

平成20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)

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1,910トンまで低下したものの、1994年以降急増し、2007年には5,222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20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。

なお種苗放流数、種苗放流したものが漁業に加入する割合(0歳魚の添加効率)を過去5年間(2002～2006年)の平均値、各々97万尾、0.36と仮定した。

	2009年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	18百トン	Fmsy	0.88	37.1%
ABCtarget	15百トン	0.8 Fmsy	0.70	31.1%

漁獲割合はABC/資源量、F値については完全加入年齢1歳における値

年	資源量(百トン)	漁獲量(百トン)	F値	漁獲割合
2006	57	22	1.02	39.5%
2007	52	18	0.77	34.4%
2008	50	-	-	-

F値は完全加入年齢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)、2006 年県別漁業別魚種別漁獲量、2007 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、880～1,767千尾にのぼる(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、漁獲量の半分に相当する養殖量がある(2006年1,338トン、うち香川県が1,274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。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)。

(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。

(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、しばり網などによって大型サイズ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。2007年においては小型底曳網での漁獲が全体の47%を占め、小型定置網(17%)、釣り(13%)、吾智網(12%)、刺網(10%)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、2007年には1,799トンとなった(附表1)。平成19年の瀬戸内海東部系群の漁法別漁獲量(概数値)は、和歌山、徳島、兵庫のように大海区をまたぐ場合は平成18年の瀬戸内海区における漁法別漁獲量の全県に占める割合を平成19年の県別漁法別漁獲量概数値に掛けて算出した。この算出法の影響が出るのは海区別の漁法別漁獲量が拮抗している理由から和歌山の釣りと定置の漁獲量であるが、小底の漁獲量が大きく占めているので、全体としては影響が少ないと考えられる。

(3) 漁獲努力量

小型底曳網の出漁日数を努力量とした(附表1)。努力量は経年的に減少傾向にある。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

資源量推定はコホート解析(Popeの近似式を用いた)で行った。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。2007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。2007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

① 主要漁業種のCPUE(図 7、附表1)

小型底曳網のCPUE(kg/出漁日数)の変遷(1968～2005年)を図 7に示す。CPUEは1970年

に0.09(kg／出漁日数)であったが、1984年には1.27(kg／出漁日数)と急増し、2006年には2.67(kg／出漁日数)となった。

小型底曳網では0、1歳魚を主体に漁獲しており、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)が作成した漁法別年齢別漁獲尾数割合と漁法別漁獲量をもとに年別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。2004～2007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(附表2)。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。未成魚の0、1歳魚が漁獲物の71%を占めている(附表3)。

(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1,910トンまで低下したものの、1994年以降急増し、2007年には5,222トンと推定された(図 9)。

2007年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は1,583万尾と推定された(附表4)。年齢別の資源尾数割合は、0歳:39.6%、1歳:32.2%、2歳:13.2%、3歳:8.3%、4歳:3.3%、5歳:1.8%、6歳以上:1.8%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の85.0%を占めている。漁獲割合は34.4～53.8%である(附表5)。

0歳魚の資源尾数を加入量の指標とした場合、1977～1989年まで加入量は増加傾向にあったが1990～1992年に減少した。その後、増加傾向に転じ、1997年には1,335万尾となったが、2007年は627万尾と減少した。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、2007年は2,508トンとなった(図 10)。

RPS(加入量／親魚量)は1994年以降漸減傾向にある(附表5、図 11)。RPSの低下は後述するリッカー型の再生産曲線から予想される高水準の親魚量での加入量の低下に起因する。

瀬戸内海東部海域では毎年約97万尾(2002～2006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)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独自調査)では0歳魚の放流時の標識率で補正した混入率は0.60～6.75%であった(1993年から2005年1.41%、1.01%、1.66%、6.75%、3.19%、1.51%、0.60%、0.80%、1.32%、1.25%、1.16%、4.92%、0.69%、2007年は3.73%)。兵庫県からの情報では2003年は1.73%、2004年は15.40%(標本数が少なく参考値にとどめる)、2005年は6.0%、2006年は欠測、2007年は7.71%であ

った。2003年、2005年、2007年の放流時の標識率で補正した混入率は和歌山と兵庫県の平均値を2004年は和歌山県の値を、2006年の値は2005年と2007年の平均値を使った。

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

より各年の0歳時の添加効率(K_y)を計算した。0歳時の添加効率を1985年以前は0.20、1986年は0.08、1987年は0.10、1988年は0.09、1989～1992年は0.16、1993年は0.09、1994年は0.08、1995年は0.14、1996年は0.43、1997年は0.48、1998年は0.10、1999年は0.04、2000年は0.05、2001年は0.15、2002年は0.13、2003年は0.18、2004年は0.55、2005年は0.46、2006年は0.50として、親魚量と当該年の種苗放流以外の加入量との関係を検討したところ、リッカー関数型の再生産関係が最も適合した。天然における再生産関係と人工種苗の添加による y 年における0歳魚資源尾数(R_y)は以下の式で表せる。

$$R_y = 21,575 \times SSB \times \exp(-0.000688 \times SSB) + A_r \times K_y \quad (1)$$

ここで SSB および A_r はそれぞれ y 年における親魚量および放流個体数である。データは放流データが揃っている1977～2006年を使用した。推定された親魚量と加入量の関係は図 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。

(5) 資源水準・動向

過去31年間のコホート解析により、2007年の資源水準は高位であり、資源動向は横ばいと判断した。添加効率を0.36として、再生産式(1)より求められる最大加入量(R_{max})の50%である594万尾が得られる SSB を(1)式より求め、 B_{limit} (=351トン)と考える。資源状態 B (= SSB)は2,508トンであり $B \geq B_{limit}$ 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= $94,124 \times \exp(-0.0926 \times \text{小型底曳網出漁日数(万日)})$ 、 $r^2=0.87$)。

近年、2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6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。2007年の1歳魚の漁獲係数($F_{current}=F_{ave3-yr}$)は0.77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。理論式から得られた結果として、より多くの漁獲が得られる管理方策を提示するが、現在以上の漁獲圧にする必要はないであろう。

(7) 種苗放流効果(図 18)

現在の種苗放流数水準では、放流しないときの約1.02倍程度の最大持続漁獲量しか得られず、

現時点で資源学的に見て放流効果は認められない(図 18)。ただし、種苗放流をしないと高い漁獲圧での資源の持続状態を達成できない。瀬戸内海東部系群のマダイ種苗放流は漁獲圧が高い状態では効果がある。

5. 2009年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

過去31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。また栽培対象種であるので毎年約97万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率が0.36と仮定した加入魚の種苗放流魚による上乗せ分も考慮する。

式(1)の再生産関係をもとにして、最大持続漁獲量を実現する資源管理目標を設定する。 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($SSB(F)$, $R(F)$)を求める(資源の平衡条件)。次にこの F を用いて $YPR(F)$ を計算。持続漁獲量 $SY(F)$ を $SY(F)=R(F) \times YPR(F)$ で計算、 $SY(F)$ が最大となる $F=F_{msy}$ を探索する。 B_{limit} および加入量は式(1)の再生産式をもとに算出、設定した。ただし、毎年約97万尾(2002～2006年の平均値)の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.36と仮定した。 F_{limit} (1歳魚の値で代表)は

$$F_{limit}=F_{msy}=0.88$$

資源水準が高位であるが、漁獲量が不正確であるので、不確実性を考慮して、

$$F_{target}は\alphaをデフォルト値0.8とし$$

$$F_{target}=\alpha \times F_{msy}=0.8 \times 0.88=0.70$$

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2008年の F は $F_{current}$ とする。2008年の漁獲量は1,687トン、2008年以降の加入量は(1)式の再生産関係に従うとする。

	2009年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC $_{limit}$	18百トン	F_{msy}	0.88	37.1%
ABC $_{target}$	15百トン	0.8 F_{msy}	0.70	31.1%

漁獲割合はABC/資源量、F値については完全加入年齢1歳における値

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量(トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MSY 水準 の達成	F _{msy} (F=0.88)	1,799	1,687	1,822	1,719	1,639	1,667	1,694
	管理基準	資源量(トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
MSY 水準 の達成	F _{msy} (F=0.88)	5,222	5,043	4,916	4,591	4,367	4,351	4,394

漁獲量(トン)								
F	管理基準	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.00		1,799	1,687	0	0	0	0	0
0.08	0.1F _{current}	1,799	1,687	206	310	391	467	513
0.15	0.2F _{current}	1,799	1,687	401	576	703	817	870
0.23	0.3F _{current}	1,799	1,687	586	804	952	1,079	1,119
0.31	0.4F _{current}	1,799	1,687	762	998	1,147	1,273	1,296
0.39	0.5F _{current}	1,799	1,687	930	1,163	1,298	1,416	1,425
0.46	0.6F _{current}	1,799	1,687	1,089	1,302	1,414	1,520	1,524
0.54	0.7F _{current}	1,799	1,687	1,240	1,418	1,500	1,592	1,599
0.62	0.8F _{current}	1,799	1,687	1,384	1,514	1,561	1,641	1,655
0.70	0.9F _{current}	1,799	1,687	1,521	1,592	1,602	1,668	1,692
0.77	1.0F _{current}	1,799	1,687	1,651	1,654	1,627	1,678	1,708
資源量(トン)								
F	管理基準	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.00		5,222	5,043	4,916	7,565	10,642	13,713	16,211
0.08	0.1F _{current}	5,222	5,043	4,916	7,223	9,736	12,103	13,833
0.15	0.2F _{current}	5,222	5,043	4,916	6,899	8,925	10,728	11,887
0.23	0.3F _{current}	5,222	5,043	4,916	6,593	8,199	9,555	10,303
0.31	0.4F _{current}	5,222	5,043	4,916	6,303	7,549	8,555	9,021
0.39	0.5F _{current}	5,222	5,043	4,916	6,030	6,966	7,701	7,987
0.46	0.6F _{current}	5,222	5,043	4,916	5,771	6,441	6,970	7,152
0.54	0.7F _{current}	5,222	5,043	4,916	5,525	5,969	6,340	6,469
0.62	0.8F _{current}	5,222	5,043	4,916	5,293	5,542	5,792	5,897
0.70	0.9F _{current}	5,222	5,043	4,916	5,073	5,156	5,310	5,402
0.77	1.0F _{current}	5,222	5,043	4,916	4,864	4,804	4,880	4,958

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

毎年約97万尾(2002～2006年の平均値)の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.36(2002～2006年の平均値)と仮定した。2009年以降、F_{limit} で管理した場合、2013年に期待される資源量は現在(2007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0.99倍となる。

(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(2018年)の漁獲量の将来予測の変動幅、親魚量を2007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 Er が正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ に従うと仮定して、0歳魚の資源尾数の予測を

0歳魚の資源尾数 = $21,575 \times SSB \times \exp(-0.000688 \times SSB) + \text{種苗放流数} \times 0\text{歳時の添加効率} + Er$ により行い、資源量、漁獲量の計算を1000回試行した。ここで、 μ 、 σ はそれぞれ Er の平均と標準偏差。 $\mu = 184,052$ 、 $\sigma = 1,630,366$ 。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0.1%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		2009 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})	0.88 (1.14 F_{current})	37.1%	1,632 トン ～ 1,980 トン	1,758 トン	0.1%	100%	1,822 トン
基準値での漁獲の予防的措置** (0.8F 基準値)	0.70 (0.91 F_{current})	31.1%	1,483 トン ～ 1,858 トン	1,671 トン	98%	100%	1,536 トン
							2009 年算定 漁獲量
現状の漁獲圧の維持 (F_{current})	0.77 (1.00 F_{current})	33.2%	1,624 トン ～ 1,980 トン	1,763 トン	77%	100%	1,651 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値については完全加入年齢1歳における値

(4) ABCの再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	資源量 (トン)	ABCLimit (トン)	ABCTarget (トン)	漁獲量 (トン)
2007年(当初)	Fmsy(0.70)	4,571	1,872	1,872	
2007年(2007年再評価)	Fmsy(0.72)	5,881	2,380	2,380	
2007年(2008年再評価)	Fmsy(0.88)	5,222	2,090	1,962	1,799
2008年(当初)	Fmsy(0.72)	5,981	2,451	2,451	
2008年(2008年再評価)	Fmsy(0.88)	5,043	1,943	1,933	

資源量、ABCの単位:トン

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

資源水準が高位であるが、漁獲量が不正確であるので、不確実性を考慮して、

$F_{target}=0.8 \times F_{limit}$ とした

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、予測資源量は以下のようになる。

漁獲量(トン)								
F	基準値	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.76	Flimit(0歳規制)	1,799	1,412	1,194	1,553	1,855	2,114	2,293
資源量(トン)								
F	基準値	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.76	Flimit(0歳規制)	5,222	5,043	4,916	4,888	4,971	5,223	5,483

F値および管理基準は1歳魚の値で代表

漁獲量の増加、親魚の回復は0歳規制しないFlimitよりも迅速である。

・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、養殖が親魚に寄与するかは手法開発も含め今後の課題である。なお播磨灘における2007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

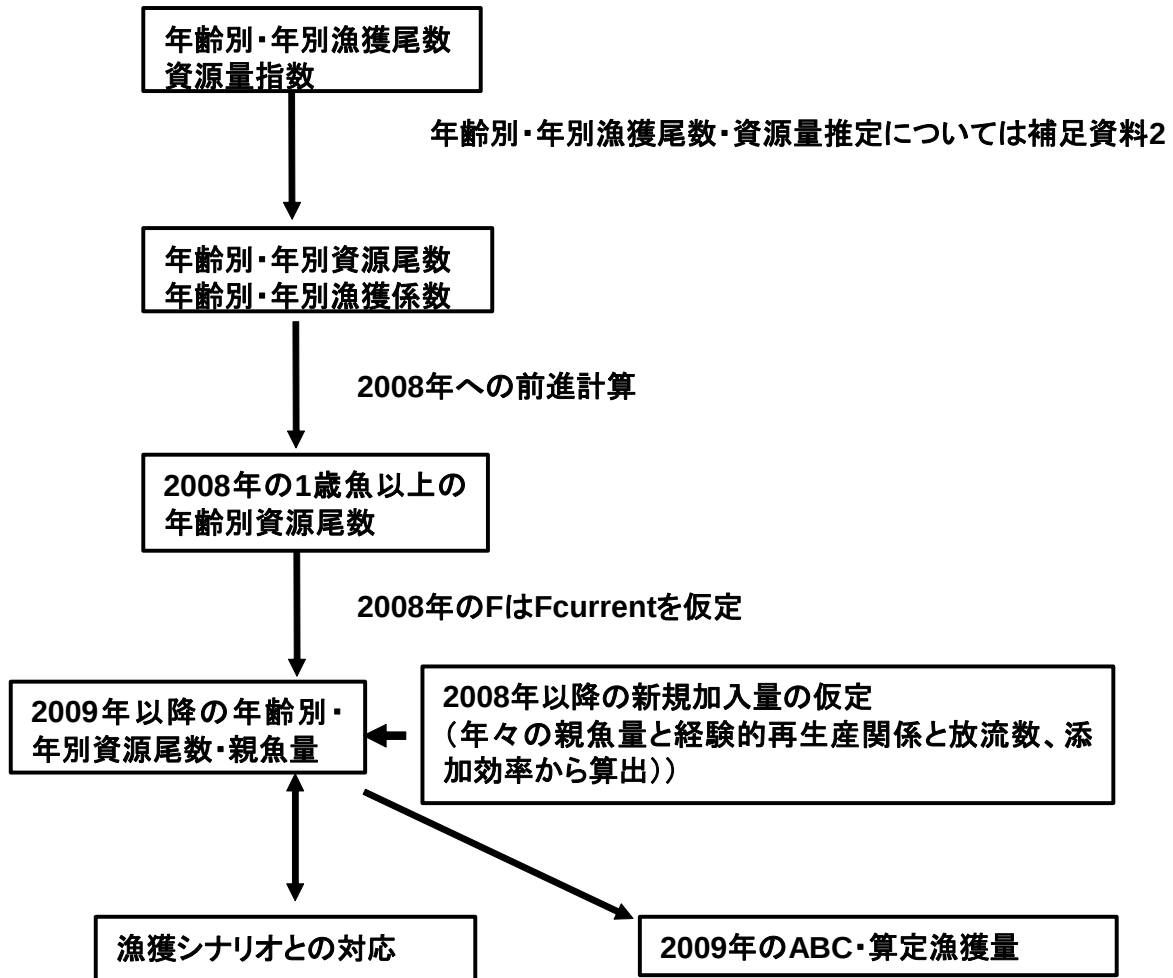
平松一彦(1999)VPAの入門と実際.水産資源管理談話会報, 19: 25-40.

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(2007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。

$$N_{a,2007} = \frac{C_{a,2007} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2007})}$$

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

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

漁獲係数 F の計算は、2007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2007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。

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

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

以下にSPR、YPR計算のための仮定を示す(附表 6)。

- 年齢(a)別体重(W_a)は島本(1999)の関係式
 $W_a = 7,864 \times [1 - \exp\{-0.1563 \times (a + 0.5 + 0.4412)\}]^{2.906}$ 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2004～2006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。各年齢毎の漁獲係数(F_a)は $F_a = F_1 \times s_a$ で計算する。

(3) 漁獲量(ABC含む)予測の方法

漁獲量はコホート解析でPopeの近似式を使用したことから、

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

により計算した。

2007年以降、現状のF(F_{current}: 1歳魚のFで代表)および年齢別漁獲選択性が2004～2006年の平均値として一定と仮定する。2008年における1歳魚以上の資源尾数は2007年における資源尾数と現状のFをもとに計算する。また2008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

0歳魚の資源尾数 = $21,575 \times SSB \times \exp(-0.000688 \times SSB) + \text{種苗放流数} \times 0\text{歳時の添加効率}$ から推定する。ただし、毎年約97万尾の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率が0.36と仮定する。2009年初めの資源量は2008年も2007年と同じF(F_{current})をかけたとして4,916トンと予測する。さらに2009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.

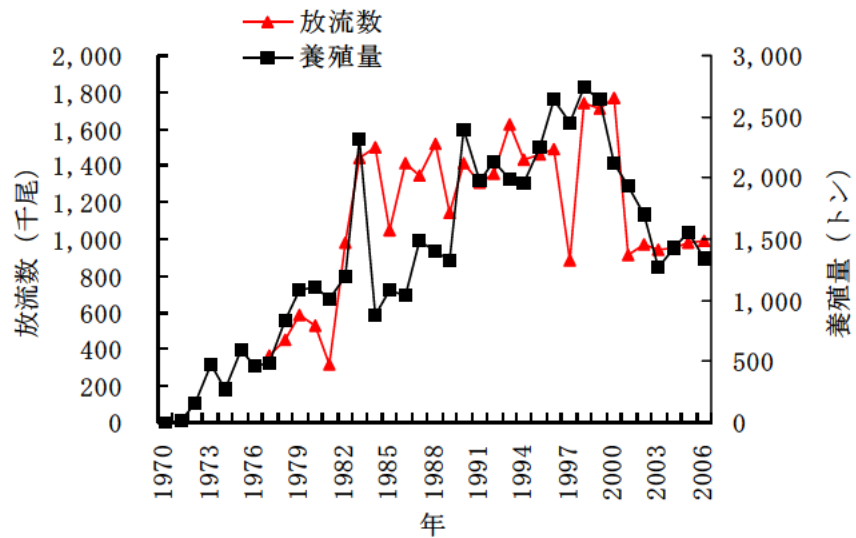


図 1 瀬戸内海東部系群マダイの放流数、養殖量



図 2 瀬戸内海東部系群マダイの分布・回遊

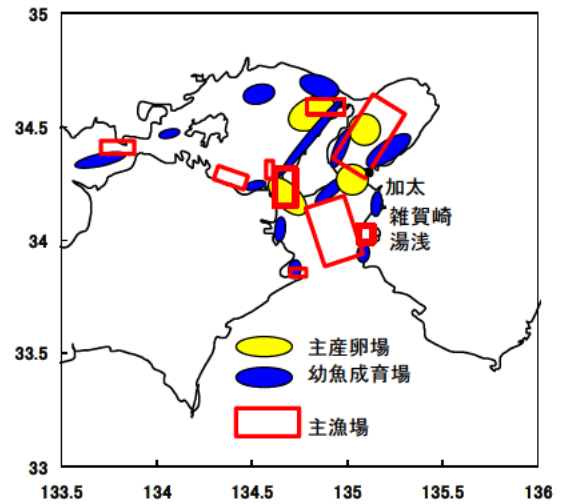


図 3 瀬戸内海東部系群マダイの生活史・漁場形成図

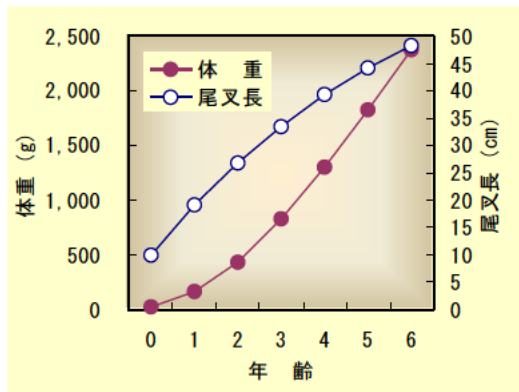


図 4 瀬戸内海東部系群マダイの年齢・成長

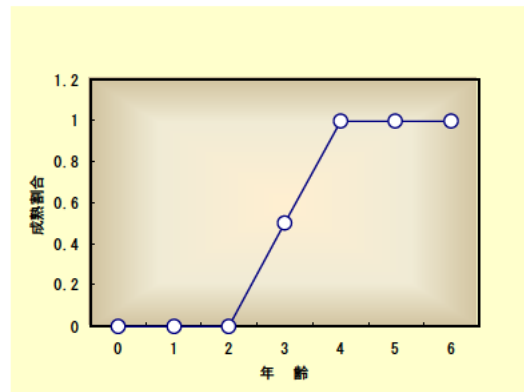


図 5 瀬戸内海東部系群マダイの年齢別成熟割合

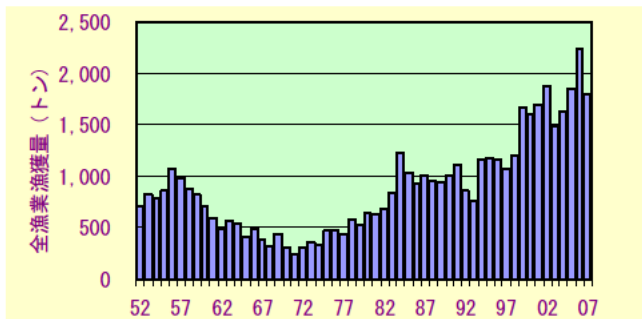


図 6 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量経年推移

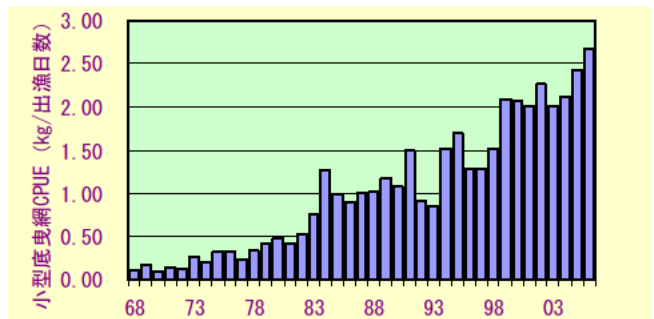


図 7 主要漁業種(小型底曳網)のCPUE

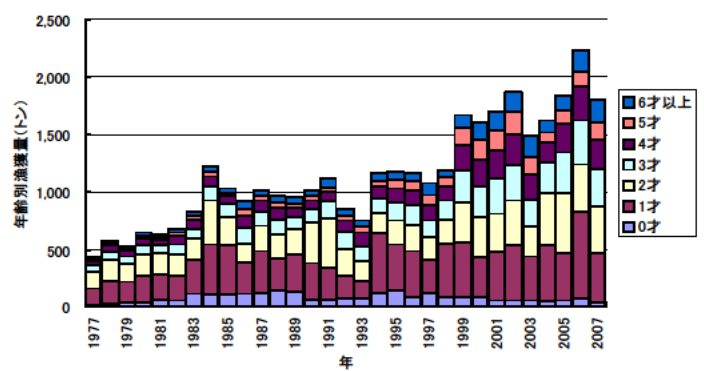
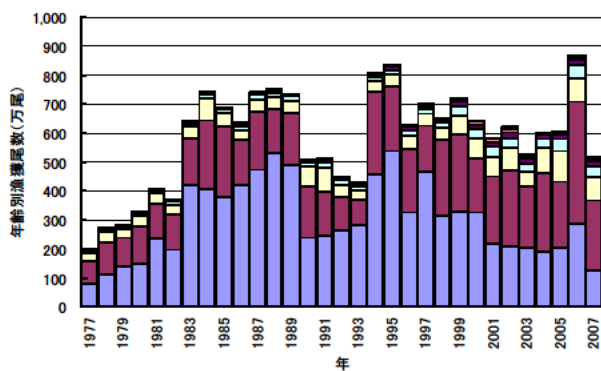


図 8 年齢別漁獲尾数(左)・重量(右)の経年推移

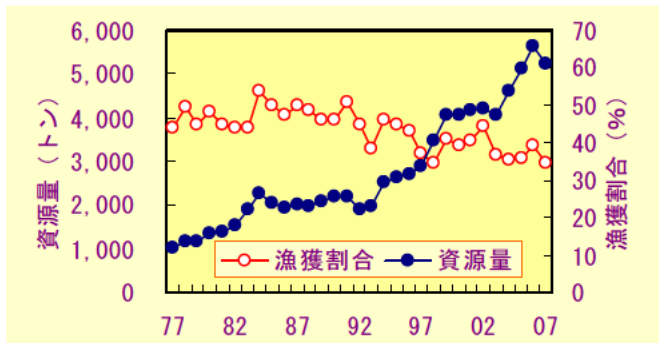


図 9 資源量と漁獲割合の経年推移

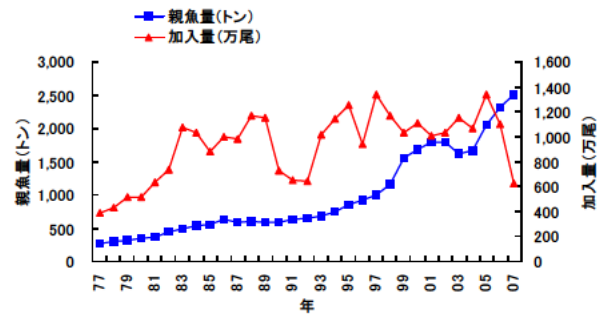


図 10 加入量と親魚量の経年推移

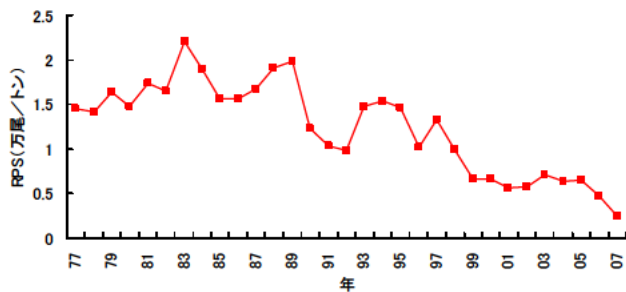


図 11 RPSの経年推移

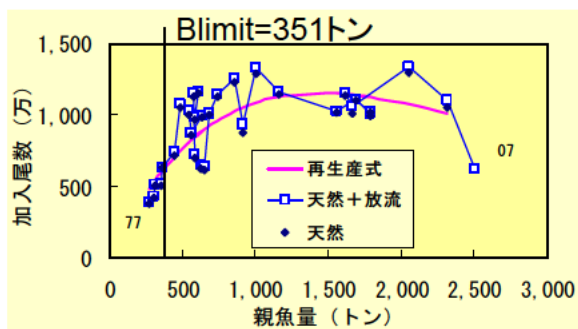


図 12 再生産関係

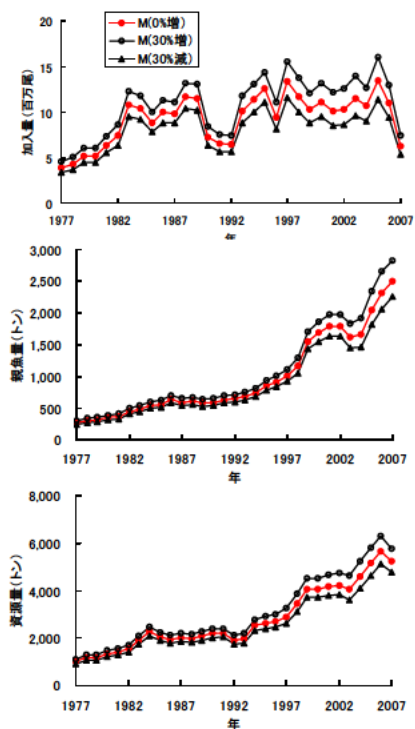


図 13 自然死亡係数の変化による各推定結果の変化

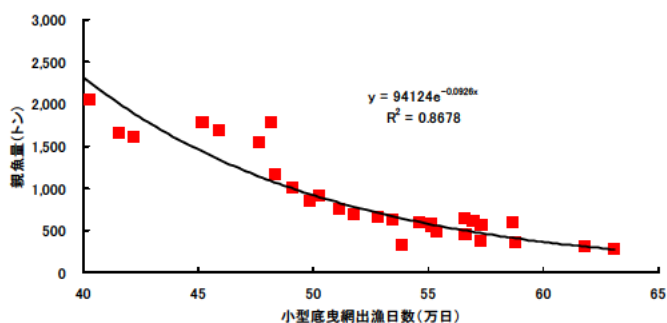


図 14 漁獲努力と親魚量との関係

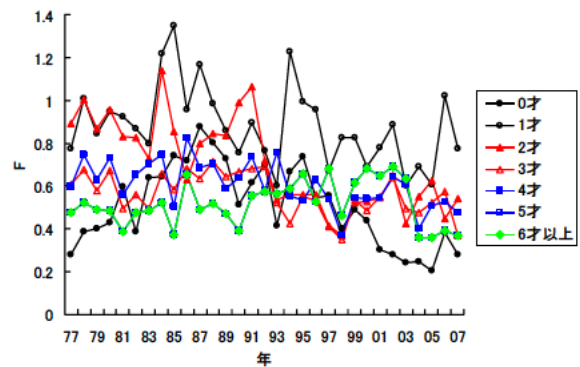


図 15 年齢別Fの変化

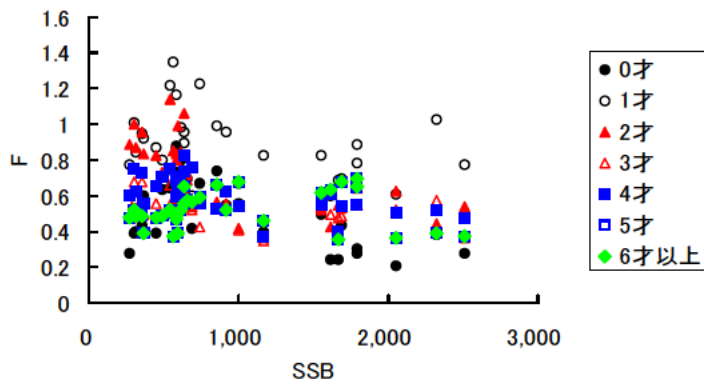


図 16 親魚量と漁獲係数の関係

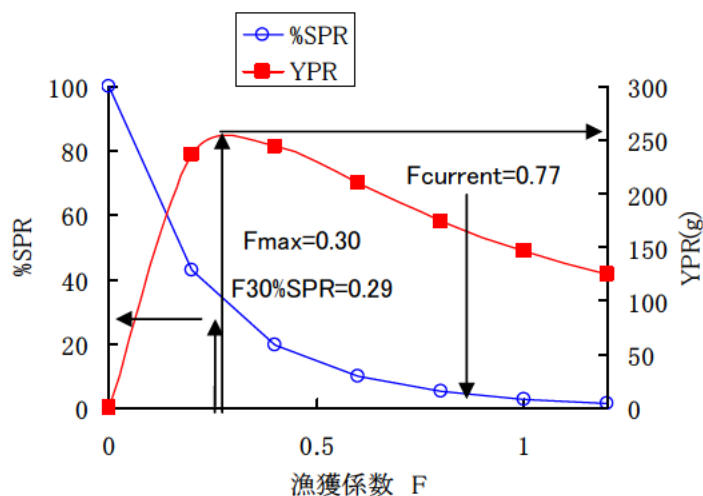


図 17 %SPR・YPR

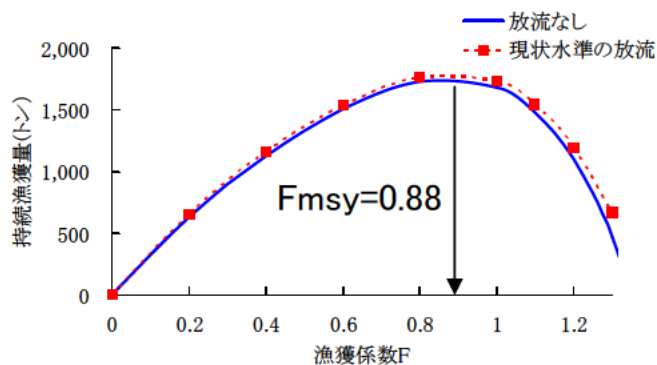


図 18 1歳魚のFと持続漁獲量

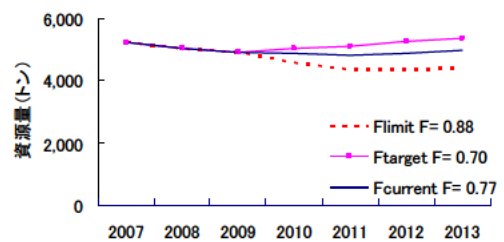
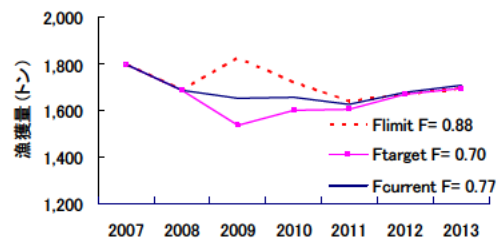


図 19 F値(1歳魚)の変化による期待漁獲量(上)・資源量(下)の変化

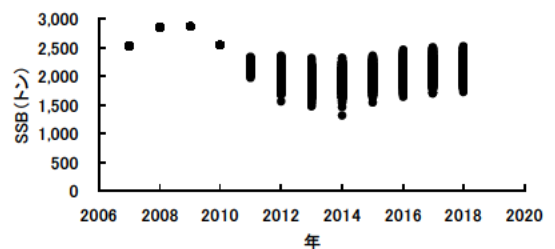
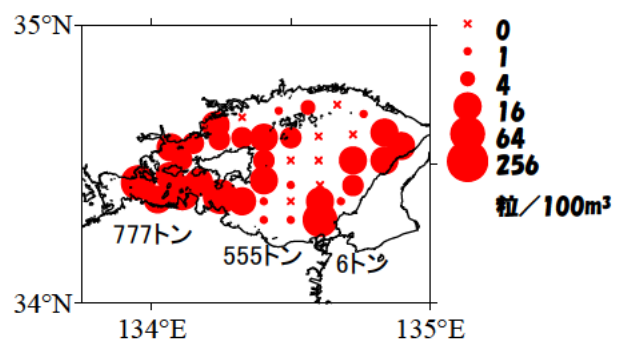


図 20 再生産の誤差変動を考慮したシミュレーションから得られるFlimit漁獲シナリオによる予測SSB

図 21 播磨灘におけるマダイ卵分布
しらふじ丸調査結果;5月
数字は2005年のマダイ養殖生産量を示す

附表 1 瀬戸内海東部系群マダイの漁獲量(トン)、放流数(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)

年	漁獲量	放流数	養殖量	CPUE	努力量	年	漁獲量	放流数	養殖量	CPUE	努力量
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	1,161	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
1976	466	-	468	0.32	624,577	2005	1,844	979	1,560	2.43	402,664
1977	440	369	484	0.23	631,060	2006	2,230	994	1,338	2.67	390,603
1978	577	455	841	0.33	617,706	2007	1,799	-	-	-	-
1979	528	585	1,076	0.40	538,064						
1980	647	530	1,106	0.47	587,899						

附表 2 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

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
0歳	0.36	0.00	0.47	0.00	0.04
1歳	0.45	0.20	0.40	0.07	0.71
2歳	0.09	0.46	0.07	0.48	0.10
3歳	0.04	0.20	0.02	0.29	0.08
4歳	0.03	0.07	0.01	0.09	0.04
5歳	0.02	0.03	0.01	0.03	0.01
6歳以上	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01

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

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

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

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

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

附表 3 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

年＼ 齡	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以 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	325	222	45	19	9	4	3	628
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	125	243	80	37	18	8	8	519

漁獲量

年＼ 齡	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以 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	88	399	232	164	132	83	63	1,161
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	437	409	318	255	148	197	1,799

附表 4 瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数(万尾)、資源量(トン)

資源尾数								
年＼ 齡	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	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	996	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	1,583
1989	1152	354	81	29	13	6	6	1,642
1990	725	377	118	30	13	6	6	1,275
1991	649	294	139	37	13	6	7	1,145
1992	641	238	95	41	16	5	6	1,041
1993	1014	216	87	39	17	7	5	1,386
1994	1142	454	93	43	19	7	6	1,764
1995	1253	397	104	45	24	9	6	1,839
1996	939	405	115	50	22	12	7	1,550
1997	1335	368	122	56	25	10	9	1,925
1998	1167	519	148	68	31	12	8	1,954
1999	1029	530	179	86	41	18	11	1,894
2000	1113	426	183	90	43	20	13	1,887
2001	1011	487	168	91	46	21	14	1,838
2002	1031	505	176	82	44	23	15	1,876
2003	1153	527	163	77	36	20	16	1,993
2004	1066	613	228	90	40	17	16	2,069
2005	1342	565	242	111	47	22	19	2,348
2006	1102	739	242	109	56	24	25	2,297
2007	627	509	209	131	52	28	28	1,583

資源量								
年＼ 齡	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上	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	1,178
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	1,900
1984	280	694	612	272	191	99	119	2,267
1985	238	664	457	279	195	102	125	2,060
1986	269	510	384	277	215	132	151	1,939
1987	265	591	437	291	194	106	143	2,026
1988	315	498	410	280	213	110	147	1,973
1989	311	638	415	251	190	119	147	2,070
1990	196	678	603	256	183	118	160	2,194
1991	175	529	709	319	182	108	181	2,203
1992	173	428	482	348	223	98	157	1,910
1993	274	388	444	335	242	141	137	1,960
1994	308	817	474	369	275	127	155	2,526
1995	338	715	532	385	334	177	152	2,633
1996	253	730	589	432	308	221	169	2,702
1997	360	663	624	479	351	184	231	2,891
1998	315	935	755	586	440	230	203	3,464
1999	278	954	913	742	572	341	271	4,071
2000	301	766	932	770	601	372	331	4,073
2001	273	876	856	781	654	393	352	4,186
2002	278	909	896	706	622	425	386	4,223
2003	311	949	834	666	515	368	401	4,044
2004	288	1103	1161	777	561	316	398	4,603
2005	362	1016	1233	955	669	423	481	5,139
2006	298	1330	1235	940	784	453	612	5,652
2007	169	916	1067	1124	732	521	693	5,222

附表 5 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)
 加入量(万尾)、RPS(万尾/トン)

年\ 年齢	漁獲係数							資源量	漁獲割合	親魚量	加入量	RPS	添加効率
	0才	1才	2才	3才	4才	5才	6才以上						
1977	0.281	0.775	0.889	0.606	0.596	0.475	0.475	1,006	43.8	268	389	1.45	-
1978	0.388	1.009	1.002	0.679	0.747	0.522	0.522	1,161	49.7	303	428	1.41	-
1979	0.402	0.843	0.868	0.580	0.628	0.489	0.489	1,178	44.8	314	516	1.64	-
1980	0.431	0.947	0.955	0.674	0.733	0.483	0.483	1,337	48.4	351	519	1.48	-
1981	0.599	0.924	0.833	0.493	0.561	0.388	0.388	1,405	44.9	366	635	1.73	-
1982	0.389	0.870	0.827	0.560	0.656	0.475	0.475	1,547	43.9	447	738	1.65	-
1983	0.639	0.798	0.729	0.493	0.703	0.485	0.485	1,900	43.8	489	1,079	2.21	-
1984	0.642	1.219	1.139	0.659	0.745	0.522	0.522	2,267	53.8	545	1,035	1.90	-
1985	0.743	1.350	0.853	0.585	0.506	0.375	0.375	2,060	50.0	562	881	1.57	0.20
1986	0.720	0.958	0.630	0.681	0.828	0.655	0.655	1,939	47.4	637	996	1.56	0.08
1987	0.877	1.166	0.796	0.635	0.687	0.488	0.488	2,026	49.9	588	982	1.67	0.10
1988	0.802	0.984	0.844	0.714	0.703	0.519	0.519	1,973	48.7	610	1,167	1.91	0.09
1989	0.727	0.858	0.836	0.642	0.590	0.472	0.472	2,070	46.0	581	1,152	1.98	0.16
1990	0.512	0.758	0.990	0.666	0.639	0.393	0.393	2,194	46.0	589	725	1.23	-
1991	0.614	0.895	1.063	0.681	0.739	0.554	0.554	2,203	50.6	630	649	1.03	-
1992	0.699	0.764	0.717	0.689	0.578	0.573	0.573	1,910	44.7	652	641	0.98	-
1993	0.414	0.601	0.538	0.521	0.758	0.564	0.564	1,960	38.5	686	1,014	1.48	0.09
1994	0.666	1.230	0.562	0.426	0.556	0.590	0.590	2,526	46.1	742	1,142	1.54	0.08
1995	0.739	0.995	0.561	0.548	0.530	0.659	0.659	2,633	44.7	855	1,253	1.47	0.14
1996	0.546	0.958	0.560	0.533	0.629	0.525	0.525	2,702	43.0	914	939	1.03	0.43
1997	0.554	0.671	0.415	0.409	0.538	0.681	0.681	2,891	37.3	1,005	1,335	1.33	0.48
1998	0.399	0.826	0.369	0.349	0.371	0.461	0.461	3,464	34.5	1,166	1,167	1.00	0.10
1999	0.492	0.825	0.522	0.536	0.547	0.614	0.614	4,071	41.0	1,555	1,029	0.66	0.04
2000	0.437	0.691	0.529	0.487	0.541	0.681	0.681	4,073	39.3	1,689	1,113	0.66	0.05
2001	0.304	0.779	0.544	0.552	0.548	0.649	0.649	4,186	40.5	1,791	1,011	0.56	0.15
2002	0.280	0.888	0.650	0.641	0.642	0.693	0.693	4,223	44.4	1,787	1,031	0.58	0.13
2003	0.242	0.600	0.423	0.496	0.606	0.635	0.635	4,044	36.7	1,617	1,153	0.71	0.18
2004	0.245	0.689	0.549	0.474	0.401	0.360	0.360	4,603	35.3	1,663	1,066	0.64	0.55
2005	0.206	0.606	0.624	0.522	0.508	0.361	0.361	5,139	35.9	2,050	1,342	0.65	0.46
2006	0.382	1.022	0.447	0.575	0.525	0.390	0.390	5,652	39.5	2,319	1,102	0.48	0.50
2007	0.278	0.773	0.540	0.369	0.478	0.371	0.371	5,222	34.4	2,508	627	0.25	-

附表 6 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	27	0	0.36	0.39	0.32	0.25
1	180	0	1.00	0.24	0.88	0.70
2	510	0	0.70	0.17	0.61	0.49
3	860	0.5	0.48	0.17	0.42	0.34
4	1,410	1	0.62	0.17	0.54	0.44
5	1,880	1	0.48	0.17	0.42	0.34
6-	2,496	1	0.48	0.17	0.42	0.34