

平成 23 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）

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 万 8 千トンのピークに達した後、2003 年の 1 万 5 千トンまで減少を続けたが、2004 年以降は増加に転じ、近年は 1996 年に近いレベルに回復している。2010 年の資源量は前年とほぼ変わらず、過去 3 年間に於いて安定的に推移している。資源量推定値が得られている 1986 年以降に限り、そ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、推定値の得られていない 1960 年代後半から 1970 年代前半における漁獲量が現在の 1.5～2.0 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。

管理方策では、ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)を適用し、現在の親魚量を 10 年後も維持する基準を採用した。近年、再生産成功率が低下傾向を示していることを勘案し、従来採用していた過去 10 年平均値より低い過去 3 年平均値が今後続いた場合の基準値 F_{sus} を F_{limit} 、不確実性を見込んだ $0.8F_{limit}$ を F_{target} とした。

	2012年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	6,300トン	F_{sus}	0.52	36 %
ABCTarget	5,300トン	$0.8F_{sus}$	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
2009	17,542	6,472	0.52	37 %
2010	17,540	5,844	0.53	36 %
2011	17,478	-	-	-

2011 年資源量はコホート解析による過去 10 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
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 漁業種別・月別体長組成（6 県） 漁業種別月別銘柄別漁獲量（1 県） 天然・人工魚別年齢別尾数（1 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	2009 年までの県別・水域別放流尾数（水研セ）
放流魚標識率・混入率	市場測定・精密測定結果（2 県） 年別年齢別混入率（1 県） 年別水域別年齢別混入率（1 県）
養殖マダイ収穫量	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） ポケット水産統計 平成 22 年度版（農林水産省）

1. まえがき

2010 年の全国マダイ漁獲量は前年から 730 トン減少して 14,992 トン（ただし、東北 3 県含まず）で、その 39%に相当する 5,844 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（83,000 トン）のピーク以降減少傾向にあり、2009 年は前年より 1,881 トン減少して 69,707 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 4.4 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、2009 年の放流尾数は 580 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2010年における漁獲量5,844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5,729トン(99%)の内訳では、船びき網が36%で最も多くを占め、釣り(15%)、はえ縄(11%)、刺し網(11%)がこれに次いだ。県別では、福岡県(24%)が最も多く、長崎県(22%)、熊本県(13%)がこれに次いだ(図4)が、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点が特徴である。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トンにまで回復したが、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年からは再び増加に転じ、2007年は6,700トンまで増加したが、2008年以降は減少しており、2010年は前年より628トン減少した(表1、図5)。

(3) 両獲努力量

本系群を対象とする主要漁業種の船曳網、刺し網、釣りはいずれも漁労体数と出漁日数が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. 資源の状態

(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。2010 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。毎年、最も多いのは 1 歳魚か 2 歳魚で、2010 年は 2 歳魚(35%)が最多、1 歳魚(34%)と 3 歳魚(15%)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 年以降は増加傾向に転じ、2007 年以降は 1996 年に近いレベルを推移している。2010 年の資源重量は前年とほぼ同じ 18 千トンで、コホート計算結果が得られている 1986 年以降で 7 番目に多い。資源尾数もほぼ類似した変動を見せているが、2008 年以降はやや減少傾向にあり、2010 年は特に 1 歳魚が 78 万尾減少した結果、全体でも 70 万尾の減少となった。漁獲係数の年齢平均値は 1986 年以降およそ 0.45 から 0.59 の範囲を推移しており、2010 年は過去平均をやや上回る 0.53 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% と推定された。

（5）資源の水準・動向

2007 年以降の資源量は、推定値の得られている過去 25 年間の平均（1.7 万トン）を上回

って安定的に推移している。資源尾数は 2008 年以降緩やかな減少傾向にあるが、やはり過去平均（2.9 万尾）を越えている。資源量推定値が得られている 1986 年以降に限っ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が、推定値の得られていない 1960 年代後半から 1970 年代前半の漁獲量が現在の 1.5～2.0 倍に達していたことを考慮すると、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 年間に著しい変動は示していないことから、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、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。ただし、2006 年以降は親魚量が緩やかに増加しているものの、1 歳魚尾数は逆に減少傾向を示しており、2009 年の再生産成功率は過去平均値をやや下回った（表 3、図 11）。市場調査で対象とされる漁業種数が多くの関係県で減少しており、1 歳魚漁獲尾数の推定精度が下がった影響も考えられるが、再生産成功率の今後の推移には留意すべきだろう。

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。2010 年の親魚量は 10,746 トンで Blimit 以上の水準にある。

（6）資源と漁獲の関係

再生産成功率が近年低下傾向を示しているため、2010 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 年平均で推移するとし、各年齢の選択率は 2010 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 2010 年と同じとして F を変化させた場合の YPR と %SPR を図 13 に示す。現在の $F(0.525)$ は、資源量の維持を目標とする限界値 ($F_{sus}=0.523$) とほぼ同じたため、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維持されることが考えられる。

（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。2009 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傾向に転じていたが、2009 年は前年より 51 万尾増加して 577 万尾であった（図 14）。総放流数に占める割合は、熊本県(33%)、鹿児島県(27%)、島根県(20%)、山

口県(14%)の順で高く、鹿児島県では前年より 51 万尾増加した。

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混入率は、東シナ海の本系群分布域南部における推定値が得られ、年・水域別では 0.6~19.7%、平均 6.4%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. 2012 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 1 万 8 千トンのピークに達した後、2003 年の 1 万 5 千トンまで減少を続けたが、2004 年以降は増加に転じ、近年は 1996 年に近いレベルに回復している。2010 年の資源量は前年とほぼ変わらず、過去 3 年間に於いて安定的に推移している。資源量推定値が得られている 1986 年以降に限り、そ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、推定値の得られていない 1960 年代後半から 1970 年代前半における漁獲量が現在の 1.5~2.0 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

現在の親魚量が B_{limit} を超えていると推測されることから、ABC 算定のための基本規則 1-1)-(1)を適用し、現在の親魚量を 10 年後も維持する基準値を採用した。再生産成功率は、低下傾向を示している過去 3 年間の平均値とし、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、現在の親魚量が 10 年後も維持される基準値 F_{sus} を F_{limit} 、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、2011 年の漁獲係数は 2010 年に同じ、また 2012 年以降は年齢別選択率を 2010 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)						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
現在の漁獲圧	$F_{current}=0.525$	5,844	6,302	6,332	6,365	6,362	6,350	6,331
資源量維持	$F_{sus}=0.523$	5,844	6,302	6,317	6,360	6,364	6,359	6,349
上記の予防的措置	$F_{target}=0.42$	5,844	6,302	5,289	5,814	6,259	6,765	7,340
漁獲シナリオ	管理基準	資源量 (トン)						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
現在の漁獲圧、資源量維持	$F_{current}=0.525$	17,540	17,478	17,521	17,542	17,511	17,470	17,438
資源量維持	$F_{sus}=0.523$	17,543	17,481	17,525	17,569	17,559	17,540	17,530
上記の予防的措置	$F_{target}=0.42$	17,540	17,478	17,521	19,125	20,666	22,358	24,227

(3) ABClimit の評価

2012 年に $F_{limit}(=0.53)$ で漁獲した場合、ABClimit は 6,300 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 5,300 トンと算出された。

	2012年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	6,300 トン	F_{sus}	0.52	36 %
ABCtarget	5,300 トン	$0.8F_{sus}$	0.42	30 %

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
2009 年漁獲量確定値	2009 年漁獲量
2010 年漁獲量速報値	2010 年漁獲量
2010 年年齢別漁獲尾数	2009 年から 2010 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。2010 年（当初）の値は 2008

年までの漁獲データを用いた 2009 年における評価結果、2010 年（2010 年再評価）と 2011 年（当初）は 2009 年までのデータを用いた 2010 年における結果、2010 年（2011 年再評価）と 2011 年（2011 年再評価）は 2010 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)	ABC limit (トン)	ABC target (トン)	漁獲量 (トン)	管理目標
2010 年(当初)	Fcurrent	0.48	18,679	6,490	5,434		親魚量回復
2010 年(2010 年再評価)	Fcurrent	0.50	18,079	6,409	5,329		親魚量回復
2010 年(2011 年再評価)	Fsus	0.52	17,540	6,358	5,329	5,844	親魚量回復
2011 年(当初)	Fcurrent	0.50	18,172	6,502	5,418		親魚量回復
2011 年(2011 年再評価)	Fsus	0.52	17,478	6,302	5,398		親魚量回復

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水域間格差が大きい。このため、系群全体での推定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が期待される（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

g 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
漁獲量(トン)	5,561	5,123	5,729	5,665	6,265	6,710	6,505	6,472	5,844

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	3,535	3,722	1,625	711	389	207	136	88	51	43	10,507

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	12,790	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	881	539	375	117	122	32,338	18,432	11,558
1997	16,471	9,473	4,021	1,803	1,056	711	489	307	110	122	34,563	18,374	10,684
1998	15,328	9,290	3,810	1,827	1,007	650	447	276	99	138	32,873	17,588	10,217
1999	13,517	9,134	4,110	1,831	1,046	608	406	246	87	123	31,109	17,132	9,969
2000	12,235	8,537	3,970	1,850	1,007	626	376	222	69	99	28,991	16,246	9,559
2001	11,309	8,024	4,278	1,788	1,055	610	414	189	57	72	27,794	15,932	9,466
2002	11,689	7,796	4,039	1,911	1,008	604	376	184	59	75	27,741	15,665	9,326
2003	11,526	6,978	3,801	1,875	964	573	384	194	64	81	26,439	15,045	9,147
2004	12,040	7,222	3,973	2,031	1,082	531	365	212	60	78	27,594	15,629	9,494
2005	12,401	7,672	4,014	2,081	1,171	633	333	221	62	76	28,663	16,279	9,897
2006	14,479	7,913	4,187	2,038	1,181	684	426	206	76	72	31,263	17,146	10,303
2007	14,356	9,186	3,923	1,988	1,172	670	420	246	94	75	32,129	17,523	10,290
2008	13,527	8,960	4,040	1,936	1,179	678	404	253	140	68	31,184	17,499	10,431
2009	13,612	8,505	4,246	2,071	1,164	680	402	225	116	91	31,112	17,542	10,564
2010	12,828	8,415	4,155	2,294	1,201	676	399	213	104	87	30,372	17,540	10,746

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	0.43	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	0.43	0.66	0.56	0.56
2007	0.35	0.70	0.58	0.40	0.42	0.38	0.38	0.44	0.78	0.78
2008	0.34	0.62	0.54	0.38	0.43	0.40	0.46	0.66	0.71	0.71
2009	0.36	0.59	0.49	0.42	0.42	0.41	0.51	0.64	0.74	0.74
2010	0.35	0.64	0.54	0.40	0.42	0.40	0.45	0.58	0.74	0.74

表 3. 親魚量・加入量・再生産成功率の推移

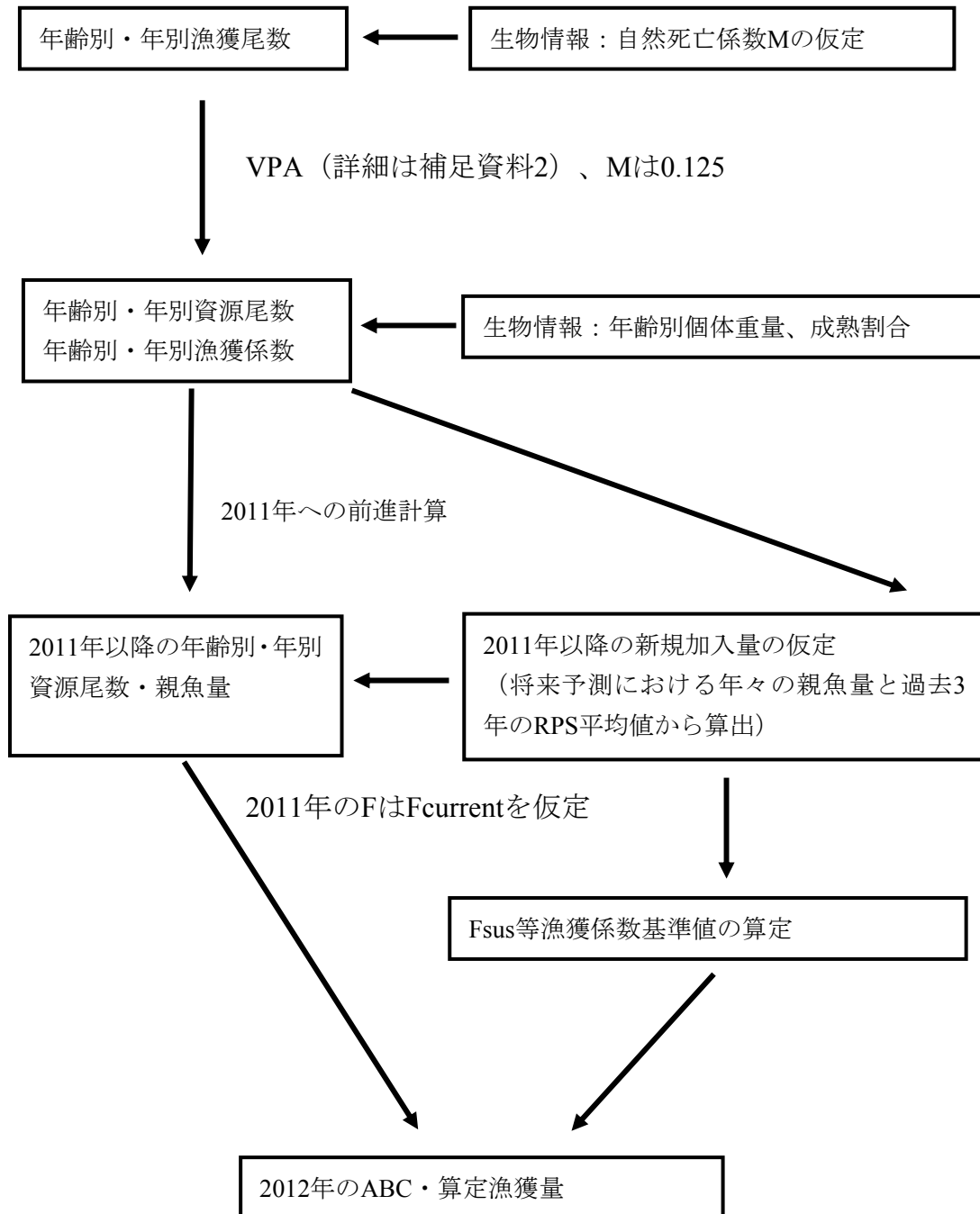
年	親魚量 (t)	翌年の1歳魚尾数 (千尾)	再生産成功率 (尾/g)
1986	10,761	11,996	1.11
1987	10,689	11,832	1.11
1988	10,511	11,426	1.09
1989	10,426	12,096	1.16
1990	10,522	11,903	1.13
1991	10,696	11,813	1.10
1992	10,799	12,790	1.18
1993	11,043	13,683	1.24
1994	11,255	14,110	1.25
1995	11,629	15,632	1.34
1996	11,558	16,471	1.43
1997	10,684	15,328	1.43
1998	10,217	13,517	1.32
1999	9,969	12,235	1.23
2000	9,559	11,309	1.18
2001	9,466	11,689	1.23
2002	9,326	11,526	1.24
2003	9,147	12,040	1.32
2004	9,494	12,401	1.31
2005	9,897	14,479	1.46
2006	10,303	14,356	1.39
2007	10,290	13,527	1.31
2008	10,431	13,612	1.31
2009	10,564	12,828	1.21

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)						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.00		0	0	0	0	0	0	0
0.05	0.1Fsus	787	1,190	1,681	2,396	3,476	5,020	7,236
0.10	0.2Fsus	1,550	2,236	3,032	4,152	5,777	8,002	11,063
0.16	0.3Fsus	2,261	3,117	4,064	5,351	7,146	9,502	12,612
0.21	0.4Fsus	2,938	3,871	4,854	6,147	7,880	10,061	12,823
0.26	0.5Fsus	3,594	4,523	5,455	6,638	8,162	10,000	12,233
0.31	0.6Fsus	4,206	5,063	5,879	6,881	8,122	9,558	11,233
0.37	0.7Fsus	4,789	5,515	6,169	6,946	7,869	8,895	10,047
0.42	0.8Fsus	5,354	5,896	6,352	6,875	7,471	8,106	8,793
0.47	0.9Fsus	5,882	6,200	6,443	6,708	6,996	7,294	7,607
0.52	1.0Fsus	6,385	6,446	6,462	6,472	6,479	6,491	6,509

F	基準値	親魚量 (トン)						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.00		10,688	17,467	28,882	44,033	63,703	93,848	140,451
0.05	0.1Fsus	10,688	16,621	26,141	38,190	53,227	75,440	108,450
0.10	0.2Fsus	10,688	15,803	23,621	33,049	44,353	60,440	83,408
0.16	0.3Fsus	10,688	15,040	21,390	28,693	37,111	48,663	64,525
0.21	0.4Fsus	10,688	14,316	19,375	24,923	31,072	39,211	49,960
0.26	0.5Fsus	10,688	13,616	17,521	21,601	25,944	31,486	38,525
0.31	0.6Fsus	10,688	12,963	15,878	18,782	21,751	25,406	29,876
0.37	0.7Fsus	10,688	12,343	14,393	16,339	18,246	20,514	23,187
0.42	0.8Fsus	10,688	11,742	13,026	14,182	15,264	16,506	17,920
0.47	0.9Fsus	10,688	11,182	11,813	12,350	12,820	13,345	13,927
0.52	1.0Fsus	10,688	10,650	10,716	10,759	10,774	10,795	10,831

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。

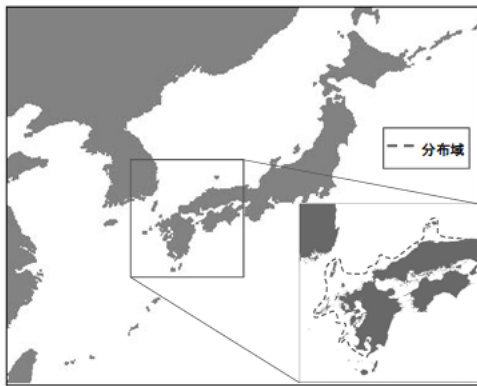


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布と回遊

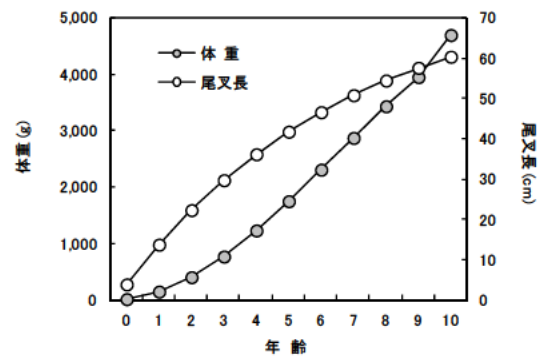


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

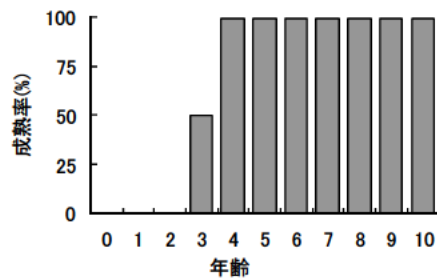


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

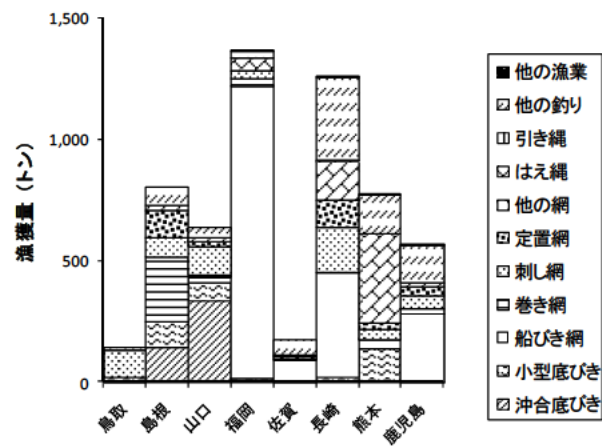


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種別の2009年漁獲量

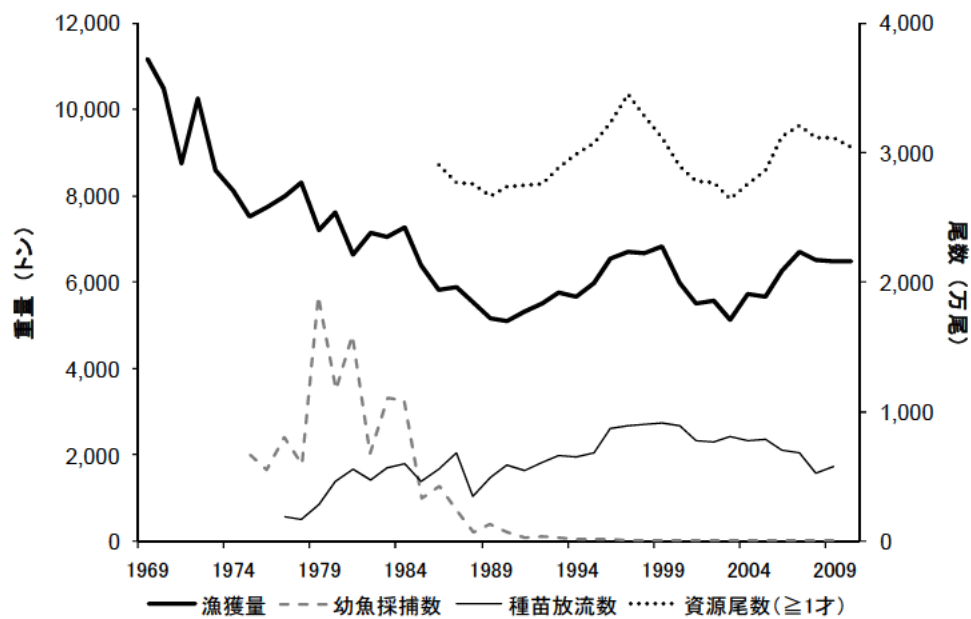


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、1歳以上の資源尾数、養殖用天然幼魚の採捕尾数（一部は秋元・内田（1988）より）、および人工種苗放流数の経年変化

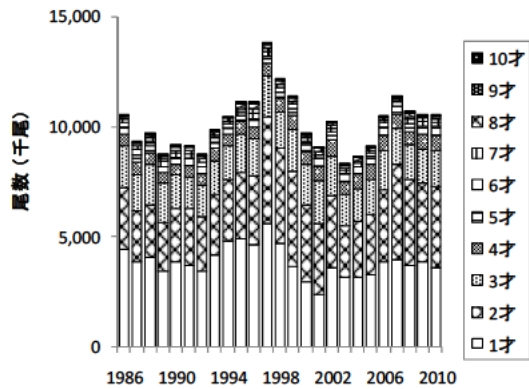


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

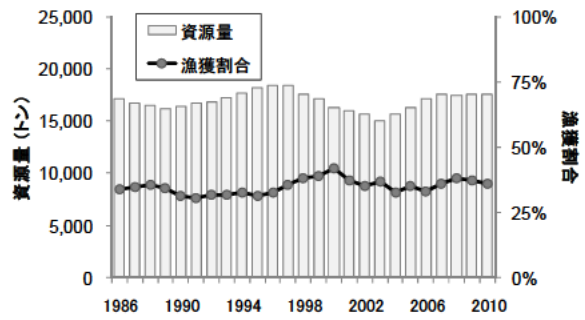


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

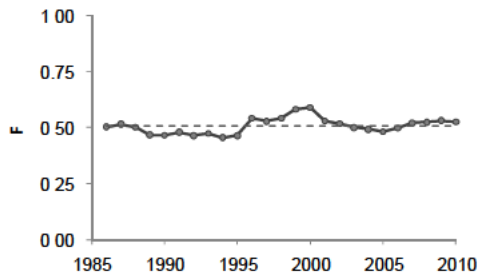


図8. 漁獲係数の経年変化 点線は過去平均値。

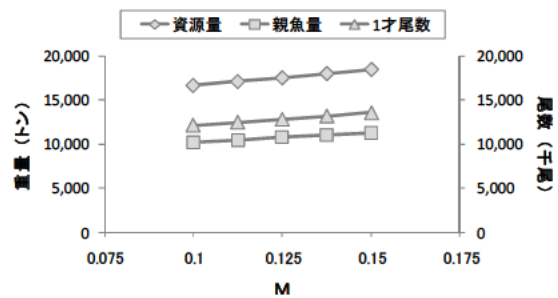


図9. 2009年の資源量、親魚量、1才魚尾数に対するMの影響

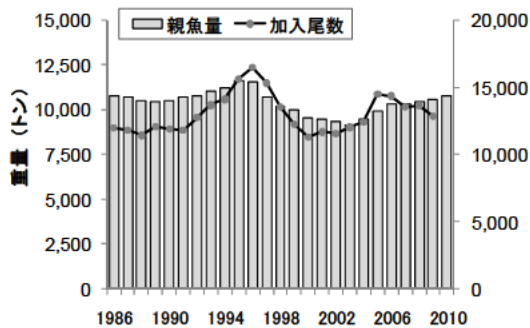


図10. 親魚量と1歳魚加入尾数の経年変化

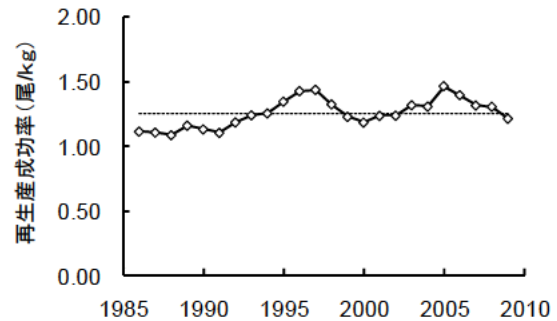


図11. 再生産成功率の経年変化
点線は過去平均値。

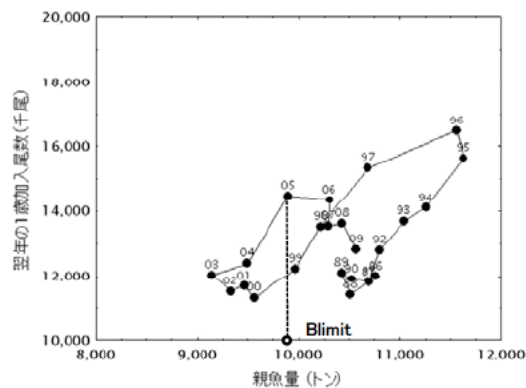


図12. 再生産関係

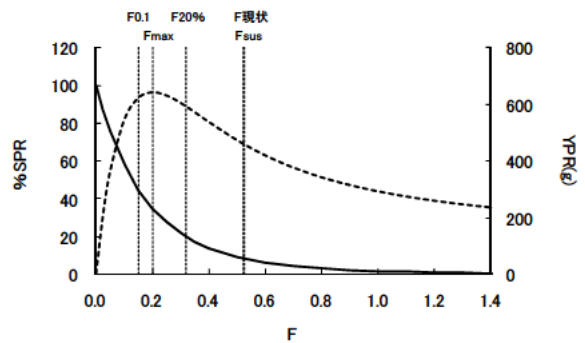


図13. F値による%SPR(実線)とYPR(点線)の変化

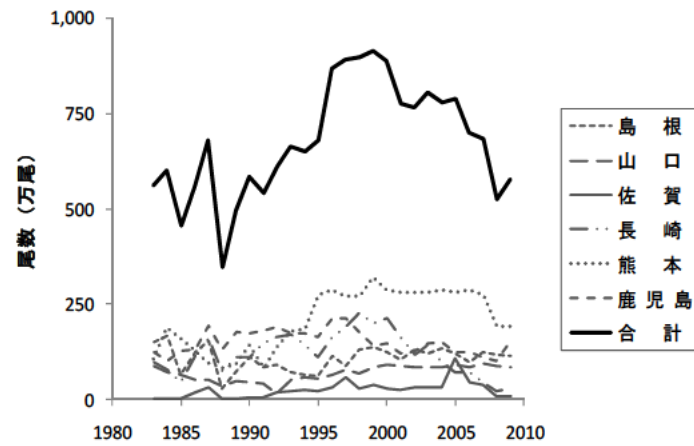


図14 県別マダイ種苗放流数の経年変化

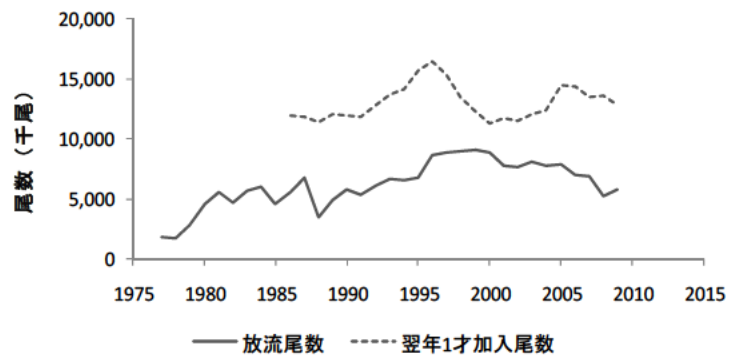


図15 種苗放流数と翌年の1歳魚加入尾数推定値の経年変動

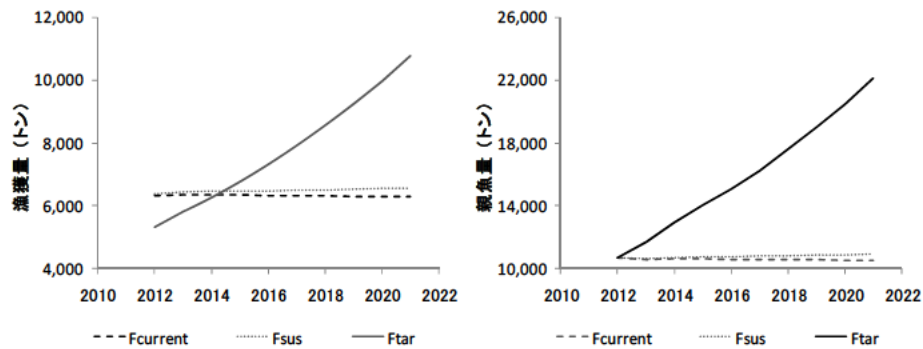


図16 異なるF値による漁獲量(左)と親魚量(右)の予測推移

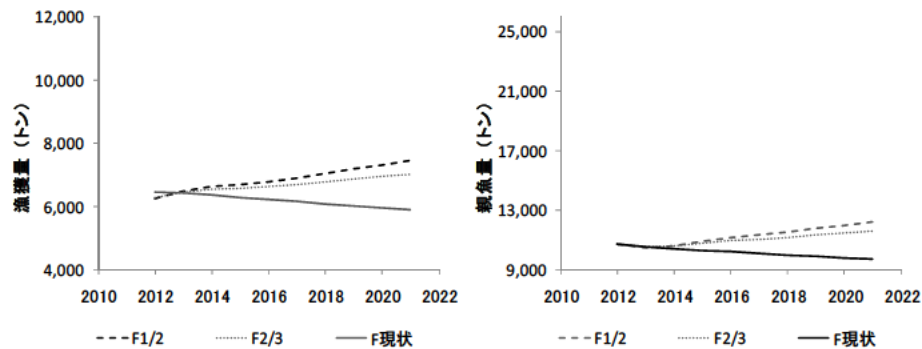


図17 2012年以降の1歳魚F値を、現状、現状の2/3、現状の1/2に変えた場合の漁獲量(左)と親魚量(右)の予測推移