

平成22年度マダイ瀬戸内海東部系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研究所（小畑泰弘）

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、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所、香川県水産試験場

要 約

瀬戸内海東部系群のマダイ資源量は1977年以降増加傾向が続き、1984年に2,267トンまで増加した。1992年に1,919トンまで低下したものの、1994年以降急増し、2009年には5,333トンと推定された。資源水準は高位、資源動向は増加と判断した。

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 F_{msy} を採用した。ABC算定のための基本規則（平成22年度）の1-1)・(1)を適用して $F_{limit} = F_{msy}$ のときの漁獲量を ABC_{limit} 、 $F_{target} = F_{msy} \times 0.8$ のときの漁獲量を ABC_{target} とした。なお種苗放流数、0歳魚の添加効率（放流種苗が漁業に加入する割合）については過去5年間（2004～2008年）の平均値を各々90万尾、48%と仮定した。

	2011年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	21百トン	F_{msy}	0.97	43.9%
ABC_{target}	18百トン	$0.8F_{msy}$	0.78	37.4%

漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 、F値は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
2008	50	18	0.81	36.4%
2009	53	21	0.85	39.8%
2010	50	-	-	-

F値は1歳における値。

水準：高位

動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向(中国四国農政局統計部)、2008年県別漁業別魚種別漁獲量、2009年速報値(農林水産省) 生物情報収集調査、漁場別漁獲状況調査 ・漁場別漁獲状況調査(和歌山県) ・漁法別年齢測定調査(和歌山県)
自然死亡係数(M)	年齢別年当たり $M=0.39$ (0歳魚)、 0.24 (1歳魚)、 0.17 (2歳以降) とした(島本 1999)。
漁獲努力量指数	瀬戸内海区及び太平洋南区における漁業動向(中国四国農政局統計部)
放流尾数	栽培漁業種苗生産、入手・放流実績(水産庁・(社)日本栽培漁業協会、(独)水産総合研究センター)
混入率	0歳魚の標識率補正済み混入率(和歌山、兵庫県)

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、792～1,767千尾にのぼる(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、漁獲量の75%に相当する養殖量がある(2008年1,287トン、うち香川県が1,248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)。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。

(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。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、瀬戸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)。

(4) 被捕食関係

甲殻類のほか多毛類、尾虫類、魚類を主な餌とする (島本 1999)。稚幼魚期には魚食性魚に捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

戦前は主に一本釣り、吾智網、しぼり網などによって大型サイズのもの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。2009年においては小型底曳網での漁獲が全体の49%を占め、吾智網 (18%)、小型定置網 (13%)、刺網 (10%)、釣り (9%) 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754～1,196トンでほぼ安定していたが、1999年に1,667トンに急増し、2009年には2,122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。なお、2007年以降出漁日数は統計情報部の組織改編にともなう統計情報の整理により公表されていない。

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 (F) は同じ年では等しいと仮定した。2009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。2009年の5歳魚のFと6歳以上魚のFが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2参照)。

(2) 資源量指標値の推移

主要漁業種である小型底曳網のCPUE (kg/出漁日数) は1970年に0.09であったが、1984

年には1.27と急増し、2006年には2.67となった（図7）。漁獲の大部分を占める1歳魚の増加がCPUEの増加に反映していると考えられる。

（3）漁獲物の年齢組成（図8）

1977～1994年までは島本（1999）が作成した年別年齢別漁獲尾数を使用した。1995年以降は漁法別漁獲量（附表2）と漁法別年齢別漁獲尾数割合（附表3）をもとに年齢別漁獲尾数を算出した。1995年は1996年の漁法別年齢別漁獲尾数割合を用いた。1996～2003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算出に使用した。2004～2009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算出に使用した。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。2009年には0、1歳魚が漁獲物の70%を占めている（附表4）。

（4）資源量と漁獲割合の推移（図9、10、11、12、13）

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2,267トンまで増加した。1992年に1,919トンまで低下したものの、1994年以降急増し、2009年には5,333トンと推定された（図9、附表5、6）。漁獲割合は34.6～53.8%であった（図9、附表6）。

2009年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は1,925万尾と推定された（附表5）。年齢別の資源尾数割合は、0歳：46.1%、1歳：28.9%、2歳：13.8%、3歳：5.8%、4歳：3.2%、5歳：1.3%、6歳以上：0.9%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の88.8%を占めている。

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1990～1992年に減少した。その後、増加傾向に転じ、1997年には1,334万尾となったが、2009年は887万尾と減少した。親魚量（3歳魚の資源量×0.5+4歳魚以上の資源量）は1999年以降漸増しており、2009年には2,257トンとなった（図10）。

RPS（天然魚加入量／親魚量）は1994年から1999年に低下し、それ以降は横ばい傾向にある（附表6、図11）。

瀬戸内海東部海域では毎年約90万尾（2004～2008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。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歳時の混入率（漁獲物に占める放流魚の割合）は1985～1989年において1.20～2.36%と計算されている（1985年から2.36%、1.20%、1.33%、1.20%、1.62%）。1993～2007年（2006年は欠測、2004年および2007年は補正なし）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および平成21年度栽培漁業ブロック会議資料）では0歳魚の放流時の標識率で補正した混入率は0.6～6.75%であった（1993年から2005年は1.41%、1.01%、1.66%、6.75%、3.19%、1.51%、0.6%、0.8%、1.32%、1.25%、1.16%、4.92%、0.69%、2007年は3.73%）。兵庫県の調査による標識率で補正した混入率

は、2003年は1.75%、2004年は15.40%（標本数が少なく参考値にとどめる）、2005年は6.19%、2006年は欠測、2007年は7.59%、2008年は3.02%、2009年は3.31%であった。2003年、2005年、2007年の混入率は、和歌山と兵庫県の平均値を使用した。2004年は和歌山県の値を、2006年の値は2005年と2007年の平均値を使用した（附表6）。

以下の式より各年の0歳時の添加効率（ K_y ）を計算した。

0歳時の添加効率＝0歳魚の混入率／種苗放流尾数×新規加入量

0歳時の添加効率を8～63%（ただし、1997～1984年は1985年の20%を、1990～1992年は1989年の16%を使用した）として（附表6）、親魚量と放流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。放流種苗の添加を含めた y 年における0歳魚資源尾数（ R_y ）は以下の式で表すことができる。

$$R_y = 23,853 \times SSB \times \exp(-0.000766 \times SSB) + Ar \times K_y / 100 \quad (1)$$

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種苗放流尾数である。データは放流データが揃っている1977～2008年を使用した。推定された親魚量と加入量の関係を図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、親魚量の推定値と傾向は大きな影響を受けない。

なお、添加効率は混入率や加入量の推定値の不確かさに影響される。本報で報告された添加効率は非常に不確かな値であるので、他の調査、研究の目的で使用する際には十分な注意をしていただきたい。

（5）資源水準・動向

過去33年間のコホート解析により、2009年の資源水準は高位であり、資源動向は増加と判断した。Blimitについては、再生産関係における最大加入量(R_{max})の50%である572万尾が得られるSSBとし、添加効率を48%（2004～2008年の平均値）として、(1)式より求めると303トンであった。2009年のSSBは2,257トンであり $B > B_{limit}$ である。

（6）資源と漁獲の関係（図14、15、16、17）

1977年以降の小型底曳網の出漁日数と親魚量の間には負の相関関係があった（図14；親魚量 $=85,240 \times \exp(-0.0908 \times \text{小型底曳網出漁日数(万日)})$ 、 $r^2=0.84$ ）。

近年、0歳魚のF値が減少している（図15）。親魚量と年齢別のF値のプロットを図16に示す。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歳魚の漁獲係数の関係を図17に示した。2009年の1歳魚の漁獲係数（ $F_{current}$ ）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ても漁獲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量の関係を考慮すると、資源が漁獲によって壊滅的な影響を受けている状況ではない。

（7）種苗放流効果

最近10年間（1999～2008年）における平均放流尾数は108万尾（79-177万尾）、平均混入率は2.4%（0.6-4.9%）であった（付表6）。資源に対する放流数の度合いを、放流尾数÷（0歳魚資源尾数-放流尾数×添加効率）で計算すると、その平均値は0.102（0.064-0.168）であった。混入率が低いのは資源に対する放流数が相対的に低いためであり、資源に対する種苗放流の直接的な効果は高くない。

5. 2011年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

過去33年間のコホート解析結果から判断して資源量は高位、増加である。資源量および親魚量と加入量の関係が利用でき、現在の親魚量は再生産関係からもとめた B_{limit} 以上であると考えられるので、ABC算定のための基本規則1-1)-(1)によってABCを算定する。式(1)の再生産曲線をもとにして、最大持続漁獲量を実現する資源管理目標 F_{msy} を F_{limit} として採用する。 F_{msy} の探索方法は以下のとおり。

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、 $SPR(F)$ の逆数の傾きを持ち原点を通る直線と（1）式の再生産曲線の交点（ $SSB(F)$, $R(F)$ ）を求めた（資源の平衡条件）。この F を用いて $YPR(F)$ を計算した。持続漁獲量 $SY(F)$ を $SY(F)=R(F) \times YPR(F)$ で計算し、 $SY(F)$ が最大となる F を探索した。加入量は(1)式の再生産曲線をもとに設定した。ただし、栽培対象種であるので毎年約90万尾（2004～2008年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を48%（2004～2008年の平均値）と仮定した。 F_{limit} （= F_{msy} 、1歳魚の値で代表）は0.97が得られた。資源水準は高位であるが、漁獲量が不正確であるので、不確実性を考慮して、 F_{target} は α を標準値の0.8とし $F_{target}=\alpha \times F_{msy}=0.8 \times 0.97=0.78$ とした。

（2）ABC並びに推定漁獲量の算定（図19）

前提：すべての年齢について2009年の F は $F_{current}$ とする。2010年の漁獲量は1,995トン、2010年以降の加入量は（1）式の再生産関係に従うとする。毎年約90万尾（2004～2008年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を48%（2004～2008年の平均値）と仮定した。2011年以降、 F_{limit} で管理した場合、2015年に期待される資源量は現在（2009年）の漁獲圧を継続した場合の0.87倍の資源水準となり、漁獲量は0.97倍となる。理論式から得られた結果として、2011年により多くの漁獲が得られる管理方策を提示したため、 F_{limit} による管理開始5年後の漁獲量が現在の漁獲圧による漁獲量を下回る結果となった。

	2011年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	21百トン	F_{msy}	0.97	43.9%
ABCtarget	18百トン	0.8 F_{msy}	0.78	37.4%

漁獲割合はABC／資源量、F値については1歳における値。

漁獲シナリオ		漁獲量 (トン)						
	管理基準	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
MSY水準の達成	F _{msy} (F=0.97)	2,122	1,995	2,117	1,865	1,773	1,757	1,778
		資源量 (トン)						
	管理基準	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
MSY水準の達成	F _{msy} (F=0.97)	5,333	5,055	4,819	4,279	4,048	3,996	4,041

漁獲量 (トン)								
F	管理基準	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.00		2,122	1,995	0	0	0	0	0
0.08	0.1F _{current}	2,122	1,995	250	375	498	613	689
0.17	0.2F _{current}	2,122	1,995	484	690	880	1,040	1,121
0.25	0.3F _{current}	2,122	1,995	705	952	1,169	1,331	1,385
0.34	0.4F _{current}	2,122	1,995	912	1,170	1,384	1,529	1,549
0.42	0.5F _{current}	2,122	1,995	1,107	1,349	1,541	1,660	1,655
0.51	0.6F _{current}	2,122	1,995	1,290	1,494	1,652	1,744	1,731
0.59	0.7F _{current}	2,122	1,995	1,462	1,609	1,725	1,795	1,788
0.68	0.8F _{current}	2,122	1,995	1,625	1,700	1,770	1,820	1,827
0.76	0.9F _{current}	2,122	1,995	1,777	1,769	1,792	1,823	1,846
0.85	1.0F _{current}	2,122	1,995	1,921	1,819	1,795	1,808	1,839
0.93	1.1F _{current}	2,122	1,995	2,056	1,853	1,783	1,777	1,804
1.02	1.2F _{current}	2,122	1,995	2,183	1,874	1,760	1,731	1,742
資源量 (トン)								
F	管理基準	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.00		5,333	5,052	4,807	7,682	11,025	14,186	16,707
0.08	0.1F _{current}	5,333	5,055	4,819	7,303	10,004	12,334	13,899
0.17	0.2F _{current}	5,333	5,055	4,819	6,919	9,052	10,719	11,610
0.25	0.3F _{current}	5,333	5,055	4,819	6,559	8,215	9,381	9,822
0.34	0.4F _{current}	5,333	5,055	4,819	6,222	7,478	8,274	8,443
0.42	0.5F _{current}	5,333	5,055	4,819	5,906	6,828	7,361	7,391
0.51	0.6F _{current}	5,333	5,055	4,819	5,610	6,254	6,603	6,590
0.59	0.7F _{current}	5,333	5,055	4,819	5,332	5,746	5,970	5,968
0.68	0.8F _{current}	5,333	5,055	4,819	5,071	5,293	5,430	5,463
0.76	0.9F _{current}	5,333	5,055	4,819	4,826	4,888	4,961	5,025
0.85	1.0F _{current}	5,333	5,055	4,819	4,595	4,523	4,544	4,619
0.93	1.1F _{current}	5,333	5,055	4,819	4,377	4,193	4,165	4,225
1.02	1.2F _{current}	5,333	5,055	4,819	4,172	3,893	3,815	3,836

F値および管理基準は1歳魚の値で代表。

(3) ABClimitの評価 (図20)

(1)式で示される再生産関係の誤差変動を考慮して将来予測シミュレーションを行い、10年後(2020年)の漁獲量の将来予測の変動幅、親魚量を2009年の水準およびBlimit以上に維持する確率をもとめ、漁獲シナリオの評価を行う。具体的には加入量 R_y の実測値と(1)式による計算値の誤差が正規分布に従うと仮定して、0歳魚の資源尾数の予測を

$$R_y = 23,853 \times SSB \times \exp(-0.000766 \times SSB) \times (1 + CV \times N(0,1)) + A_r \times K_y / 100$$

により行い、資源量、漁獲量の計算を1,000回試行した。ここで、CVは加入量の変動係数で0.169、 $N(0,1)$ は標準正規乱数である。いずれの漁獲シナリオでも10年後にBlimit以上の親魚量を100%維持できる。基準値が最大持続漁獲量を達成するために過剰な親魚量を削減する漁獲シナリオであるので、現状親魚量の維持は0%の確率にとどまる (図20)。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 ($F_{current}$ との比較)	漁獲割合	将来漁獲量		評価		2011 年 ABC
			10 年後	10 年平均	現状親魚量を維持 (10 年後)	Blimitを維持 (10 年後)	
基準値での漁獲 (F_{msy})	0.97 ($1.15F_{current}$)	43.9%	1,638 トン ～ 2,081 トン	1,856 トン	0%	100%	2,125 トン
基準値での漁獲の予防的措置** ($0.8F$ 基準値)	0.78 ($0.92F_{current}$)	37.4%	1,664 トン ～ 2,042 トン	1,835 トン	74%	100%	1,811 トン
							2011 年算定漁獲量
現状の漁獲圧の維持 ($F_{current}$)	0.85 ($1.00F_{current}$)	39.9%	1,697 トン ～ 2,101 トン	1,868 トン	13%	100%	1,921 トン
コメント ・当該資源に対する現状の漁獲圧でも持続的である。 ・中期的管理方針では、資源の維持を基本として管理することとされており、基準値での漁獲の予防的措置シナリオはこれと合致する。 ・基準値は資源の MSY 水準の達成を目指す F。							

$F_{current}$ は過去 3 年の平均。

将来漁獲量の幅は95%区間を示す。

漁獲割合はABC/資源量、F 値については1歳における値。

(4) ABCの再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2008年漁獲量確定値	2008年漁獲量の確定
2009年の年齢別漁獲尾数	データを追加してコホート解析を行ったことによる、2008年以前の年齢別資源尾数及び漁獲係数の更新

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2009年(当初)	Fmsy	0.88	5,043	1,822	1,521	2,122
2009年(2009年再評価)	Fmsy	0.87	4,133	1,721	1,630	
2009年(2010年再評価)	Fmsy	0.97	5,333	2,340	1,992	
2010年(当初)	Fmsy	0.87	4,143	1,686	1,431	
2010年(2010年再評価)	Fmsy	0.97	5,055	2,201	1,873	

F値および管理基準は1歳魚の値で代表。

6. 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、Fmsyで0歳魚を全面禁漁とした場合に得られる予測漁獲量、予測資源量は以下ようになる。

漁獲量 (トン)								
F	基準値	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.97	Flimit (0歳規制)	2,081	2,066	2,290	2,115	2,088	2,104	2,153
資源量 (トン)								
F	基準値	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.97	Flimit (0歳規制)	5,333	5,282	5,279	4,922	4,834	4,865	4,973

F値および管理基準は1歳魚の値で代表。

漁獲量の増加は0歳規制しないFlimitよりも迅速であり、2015年の漁獲量はFcurrentの1.17倍となる。

・養殖魚が親魚として再生産に関与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、養殖魚が親魚として再生産に寄与するかは手法開発も含め今後の課題である。2007、2008年5月の卵分布調査では、漁獲は多いが養殖生産量の少ない淡路島付近以外に、漁獲は少ないが養殖生産量の多い小豆島付近でもマダイ卵が確認できた(図21)。

7. 引用文献

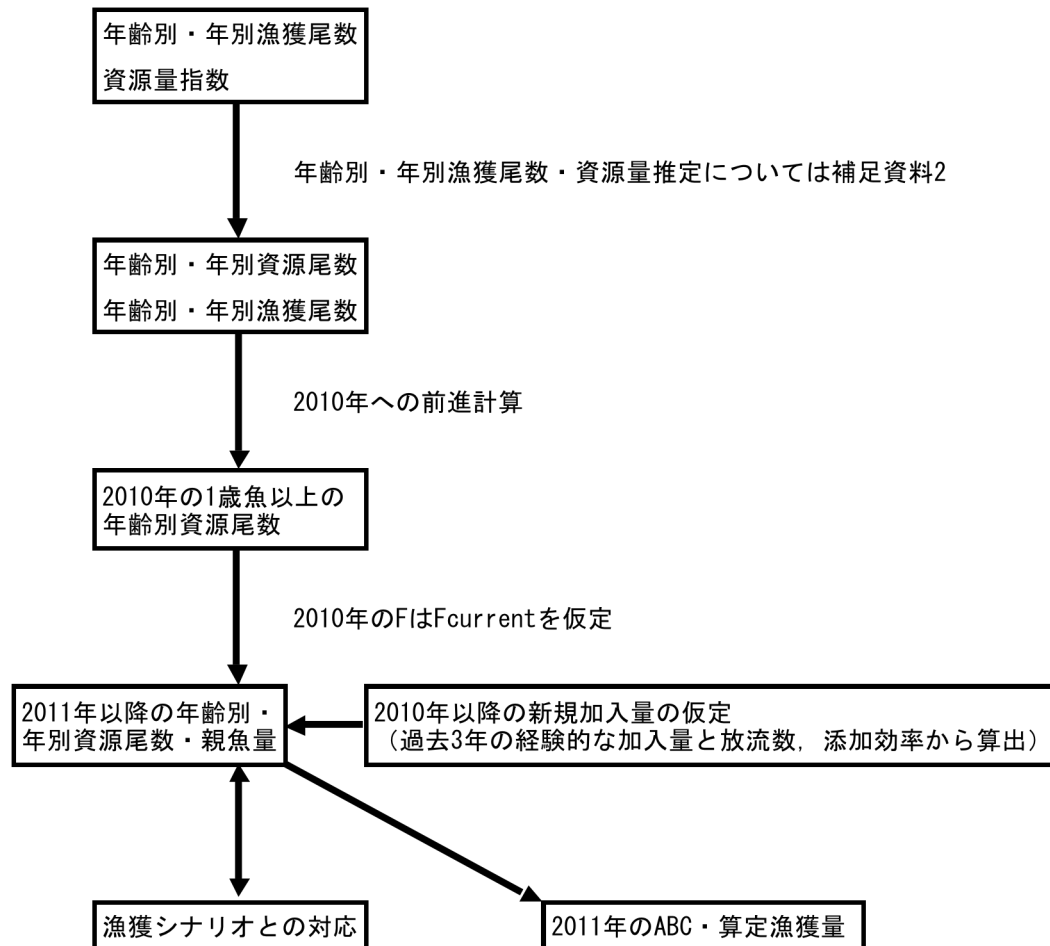
平松一彦(1999)VPAの入門と実際.水産資源管理談話会報, 19, 25-40.

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

使用したデータと、資源評価の関係を以下のフローを参考に簡潔に記す。



補足資料 2

(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)	27	180	510	860	1,460	1,880	2,496

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(2009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。

$$N_{a,2008} = \frac{C_{a,2008} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2008})}$$

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

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

漁獲係数 F の計算は、2009年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2009年の F は各年齢の過去3年間の F の平均とした。6歳魚以上の F は5歳魚の 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。

$$SPR = \sum_{a=0}^{15} \left[\prod_{k=0}^a \exp\left\{-(F_k + M_k)\right\} \right] \times W_a \times SR_a$$

$$YPR = \sum_{a=0}^{15} \left[\prod_{k=0}^a \exp\left\{-(F_k + M_k)\right\} \right] \times W_a \times \frac{F_a}{F_a + M_a} \times \{1 - \exp(-F_a + M_a)\}$$

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

$$W_a = 7,864 \times \left[1 - \exp\left\{-0.1563 \times (a + 0.5 + 0.4412)\right\} \right]^{2.906}$$

を参考に補足資料2-(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2006～2008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、

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

により計算した。

2009年以降、現状のF (Fcurrent : 1歳魚のFで代表) および年齢別漁獲選択性が2006～2008年の平均値として一定と仮定する。2010年における1歳魚以上の資源尾数は2009年における資源尾数と現状のFをもとに計算する。また2010年以降における0歳魚の資源尾数を当該年の3歳以上魚の資源量 (SSB) をもとに再生産式

$$\begin{aligned} 0\text{歳魚の資源尾数} = & 23,853 \times \text{SSB} \times \exp(-0.000766 \times \text{SSB}) \\ & + \text{種苗放流数} \times 0\text{歳時の添加効率}/100 \end{aligned}$$

から推定する。ただし、毎年約90万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率が48%と仮定する。2011年初めの資源量は2010年も2009年と同じF (Fcurrent) をかけたとして4,819トンと予測する。さらに2011年以降における予測資源尾数に対して Flimitの漁獲圧をかけるとしてABClimitを計算する。

(4) マダイ卵分布調査

マダイ卵の同定は、大西ら(2003)のモノクローナル法による。マダイ卵の採集は瀬戸内海区水産研究所調査船しらふじ丸を用い5月にボンゴネットの傾斜曳(表層～底層－2m～表層)で実施した。

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.

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.

島本信夫(1999) 瀬戸内海東部海域におけるマダイの資源変動および栽培漁業に関する研究.兵庫水試研報, 35, 43-112.

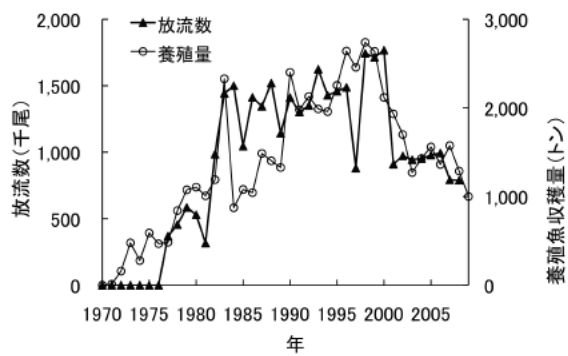


図1. 瀬戸内海東部系群マダイの放流数、養殖魚収穫量



図2. 瀬戸内海東部系群マダイの分布・回遊

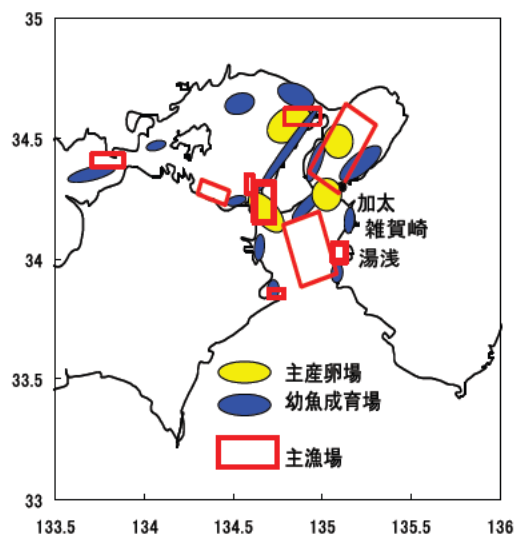


図3. 瀬戸内海東部系群マダイの生活史・漁場形成図

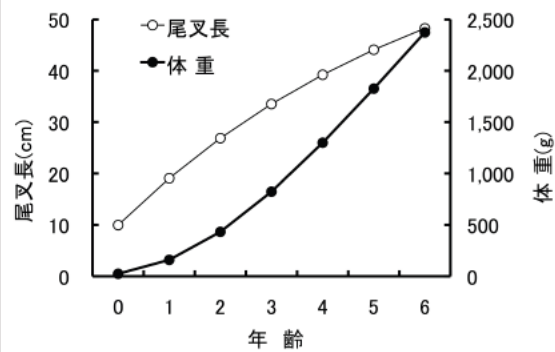


図4. 瀬戸内海東部系群マダイの年齢・成長

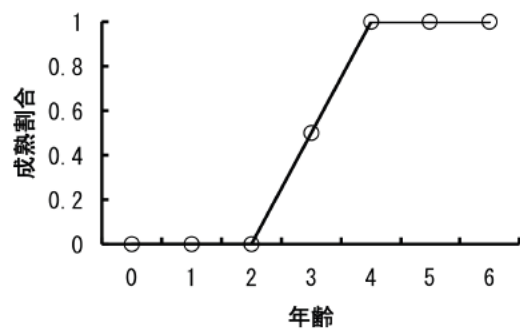


図5. 瀬戸内海東部系群マダイの年齢別成熟割合

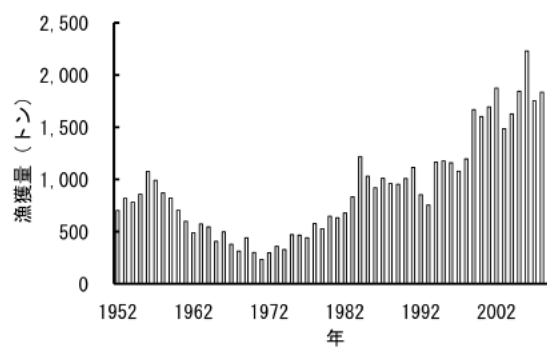


図6. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量経年推移

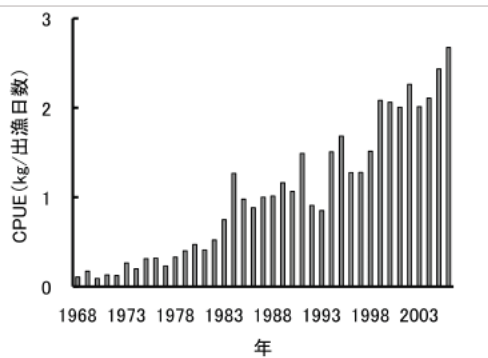


図7. 主要漁業種（小型底曳網）のCPUE

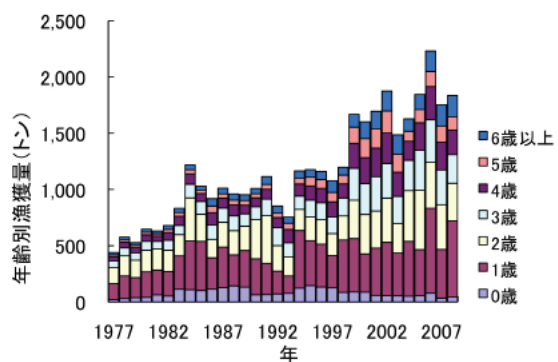
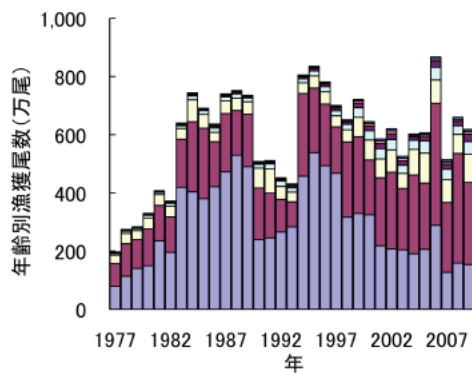


図8. 年齢別漁獲尾数（左）・重量（右）の経年推移

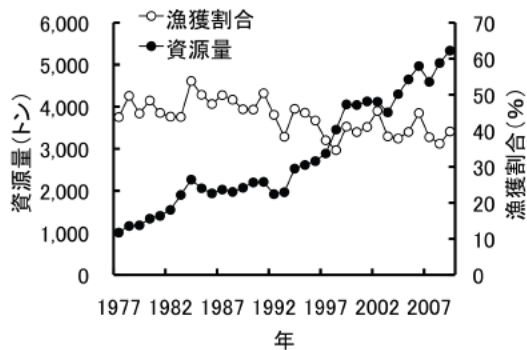


図9. 資源量と漁獲割合の経年推移

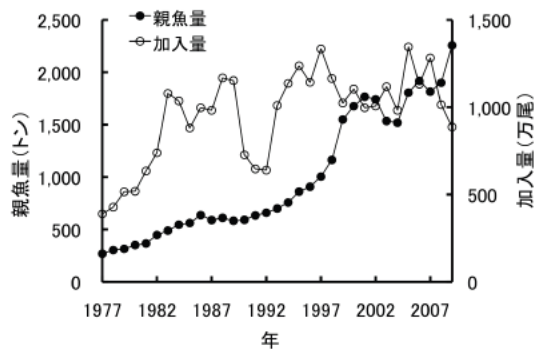


図10. 加入量と親魚量の経年推移

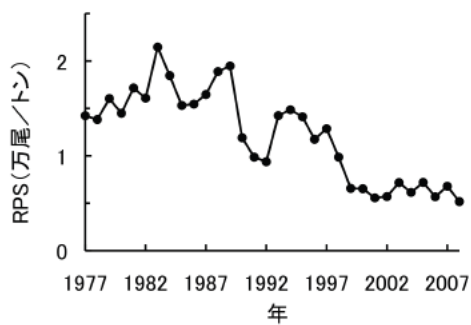


図11. RPS（天然魚加入尾数/産卵親魚量）の経年推移

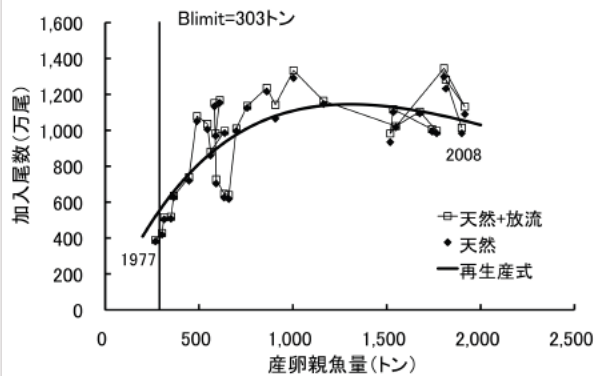


図12. 再生産関係

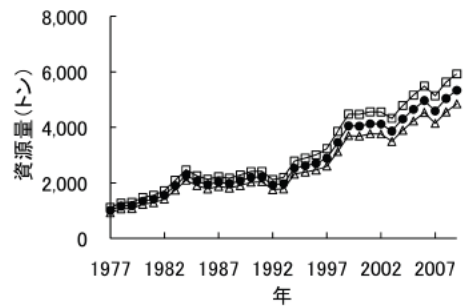
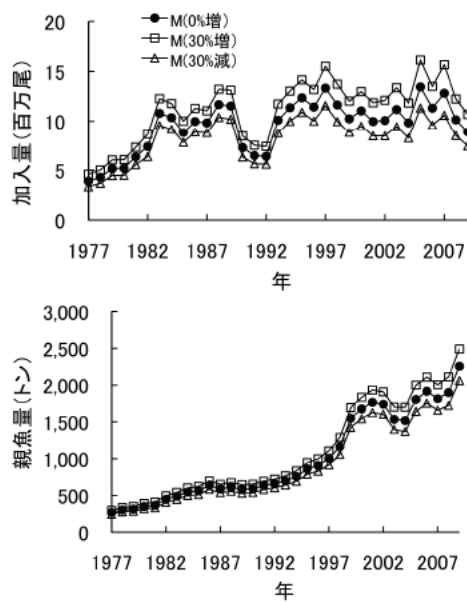


図 13. 自然死亡係数の変化
による各推定結果の変化

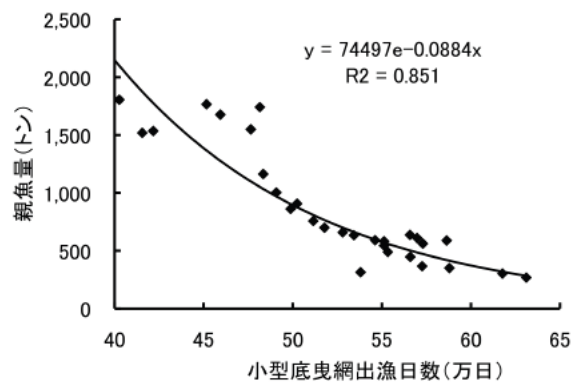


図 14. 漁獲努力と親魚量との関係

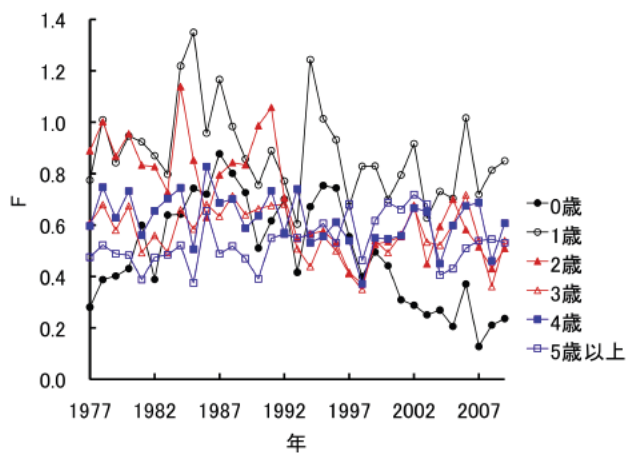


図 15. 年齢別 F の変化

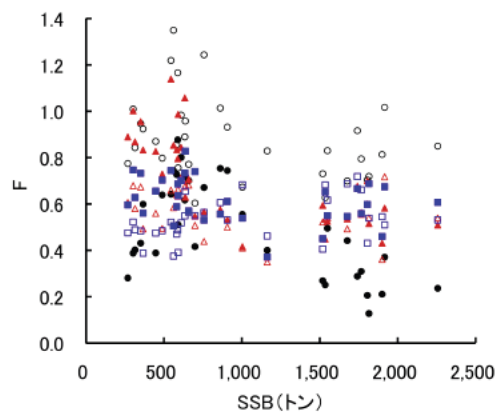


図 16. 親魚量と漁獲係
数の関係

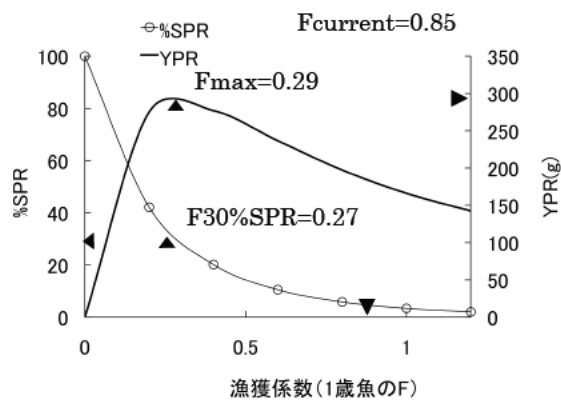


図 17. %SPR・YPR

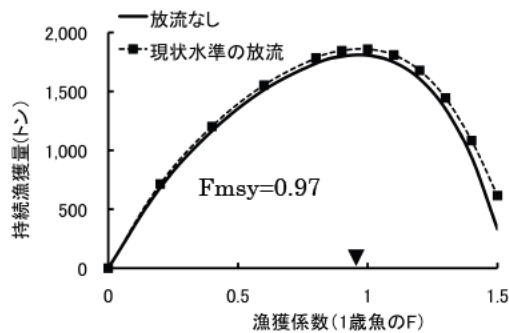


図 18. 1歳魚のFと持続漁獲量

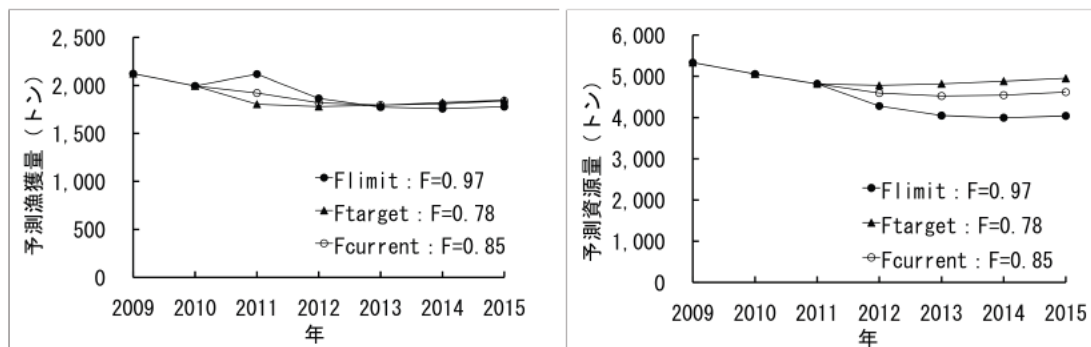


図 19. F値 (1歳魚) の変化による期待漁獲量 (左図)・資源量 (右図) の変化

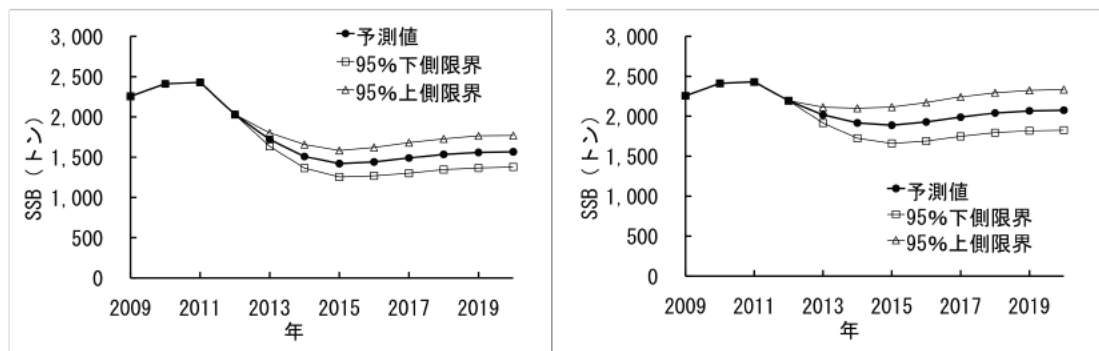
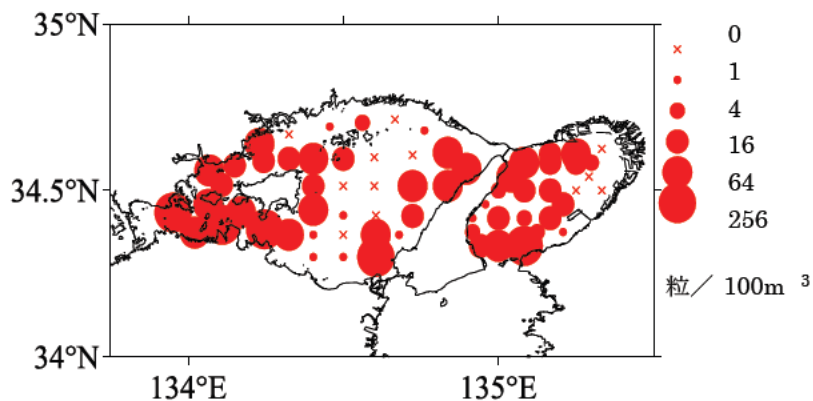


図 20. 加入量の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるFlimit漁獲シナリオによる予測SSB (左図) および現状漁獲圧での予測SSB (右図)

図 21. 播磨灘、大阪湾におけるマダイ卵分布
しらふじ丸調査結果；2007、2008年5月

附表1. 瀬戸内海東部系群マダダイの漁獲量(トン)、放流量(千尾)、養殖量(トン)
 および小型底曳網のCPUE(kg/出漁日数)および努力量(出漁日数)、標本船小底CPUE(香川1歳魚kg/回)

年	漁獲量	放流量	養殖量	CPUE	努力量	年	漁獲量	放流量	養殖量	CPUE	努力量	標本船小底CPUE	
1952	702	-	-	-	1981	631	316	1,008	0.41	572,610			
1953	818	-	-	-	1982	679	985	1,190	0.52	565,984			
1954	782	-	-	-	1983	833	1,442	2,329	0.75	553,350			
1955	858	-	-	-	1984	1,219	1,500	874	1.27	551,228			
1956	1,076	-	-	-	1985	1,029	1,045	1,080	0.98	572,998			
1957	990	-	-	-	1986	919	1,413	1,044	0.88	565,795			
1958	870	-	-	-	1987	1,011	1,345	1,486	1.00	586,364			
1959	821	-	-	-	1988	960	1,520	1,403	1.01	569,760			
1960	704	-	-	-	1989	952	1,142	1,328	1.16	551,222			
1961	598	-	-	-	1990	1,009	1,411	2,401	1.06	546,221			
1962	489	-	-	-	1991	1,115	1,303	1,980	1.49	534,326			
1963	573	-	-	-	1992	853	1,351	2,129	0.91	528,019			
1964	545	-	-	-	1993	754	1,624	1,987	0.85	517,788			
1965	406	-	-	-	1994	1,164	1,428	1,958	1.51	511,505			
1966	498	-	-	-	1995	1,176	1,459	2,255	1.68	498,801			
1967	378	-	-	-	1996	1,159	1,488	2,641	1.28	502,438			
1968	314	-	-	0.11	660,358	1997	1,078	880	2,458	1.28	490,787		
1969	440	-	-	0.17	630,249	1998	1,196	1,744	2,739	1.51	483,433		
1970	299	-	0	0.09	607,289	1999	1,667	1,713	2,638	2.08	476,476		
1971	234	-	11	0.13	600,931	2000	1,601	1,767	2,118	2.06	459,344		
1972	297	-	159	0.12	603,140	2001	1,694	910	1,932	2.01	451,614		
1973	359	-	478	0.26	573,385	2002	1,874	972	1,699	2.26	481,538		
1974	328	-	278	0.20	602,378	2003	1,485	944	1,270	2.01	421,714		
1975	471	-	589	0.31	619,266	2004	1,627	952	1,431	2.11	415,546	0.78	
1976	466	-	468	0.32	624,577	2005	1,844	979	1,560	2.43	402,664	0.32	
1977	440	369	484	0.23	631,060	2006	2,230	994	1,362	2.67	390,603	0.57	
1978	577	455	841	0.33	617,706	2007	1,754	792	1,575	-	-	0.15	
1979	528	585	1,076	0.40	538,064	2008	1,835	789	1,287	-	-	0.31	
1980	647	530	1,106	0.47	587,899	2009	2,122	-	1,000	-	-	-	

附表2. 瀬戸内海東部系群マダイの漁法別漁獲量(トン)

年	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
1995	713	215	121	84	41	2
1996	641	241	142	91	40	4
1997	629	185	122	96	44	2
1998	731	174	135	102	48	6
1999	992	208	210	145	100	12
2000	944	184	190	163	116	5
2001	905	262	252	170	103	2
2002	1091	221	257	166	113	26
2003	775	217	191	181	118	3
2004	876	198	198	178	172	4
2005	875	206	363	215	181	4
2006	1044	314	406	218	237	12
2007	816	215	314	177	220	11
2008	944	172	240	213	276	26
2009	1048	185	281	221	387	0

附表3. 瀬戸内海東部系群マダイの漁法別漁獲尾数割合

1995-1996年用										2000年用															
0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
							0.72	0.01	0.47	0.18	0.04	0.13								0.60	0.00	0.47	0.02	0.04	0.13
							0.24	0.39	0.40	0.28	0.71	0.35								0.25	0.17	0.40	0.19	0.71	0.35
							0.02	0.36	0.07	0.34	0.10	0.37								0.06	0.53	0.07	0.54	0.10	0.37
							0.01	0.14	0.02	0.11	0.08	0.08								0.04	0.20	0.02	0.18	0.08	0.08
							0.01	0.06	0.01	0.04	0.04	0.05								0.02	0.05	0.01	0.04	0.04	0.05
							0.00	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01								0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
							0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01								0.01	0.03	0.00	0.02	0.01	0.01
1997年用										2001年用															
0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
							0.75	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13								0.42	0.00	0.47	0.02	0.05	0.13
							0.19	0.07	0.40	0.43	0.71	0.35								0.41	0.18	0.40	0.18	0.71	0.35
							0.02	0.48	0.07	0.39	0.10	0.37								0.07	0.42	0.07	0.43	0.10	0.37
							0.01	0.22	0.02	0.05	0.08	0.08								0.04	0.25	0.02	0.24	0.08	0.08
							0.01	0.06	0.01	0.07	0.04	0.05								0.03	0.08	0.01	0.08	0.04	0.05
							0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01								0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
							0.00	0.04	0.00	0.05	0.01	0.01								0.01	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01
1998年用										2002年用															
0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
							0.54	0.00	0.47	0.01	0.04	0.13								0.36	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
							0.40	0.22	0.40	0.26	0.71	0.35								0.45	0.20	0.40	0.07	0.71	0.35
							0.02	0.51	0.07	0.49	0.10	0.37								0.09	0.46	0.07	0.48	0.10	0.37
							0.02	0.18	0.02	0.16	0.08	0.08								0.04	0.20	0.02	0.29	0.08	0.08
							0.01	0.05	0.01	0.03	0.04	0.05								0.03	0.07	0.01	0.09	0.04	0.05
							0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01								0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
							0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01								0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01
1999年用										2003年用															
0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
							0.52	0.00	0.47	0.01	0.04	0.13								0.45	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
							0.36	0.25	0.40	0.05	0.71	0.35								0.41	0.10	0.40	0.11	0.71	0.35
							0.06	0.45	0.07	0.54	0.10	0.37								0.06	0.39	0.07	0.46	0.10	0.37
							0.03	0.15	0.02	0.29	0.08	0.08								0.03	0.22	0.02	0.30	0.08	0.08
							0.02	0.07	0.01	0.06	0.04	0.05								0.02	0.14	0.01	0.05	0.04	0.05
							0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01								0.01	0.06	0.01	0.04	0.01	0.01
							0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.01								0.01	0.09	0.00	0.05	0.01	0.01

附表3. 瀬戸内海東部系群マダイの漁法別漁獲尾数割合(つづき)

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	0.04	0.13	
1歳	0.47	0.14	0.40	0.09	0.71	0.71	0.35	
2歳	0.13	0.47	0.07	0.54	0.10	0.10	0.37	
3歳	0.03	0.22	0.02	0.25	0.08	0.08	0.08	
4歳	0.01	0.08	0.01	0.04	0.04	0.04	0.05	
5歳	0.00	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	
6歳以上	0.00	0.06	0.00	0.05	0.01	0.01	0.01	

2005年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	網	吾	智	網	その他
0歳	0.36	0.00	0.47	0.00	0.04	0.04	0.13		
1歳	0.34	0.12	0.40	0.16	0.71	0.71	0.35		
2歳	0.19	0.41	0.07	0.50	0.10	0.10	0.37		
3歳	0.07	0.27	0.02	0.21	0.08	0.08	0.08		
4歳	0.02	0.10	0.01	0.08	0.04	0.04	0.05		
5歳	0.01	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01		
6歳以上	0.00	0.05	0.00	0.04	0.01	0.01	0.01		

2006年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	網	吾	智	網	その他
0歳	0.35	0.00	0.47	0.00	0.04	0.04	0.13		
1歳	0.53	0.12	0.40	0.06	0.71	0.71	0.35		
2歳	0.07	0.35	0.07	0.35	0.10	0.10	0.37		
3歳	0.03	0.27	0.02	0.39	0.08	0.08	0.08		
4歳	0.01	0.13	0.01	0.13	0.04	0.04	0.05		
5歳	0.01	0.05	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01		
6歳以上	0.00	0.07	0.00	0.06	0.01	0.01	0.01		

2007年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	網	吾	智	網	その他
0歳	0.18	0.00	0.47	0.00	0.04	0.04	0.13		
1歳	0.52	0.09	0.40	0.11	0.71	0.71	0.35		
2歳	0.16	0.39	0.07	0.55	0.10	0.10	0.37		
3歳	0.07	0.27	0.02	0.16	0.08	0.08	0.08		
4歳	0.04	0.12	0.01	0.05	0.04	0.04	0.05		
5歳	0.02	0.06	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01		
6歳以上	0.01	0.07	0.00	0.10	0.01	0.01	0.01		

2008年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	網	吾	智	網	その他
0歳	0.24	0.00	0.47	0.00	0.04	0.04	0.13		
1歳	0.64	0.23	0.40	0.09	0.71	0.71	0.35		
2歳	0.07	0.35	0.07	0.42	0.10	0.10	0.37		
3歳	0.03	0.21	0.02	0.22	0.08	0.08	0.08		
4歳	0.01	0.11	0.01	0.10	0.04	0.04	0.05		
5歳	0.01	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01		
6歳以上	0.00	0.07	0.00	0.13	0.01	0.01	0.01		

2009年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	網	吾	智	網	その他
0歳	0.25	0.00	0.47	0.00	0.04	0.04	0.13		
1歳	0.45	0.16	0.40	0.12	0.71	0.71	0.35		
2歳	0.17	0.48	0.07	0.42	0.10	0.10	0.37		
3歳	0.07	0.22	0.02	0.12	0.08	0.08	0.08		
4歳	0.04	0.07	0.01	0.27	0.04	0.04	0.05		
5歳	0.02	0.02	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01		
6歳以上	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01	0.01		

附表4. 瀬戸内海東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＼ 齡	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上			年＼ 齡	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上		
							合	計	合								計		
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	1,219	
1985	380	242	47	13	5	2	1	1	691	1985	103	436	241	113	71	29	36	1,029	
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	1,011	
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	1,009	
1991	245	154	84	17	6	2	3	3	511	1991	66	278	426	145	87	42	71	1,115	
1992	265	113	44	19	6	2	3	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	1,164	
1995	538	222	41	17	9	4	3	3	835	1995	145	400	210	149	126	79	67	1,176	
1996	493	212	43	18	9	4	3	3	781	1996	133	381	217	151	127	79	72	1,159	
1997	467	160	38	17	9	4	4	4	700	1997	126	287	195	148	134	84	105	1,078	
1998	316	259	42	18	9	4	3	3	651	1998	85	466	214	158	125	78	69	1,196	
1999	329	264	67	33	16	8	5	7	721	1999	89	475	341	283	221	144	114	1,667	
2000	324	188	69	32	16	9	6	6	645	2000	88	339	352	273	231	169	150	1,601	
2001	218	234	65	35	18	9	6	6	585	2001	59	420	330	304	254	172	154	1,694	
2002	207	264	77	36	19	10	7	7	620	2002	56	474	393	307	271	195	177	1,874	
2003	204	211	52	28	15	8	7	7	525	2003	55	380	264	239	215	159	173	1,485	
2004	191	271	88	31	12	5	4	4	602	2004	51	487	451	270	170	88	111	1,627	
2005	206	228	103	41	17	6	5	5	607	2005	56	410	526	356	245	118	134	1,844	
2006	288	420	80	44	21	7	7	7	867	2006	78	755	409	378	294	134	182	2,230	
2007	127	240	78	36	18	8	8	8	514	2007	34	433	398	307	248	143	190	1,754	
2008	159	377	65	30	16	6	8	8	660	2008	43	679	332	255	219	118	189	1,835	
2009	154	282	98	43	26	9	7	7	618	2009	41	508	498	366	368	174	166	2,122	

附表5. 瀬戸内海東部系群マダいの資源尾数(万尾)、資源量(トン)

資源量																	
年／齡		6歲以上合計					年／齡		6歲以上合計								
0歲	1歲	2歲	3歲	4歲	5歲	合計	0歲	1歲	2歲	3歲	4歲	5歲	合計				
1977	389	166	52	16	6	3	2	635	1977	105	299	265	138	91	49	60	1,006
1978	428	199	60	18	7	3	3	718	1978	115	358	307	155	104	57	65	1,161
1979	516	197	57	19	8	3	3	801	1979	139	354	291	161	109	55	70	1,179
1980	519	234	67	20	9	3	3	854	1980	140	420	339	174	124	65	74	1,337
1981	635	228	71	22	9	4	3	971	1981	171	411	364	186	122	67	84	1,405
1982	738	236	71	26	11	4	4	1,091	1982	199	425	363	225	157	79	99	1,547
1983	1079	339	78	26	13	5	4	1,544	1983	291	610	397	236	178	92	107	1,901
1984	1035	386	120	32	14	5	5	1,596	1984	280	694	612	272	191	99	119	2,267
1985	881	369	90	32	14	5	5	1,396	1985	238	664	457	279	195	102	125	2,060
1986	997	284	75	32	15	7	6	1,416	1986	269	511	384	277	215	132	151	1,939
1987	982	328	86	34	14	6	6	1,455	1987	265	591	437	291	194	106	143	2,027
1988	1167	277	80	33	15	6	6	1,584	1988	315	498	411	281	213	110	147	1,974
1989	1152	355	81	29	13	6	6	1,643	1989	311	638	415	251	190	119	147	2,072
1990	727	377	118	30	13	6	6	1,278	1990	196	679	604	256	183	119	161	2,199
1991	647	295	139	37	13	6	7	1,145	1991	175	532	711	321	183	109	182	2,211
1992	640	236	95	41	16	5	6	1,040	1992	173	425	487	351	226	99	159	1,919
1993	1010	215	86	40	17	8	6	1,381	1993	273	387	438	342	246	143	139	1,968
1994	1136	451	92	42	20	7	6	1,755	1994	307	812	471	361	285	132	160	2,527
1995	1236	393	102	44	23	10	6	1,815	1995	334	708	522	381	322	188	161	2,615
1996	1142	394	112	49	21	11	8	1,737	1996	308	709	572	417	302	207	189	2,706
1997	1333	368	122	56	25	10	9	1,922	1997	360	662	623	478	350	184	230	2,887
1998	1164	518	148	68	31	12	8	1,949	1998	314	933	752	584	439	230	203	3,455
1999	1024	528	178	86	40	18	11	1,885	1999	276	951	908	739	570	340	270	4,053
2000	1104	422	181	89	42	20	13	1,871	2000	298	760	924	764	596	370	328	4,041
2001	996	480	165	89	46	21	14	1,812	2001	269	865	842	769	645	388	348	4,127
2002	1006	495	171	80	43	22	15	1,832	2002	272	891	871	688	606	415	376	4,119
2003	1117	511	156	73	35	19	15	1,926	2003	302	920	795	629	489	350	381	3,865
2004	982	589	215	84	36	15	14	1,935	2004	265	1059	1095	721	511	286	361	4,299
2005	1345	508	223	100	42	19	17	2,255	2005	363	915	1137	860	592	366	417	4,650
2006	1131	741	198	93	46	19	20	2,249	2006	305	1334	1009	803	653	366	495	4,967
2007	1282	529	211	93	38	20	20	2,193	2007	346	952	1076	802	542	374	497	4,590
2008	1014	764	203	106	46	16	20	2,169	2008	274	1375	1034	914	647	307	489	5,039
2009	887	556	266	111	62	24	18	1,925	2009	239	1001	1359	956	881	459	439	5,333

附表6 瀬戸内海東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)

年	漁獲係数						資源量		漁獲割合	親魚量		天然魚の 加入量		RPS	放流量	添加効率	混入率
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳以上	天然魚の 加入量	放流量		天然魚の 加入量	放流量						
1977	0.281	0.775	0.889	0.606	0.596	0.475	1,006	1,006	43.8	268	382	1.42	369	-	-	-	-
1978	0.388	1.009	1.002	0.679	0.747	0.522	1,161	1,161	49.7	303	419	1.38	455	-	-	-	-
1979	0.402	0.843	0.868	0.580	0.628	0.489	1,179	1,179	44.8	314	504	1.60	585	-	-	-	-
1980	0.431	0.947	0.955	0.674	0.733	0.483	1,337	1,337	48.4	351	508	1.45	530	-	-	-	-
1981	0.599	0.924	0.833	0.493	0.560	0.388	1,405	1,405	44.9	366	628	1.72	316	-	-	-	-
1982	0.389	0.870	0.827	0.560	0.655	0.474	1,547	1,547	43.9	447	719	1.61	985	-	-	-	-
1983	0.639	0.798	0.729	0.493	0.703	0.485	1,901	1,901	43.8	489	1,050	2.15	1,442	-	-	-	-
1984	0.642	1.219	1.139	0.659	0.745	0.522	2,267	2,267	53.8	545	1,006	1.85	1,500	-	-	-	-
1985	0.743	1.349	0.853	0.584	0.506	0.375	2,060	2,060	50.0	562	860	1.53	1,045	0.20	2.36	-	-
1986	0.720	0.958	0.629	0.680	0.828	0.654	1,939	1,939	47.4	637	985	1.55	1,413	0.08	1.20	-	-
1987	0.877	1.166	0.795	0.635	0.686	0.488	2,027	2,027	49.9	589	969	1.65	1,345	0.10	1.33	-	-
1988	0.801	0.983	0.843	0.713	0.701	0.518	1,974	1,974	48.6	611	1,153	1.89	1,520	0.09	1.20	-	-
1989	0.727	0.857	0.834	0.640	0.588	0.470	2,072	2,072	46.0	582	1,134	1.95	1,142	0.16	1.62	-	-
1990	0.510	0.756	0.986	0.664	0.636	0.391	2,199	2,199	45.9	591	704	1.19	1,411	-	-	-	-
1991	0.617	0.889	1.058	0.676	0.734	0.549	2,211	2,211	50.4	634	625	0.99	1,303	-	-	-	-
1992	0.701	0.771	0.707	0.682	0.570	0.565	1,919	1,919	44.4	639	618	0.94	1,351	-	-	-	-
1993	0.416	0.604	0.548	0.507	0.740	0.550	1,968	1,968	38.3	699	996	1.42	1,624	0.09	1.41	-	-
1994	0.671	1.243	0.566	0.439	0.531	0.564	2,527	2,527	46.1	757	1,125	1.49	1,428	0.08	1.01	-	-
1995	0.754	1.013	0.576	0.557	0.556	0.606	2,615	2,615	45.0	861	1,216	1.41	1,459	0.14	1.66	-	-
1996	0.744	0.932	0.533	0.500	0.611	0.531	2,706	2,706	42.8	907	1,065	1.17	1,488	0.52	6.75	-	-
1997	0.555	0.673	0.416	0.410	0.539	0.682	2,887	2,887	37.3	1,004	1,291	1.29	880	0.48	3.19	-	-
1998	0.400	0.829	0.371	0.350	0.372	0.462	3,455	3,455	34.6	1,163	1,147	0.99	1,744	0.10	1.51	-	-
1999	0.495	0.830	0.526	0.539	0.550	0.617	4,053	4,053	41.1	1,549	1,018	0.66	1,713	0.04	0.60	-	-
2000	0.442	0.699	0.536	0.493	0.546	0.687	4,041	4,041	39.6	1,676	1,095	0.65	1,767	0.05	0.80	-	-
2001	0.309	0.795	0.555	0.563	0.559	0.661	4,127	4,127	41.0	1,766	983	0.56	910	0.14	1.32	-	-
2002	0.288	0.916	0.677	0.666	0.667	0.718	4,119	4,119	45.5	1,741	994	0.57	972	0.13	1.25	-	-
2003	0.251	0.627	0.449	0.533	0.651	0.682	3,865	3,865	38.4	1,535	1,101	0.72	944	0.17	1.46	-	-
2004	0.269	0.731	0.594	0.522	0.450	0.406	4,299	4,299	37.8	1,519	934	0.62	952	0.51	4.90	-	-
2005	0.206	0.703	0.700	0.600	0.598	0.431	4,650	4,650	39.7	1,805	1,299	0.72	979	0.47	3.44	-	-
2006	0.371	1.017	0.582	0.717	0.674	0.510	4,967	4,967	44.9	1,916	1,090	0.57	994	0.42	3.67	-	-
2007	0.128	0.719	0.515	0.540	0.687	0.539	4,590	4,590	38.2	1,815	1,232	0.68	792	0.63	3.90	-	-
2008	0.211	0.813	0.431	0.361	0.460	0.545	5,039	5,039	36.4	1,900	983	0.52	789	0.39	3.02	-	-
2009	0.236	0.850	0.510	0.540	0.607	0.531	5,333	5,333	39.8	2,257	-	-	-	-	-	-	-

附表7 瀬戸内海東部系群マダイのSPR、YPR計算様式

年齢	体重 (g)	産卵奇与率	漁獲選択率	M	Flimit	Ftarget
0	27	0	0.26	0.39	0.25	0.20
1	180	0	1.00	0.24	0.98	0.78
2	510	0	0.53	0.17	0.52	0.42
3	860	0.5	0.44	0.17	0.44	0.35
4	1,410	1	0.57	0.17	0.55	0.44
5	1,880	1	0.67	0.17	0.66	0.53
6-	2,496	1	0.67	0.17	0.66	0.53