

平成27（2015）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（阪地英男、山本圭介）

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課、

香川県水産試験場

要 約

本系群の資源量について、コホート計算により計算した。漁獲量は、1956年の1,076トンから1971年の234トンまで減少した後に増加傾向となり、2011年には過去最高の2,432トンとなった。その後やや減少したものの比較的高い値を維持し、2014年の漁獲量は2,018トンとなった。資源量は1977年以降増加傾向が続き、2011年にそれまでの最高である5,842トンとなり、2014年には5,501トンと推定された。親魚量は、1977年には268トンであったがその後増加し、2014年には2,942トンとこれまでの最高の値となった。本系群では再生産関係が明瞭であることから親魚量を用いて資源状態を判断し、資源水準は高位、資源動向は増加とした。管理方策として、最大持続漁獲量MSYを実現するための管理基準 F_{msy} を採用した。ABC算定のための基本規則の1-1)-(1)を適用して、 $F_{limit}=F_{msy}$ のときの漁獲量を ABC_{limit} とした。本種は栽培対象種であり、2013年には55.2万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1.4%と推定された。近年（2009～2013年）の平均的な添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）は0.44と推定された。

管理基準	Limit/ Target	F値	漁獲割合（%）	2016年ABC（トン）
F_{msy}	Limit	0.97	35	1,600
	Target	0.78	30	1,355

F値は1歳における値とした。Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2013	5,428	1,788	0.90	33%
2014	5,501	2,017	1.00	37%
2015	4,968	—	—	—

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） ・2013年県別漁業種類別魚種別漁獲量、2014年概数値（農林水産省） ・2006～2013年香川県農林水産統計生物情報収集調査、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	・2005～2014年和歌山県湯浅湾漁協の小型底びき網CPUE
放流尾数	・栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（水産庁・日栽協・水研セ）
混入率	・0歳魚の標識率補正済み混入率（和歌山県、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100万尾を超え、2000年には176.7万尾まで増加した。2001年以降100万尾を下回り、2013年は55.2万尾となっている（図1、表1）。また、瀬戸内海東部海域内での養殖魚収穫量は、2013年では952トンであった（表1、公表値のみを集計）。

1997年の遊漁調査では瀬戸内海全体で120トンのマダイ採捕が報告されており（農林水産省統計情報部 1998）、漁獲量3,907トンの3%に相当した。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%に相当した。2002年の遊漁調査では瀬戸内海全体で195トンのマダイ採捕が報告され（農林水産省統計情報部 2003）、漁獲量4,529トンの4%に相当した。2008年の遊漁調査では瀬戸内海全体で331トンのマダイ採捕が報告され（農林水産省統計情報部、2009）、漁獲量4,175トンの8%に相当した。

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成育場で生息する（図2、3）。その後成長に伴って生息範囲を拡大し、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

5月が産卵盛期であり、1年で14.7cm、2年で23.1cm、3年で30.3cm、4年で36.5cm、5年で41.8cm、

6年で46.3cmとなる（図4）（島本 1999）。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）。産卵適地は水深30～70mの砂質底で、産卵適水温は16.5～21.5℃である（Zenitani et al. 2014）。

（4）被捕食関係

甲殻類のほか多毛類、昆虫類、魚類を主な餌とする（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、主に小型底びき網、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。2014年における漁業種別漁獲割合は、小型底びき網での漁獲52%、小型定置網12%、吾智網14%、刺網10%、釣り8%であった（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トンとなった（図6）。その後1984年までに1,219トンに回復し、1986～1998年の漁獲量は754～1,196トンではほぼ安定していた。1999年に1,667トンに急増して以降に増加傾向となり、2011年には過去最高の2,432トンとなった。その後やや減少したものの比較的高い値を維持し、2014年の漁獲量は2,018トン（概数）となった（表1）。なお、2006年以降は灘別統計が廃止されたため、香川県の漁獲量は、香川県農林水産統計年報をもとに瀬戸内海西部海域の燧灘分を除外し、瀬戸内海東部海域である播磨灘と備讃瀬戸の合計値を使用した（表3）。

（3）漁獲努力量

瀬戸内海東部の小型底びき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った（図8）。また、標本とした湯浅湾漁協小型底びき網のマダイ有漁隻数も、2005～2014年まで減少している（図9）。

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。2014年の1～5歳魚のFは各年齢の過去3年間のFの平均とした。2014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。最近年（2014年）の0歳魚資源尾数は、その年の親魚量および過去の親魚量と加入量の関係に基づいて推定した（＝リッカー型再生産式利用、補足資料2）。

（2）資源量指標値の推移

主要漁業種である小型底びき網のCPUEは、1970年に0.09kg／出漁日であったが、その後増加傾向となり、2006年に2.67kg／出漁日となった（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た。また、標本漁協である和歌山県湯浅湾漁協の小型底びき網のCPUEは、2005年の3.2kg／隻から2014年の23.2 kg／隻に増加している（図7、表1）。これは、漁獲努力量の減少と漁獲量の増加によるものである（図8、9）。

（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年では、1996年の漁法別年齢別漁獲尾数割合を用いた。1996～2003年では、和歌山県が加太（一本釣、刺網）、雑賀崎（小型底びき網）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。2004～2014年では、和歌山県が加太（一本釣、刺網）と湯浅（小型底びき網）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10、11に示す。漁獲物に占める未成魚（0～2歳）の割合は、1998年まで尾数の94～97%および重量の54～76%であったが、1999年以降では尾数の83～92%および重量の46～61%に低下している。

（4）資源量と漁獲割合の推移

2014年の瀬戸内海東部系群マダイの資源尾数は1,831万尾と推定された（表7）。年齢別の資源尾数割合は、0歳：47.4%、1歳：30.0%、2歳：9.6%、3歳：5.5%、4歳：3.4%、5歳：1.9%、6歳以上：2.1%となっており、0～2歳の未成熟個体で全体の87.0%を占めていた。

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。その後横ばい傾向で推移したが、1994年以降急増して2011年にそれまでの最高である5,842トンとなり、2014年には5,501トンと推定された（図12、表8）。漁獲割合は1984年に53.8%と最大となった後に減少傾向となっており、2014年には36.7%となった（図12、表9）。1歳魚の漁獲係数は0.60～1.35の間を変動しており、2014年は1.00となった（図13、表9）。一方、0歳の漁獲係数は1985年に最高の0.74となった後に減少し、2010～2013年には0.08～0.29、2014年には0.45となった（図13、表9）。

親魚量（3歳魚の資源量×0.5+4歳魚以上の資源量）は、1977年には268トンであったがその後増加して1999～2008年では1,501～1,866トンとなり、2009年以降に再び増加して2014年には2,942トンとこれまでの最高の値となった（図14）。天然加入量は、1977年には382万尾で

あったがその後増加して1983年～1989年では860万尾～1,153万尾となり、1990～1992年では618～704万尾とやや減少したものの、1993～2013年では926～1,301万尾と安定していた（図14）。2014年にはやや減少して839万尾となった。これは過去最大の親魚量の下でリッカー型再生産曲線によって低い加入量が推定されたためである。近年の加入量はリッカー型再生産曲線で推定されるより高い場合があり（図15）、2014年加入量も過小評価の可能性が考えられる。

瀬戸内海東部海域では毎年種苗放流が行われているため、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。すなわち、0歳時の放流魚の添加効率（放流魚の漁獲加入までの生残率）を用い（表10、補足資料2）、0歳の資源尾数を放流魚と天然魚に分離した。0歳時の添加効率を0.04～0.92（表10）として、親魚量と天然魚の加入尾数との関係を検討したところ、リッカー型の再生産関係がよく適合した（図15）。再生産成功率（天然魚加入量／親魚量）は減少傾向にある（表11、図16）。これは、分子である天然加入量が比較的安定しているのに対し、分母である親魚量の増大が続いていることによる（図14）。

自然死亡係数Mを変化させると、加入量・親魚量・資源量の推定値も変化する（図17）。しかし、Mを±30%変化させた時の加入量・親魚量・資源量の推定値の変化は-17～+23%の範囲内であり、推定値への影響はMの変動より小さい。

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（表11）。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が必要である。

（5）Blimitの設定

過去38年間（1977～2014年）のコホート解析による2014年の資源量と親魚量は、それぞれ5,501トンおよび2,942トンとなった。リッカー型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親魚量をBlimitとしたところ、Blimitは331トンと計算された（図15）。2014年の親魚量は2,942トンであり（表11）、Blimitを大きく超えている。

（6）資源の水準・動向

昨年まで資源量の最大と最低の間を三等分して資源水準を判断していた。しかし、本系群では再生産関係が明瞭であることから親魚量を用いて資源水準を判断し、Blimitを低位と中位の境界、Blimitと過去最大値の間を中位と高位の境界とした。親魚量の低位と中位の境界は331トン、中位と高位の境界は1,636トンとなり、2014年の資源水準は高位となる。過去5年間（2010～2014年）の親魚量の増減の傾向から、資源動向は増加と判断した（図14）。

（7）資源と漁獲の関係

小型底びき網の漁獲努力量は減少し続け（図8、9）、親魚量は増大し続けている（図14）。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18に示した。2014年の1歳魚の漁獲係数（Fcurrent）は1.00であり、一般に推奨されるF30%SPRの0.32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を最大とする漁獲係数（Fmax=0.33）と比較しても高い。瀬戸内海東部の小型底びき網の出漁隻数は減少を続けていると考えら

れることや（図8）、近年の加入量が安定していることから（図14）、今後Fが極端に増大するとは考えにくい。現在の資源水準・動向は高位・増加であり、現状程度のFでも資源量は維持されると考えられる（図20）。

（8）種苗放流効果

最近5年間（2009～2013年）における平均放流尾数は65.6万尾（49.2～95.7万尾）（表1）、補正済み混入率の平均値は2.5%（1.4～5.3%）および添加効率は0.44（0.26～で0.92）であった（表10）。天然の0歳資源尾数に対する放流生残尾数の割合の平均値は2.6%（1.2～5.6%）であった。漁獲物における放流魚の割合が小さいのは天然の加入尾数に対する放流尾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。

5. 2016年ABCの算定

（1）資源評価のまとめ

コホート解析による2014年の親魚量は2,942トンで、再生産関係からもとめたBlimit（331トン）を大きく超えている（図15）。親魚量水準は高位、過去5年の動向は増加である。

（2）ABCの算定

資源量が推定でき、再生産関係がわかり、親魚量>Blimitであるので、ABC算定規則1-1)-(1)を用いた。Flimit（1歳魚の値で代表）には、式（7）の再生産曲線をもとにして、最大持続生産量を実現する資源管理目標であるFmsyを採用し（補足資料2参照）、0.97が得られた（図19）。このときの最大持続生産量は1,603トンであった。

管理基準	Limit / Target	F値	漁獲割合（%）	2016年ABC（トン）
Fmsy	Limit	0.97	35	1,600
	Target	0.78	30	1,355

F値は1歳における値とした。Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される漁獲量である。Ftarget = α Flimitとし、係数 α には標準値0.8を用いた。

（3）ABCの評価

すべての年齢について2014年と2015年のFはF2014とし、2015年以降の加入量は（7）式の再生産関係に従い、毎年65.6万尾（2009～2013年の平均値）の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.44（2009～2013年の平均値）と仮定した。2016年以降、Flimitで管理した場合、2020年に期待される資源量は現在（2014年）の漁獲圧を継続した場合の1.03倍の資源水準となり、漁獲量は1.01倍となった（図20）。

漁獲量 (トン)								
F	管理基準	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.00		2,017	1,768	0	0	0	0	0
0.10	0.1Fcurent	2,017	1,768	210	311	397	471	523
0.20	0.2Fcurent	2,017	1,768	407	574	706	813	872
0.30	0.3Fcurent	2,017	1,768	593	793	944	1,060	1,106
0.40	0.4Fcurent	2,017	1,768	769	976	1,125	1,235	1,267
0.50	0.5Fcurent	2,017	1,768	935	1,128	1,260	1,358	1,381
0.60	0.6Fcurent	2,017	1,768	1,091	1,252	1,358	1,440	1,462
0.70	0.7Fcurent	2,017	1,768	1,239	1,352	1,426	1,490	1,516
0.80	0.8Fcurent	2,017	1,768	1,379	1,432	1,469	1,515	1,544
0.90	0.9Fcurent	2,017	1,768	1,512	1,494	1,492	1,517	1,545
0.97	Fmsy	2,017	1,768	1,600	1,529	1,499	1,508	1,529
1.00	1.0Fcurent	2,017	1,768	1,637	1,542	1,499	1,501	1,518
1.10	1.1Fcurent	2,017	1,768	1,756	1,576	1,493	1,469	1,467
資源量 (トン)								
F	管理基準	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.00		5,501	4,968	4,548	6,993	10,060	13,201	15,904
0.10	0.1Fcurent	5,501	4,968	4,548	6,629	9,077	11,445	13,297
0.20	0.2Fcurent	5,501	4,968	4,548	6,288	8,212	9,973	11,210
0.30	0.3Fcurent	5,501	4,968	4,548	5,970	7,451	8,739	9,547
0.40	0.4Fcurent	5,501	4,968	4,548	5,672	6,779	7,704	8,225
0.50	0.5Fcurent	5,501	4,968	4,548	5,392	6,184	6,833	7,173
0.60	0.6Fcurent	5,501	4,968	4,548	5,130	5,656	6,093	6,325
0.70	0.7Fcurent	5,501	4,968	4,548	4,884	5,186	5,460	5,625
0.80	0.8Fcurent	5,501	4,968	4,548	4,653	4,766	4,911	5,028
0.90	0.9Fcurent	5,501	4,968	4,548	4,436	4,389	4,428	4,500
0.97	Fmsy	5,501	4,968	4,548	4,291	4,148	4,123	4,160
1.00	1.0Fcurent	5,501	4,968	4,548	4,231	4,049	3,999	4,020
1.10	1.1Fcurent	5,501	4,968	4,548	4,038	3,742	3,613	3,577

F値は1歳における値、Fcurentは2014年の値とした。

(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
2013年漁獲量確定値 2014年漁獲量概数値	2013年漁獲量の確定
2014年の年齢別漁獲尾数 2007年～2010年および2013年の香川県東部 漁獲量の推定値を確定値に修正	データを追加・修正してコホート解析を行 ったことによる、2013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
2013年の補正済み混入率	データの追加

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)
2014年(当初)	Fmsy	0.92	4,509	1,906	1,622	
2014年(2014年再評価)	Fmsy	1.01	3,897	1,705	1,455	
2014年(2015年再評価)	Fmsy	1.10	5,501	2,168	1,838	2,017
2015年(当初)	Fmsy	0.93	4,026	1,591	1,352	
2015年(2015年再評価)	Fmsy	1.06	4,968	1,852	1,562	

F値は1歳魚の値とした。

2014年における高齢魚の漁獲尾数が増加したため、2014年(2015年再評価)と2015年(2015年再評価)のF値・資源量・ABCが上方修正された。

6. ABC以外の管理方策への提言

瀬戸内海漁業取締規則は、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。種苗放流は1977年に開始され、2009～2013年の5年間では年平均65.6万尾が放流されている。ここでは、若齢魚保護と種苗放流の効果について試算した。

2014年の年齢別資源尾数を初期値として、漁獲係数Fと放流尾数を変化させたときの2020年における漁獲量(1歳魚以上)と資源量を予測し、等量線図として示した(図21)。現状のFで放流尾数を倍増させると、今から5年後には漁獲量と資源量が共に約2%増大する。現状の放流尾数でFを10%削減すると、今から5年後には漁獲量が約2%、資源量が約12%それぞれ増大する。Fの削減効果を精査するため、0歳魚のFと放流尾数、及び0歳から1歳魚のFと放流尾数を変化させた場合の2020年の漁獲量を予測し等量線図として示した(図22)。漁獲量については、0歳魚のFを6%または0歳魚と1歳魚の両方のFを4%削減する効果は、放流尾数を倍増させる効果とほぼ同じである。このように、将来の漁獲量と資源量を維持・増大するためには、放流尾数の増大よりFの削減のほうが効果的である。

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..
- 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
- Zenitani, H., Y. Onishi and Y. Obata (2014) Spawning grounds of red sea bream in the east Seto Inland Sea. Fish. Sci., 80, 499-504.

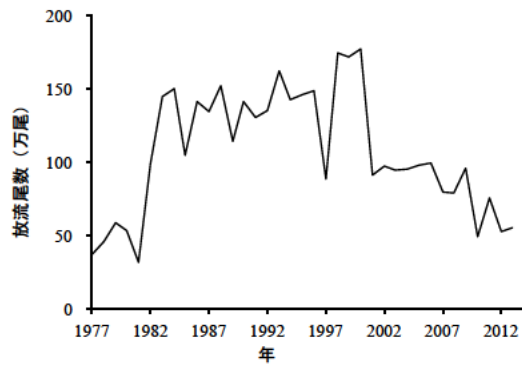


図1. 瀬戸内海東部におけるマダイ人工種苗の放流尾数



図2. マダイ瀬戸内海東部系群の分布

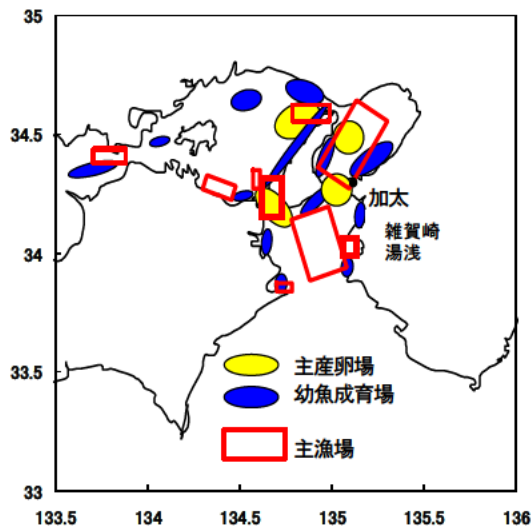


図3. マダイ瀬戸内海東部系群の生活史・漁場形成図

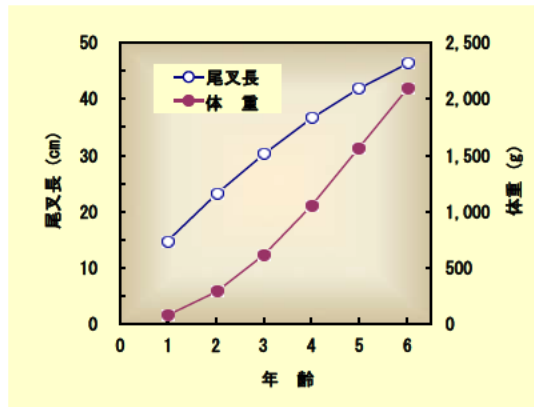


図4. マダイ瀬戸内海東部系群の年齢と成長(5月に加齢)

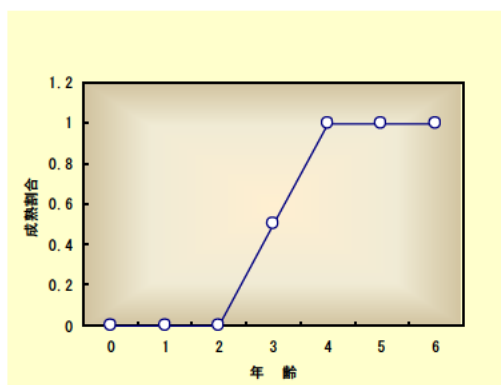


図5. マダイ瀬戸内海東部系群の年齢別成熟割合

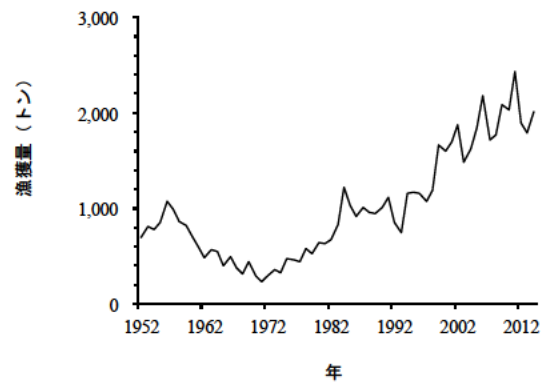


図6. マダイ瀬戸内海東部系群の漁獲量の経年変化

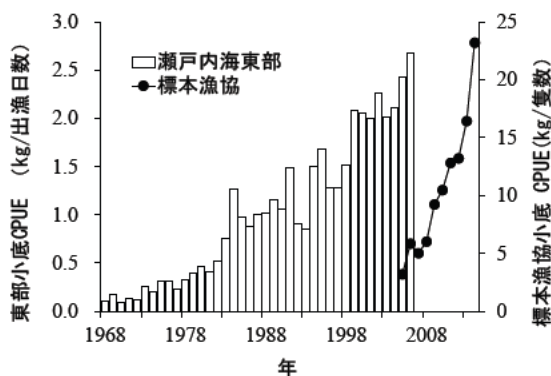


図7. 主要漁業種である小型底曳網におけるマダイ瀬戸内海系群のCPUE

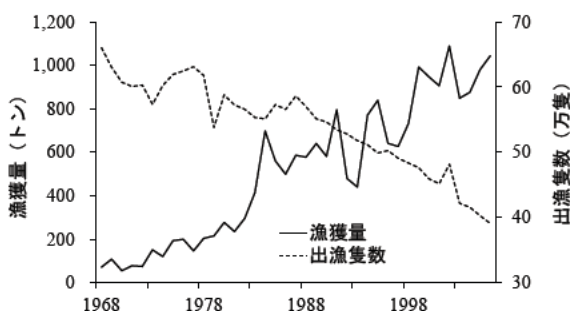


図8. 瀬戸内海東部における小型底曳網漁船によるマダイ漁獲量と出漁隻数の経年推移

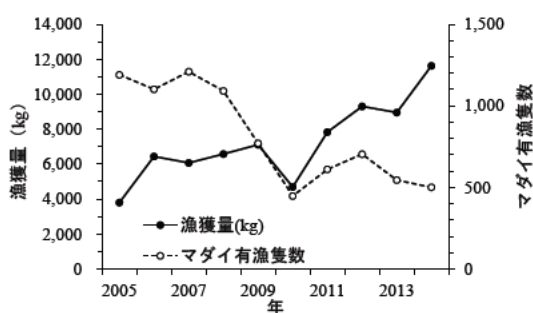


図9. 湯浅湾漁協小型底曳き網のマダイ漁獲量とマダイ有漁隻数

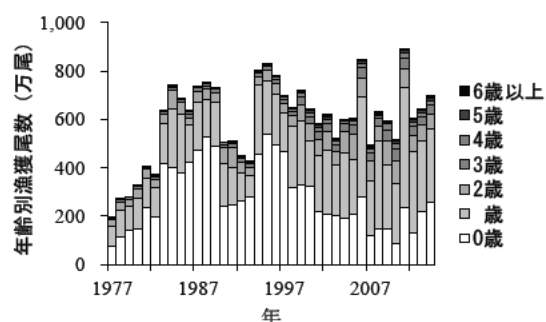


図10. マダイ瀬戸内海東部系群の年齢別漁獲尾数の経年推移

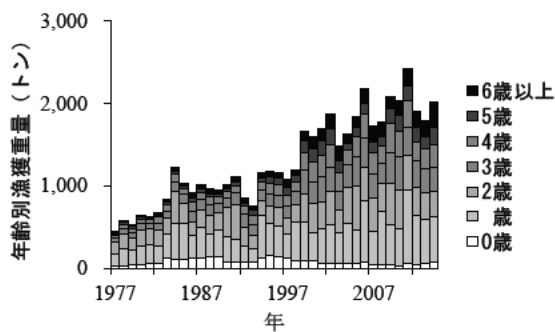


図11. マダイ瀬戸内海東部系群の年齢別漁獲重量の経年推移

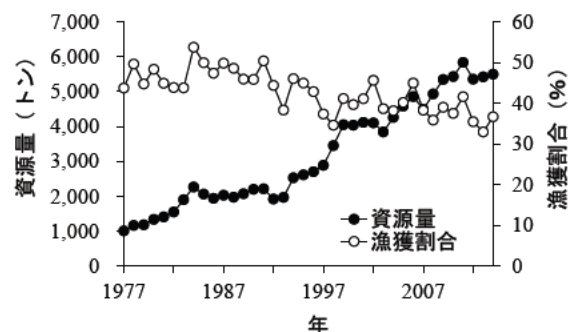


図12. マダイ瀬戸内海東部系群の資源量と漁獲割合の経年推移

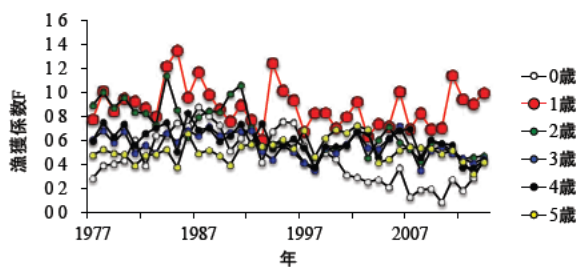


図13. マダイ瀬戸内海東部系群の年齢別漁獲係数の推移

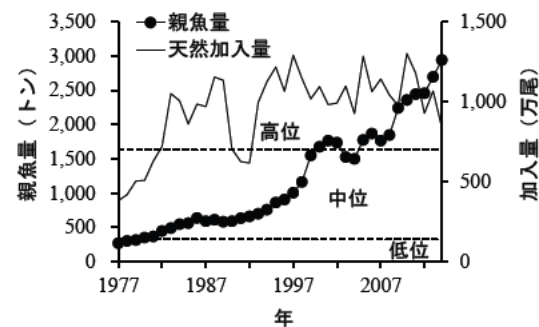


図14. マダイ瀬戸内海東部系群の天然加入量と親魚量の経年推移

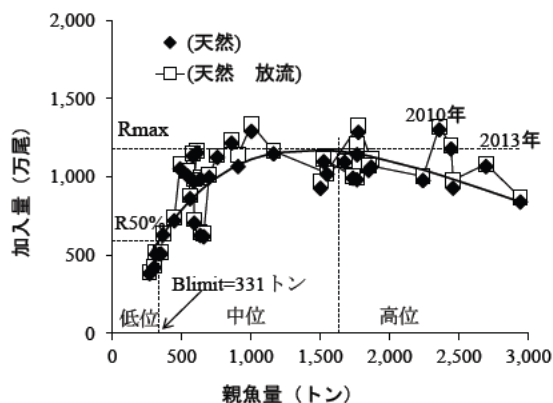


図 15. マダイ瀬戸内海東部系群の再生産関係

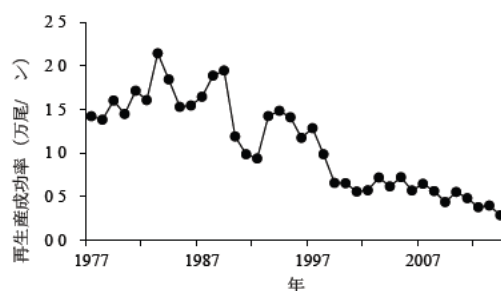


図 16. マダイ瀬戸内海東部系群の再生産成功率(天然加入量 親魚量)の経年推移

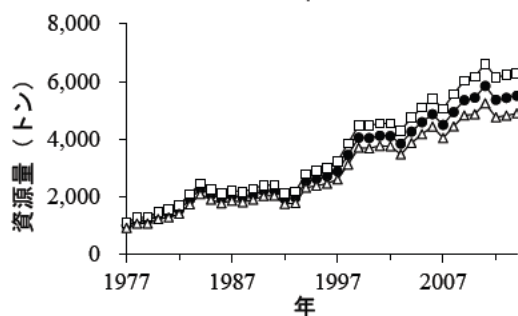
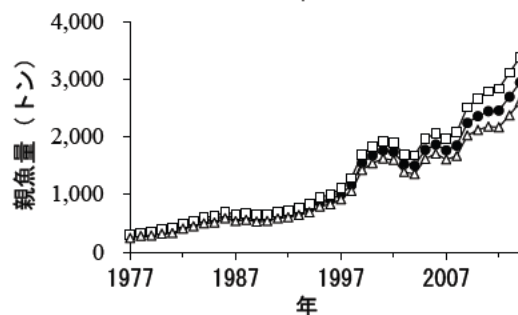
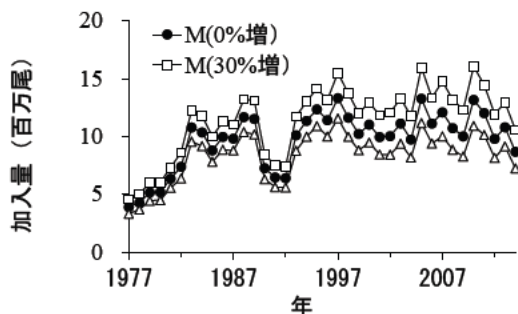


図 17. 自然死亡係数を変化させた場合のマダイ瀬戸内海東部系群の加入量・親魚量・資源量の推定結果の変化

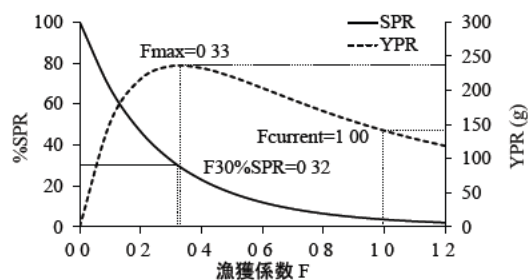


図 18. マダイ瀬戸内海東部系群の%SPR・YPR

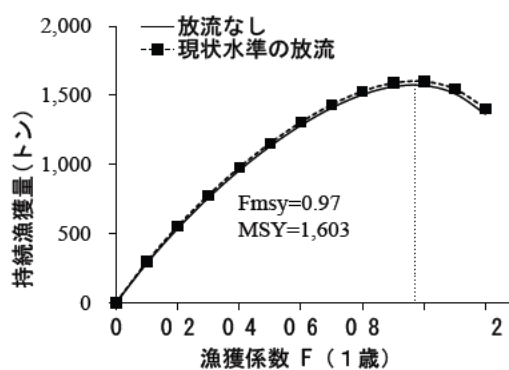


図 19. マダイ瀬戸内海東部系の 1 歳魚の F と持続漁獲量

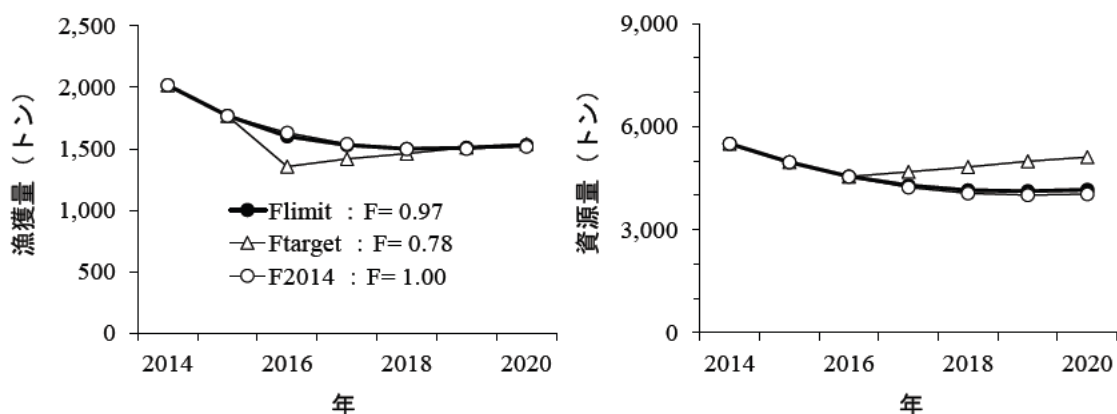


図 20. マダイ瀬戸内海東部系における F 値（1 歳魚）の変化による漁獲量（左）と資源量（右）の変化

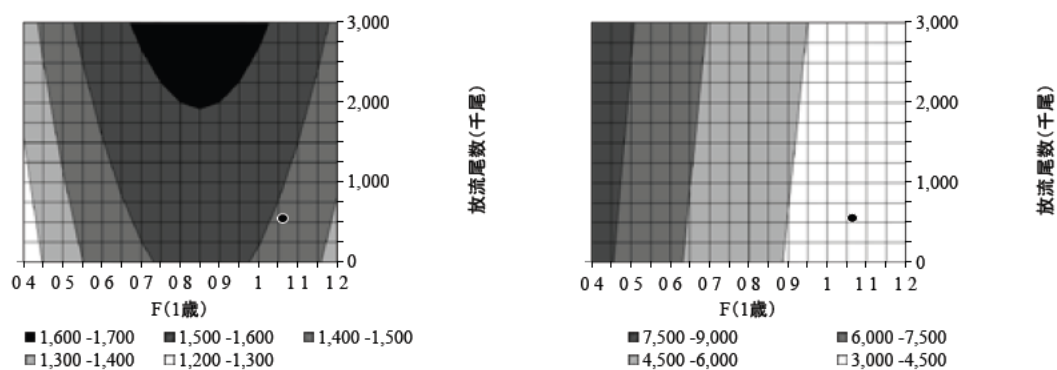


図 21. マダイ瀬戸内海東部系の 2020 年における漁獲量（左）と資源量（右）の放流尾数と漁獲係数に関する等量線図（●は 2014 年の値）

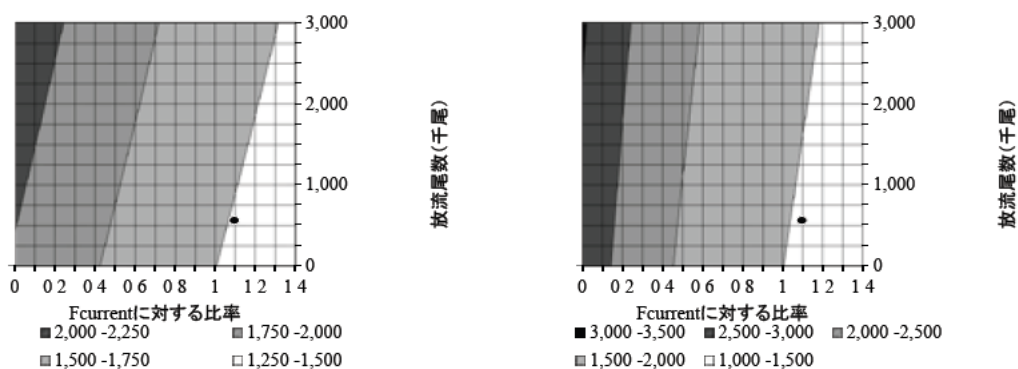


図 22. マダイ瀬戸内海東部系において、0 歳魚（左）と 0～1 歳魚（右）の漁獲係数を変化させた時の 2020 年における漁獲量の等量線図（●は 2014 年の値）

表1. マダイ瀬戸内海東部系群の漁獲量（トン）、放流数（千尾）、養殖魚収獲量（トン）、公表値のみを集計）、および小型底曳網のCPUE (kg 出漁 数) および努力量（出漁 数）、和歌山標本漁協小底CPUE (kg 隻数)

年	漁獲量	放流 尾数	養殖魚 収獲量	小底		年	漁獲量	放流 尾数	養殖魚 収獲量	小底		和歌山標本 漁協小底CPUE
				CPUE	努力量					CPUE	努力量	
1952	702	-	-	-	-	1984	1,219	1,500	874	1.27	551,228	
1953	818	-	-	-	-	1985	1,029	1,045	1,080	0.98	572,998	
1954	782	-	-	-	-	1986	919	1,413	1,044	0.88	565,795	
1955	858	-	-	-	-	1987	1,011	1,345	1,486	1.00	586,364	
1956	1,076	-	-	-	-	1988	960	1,520	1,403	1.01	569,760	
1957	990	-	-	-	-	1989	952	1,142	1,328	1.16	551,222	
1958	870	-	-	-	-	1990	1,009	1,411	2,401	1.06	546,221	
1959	821	-	-	-	-	1991	1,115	1,303	1,980	1.49	534,326	
1960	704	-	-	-	-	1992	853	1,351	2,129	0.91	528,019	
1961	598	-	-	-	-	1993	754	1,624	1,987	0.85	517,788	
1962	489	-	-	-	-	1994	1,164	1,428	1,958	1.51	511,505	
1963	573	-	-	-	-	1995	1,176	1,459	2,255	1.68	498,801	
1964	545	-	-	-	-	1996	1,159	1,488	2,641	1.28	502,438	
1965	406	-	-	-	-	1997	1,078	880	2,458	1.28	490,787	
1966	498	-	-	-	-	1998	1,196	1,744	2,739	1.51	483,433	
1967	378	-	-	-	-	1999	1,667	1,713	2,638	2.08	476,476	
1968	314	-	-	-	-	2000	1,601	1,767	2,118	2.06	459,344	
1969	440	-	-	0.11	660,358	2001	1,694	910	1,932	2.01	451,614	
1970	299	-	0	0.17	630,249	2002	1,874	972	1,699	2.26	481,538	
1971	234	-	11	0.09	607,289	2003	1,485	944	1,270	2.01	421,714	
1972	297	-	159	0.13	600,931	2004	1,627	952	1,431	2.11	415,546	
1973	359	-	478	0.12	603,140	2005	1,844	979	1,560	2.43	402,664	3.2
1974	328	-	278	0.26	573,385	2006	2,185	994	1,362	2.67	390,603	5.8
1975	471	-	589	0.20	602,378	2007	1,719	792	1,580			5.0
1976	466	-	468	0.31	619,266	2008	1,771	789	1,322			6.0
1977	440	-	484	0.32	624,577	2009	2,089	957	1,069			9.2
1978	577	369	841	0.23	631,060	2010	2,039	492	1,064			10.5
1979	528	455	1,076	0.33	617,706	2011	2,432	755	652			12.8
1980	647	585	1,106	0.40	538,064	2012	1,902	526	970			13.2
1981	631	530	1,008	0.47	587,899	2013	1,788	552	952			16.4
1982	679	316	1,190	0.41	572,610	2014	2,017					23.2
1983	833	985	2,329	0.52	565,984							
		1,442		0.75	553,350							

表 2. マダイ瀬戸内海東部系群の漁法別漁獲量（トン、左）と割合（％、右）

年	小型底曳網		釣		小型定置網		刺網		吾智網		その他	
1995	713	61	215	18	121	10	84	7	41	3	2	0
1996	641	55	241	21	142	12	91	8	40	3	4	0
1997	629	58	185	17	122	11	96	9	44	4	2	0
1998	731	61	174	15	135	11	102	9	48	4	6	1
1999	992	60	208	12	210	13	145	9	100	6	12	1
2000	944	59	184	11	190	12	163	10	116	7	5	0
2001	905	53	262	15	252	15	170	10	103	6	2	0
2002	1,091	58	221	12	257	14	166	9	113	6	26	1
2003	775	52	217	15	191	13	181	12	118	8	3	0
2004	876	54	198	12	198	12	178	11	172	11	4	0
2005	875	47	206	11	363	20	215	12	181	10	4	0
2006	1,024	47	312	14	393	18	210	10	235	11	12	1
2007	827	48	200	12	274	16	176	10	196	11	46	3
2008	899	51	164	9	193	11	203	11	245	14	67	4
2009	1,018	49	186	9	252	12	217	10	324	16	92	4
2010	1,041	51	174	9	224	11	252	12	277	14	71	3
2011	1,295	53	241	10	294	12	272	11	275	11	55	2
2012	945	50	183	10	258	14	217	11	245	13	54	3
2013	918	51	140	8	251	14	206	12	221	12	52	3
2014	1,047	52	165	8	248	12	211	10	290	14	56	3

表 3. マダイ瀬戸内海東部系群の海域別漁獲量（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（東部）**
2006	261	326	44	1,109	98	392	347
2007	197	256	35	832	127	331	271
2008	195	176	37	868	165	404	332
2009	210	198	51	1,045	228	450	357
2010	226	176	49	968	239	473	381
2011	276	243	72	1,118	271	567	451
2012	245	212	63	803	233	465	346
2013	181	172	57	803	232	433	342
2014	249	188	76	974	210	403	321

* 香川の燧灘、備讃瀬戸、播磨灘の合計漁獲量。

**香川のうち備讃瀬戸と播磨灘の合計漁獲量。

表 4. マダイ瀬戸内海東部系群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. マダイ瀬戸内海東部系群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. マダイ瀬戸内海東部系群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. マダイ瀬戸内海東部系群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

2012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	0.66	0.07	0.40	0.09	0.71	0.35
2歳	0.08	0.40	0.07	0.45	0.10	0.37
3歳	0.04	0.30	0.02	0.31	0.08	0.08
4歳	0.02	0.11	0.01	0.07	0.04	0.05
5歳	0.02	0.05	0.01	0.03	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.06	0.00	0.04	0.01	0.01

2013年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
0歳	0.39	0.00	0.47	0.00	0.04	0.13
1歳	0.47	0.09	0.40	0.08	0.71	0.35
2歳	0.07	0.43	0.07	0.39	0.10	0.37
3歳	0.03	0.27	0.02	0.31	0.08	0.08
4歳	0.02	0.11	0.01	0.10	0.04	0.05
5歳	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.05	0.00	0.07	0.01	0.01

2014年用	小型底曳網	釣	小型定置網	刺網	吾智網	その他
0歳	0.43	0.00	0.47	0.01	0.04	0.13
1歳	0.43	0.08	0.40	0.05	0.71	0.35
2歳	0.06	0.33	0.07	0.33	0.10	0.37
3歳	0.03	0.28	0.02	0.26	0.08	0.08
4歳	0.02	0.15	0.01	0.10	0.04	0.05
5歳	0.01	0.08	0.01	0.07	0.01	0.01
6歳以上	0.01	0.09	0.00	0.18	0.01	0.01

表 5. マダイ瀬戸内海東部系群の漁獲尾数（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	281	411	79	43	20	7	7	849
2007	118	231	78	35	17	7	7	495
2008	150	360	65	28	15	6	7	632
2009	146	267	101	42	26	9	6	597
2010	87	249	95	45	23	10	7	517
2011	237	495	80	40	23	10	9	893
2012	132	335	68	37	17	9	8	606
2013	221	292	64	34	17	9	7	645
2014	257	307	61	34	20	11	12	702

表 6. マダイ瀬戸内海東部系群の漁獲量（トン）

年 齢	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	32	416	400	302	244	140	185	1,719
2008	40	648	333	245	211	113	180	1,771
2009	39	480	514	360	364	170	161	2,089
2010	24	449	483	391	322	191	180	2,039
2011	64	891	408	346	319	188	216	2,431
2012	36	604	348	315	237	164	200	1,902
2013	60	526	326	294	237	161	184	1,788
2014	69	553	311	289	284	206	305	2,017

表 7. マダイ瀬戸内海東部系群の資源尾数（万尾）

年 齢	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上	合計
1977	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	1,949
1999	1,023	528	178	86	40	18	11	1,884
2000	1,103	422	181	89	42	20	13	1,869
2001	995	480	165	89	46	21	14	1,809
2002	1,004	494	170	80	43	22	15	1,827
2003	1,113	509	155	73	34	18	15	1,917
2004	974	585	213	83	36	15	14	1,921
2005	1,328	503	221	99	41	19	16	2,227
2006	1,113	730	194	91	45	19	19	2,211
2007	1,209	522	210	91	38	19	19	2,108
2008	1,072	722	205	105	45	16	19	2,184
2009	1,002	603	249	113	62	24	17	2,070
2010	1,317	558	238	117	57	29	20	2,336
2011	1,202	820	218	113	57	27	26	2,463
2012	979	619	206	111	59	28	25	2,027
2013	1,081	554	190	111	60	34	29	2,059
2014	867	549	177	101	62	35	39	1,831

表 8. マダイ瀬戸内海東部系群の資源量（トン）

年 齢	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	3,454
1999	276	950	907	739	569	340	270	4,051
2000	298	760	923	763	596	370	328	4,036
2001	269	863	841	768	644	388	347	4,119
2002	271	889	867	685	604	414	375	4,105
2003	300	916	790	625	485	348	379	3,843
2004	263	1,054	1,087	715	504	283	356	4,262
2005	359	905	1,125	849	583	359	409	4,588
2006	300	1,314	988	786	637	356	481	4,861
2007	327	939	1,069	784	529	364	479	4,491
2008	290	1,300	1,047	901	630	297	471	4,935
2009	271	1,085	1,269	973	877	450	427	5,351
2010	355	1,005	1,212	1,010	803	541	508	5,435
2011	325	1,475	1,112	975	809	509	637	5,842
2012	264	1,115	1,050	951	828	519	633	5,361
2013	292	997	967	955	842	641	733	5,428
2014	234	989	901	871	878	656	972	5,501

表 9. マダイ瀬戸内海東部系群の漁獲係数、漁獲割合 (%)

年 齢	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	41.1
2000	0.44	0.70	0.54	0.49	0.55	0.69	0.69	39.7
2001	0.31	0.80	0.56	0.56	0.56	0.66	0.66	41.1
2002	0.29	0.92	0.68	0.67	0.67	0.72	0.72	45.6
2003	0.25	0.63	0.45	0.54	0.66	0.69	0.69	38.6
2004	0.27	0.74	0.60	0.53	0.46	0.41	0.41	38.2
2005	0.21	0.71	0.71	0.61	0.61	0.44	0.44	40.2
2006	0.37	1.01	0.58	0.72	0.68	0.52	0.52	45.0
2007	0.13	0.69	0.52	0.54	0.70	0.54	0.54	38.3
2008	0.19	0.83	0.43	0.35	0.45	0.54	0.54	35.9
2009	0.19	0.69	0.58	0.52	0.60	0.53	0.53	39.0
2010	0.08	0.70	0.57	0.55	0.57	0.49	0.49	37.5
2011	0.27	1.14	0.51	0.49	0.56	0.52	0.46	41.6
2012	0.18	0.94	0.45	0.45	0.37	0.42	0.42	35.5
2013	0.29	0.90	0.46	0.41	0.37	0.32	0.32	32.9
2014	0.45	1.00	0.47	0.45	0.43	0.42	0.42	36.7

表 10. マダイ瀬戸内海東部系群の混入率、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 (%)			添加効率
	和歌山	兵庫	和歌山	兵庫	和歌山	兵庫	平均値	
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		8.8		4.9		4.9	0.50
2005	0.2	4.5	23.9	74.0	0.7	6.1	3.4	0.46
2006							4.5	0.51
2007	0.2	5.1	5.7	67.0	3.7	7.6	5.7	0.86
2008	0.4	2.4	13.6	81.0	2.8	3.0	2.9	0.39
2009	0.4	2.1	23.9	62.0	1.8	3.3	2.6	0.27
2010	0.1	1.5	21.2	75.0	0.4	2.0	1.2	0.33
2011	0.0	2.9	6.1	68.0	0.0	4.2	2.1	0.34
2012	1.5	0.6	15.2	90.0	9.9	0.7	5.3	0.98
2013	1.0	1.1	2.3	81.0	43.5	1.4	*1.4	0.26
2014	1.0	0.6	62.6	69.0	1.5	0.9	1.2	-

1985～1989 年の兵庫の値は島本（1999）、1993～2007 年の和歌山の値は平成 14 年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書および平成 22 年度栽培漁業ブロック会議資料、2008 年以降の値は兵庫県水産技術センターおよび和歌山県水産試験場調査資料によるものである。

*2013 年の和歌山県における標識率が 2.3%と異常に低かった。そのため、補正済み混入率が 22.4%という高い値となってしまったことから（放流数より採捕数が多くなる）、兵庫県のデータのみを用いて 1.4%とした。

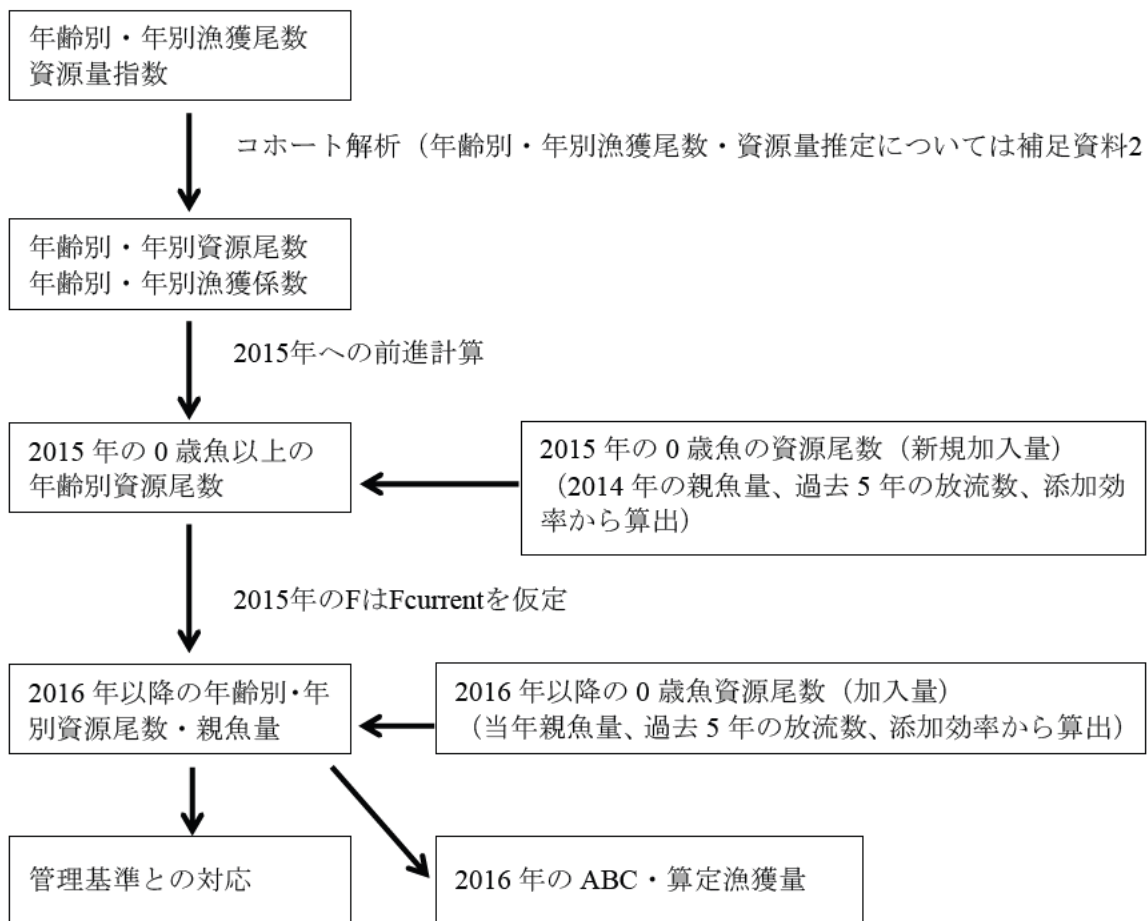
表 11. マダイ瀬戸内海東部系群の親魚量（トン）、天然魚の加入量（万尾）、再生産成功率（万尾 トン）、放流数（千尾）、0 歳漁獲までの放流魚の生残率（添加効率）

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	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	1,548	1,017	0.66	1,713	0.04
2000	1,675	1,094	0.65	1,767	0.05
2001	1,763	982	0.56	910	0.14
2002	1,735	991	0.57	972	0.13
2003	1,524	1,097	0.72	944	0.17
2004	1,501	926	0.62	952	0.50
2005	1,775	1,283	0.72	979	0.46
2006	1,866	1,062	0.57	994	0.51
2007	1,764	1,141	0.65	792	0.86
2008	1,848	1,041	0.56	789	0.39
2009	2,240	976	0.44	957	0.27
2010	2,357	1,301	0.55	492	0.33
2011	2,442	1,177	0.48	755	0.34
2012	2,456	928	0.38	526	0.98
2013	2,694	1,066	0.40	552	0.26
2014	2,942	839	0.30	-	-

表 12. マダイ瀬戸内海東部系群の SPR、YPR 計算様式

年齢	成熟割合	体重 (g)	漁獲選択率	M	Fmsy
0	0.0	27	0.45	0.39	0.43
1	0.0	180	1.00	0.24	0.97
2	0.0	510	0.47	0.17	0.46
3	0.5	860	0.45	0.17	0.44
4	1.0	1,410	0.44	0.17	0.42
5	1.0	1,880	0.42	0.17	0.41
6+	1.0	2,496	0.42	0.17	0.41

補足資料1. 資源評価の流れ



補足資料2. 資源計算方法

(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。灘別統計のあった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（和歌山県瀬戸内海、大阪府、兵庫県瀬戸内海、岡山県、徳島県瀬戸内海、燧灘を除く香川県）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。

なお、2011年評価まで、2006年以降の漁法別漁獲量として香川県燧灘も含む値を使用していた。2012年および2013年評価では、2006～最新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全マダイ漁獲量と香川県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系群の漁法別漁獲量を算出した。2014年評価では、2011～2012年の香川県東部（播磨灘と備讃瀬戸）の漁法別漁獲量を入手したが、最新年である2013年漁獲量では2006～2012年の香川県東部と西部の平均漁獲量比の按分によって系群の漁法別漁獲量を算出した。2015年評価では2007～2010年および2013年のそれぞれ香川県灘別統計による播磨灘と備讃瀬戸の漁法別漁獲量を入手したが、最新年である2014年漁獲量では2007～2013年の香川県東部と西部の平均漁獲量比の按分によって系群の漁法別漁獲量を算出した。

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。

$$N_{j,y} = N_{j+1,y+1} \exp(M) + C_{j,y} \exp(M/2) \quad (1)$$

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（ y_{last} 年）の1～4歳魚、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。

$$N_{j,ylast} = \frac{C_{j,ylast} \exp(M/2)}{1 - \exp(-F_{j,ylast})} \quad (2)$$

$$N_{6+,y} = \frac{C_{6+,y}}{C_{6+,y} + C_{5,y}} N_{6+,y+1} \exp(M) + C_{6+,y} \exp(M/2) \quad (3)$$

$$N_{5,y} = \frac{C_{5,y}}{C_{6+,y} + C_{5,y}} N_{6+,y+1} \exp(M) + C_{5,y} \exp(M/2) \quad (4)$$

最近年の0歳魚の資源尾数は式リッカー型再生産曲線により求めた。

漁獲係数Fは、最近年より前の各年齢と最近年の0歳魚については以下の式によった。

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

最近年の1～5歳魚のFは各年齢の過去3年間のFの平均とした。6歳魚以上の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) 放流魚の添加効率

データのある1985年以降について、0歳時の混入率（漁獲物に占める標識魚の割合）と標識率（放流魚に占める標識魚の割合）から補正済み混入率（漁獲物に占める放流魚の割合）を求め、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）。

$$K_y = 0\text{歳魚の補正済み混入率} / \text{種苗放流数} \times 0\text{歳魚資源尾数} \quad (6)$$

補正済み混入率として、1985～1989年では兵庫県の値を、1993～2002年および2004年では和歌山県の値を、2003・2005年および2007～2013年では兵庫県と和歌山県の値の平均値を、2006年ではデータがないので2005年と2007年の平均値をそれぞれ用いた（表10）。なお、2013年では和歌山県の標識率が異常に低かったためにこれを用いず、兵庫県の値を用いた。

(4) 再生産関係

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。

$$R = 22,383SSB \exp(-0.00070SSB) + Ar_y / 100 \quad (7)$$

ここでSSBおよび Ar_y は、それぞれy年における親魚量と種苗放流尾数である。データは放流データが揃っている1977～2013年を使用した。0歳時の添加効率を0.04～0.98（表10）とした。ただし、添加効率のデータのない1977～1984年については1985年の0.2を、1990～1992年については1989年の0.16を使用した。

(5) SPR、YPR計算

SPR、YPRは次式を用いた。

$$SPR = \sum_{j=j_r}^{15} \left(W_j SR_j \exp \left(- \sum_{k=1}^{j-1} F_k + M_k \right) \right) \quad (8)$$

$$YPR = \sum_{j=j_r}^{15} \left(F_j / (F_j + M_j) \left(1 + \exp(-M_j - F_j) \right) W_j \exp \left(- \sum_{k=1}^{j-1} (M_k + F_k) \right) \right) \quad (9)$$

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

$$W_j = 7,864 \left(1 - \exp \left(-0.1563 \left(j + 0.5 + 0.4412 \right) \right) \right)^{2.906} \quad (10)$$

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。
- ・ 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2008～2012年で同じと仮定。
- ・ 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。

(6) Fmsyの探索

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 (7) 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 (7) 式の再生産曲線をもとに設定した。ただし、本種は栽培対象種であるので毎年65.6万尾 (2009～2013年の平均値) の種苗放流が行われ、0歳時の添加効率を0.44 (2009～2013年の平均値) と仮定した。

(7) 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、

$$C_{j,y} = N_{j,y} \left(1 - \exp(-F_{j,y}) \right) \exp(-M/2) \quad (11)$$

により計算した。

2015年における1歳魚以上の資源尾数は2014年における資源尾数と現状のFをもとに計算する。また、2015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 (7) から推定する。ただし、毎年65.4万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44%と仮定する。2016年初めの資源量は2015年も2014年と同じF2014をかけたとして4,968トンと予測する。さらに2016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。

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.