582	7,968	9,506	11,002	11,755
0.14	0.5Fcurrent	7,729	6,832	6,582	7,684	8,898	10,045	10,543
0.16	0.6Fcurrent	7,729	6,832	6,582	7,411	8,337	9,193	9,493
0.19	0.7Fcurrent	7,729	6,832	6,582	7,149	7,820	8,433	8,583
0.22	0.8Fcurrent	7,729	6,832	6,582	6,899	7,342	7,755	7,791
0.24	0.9Fcurrent	7,729	6,832	6,582	6,697	6,970	7,242	7,206
	=Fsim							
0.27	1.0Fcurrent	7,729	6,832	6,582	6,428	6,492	6,603	6,493

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

毎年約240万尾（2001～2005年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.07（2001～2005年の平均値）と仮定した。

2008年以降、Flimit で管理した場合、2012年に期待される資源量は現在（2006年）の漁獲圧を継続した場合の1.04倍の資源水準となり、漁獲量は1.02倍となる。

(4) ABClimitの検証

加入量の誤差変動を考慮してABClimitの検証を行う。加入量 R_y が正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ に従うと仮定して、加入量の予測を行い、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 R_y の平均と標準偏差で、 μ は近年の加入量の減少傾向を考慮して2003～2005年の加入量実測値の平均値 $\mu=911$ 万尾、 σ は加入量の変動の大きさを考慮して1977～2005年の加入量実測値の標準偏差 $\sigma=831$ 万尾とした。

FlimitでのABC等の基本統計を附表6に示す。ABClimitの誤差変動は1.1%である（図19）。

(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)
2006年(当初)	0.9 Fsim(0.41)	7,681	2,169	1,800	
2006年(2006年再評価)	Fmsy(0.35)	9,091	2,309	2,022	
2006年(2007年再評価)	Fsim(0.24)	8,416	2,174	1,919	2,386
2007年(当初)	Fmsy(0.35)	9,180	2,357	1,948	
2007年(2007年再評価)	Fsim(0.24)	6,896	1,848	1,639	

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=0.24の

規制を実施した時の予測漁獲量、予測資源量は以下ようになる。漁獲量の増加、親魚の回復は0歳を規制しないFlimitよりも迅速である。

漁獲量 (トン)								
F	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.24	Flimit (0歳規制)	2,386	1,983	1,787	1,827	1,922	2,028	2,070
資源量 (トン)								
F	基準値	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.24	Flimit (0歳規制)	7,729	6,832	6,582	6,912	7,411	7,914	8,070

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

・本報告で示した親魚量－加入量関係をみると、2006年を除いて加入量が親魚量に関係なく一定の傾向がある。一方、(親魚量＋養殖量)の変動幅は親魚量のみの変動幅と比較して狭いので、(天然親魚＋養殖魚)を“親魚資源量”と考えたほうが加入量が一定となることの説明が容易である。しかし、現在のところ、本資源評価では、養殖魚が親魚として再生産に関与している可能性を考慮していない。マダイ卵の同定技術(大西他 2003)が確立されたことをうけて予備調査を瀬戸内海中部の燧灘で実施した(図20)。燧灘の2005～2006年におけるマダイの初期発生段階卵は来島海峡付近の従来産卵場と考えられた場所および養殖場付近に濃密に分布している。また、2005、2006年における親魚量(産卵量と雌当たり1日当たり産卵数から計算)はそれぞれ1,412、478トンと推定された。燧灘に面した養殖場での2005年の春季におけるマダイ生産量は少なく見積もって108トンであり、卵を産み出す親魚が養殖魚と比較して圧倒的に多いわけではない。これらの結果は養殖魚が親魚として再生産に関与している可能性を否定できないことを示している。

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.
 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.
 大西庸介, 池田知司, 広石伸互, 沖山宗雄(2003) モノクローナル抗体を用いた浮遊性魚卵の同定. 日水誌, 69:170-177.
 瀬戸内海区水産研究所(2007) 瀬戸内海ブロック平成18年度浅海定線観測等担当学会議議事録(抄). pp. 63.
 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) 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)のコホート解析により年齢別資源尾数、資源量、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	1,133	2,692

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扱っており、5歳魚と6歳魚以上の漁獲係数は同じ年では等しいと仮定した。コホート解析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(2006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。

$$N_{a,2006} = \frac{C_{a,2006} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2006})}$$

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

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

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。

(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8)。

- ・ 年齢(a)別体重(W_a)は広島県(1983)の関係式

$W_a = 4,231 \times [1 - \exp\{-0.165 \times (a + 0.5 + 0.417)\}]^{3.00}$ 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 歳魚の漁獲係数 (F_1) の比 (年齢別漁獲選択性: $s_a = F_a/F_1$) が2003～2005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。各年齢毎の漁獲係数 (F_a) は $F_a = F_1 \times s_a$ で計算する。

(3) 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。2006年以降、現状の F (F_{current} :1歳魚の F で代表) および年齢別漁獲選択性が2003～2005年の平均値として一定と仮定する。2007年における1歳魚以上の資源尾数は2006年における資源尾数と現状の F をもとに計算する。また2007年以降における0歳魚の資源尾数を {2003～2005年の平均値 (911万尾) の天然加入量} + {種苗放流 (240万尾)} $\times$ {0歳時の添加効率 (0.07)} で推定する。なお、2006年の加入量の低下は突発的な低水温の影響と考え、2006年のデータは加入量予測には使用しない。2008年初めの資源量は2007年も2006年と同じ F (F_{current}) をかけたとして6,582トンと予測する。さらに2008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。

(4) マダイ親魚量の卵分布量からの計算方法

マダイ卵分布密度、水温に依存する孵化日数 (古賀 1973)、燐灘の体積、卵径に依存する卵期生残率 (McGurk 1986) から1日の当たり産卵量を算出した。さらに1日当たり雌1尾当たり産卵量 (資源協会 1986)、親魚平均体重、雌雄比をもとに親魚量を推定した (図21)

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.
- 古賀文洋 (1973) マダイの卵発生について. 昭和46年度福岡水試研究業務報告. 217-224.
- McGurk M. D. (1986) Natural mortality of marine pelagic fish eggs and larvae: role of spatial patchiness. Mar. Ecol. Prog., Ser. 34: 227-242.
- 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.
- 資源協会 (1986) 浅海養殖. pp. 648.
- 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: 43-1.

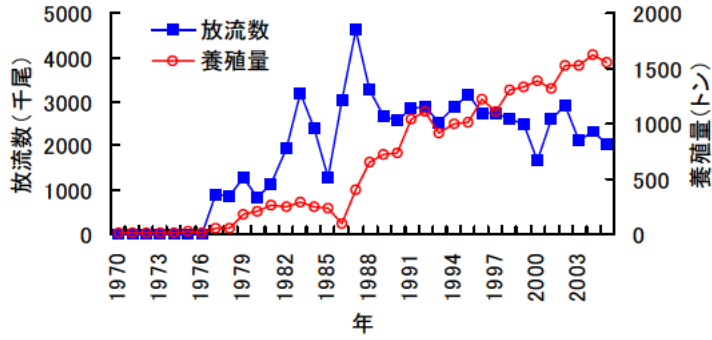


図1 瀬戸内海中・西部系群マダイの放流数、養殖量



図2 瀬戸内海中・西部系群マダイの分布・回遊

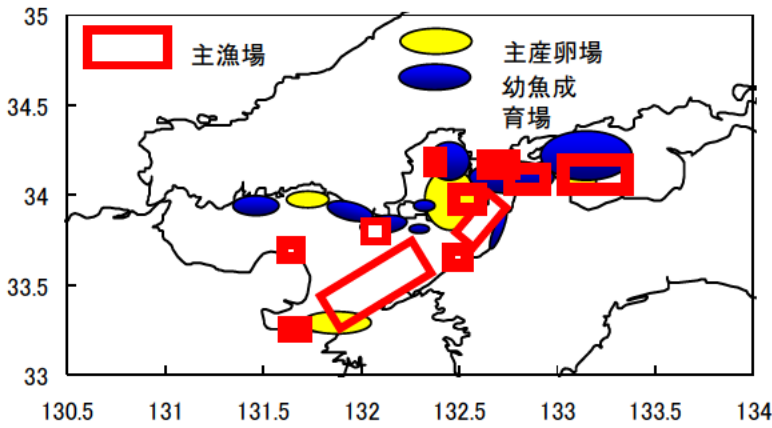


図3 瀬戸内海中・西部系群マダイの生活史・漁場形成図

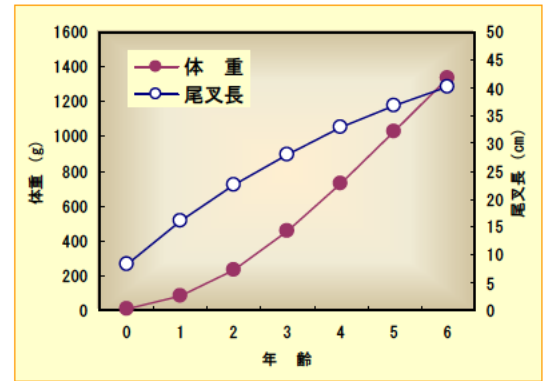


図4 瀬戸内海中・西部系群マダイの年齢・成長

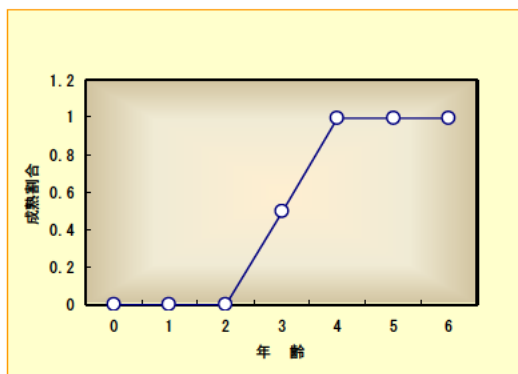


図5 瀬戸内海中・西部系群マダイの年齢別成熟割合

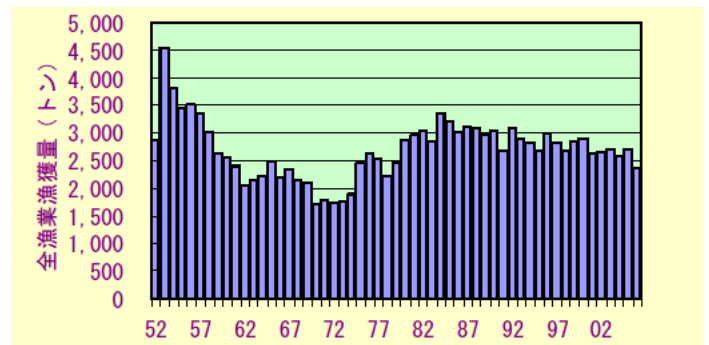


図6 瀬戸内海中・西部系群マダイの漁獲量経年推移

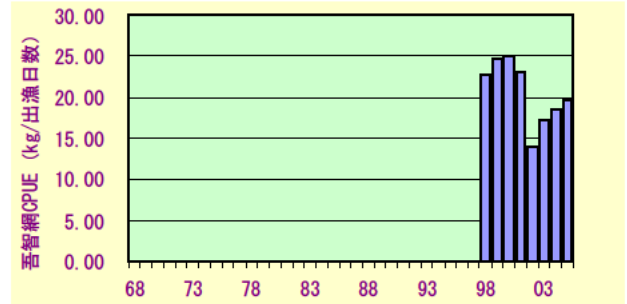
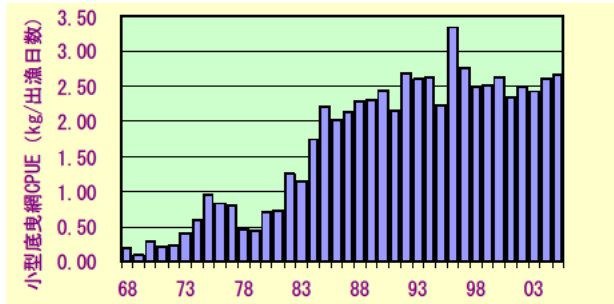


図7 主要漁業種(小型底曳網(左図)、吾智網(右図))のCPUE

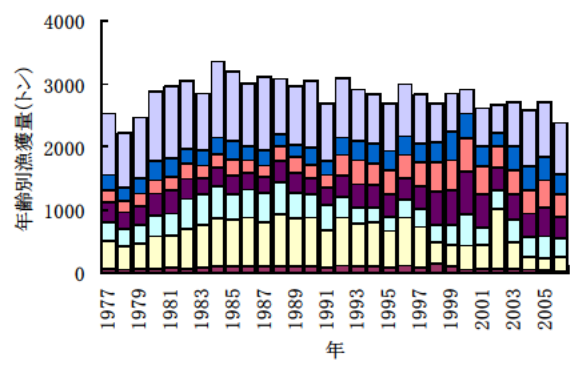
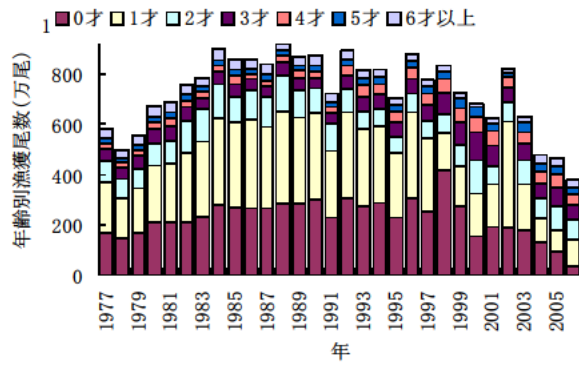


図8 年齢別漁獲尾数(左)・重量(右)の経年推移

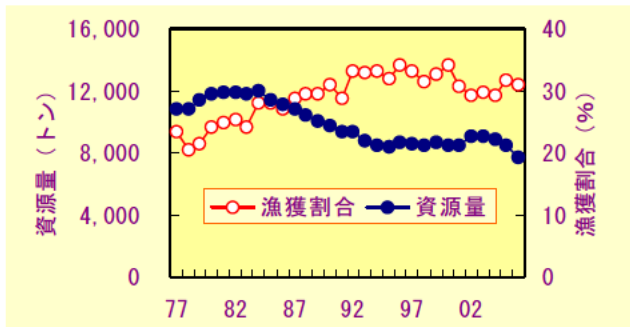


図9 資源量と漁獲割合の経年推移

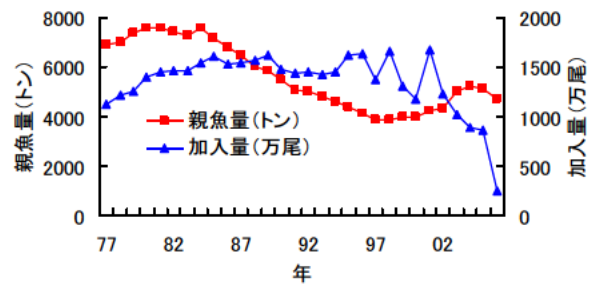


図10 加入量と親魚量の経年推移

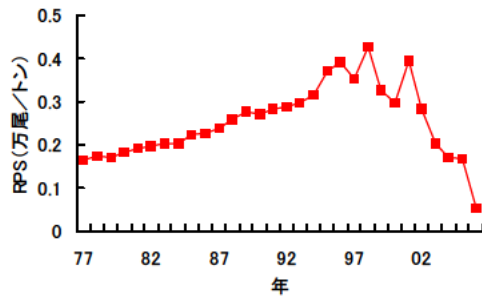


図11 RPSの経年推移

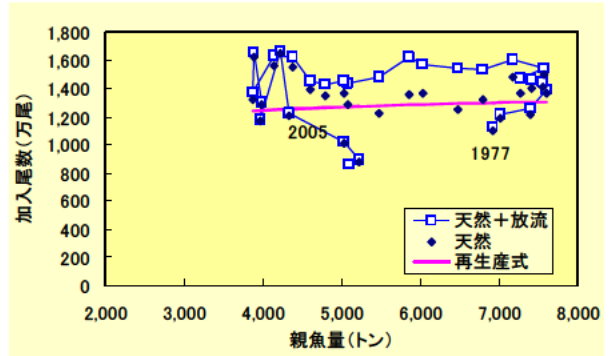
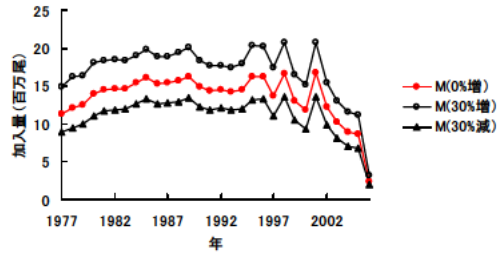


図12 再生産関係

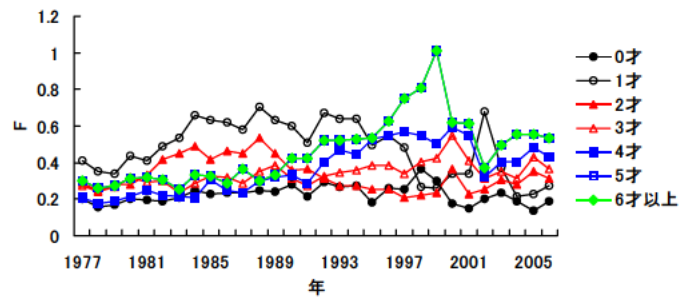
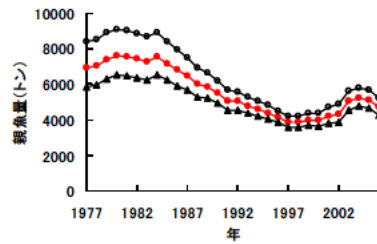


図14 年齢別Fの変化

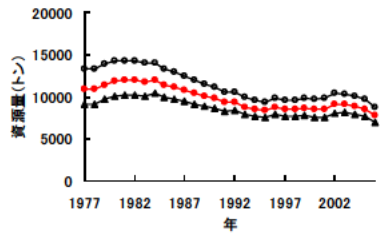


図13 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

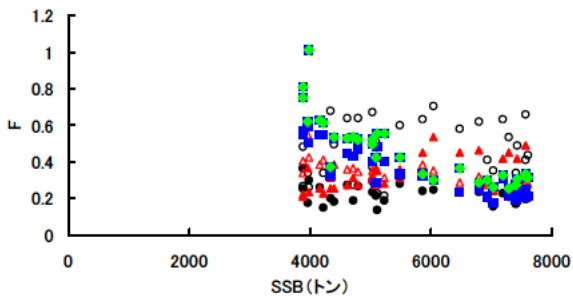


図15 親魚量と漁獲係数の関係

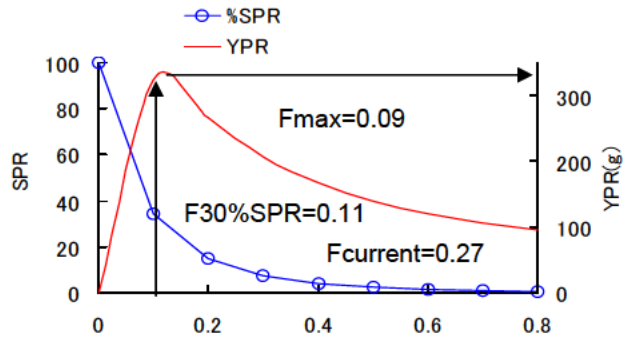


図16 %SPR・YPR

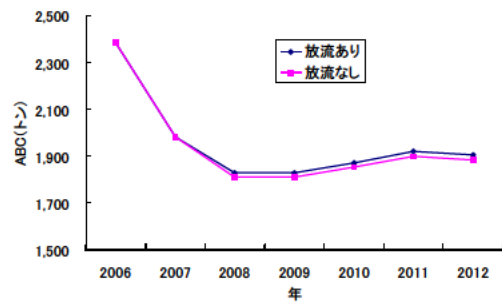


図17 種苗放流の有無によるABCの相違

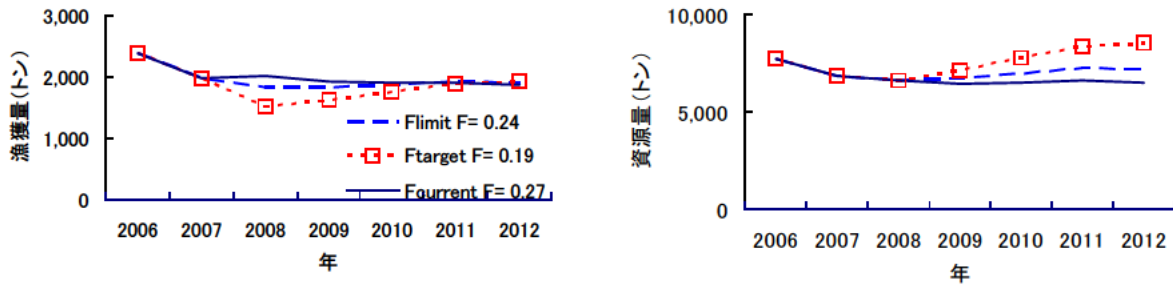


図18 F値(1歳魚)の変化による期待漁獲量(左)と資源量(右)の変化

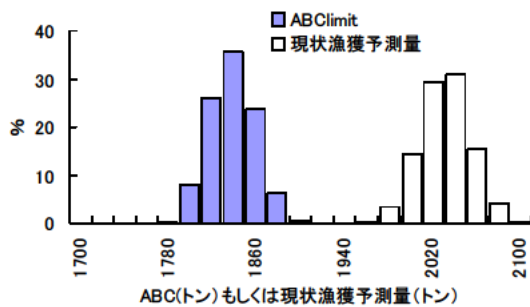


図19 加入量の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるABClimitと現状漁獲予測量の頻度分布

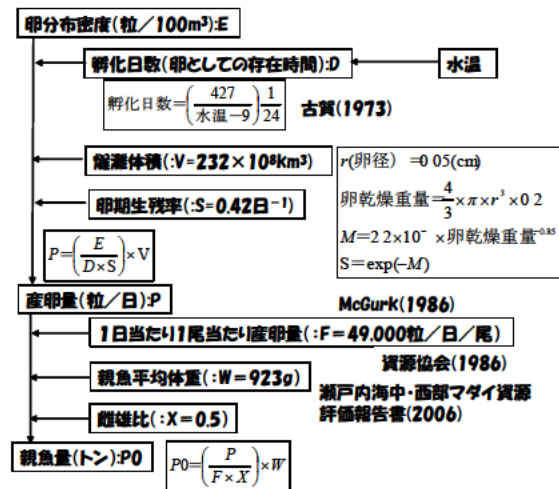


図21 マダイ親魚量推定法

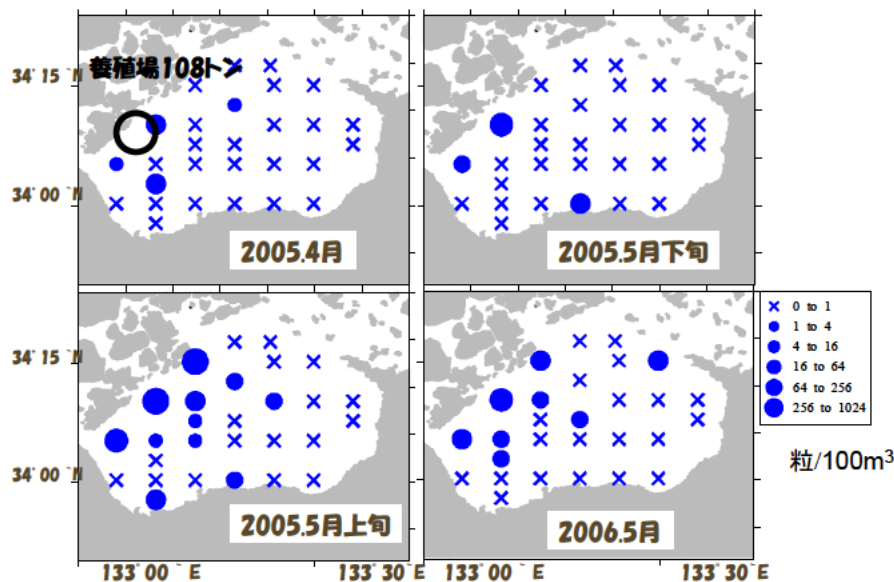


図20 燧灘におけるマダイ初期発生卵分布(しらふじ丸調査結果)

附表1 瀬戸内海中・西部系群マダイの漁獲量(トン)、放流数(千尾)、養殖量(トン)
小型底曳網および吾智網のCPUE(kg/出漁日数)および努力量(出漁日数)、標本定置網CPUE(尾/出漁日数)

年	漁獲量	放流数	養殖量	CPUE (小底)	努力量	年	漁獲量	放流数	養殖量	CPUE (小底)	努力量	CPUE (吾智網)	努力量	標本定置網 CPUE
1952	2888	-	-	-	1981	2963	1145	265	0.72	648573				
1953	4552	-	-	-	1982	3037	1941	252	1.24	653764				
1954	3825	-	-	-	1983	2841	3196	297	1.14	634269				
1955	3463	-	-	-	1984	3351	2409	251	1.75	645659				
1956	3504	-	-	-	1985	3197	1301	231	2.22	575857				
1957	3359	-	-	-	1986	3008	3011	101	2.03	557396				
1958	2995	-	-	-	1987	3104	4604	406	2.12	564863				
1959	2616	-	-	-	1988	3069	3252	658	2.29	559620				
1960	2547	-	-	-	1989	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	715095	1997	2828	2729	1110	2.76	461875	22.79	32379	
1969	2107	-	-	0.09	632084	1998	2684	2594	1310	2.49	454987	24.75	32931	
1970	1715	-	8	0.27	599295	1999	2842	2494	1327	2.52	433293	24.98	34343	
1971	1801	-	16	0.21	630356	2000	2904	1672	1382	2.63	425874	23.11	34311	3.50
1972	1737	-	19	0.22	674944	2001	2616	2614	1326	2.33	417031	13.98	54432	2.80
1973	1764	-	19	0.40	600716	2002	2655	2907	1525	2.50	406323	17.31	52499	0.03
1974	1894	-	15	0.57	629814	2003	2712	2109	1526	2.43	378825	18.38	49646	0.93
1975	2440	-	23	0.95	640510	2004	2585	2329	1622	2.60	359732	19.70	49488	0.01
1976	2629	-	15	0.83	626597	2005	2714	2044	1554	2.67	345488	-	-	
1977	2529	904	58	0.79	626727	2006	2386	-	-	-	-	-	-	
1978	2219	879	62	0.46	669456									
1979	2460	1271	180	0.44	674799									
1980	2873	834	208	0.71	634928									

附表2 瀬戸内海中・西部系群マダイの尾叉長別年齢組成割合

-1997年用																	2000年用																	2004年用																
体長階級 年齢																	体長階級 年齢																	体長階級 年齢																
(mm)	0	1	2	3	4	5	6+	(mm)	0	1	2	3	4	5	6+	(mm)	0	1	2	3	4	5	6+	(mm)	0	1	2	3	4	5	6+																			
-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
140	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140	0.97	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
160	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	160	0.96	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	160	0.96	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	160	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
180	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	180	0.93	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180	0.93	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180	0.70	0.29	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00																			
200	0.00	0.97	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	200	0.18	0.79	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	200	0.03	0.90	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	200	0.03	0.90	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00																			
220	0.00	0.78	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	220	0.00	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	220	0.00	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	220	0.00	0.98	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00																			
240	0.00	0.20	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	240	0.00	0.42	0.56	0.02	0.00	0.00	0.00	240	0.00	0.42	0.56	0.02	0.00	0.00	0.00	240	0.00	0.73	0.24	0.03	0.00	0.00	0.00																			
260	0.00	0.01	0.95	0.04	0.00	0.00	0.00	260	0.00	0.13	0.76	0.10	0.00	0.00	0.00	260	0.00	0.13	0.76	0.10	0.00	0.00	0.00	260	0.00	0.40	0.48	0.11	0.00	0.00	0.00																			
280	0.00	0.00	0.66	0.32	0.01	0.00	0.00	280	0.00	0.03	0.53	0.40	0.04	0.01	0.00	280	0.00	0.03	0.53	0.40	0.04	0.01	0.00	280	0.00	0.09	0.57	0.29	0.02	0.01	0.01																			
300	0.00	0.00	0.14	0.75	0.08	0.02	0.01	300	0.00	0.00	0.10	0.67	0.19	0.03	0.00	300	0.00	0.00	0.10	0.67	0.19	0.03	0.00	300	0.00	0.01	0.41	0.46	0.07	0.03	0.02																			
320	0.00	0.00	0.01	0.65	0.26	0.05	0.02	320	0.00	0.00	0.00	0.01	0.52	0.39	0.08	0.00	0.00	0.00	0.01	0.52	0.39	0.08	0.00	320	0.00	0.00	0.21	0.50	0.16	0.09	0.04																			
340	0.00	0.00	0.00	0.30	0.52	0.13	0.05	340	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.52	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.52	0.18	0.00	340	0.00	0.00	0.07	0.36	0.31	0.18	0.08																			
360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.55	0.27	0.11	360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.38	0.00	0.00	360	0.00	0.00	0.02	0.16	0.41	0.29	0.12																			
380	0.00	0.00	0.00	0.01	0.31	0.46	0.22	0.11	380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.31	0.65	0.00	0.00	0.00	0.04	0.31	0.65	0.00	380	0.00	0.00	0.00	0.05	0.41	0.37	0.16																			
400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.56	0.36	0.00	400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.87	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.87	0.00	400	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.34	0.42																			
420	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	420	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.93	0.04	0.00	0.00	0.00	0.03	0.93	0.04	420	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.42																			
440	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	440	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.28	0.00	440	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.36																			
460	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	460	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.78	0.00	460	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.26																			
480	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	480	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	0.00	480	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14																			
500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.97	500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.96																			
520	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	520	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	520	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02																			
540	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	540	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	540	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01																			
560-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	560-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	560-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	560-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
1998年用																	2001-2002年用																	2003年用																
(mm)	0	1	2	3	4	5	6+	(mm)	0	1	2	3	4	5	6+	(mm)	0	1	2	3	4	5	6+	(mm)	0	1	2	3	4	5	6+																			
-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-120	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
140	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140	0.98	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140	0.98	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
160	0.59	0.25	0.03	0.13	0.00	0.00	0.00	160	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	160	0.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	160	0.97	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																			
180	0.96	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	180	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	180	0.80	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	180	0.80	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00																			
200	0.62	0.29	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	200	0.00	0.95	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	200	0.00	0.98	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	200	0.08	0.83	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00																			
220	0.00	0.67	0.27	0.06	0.00	0.00	0.00	220	0.00	0.81	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	220	0.00	0.80	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00	220	0.00	0.80	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00																			
240	0.00	0.46	0.43	0.10	0.01	0.00	0.00	240	0.00	0.48	0.47	0.05	0.00	0.00	0.00	240	0.00	0.53	0.39	0.08	0.00	0.00	0.00	240	0.00	0.53	0.39	0.08	0.00	0.00	0.00																			
260	0.00	0.19	0.54	0.22	0.06	0.00	0.00	260	0.00	0.18	0.66	0.15	0.00	0.00	0.00	260	0.00	0.28	0.50	0.20	0.01	0.00	0.00	260	0.00	0.28	0.50	0.20	0.01	0.00	0.00																			
280	0.00	0.03	0.35	0.42	0.19	0.00	0.00	280	0.00	0.04	0.55	0.37	0.04	0.00	0.00	280	0.00	0.09	0.45	0.37	0.07	0.00	0.01	280	0.00	0.09	0.45	0.37	0.07	0.00	0.01																			
300	0.00	0.00	0.08	0.50	0.39	0.03	0.00	300	0.00	0.01	0.21	0.58	0.19	0.01	0.00	300	0.00	0.02	0.25	0.46	0.23	0.02	0.02	300	0.00	0.02	0.25	0.46	0.23	0.02	0.02																			
320	0.00	0.00	0.01	0.40	0.50	0.08	0.00	320	0.00	0.00	0.03	0.48	0.43	0.06	0.01	320	0.00	0.00	0.09	0.37	0.43	0.07	0.04	320	0.00	0.00	0.09	0.37	0.43	0.07	0.04																			
340	0.00	0.00	0.00	0.27	0.51	0.20	0.02	340	0.00	0.00	0.00	0.26	0.55	0.18	0.01	340	0.00	0.00	0.02	0.22	0.50	0.19	0.07	340	0.00	0.00	0.02	0.22	0.50	0.19	0.07																			
360	0.00	0.00	0.00	0.15	0.40	0.39	0.06	360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.46	0.41	0.02	360	0.00	0.00	0.00	0.11	0.38	0.38	0.12	360	0.00	0.00	0.00	0.11	0.38	0.38	0.12																		
380	0.00	0.00	0.00	0.06	0.22	0.54	0.17	380	0.00	0.00	0.00	0.04	0.24	0.67	0.05	380	0.00	0.00	0.00	0.04	0.19	0.57	0.21	380	0.00	0.00	0.00	0.04																						

附表3 瀬戸内海中・西部系群マダイの漁法別漁獲量割合

-1981年用				1985年用				1989年用				1993-1995年用				2001年用			
約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量			
0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00
1歳	0.28	0.06	0.00	1歳	0.09	0.32	0.00	1歳	0.49	0.05	0.04	1歳	0.36	0.05	0.40	1歳	0.36	0.05	0.35
2歳	0.28	0.32	0.21	2歳	0.38	0.32	0.32	2歳	0.08	0.30	0.11	2歳	0.05	0.30	0.00	2歳	0.00	0.27	0.37
3歳	0.17	0.23	0.23	3歳	0.25	0.17	0.17	3歳	0.02	0.38	0.25	3歳	0.06	0.38	0.12	3歳	0.01	0.24	0.08
4歳	0.08	0.09	0.17	4歳	0.15	0.06	0.06	4歳	0.02	0.21	0.28	4歳	0.06	0.21	0.20	4歳	0.00	0.19	0.05
5歳	0.08	0.09	0.15	5歳	0.07	0.05	0.05	5歳	0.01	0.06	0.19	5歳	0.06	0.06	0.37	5歳	0.00	0.08	0.01
6歳以上	0.10	0.19	0.19	6歳以上	0.07	0.08	0.08	6歳以上	0.04	0.01	0.12	6歳以上	0.07	0.01	0.32	6歳以上	0.00	0.03	0.01

1996年用				1999年用				2002年用				2005年用				2008年用			
約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量			
0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.17	0.00	0.00	0歳	0.22	0.00	0.00	0歳	0.20	0.00	0.05
1歳	0.29	0.11	0.31	1歳	0.18	0.20	0.04	1歳	0.68	0.11	0.38	1歳	0.28	0.16	0.11	1歳	0.27	0.18	0.11
2歳	0.40	0.27	0.29	2歳	0.44	0.14	0.14	2歳	0.05	0.32	0.02	2歳	0.18	0.35	0.23	2歳	0.15	0.27	0.32
3歳	0.15	0.17	0.13	3歳	0.19	0.15	0.15	3歳	0.07	0.38	0.25	3歳	0.10	0.30	0.26	3歳	0.10	0.23	0.22
4歳	0.07	0.10	0.05	4歳	0.08	0.13	0.28	4歳	0.03	0.21	0.28	4歳	0.06	0.09	0.21	4歳	0.08	0.16	0.16
5歳	0.04	0.06	0.06	5歳	0.06	0.14	0.19	5歳	0.01	0.06	0.19	5歳	0.05	0.06	0.11	5歳	0.07	0.11	0.08
6歳以上	0.04	0.15	0.24	6歳以上	0.05	0.24	0.23	6歳以上	0.02	0.01	0.12	6歳以上	0.11	0.04	0.08	6歳以上	0.13	0.05	0.06

1997年用				1999年用				2003年用				2006年用				2009年用			
約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量			
0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.55	0.00	0.00	0歳	0.20	0.00	0.00	0歳	0.20	0.00	0.00
1歳	0.39	0.05	0.05	1歳	0.17	0.04	0.02	1歳	0.24	0.27	0.11	1歳	0.27	0.18	0.11	1歳	0.27	0.18	0.11
2歳	0.46	0.10	0.41	2歳	0.50	0.38	0.11	2歳	0.05	0.27	0.23	2歳	0.15	0.27	0.23	2歳	0.15	0.27	0.23
3歳	0.09	0.22	0.16	3歳	0.19	0.22	0.29	3歳	0.08	0.38	0.29	3歳	0.10	0.23	0.26	3歳	0.10	0.23	0.26
4歳	0.03	0.19	0.08	4歳	0.07	0.12	0.28	4歳	0.04	0.21	0.28	4歳	0.08	0.16	0.21	4歳	0.08	0.16	0.21
5歳	0.02	0.20	0.09	5歳	0.04	0.09	0.23	5歳	0.03	0.06	0.23	5歳	0.07	0.11	0.11	5歳	0.07	0.11	0.08
6歳以上	0.02	0.26	0.15	6歳以上	0.03	0.15	0.07	6歳以上	0.03	0.01	0.07	6歳以上	0.13	0.05	0.08	6歳以上	0.13	0.05	0.06

1994年用				1997年用				2000年用				2003年用				2006年用			
約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量			
0歳	0.01	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.17	0.00	0.00	0歳	0.22	0.00	0.00	0歳	0.20	0.00	0.00
1歳	0.40	0.04	0.29	1歳	0.23	0.13	0.04	1歳	0.16	0.05	0.02	1歳	0.28	0.16	0.11	1歳	0.27	0.18	0.11
2歳	0.43	0.24	0.22	2歳	0.32	0.11	0.35	2歳	0.23	0.30	0.25	2歳	0.18	0.35	0.23	2歳	0.18	0.35	0.23
3歳	0.14	0.13	0.15	3歳	0.13	0.16	0.20	3歳	0.08	0.38	0.28	3歳	0.10	0.30	0.26	3歳	0.10	0.30	0.26
4歳	0.05	0.10	0.05	4歳	0.19	0.19	0.19	4歳	0.14	0.38	0.28	4歳	0.06	0.09	0.21	4歳	0.06	0.09	0.21
5歳	0.03	0.15	0.05	5歳	0.08	0.13	0.07	5歳	0.07	0.21	0.16	5歳	0.05	0.16	0.11	5歳	0.05	0.16	0.11
6歳以上	0.04	0.29	0.03	6歳以上	0.04	0.13	0.13	6歳以上	0.04	0.01	0.00	6歳以上	0.03	0.05	0.08	6歳以上	0.03	0.05	0.08

1994年用				1997年用				2000年用				2003年用				2006年用			
約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量			
0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.17	0.00	0.00	0歳	0.22	0.00	0.00	0歳	0.20	0.00	0.00
1歳	0.39	0.05	0.05	1歳	0.17	0.04	0.02	1歳	0.24	0.27	0.11	1歳	0.28	0.16	0.11	1歳	0.27	0.18	0.11
2歳	0.46	0.10	0.41	2歳	0.50	0.38	0.11	2歳	0.05	0.27	0.23	2歳	0.18	0.35	0.23	2歳	0.15	0.27	0.23
3歳	0.09	0.22	0.16	3歳	0.13	0.16	0.20	3歳	0.08	0.38	0.29	3歳	0.10	0.30	0.26	3歳	0.10	0.23	0.26
4歳	0.03	0.19	0.08	4歳	0.07	0.12	0.28	4歳	0.04	0.21	0.28	4歳	0.06	0.09	0.21	4歳	0.08	0.16	0.21
5歳	0.02	0.20	0.09	5歳	0.04	0.09	0.23	5歳	0.03	0.06	0.23	5歳	0.05	0.16	0.11	5歳	0.07	0.11	0.08
6歳以上	0.02	0.26	0.15	6歳以上	0.03	0.15	0.07	6歳以上	0.03	0.01	0.07	6歳以上	0.11	0.04	0.08	6歳以上	0.13	0.05	0.06

1994年用				1997年用				2000年用				2003年用				2006年用			
約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量			
0歳	0.01	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.17	0.00	0.00	0歳	0.22	0.00	0.00	0歳	0.20	0.00	0.00
1歳	0.40	0.04	0.29	1歳	0.23	0.13	0.04	1歳	0.16	0.05	0.02	1歳	0.28	0.16	0.11	1歳	0.27	0.18	0.11
2歳	0.43	0.24	0.22	2歳	0.32	0.11	0.35	2歳	0.23	0.30	0.25	2歳	0.18	0.35	0.23	2歳	0.15	0.27	0.23
3歳	0.14	0.13	0.15	3歳	0.13	0.16	0.20	3歳	0.08	0.38	0.29	3歳	0.10	0.30	0.26	3歳	0.10	0.23	0.26
4歳	0.05	0.10	0.05	4歳	0.19	0.19	0.19	4歳	0.14	0.38	0.28	4歳	0.06	0.09	0.21	4歳	0.08	0.16	0.21
5歳	0.03	0.15	0.05	5歳	0.08	0.13	0.07	5歳	0.07	0.21	0.16	5歳	0.05	0.16	0.11	5歳	0.07	0.11	0.08
6歳以上	0.04	0.29	0.03	6歳以上	0.04	0.13	0.13	6歳以上	0.04	0.01	0.00	6歳以上	0.03	0.05	0.08	6歳以上	0.13	0.05	0.06

-1982年用				-2004年用				2005年用				2008年用				2009年用			
約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量				約 音 量			
0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.00	0.00	0.00	0歳	0.22	0.00	0.00	0歳	0.22	0.00	0.00	0歳	0.20	0.00	0.00
1歳	0.49	0.08	0.35	1歳	0.38	0.09	0.35	1歳	0.28	0.16	0.11	1歳	0.28	0.16	0.11	1歳	0.27	0.18	0.11
2歳	0.08	0.27	0.37	2歳	0.00	0.02	0.27	2歳	0.18	0.35	0.23	2歳	0.18	0.35	0.23	2歳	0.15	0.27	0.23
3歳	0.02	0.08	0.08	3歳	0.12	0.01	0.34	3歳	0.10	0.30	0.26	3歳	0.10	0.30	0.26	3歳	0.10	0.23	0.22
4歳	0.02	0.02	0.05	4歳	0.20	0.00	0.19	4歳	0.06	0.09	0.21	4歳	0.06	0.09	0.21	4歳	0.08	0.16	0.16
5歳	0.01	0.01	0.01	5歳	0.37	0.00	0.08	5歳	0.05	0.06	0.11	5歳	0.05	0.06	0.11	5歳	0.07	0.11	0.08
6歳以上	0.04	0.04	0.01	6歳以上	0.32	0.00	0.03	6歳以上	0.11	0.04	0.07	6歳以上	0.11	0.04	0.07	6歳以上	0.13	0.05	0.06

附表4 瀬戸内海中・西部系群マダイの漁獲尾数(万尾)、漁獲量(トン)

漁獲尾数										漁獲量									
年＼年齢										年＼年齢									
1977	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	合計		1977	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	合計	
1977	168	201	82	49	24	22	36	582		1977	59	448	309	300	195	247	970	2529	
1978	145	164	72	45	21	20	32	498		1978	51	366	271	273	175	224	860	2219	
1979	164	181	79	50	24	22	35	554		1979	58	402	297	303	196	254	949	2460	
1980	209	225	89	56	27	26	41	673		1980	74	503	336	339	222	291	1107	2873	
1981	213	230	94	59	27	26	43	691		1981	75	512	354	358	227	290	1147	2963	
1982	209	277	127	53	28	21	40	756		1982	74	618	480	320	235	242	1067	3037	
1983	231	301	129	43	24	22	33	784		1983	82	671	488	261	202	251	885	2841	
1984	280	344	135	48	26	24	45	901		1984	99	768	509	291	212	272	1200	3351	
1985	271	336	102	50	32	26	41	859		1985	96	750	386	305	264	294	1103	3197	
1986	264	354	115	45	24	19	37	858		1986	93	789	436	276	199	213	1002	3008	
1987	266	321	123	41	22	22	43	838		1987	94	716	463	250	179	247	1155	3104	
1988	284	369	138	54	27	18	32	923		1988	100	823	520	329	227	202	867	3069	
1989	283	344	107	52	29	19	34	868		1989	100	766	402	318	241	212	923	2962	
1990	298	347	97	43	27	23	39	873		1990	105	773	365	260	222	259	1051	3036	
1991	227	268	105	45	24	20	34	723		1991	80	597	398	274	201	223	912	2684	
1992	307	341	89	56	40	25	35	892		1992	109	761	335	339	329	284	936	3091	
1993	274	306	70	60	46	27	30	814		1993	97	682	265	363	382	311	808	2908	
1994	287	308	67	56	43	26	29	817		1994	101	687	253	341	360	300	785	2827	
1995	227	258	64	57	45	27	28	706		1995	80	574	241	349	372	310	758	2684	
1996	306	342	75	59	44	26	31	881		1996	108	762	283	357	360	290	829	2988	
1997	255	289	71	62	46	27	29	778		1997	90	644	269	374	379	300	772	2828	
1998	415	150	76	87	54	28	23	833		1998	147	334	285	527	451	317	623	2684	
1999	275	158	84	89	59	40	22	727		1999	97	353	317	539	485	455	596	2842	
2000	155	168	134	112	63	35	14	680		2000	55	375	504	677	525	394	374	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	129	94	83	60	45	33	34	477		2004	45	210	314	365	369	378	904	2585	
2005	90	90	94	75	52	32	33	466		2005	32	201	353	454	430	364	880	2714	
2006	35	107	77	58	41	29	30	378		2006	12	240	292	350	339	334	818	2386	

附表5 瀬戸内海中・西部系群マダイの資源尾数(万尾)、資源量(トン)

資源尾数										資源量									
年／年齢										年／年齢									
1977	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上合計			1977	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上合計		
1978	1216	627	352	227	144	94	151	2766		1978	430	1398	1330	1376	1134	1035	4074	10857	
1979	1255	704	348	231	150	102	160	2950		1979	444	1570	1315	1404	1241	1152	4298	11425	
1980	1394	715	394	221	149	105	168	3146		1980	493	1594	1488	1344	1236	1186	4510	11851	
1981	1446	772	363	251	135	101	168	3237		1981	512	1721	1370	1521	1121	1147	4531	11922	
1982	1465	804	404	220	157	89	165	3304		1982	518	1793	1525	1334	1303	1008	4436	11917	
1983	1469	820	387	224	137	107	158	3301		1983	520	1827	1461	1358	1134	1208	4255	11763	
1984	1539	805	378	208	149	93	173	3344		1984	544	1793	1427	1261	1235	1055	4649	11965	
1985	1608	811	327	195	131	102	161	3337		1985	569	1809	1237	1183	1086	1159	4342	11385	
1986	1535	866	340	182	118	81	161	3284		1986	543	1930	1284	1108	979	922	4333	11099	
1987	1540	822	367	181	112	78	153	3254		1987	545	1833	1388	1098	929	880	4119	10791	
1988	1570	824	362	197	115	75	135	3277		1988	555	1836	1368	1198	950	847	3639	10393	
1989	1625	829	320	179	117	72	131	3273		1989	575	1848	1211	1086	967	811	3531	10029	
1990	1483	867	347	173	103	72	122	3167		1990	525	1933	1312	1047	851	813	3296	9777	
1991	1439	759	374	204	106	62	107	3052		1991	509	1692	1415	1240	879	704	2879	9318	
1992	1455	788	360	219	131	67	93	3113		1992	514	1757	1359	1331	1083	763	2517	9323	
1993	1423	732	317	222	134	74	81	2983		1993	504	1632	1199	1348	1107	836	2174	8800	
1994	1451	738	305	203	132	70	78	2977		1994	513	1645	1151	1233	1096	798	2090	8527	
1995	1625	746	307	196	120	72	74	3140		1995	575	1664	1160	1188	991	813	1989	8380	
1996	1628	914	359	201	112	60	72	3346		1996	576	2037	1355	1218	930	676	1935	8727	
1997	1371	851	416	234	115	55	59	3101		1997	485	1897	1572	1420	954	621	1595	8543	
1998	1658	719	413	286	141	55	46	3317		1998	586	1602	1561	1734	1166	624	1226	8499	
1999	1303	781	432	279	161	69	38	3063		1999	461	1741	1634	1694	1335	779	1021	8665	
2000	1178	656	474	288	154	82	33	2865		2000	417	1461	1791	1746	1275	932	883	8504	
2001	1669	670	367	277	140	72	52	3247		2001	590	1494	1385	1683	1161	812	1409	8534	
2002	1222	974	376	245	155	68	57	3097		2002	432	2171	1419	1490	1282	773	1529	9097	
2003	1019	675	389	245	152	95	73	2648		2003	360	1505	1472	1489	1254	1076	1954	9110	
2004	893	544	367	241	145	86	86	2363		2004	316	1213	1385	1464	1204	969	2316	8869	
2005	862	499	345	233	148	82	83	2252		2005	305	1112	1302	1414	1228	927	2242	8530	
2006	244	509	313	205	128	77	80	1556		2006	86	1136	1181	1244	1059	876	2147	7729	

附表6 瀬戸内海中・西部系群マダイの漁獲係数(1/年)、資源量(トン)、漁獲割合(%)、親魚量(トン)
 加入量(万尾)、RPS(万尾/トン)、添加効率

漁獲係数	資源量 漁獲割合 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	0.20	0.41	0.29	0.27	0.21	0.30	0.30	10857	23.3	6923
1978	0.16	0.35	0.25	0.24	0.17	0.26	0.26	10870	20.4	7023
1979	0.17	0.34	0.28	0.27	0.19	0.27	0.27	11425	21.5	7394
1980	0.20	0.44	0.28	0.32	0.22	0.31	0.31	11851	24.2	7604
1981	0.20	0.41	0.33	0.30	0.25	0.32	0.32	11922	24.9	7559
1982	0.19	0.49	0.42	0.30	0.22	0.30	0.30	11917	25.5	7413
1983	0.21	0.53	0.45	0.24	0.22	0.26	0.26	11763	24.2	7275
1984	0.25	0.66	0.49	0.29	0.21	0.33	0.33	11965	28.0	7570
1985	0.23	0.63	0.41	0.33	0.31	0.32	0.32	11385	28.1	7179
1986	0.23	0.62	0.46	0.32	0.25	0.29	0.29	11099	27.1	6788
1987	0.24	0.58	0.45	0.28	0.24	0.36	0.36	10791	28.8	6476
1988	0.25	0.70	0.53	0.35	0.30	0.30	0.30	10393	29.5	6035
1989	0.24	0.63	0.45	0.38	0.32	0.33	0.33	10029	29.5	5852
1990	0.28	0.80	0.36	0.32	0.33	0.43	0.43	9777	31.1	5484
1991	0.21	0.51	0.37	0.28	0.29	0.42	0.42	9318	28.8	5082
1992	0.30	0.67	0.31	0.32	0.40	0.52	0.52	9323	33.2	5028
1993	0.27	0.64	0.28	0.35	0.47	0.52	0.52	8800	33.0	4791
1994	0.27	0.84	0.27	0.36	0.44	0.53	0.53	8527	33.2	4601
1995	0.19	0.49	0.26	0.39	0.53	0.54	0.54	8380	32.0	4386
1996	0.26	0.55	0.26	0.38	0.55	0.63	0.63	8727	34.2	4150
1997	0.26	0.48	0.21	0.34	0.57	0.75	0.75	8543	33.1	3879
1998	0.36	0.27	0.22	0.40	0.55	0.81	0.81	8499	31.6	3883
1999	0.30	0.26	0.24	0.42	0.50	1.01	1.01	8665	32.8	3982
2000	0.17	0.34	0.37	0.55	0.59	0.62	0.62	8504	34.1	3962
2001	0.15	0.34	0.23	0.41	0.55	0.61	0.61	8534	30.7	4223
2002	0.20	0.68	0.26	0.31	0.32	0.37	0.37	9097	29.2	4330
2003	0.24	0.37	0.31	0.35	0.40	0.50	0.50	9110	29.8	5029
2004	0.19	0.22	0.28	0.32	0.41	0.55	0.55	8869	29.2	5222
2005	0.14	0.23	0.35	0.43	0.48	0.56	0.56	8530	31.8	5103
2006	0.19	0.27	0.31	0.37	0.43	0.54	0.54	7729	30.9	4704
										244
										0.05
										-

附表7 瀬戸内海中・西部系群マダイ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	1829	2021
中央値	1829	2021
標準偏差	20	23
範囲	129	144
最小	1761	1945
最大	1890	2089
試行回数	1000	1000
変動係数	1.11	1.13

附表8 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	35	0	0.69	0.39	0.17	0.13
1	223	0	1.00	0.24	0.24	0.19
2	378	0	1.16	0.17	0.28	0.22
3	607	0.5	1.35	0.17	0.32	0.26
4	828	1	1.58	0.17	0.38	0.30
5	1133	1	1.97	0.17	0.47	0.38
6-	2692	1	1.97	0.17	0.47	0.38