

平成24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（銭谷 弘、森岡泰三）

参画機関：和歌山県水産試験場、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、2011年には6,456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Fmsyを採用した。ABC算定のための基本規則（平成24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、2010年には49万尾の人工種苗が放流され、放流魚の0歳漁獲時の混入率は4.3%と推定された。添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は67%と推定された。

	2013年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	2,999トン	Fmsy	0.84	41%
ABCtarget	2,532トン	0.8Fmsy	0.67	34%

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
2010	5,455	2,039	0.72	37%
2011	6,456	2,455	0.75	38%
2012	7,408	-	-	-

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） ・2010 年県別漁業種類別魚種別漁獲量、2011 年速報値（農林水産省） ・2006～2010 年香川県農林水産統計年報 - 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）
資源量指標値	・2005～2011 年和歌山県湯浅湾漁協の小型底曳網 CPUE
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年代に入ってから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、2000年には1,767千尾まで増加したが、2001年以降1,000千尾を下回り、2010年には492千尾まで減少した（図1、表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54%に相当する養殖魚収穫量がある（図1、2010年1,104トン、うち香川県が971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%に相当する。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，2003）。これは同年の瀬戸内海マダイ漁獲量4,529トンの4%に相当する。2008年1月から12月までの遊漁調査では331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，2009）。これは同年の瀬戸内海マダイ漁獲量4,175トンの8%に相当する。

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さき、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。2011年においては小型底曳網での漁獲が全体の52%を占め、小型定置網(14%)、吾智網(12%)、刺網(11%)、釣り(10%)と続く（表2）。

（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、2011年には2,455トンとなった（表1）。なお、前年度までは、2006～2010年までの瀬戸内海東部の漁獲量計算に香川県全域の漁獲量を使用していたが、今年度は香川県農林水産統計年報をもとに、香川県内の播磨灘の漁獲量のみを用いて2006～2010年の漁獲量を再集計した。2011年は、2010年における香川県内のマダイ漁獲量に占める播磨灘のマダイ漁獲量の割合を2011年の香川県内のマダイ漁獲量に乗じた値を用いた（表3）。

（3）漁獲努力量

小型底曳網の出漁日数を努力量とした（表1）。統計データのある2006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。漁獲統計が暦年であるので便宜上、1 月時点での初期資源尾数を推定することになる。2011 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。2011 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は1970年に0.09kg／出漁日数であったが、1984年には1.27kg／出漁日数に急増し、2006年には2.67kg／出漁日数となった（図7、表1）。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。また、標本漁協である和歌山県湯浅湾漁協の小型底曳網のCPUEは2005年に3.2kg／隻数であったが、2011年までに12.8 kg／隻数に増加した（図7、表1）。

(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（表2）と漁法別年齢別漁獲尾数割合（表4）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の算出に使用した。2004～2011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の算出に使用した。年齢別漁獲尾数および年齢別漁獲量の推移を表5、6および図8に示す。1998年以降、0歳魚の漁獲尾数割合が低下した。2011年の0～1歳魚は漁獲尾数割合82%を占めている。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

2011年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は3,612万尾と推定された（表7）。年齢別の資源尾数割合は、0歳：58.3%、1歳：29.6%、2歳：6.0%、3歳：3.2%、4歳：1.6%、5歳：0.7%、6歳以上：0.6%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の93.9%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トンまで減少したものの、1994年以降急増し、2011年には6,456トンと推定された（図9、表8）。2011年の漁獲係数は0.75（1歳魚の値）、漁獲割合は38.0%であった（図9、表9）。なお、2006～2010年の漁獲量の集計方法の修正による推定資源量の相違を図10に示した。昨年までの集計方法で求めた漁獲量を用いた資源量推定値は、今年度の方法よりも5%程度過大推定であった。

0歳魚の資源尾数を加入量の指標とした場合、1977～1989年の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、2004年には970万尾と低迷したが、2010年以降急増し、2011年には2,105万尾となった（表7）。

年齢別漁獲尾数の推移を見ると、近年は0歳魚が減少し、1歳魚が最も多くなってきている（表5）。また、レトロスペクティブ・アナライシス（山田・田中 1999）の結果、0歳魚の資源尾数の推定値は最新年の漁獲量の増減により大きく変動する。一方、1歳魚の資源尾数の推定値は、最新年の漁獲量の影響が少ない（図11）。しかし、0歳魚の漁獲を無視できないので、1歳魚の資源尾数を加入量の指標する根拠が希薄である。本年度も、0歳魚の資源尾数を加入量の指標とした。なお、2011年の加入量については、大きな誤差を含んでいる可能性があり、ABCの算定等に大きく影響することを明記しておく。将来的には、0歳魚を漁獲対象として無視できると判断される時点で、誤差が少ない1歳魚の資源尾数を加入量に切り替える必要があろう。仮に、0歳魚の漁獲が無視できるものとして、1歳魚の資源尾数を加入量の指標とした場合のFlimit、ABC等を参考のため補足資料3に示す。

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、2011年には2,359トンとなった（図12）。瀬戸内海東部海域では毎年805千尾（2006～2010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)と加入量との関係を図13に示した。

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 K_y ）を以下の式より計算した（表10）。

$$K_y = \frac{\text{0歳魚の補正済み混入率}}{\text{種苗放流尾数}} \times \text{0歳魚資源尾数} \quad (1)$$

なお、2003年、2005年、2007～2010年の補正済み混入率は、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年は2005年と2007年の平均値を使用した（表10）。0歳時の添加効率を8～87%として、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。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。

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。

$$R_y = 21,311 \times \text{SSB} \times \exp(-0.00067 \times \text{SSB}) + A_{r_y} \times K_y / 100 \quad (2)$$

ここでSSBおよび A_{r_y} 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1977～2010年を使用した。

再生産成功率（天然魚加入量／親魚量）は1999年まで低下し、それ以降は横ばい傾向にある（表11、図14）。瀬戸内海の1994～2005年の5～9月における表面水温は1980～1993年と比較して高い傾向があるので（河野・銭谷 2008）、近年のRPSの低下・横ばいの原因としては、水温に代表される環境変動の影響等が考えられるが、親魚量の増加に伴う密度効果により加入量が減少するといった瀬戸内海東部系群マダイの再生産機構の特性とも考えられる。

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15）。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。特に、2010年における0歳魚の資源尾数が急増している影響で、2010年の添加効率は67%と非常に高い値とな

っている（表10）。資源量の割に放流数が少ないため、添加効率の推定値の不確かさがABCの計算に大きな影響を与えることはないが、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）資源の水準・動向

過去35年間のコホート解析により2011年の資源量、漁獲量とも、過去最高であり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増加と判断した。資源量が最低であった1977年の1,006トンと最高であった2011年の6,456トンの2/3にあたる4,640トン、高位水準と中位水準の境界とした（図9）。

再生産曲線から計算される最大加入量の50%の加入量が得られるSSBをBlimitとした。Blimitは345トンと計算された。2011年のSSBは2,359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16；親魚量 $=7,4497 \times \exp(-0.088 \times (\text{小型底曳網出漁日数 (万日)}))$ 、 $r^2=0.85$ ）。

近年、0～2歳のF値が減少している（図17）。親魚量が低いときに0～2歳のF値が高くなる傾向があった（図18）。

表12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19に示した。2011年の1歳魚の漁獲係数($F_{current}$)は0.75であり、推奨値である $F_{30\%SPR}$ 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、努力量の低下により親魚量が増加し、再生産により加入量が増加し、資源量が増加した経過を考慮すると、現状での漁獲圧で資源が壊滅的な影響を受けるとは考えられない。

（7）種苗放流効果

最近10年間（2001～2010年）における平均放流尾数は805千尾（492～994千尾）、平均混入率は3.0%（1.3～5.7%）であった（表10）。天然の0歳資源尾数に対する放流数の割合を、 $\text{放流尾数} \div (\text{0歳魚資源尾数} - \text{放流尾数} \times \text{0歳漁獲までの放流魚の生残率})$ で計算すると、その平均値は0.082（0.030～0.103）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少ないためであり、資源に対する種苗放流の直接的な効果は高くない。2013～2017年に放流尾数と漁獲係数Fを変化させたときの2017年における漁獲量及び資源量の変化を等量線図で示した（図20）。漁獲量、資源量を増加させるためには放流尾数の増加よりもFの削減がより有効であった。

5. 2013年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

過去35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(2)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。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(2)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(2)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805千尾（2006～2010年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を55%（2006～2010年の平均値）と仮定した。Flimit（=Fmsy、1歳魚の値で代表）は0.84が得られた（図21）。このときの持続漁獲量は2,087トンであった。資源水準は高位であるが、加入量の不確実性を考慮して、Ftargetは α を標準値の0.8とし $Ftarget=\alpha \times Fmsy=0.8 \times 0.84=0.67$ 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2011年のFはFcurrentとする。2012年の漁獲量は2,909トン、2013年以降の加入量は(2)式の再生産関係に従うとする。毎年805千尾（2006～2010年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を55%（2006～2010年の平均値）と仮定した。2013年以降、Flimitで管理した場合、2017年に期待される資源量は現在（2011年）の漁獲圧を継続した場合の0.93倍の資源水準となり、漁獲量は1.01倍となる（図22）。理論式から得られた結果として、2013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。

	2013年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	2,999トン	Fmsy	0.84	41%
ABCtarget	2,532トン	0.8Fmsy	0.67	34%

漁獲割合はABC／資源量、F値は1歳における値。

漁獲シナリオ		漁獲量（トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MSY水準の達成	管理基準							
	Fmsy (F=0.84)	2,455	2,909	2,999	2,705	2,366	2,039	1,904
	資源量（トン）							
	管理基準							
MSY水準の達成	Fmsy (F=0.84)	6,456	7,408	7,361	6,595	5,720	4,967	4,626

漁獲量 (トン)								
F	管理基準	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.00		2,455	2,909	0	0	0	0	0
0.08	0.1Fcurrent	2,455	2,909	352	522	676	791	862
0.15	0.2Fcurrent	2,455	2,909	685	965	1,194	1,329	1,380
0.23	0.3Fcurrent	2,455	2,909	999	1,340	1,585	1,682	1,668
0.30	0.4Fcurrent	2,455	2,909	1,297	1,655	1,873	1,902	1,809
0.38	0.5Fcurrent	2,455	2,909	1,578	1,916	2,080	2,028	1,864
0.45	0.6Fcurrent	2,455	2,909	1,844	2,132	2,222	2,091	1,876
0.53	0.7Fcurrent	2,455	2,909	2,096	2,307	2,314	2,114	1,874
0.60	0.8Fcurrent	2,455	2,909	2,334	2,447	2,367	2,112	1,875
0.68	0.9Fcurrent	2,455	2,909	2,559	2,556	2,389	2,096	1,883
0.75	1.0Fcurrent	2,455	2,909	2,772	2,639	2,388	2,072	1,894
0.84	1.1Fcurrent	2,455	2,909	2,999	2,705	2,366	2,039	1,904
資源量 (トン)								
F	管理基準	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.00		6,456	7,408	7,361	11,385	15,588	19,051	21,380
0.08	0.1Fcurrent	6,456	7,408	7,361	10,813	14,091	16,406	17,541
0.15	0.2Fcurrent	6,456	7,408	7,361	10,275	12,756	14,165	14,453
0.23	0.3Fcurrent	6,456	7,408	7,361	9,768	11,567	12,272	11,983
0.30	0.4Fcurrent	6,456	7,408	7,361	9,290	10,509	10,681	10,025
0.38	0.5Fcurrent	6,456	7,408	7,361	8,840	9,568	9,351	8,498
0.45	0.6Fcurrent	6,456	7,408	7,361	8,416	8,733	8,245	7,332
0.53	0.7Fcurrent	6,456	7,408	7,361	8,017	7,993	7,333	6,459
0.60	0.8Fcurrent	6,456	7,408	7,361	7,640	7,337	6,582	5,816
0.68	0.9Fcurrent	6,456	7,408	7,361	7,285	6,754	5,963	5,338
0.75	1.0Fcurrent	6,456	7,408	7,361	6,950	6,237	5,450	4,970
0.84	1.1Fcurrent	6,456	7,408	7,361	6,595	5,720	4,967	4,626

F値は1歳魚の値で代表。

(3) ABClimitの評価

(2)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（2022年）の漁獲量の将来予測の変動幅、親魚量を2011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(2)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

$$R_y = 21,311 \times SSB \times \exp(-0.00067 \times SSB) \times (1 + CV \times N(0,1)) + A_{r_y} \times K_y / 100 \quad (3)$$

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0.20、 $N(0,1)$ 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8%の確率にとどまる（図23）。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 (Fcurrent との比較)	漁獲割合	将来漁獲量		評価		2013 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 (Fmsy)	0.84 (1.1 Fcurrent)	40.7%	2,143 トン ～ 2,157 トン	2,150 トン	8%	100%	2,999 トン
基準値での漁獲の予防的措置** (0.8F 基準値)	0.67 (0.89 Fcurrent)	34.3%	2,079 トン ～ 2,092 トン	2,085 トン	90%	100%	2,532 トン
							2013 年算 定漁獲量
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	0.75 (1.00 Fcurrent)	37.7%	2,147 トン ～ 2,161 トン	2,154 トン	62%	100%	2,772 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。 ・基準値は資源の MSY 水準の達成を目指す F。 ・資源量は増加傾向であり、現状の漁獲圧(Fcurrent)は Fmsy よりも低い。 ・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。 ・不確実性を考慮して安全率 α を 0.8 とした。 ・2011 年の加入量については、大きな誤差を含んでいる可能性がある。							

Fcurrent 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
2010年漁獲量確定値 2011年漁獲量概数値	2010年漁獲量の確定 動向判断は増加に修正
2006～2010年香川県海域別(燐灘、播磨灘) 漁獲量	2006～2010年漁獲量、年齢別漁獲尾数、データを修正してコホート解析を行ったことによる、2010年以前の年齢別資源尾数、漁獲係数、再生産関係、Blimit、%SPR、YPRが更新
2011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、2010年以前の年齢別資源尾数、漁獲係数、再生産関係、Blimit、%SPR、YPRが更新

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)
2011年(当初)	Fmsy	0.97	4,819	2,125	1,811	2,455
2011年(2011年再評価)	Fmsy	0.83	5,028	2,104	1,784	
2011年(2012年再評価)	Fmsy	0.84	6,456	2,651	2,247	
2012年(当初)	Fmsy	0.83	4,609	1,962	1,850	
2012年(2012年再評価)	Fmsy	0.84	7,408	3,141	2,662	

F値および管理基準は1歳魚の値で代表。

ABCは大幅に増加した。2011年の漁獲量の大幅増加が影響している。

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。2011年の年齢別資源尾数を初期値として、以下の条件により2017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(1歳魚以上)を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。

- ・他の年齢の漁獲係数には $F_{current}$ を用いた。2013年から0歳魚、もしくは0～1歳魚のFを $F_{current}$ の比率で変化させた。
- ・0歳魚獲までの放流魚の生残率は55%(2006～2010年の平均値)とし、2013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、2012年から(2)式に従うと仮定した。
- ・平均体重、成熟割合は表12のとおりとした。

0歳魚のみの保護を行う場合は、種苗放流の効果が現れやすいが、1歳魚の保護が加わると種苗放流の効果は現れにくくなる(図24)。

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.

河野悌昌・銭谷 弘(2008)1980～2005年の瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵量分布,
日水誌, 74, 636-644.

農林水産省統計情報部(1998) 遊漁採捕量調査報告書, pp.115.

農林水産省統計情報部(2003) 遊漁採捕量調査報告書, 農林水産省HPより.

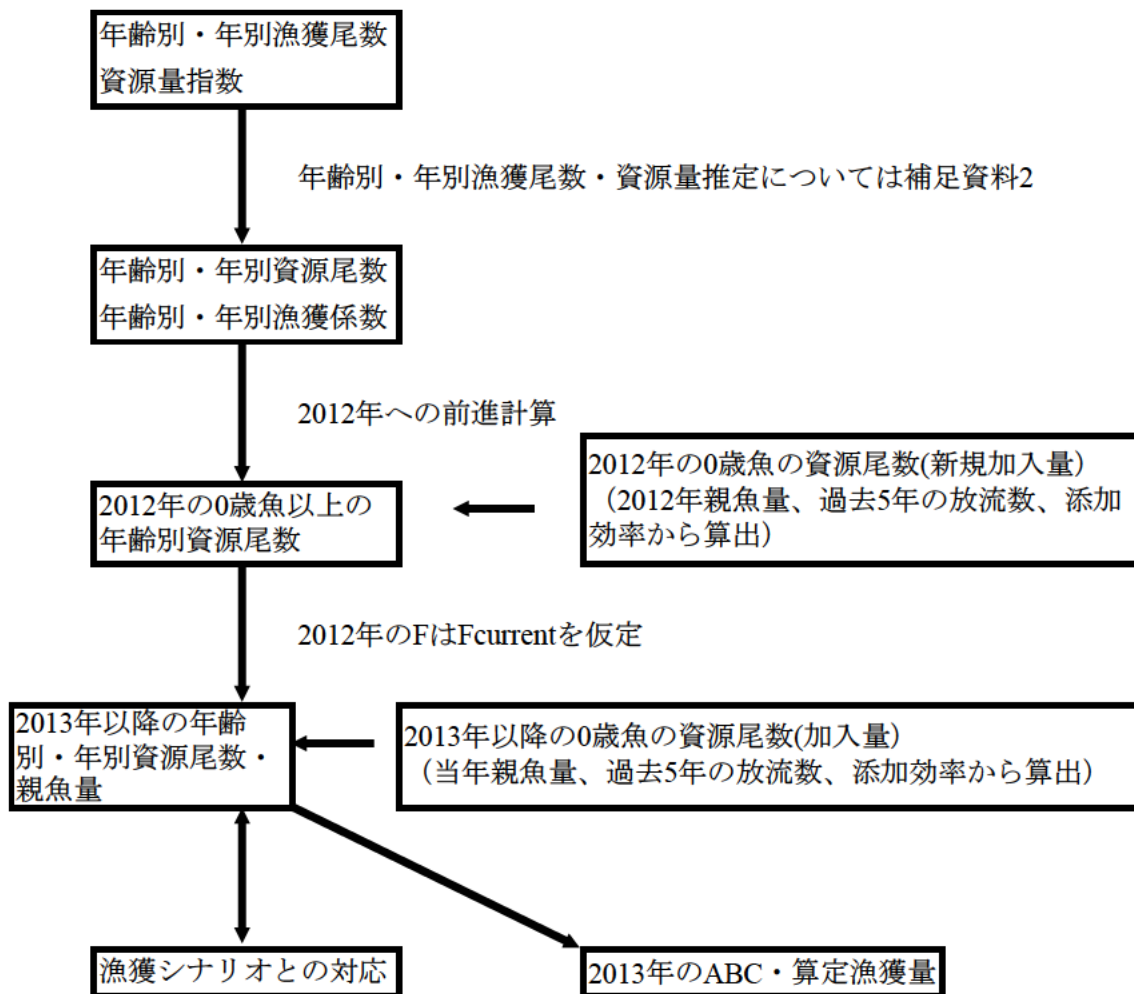
農林水産省統計情報部(2009) 遊漁採捕量調査報告書. 農林水産省HPより.

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.

山田作太郎・田中栄次(1999)水産資源解析学, 成山堂書店, 東京, pp.151.

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。なお、2006 年以降、漁法別漁獲量の集計が県別となった。前年まで、瀬戸内海中・西部海域の燧灘も含む値を使用していた。本年度は 2006～2010 年の香川県の漁法別漁獲量を、香川農林水産統計年報で示されている香川県内全マダイ漁獲量と香川県内播磨灘マダイ漁獲量の比率で香川県の漁法別漁獲量を按分して算出した。



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2005年までは当海域(紀伊水道、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸)の漁法別漁獲量を集計、2006年以降は当海域(和歌山県、大阪

府、兵庫県、岡山県、徳島県、香川県（播磨灘のみ）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。これらの総計をマダイ瀬戸内海東部系群の年齢別漁獲尾数とした。

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い、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。

$$N_{j,y} = N_{j+1,y+1} \times \exp(M) + C_{j,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (4)$$

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（2011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。

$$N_{j,2011} = \frac{C_{j,2011} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{j,2011})} \quad (5)$$

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

$$N_{5,y} = \frac{C_{5,y}}{C_{6+,y} + C_{5,y}} \times N_{6+,y+1} \times \exp(M) + C_{5,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (7)$$

漁獲係数Fの計算は、2011年以外は以下の式による。

$$F_{j,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{j,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{j,y}} \right\} \quad (8)$$

0～5歳魚の2011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。

$$SPR = \sum_{j=j_r}^{15} (W_j \times SR_j \times \exp(-\sum_{k=1}^{j-1} (F_k + M_k))) \quad (9)$$

$$YPR = \sum_{j=j_r}^{15} \left(\frac{F_j}{F_j + M_j} \times (1 + \exp(-(M_j + F_j))) \times W_j \times \exp(-\sum_{k=1}^{j-1} (M_k + F_k)) \right) \quad (10)$$

以下にSPR、YPR計算のための仮定を示す。

- ・ 年齢(j)別体重(W_j)は島本(1999)の関係式

$$W_j = 7,864 \times (1 - \exp(-0.1563 \times (j + 0.5 + 0.4412)))^{2.906} \quad (11)$$

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。
- ・ 成熟割合(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2008～2010年で同じと仮定する。
- ・ 1歳魚の漁獲係数(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、

$$C_{j,y} = N_{j,y} \times \{1 - \exp(-F_{j,y})\} \times \exp(-M/2) \quad (12)$$

により計算した。

2012年における1歳魚以上の資源尾数は2011年における資源尾数と現状のFをもとに計算する。また2012年以降における0歳魚の資源尾数を当該年のSSBをもとに再生産式

$$R_y = 21,311 \times SSB \times \exp(-0.00067 \times SSB) + A_{r_y} \times K_y / 100 \quad (13)$$

から推定する。ただし、毎年805千尾の種苗放流が行われ、0歳漁獲までの放流魚の生残率が55%と仮定する。2013年初めの資源量は2012年も2011年と同じF(Fcurrent)をかけたとして7,361トンと予測する。さらに2013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。

補足資料3

1歳魚の資源尾数を加入量の指標値として使用できるものとして、Flimit、ABClimitを求めた結果を比較のため示す。0～1歳までの生残率が天然発生群と放流種苗群で同じと仮定し、0歳の自然死亡係数(0.39)、各年の0歳の漁獲係数($F_{0,y}$)を用いて、各年の1歳までの放流種苗の生残数(R_y')を(14)式により計算した。

$$R_y' = A_{r_y} \times K_y \times \exp(-0.39 - F_{0,y}) / 100 \quad (14)$$

親魚量(SSB)と加入量との関係を附図1に示した。ベバートン・ホルト型(BH)の再生産曲線が最も適合した(附図1)。放流種苗の添加を含めたy年における1歳魚資源尾数(R_y)は以下の式で表すことができる。

$$R_y = \frac{7,727 \times SSB}{1 + 0.00080 \times SSB} + R_y' \quad (15)$$

ここでSSBはy-1年における親魚量である。データは放流データが揃っている1977～2010年を使用した。リッカー型の再生産曲線は

$$R_y = 7,069 \times SSB \times \exp(-0.00044 \times SSB) + R_y' \quad (16)$$

であり、ベバートン・ホルト型の再生産曲線との違いは現状の親魚量の変動範囲において小さい。再生産曲線から計算される最大加入量の50%の加入量が得られるSSBをBlimitとすると、ベバートン・ホルト型の再生産曲線式(15)から計算されるBlimitは1,255トン、リッカー型の再生産曲線式(16)から計算されるBlimitは526トン、加入量上位10%を表す直線と再生産成功率上位10%を表す直線の交点の親魚量は879トンであった。再生産関係の設定でBlimitは大きく異なるが、2011年のSSBは2,359トンであり、いずれにしても $B > \text{Blimit}$ である。便宜上、再生産曲線式を用いない加入量上位10%を表す直線と再生産成功率上位10%を表す直線の交点の親魚量をBlimit (=879トン) とする。現状のデータでは再生産曲線式を確定しきれないので、再生産曲線式を用いてFmsyを求めることは不適と判断し、FmedをFlimitとして採用した。Fmedは再生産成功率が1999年以降、低迷していることを考慮して、1999～2010年における再生産関係のプロットの中央値（附図2、0.30万尾/トン）に相当するSPRの逆数から算出されるFとした。Flimit=Fmed=0.77と計算された。Ftargetは α を標準値の0.8とし、Ftarget= $\alpha \times \text{Fmed} = 0.8 \times 0.77 = 0.62$ とした。

2012年における2歳魚以上の資源尾数は2011年における資源尾数と現状のFをもとに計算する。2012年以降の加入量 R_y は

$$R_y = \text{RPS} \times \text{SSB} + \text{Ar} \times K_y \times \exp(-0.39 - F_0) / 100 \quad (17)$$

で計算した。ここで、RPSは1999～2010年における天然魚のみのRPSの中央値（0.30万尾/トン）、SSBは前年度の親魚量、Arは種苗放流尾数で805千尾（2006～2010年の平均値）、 K_y は0歳漁獲までの放流魚の生残率55%（2006～2010年の平均値）、 F_0 は各漁獲シナリオ下の0歳魚の漁獲係数である。過去最大の1,068万尾を加入量の上限と仮定する。2012年以降の資源量、漁獲量、ABCは加入年齢である1歳以上の資源量、漁獲量、ABCである。2013年以降、Flimitで管理した場合、2017年に期待される資源量は現在（2011年）の漁獲圧を継続した場合の0.96倍の資源水準となり、漁獲量は0.98倍となる（附図3）。現状の漁獲とほぼ同等の漁獲量、資源量が得られる。

	2013年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	2,555トン	Fmed	0.77	40%
ABCTarget	2,168トン	0.8Fmed	0.62	34%

漁獲割合はABC／資源量、F値は1歳における値。

ABCは加入年齢である1歳以上の漁獲量とした。

漁獲シナリオ		漁獲量（トン）						
	管理基準	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MSY水準の達成	Fmsy (F=0.84)	2,455	2,443	2,555	2,740	2,898	3,025	3,146
		資源量（トン）						
	管理基準	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MSY水準の達成	Fmsy (F=0.84)	6,456	6,203	6,419	6,775	7,165	7,522	7,829

2011年の漁獲量、資源量は0歳以上の漁獲量、資源量とした。

2012年以降の漁獲量、資源量は加入年齢である1歳以上の漁獲量、資源量とした。

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.

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.

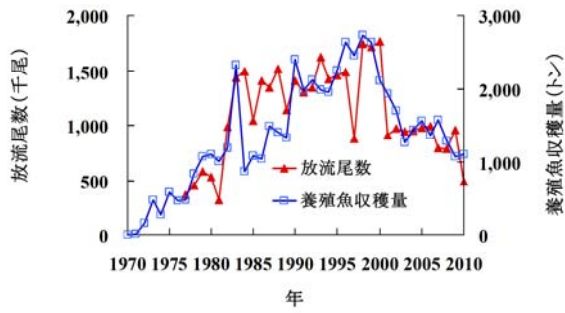


図1. 瀬戸内海東部系群マダイの放流尾数、養殖魚収穫量

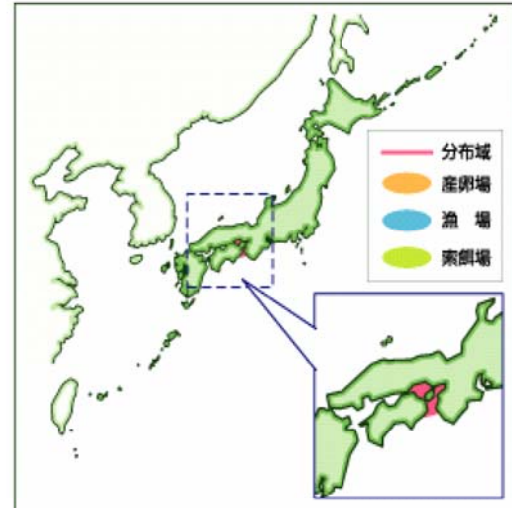


図2. 瀬戸内海東部系群マダイの分布

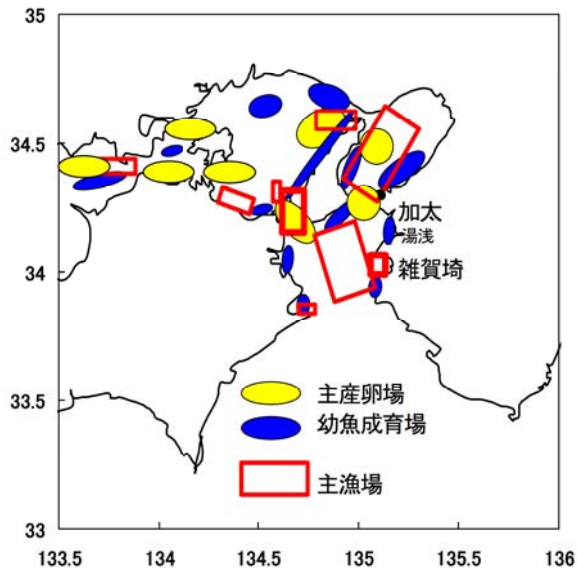


図3. 瀬戸内海東部系群マダイの生活史・漁場形成図

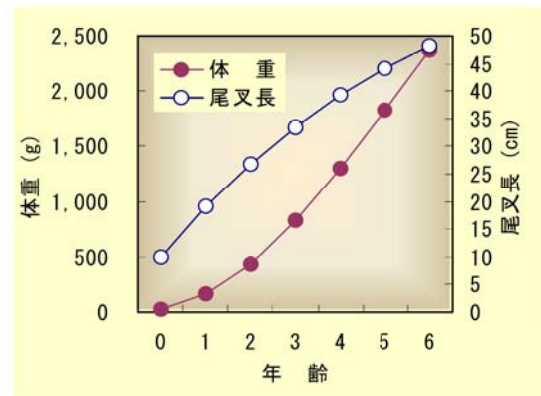


図4. 瀬戸内海東部系群マダイの年齢・成長

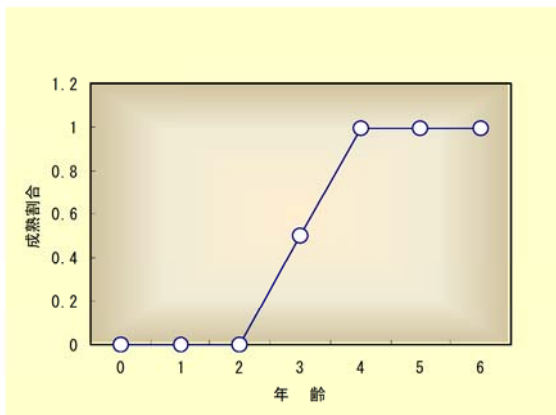


図5. 瀬戸内海東部系群マダイの年齢別成熟割合

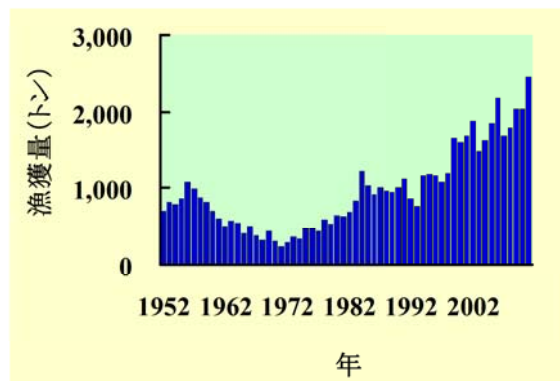


図6. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量経年推移

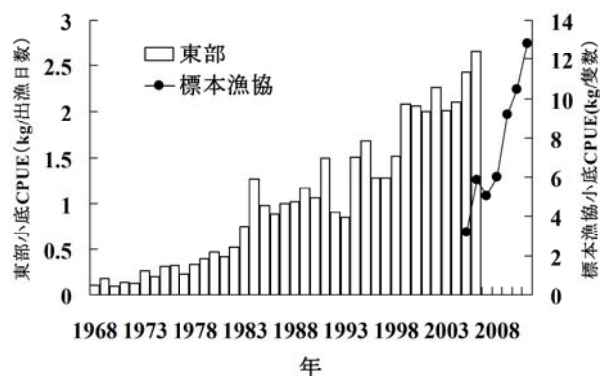


図7. 主要漁業種（小型底曳網）のCPUE、東部全域（kg／出漁日数）および和歌山県標本漁協（kg／隻数）のCPUE

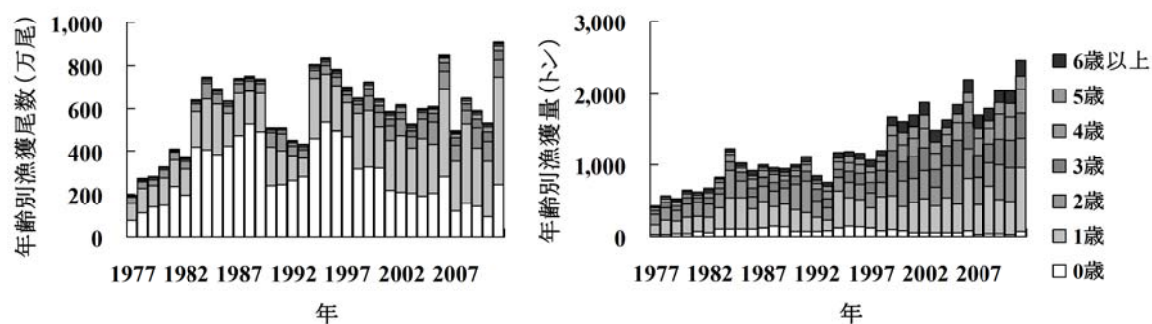


図8. 年齢別漁獲尾数（左）・重量（右）の経年推移

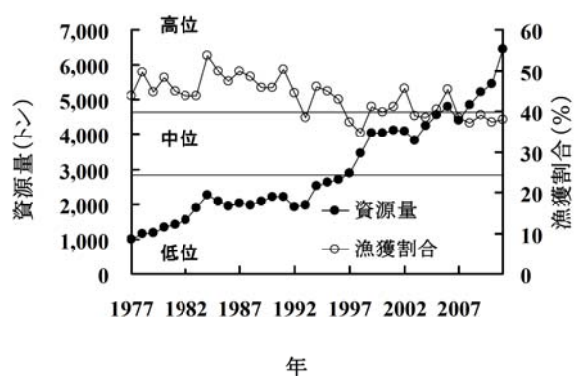


図9. 資源量と漁獲割合の経年推移

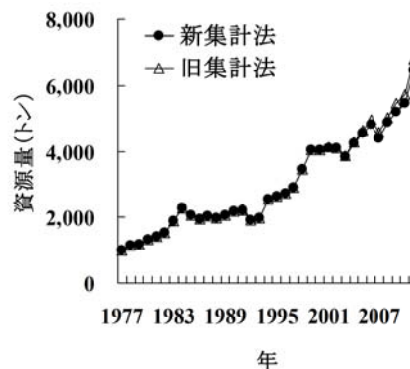


図10. 漁獲量の集計方法変更に伴う資源量推定値の相違

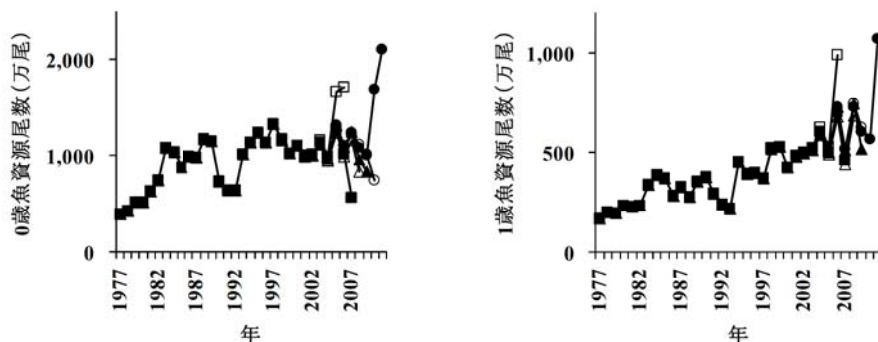


図11. 0歳の資源尾数（左）・1歳の資源尾数のレトロスペクティブ解析

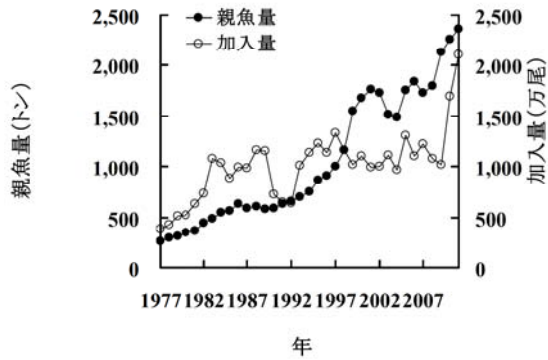


図12. 加入量と親魚量の経年推移

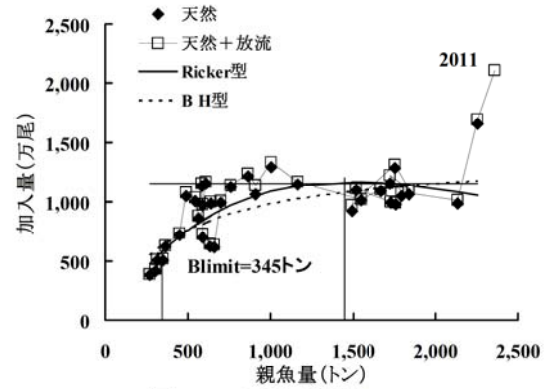


図13. 再生産関係



図14. 再生産成功率（天然魚加入量/親魚量）の経年推移

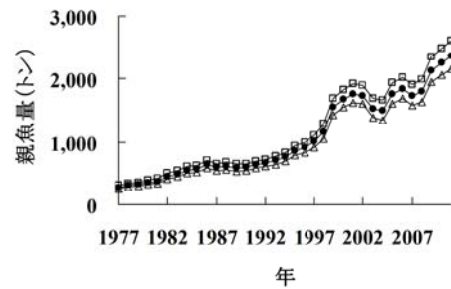
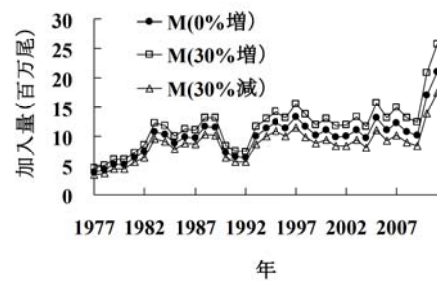


図15. 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

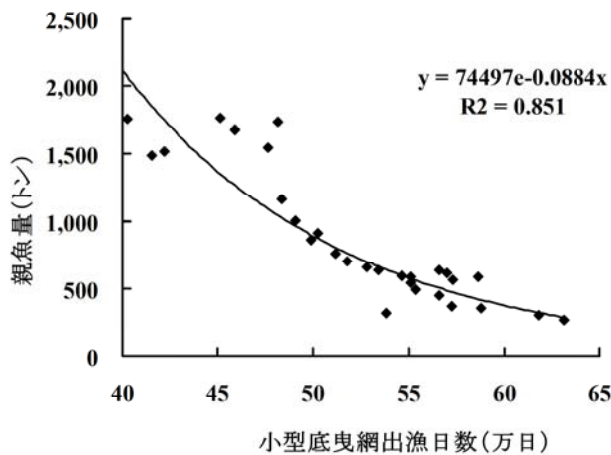


図16. 漁獲努力と親魚量との関係

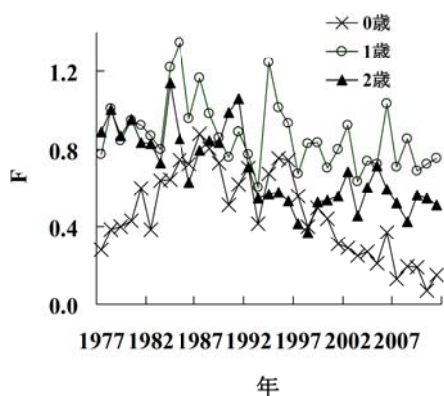


図17. 年齢別Fの変化

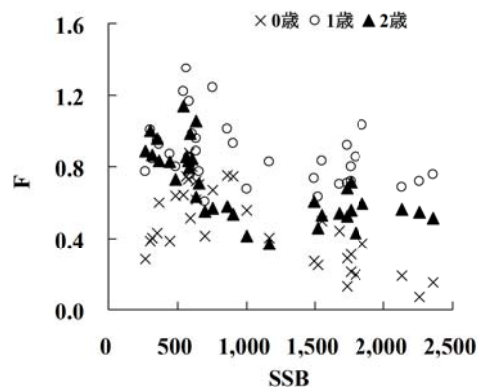


図18. 親魚量と漁獲係数の関係

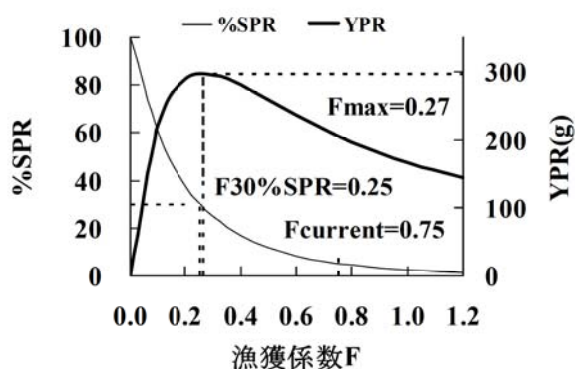


図19. %SPR・YPR

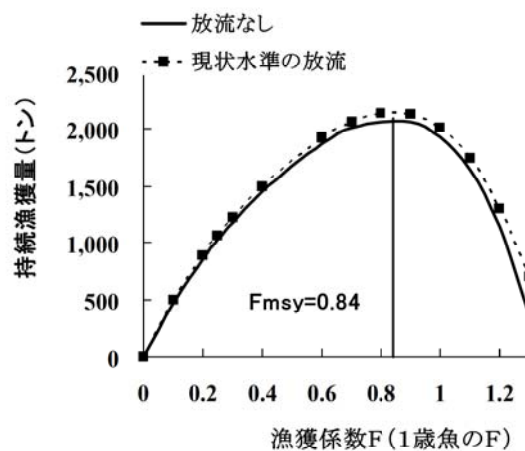


図21. 1歳魚のFと持続漁獲量

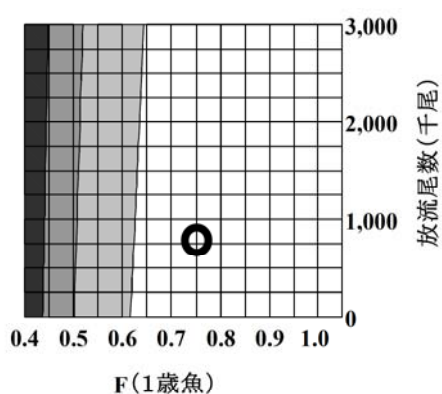
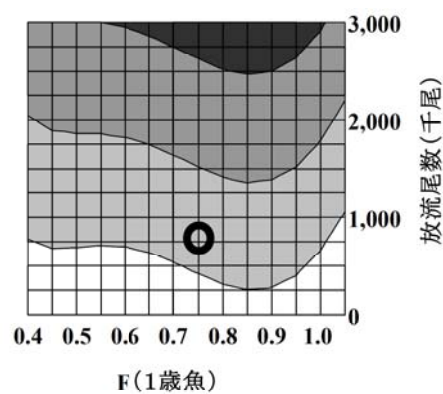


図20. 2017年における漁獲量（左図）と資源量（右図）の放流尾数と漁獲係数に関する等量線図，黒丸は現状の値

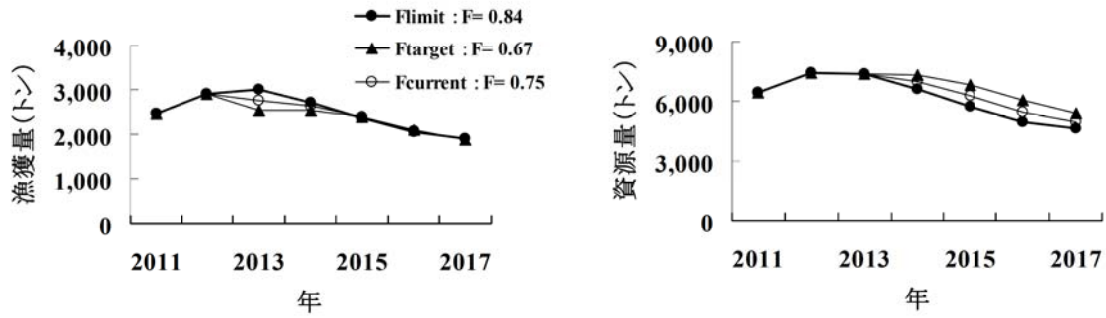


図22. F値（1歳魚）の変化による漁獲量（左図）・資源量（右図）の変化

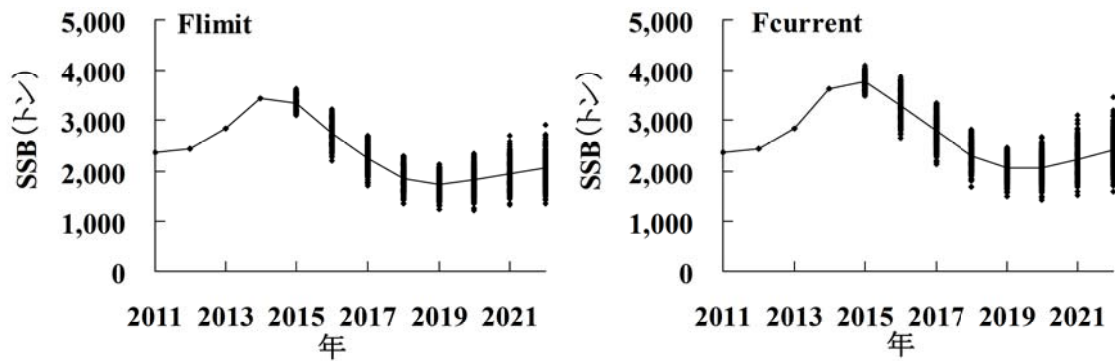


図23. 加入量の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるFlimit漁獲シナリオによるSSB（左図）および現状漁獲圧でのSSB（右図）

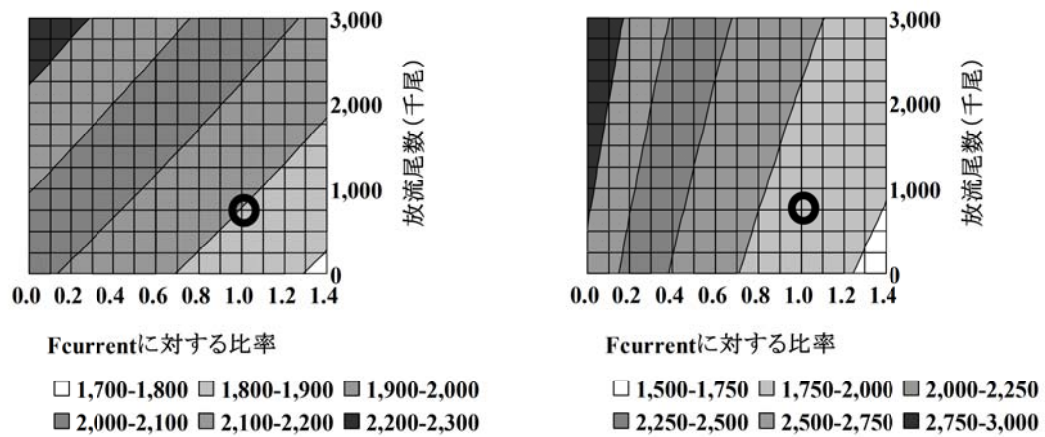
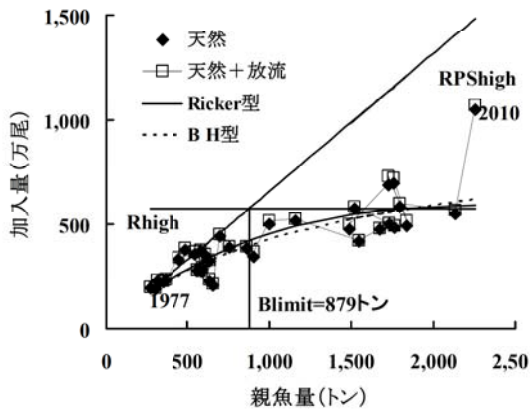
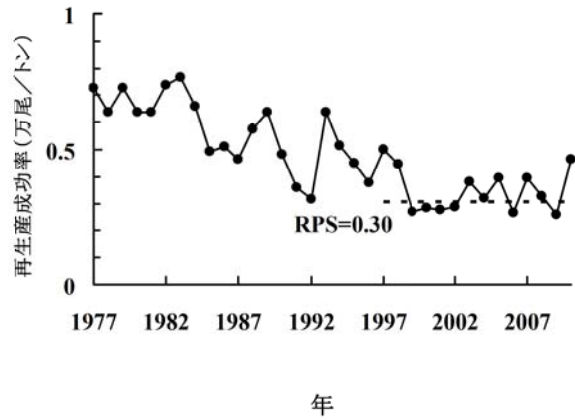


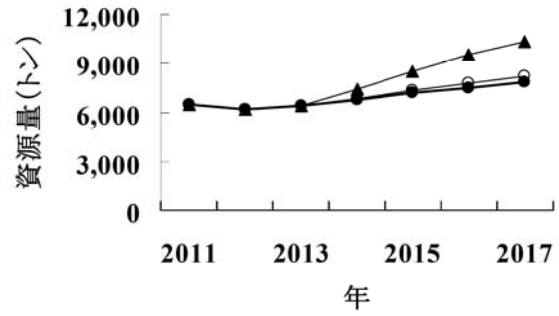
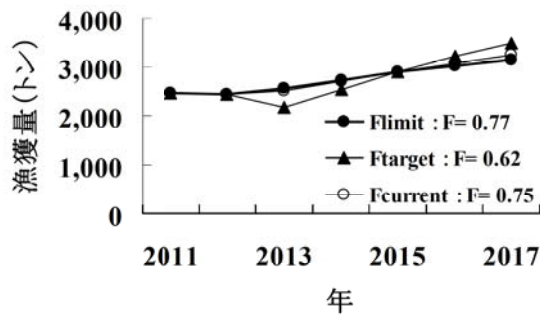
図24. 0歳魚（左図）及び0～1歳魚（右図）の漁獲係数と放流尾数を変化させたときの2017年の漁獲量の等量線図，黒丸は現行の値



附図1. 再生産関係
加入量は翌年の1歳魚の資源尾数



附図2. 再生産成功率（天然魚加入量/親魚量）
の経年推移
RPS=0.30は1999～2010年の中央値、加入量は
翌年の1歳魚の資源尾数



附図3. F値（1歳魚）の変化による1歳以上の漁獲量（左図）・資源量（右図）の変化
2011年のみ0歳を含む

表1. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量(トン)、放流量(千尾)、養殖魚収穫量(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)、和歌山標本漁協小底CPUE(kg/隻数)

年	漁獲量	放流量	養殖魚 収穫量	CPUE	努力量	年	漁獲量	放流量	養殖魚 収穫量	CPUE	努力量	和歌山標本漁 協小底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	
1975	471	-	589	0.31	619,266	2005	1,844	979	1,560	2.43	402,664	3.2
1976	466	-	468	0.32	624,577	2006	2,185	994	1,362	2.67	390,603	5.8
1977	440	369	484	0.23	631,060	2007	1,693	792	1,575			5.0
1978	577	455	841	0.33	617,706	2008	1,798	789	1,287			6.0
1979	528	585	1,076	0.40	538,064	2009	2,037	957	1,070			9.2
1980	647	530	1,106	0.47	587,899	2010	2,039	492	1,104			10.5
1981	631	316	1,008	0.41	572,610	2011	2,455					12.8

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	1,091	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	1,024	312	393	210	235	12
2007	786	214	301	167	215	10
2008	907	170	225	202	271	24
2009	1,010	186	260	207	341	34
2010	1,021	175	262	244	312	25
2011	1,275	244	337	269	301	29

表3. 瀬戸内海東部系群マダイの海域別漁獲量(トン)

年	紀伊水道	大阪湾	播磨灘	備讃瀬戸			
1995	531	275	279	92			
1996	553	187	312	108			
1997	433	211	309	124			
1998	417	327	323	130			
1999	512	469	533	153			
2000	485	386	568	162			
2001	578	382	557	177			
2002	626	461	567	220			
2003	472	332	446	235			
2004	509	315	525	277			
2005	497	356	681	310			
	和歌山	徳島	大 阪	兵庫	岡山	香川	香川(播磨灘)
2006	261	326	44	1,109	98	392	347
2007	196	256	36	806	128	331	271
2008	196	176	36	891	169	404	330
2009	195	198	51	1,009	228	450	356
2010	226	176	49	968	239	473	381
2011	276	244	72	1,133	271	569	458

表4. 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

表4. 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

表4. 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	0.11	0.71	0.35
2歳	0.07	0.33	0.07	0.42	0.10	0.37
3歳	0.03	0.20	0.02	0.23	0.08	0.08
4歳	0.01	0.11	0.01	0.10	0.04	0.05
5歳	0.01	0.05	0.01	0.04	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.08	0.00	0.11	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

表4. 瀬戸内海東部系群マダイの漁法別漁獲尾数割合(つづき)

2011年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺 網	吾 智 網	そ の 他
0歳	0.27	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.62	0.09	0.40	0.06	0.71	0.35
2歳	0.06	0.42	0.07	0.37	0.10	0.37
3歳	0.03	0.27	0.02	0.25	0.08	0.08
4歳	0.01	0.11	0.01	0.17	0.04	0.05
5歳	0.01	0.05	0.01	0.07	0.01	0.01
6歳以上	0.00	0.06	0.00	0.09	0.01	0.01

表5. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲尾数(万尾)

年＼ 齡	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	281	411	79	43	20	7	7	849
2007	122	232	75	35	17	7	7	495
2008	158	371	64	29	15	6	7	651
2009	146	266	96	41	25	9	6	589
2010	96	258	92	45	23	10	7	531
2011	245	502	80	41	23	10	9	909

表6. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量(トン)

年＼ ＼齡	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	76	740	401	370	288	132	178	2,185
2007	33	418	384	298	240	139	184	1,693
2008	43	668	327	249	216	119	177	1,798
2009	39	479	489	352	353	167	159	2,037
2010	26	465	470	388	320	190	180	2,039
2011	66	903	407	349	322	190	218	2,455

表7. 瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数(万尾)

年＼ 齡	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	1,079	339	78	26	13	5	4	1,544
1984	1,035	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	1,167	277	80	33	15	6	6	1,584
1989	1,152	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	1,010	215	86	40	17	8	6	1,381
1994	1,136	451	92	42	20	7	6	1,755
1995	1,236	393	102	44	23	10	6	1,815
1996	1,142	394	112	49	21	11	8	1,737
1997	1,333	367	122	56	25	10	9	1,922
1998	1,164	518	147	68	31	12	8	1,948
1999	1,023	528	178	86	40	18	11	1,883
2000	1,102	422	181	89	42	20	13	1,868
2001	994	479	165	89	46	21	14	1,807
2002	1,001	493	170	80	43	22	15	1,824
2003	1,112	507	154	72	34	18	15	1,914
2004	970	585	212	83	36	15	14	1,915
2005	1,313	500	220	98	41	19	16	2,208
2006	1,105	720	191	91	44	19	19	2,189
2007	1,222	517	202	89	37	19	19	2,105
2008	1,082	728	201	101	44	16	18	2,189
2009	1,015	603	243	110	59	23	16	2,069
2010	1,694	567	238	117	55	27	19	2,717
2011	2,105	1,068	217	116	58	26	22	3,612

表8. 瀬戸内海東部系群マダイの資源量(トン)

年＼ 齡	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	438	230	202	3,453
1999	276	950	907	738	569	340	270	4,050
2000	298	759	922	762	595	369	328	4,034
2001	268	862	840	767	643	387	347	4,115
2002	270	888	866	684	603	413	374	4,098
2003	300	913	787	622	483	346	378	3,831
2004	262	1,054	1,081	711	501	281	354	4,243
2005	355	900	1,124	840	577	355	404	4,556
2006	298	1,296	976	785	626	350	473	4,803
2007	330	930	1,029	768	528	351	465	4,401
2008	292	1,310	1,023	870	614	300	448	4,857
2009	274	1,085	1,241	949	827	427	407	5,210
2010	457	1,021	1,215	1,009	782	499	472	5,455
2011	568	1,922	1,106	1,000	811	488	560	6,456

表9. 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲係数(1/年)、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	0.28	0.77	0.89	0.61	0.60	0.48	0.48	43.8
1978	0.39	1.01	1.00	0.68	0.75	0.52	0.52	49.7
1979	0.40	0.84	0.87	0.58	0.63	0.49	0.49	44.8
1980	0.43	0.95	0.96	0.67	0.73	0.48	0.48	48.4
1981	0.60	0.92	0.83	0.49	0.56	0.39	0.39	44.9
1982	0.39	0.87	0.83	0.56	0.66	0.47	0.47	43.9
1983	0.64	0.80	0.73	0.49	0.70	0.48	0.48	43.8
1984	0.64	1.22	1.14	0.66	0.74	0.52	0.52	53.8
1985	0.74	1.35	0.85	0.58	0.51	0.38	0.38	50.0
1986	0.72	0.96	0.63	0.68	0.83	0.65	0.65	47.4
1987	0.88	1.17	0.80	0.63	0.69	0.49	0.49	49.9
1988	0.80	0.98	0.84	0.71	0.70	0.52	0.52	48.6
1989	0.73	0.86	0.83	0.64	0.59	0.47	0.47	46.0
1990	0.51	0.76	0.99	0.66	0.64	0.39	0.39	45.9
1991	0.62	0.89	1.06	0.68	0.73	0.55	0.55	50.4
1992	0.70	0.77	0.71	0.68	0.57	0.56	0.56	44.4
1993	0.42	0.60	0.55	0.51	0.74	0.55	0.55	38.3
1994	0.67	1.24	0.57	0.44	0.53	0.56	0.56	46.1
1995	0.75	1.01	0.58	0.56	0.56	0.61	0.61	45.0
1996	0.74	0.93	0.53	0.50	0.61	0.53	0.53	42.9
1997	0.56	0.67	0.42	0.41	0.54	0.68	0.68	37.4
1998	0.40	0.83	0.37	0.35	0.37	0.46	0.46	34.6
1999	0.50	0.83	0.53	0.54	0.55	0.62	0.62	41.2
2000	0.44	0.70	0.54	0.49	0.55	0.69	0.69	39.7
2001	0.31	0.80	0.56	0.57	0.56	0.66	0.66	41.2
2002	0.29	0.92	0.68	0.67	0.67	0.72	0.72	45.7
2003	0.25	0.63	0.45	0.54	0.66	0.69	0.69	38.8
2004	0.27	0.74	0.60	0.53	0.46	0.42	0.42	38.3
2005	0.21	0.72	0.71	0.62	0.62	0.45	0.45	40.5
2006	0.37	1.03	0.59	0.72	0.70	0.53	0.53	45.5
2007	0.13	0.71	0.52	0.55	0.68	0.56	0.56	38.5
2008	0.20	0.86	0.43	0.37	0.48	0.56	0.56	37.0
2009	0.19	0.69	0.56	0.52	0.62	0.55	0.55	39.1
2010	0.07	0.72	0.55	0.54	0.59	0.54	0.54	37.4
2011	0.15	0.75	0.51	0.48	0.57	0.55	0.55	38.0

表10. 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(%）、
0歳漁獲までの放流魚の生残率(添加効率)(%)

年	混入率		標識率		補正済み混入率		推定値	添加効率
	和歌山	兵庫	和歌山	兵庫	和歌山	兵庫		
1985						2.4	2.4	20
1978						1.2	1.2	8
1978						1.3	1.3	10
1978						1.2	1.2	9
1978						1.6	1.6	16
1978								-
1978								-
1978								-
1978					1.4		1.4	9
1978					1.0		1.0	8
1978					1.7		1.7	14
1978					6.8		6.8	52
1978					3.2		3.2	48
1978	0.8		50.4		1.5		1.5	10
1978	0.3		51.3		0.6		0.6	4
1978	0.3		34.8		0.8		0.8	5
1978	0.4		32.6		1.3		1.3	14
1978	0.5		36.1		1.3		1.3	13
1978	0.2	1.5	19.4	86.0	1.2	1.8	1.5	17
1978	0.4		8.8		4.9		4.9	50
1978	0.2	4.4	23.9	74.0	0.7	6.2	3.4	45
1978							4.6	50
1978	0.2	5.1	5.7	67.0	3.7	7.6	5.7	87
1978	0.4	2.4	13.6	81.0	2.8	3.0	2.9	40
1978	0.5	2.1	23.9	62.0	2.1	3.3	2.7	28
1978	0.1	2.3	21.2	66.0	0.4	3.5	2.0	67
2011		4.3		67.0		4.3	4.3	-

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。

表11. 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)、放流数(千尾)、0歳漁獲までの放流魚の生残率(添加効率)(%)

年	親魚量	天然魚の加入量	再生産成功率	放流数	添加効率
1977	268	382	1.42	369	20
1978	303	419	1.38	455	20
1979	314	504	1.60	585	20
1980	351	508	1.45	530	20
1981	366	628	1.72	316	20
1982	447	719	1.61	985	20
1983	489	1,050	2.15	1,442	20
1984	545	1,005	1.85	1,500	20
1985	562	860	1.53	1,045	20
1986	637	985	1.55	1,413	8
1987	589	969	1.65	1,345	10
1988	611	1,153	1.89	1,520	9
1989	582	1,134	1.95	1,142	16
1990	591	704	1.19	1,411	16
1991	634	626	0.99	1,303	16
1992	659	618	0.94	1,351	16
1993	699	996	1.42	1,624	9
1994	757	1,125	1.49	1,428	8
1995	861	1,216	1.41	1,459	14
1996	907	1,065	1.17	1,488	52
1997	1,003	1,291	1.29	880	48
1998	1,162	1,146	0.99	1,744	10
1999	1,548	1,017	0.66	1,713	4
2000	1,674	1,093	0.65	1,767	5
2001	1,761	981	0.56	910	14
2002	1,732	990	0.57	972	13
2003	1,519	1,098	0.72	944	17
2004	1,491	926	0.62	952	50
2005	1,757	1,283	0.73	979	45
2006	1,840	1,063	0.57	994	50
2007	1,728	1,153	0.67	792	87
2008	1,797	1,051	0.58	789	40
2009	2,135	988	0.46	957	28
2010	2,257	1,660	0.74	492	67
2011	2,359	-	-	-	-

表12. 瀬戸内海東部系群マダイのSPR、YPR計算様式

年齢	成熟割合	体重(g)	漁獲選択率	M	Flimit	Ftarget
0	0	27	0.20	0.39	0.17	0.14
1	0	180	1.00	0.24	0.84	0.67
2	0	510	0.68	0.17	0.57	0.46
3	0.5	860	0.63	0.17	0.53	0.43
4	1	1,410	0.75	0.17	0.63	0.50
5	1	1,880	0.73	0.17	0.61	0.49
6-	1	2,496	0.73	0.17	0.61	0.49