

平成 25 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 1.8 万トンに達した後、2003 年の 1.5 万トンまで減少を続けた。2004 年以降は増加に転じ、2006 年から 2011 年までは 1.7 万トンを超えていたが、2012 年の資源量は前年より 626 トン減少した。資源量推定値の最高値と最低値の差を 3 等分する基準と、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 1.4～1.8 倍に達していたことを考慮して水準は中位、過去 5 年の資源動向は横ばいと判断した。

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 9.9 千トン を B_{limit} とした。2012 年の親魚量は 9.6 千トンでこれをやや下回っており、2013 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、 $F_{current}$ では資源は減少すると推定された。このため、 F_{limit} は 10 年後の親魚量が B_{limit} まで回復する F を探索的に求めた F_{rec} とし、不確実性を見込んだ $0.8F_{limit}$ を F_{target} とした。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC $_{limit}$	5,900 トン	F_{rec}	0.53	37%
ABC $_{target}$	4,900 トン	$0.8F_{rec}$	0.42	30%

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
2011	17,163	7,065	0.60	41 %
2012	16,537	6,363	0.55	39 %
2013	16,342	-	-	-

2013 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： 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
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） 漁業種別漁獲量（全 8 県） 漁業種別・月別体長組成（鳥取県・島根県・佐賀県・長崎県） 漁業種別・銘柄別漁獲量（福岡県・鹿児島県） 年齢別漁獲尾数（全 8 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）（2011 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（鹿児島県） 年別年齢別混入率（佐賀県） 年別混入率（島根県・熊本県）
養殖マダイ収穫量	漁業・養殖業生産統計（農林水産省）（2012 年まで）

1. まえがき

2012 年の全国マダイ漁獲量は前年から 1,967 トン減少して 15,363 トンで、その 41 %に相当する 6,363 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。以西漁場網漁業での漁獲は本系群には含まれない。

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、2012 年は前年より 3,500 トン減少して 57,700 トンであった。全国マダイ漁獲量に対する比は昨年（3.5 倍）とほぼ同じで 3.8 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、2011 年の放流尾数は 432 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 歳の半数と 4 歳以降の全数が再生産を行い（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。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2012年における漁獲量6,363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6,098トン(96%)の内訳では、船びき網が41%で最も多くを占め、釣り(13%)、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(27%)が最も多く、長崎県(24%)、熊本県(14%)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%(平成20年度漁業・養殖業生産統計年報、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6,710トン进行ピークに再び減少に転じて2010年には5,609トンとなった。2011年は急増して7,065トンに達したが、2012年は前年より702トン減少して、6,363トンであった(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齢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。2012 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である上に、近年の魚価の低迷から主な漁獲目的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 82～87% を占めている。2012 年は 1 歳魚(44%)が最多、2 歳魚(28%)と 3 歳魚(14%)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 15 千トンとなった。2004 年以降は増加に転じて 2007 年には 17.5 千トンに達し、2011 年までは 17 千トンを超えてほぼ横ばいであったが、2012 年は前年より 630 トン減少して 16.5 千トンとなった。資源尾数もほぼ類似した変動を見せており、2006 年以降は 3 千万尾を超えてほぼ横ばい状態にある。2012 年は前年より 60 万尾減少して 3 千万尾となったが、過去平均 2.9 千万尾は上回っている。漁獲係数の年齢平均値は 1986 年以降およそ 0.45 から 0.60 の範囲を推移しており、2011 年が 0.60 と高かったが、2012 年は過去平均 0.51 をやや上回る 0.55 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年以降増加傾向に転じ、2006年から2011年は17千トン台にあったが、2012年は前年より630トン減少して16.5千トンとなり、推定値の得られている過去27年間の平均値16.9千トンに近くなった。同様に資源尾数も2004年以降増加し、2006年以降は3千万尾を超えてほぼ横ばい状態にある。2012年は前年より60万尾減少したが、過去平均である3千万尾を超えている。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中位に属する(図5)。また、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2012年は前年より減少したものの、過去5年間の変動幅は比較的小さいことから、資源動向は横ばいと判断した。

親魚量と翌年の1歳加入尾数との関係(図10)によると、2000年から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、1歳魚ともに尾数の年変動は小さく、2011年の再生産成功率は前年よりやや低下して過去平均である1.3とほぼ等しくなった(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9,900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。2012年の親魚量は9,600トンでBlimitをやや下回った。

(6) 資源と漁獲の関係

2012年以降の再生産成功率は、過去10年の平均値1.32 kg/尾より低い過去3年平均(5年および10年の平均値も同じで1.30 kg/尾)とし、各年齢の選択率は2012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2012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(0.55)はF_{max}やF20%SPRより高く、また資源量の維持を目標とする限界値(F_{sus}=0.53)よりもやや高い。

(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。2011年までの集計結果によると、放流総数は1999年に914万尾に達した後は減少しており、2011年は432万尾で放流の始まった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(37%)、鹿児島県(23%)、島根県(22%)、山口県(12%)

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2005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。2008年以降は放流数が急激に減少しているが、1歳魚はほぼ横ばい状態である。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については、2県から近年の年毎の推定値が提供されているが、それ以外の県については不明あるいは欠測年があるが全年齢込みの混入率が提供されている。このように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。2005年以降の年・県別の全年齢込みでの混入率は0.0～19.3%、平均5.5%であった。

5. 2014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。2004年以降は増加に転じ、2006年から2011年までは17千トンを超えていたが、2012年の資源量は前年より630トン減少し、資源量推定値が得られている1986年以降の平均値とほぼ等しくなった。資源量推定値の最高値と最低値の差を3等分する基準と、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1.4～1.8倍に達していたことを考慮して水準は中位、過去5年の資源動向は横ばいと判断した。

(2) ABC並びに推定漁獲量の算定

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9.9千トンを B_{limit} とした。2013年の親魚量は9.6千トンでこれをやや下回っており、ABC算定規則1-1)-(2)に該当する。加入の悪かった2000～2004年の平均親魚量9.4千トンに近くなっており、2013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、 $F_{current}$ では資源が減少すると推定された。このため、 F_{limit} は10年後の親魚量が B_{limit} にまで回復する F を探索的に求めて F_{rec} とし、不確実性を見込んだ $0.8F_{limit}$ を F_{target} とした。

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。将来予測においては、2013年の漁獲係数は2012年に同じ、また2014年以降は年齢別選択率を2012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）						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
現在の漁獲圧	$F_{current}=0.55$	6,248	6,173	6,057	5,967	5,914	5,858	5,792
上記の予防的措置	$F_{lim}=0.530$	6,248	6,173	5,889	5,898	5,925	5,954	5,980
資源量維持	$F_{sus}=0.534$	6,248	6,173	5,923	5,912	5,924	5,935	5,943
漁獲シナリオ	管理基準	資源量（トン）						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
現在の漁獲圧	$F_{current}=0.55$	16,537	16,342	16,101	15,910	15,752	15,578	15,388
上記の予防的措置	$F_{lim}=0.530$	16,537	16,342	16,101	16,166	16,237	16,297	16,344
資源量維持	$F_{sus}=0.534$	16,537	16,342	16,101	16,114	16,139	16,150	16,148

(3) ABClimit の評価

2014 年に $F_{limit}(=0.53)$ で漁獲した場合、ABClimit は 5,900 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 $F_{target}(=0.42)$ とし、ABCtarget は 4,900 トンと算出された。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	5,900 トン	F_{rec}	0.53	37 %
ABCtarget	4,900 トン	$0.8F_{rec}$	0.42	30 %

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

(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
2011 年漁獲量確定値	2011 年漁獲量
2012 年漁獲量速報値	2012 年漁獲量
2012 年年齢別漁獲尾数	2011 年から 2012 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。2012 年（当初）の値は 2010 年までの漁獲データを用いた 2011 年における評価結果、2012 年（2012 年再評価）と 2013

年（当初）は2011年までのデータを用いた2012年における結果、2012年（2013年再評価）と2013年（2013年再評価）は2012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)
2012 年（当初）	Fsus	0.52	16,762	6,047	5,066	
2012 年(2012 年再評価)	Fsus	0.53	20,977	7,516	6,302	
2012 年(2013 年再評価)	Fsus	0.53	16,342	6,069	5,031	6,363
2013 年（当初）	F2011	0.48	20,977	7,013	5,865	
2013 年(2013 年再評価)	F2011	0.60	16,342	6,587	5,558	

6. ABC 以外の管理方策の提言

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。

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.

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	2012
漁獲量(トン)	5,561	5,123	5,729	5,665	6,265	6,710	6,505	6,472	5,609	7,065	6,363

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	3,849	3,615	1,742	693	437	232	171	107	60	47		10,953
2012	3,656	3,745	1,727	603	357	201	142	89	49	37		10,607

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	11,255
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		32,338	18,432	11,558
1997	16,472	9,473	4,021	1,803	1,056	711	489	307	110	122		34,564	18,374	10,684
1998	15,329	9,290	3,810	1,827	1,007	650	448	276	99	138		32,873	17,588	10,217
1999	13,518	9,134	4,110	1,831	1,046	608	406	246	87	123		31,110	17,132	9,969
2000	12,237	8,537	3,970	1,850	1,007	626	376	222	69	99		28,994	16,247	9,560
2001	11,312	8,025	4,278	1,788	1,055	610	414	189	57	72		27,800	15,934	9,466
2002	11,697	7,799	4,041	1,911	1,008	604	376	184	59	75		27,754	15,670	9,328
2003	11,539	6,985	3,804	1,877	964	573	384	194	64	81		26,464	15,055	9,151
2004	12,035	7,234	3,979	2,033	1,083	531	365	213	60	78		27,610	15,644	9,503
2005	12,414	7,668	4,024	2,086	1,173	634	333	221	62	76		28,690	16,301	9,915
2006	14,429	7,924	4,184	2,047	1,186	686	427	207	76	72		31,238	17,168	10,329
2007	14,046	9,142	3,933	1,985	1,180	674	422	246	94	75		31,796	17,496	10,322
2008	13,194	8,686	4,001	1,945	1,176	685	407	254	141	69		30,557	17,353	10,457
2009	13,471	8,210	4,005	2,037	1,172	677	409	228	117	92		30,417	17,222	10,475
2010	13,399	8,290	3,895	2,080	1,171	683	397	219	107	89		30,329	17,107	10,380
2011	13,882	8,545	3,863	1,936	1,181	678	413	225	112	87		30,922	17,163	10,277
2012	13,338	8,635	4,145	1,773	1,058	632	380	204	98	75		30,338	16,537	9,585

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	0.33	0.46	0.52	0.43	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	0.58	0.62	0.43	0.44	0.36	0.42	0.66	0.56	0.56
2007	0.36	0.70	0.58	0.40	0.42	0.38	0.38	0.43	0.78	0.78
2008	0.35	0.65	0.55	0.38	0.43	0.39	0.45	0.65	0.70	0.70
2009	0.36	0.62	0.53	0.43	0.42	0.41	0.50	0.63	0.72	0.72
2010	0.32	0.64	0.57	0.44	0.42	0.38	0.44	0.54	0.68	0.68
2011	0.35	0.60	0.65	0.48	0.50	0.45	0.58	0.71	0.85	0.85
2012	0.35	0.62	0.59	0.45	0.45	0.41	0.51	0.63	0.75	0.75

表 3. 親魚量・加入量・再生産成功率の推移

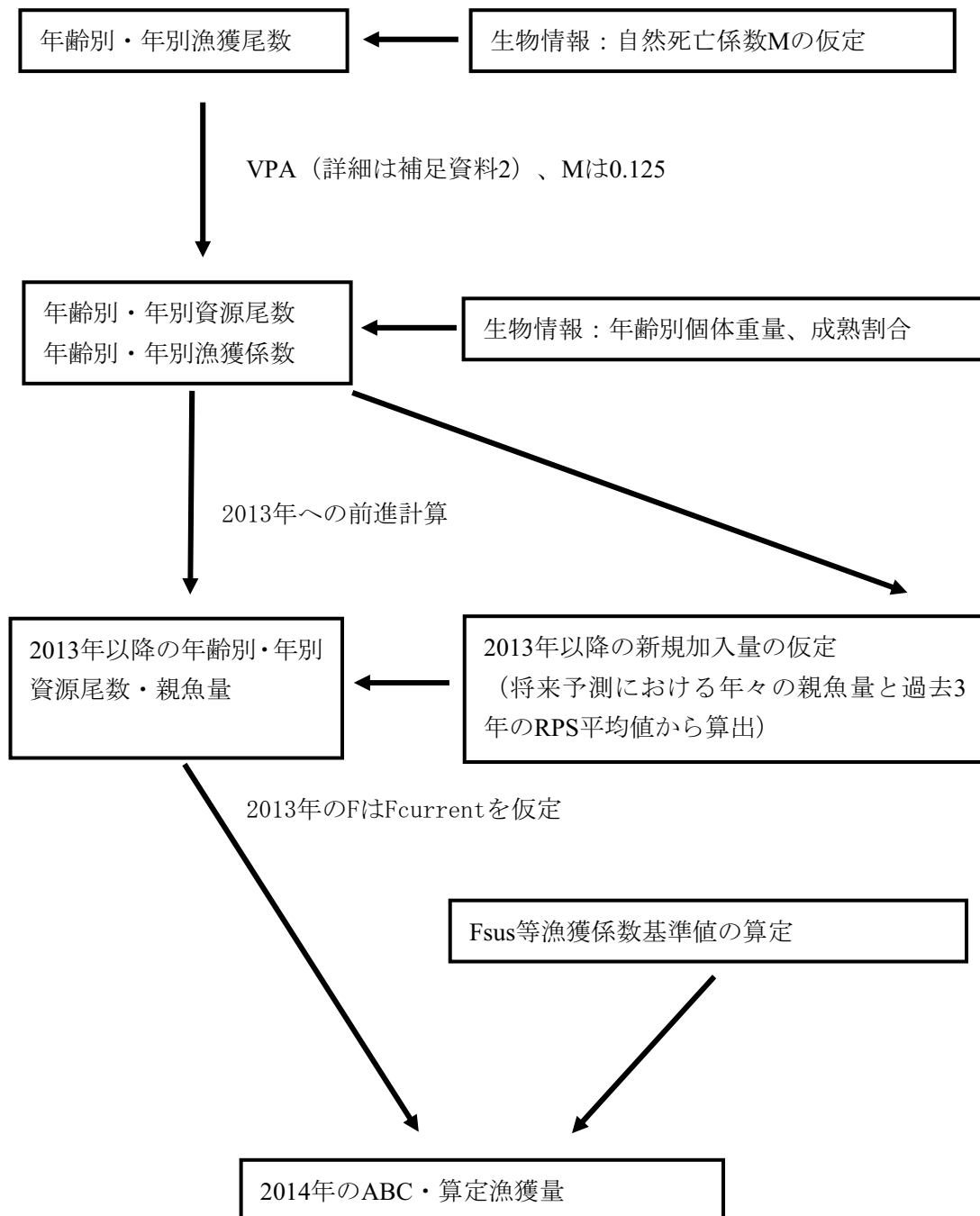
年	親魚量 (t)	翌年の1歳魚尾数 (千尾)	再生産成功率 (尾/kg)
1986	10,761	11,996	1.11
1987	10,689	11,832	1.11
1988	10,511	11,426	1.09
1989	10,426	12,096	1.16
1990	10,522	11,903	1.13
1991	10,696	11,813	1.10
1992	10,799	12,791	1.18
1993	11,043	13,683	1.24
1994	11,255	14,110	1.25
1995	11,629	15,632	1.34
1996	11,558	16,472	1.43
1997	10,684	15,329	1.43
1998	10,217	13,518	1.32
1999	9,969	12,237	1.23
2000	9,560	11,312	1.18
2001	9,466	11,697	1.24
2002	9,328	11,539	1.24
2003	9,151	12,035	1.32
2004	9,503	12,414	1.31
2005	9,915	14,429	1.46
2006	10,329	14,046	1.36
2007	10,322	13,194	1.28
2008	10,457	13,471	1.29
2009	10,475	13,399	1.28
2010	10,380	13,882	1.34
2011	10,277	13,338	1.30

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)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.00		0	0	0	0	0	0	0
0.05	0.1Fsus	736	1,108	1,575	2,243	3,261	4,737	6,843
0.11	0.2Fsus	1,448	2,079	2,836	3,879	5,409	7,529	10,422
0.16	0.3Fsus	2,112	2,896	3,794	4,991	6,679	8,917	11,841
0.21	0.4Fsus	2,743	3,593	4,524	5,723	7,352	9,415	11,999
0.27	0.5Fsus	3,354	4,194	5,075	6,171	7,602	9,335	11,410
0.32	0.6Fsus	3,925	4,689	5,459	6,387	7,552	8,899	10,446
0.37	0.7Fsus	4,477	5,109	5,723	6,438	7,299	8,250	9,294
0.43	0.8Fsus	4,993	5,449	5,878	6,364	6,925	7,513	8,132
0.48	0.9Fsus	5,483	5,724	5,952	6,201	6,475	6,746	7,017
0.53	1.0Fsus	5,955	5,946	5,959	5,973	5,983	5,982	5,979

F	基準値	親魚量 (トン)						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.00		9,655	16,197	26,655	40,476	58,573	86,579	129,801
0.05	0.1Fsus	9,655	15,386	24,082	35,033	48,823	69,397	99,878
0.11	0.2Fsus	9,655	14,602	21,720	30,255	40,589	55,444	76,556
0.16	0.3Fsus	9,655	13,873	19,632	26,214	33,885	44,518	59,029
0.21	0.4Fsus	9,655	13,181	17,748	22,725	28,309	35,775	45,557
0.27	0.5Fsus	9,655	12,512	16,018	19,658	23,588	28,653	35,021
0.32	0.6Fsus	9,655	11,890	14,487	17,059	19,735	23,061	27,077
0.37	0.7Fsus	9,655	11,289	13,080	14,773	16,468	18,498	20,851
0.43	0.8Fsus	9,655	10,729	11,835	12,835	13,798	14,910	16,148
0.48	0.9Fsus	9,655	10,197	10,710	11,157	11,569	12,026	12,515
0.53	1.0Fsus	9,655	9,688	9,683	9,688	9,687	9,683	9,679

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。

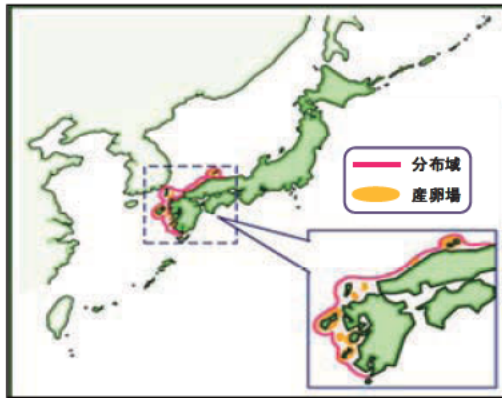


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布と回遊

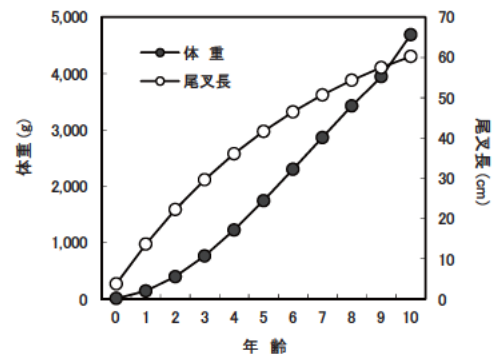


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

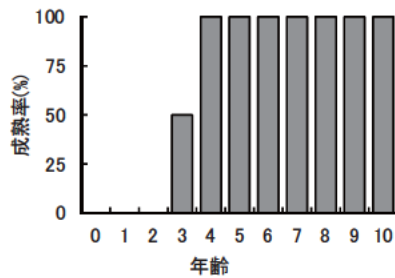


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

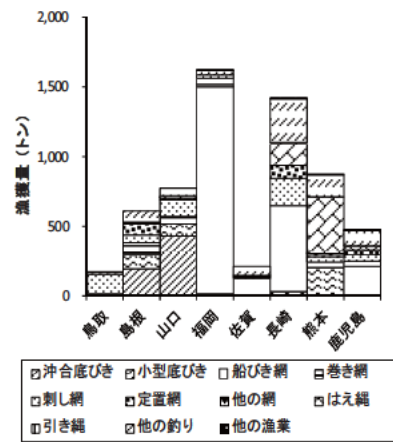


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種別の2012年漁獲量

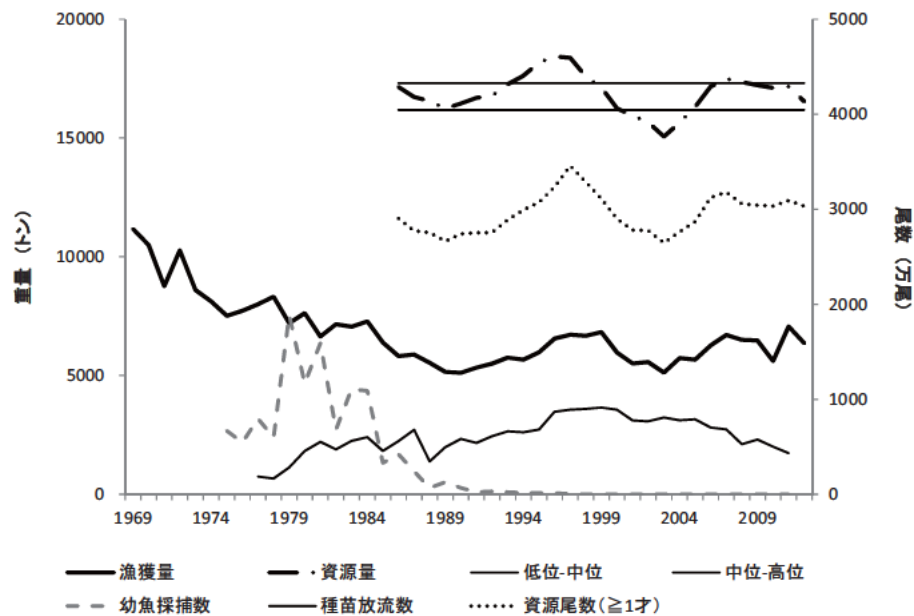


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、1歳以上の資源尾数、養殖用天然幼魚の採捕尾数（一部は秋元・内田(1988)より）、および人工種苗放流数の経年変化

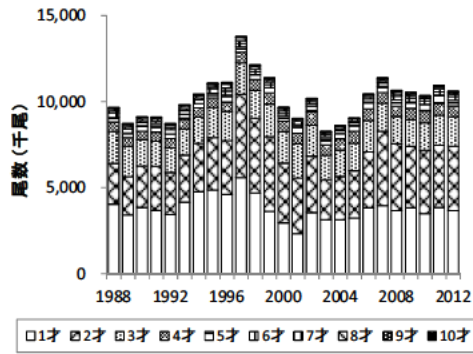


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

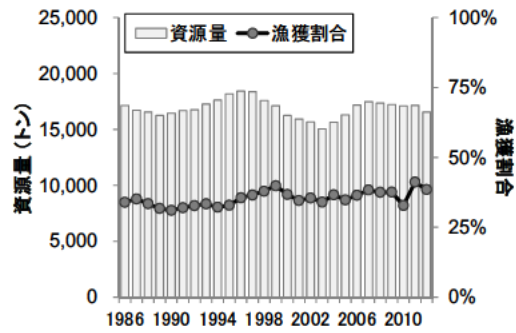


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

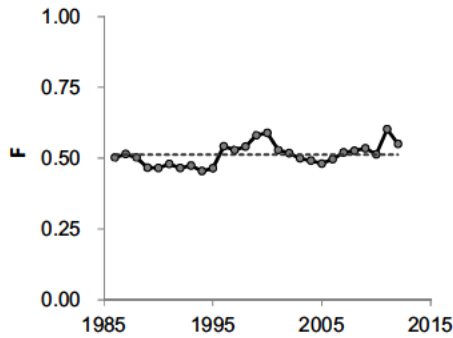


図8. 漁獲係数の経年変化 点線は過去平均値

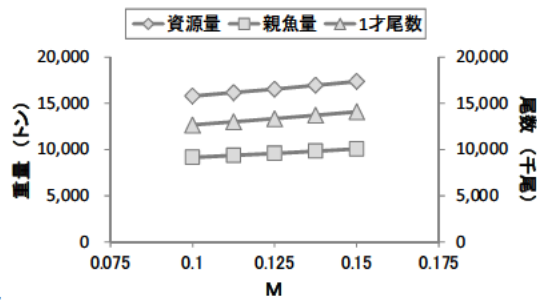


図9. 2012年の資源量、親魚量、1才魚尾数に対するMの影響

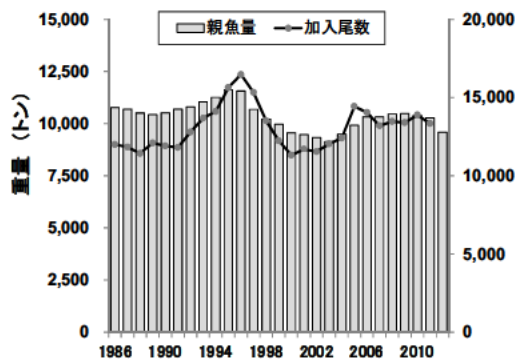


図10. 親魚量と1歳魚加入尾数の経年変化

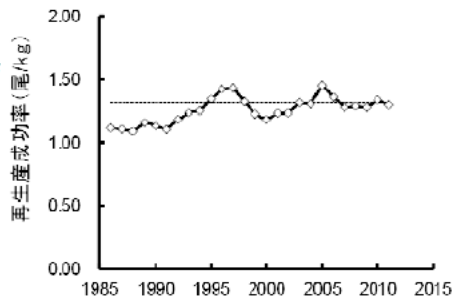


図11. 再生産成功率の経年変化
点線は過去10年の平均値。

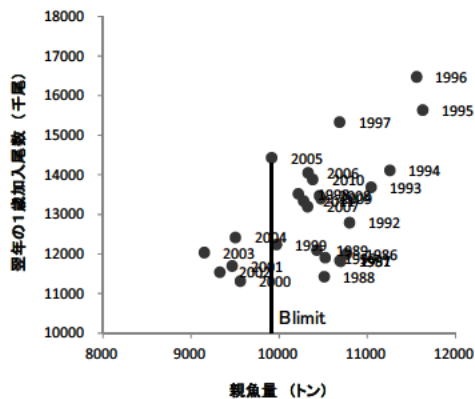


図12. 再生産関係

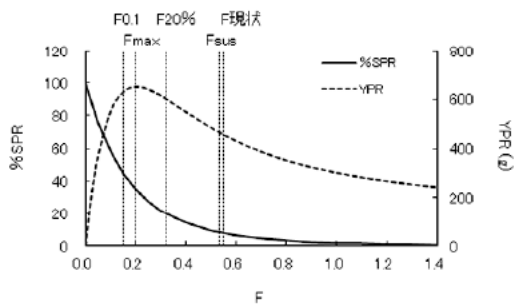


図13. F値による%SPR(実線)とYPR(点線)の変化

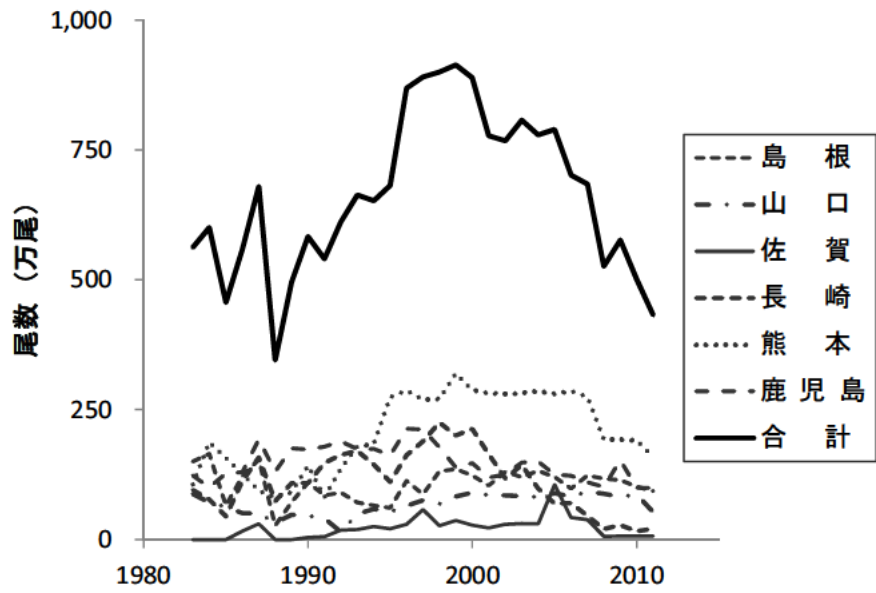


図14. 県別マダイ種苗放流数の経年変化

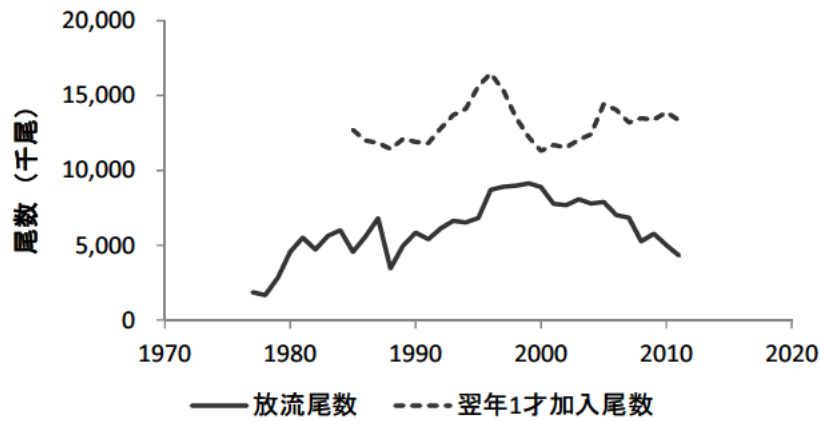


図15. 種苗放流数と翌年の1歳魚加入尾数推定値の経年変動

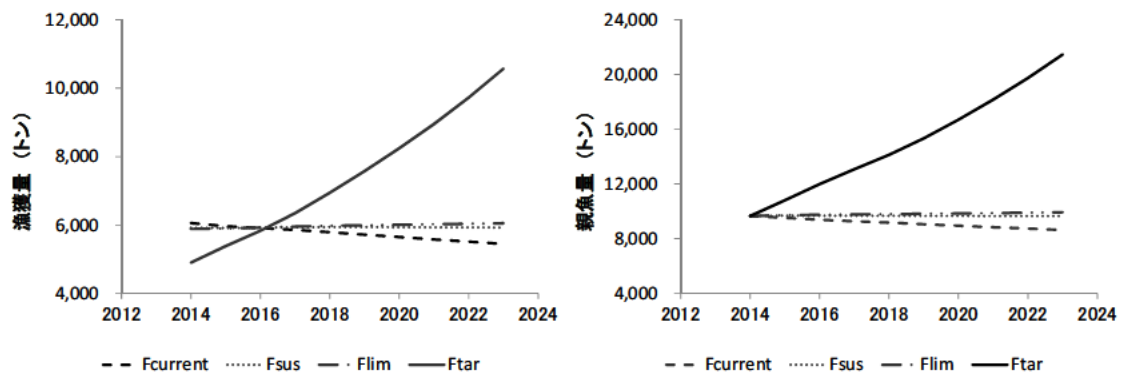


図16. 異なるF値による漁獲量（左）と親魚量（右）の予測推移

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、系群全体の傾向を解析できるだけの十分な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	2011	2012	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%	0.0%	21.5%	114
山口													83
福岡													0
佐賀	1.2%	2.0%	3.0%	2.2%	4.7%	5.2%	3.8%	3.4%	1.5%	0.6%	0.9%	0.5%	29
長崎	3.5%	4.2%	1.8%	6.4%									84
熊本	9.6%	10.3%	8.0%	15.8%	11.9%	12.3%	6.9%	3.1%	4.2%	4.6%	3.7%	5.4%	249
鹿児島	5.3%	4.5%	4.4%	4.2%	2.1%	1.8%	1.7%	1.5%	1.8%	3.5%	0.9%	1.2%	125
全体	5.3%	5.6%	4.0%	7.9%	10.0%	11.2%	7.5%	4.2%	4.2%	4.8%	1.6%	8.6%	686

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。

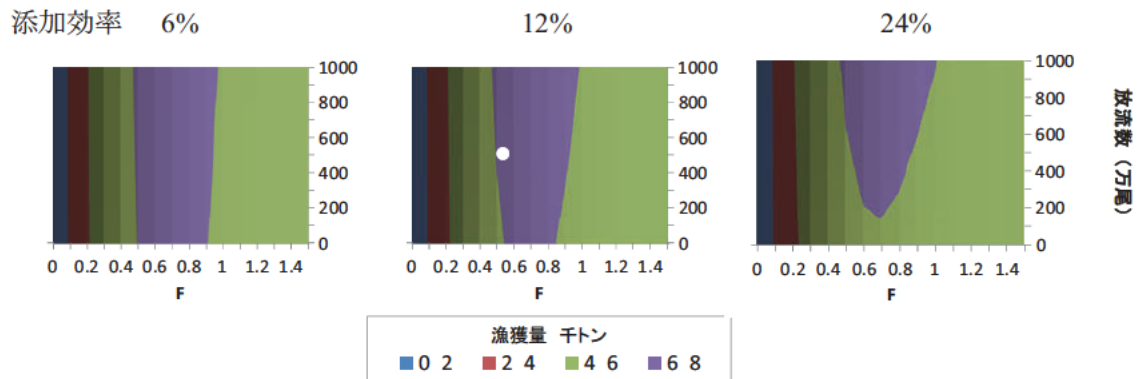
参考表 2. 添加効率の試算結果

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
前年の放流数(万尾)	889	777	767	807	779	790	702	684	526	577	501	432
1歳魚尾数(万尾)	1131	1170	1154	1203	1241	1443	1405	1319	1347	1340	1388	1334
混入率(%)	5.3%	5.6%	4.0%	7.9%	10.0%	11.2%	7.5%	4.2%	4.2%	4.8%	1.6%	8.6%
放流魚加入数(万尾)	60	66	46	96	124	161	105	55	56	64	22	115
添加効率(%)	6.7%	8.5%	6.0%	11.8%	16.0%	20.4%	15.0%	8.0%	10.7%	11.1%	4.5%	26.6%

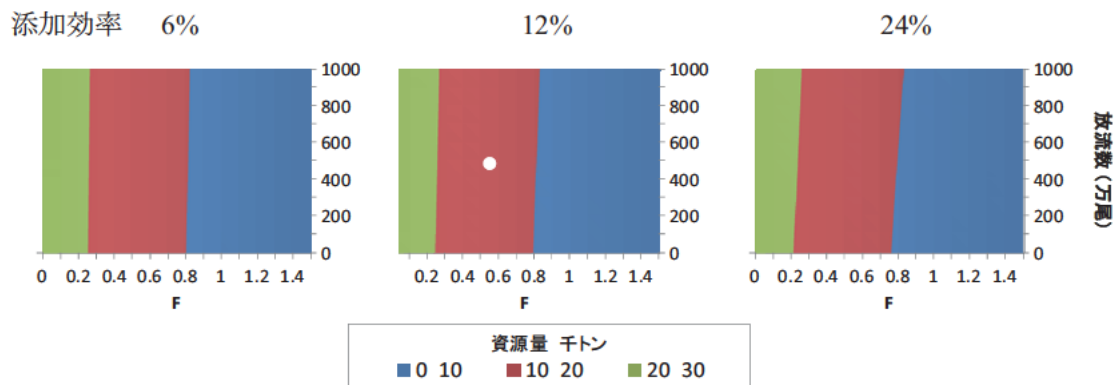
③ F と放流尾数を変化させた場合の漁獲量と資源量の等量線図

上述のデータから想定される添加効率はおおよそ12%である。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、平成25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2017年における推定漁獲量について、添加効率を3段階（6、12、24%）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で漁獲を行う仮定の下では、現状の

規模で放流を継続した場合（500 万尾）と放流を全く行わない場合の 2017 年の漁獲量は、それぞれ 6, 131、6, 017 トンで、両者の差は 114 トンであった。



参考図 1. 放流数と F を変えた場合の 2017 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 2017 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

- ・ 矢道弘敏 (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.