

平成 24 年度マダイ日本海西部・東シナ海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（吉村 拓、鈴木健吾、中川雅弘）

参画機関：鳥取県栽培漁業センター、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群マダイの資源量は 1996 年に 18 千トンに達した後、2003 年の 15 千トンまで減少を続けたが、2004 年以降は増加に転じている。2011 年の資源量は前年より増加して、資源量推定値が得られている 1986 年以降で最高値の 19 千トンに達した。資源量推定値の最高値と最低値の差を 3 等分する基準に従うなら現在の資源水準は高位に入るが、1970 年前後における漁獲量が 1 万トンを超えており、近年 3 年間の年平均漁獲量 6 千トンに比較して 1.6 ～1.8 倍に達することを考慮して水準は中位、過去 5 年の資源動向は増加と判断した。

近年の再生産関係において、加入量が比較的高い親魚量の下限值である 2005 年の親魚量 1 万トンを B_{limit} とした。2011 年の親魚量は 12 千トンでこれを上回っている。2012 年以降の再生産成功率が過去 3 年の平均値で推移すると仮定した場合、 $F_{current}$ でも資源は増加すると推定された。このため、 F_{limit} は F_{2011} とし、不確実性を見込んだ $0.8F_{limit}$ を F_{target} とした。

	2013年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	7,000トン	F_{2011}	0.49	35 %
ABC _{target}	5,800トン	$0.8F_{2011}$	0.39	29 %

ABCの値は10の位を四捨五入。F値は各年齢の平均値。ABCに0歳魚は含まれない。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合
2010	18,613	5,609	0.46	30 %
2011	19,285	6,908	0.49	36 %
2012	19,737	-	-	-

2012 年資源量はコホート解析による過去 3 年間平均の再生産成功率に基づく予測。

資源量に 0 歳魚は含まない。

水準： 中位 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
漁獲量および年齢別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 年齢別漁獲尾数（8 県） 漁業種別・月別体長組成（4 県） 漁業種別銘柄別漁獲量（2 県）
自然死亡係数(M)	年当たり M 0.125 を仮定（田中 1960）
マダイ人工種苗放流数	県別・水域別放流尾数（水研セ）（2010 年まで）
放流魚標識率・混入率	天然・人工魚別年齢別漁獲尾数（1 県） 年別年齢別混入率（3 県）
養殖マダイ収穫量	漁業・養殖業生産統計（農林水産省）（2010 年まで）

1. まえがき

2011 年の全国マダイ漁獲量は前年から 2,100 トン増加して 17,064 トンで、その 40 %に相当する 6,908 トンが日本海西部（鳥取県以西）から九州西岸（鹿児島県佐多岬以西）に至る水域で漁獲された（表 1）。本報告では、この水域に分布する群を単一の系群として取り扱う。東シナ海の以西漁場における漁獲は本系群には含まれていない。

マダイは養殖も盛んであるが、全国の養殖マダイ収穫量は 2003 年（83,002 トン）以降減少傾向にあり、2010 年は前年より 2,100 トン減少して 67,607 トンであった。全国マダイ漁獲量に対する比は昨年とほぼ同じで 4.5 倍であった。

本系群では 1970 年代中頃より人工種苗の放流が行われており、2010 年の放流尾数は 501 万尾であった。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群のマダイは、島根県以西の日本海沿岸と、鹿児島県佐多岬以西から九州西岸域に分布し（図 1）、島根県の隠岐島周辺や山口県から鹿児島県にかけての九州西岸海域で、島周りを中心にいくつかの産卵場を有することが知られている。1～3 歳魚は春季の接岸と秋季の離岸（沖合越冬）の季節的移動を繰り返す。4 歳以上の成魚は等深線に沿った移動を行い、広域的に回遊すると推定されている。

(2) 年齢・成長

孵化後の尾叉長は、半年で約 9cm、1 年で約 14cm、2 年で約 22cm、3 年で約 30cm（図 2）となり、3 年目から産卵に加わり（図 3）、寿命は約 20 年と推定されている。

(3) 成熟・産卵

産卵期は南ほど早く、鹿児島では 2 月から、長崎県の五島西沖や鯨曾根では 3 月上旬～5

月下旬、壱岐・対馬周辺では 4～6 月、福岡県でも 5 月下旬まで続く。孵化した仔魚は 30～40 日の浮遊期の後に底生生活に入り、幼魚は 4～5 月頃に沿岸一帯に広く分布する。

(4) 被捕食関係

稚魚はかいあし類コペポダイトや尾虫類を、当歳魚はヨコエビ類やアミ類、成魚は甲殻類や貝類、多毛類などを主要な餌とする。筑前海域での異常繁殖が問題になっているグミ（棘皮動物）を捕食する例も知られている。捕食者はより大型の魚類などである。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

当系群の 2011 年における漁獲量 6,908 トンのうち、漁業種別の漁獲量が公表されていないものを除いた 6,777 トン(98%)の内訳では、船びき網が 42%で最も多くを占め、釣り(15%)、沖合底びき(10%)、はえ縄(10%)、刺し網(10%)がこれに次いだ。県別では、福岡県(29%)が最も多く、長崎県(23%)、熊本県(12%)がこれに次いだ（図 4）。多種多様な漁法によって漁獲されており、主要漁業種も県によって異なる特徴がある。なお、遊漁による採捕量の推定値は平成 9 年で全体の 2.1%（農水省統計情報部 1998）、平成 20 年で 8.4%（農林統計、ただし兵庫県から福井県の日本海側を含む）と比較的少なく、採捕物の生物学的な基礎情報も整備されていないため、本報告ではその影響は考慮していない。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、1969 年の約 11 千トン进行ピークに、その後長期の減少傾向を示し、1990 年には約 5,100 トンまで落ち込んだ。その後は増加に転じ、1999 年に約 6,800 トンまで回復したが、2000 年以降は再び減少に転じ、2003 年には 1990 年と同じ最低水準となった。翌 2004 年から再び増加に転じた後、2007 年の 6,700 トン进行ピークに 2008 年以降は再び減少に転じたが、2011 年は前年より 1,300 トン急増して、6,900 トンに達した（表 1、図 5）。

(3) 漁獲努力量

本系群漁獲量の 76%を漁獲する船曳網、釣り、はえ縄、刺し網のいずれも、漁労体数と出漁日数は 2006 年まで減少傾向を示している。2007 年度よりこれらの統計値が公表されなくなったが、沿岸漁業の現状からこの減少傾向は続いていると考えられる。

4. 資源の状态

(1) 資源評価の方法

漁業種別体長組成や年齢組成、あるいは過去の漁業種類別年齢組成資料に基づいて推定された県別の漁業種類別年齢別漁獲尾数を合計し、系群全体の推定年齢別漁獲尾数とした。これを用いて、漁獲は漁期の中央で行われるとする Pope の近似式(Pope 1972)でのコホート解析を行った。プラスグループ（10 歳以上）の資源尾数については補足資料 2 の方法を用

い、最近年の選択率は過去 3 年間の平均とした。自然死亡係数 M は、寿命を 20 年として田内・田中の式（田中 1960）で求めた 0.125 を用いた。コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去 3 年間平均の漁獲係数 F を用いて計算した。2011 年の最高齢の F は、同一年の 1 歳若い年齢群の F と同じになるよう調整した。なお、1993 年頃から各地で捕獲が禁止されたことに伴い、漁獲尾数の推定精度が下がっていると見られる 0 歳魚は除外し、資源への加入年齢は 1 歳とした。

（2）資源量指標値の推移

本種は多種多様な漁業の対象になっている上に、近年の魚価の低迷から主な漁獲対象にされない事例も増えている。2007 年度以降は、本種を漁獲している主要漁業種の漁労体数や出漁日数が公表されなくなった。これらのことから漁獲努力量の把握は困難であり、コホート解析において CPUE などによるチューニングは行っていない。

（3）漁獲物の年齢組成

漁獲物に占める年齢別割合は 1986 年以降概ね横ばい傾向で、3 歳魚以下が全体の 83～89% を占めている。2011 年は 1 歳魚(35%)が最多、2 歳魚(33%)と 3 歳魚(16%)がこれに次いだ（図 6）。

（4）資源量と漁獲割合の推移

年齢別漁獲尾数に基づくコホート計算結果（表 2、図 7）によると、資源量は 1989 年の 16 千トンから 1996 年には 18 千トンまで増加したが、その後は減少傾向に転じ、2003 年には過去最低の 14 千トンとなった。2004 年以降は増加傾向に転じ、2011 年の資源重量は前年よりさらに増加して、コホート計算結果が得られている 1986 年以降で最高の 19 千トンに達した。資源尾数もほぼ類似した変動を見せており、2011 年は特に 1 歳魚の増加によって前年より 100 万尾増えた。漁獲係数の年齢平均値は 1986 年以降およそ 0.48 から 0.62 の範囲を推移しており、2011 年は過去平均 0.50 をやや下回る 0.49 であった（図 8）。

自然死亡係数(M)の誤差が、コホート解析の結果に与える影響を検討した。 M を変化させた場合の資源量、親魚量、加入量の変動を図 9 に示す。解析に用いた $M(0.125)$ に 20%の誤差があった場合、その資源量、親魚量、および加入尾数の推定値が受ける影響は約 5～6%と推定された。

（5）資源の水準・動向

資源量は 2004 年以降増加傾向にあり、2011 年は前年より 670 トン増加して、推定値の得られている過去 25 年間で最高の 19 千トンに達した。同様に資源尾数も 2004 年以降増加しており、2011 年は前年より 110 万尾増加して 3,300 万尾となり、過去 25 年間では 1997 年の 3,400 万尾に次いで 2 番目に高い値となった。資源量推定値が得られている 1986 年以降において最高値と最低値の差を 3 等分する基準に従うなら近年の資源量は高位に属する。

ただし、1970 年前後における漁獲量が 1 万トンを超えており、近年 3 年間の年平均漁獲量 6 千トンに比較して 1.6～1.8 倍に達することを考慮すると、現在の資源水準が高位とは判断し難い。これらのことから、資源水準は中位で、資源量、資源尾数ともに過去 5 年間に増加傾向を示していることから、資源動向は増加と判断した。

親魚量と翌年の 1 歳加入尾数との関係（図 10）によると、1997 年から 2000 年頃までの親魚量の減少が翌年の加入量の減少をもたらしたと示唆される。それ以降、2005 年までは親魚量の増加に伴い翌年の加入尾数も増加している。2006 年以降は親魚量が緩やかに増加しているものの、1 歳魚尾数は小規模ながら上下変動を繰り返していたが、2010 年の再生産成功率は前年より上昇して過去平均 1.26 をやや上回った（表 3、図 11）。ただし、市場調査で対象とされる漁業種が多くの関係県で減少しており、特に 1 歳魚漁獲尾数の推定精度に大きく影響している可能性が考えられるため、再生産成功率の今後の推移には留意が必要だろう。

過去における再生産関係において、親魚量と翌年の 1 歳加入尾数との間には明瞭な関係が認められない（図 12）。このため、高い加入を実現するために、近年の関係において加入量が比較的高い親魚量の下限值である 2005 年の親魚量 10,000 トンを当面の Blimit として設定し、それを下回った場合には資源の回復措置を計ることが妥当と考えられる。2011 年の親魚量は 12,000 トンで Blimit 以上の水準にある。

（6）資源と漁獲の関係

2011 年以降の再生産成功率は過去 5 年、10 年、20 年の各平均値より低い過去 3 年平均とし、各年齢の選択率は 2011 年と同じで推移するとの仮定のもと、1 尾の 1 歳魚が生涯に残す 1 歳魚尾数の期待値を 1 にする生残率を与える F を探索的に求めて、資源量維持を目標とする限界値 F_{sus} とした。 F 値の変化に伴う親魚量と期待漁獲量の推移を表 4 に示す。やはり年齢別選択率を 2011 年と同じにして F を変化させた場合の YPR と %SPR を図 13 に示す。現在の $F(0.49)$ は、資源量の維持を目標とする限界値 ($F_{sus}=0.52$) より低いいため、現状の再生産関係が続くなら加入乱獲の心配はないと考えられる。 $F_{current}$ は F_{max} や $F_{20\%SPR}$ より高く成長乱獲傾向にはあると考えられるが、過去 3 年間の平均的再生産関係が続くなら、資源量および親魚量は現在の漁獲圧でも増加すると推測される。

（7）種苗放流効果

本系群の分布水域内では、鳥取県と福岡県を除く 6 県でマダイ人工種苗が放流されている。2010 年までの集計結果によると、放流総数は 1988 年以降増加して 1999 年に 914 万尾に達した後は減少しており、2010 年は 501 万尾で 1980 年代の平均値 520 万尾を下まわった（図 14）。総放流数に占める割合は、熊本県(38%)、島根県(20%)、鹿児島県(20%)、山口県(17%)の順で高かった。

放流数と翌年の 1 歳加入尾数の関係（図 15）によると、1990 年代に入って両者はともに増加傾向を示した。しかし、1997 年以降は放流数が微増したのに対して 1 歳魚は急減、また 2006 年には 1 歳魚が急増したが、その前年までの放流数に大きな変化は見られなかった。

このようにコホート解析が可能な 1986 年以降において、両者間に明瞭な関係は見られない。

標識装着率で補正された放流魚の年齢別混入率は 3 県における推定値が得られ、2005 年以降の年・県別の値は 0.0～3.47 %であった。基礎情報が限られるため、系群全体における人工種苗の混入率や添加効率を算出することは困難である。

5. 2013 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群マダイの資源量は 1996 年に 18 千トンに達した後、2003 年の 15 千トンまで減少を続けたが、2004 年以降は増加に転じている。2011 年の資源量は前年より増加して、資源量推定値が得られている 1986 年以降で最高値の 19 千トンに達した。資源量推定値の最高値と最低値の差を 3 等分する基準に従うなら現在の資源水準は高位に入るが、1970 年前後における漁獲量が 1 万トンを超えており、近年 3 年間の年平均漁獲量 6 千トンに比較して 1.6～1.8 倍に達することを考慮して水準は中位、過去 5 年の資源動向は増加と判断した。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

現在の親魚量が B_{limit} を超えていると推測され、ABC 算定規則 1-1)-(1)に該当する。現状の F で漁獲を続けても資源は増加することから、 F_{limit} として $F_{current}$ (2011 年)を採用する。再生産成功率を過去 3 年平均と仮定し、複数の漁獲シナリオに基づいて F を変化させた場合の推定漁獲量と予測資源量を下表と図 16 に示す。この再生産成功率のもとで、資源量が維持される限界値を F_{sus} 、不確実性を見込んだ $0.8F_{limit}$ を F_{target} とした。将来予測においては、2012 年の漁獲係数は 2011 年に同じ、また 2013 年以降は年齢別選択率を 2011 年と同じとし、漁獲係数の年齢平均値が各資源管理基準の F 値となるよう設定した。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現在の漁獲圧	$F_{current}=0.49$	6,645	6,793	6,998	7,168	7,333	7,501	7,674
上記の予防的措置	$F_{target}=0.39$	6,645	6,793	5,809	6,485	7,126	7,861	8,715
資源量維持	$F_{sus}=0.52$	6,645	6,832	7,387	7,370	7,377	7,371	7,355
漁獲シナリオ	管理基準	資源量（トン）						
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
現在の漁獲圧	$F_{current}=0.49$	19,285	19,737	20,251	20,733	21,211	21,709	22,227
上記の予防的措置	$F_{target}=0.39$	19,285	19,737	20,251	22,530	24,871	27,497	30,444
資源量維持	$F_{sus}=0.52$	19,285	19,737	20,251	20,209	20,202	20,186	20,171

(3) ABClimit の評価

2013 年に $F_{limit}(=0.49)$ で漁獲した場合、ABClimit は 7,000 トンと算出された。不確実性を見込んで F_{limit} に $\alpha=0.8$ を乗じた値を $F_{target}(=0.39)$ とし、ABCtarget は 5,800 トンと算出された。

	2013年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	7,000 トン	F_{2011}	0.49	35 %
ABCtarget	5,800 トン	$0.8F_{2011}$	0.39	29 %

F値は各年齢の平均値。ABCに0歳魚は含まれない。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降に追加されたデータセットおよび修正・更新された数値の一覧を次の表に示す。

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	2010 年漁獲量
2011 年漁獲量速報値	2011 年漁獲量
2011 年年齢別漁獲尾数	2010 年から 2011 年までの年齢別資源尾数（再生産関係）

データ更新による資源量と ABC の再評価値を下表に示す。2011 年（当初）の値は 2009 年までの漁獲データを用いた 2010 年における評価結果、2011 年（2011 年再評価）と 2012

年（当初）は2010年までのデータを用いた2011年における結果、2011年（2012年再評価）と2012年（2012年再評価）は2011年までのデータを用いた今回の結果である。

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）	Fcurrent	0.50	18,172	6,500	5,400	
2011 年(2011 年再評価)	Fsus	0.52	17,481	6,302	5,267	
2011 年(2012 年再評価)	Fsus	0.52	19,285	6,978	5,852	6,908
2012 年（当初）	Fcurrent	0.49	17,525	6,317	5,788	
2012 年(2012 年再評価)	Fcurrent	0.49	19,737	6,793	5,681	

6. ABC 以外の管理方策への提言

多種多様な漁業によって漁獲される本系群マダイの場合、年齢別漁獲尾数を高い精度で推定するには、市場調査に相当な労力と手間を要するが、現状では市場調査の県・水域間格差が大きい。このため、系群全体の資源量推定の精度には問題が残されている点、留意が必要である。

また、系群全体の放流効果も不明であるが、放流魚の混獲率は水域や市場間の格差が大きいと見られることや内湾域における効果の高いことが知られていることから、放流効果についてはより地域的な検証が重要と考えられる。

本種は養殖による収穫量が天然魚の漁獲量をはるかに上回っており、いずれの単価も下落傾向を示している。漁業者にとって魅力的な魚とは言えなくなったことが、資源管理上はプラスの効果をもたらしている可能性はあるものの、漁獲量と収穫量のバランスを計り、単価を回復させることも漁家経営上重要であろう。また、Fを下げる年齢層を増やすことも資源管理への効果は期待される（図17）が、様々な漁業種によって漁獲される魚種であり、それを実現する上での技術的な課題も残されている。

7. 引用文献

- 田中昌一(1960)水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東海水研報, 28, 1-200.
- Pope J.G.(1972)An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., 9, 65-74.
- 田中 克(1980)志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究-I 浮遊生活期仔稚魚の水平分布. 西水研研報, 54, 231-258.
- 木曾克裕(1980)平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態-I. 成長に伴う餌料の変化とその年変動. 西水研研報, 54, 291-306.
- 秋元 聡・内田秀和(1998)筑前海区におけるマダイ資源の現状と問題点. 水産海洋研究, 62(2), 128-131.

農林水産省統計情報部(1998)平成9年遊漁採捕量調査報告書，1-115.

的場達人・山本千裕・松井繁明(2008)天然マダイによるグミの捕食とその利用法.
福岡水海技研報，18，35-37.

表 1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量変動

年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
漁獲量(トン)	11,166	10,493	8,759	10,268	8,596	8,121	7,517	7,729	8,000	8,320	7,206

年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
漁獲量(トン)	7,622	6,638	7,154	7,050	7,279	6,392	5,819	5,879	5,532	5,154	5,111

年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
漁獲量(トン)	5,327	5,495	5,754	5,669	5,973	6,555	6,716	6,666	6,830	5,964	5,512

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
漁獲量(トン)	5,561	5,123	5,729	5,665	6,265	6,710	6,505	6,472	5,609	6,908

表 2. 年齢別漁獲尾数とコホート解析結果

年齢別漁獲尾数											千尾
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+	合計
1986	4,427	2,766	1,912	542	285	233	133	150	39	40	10,528
1987	3,818	2,313	1,679	565	307	268	139	146	43	44	9,323
1988	4,038	2,359	1,864	542	282	255	122	138	36	40	9,675
1989	3,403	2,243	1,763	497	268	243	114	127	35	37	8,729
1990	3,844	2,417	1,521	501	271	224	124	150	35	37	9,125
1991	3,664	2,570	1,465	521	284	237	134	156	40	41	9,114
1992	3,423	2,465	1,428	532	285	240	130	149	39	41	8,732
1993	4,157	2,727	1,531	562	267	236	121	148	39	43	9,831
1994	4,751	2,829	1,528	526	254	218	111	144	36	41	10,439
1995	4,863	3,042	1,743	566	270	248	115	158	36	39	11,080
1996	4,600	3,126	1,707	536	334	307	180	235	46	49	11,120
1997	5,584	4,844	1,832	622	300	192	165	183	33	37	13,793
1998	4,676	4,352	1,630	603	299	179	158	167	38	53	12,155
1999	3,611	4,355	1,892	648	316	171	145	157	38	54	11,388
2000	2,952	3,466	1,826	615	297	148	152	148	34	48	9,686
2001	2,324	3,238	1,985	607	348	172	193	115	18	23	9,023
2002	3,553	3,278	1,798	769	337	159	147	105	17	22	10,186
2003	3,140	2,325	1,409	610	341	150	134	118	23	29	8,281
2004	3,143	2,512	1,518	661	343	144	107	134	21	28	8,611
2005	3,227	2,750	1,601	697	372	141	93	127	23	29	9,060
2006	3,824	3,257	1,817	667	397	195	139	94	31	29	10,450
2007	3,949	4,329	1,625	612	379	199	126	82	48	38	11,387
2008	3,655	3,896	1,590	579	384	208	140	114	67	33	10,666
2009	3,830	3,567	1,547	667	374	214	151	100	57	44	10,552
2010	3,491	3,676	1,599	697	379	202	133	86	50	41	10,353
2011	3,853	3,611	1,725	673	421	221	164	103	58	45	10,874

年齢別資源尾数											千尾	トン	トン
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+	合計	資源量	産卵親魚量
1986	12,706	7,365	4,227	1,927	1,150	737	435	277	101	104	29,028	17,147	10,761
1987	11,996	7,054	3,901	1,934	1,192	746	432	259	104	106	27,723	16,723	10,689
1988	11,832	6,999	4,052	1,866	1,176	763	407	251	91	103	27,539	16,557	10,511
1989	11,426	6,648	3,961	1,825	1,137	773	434	244	92	100	26,640	16,239	10,426
1990	12,096	6,887	3,760	1,839	1,144	752	454	276	96	101	27,405	16,449	10,522
1991	11,903	7,063	3,807	1,889	1,152	755	453	284	103	106	27,516	16,685	10,696
1992	11,813	7,062	3,819	1,983	1,177	750	444	274	104	109	27,534	16,779	10,799
1993	12,791	7,209	3,917	2,029	1,250	771	436	269	102	113	28,886	17,260	11,043
1994	13,683	7,382	3,800	2,018	1,262	852	459	272	99	113	29,940	17,625	11,256
1995	14,110	7,613	3,857	1,918	1,287	875	547	300	105	114	30,726	18,174	11,629
1996	15,632	7,884	3,860	1,767	1,161	882	539	375	117	122	32,339	18,432	11,559
1997	16,472	9,474	4,021	1,803	1,056	711	489	307	110	122	34,565	18,375	10,685
1998	15,329	9,291	3,810	1,827	1,007	650	448	276	99	138	32,875	17,589	10,218
1999	13,520	9,135	4,111	1,831	1,046	608	406	246	87	123	31,113	17,134	9,970
2000	12,242	8,539	3,971	1,850	1,007	626	376	222	70	99	29,002	16,250	9,561
2001	11,321	8,030	4,280	1,789	1,055	610	414	189	57	72	27,817	15,940	9,469
2002	11,715	7,808	4,045	1,912	1,009	604	376	184	59	75	27,787	15,683	9,333
2003	11,577	7,001	3,811	1,880	965	573	384	194	64	81	26,530	15,081	9,163
2004	12,095	7,267	3,993	2,039	1,086	532	365	213	60	79	27,729	15,696	9,527
2005	12,578	7,721	4,053	2,098	1,178	637	334	222	62	76	28,960	16,405	9,963
2006	14,602	8,069	4,230	2,073	1,197	691	429	207	77	73	31,648	17,362	10,422
2007	14,390	9,294	4,061	2,026	1,203	683	426	249	95	75	32,502	17,843	10,509
2008	13,670	8,989	4,136	2,058	1,213	705	416	258	143	70	31,657	17,945	10,808
2009	14,433	8,631	4,272	2,156	1,271	710	426	236	120	94	32,350	18,231	11,074
2010	13,542	9,139	4,266	2,317	1,276	771	425	234	114	95	32,178	18,613	11,384
2011	14,623	8,671	4,612	2,263	1,390	770	491	250	126	98	33,294	19,285	11,955

表 2. つづき

年齢別漁獲係数										
年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+
1986	0.46	0.51	0.66	0.36	0.31	0.41	0.40	0.86	0.53	0.53
1987	0.41	0.43	0.61	0.37	0.32	0.48	0.42	0.92	0.59	0.59
1988	0.45	0.44	0.67	0.37	0.29	0.44	0.38	0.88	0.54	0.54
1989	0.38	0.44	0.64	0.34	0.29	0.41	0.33	0.81	0.51	0.51
1990	0.41	0.47	0.56	0.34	0.29	0.38	0.34	0.86	0.49	0.49
1991	0.40	0.49	0.53	0.35	0.30	0.41	0.38	0.88	0.53	0.53
1992	0.37	0.46	0.51	0.34	0.30	0.42	0.37	0.86	0.51	0.51
1993	0.42	0.52	0.54	0.35	0.26	0.39	0.35	0.88	0.52	0.52
1994	0.46	0.52	0.56	0.33	0.24	0.32	0.30	0.83	0.49	0.49
1995	0.46	0.55	0.66	0.38	0.25	0.36	0.25	0.82	0.46	0.46
1996	0.38	0.55	0.64	0.39	0.37	0.46	0.44	1.10	0.55	0.55
1997	0.45	0.79	0.66	0.46	0.36	0.34	0.45	1.01	0.39	0.39
1998	0.39	0.69	0.61	0.43	0.38	0.35	0.47	1.03	0.53	0.53
1999	0.33	0.71	0.67	0.47	0.39	0.36	0.48	1.14	0.63	0.63
2000	0.30	0.57	0.67	0.44	0.38	0.29	0.56	1.24	0.72	0.72
2001	0.25	0.56	0.68	0.45	0.43	0.36	0.69	1.04	0.42	0.42
2002	0.39	0.59	0.64	0.56	0.44	0.33	0.54	0.93	0.38	0.38
2003	0.34	0.44	0.50	0.42	0.47	0.33	0.47	1.05	0.49	0.49
2004	0.32	0.46	0.52	0.42	0.41	0.34	0.37	1.11	0.47	0.47
2005	0.32	0.48	0.55	0.44	0.41	0.27	0.35	0.94	0.52	0.52
2006	0.33	0.56	0.61	0.42	0.44	0.36	0.42	0.66	0.56	0.56
2007	0.35	0.68	0.55	0.39	0.41	0.37	0.38	0.43	0.77	0.77
2008	0.33	0.62	0.53	0.36	0.41	0.38	0.44	0.64	0.69	0.69
2009	0.33	0.58	0.49	0.40	0.38	0.39	0.47	0.60	0.69	0.69
2010	0.32	0.56	0.51	0.39	0.38	0.33	0.40	0.50	0.63	0.63
2011	0.33	0.59	0.51	0.38	0.39	0.36	0.44	0.58	0.67	0.67

表 3. 親魚量・加入量・再生産成功率の推移

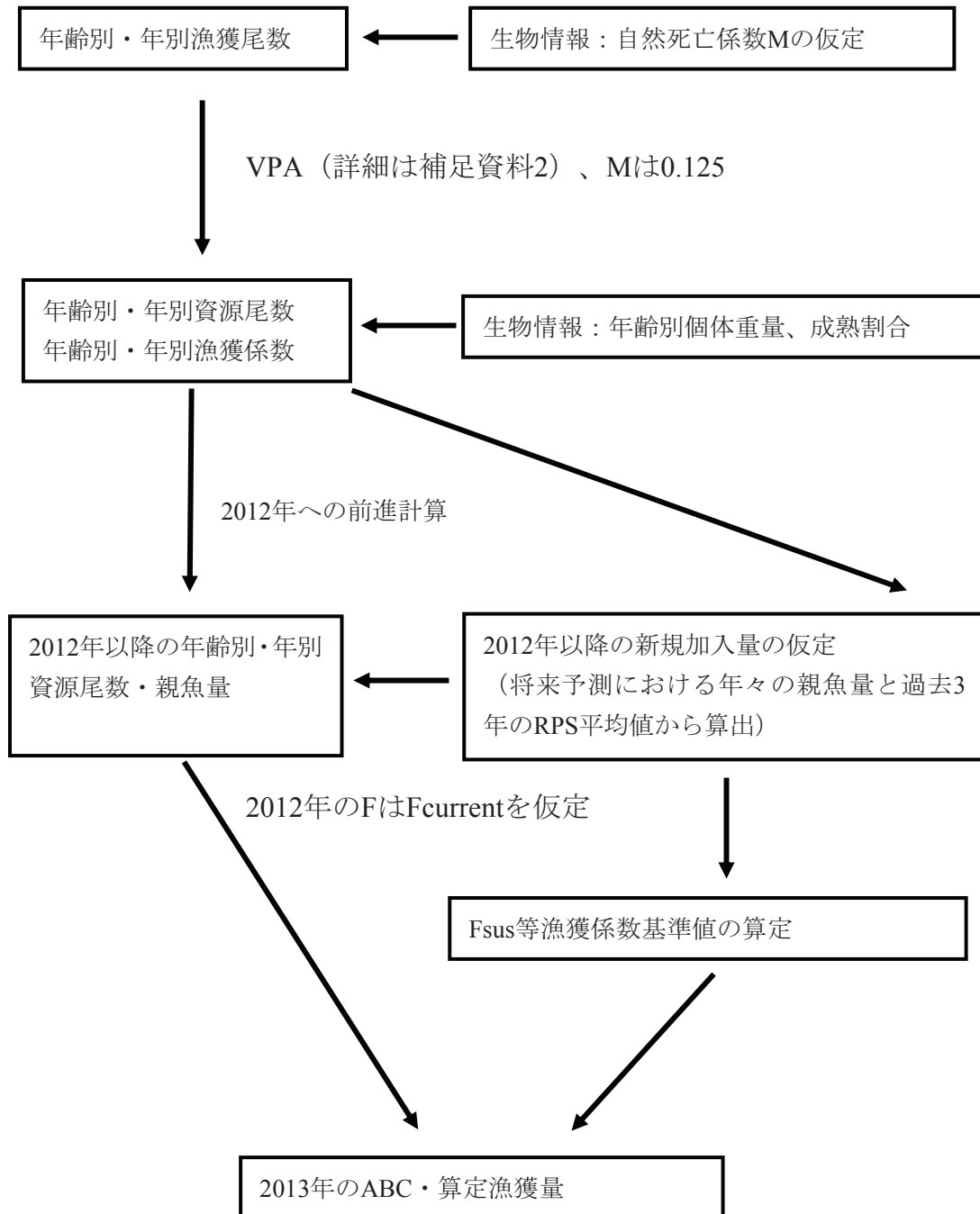
年	親魚量 (t)	翌年の1歳魚尾数 (千尾)	再生産成功率 (尾/kg)
1986	10,216	11,348	1.11
1987	10,143	11,195	1.10
1988	9,962	10,770	1.08
1989	9,873	11,430	1.16
1990	9,963	11,241	1.13
1991	10,126	11,172	1.10
1992	10,210	12,146	1.19
1993	10,437	13,026	1.25
1994	10,648	13,431	1.26
1995	11,044	14,900	1.35
1996	11,017	15,723	1.43
1997	10,181	14,607	1.43
1998	9,741	12,827	1.32
1999	9,512	11,567	1.22
2000	9,115	10,662	1.17
2001	9,028	11,067	1.23
2002	8,891	10,920	1.23
2003	8,704	11,414	1.31
2004	9,042	11,874	1.31
2005	9,456	13,835	1.46
2006	9,899	13,613	1.38
2007	9,974	12,916	1.29
2008	10,257	13,629	1.33
2009	10,503	12,788	1.22
2010	10,790	13,811	1.28

表 4. F を変化させた場合の漁獲量と親魚量の変動予測

F	基準値	漁獲量 (トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.00		0	0	0	0	0	0	0
0.05	0.1Fsus	910	1,363	1,925	2,733	3,951	5,707	8,219
0.10	0.2Fsus	1,792	2,560	3,471	4,736	6,567	9,096	12,560
0.16	0.3Fsus	2,614	3,568	4,650	6,102	8,123	10,799	14,313
0.21	0.4Fsus	3,397	4,430	5,553	7,009	8,956	11,430	14,546
0.26	0.5Fsus	4,155	5,176	6,238	7,568	9,278	11,359	13,872
0.31	0.6Fsus	4,863	5,792	6,721	7,845	9,232	10,853	12,733
0.37	0.7Fsus	5,549	6,316	7,055	7,917	8,937	10,083	11,357
0.42	0.8Fsus	6,178	6,734	7,254	7,838	8,501	9,218	9,987
0.47	0.9Fsus	6,799	7,089	7,358	7,644	7,952	8,277	8,613
0.52	1.0Fsus	7,388	7,370	7,377	7,371	7,355	7,351	7,352

F	基準値	親魚量 (トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.00		12,376	20,233	33,087	50,190	72,564	106,848	159,534
0.05	0.1Fsus	12,376	19,248	29,945	43,527	60,633	85,895	123,178
0.10	0.2Fsus	12,376	18,295	27,055	37,666	50,526	68,819	94,728
0.16	0.3Fsus	12,376	17,408	24,498	32,700	42,278	55,412	73,279
0.21	0.4Fsus	12,376	16,565	22,188	28,403	35,401	44,650	56,735
0.26	0.5Fsus	12,376	15,750	20,062	24,616	29,560	35,856	43,747
0.31	0.6Fsus	12,376	14,990	18,179	21,403	24,784	28,933	33,926
0.37	0.7Fsus	12,376	14,255	16,446	18,570	20,722	23,266	26,201
0.42	0.8Fsus	12,376	13,583	14,938	16,206	17,454	18,875	20,448
0.47	0.9Fsus	12,376	12,920	13,520	14,075	14,612	15,198	15,815
0.52	1.0Fsus	12,376	12,293	12,247	12,240	12,252	12,259	12,258

補足資料 1



補足資料2 資源計算の方法

年別年齢別資源尾数の算出には、下記のPopeの近似式(Pope,1972)を用い、チューニングを用いない基本的なVPAによって行なった。

$$Pope \text{ の近似式} \quad : \quad N_{a,y} = N_{a+1,y+1} e^M + C_{a,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

ここで $N_{a,y}$: y 年の a 歳魚資源尾数

$C_{a,y}$: y 年の a 歳魚漁獲尾数

各県によって推定される年齢組成が異なるため、10歳以上の漁獲尾数を10+歳として集計した。自然死亡係数 M は年齢によらず一定とし、寿命を20年として田内・田中の式(田中 1960)(寿命を n 年とすると、 $M = 2.5/n$)による0.125を用いた。成長に関するパラメータは、従来より本系群に用いられてきた値に従った。

コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去3年間平均の漁獲係数 F を用いて計算した。最新年の最高年齢の F は、同一年の1歳若い年齢群の F と同じになるよう調整し、高齢部分の計算には以下の式を用いた。

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} N_{10+,y+1} e^M + C_{9,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y} \quad \text{ただし、} y \text{は年}$$

なお、1993年頃から各地で0歳魚の捕獲が禁止されたため、資源への加入年齢は1歳とし、解析では0歳魚を除外した。

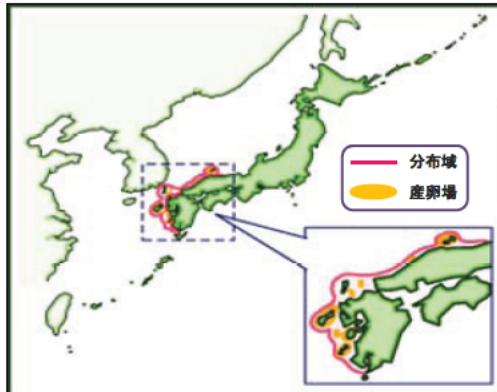


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布と回遊

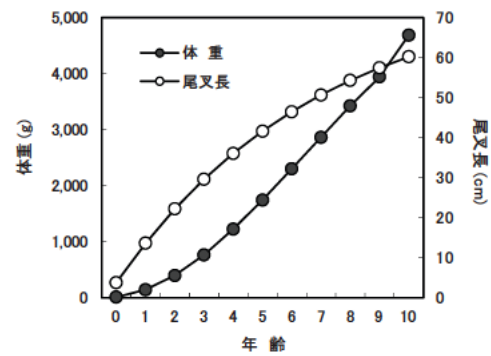


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

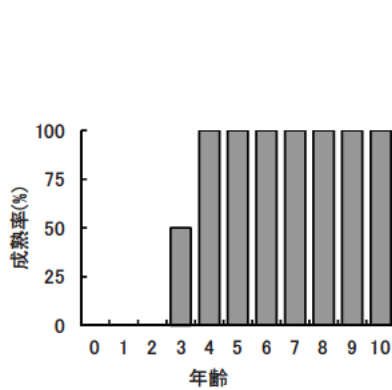


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

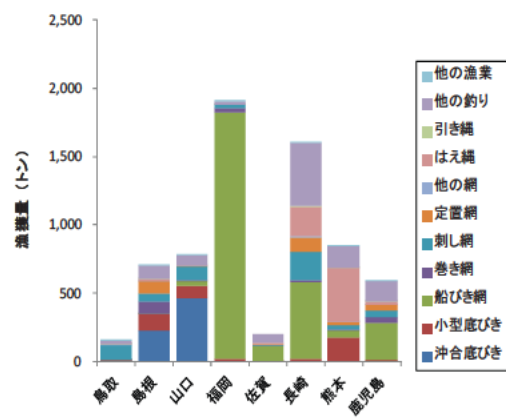


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種別の2011年漁獲量

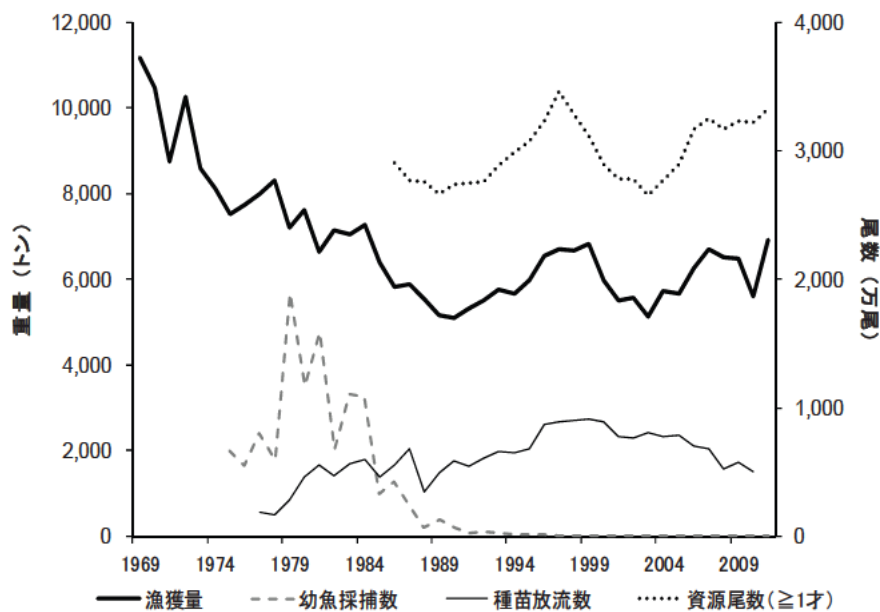


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、1歳以上の資源尾数、養殖用天然幼魚の採捕尾数（一部は秋元・内田(1988)より）、および人工種苗放流数の経年変化

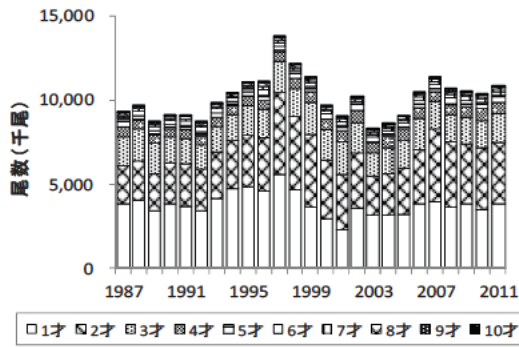


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

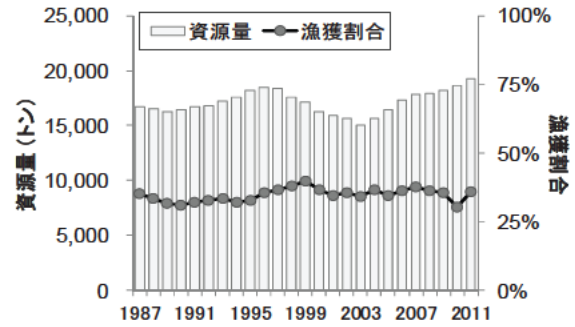


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

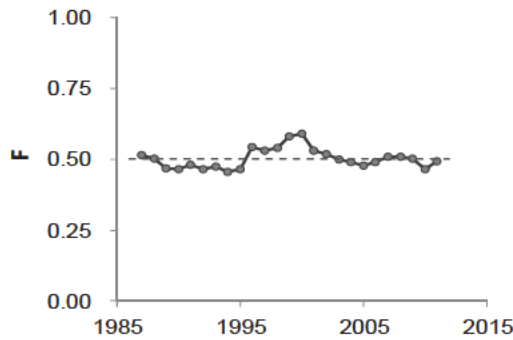


図8. 漁獲係数の経年変化 点線は過去平均値。

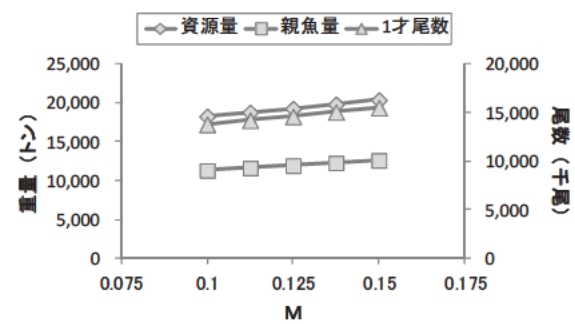


図9. 2010年の資源量、親魚量、1才魚尾数に対するMの影響

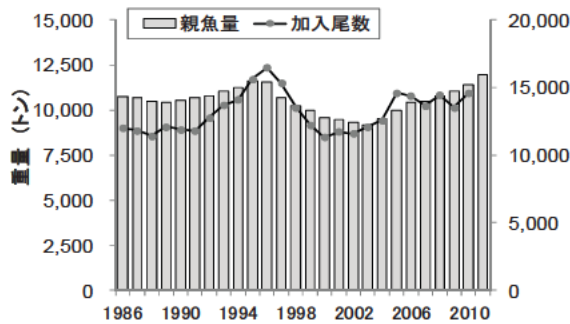


図10. 親魚量と1歳魚加入尾数の経年変化

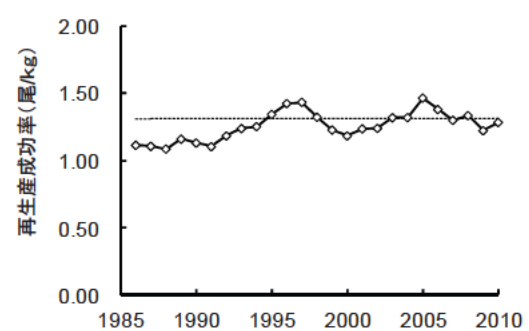


図11. 再生産成功率の経年変化
点線は過去10年の平均値。

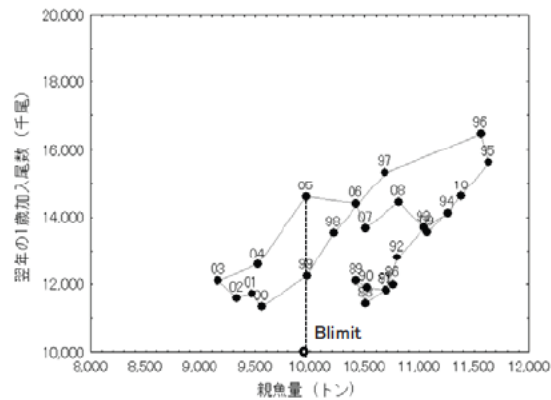


図12. 再生産関係

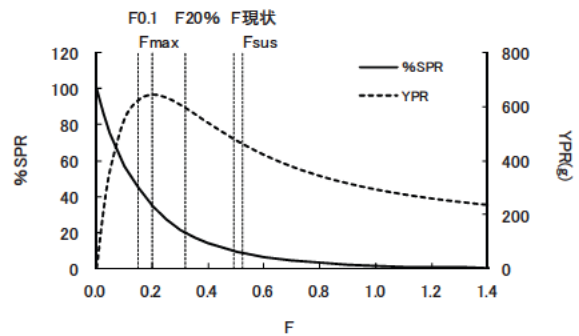


図13. F値による%SPR(実線)とYPR(点線)の変化

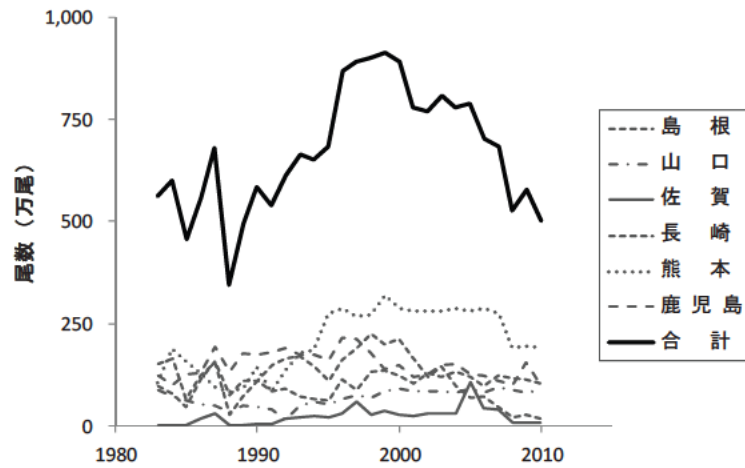


図14. 県別マダイ種苗放流数の経年変化

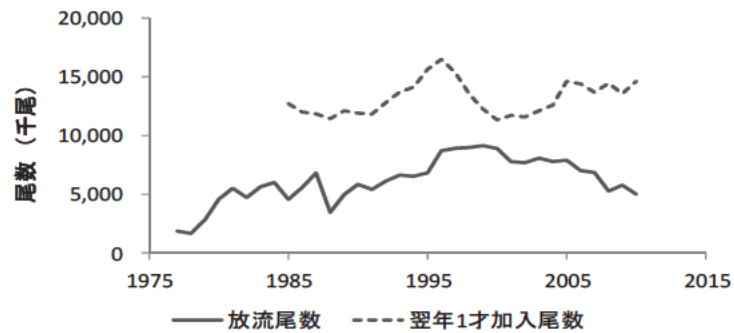


図15. 種苗放流数と翌年の1歳魚加入尾数推定値の経年変動

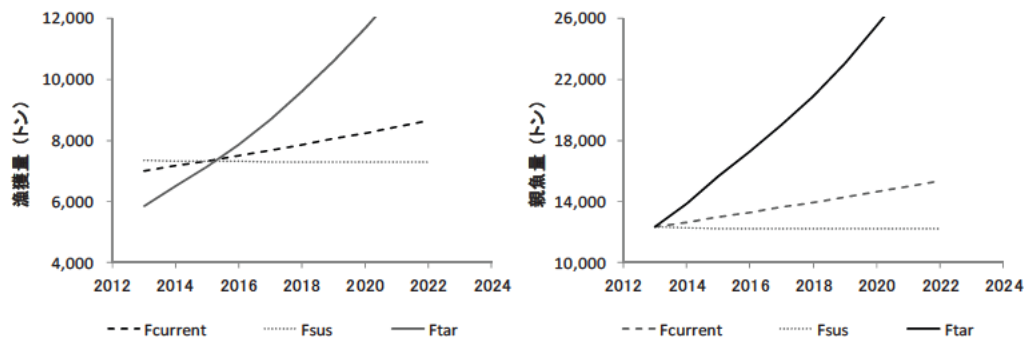


図16. 異なるF値による漁獲量（左）と親魚量（右）の予測推移

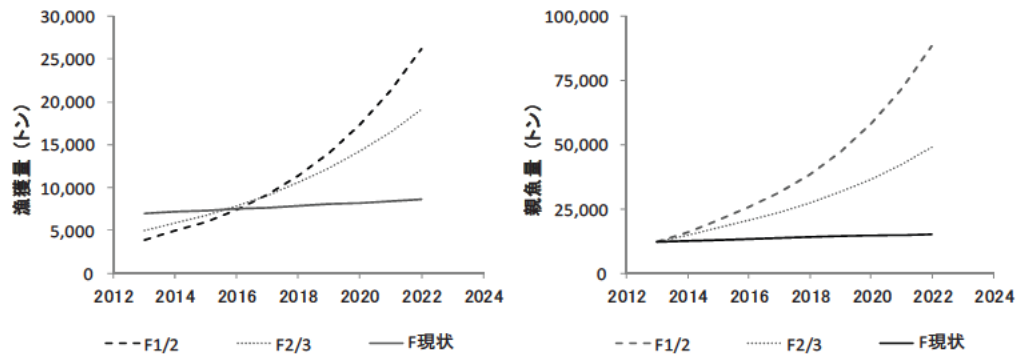


図17. 2013年以降の1歳魚F値を、現状、現状の2/3、現状の1/2に変えた場合の漁獲量（左）と親魚量（右）の予測推移

参考資料 放流効果の試算

放流効果算定に必要な人工種苗の年齢別混入率は、一部の関係県から提供されているものの、系群全体の傾向を把握し得るに足るデータは得られていない。ここでは、利用可能なデータだけを用いて行った試算結果を参考として示す。

① 県別混入率

年齢別混入率は多くの県で得られていない。そこで、全年齢込みの混獲率を漁獲量で重みづけして算出した平均値を系群全体の混入率とした。ただし、標識装着率で補正されていない値も一部含まれている。

参考表 1. 県・年別混入率。ただし、標識装着率で未補正の値が含まれる

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	年平均放流数 (万尾)
鳥取											0
島根				7.4%	19.3%	18.1%	14.1%	8.4%	7.4%	6.7%	116
山口											86
福岡											0
佐賀	1.5%	1.5%	1.5%	2.8%	5.6%	4.7%	2.8%	3.1%	1.4%	0.6%	32
長崎	3.5%	4.2%	1.8%	6.4%							77
熊本	9.6%	13.6%	9.2%	10.3%	18.7%	17.0%	1.8%	5.9%	3.5%	2.0%	255
鹿児島	5.3%	4.5%	4.4%	4.2%	2.1%	1.8%	1.7%	1.5%	1.8%	3.5%	125
全体	5.3%	6.4%	4.2%	6.8%	12.8%	12.8%	5.4%	5.1%	4.0%	3.9%	86

② 添加効率の試算

VPA で算出された 1 歳魚尾数、および放流魚混入率と放流尾数より添加効率を試算した。本来なら各年級群における 1 歳時の混入率を用いて添加効率を求めるべきだが、年齢別の混入率データが十分に得られていないため、全年齢込みの値で添加効率を計算した。

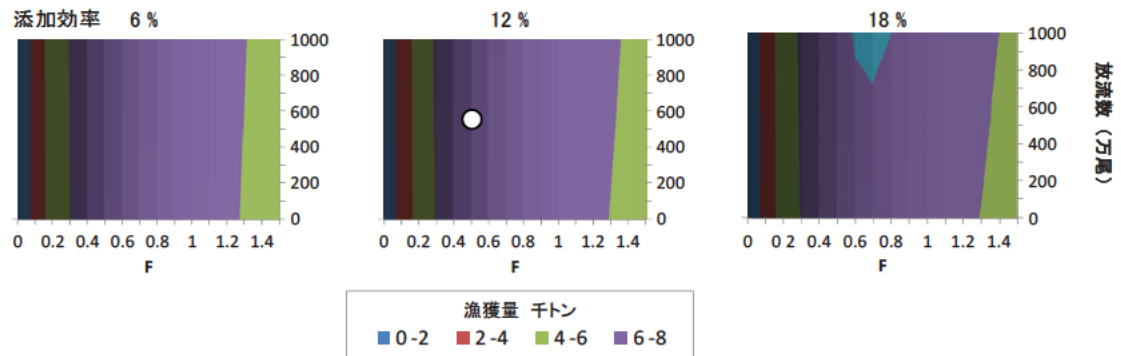
参考表 2 添加効率の試算結果

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
前年の放流数(万尾)	889	777	767	807	779	790	702	684	526	577
1 歳魚尾数(万尾)	1132	1172	1158	1210	1258	1460	1439	1367	1443	1354
混入率(%)	5.3%	6.4%	4.2%	6.8%	12.8%	12.8%	5.4%	5.1%	4.0%	3.9%
放流魚加入数(万尾)	60	75	48	82	161	186	78	70	57	53
添加効率(%)	6.7%	9.7%	6.3%	10.2%	20.7%	23.6%	11.1%	10.2%	10.9%	9.2%

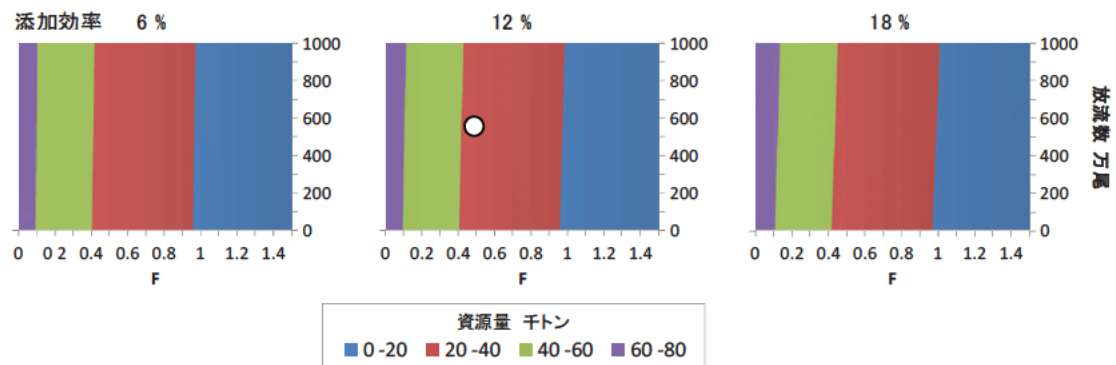
③ F と放流尾数を変化させた場合の等漁獲量線図および等資源量線図

現在のデータから想定される添加効率はおおよそ 12 %である。一方、鹿児島湾では 0.7～22.4%、瀬戸内海東系群では 37% (0 歳)、同西系群では 6.3%との推定値が報告されている。そこで、H24 年度の資源評価を基に、F と種苗放流数を変化させた場合の 2016 年における

推定漁獲量について、添加効率を3段階(6、12、18%)に仮定した場合の試算を亘(2011)に準じて行った。それぞれの試算結果を等漁獲量線図、および等資源量線図として示す。この試算結果によると、添加効率が12%で、かつ現状のFで漁獲を行う場合、現状の規模で放流を継続した場合(約500万尾)と放流を全く行わない場合の2016年の漁獲量の差は、およそ108トンであった。



参考図1. 放流数とFを変えた場合の2016年における漁獲量の等量線図
白丸は現状の位置。



参考図2. 放流数とFを変えた場合の2016年における資源量の等量線図
白丸は現状の位置。

参考資料

- ・ 宍道弘敏(2004)鹿児島湾におけるマダイ *Pagrus major* の栽培漁業と資源管理に関する研究. 鹿児島水試技研報、1:19-73.
- ・ 亘 真吾(2011)平成23年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価, p.1385-1410.
- ・ 小畑泰弘(2011)平成23年度マダイ瀬戸内海東部系群の資源評価. 平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価、1141-1171.
- ・ 山本圭介・小畑泰弘(2011)平成23年度マダイ瀬戸内海中・西部系群の資源評価、平成23年度我が国周辺水域の漁業資源評価、1172-1199.