

平成23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、2010年には5,312トンと推定された。資源水準は高位、資源動向は横ばいと判断した。

管理方策として、最大持続漁獲量MSYを実現するための管理基準Fmsyを採用した。ABC算定のための基本規則（平成23年度）の1-1)-(1)を適用してFlimit=Fmsyのときの漁獲量をABCLimit、Ftarget=Fmsy×0.8のときの漁獲量をABCTargetとした。

本種は栽培対象種であり、2009年には86万尾の人工種苗が放流され、放流魚の混入率は3.3%、添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.39と推定された。

	2012年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABCLimit	1,962トン	Fmsy	0.83	43%
ABCTarget	1,850トン	0.8Fmsy	0.67	36%

漁獲割合はABC／資源量、F値は1歳における値。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2009	5,387	2,130	0.67	40%
2010	5,312	2,063	0.74	39%
2011	5,036	-	-	-

F値は1歳における値。

水準：高位 動向：横ばい

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（記入例）
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）、2009年県別漁業種別魚種別漁獲量、2010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。種苗放流は1970年に入ってから標識を用いた放流技術開発が行われるようになり、瀬戸内海東部における放流尾数は1983年に初めて1,000千尾を超え、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%に相当する養殖魚収穫量がある（2009年1,070トン、うち香川県が989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3,907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1,078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4,529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

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（図2、図3）。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

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(図4)。寿命は15～20年である。

(3) 成熟・産卵

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(図5)。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

1925年以前は、漁獲量は1,500トン程度であり主に一本釣り、吾智網、しばり網などによって大型サイズのものを漁獲していたが、その後減少した。漁獲統計のない時期をはさみ、1960年代になっても漁獲量は減少し、1971年には最低の234トンに落ち込んだ。このころから、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。2010年においては小型底曳網での漁獲が全体の52%を占め、吾智網(16%)、小型定置網(12%)、刺網(10%)、釣り(9%)と続く。

(2) 漁獲量の推移

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(図6)。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、2010年には2,063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)。統計データのある2007年までの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。2010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。2010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

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 (補足資料2参照)。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。2004～2010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。2010年には0歳魚の漁獲割合が低下した。0～1歳魚が漁獲物の約2/3を占めている (附表4、5)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

2010年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は1,680万尾と推定された (附表6)。年齢別の資源尾数割合は、0歳 : 38.0%、1歳 : 32.9%、2歳 : 15.5%、3歳 : 7.7%、4歳 : 3.2%、5歳 : 1.5%、6歳以上 : 1.1%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の86.4%を占めている。

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、2010年には5,312トンと推定された (図9、附表7)。

2010年の漁獲係数は0.736 (1歳魚の値、2007～2009年の平均値)、漁獲割合は38.8%であった (図9、附表8)。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1,333万尾、2005年には1,336万尾となったが、2010年には639万尾と減少した。親魚量 (3歳魚の資源量 $\times$ 0.5+4歳魚以上の資源量) は1999年以降漸増しており、2010年には2,236トンとなった (図10)。2010年は加入量と親魚量が反比例する結果となった。コホート解析では直近年の0歳魚の推定値は不確実なため、加入量の減少結果については2010年級の1歳魚のデータを加えた来年度の推定結果により判断したい。瀬戸内海東部海域では毎年約88万尾 (2005～2009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。

データのある1985年以降について、0歳時の混入率 (漁獲物に占める放流魚の割合)、標識率、標識率により補正した混入率 (補正済み混入率) を用いて、0歳時の添加効率 (放流魚の漁獲加入までの生残率) を以下の式より計算した。

$$0\text{歳時の添加効率}(K_y) = 0\text{歳魚の混入率} / \text{種苗放流尾数} \times \text{新規加入量}$$

なお、2003年、2005年、2007年、2008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 (兵庫県の値は標本数が少ないため参考値にとどめた) を、2006

年は2005年と2007年の平均値を使用した(附表9) 0歳時の添加効率を8～63%(ただし、1977～1984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10)、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。

$$R_y = 23,823 \times SSB \times \exp(-0.000764 \times SSB) + Ar \times Ky / 100 \quad (1)$$

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1977～2009年を使用した。推定された親魚量と加入量の間関係を図12に示した。

再生産成功率(天然魚加入量/親魚量)は1994年から1999年にかけて低下し、それ以降は横ばい傾向にある(附表10、図11)。

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を、他の調査、研究の目的で使用する際には数年間の平均値を用いるなど十分な注意をしていただきたい。

(5) 資源水準・動向

過去34年間のコホート解析により2010年の資源量は過去2番目、2010年の漁獲量も過去2番の量であるため資源水準は高位であり、最近年の資源量の増減の傾向から資源動向は横ばいと判断した。資源量が最低であった1977年の1,006トンと最高であった2009年5,312トンの2/3にあたる3,927トン、高位水準と中位水準の境界とした。B_{limit}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573万尾が得られるSSBとし、放流魚の添加効率を48%(2005～2009年の平均値)として、(1)式より求めると304トンであった。2010年のSSBは2,263トンでありB>B_{limit}である。

(6) 資源と漁獲の関係

1977年以降の小型底曳網の出漁日数と親魚量の間には負の相関関係があった(図14; 親魚量=85,240×exp(-0.0908×小型底曳網出漁日数(万日)), r²=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。2010年の1歳魚の漁獲係数(F_{current})は0.74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間関係を考慮すると、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（2000～2009年）における平均放流尾数は100万尾（79-177万尾）、平均混入率は2.6%(0.8-4.9%)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0.093(0.064-0.161)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。2012～2016年に放流尾数と漁獲係数Fを変化させたときの2016年における漁獲量及び資源量の変化を検討した（図18）。漁獲量を増加させるためには放流尾数の増加が有効であるが、資源量を増加させるためにはFの削減が有効であった。

5. 2012年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

過去34年間のコホート解析結果から判断して資源量は高位、横ばいである。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。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FmsyをFlimitとして採用する。Fmsy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88万尾（2005～2009年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を48%（2005～2009年の平均値）と仮定した。Flimit（=Fmsy、1歳魚の値で代表）は0.83が得られた（図19）。このときの持続漁獲量は2,038トンであったが、大きい1歳魚のFを1/2に削減すると2,130トンとなり、資源の持つ生産量は更に高い。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、Ftargetは α を標準値の0.8としFtarget= $\alpha \times Fmsy = 0.8 \times 0.83 = 0.67$ とした。

(2) ABC並びに推定漁獲量の算定

前提：すべての年齢について2010年のFはFcurrentとする。2011年の漁獲量は1,923トン、2011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88万尾（2005～2009年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を48%（2005～2009年の平均値）と仮定した。2012年以降、Flimitで管理した場合、2016年に期待される資源量は現在（2010年）の漁獲圧を継続した場合の0.92倍の資源水準となり、漁獲量は1.00倍となる（図20）。理論式から得られた結果として、2012年により多くの漁獲が得られる管理方策を提示したが、Flimitによる管理開始5年後の漁獲量は現在の漁獲圧による漁獲量とほぼ同じとなった。

	2012年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	1,962 トン	Fmsy	0.83	43%
ABCtarget	1,850 トン	0.8Fmsy	0.67	36%

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	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MSY水準の達成	Fmsy (F=0.83)	2,063	1,923	1,962	1,855	1,834	1,905	1,970
		資源量（トン）						
	管理基準	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MSY水準の達成	Fmsy (F=0.83)	5,312	5,036	4,609	4,382	4,371	4,529	4,690

漁獲量 (トン)								
F	管理基準	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.00		2,063	1,923	0	0	0	0	0
0.07	0.1Fcurrent	2,063	1,923	377	497	597	685	698
0.15	0.2Fcurrent	2,063	1,923	697	882	1,017	1,119	1,099
0.22	0.3Fcurrent	2,063	1,923	967	1,176	1,308	1,388	1,324
0.29	0.4Fcurrent	2,063	1,923	1,194	1,398	1,507	1,557	1,459
0.37	0.5Fcurrent	2,063	1,923	1,382	1,562	1,643	1,669	1,559
0.44	0.6Fcurrent	2,063	1,923	1,538	1,681	1,734	1,750	1,653
0.52	0.7Fcurrent	2,063	1,923	1,665	1,763	1,794	1,815	1,750
0.59	0.8Fcurrent	2,063	1,923	1,766	1,816	1,830	1,867	1,845
0.66	0.9Fcurrent	2,063	1,923	1,846	1,847	1,849	1,903	1,923
0.74	1.0Fcurrent	2,063	1,923	1,906	1,860	1,852	1,920	1,970
0.81	1.1Fcurrent	2,063	1,923	1,951	1,858	1,840	1,912	1,977
0.88	1.2Fcurrent	2,063	1,923	1,981	1,845	1,816	1,879	1,941
資源量 (トン)								
F	管理基準	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.00		5,312	5,036	7,809	10,992	13,767	15,927	16,921
0.07	0.1Fcurrent	5,312	5,036	7,432	9,987	11,989	13,294	13,521
0.15	0.2Fcurrent	5,312	5,036	7,077	9,097	10,501	11,210	10,974
0.22	0.3Fcurrent	5,312	5,036	6,743	8,308	9,261	9,580	9,105
0.29	0.4Fcurrent	5,312	5,036	6,428	7,611	8,235	8,323	7,777
0.37	0.5Fcurrent	5,312	5,036	6,132	6,993	7,387	7,370	6,876
0.44	0.6Fcurrent	5,312	5,036	5,853	6,446	6,686	6,653	6,287
0.52	0.7Fcurrent	5,312	5,036	5,589	5,961	6,103	6,107	5,902
0.59	0.8Fcurrent	5,312	5,036	5,341	5,528	5,611	5,675	5,624
0.66	0.9Fcurrent	5,312	5,036	5,106	5,141	5,188	5,307	5,375
0.74	1.0Fcurrent	5,312	5,036	4,884	4,792	4,813	4,968	5,108
0.81	1.1Fcurrent	5,312	5,036	4,674	4,477	4,474	4,637	4,799
0.88	1.2Fcurrent	5,312	5,036	4,475	4,190	4,161	4,301	4,446

F値および管理基準は1歳魚の値で代表。

(3) ABClimitの評価

(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（2021年）の漁獲量の将来予測の変動幅、親魚量を2010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Ry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

$$Ry = 23,824 \times SSB \times \exp(-0.000764 \times SSB) \times (1 + CV \times N(0,1)) + Ar \times Ky / 100$$

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0.161、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。基準値が最大維持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1%の確率にとどまる（図21）。

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		2012 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})	0.83 ($1.13F_{current}$)	42.6%	1,811 トン ～ 2,226 トン	1,971 トン	1.1%	100%	1,962 トン
基準値での漁獲の予防的措置** ($0.8F$ 基準値)	0.67 ($0.91F_{current}$)	36.3%	1,707 トン ～ 2,092 トン	1,903 トン	96.8%	100%	1,850 トン
							2012 年算 定漁獲量
現状の漁獲圧の維持 ($F_{current}$)	0.74 ($1.00F_{current}$)	39.0%	1,769 トン ～ 2,170 トン	1,957 トン	67.7%	100%	1,906 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
2009年漁獲量確定値	2009年漁獲量の確定
2010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、2009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)
2010年(当初)	Fmsy	0.87	4,143	1,686	1,431	2,063
2010年(2010年再評価)	Fmsy	0.97	5,055	2,201	1,873	
2010年(2011年再評価)	Fmsy	0.83	5,312	2,257	1,916	
2011年(当初)	Fmsy	0.97	4,819	2,125	1,811	
2011年(2011年再評価)	Fmsy	0.83	5,028	2,104	1,784	

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

(1) 若齢魚の保護と種苗放流の効果

若齢魚保護と種苗放流の効果について試算した。2010年の年齢別資源尾数を初期値として、以下の条件により2016年の漁獲量を予測し、漁獲係数と放流尾数を変化させたときの漁獲量の等量線図として図示した。なお、投棄による死亡量は考慮していない。

- ・ 漁獲係数には F_{current} を用い、2012年から0歳魚又は0～1歳魚の漁獲係数を任意に変化させた。
- ・ 種苗放流では、添加効率は48%（2005～2009年の平均値）とし、2011年から放流尾数を任意に変化させ、毎年同数が放流されると仮定した。
- ・ 天然魚の加入量は、2011年から(1)式の再生産関係に従うと仮定した。
- ・ 平均体重は付表11のとおりとし、成熟率は3歳50%、4歳以降100%とした。

0歳魚のみの保護を行う場合は、漁獲係数の削減効果に加えて種苗放流の効果もあるが、1歳魚の保護が加わると種苗放流の効果は低減する（図22）。

(2) 資源に及ぼす養殖魚の影響

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。2010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南部紀伊水道付近以外に、漁獲は少ないが養殖生産量の多い小豆島東部備讃瀬戸付近でもマダイ卵が確認できた（図23）。

7. 引用文献

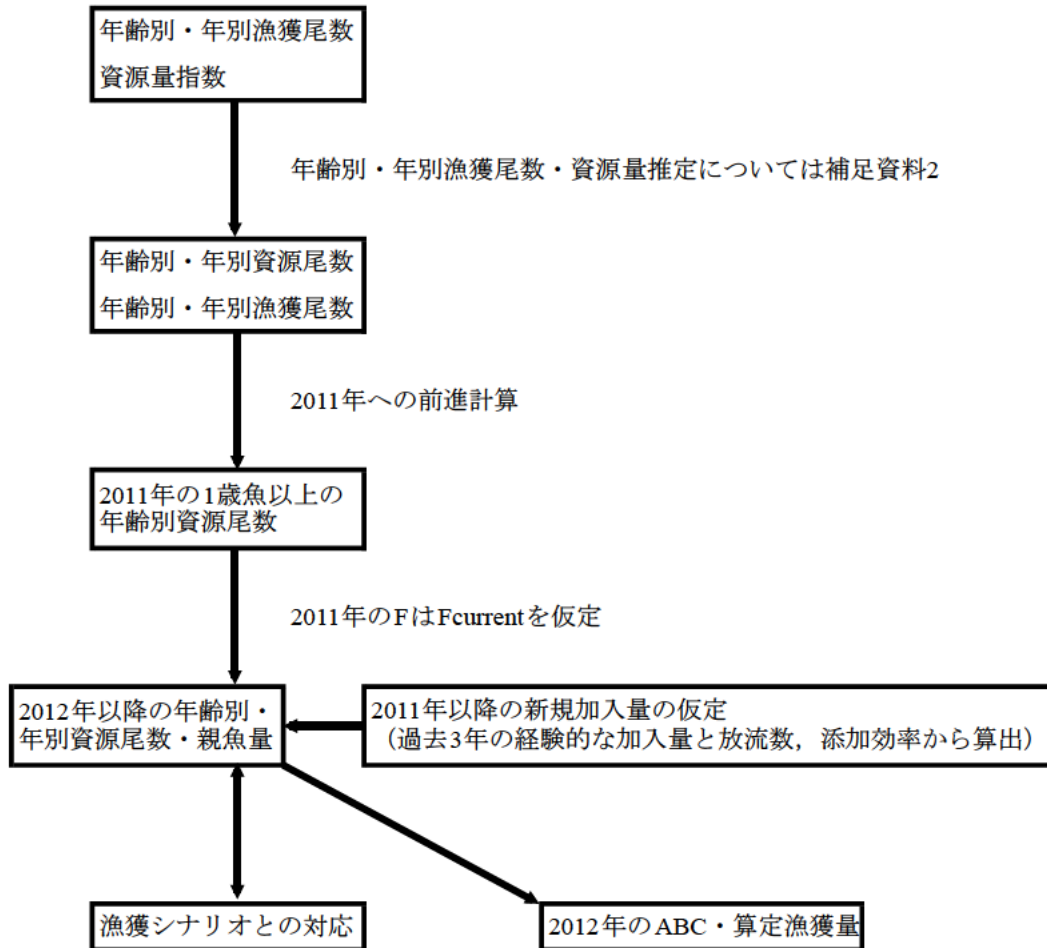
平松一彦(1999) VPAの入門と実際.水産資源管理談話会報, 19, 25-40.

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) 年齢別漁獲尾数等の推定方法

和歌山県の調査データから得られた漁法別年齢別漁獲尾数をもとに、漁法別年齢別漁獲尾数割合を計算した。小型定置網、吾智網及びその他における漁法別年齢別漁獲尾数割合については、島本(1999)によった。これらと漁獲物の年齢別平均体重との積によりそれぞれ漁法別年齢別漁獲重量割合を計算した。農林統計により当海域（和歌山県、大阪府、兵庫県、岡山県、徳島県、香川県（西部海域を含む））の漁法別漁獲量を集計し、漁法別年齢別漁獲重量割合との積により、漁法別年齢別漁獲量を計算し、この値を年齢別平均体重で割り戻して漁法別年齢別漁獲尾数を計算した。これらの和からマダイ瀬戸内海東部系群の年齢別漁獲尾数を推定した。

年齢別漁獲量は得られた年齢別漁獲尾数と下表の年齢別平均体重（島本 1999）との積により計算した。

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

(2) 資源量等推定方法

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。

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。

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

ここで、 $N_{j,y}$ はy年におけるj歳魚の資源尾数、 $C_{j,y}$ はy年におけるj歳魚の漁獲尾数である。最近年(2010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。

$$N_{j,2010} = \frac{C_{j,2010} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{j,2010})}$$

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

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

漁獲係数Fの計算は、2010年以外は以下の式による。

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

0～5歳魚の2010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。

(3) SPR、YPR計算

SPR、YPRは次式を用いた。

$$SPR = \sum_{j=0}^{15} W_j S R_j \times \exp\left(-\sum_{k=0}^{j-1} (M_k + F_k)\right)$$

$$YPR = \sum_{j=0}^{15} \frac{F_j}{F_j + M_j} \left(1 + \exp\left(-\sum_{k=0}^{j-1} (M_k + F_k)\right)\right) \times W_j \times \exp\left(-\sum_{k=0}^{j-1} (M_k + F_k)\right)$$

以下にSPR、YPR計算のための仮定を示す(附表7)。

- ・ 年齢(j)別体重(W_j)は島本(1999)の関係式

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

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(j_r)は0歳。
- ・ 産卵寄与率(SR_j)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 j の漁獲死亡係数(F_j)と1歳魚の漁獲係数(F_1)の比（年齢別漁獲選択性: $s_j = F_j / F_1$ ）が2007～2009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_j)は $F_j = F_1 \times s_j$ 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、

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

により計算した。

2011年における1歳魚以上の資源尾数は2010年における資源尾数と現状の F をもとに計算する。また2011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

$$\begin{aligned} 0\text{歳魚の資源尾数} &= 23,824 \times \text{SSB} \times \exp(-0.000764 \times \text{SSB}) \\ &\quad + \text{種苗放流数} \times 0\text{歳時の添加効率}/100 \end{aligned}$$

から推定する。ただし、毎年約88万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。2012年初めの資源量は2011年も2010年と同じ $F(F_{\text{current}})$ をかけたとして4,884トンと予測する。さらに2012年以降における予測資源尾数に対して F_{limit} の漁獲圧をかけるとしてABC $_{\text{limit}}$ を計算する。

(5) 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.

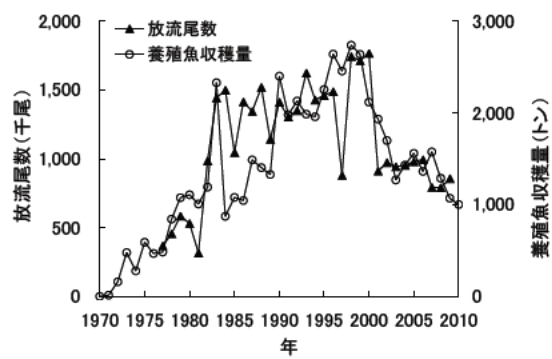


図1. 瀬戸内海東部系群マダイの放流尾数、養殖魚収穫量

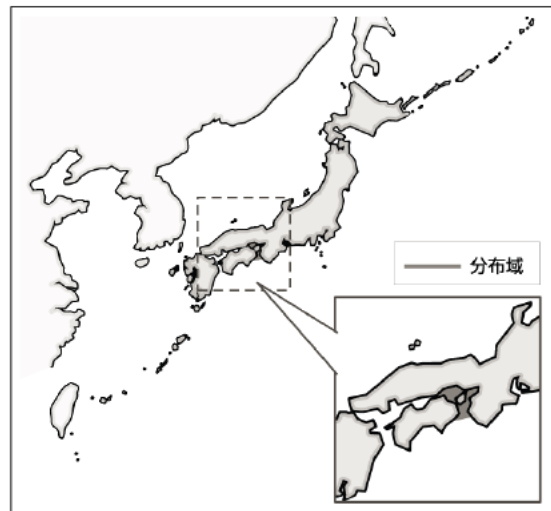


図2. 瀬戸内海東部系群マダイの分布

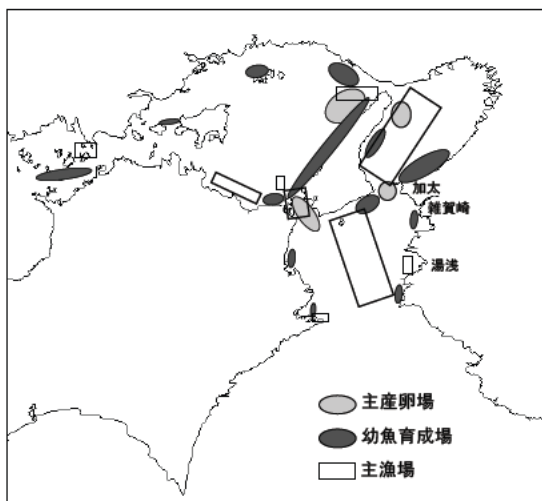


図3. 瀬戸内海東部系群マダイの生活史・漁場形成図

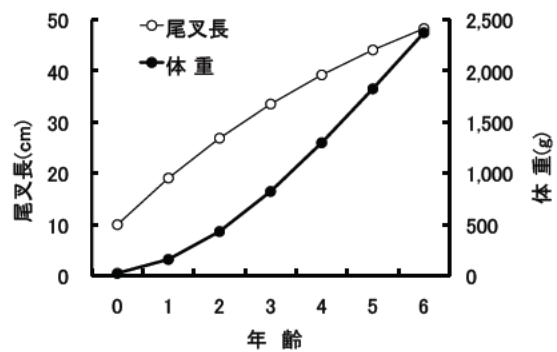


図4. 瀬戸内海東部系群マダイの年齢・成長

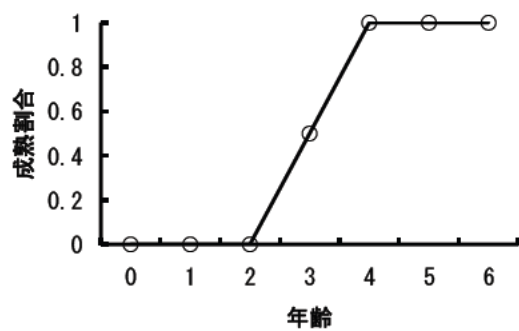


図5. 瀬戸内海東部系群マダイの年齢別成熟割合

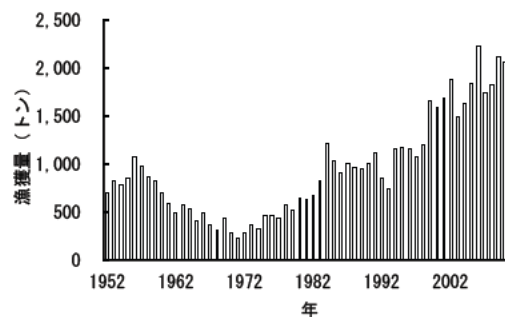


図6. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量経年推移

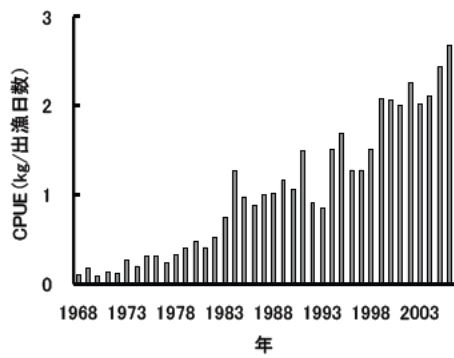


図7. 主要漁業種（小型底曳網）のCPUE

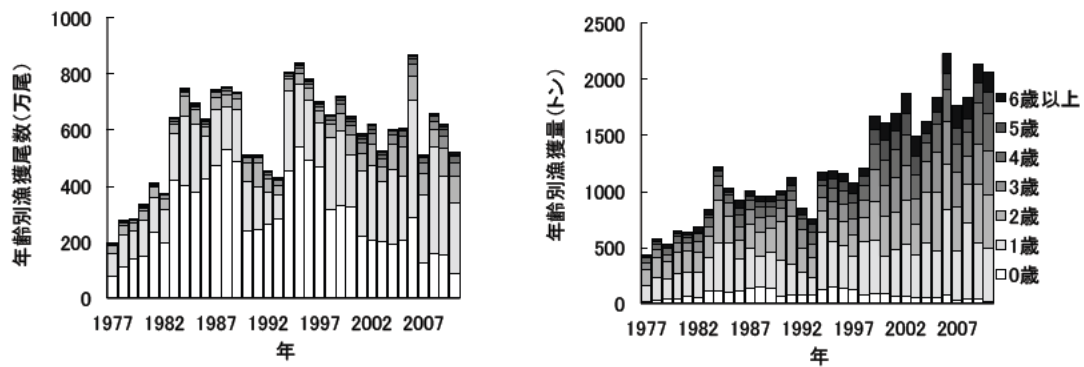


図8. 年齢別漁獲尾数（左）・重量（右）の経年推移

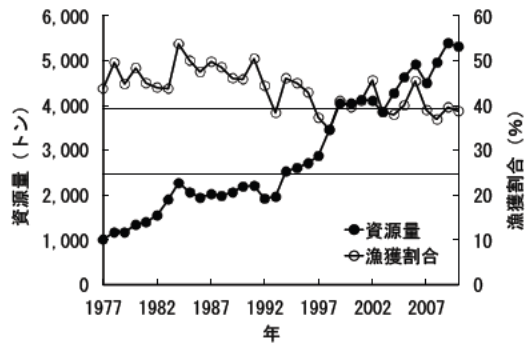


図9. 資源量と漁獲割合の経年推移

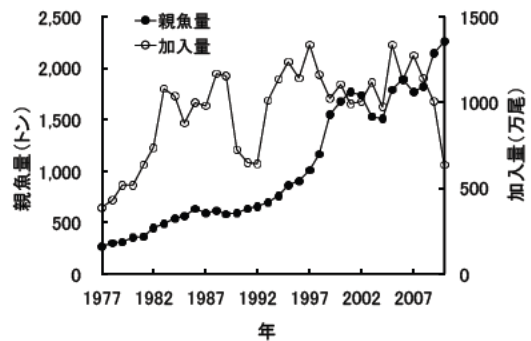


図10. 加入量と親魚量の経年推移

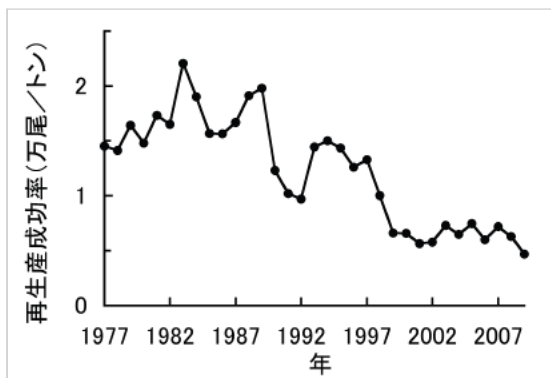


図11. 再生産成功率（天然魚加入尾数/親魚量）の経年推移

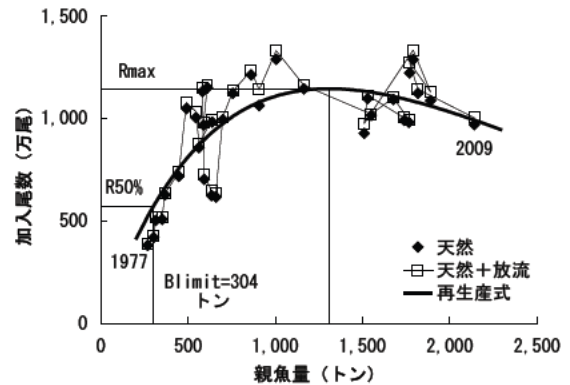


図12. 再生産関係

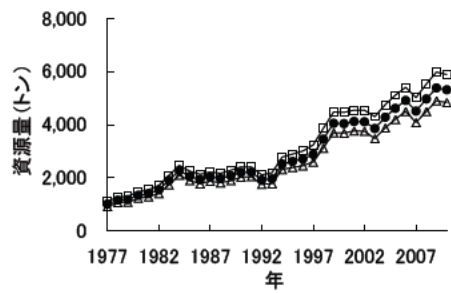
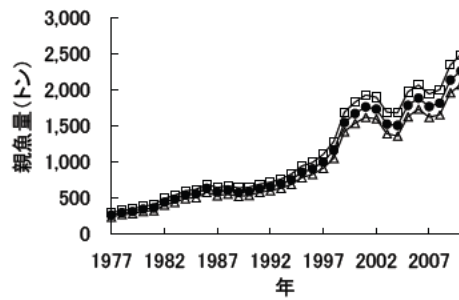
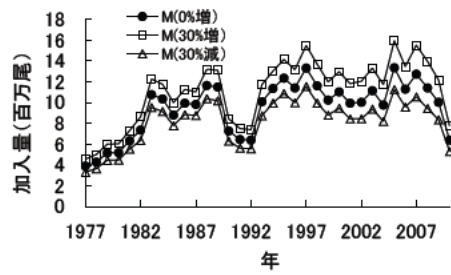


図 13. 自然死亡係数の変化
による各推定結果の変化

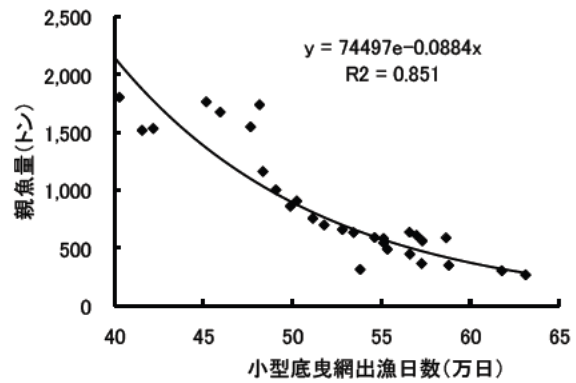


図 14. 漁獲努力と親魚量との関係

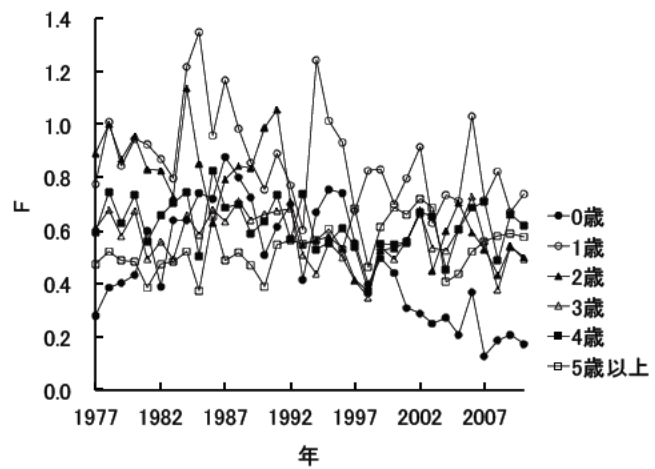


図 15. 年齢別Fの変化

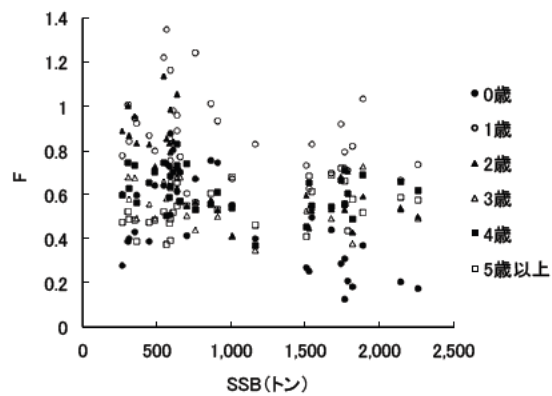


図 16. 親魚量と漁獲係数の
関係

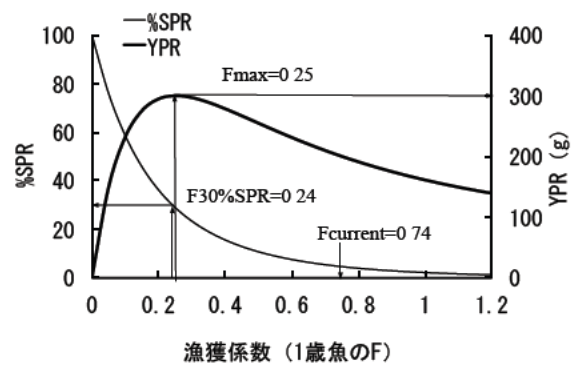


図 17. %SPR・YPR

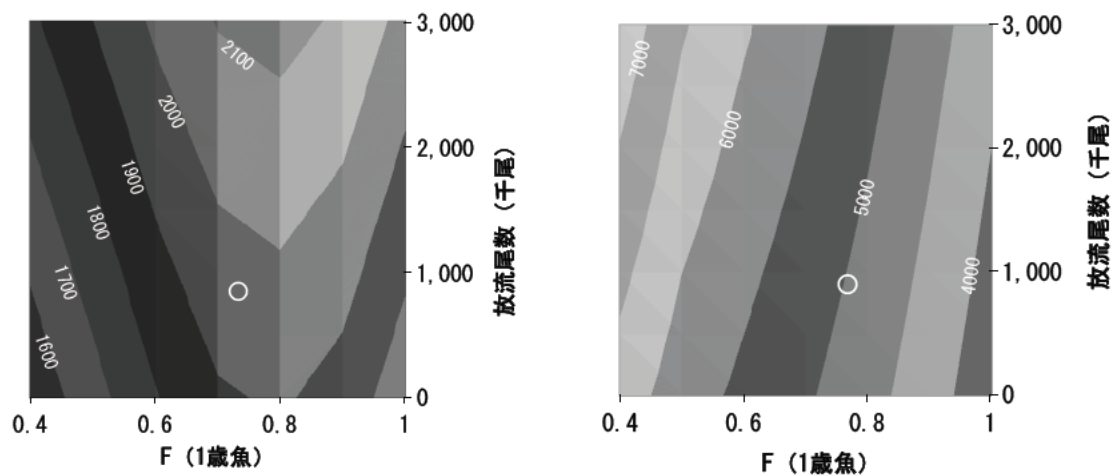


図 18. 2016年における漁獲量（左図）と資源量（右図）の放流尾数と漁獲係数に関する等量線図，白丸は現状の値

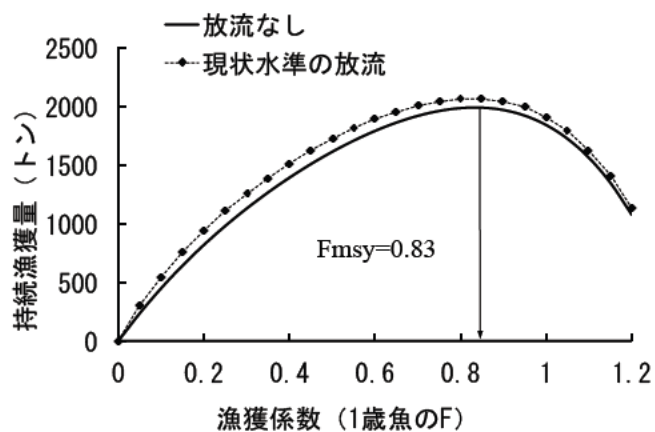


図 19. 1歳魚のFと持続漁獲量

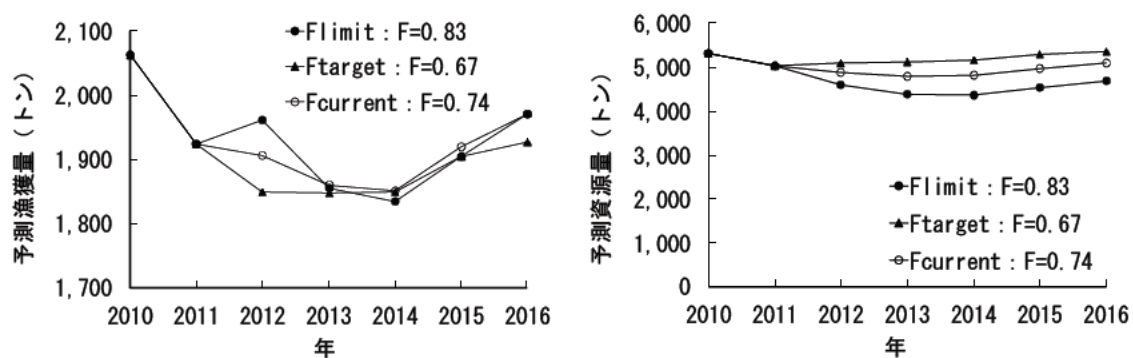


図 20. F値（1歳魚）の変化による期待漁獲量（左図）・資源量（右図）の変化

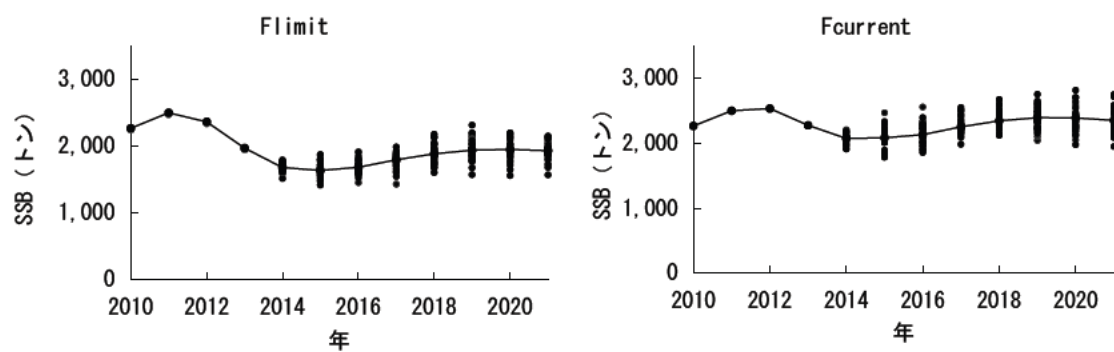


図 21. 加入量の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるFlimit漁獲シナリオによる予測SSB（左図）および現状漁獲圧での予測SSB（右図）

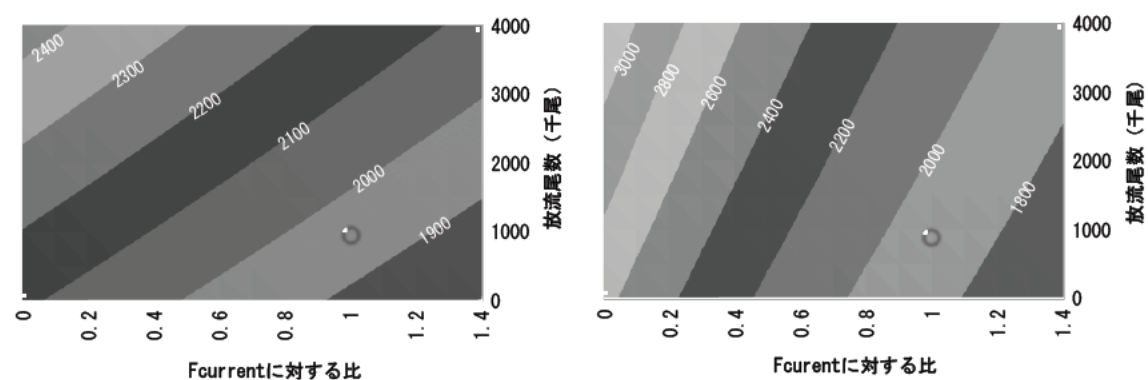


図22. 0歳魚（左図）及び0～1歳魚（右図）の漁獲係数と放流尾数を変化させたときの2016年の予測漁獲量の等量線図，白丸は現行の値



図 23. 紀伊水道、備讃瀬戸におけるマダイ卵分布しらふじ丸調査結果；2010年5月

附表1. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量（トン）、放流尾数（千尾）、養殖魚収獲量（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	放流尾数	養殖魚 収獲量	CPUE	努力量	年	漁獲量	放流尾数	養殖魚 収獲量	CPUE	努力量	標本船小底 CPUE
1952	702	-		-		1982	679	985	1,190	0.52	565,984	
1953	818	-		-		1983	833	1,442	2,329	0.75	553,350	
1954	782	-		-		1984	1,219	1,500	874	1.27	551,228	
1955	858	-		-		1985	1,029	1,045	1,080	0.98	572,998	
1956	1,076	-		-		1986	919	1,413	1,044	0.88	565,795	
1957	990	-		-		1987	1,011	1,345	1,486	1.00	586,364	
1958	870	-		-		1988	960	1,520	1,403	1.01	569,760	
1959	821	-		-		1989	952	1,142	1,328	1.16	551,222	
1960	704	-		-		1990	1,009	1,411	2,401	1.06	546,221	
1961	598	-		-		1991	1,115	1,303	1,980	1.49	534,326	
1962	489	-		-		1992	853	1,351	2,129	0.91	528,019	
1963	573	-		-		1993	754	1,624	1,987	0.85	517,788	
1964	545	-		-		1994	1,164	1,428	1,958	1.51	511,505	
1965	406	-		-		1995	1,176	1,459	2,255	1.68	498,801	
1966	498	-		-		1996	1,159	1,488	2,641	1.28	502,438	
1967	378	-		-		1997	1,078	880	2,458	1.28	490,787	
1968	314	-		0.11	660,358	1998	1,196	1,744	2,739	1.51	483,433	
1969	440	-		0.17	630,249	1999	1,667	1,713	2,638	2.08	476,476	
1970	299	-	0	0.09	607,289	2000	1,601	1,767	2,118	2.06	459,344	
1971	234	-	11	0.13	600,931	2001	1,694	910	1,932	2.01	451,614	
1972	297	-	159	0.12	603,140	2002	1,874	972	1,699	2.26	481,538	
1973	359	-	478	0.26	573,385	2003	1,485	944	1,270	2.01	421,714	
1974	328	-	278	0.20	602,378	2004	1,627	952	1,431	2.11	415,546	0.78
1975	471	-	589	0.31	619,266	2005	1,844	979	1,560	2.43	402,664	0.32
1976	466	-	468	0.32	624,577	2006	2,230	994	1,362	2.67	390,603	0.57
1977	440	369	484	0.23	631,060	2007	1,754	792	1,575	-	-	0.15
1978	577	455	841	0.33	617,706	2008	1,835	789	1,287	-	-	0.31
1979	528	585	1,076	0.40	538,064	2009	2,130	857	1,070	-	-	
1980	647	530	1,106	0.47	587,899	2010	2,063	-	1,000	-	-	
1981	631	316	1,008	0.41	572,610							

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	926	169	235	209	271	25
2009	1054	188	281	221	347	39
2010	1073	179	210	252	320	29

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	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.72	0.01	0.47	0.18	0.04	0.13
1歳	0.24	0.39	0.40	0.28	0.71	0.35
2歳	0.02	0.36	0.07	0.34	0.10	0.37
3歳	0.01	0.14	0.02	0.11	0.08	0.08
4歳	0.01	0.06	0.01	0.04	0.04	0.05
5歳	0.00	0.02	0.01	0.04	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01

1997年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.75	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.19	0.17	0.40	0.43	0.71	0.35
2歳	0.02	0.48	0.07	0.39	0.10	0.37
3歳	0.01	0.22	0.02	0.05	0.08	0.08
4歳	0.01	0.06	0.01	0.07	0.04	0.05
5歳	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.04	0.00	0.05	0.01	0.01

1998年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.54	0.00	0.47	0.01	0.04	0.13
1歳	0.40	0.22	0.40	0.26	0.71	0.35
2歳	0.02	0.51	0.07	0.49	0.10	0.37
3歳	0.02	0.18	0.02	0.16	0.08	0.08
4歳	0.01	0.05	0.01	0.03	0.04	0.05
5歳	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01

1999年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.52	0.00	0.47	0.01	0.04	0.13
1歳	0.36	0.25	0.40	0.05	0.71	0.35
2歳	0.06	0.45	0.07	0.54	0.10	0.37
3歳	0.03	0.15	0.02	0.29	0.08	0.08
4歳	0.02	0.07	0.01	0.06	0.04	0.05
5歳	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.03	0.00	0.02	0.01	0.01

2000年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.60	0.00	0.47	0.02	0.04	0.13
1歳	0.25	0.17	0.40	0.19	0.71	0.35
2歳	0.06	0.53	0.07	0.54	0.10	0.37
3歳	0.04	0.20	0.02	0.18	0.08	0.08
4歳	0.02	0.05	0.01	0.04	0.04	0.05
5歳	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.03	0.00	0.02	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）

2001年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.42	0.00	0.47	0.02	0.05	0.13
1歳	0.41	0.18	0.40	0.18	0.71	0.35
2歳	0.07	0.42	0.07	0.43	0.10	0.37
3歳	0.04	0.25	0.02	0.24	0.08	0.08
4歳	0.03	0.08	0.01	0.08	0.04	0.05
5歳	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.04	0.00	0.02	0.01	0.01

2002年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.36	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.45	0.20	0.40	0.07	0.71	0.35
2歳	0.09	0.46	0.07	0.48	0.10	0.37
3歳	0.04	0.20	0.02	0.29	0.08	0.08
4歳	0.03	0.07	0.01	0.09	0.04	0.05
5歳	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01	0.01

2003年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.45	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.41	0.10	0.40	0.11	0.71	0.35
2歳	0.06	0.39	0.07	0.46	0.10	0.37
3歳	0.03	0.22	0.02	0.30	0.08	0.08
4歳	0.02	0.14	0.01	0.05	0.04	0.05
5歳	0.01	0.06	0.01	0.04	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.09	0.00	0.05	0.01	0.01

2004年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.35	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.47	0.14	0.40	0.09	0.71	0.35
2歳	0.13	0.47	0.07	0.54	0.10	0.37
3歳	0.03	0.22	0.02	0.25	0.08	0.08
4歳	0.01	0.08	0.01	0.04	0.04	0.05
5歳	0.00	0.04	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.06	0.00	0.05	0.01	0.01

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

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

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

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

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

2010年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.09	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.48	0.15	0.40	0.14	0.71	0.35
2歳	0.19	0.41	0.07	0.35	0.10	0.37
3歳	0.09	0.24	0.02	0.21	0.08	0.08
4歳	0.04	0.10	0.01	0.10	0.04	0.05
5歳	0.02	0.04	0.01	0.09	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.05	0.00	0.11	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）

＼年齢＼	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
1977	78	79	28	7	3	1	1	197
1978	113	112	35	8	4	1	1	274
1979	140	99	30	8	3	1	1	283
1980	149	127	38	9	4	1	1	329
1981	235	122	37	8	3	1	1	408
1982	196	122	37	10	5	1	1	372
1983	419	165	37	9	6	2	2	640
1984	404	241	75	14	7	2	2	744
1985	380	242	47	13	5	2	1	691
1986	421	155	32	15	8	3	3	637
1987	472	200	43	15	6	2	2	741
1988	529	154	42	15	7	2	2	752
1989	490	181	42	13	6	2	2	735
1990	239	178	68	13	6	2	2	508
1991	245	154	84	17	6	2	3	511
1992	265	113	44	19	6	2	3	452
1993	283	86	33	15	8	3	2	431
1994	457	285	37	14	8	3	3	805
1995	538	222	41	17	9	4	3	835
1996	493	212	43	18	9	4	3	781
1997	467	160	38	17	9	4	4	700
1998	316	259	42	18	9	4	3	651
1999	329	264	67	33	16	8	5	721
2000	324	188	69	32	16	9	6	645
2001	218	234	65	35	18	9	6	585
2002	207	264	77	36	19	10	7	620
2003	204	211	52	28	15	8	7	525
2004	191	271	88	31	12	5	4	602
2005	206	228	103	41	17	6	5	607
2006	288	420	80	44	21	7	7	867
2007	127	240	78	36	18	8	8	514
2008	159	377	65	30	16	6	8	660
2009	155	278	100	43	26	9	7	618
2010	84	256	94	46	23	10	7	520

附表5. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量（トン）

＼年齢 年＼	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
1977	21	143	143	57	38	17	21	440
1978	31	202	179	70	50	21	24	577
1979	38	179	155	65	47	20	25	528
1980	40	228	192	78	59	23	26	647
1981	64	220	189	66	48	20	25	631
1982	53	219	188	89	69	27	34	679
1983	113	297	189	81	82	32	38	833
1984	109	434	382	121	92	37	44	1,219
1985	103	436	241	113	71	29	36	1,029
1986	114	279	165	126	111	58	67	919
1987	127	361	220	126	89	38	51	1,011
1988	143	276	215	131	99	41	55	960
1989	132	326	216	109	78	41	51	952
1990	65	320	348	114	79	35	48	1,009
1991	66	278	426	145	87	42	71	1,115
1992	72	203	227	159	90	39	63	853
1993	76	156	170	125	118	56	54	754
1994	123	512	187	118	108	52	64	1,164
1995	145	400	210	149	126	79	67	1,176
1996	133	381	217	151	127	79	72	1,159
1997	126	287	195	148	134	84	105	1,078
1998	85	466	214	158	125	78	69	1,196
1999	89	475	341	283	221	144	114	1,667
2000	88	339	352	273	231	169	150	1,601
2001	59	420	330	304	254	172	154	1,694
2002	56	474	393	307	271	195	177	1,874
2003	55	380	264	239	215	159	173	1,485
2004	51	487	451	270	170	88	111	1,627
2005	56	410	526	356	245	118	134	1,844
2006	78	755	409	378	294	134	182	2,230
2007	34	433	398	307	248	143	190	1,754
2008	43	679	332	255	219	118	189	1,835
2009	42	501	512	367	369	174	165	2,130
2010	23	460	479	398	326	195	182	2,063

附表6. 瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数（万尾）

＼齡 年＼	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以 上	合計
1977	389	166	52	16	6	3	2	635
1978	428	199	60	18	7	3	3	718
1979	516	197	57	19	8	3	3	801
1980	519	234	67	20	9	3	3	854
1981	635	228	71	22	9	4	3	971
1982	738	236	71	26	11	4	4	1,091
1983	1079	339	78	26	13	5	4	1,544
1984	1035	386	120	32	14	5	5	1,596
1985	881	369	90	32	14	5	5	1,396
1986	997	284	75	32	15	7	6	1,416
1987	982	328	86	34	14	6	6	1,455
1988	1167	277	80	33	15	6	6	1,584
1989	1152	355	81	29	13	6	6	1,643
1990	727	377	118	30	13	6	6	1,278
1991	647	295	139	37	13	6	7	1,145
1992	640	236	95	41	16	5	6	1,040
1993	1010	215	86	40	17	8	6	1,381
1994	1136	451	92	42	20	7	6	1,755
1995	1236	393	102	44	23	10	6	1,815
1996	1142	394	112	49	21	11	8	1,737
1997	1333	367	122	56	25	10	9	1,922
1998	1164	518	148	68	31	12	8	1,949
1999	1023	528	178	86	40	18	11	1,884
2000	1103	422	181	89	42	20	13	1,870
2001	996	480	165	89	46	21	14	1,810
2002	1005	495	170	80	43	22	15	1,830
2003	1115	510	155	73	35	19	15	1,921
2004	977	587	214	83	36	15	14	1,927
2005	1336	504	222	99	42	19	17	2,239
2006	1131	735	195	92	46	19	20	2,238
2007	1275	529	206	91	38	19	19	2,177
2008	1144	759	203	102	44	16	19	2,286
2009	1005	644	263	111	59	23	16	2,121
2010	639	553	260	129	55	26	18	1,680

附表7. 瀬戸内海東部系群マダイの資源量（トン）

＼年齢 年＼	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
1977	105	299	265	138	91	49	60	1,006
1978	115	358	307	155	104	57	65	1,161
1979	139	354	291	161	109	55	70	1,179
1980	140	420	339	174	124	65	74	1,337
1981	171	411	364	186	122	67	84	1,405
1982	199	425	363	225	157	79	99	1,547
1983	291	610	397	226	178	92	107	1,901
1984	280	694	612	272	191	99	119	2,267
1985	238	664	457	279	195	102	125	2,060
1986	269	511	384	277	215	132	151	1,939
1987	265	591	437	291	194	106	143	2,027
1988	315	498	411	281	213	110	147	1,974
1989	311	638	415	251	190	119	147	2,072
1990	196	679	604	256	183	119	161	2,199
1991	175	532	711	320	183	109	182	2,211
1992	173	425	487	351	226	99	159	1,919
1993	273	387	438	342	246	143	139	1,968
1994	307	812	471	361	285	132	160	2,527
1995	334	708	522	381	322	188	161	2,615
1996	308	709	572	417	302	207	189	2,705
1997	360	661	622	478	350	184	230	2,886
1998	314	933	752	584	439	230	202	3,454
1999	276	950	908	739	570	340	270	4,052
2000	298	760	923	763	596	370	328	4,038
2001	269	864	841	769	644	388	347	4,123
2002	271	890	869	686	605	414	376	4,112
2003	301	918	792	627	487	349	380	3,853
2004	264	1057	1090	718	507	284	358	4,279
2005	361	908	1131	854	587	363	413	4,615
2006	305	1323	994	794	644	360	487	4,909
2007	344	952	1051	781	530	364	484	4,506
2008	309	1366	1034	879	617	293	467	4,964
2009	271	1159	1339	955	832	425	404	5,387
2010	173	996	1324	1113	769	484	453	5,312

附表8. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲係数（1／年）と漁獲割合（％）

年＼ 齡	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	漁獲割合
1977	0.281	0.775	0.889	0.606	0.596	0.475	0.475	43.8
1978	0.388	1.009	1.002	0.679	0.747	0.522	0.522	49.7
1979	0.402	0.843	0.868	0.580	0.628	0.489	0.489	44.8
1980	0.431	0.947	0.955	0.674	0.733	0.483	0.483	48.4
1981	0.599	0.924	0.833	0.493	0.560	0.388	0.388	44.9
1982	0.389	0.870	0.827	0.560	0.655	0.474	0.474	43.9
1983	0.639	0.798	0.729	0.493	0.703	0.485	0.485	43.8
1984	0.642	1.219	1.139	0.659	0.745	0.522	0.522	53.8
1985	0.743	1.349	0.853	0.584	0.506	0.375	0.375	50.0
1986	0.720	0.958	0.629	0.680	0.828	0.654	0.654	47.4
1987	0.877	1.166	0.795	0.635	0.686	0.488	0.488	49.9
1988	0.801	0.983	0.843	0.713	0.701	0.518	0.518	48.6
1989	0.727	0.857	0.834	0.640	0.588	0.470	0.470	46.0
1990	0.510	0.756	0.986	0.664	0.636	0.391	0.391	45.9
1991	0.617	0.889	1.058	0.676	0.734	0.549	0.549	50.4
1992	0.701	0.771	0.707	0.682	0.570	0.565	0.565	44.4
1993	0.416	0.604	0.548	0.508	0.740	0.550	0.550	38.3
1994	0.671	1.243	0.566	0.439	0.531	0.564	0.564	46.1
1995	0.754	1.013	0.576	0.557	0.556	0.606	0.606	45.0
1996	0.744	0.932	0.533	0.500	0.611	0.531	0.531	42.9
1997	0.555	0.673	0.416	0.410	0.539	0.683	0.683	37.3
1998	0.401	0.829	0.371	0.350	0.372	0.462	0.462	34.6
1999	0.495	0.830	0.526	0.539	0.550	0.617	0.617	41.1
2000	0.442	0.700	0.536	0.493	0.547	0.688	0.688	39.6
2001	0.310	0.796	0.556	0.564	0.560	0.661	0.661	41.1
2002	0.289	0.918	0.679	0.668	0.668	0.720	0.720	45.6
2003	0.252	0.629	0.451	0.536	0.655	0.685	0.685	38.5
2004	0.271	0.733	0.597	0.526	0.454	0.409	0.409	38.0
2005	0.207	0.711	0.706	0.606	0.605	0.436	0.436	40.0
2006	0.371	1.032	0.594	0.729	0.687	0.521	0.521	45.4
2007	0.129	0.719	0.532	0.560	0.711	0.558	0.558	38.9
2008	0.185	0.821	0.431	0.379	0.489	0.580	0.580	37.0
2009	0.207	0.668	0.538	0.541	0.660	0.590	0.590	39.5
2010	0.173	0.736	0.500	0.493	0.620	0.576	0.576	38.8

附表9. 瀬戸内海東部系群マダイの混入率(%)、標識率(%)、
補正済み混入率(%)、添加効率(1/年)

年	混入率		標識率		補正済み混入率			添加効率
	和歌山	兵庫	和歌山	兵庫	和歌山	兵庫	推定値	
1985						2.4	2.4	0.20
1986						1.2	1.2	0.08
1987						1.3	1.3	0.10
1988						1.2	1.2	0.09
1989						1.6	1.6	0.16
1990								
1991								
1992								
1993					1.4		1.4	0.09
1994					1.0		1.0	0.08
1995					1.7		1.7	0.14
1996					6.8		6.8	0.52
1997					3.2		3.2	0.48
1998	0.8		50.4		1.5		1.5	0.10
1999	0.3		51.3		0.6		0.6	0.04
2000	0.3		34.8		0.8		0.8	0.05
2001	0.4		32.6		1.3		1.3	0.14
2002	0.5		36.1		1.3		1.3	0.13
2003	0.2	1.5	19.4	86.0	1.2	1.8	1.5	0.17
2004	0.4	17.3	8.8	89.0	4.9	15.4	4.9	0.50
2005	0.2	4.6	23.9	74.0	0.7	6.2	3.4	0.47
2006							4.6	0.42
2007	0.2	5.1	5.7	67.0	3.7	7.6	5.7	0.63
2008	0.4	2.4	13.6	81.0	2.8	3.0	2.9	0.25
2009		2.1		62.0		3.3	3.3	0.39
2010		2.3		66.0		3.5	3.5	-

1985～1989年兵庫：島本(1999)

1993～2007年和歌山：平成14年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書、
平成22年度栽培漁業ブロック会議資料

附表10. 瀬戸内海東部系群マダイの親魚量（トン）、
天然魚の加入量（万尾）、再生産成功率（万尾/トン）、放流尾数（千尾）

年	親魚量	天然魚の 加入量	再生産 成功率	放流尾数	添加効率 (1/年)
1977	268	382	1.42	369	0.20
1978	303	419	1.38	455	0.20
1979	314	504	1.60	585	0.20
1980	351	508	1.45	530	0.20
1981	366	628	1.72	316	0.20
1982	447	719	1.61	985	0.20
1983	489	1,050	2.15	1,442	0.20
1984	545	1,006	1.85	1,500	0.20
1985	562	860	1.53	1,045	0.20
1986	637	985	1.55	1,413	0.08
1987	589	969	1.65	1,345	0.10
1988	611	1,153	1.89	1,520	0.09
1989	582	1,134	1.95	1,142	0.16
1990	591	704	1.19	1,411	0.16
1991	634	625	0.99	1,303	0.16
1992	659	618	0.94	1,351	0.16
1993	699	996	1.42	1,624	0.09
1994	757	1,125	1.49	1,428	0.08
1995	861	1,216	1.41	1,459	0.14
1996	907	1,065	1.17	1,488	0.52
1997	1,004	1,291	1.29	880	0.48
1998	1,163	1,146	0.99	1,744	0.10
1999	1,549	1,017	0.66	1,713	0.04
2000	1,676	1,094	0.65	1,767	0.05
2001	1,764	982	0.56	910	0.14
2002	1,738	992	0.57	972	0.13
2003	1,529	1,099	0.72	944	0.17
2004	1,509	929	0.62	952	0.50
2005	1,789	1,290	0.72	979	0.47
2006	1,889	1,090	0.58	994	0.42
2007	1,769	1,225	0.69	792	0.63
2008	1,816	1,124	0.62	789	0.25
2009	2,140	972	0.45	857	0.39
2010	2,263	-	-	-	-

附表11. 瀬戸内海東部系群マダイのSPR、YPR計算様式

年齢	体重(g)	産卵寄与率	漁獲選択率	M	Flimit	Ftarget
0歳	27	0	0.24	0.39	0.16	0.13
1歳	180	0	1.00	0.24	0.68	0.54
2歳	510	0	0.68	0.17	0.46	0.37
3歳	860	0.5	0.67	0.17	0.46	0.36
4歳	1,410	1	0.84	0.17	0.57	0.46
5歳	1,880	1	0.78	0.17	0.53	0.43
6歳以上	2,496	1	0.78	0.17	0.53	0.43