平成 27（2015）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 （中川雅弘、吉村 拓）
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

本系群の資源量についてコホート解析により推定した。資源量は 1995 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 2009 年までは 17 千トンを超えていたが、2010 年以降は再び減少傾向となった。2014 年の資源量は前年より若干の増加が見られ 15 千トンとなった。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値である 2005 年の親魚量 9.9 千トンを Blimit とした。2014 年の親魚量は 8.2 千トンでこれを下回っている。中位と低位の境界値を Blimit とすると、2014 年は Blimit を下回っているため資源水準は低位、動向は最近 5 年間（2010～2014 年）の推移から減少と判断した。現状の漁獲係数 Fcurrent は資源量を維持する Fsus より大きく、加入乱獲の傾向にある。このため、Fsus を B/Blimit の比率で引き下げた値である Frec を管理基準として ABC を算定した。

管理基準	Limit / Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC（トン）
Frec	Limit	0.45	33	4,560
	Target	0.36	27	3,805

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。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、より安定的な資源の増大が期待されるF値による漁獲量である。Ftarget = α Flimitとし、係数αには標準値0.8を用いた。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
2013	14,636	5,506	0.58	38 %
2014	14,843	5,958	0.59	40 %
2015	14,464	－	－	－

2015 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いた予測である。資源量に 0 歳魚は含まない。

水準： 低位　　動向： 減少

本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） 以西底びき網漁獲成績報告書（水産庁） 漁業種別漁獲量（鳥取～鹿児島（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（鳥取～鹿児島（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	2013 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	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（熊本県） 年別混入率（島根県）
養殖マダイ収穫量	漁業・養殖業生産統計（農林水産省）

1. まえがき

2014 年の全国マダイ漁獲量は前年から 547 トン増加して 14,702 トンで、その 41 %にあたる 5,958 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。なお、東シナ海における以西底びき網漁業による漁獲は含まない。

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、2013 年の放流尾数は 3,306 千尾であった。

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）以降減少傾向にあり、2014 年は前年より 208 トン微増して 56,861 トンであった。全国マダイ漁獲量に対する比は昨年（3.7 倍）とほぼ同じで 3.9 倍であった。

2. 生態

（1）分布・回遊

本系群のマダイは、鳥取県以西の日本海西部海域と、福岡県から鹿児島県の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 9cm、1 年で 14cm、2 年で 22cm、3 年で 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 20 年と推定されている（田

中 1986）。

（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鯵曽根では 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（田中 1986）。

（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（木曾 1980）。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

本系群の 2014 年における漁獲量 5,958 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 5,822 トン（98%）の内訳では、船びき網が 47%で最も多くを占め、釣り（13%）、刺網（10%）、沖合底びき（9%）、はえ縄（8%）がこれに次いだ。県別では、福岡県（28%）が最も多く、長崎県（25%）、熊本県（12%）がこれに次いだ（図 4）。本種は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 11 千トンをピークに、その後減少し 1990 年には 5.1 千トンになった。その後は増加に転じ、1998 年に 6.8 千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。2004 年から再び増加に転じた後、増減を繰り返しながらほぼ横ばいの状況である（図 5、表 1）。

（3）漁獲努力量

2014 年における本系群漁獲量の 77%を漁獲する船びき網、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. 資源の状態

（1）資源評価の方法（補足資料 1）

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。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。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。2014 年のプラスグループの F は、9 歳の 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。2014 年は 1 歳魚が 36%、2 歳魚が 36%、3 歳魚が 16%で、1 歳魚の割合は昨年（34%）に比べると若干の増加傾向を示している（図 6）。

（4）資源量と漁獲割合の推移

年齢別漁獲尾数（表 2）に基づくコホートの計算結果（図 7、表 3）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。その後，増加に転じ 2007 年から 2009 年までは 17 千トンを超えてほぼ横ばいであったが、2010 年以降減少し 2014 年は 14.8 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、2009 年までは 30,000 千尾を超えてほぼ横ばいであった。2010 年以降は再び減少を示し 2013 年は 27,338 千尾であったが、2014 年は前年より 1,653 千尾増加して 28,991 千尾となった（表 4）。漁獲係数の年齢平均値は 1986 年から 2010 年ではおよそ 0.45～0.59 の範囲を推移していたが、2011 年以降の漁獲係数は増加傾向を示し 0.58～0.63 の範囲を示している。2014 年の漁獲係数は過去の平均である 0.52 を上回る 0.59 であった（図 8、表 5）。

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 4～5%と推定された。

（5）再生産関係

親魚量と翌年の1歳魚加入尾数との関係（図10）によると、1986年から1997年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。それ以降は親魚、1歳魚ともに減少傾向に転じたが、2002年ごろから再び増加傾向を示した。しかし、2009年以降は再び減少傾向となり、周期的な増減を繰り返しているように思われる。2013年の再生産成功率は前年を大きく上回り1.58尾/kgとなり（表6）、過去の平均である1.27/kgに比べると高い値を示した（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である。

（6）Blimit の設定

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値である 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図ることが妥当と考えられる。2014 年の親魚量は 8,223 トンで Blimit を下回っている（表 6）。

（7）資源の水準・動向

資源水準について、高位は過去 29 年間（1986～2014 年）における資源量の順位の上位 1/3 とし、中位と低位の境界値は Blimit（親魚量 9,900 トン）とする（図 5）。なお、2013 年までの中位と低位の境界値は資源量の順位の下位 1/3 であった。2014 年の親魚量は Blimit を下回るため、資源水準は低位とした。動向は最近 5 年間（2010～2014 年）の推移から減少と判断した。

（8）資源と漁獲の関係

2014 年以降の再生産成功率は、過去 3 年の平均（1.40 尾/kg）とし、各年齢の選択率は 2014 年と同じで推移すると仮定し、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を Fsus 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 7 に示す。年齢別選択率を 2014 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（0.59）は Fmax、F20%SPR、資源量の維持を目標とする限界値（Fsus=0.55）よりも高い。

（9）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。2013 年までの集計結果によると、放流総数は 1999 年に 9,140 千尾に達した後は減少し、2013 年は 3,306 千尾となり、放流の始まった 1980 年代の平均値 5,200 千尾を下まわった（図 5、14）。総放流数に占める割合は、熊本県（32%）、鹿児島県（30%）、島根県（21%）、山口県（11%）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 年以降は放流数と 1 歳魚尾数はともに減少していたが近年 1 歳魚の尾数が増加傾向にある。

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、概算値として利用できるデータを用いて人工種苗の混入率や添加効率を算出した。2001 年以降の年・県別の全年齢込みでの混入率は 1.6～11.2%（補足表 3-1）、添加効率は 0.04～0.24 であった（補足表 3-2）。

5. 2016 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 2009 年までは 17 千トンを超えていたが、2010 年以降再び減少となり、2014 年の資源量は前年より 203 トン増加したものの 15 千トンのままである。2014 年の資源量は上位 1/3 より下回ることに加えて、親魚量も Blimit を下回るため、資源水準は低位とした（図 5）。動向は最近 5 年間（2010～2014 年）の推移から減少と判断した。

（2）ABC 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値である 2005 年の 9,900 トンを Blimit とした。2014 年の親魚量は 8,223 トンでこれを下回っており、ABC 算定規則 1-1）-（2）に該当する。2015 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、Fcurrent では資源が減少すると推定された。このため、Fsus を B/Blimit の比率で引き下げた値である Frec を管理基準として ABC を算定した。

2016 年に Flimit（0.45）で漁獲した場合の ABClimit は 4,560 トン、不確実性を見込んだ Ftarget（0.36）で漁獲した場合の ABCtarget は 3,805 トンと算出された。

管理基準	Limit / Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年 ABC（トン）
Frec	Limit	0.45	33	4,560
	Target	0.36	27	3,805

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。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、より安定的な資源の増大が期待される F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

（3）ABC の評価

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、2015 年の漁獲係数は 2014 年に同じ、また 2016 年以降は年齢別選択率を 2014 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。

F	管理基準	漁獲量（トン）						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.59	Fcurrent	5,932	5,828	5,568	5,324	5,176	5,039	4,899
0.45	Frec	5,932	5,828	4,560	4,882	5,199	5,572	6,030
0.36	0.8･Frec	5,932	5,828	3,805	4,400	4,992	5,705	6,632
F	管理基準	資源量（トン）						
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.59	Fcurrent	14,843	14,464	13,903	13,419	13,046	12,675	12,287
0.45	Frec	14,843	14,464	13,903	14,968	16,039	17,232	18,535
0.36	0.8･Frec	14,843	14,464	13,903	16,126	18,485	21,250	24,493

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
2013 年漁獲量確定値	2013 年漁獲量
2014 年漁獲量速報値	2014 年漁獲量
2014 年年齢別漁獲尾数	2013 年から 2014 年までの年齢別資源尾数（再生産関係）

評価対象年	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）	Frec	0.53	16,342	5,900	3,306	
2014 年(2014 年再評価)	Frec	0.43	16,339	4,216	3,511	
2014 年(2015 年再評価)	Frec	0.36	14,843	4,858	4,054	5,958
2015 年（当初）	Frec	0.43	14,636	3,969	3,306	
2015 年(2015 年再評価)	Frec	0.36	14,464	4,774	3,985	

2014 年（当初）の値は 2012 年までの漁獲データを用いた 2013 年における評価結果、2014 年（2014 年再評価）と 2015 年（当初）は 2013 年までのデータを用いた 2014 年における結果、2014 年（2015 年再評価）と 2015 年（2015 年再評価）は 2014 年までのデータを用いた今回の結果である。

2014 年（当初）の資源量は 16,342 トンであったが、2014 年の再評価では 16,339 トン、2015 年の再評価では 14,843 トンとなり下方修正となった。これらの要因として考えられるのは以下の通りである。2013 年の漁獲量は前年と比較すると 1,062 トン減少し、2014 年の漁獲量は前年と比較すると 452 トン増加し、これらの増減が資源量計算に影響を与えていると考えられる（表 1）。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対象にされないことが示唆されるが、近年の F 値は減少傾向を示していない。このような中、再生産成功率は 1986 年以降の最高値である 1.58 尾/kg を示した。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はあるものの、再生産成功率の増加が資源量の再評価の変動の要因の一つとなっていると考えられる。

6. ABC 以外の管理方策の提言

本系群のマダイの資源量は概ね10年周期で資源量が変動している（図5）。また、資源量解析にはチューニングVPAを用いていないため、漁獲量が直接的に結果に反映される。下記に示したように、近年はマダイを積極的に漁獲していないため、資源量が過小評価されている可能性は否定できない。現状のFで漁獲し、現状の放流強度（4,000千尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合の2020年の漁獲量の差は183トン、資源量の差は387トンであると算定された（補足図3-1、3-2）。また、本海域では、放流種苗由来のマダイが206～1,614千尾加入しており（補足表3-2）、天然の加入群を下支えする一定の効果があると考えられる。一方、本海域における再生産成功率（RPS）は1986～1992年までは1.04～1.18尾/kgを示していたが、1993年以降、1.18～1.58尾/kgとなり若干の増加傾向を示している（図11、表6）。また、本年度の解析結果ではFcurrentがFsusを上回ったが（図13）、これは近年のFの増加が大きな要因と考えられる（図8、表5）。しかし、本海域のマダイは船びき網、釣り、刺網、沖合底びき、はえ縄など様々な漁法により漁獲され（図4）、マダイのみを狙った漁業ではないことに加えて、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。今後の本種における管理方策は漁獲制限だけでは限界があると考えられる。種苗放流によって本種の再生産を補助することが可能であれば、トラフグで検討され始めている有効放流尾数を検討することも一つの方法であろう。

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.

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.

田中克（1986）マダイの資源培養技術（田中　克・松宮義晴編）．恒星社厚生閣，東京，59−74．

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.

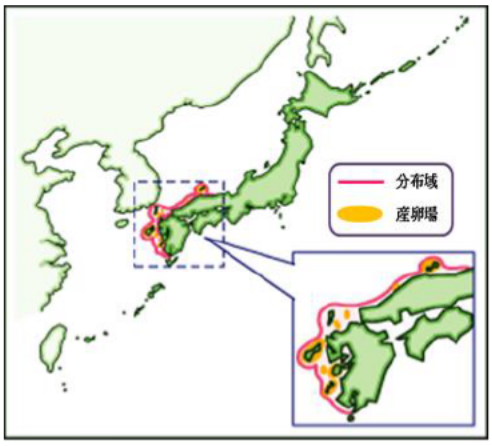


図 1.　マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

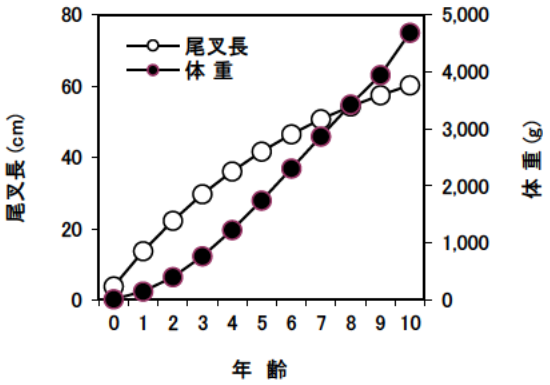


図 2.　マダイ日本海西部・東シナ海系群の成長

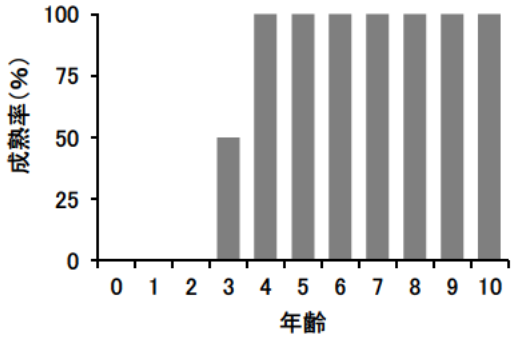


図 3.　マダイ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

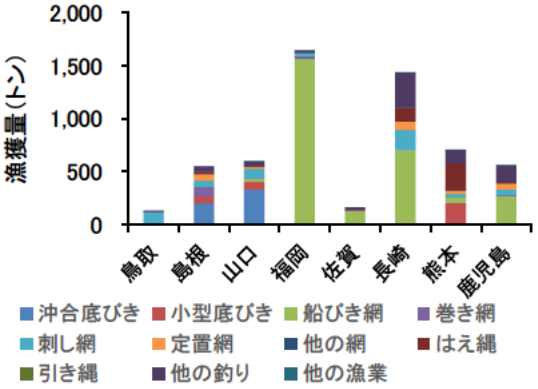


図 4.　マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種別の 2014 年漁獲量

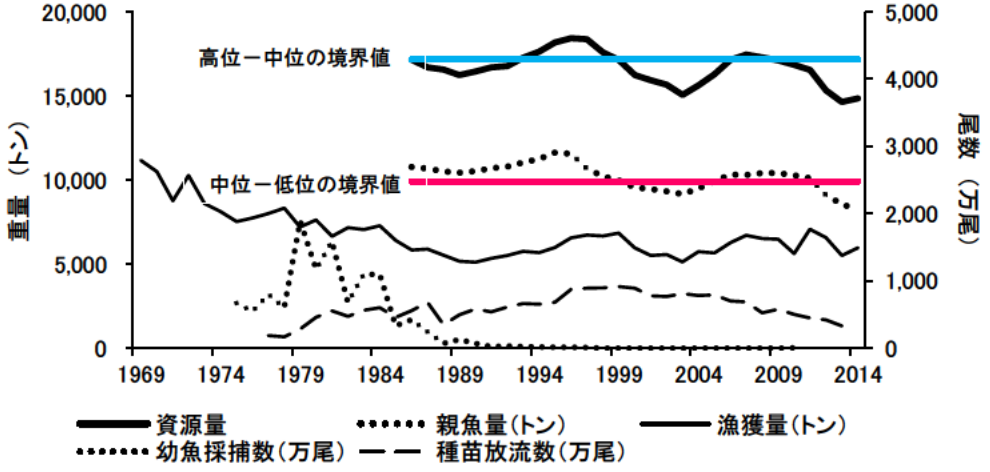


図 5.　マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、資源量、親魚量、養殖用天然幼魚の採捕尾数（一部は秋元・内田（1988）より）、および人工種苗放流数の経年変化

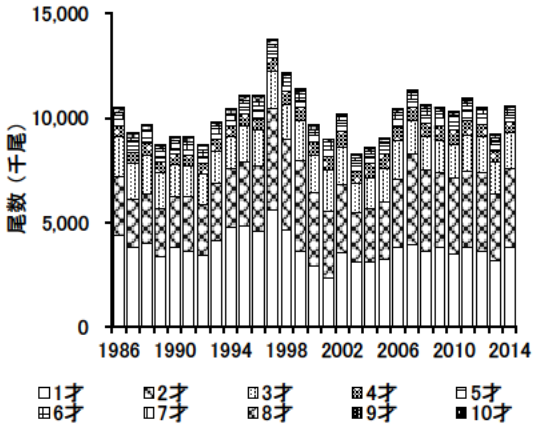


図 6.　年齢別漁獲尾数の経年変化

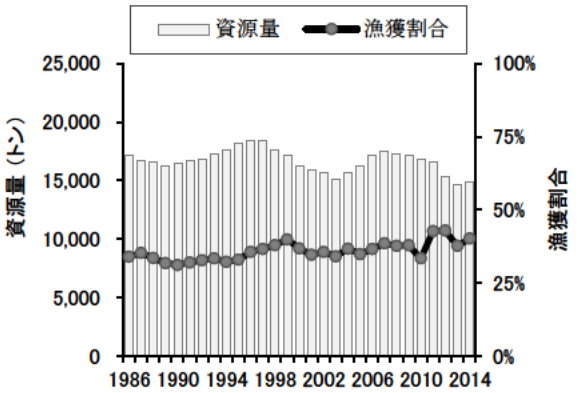


図 7.　資源量と漁獲割合の経年変化

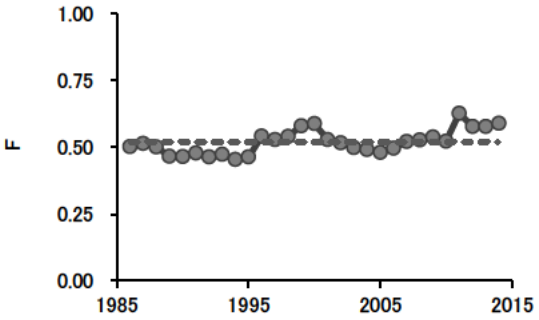


図 8.　漁獲係数の経年変化（点線は過去平均値）

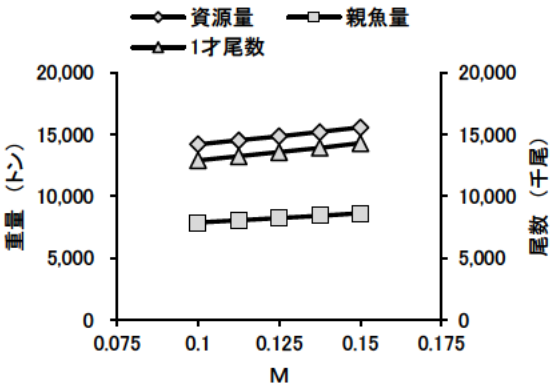


図 9.　2013 年の資源量、親魚量、1 歳魚尾数に対する M の影響

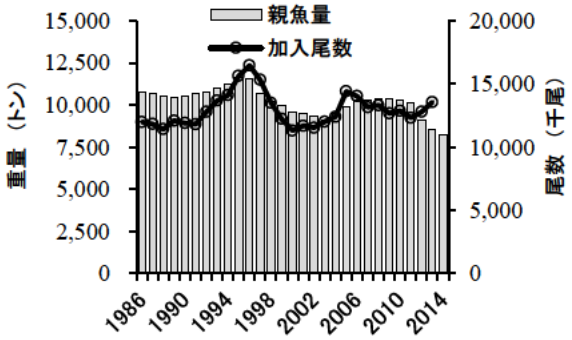


図 10.　親魚量と 1 歳魚加入尾数の経年変化

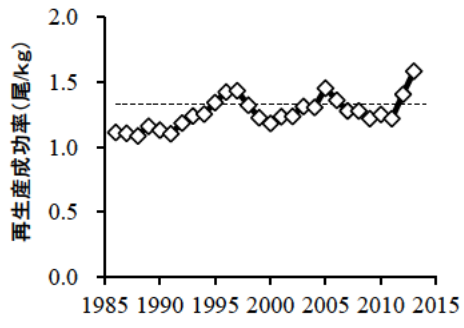


図 11.　再生産成功率の経年変化
（点線は過去 10 年間の平均値）

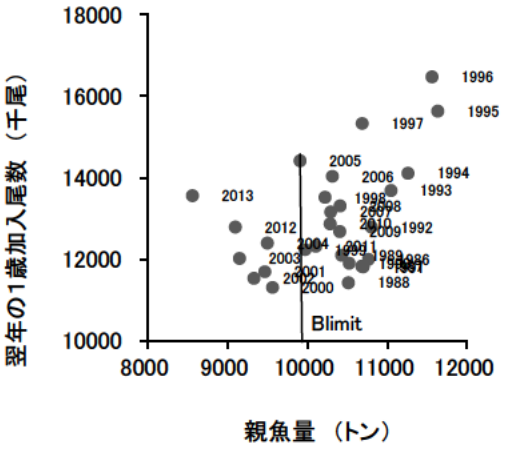


図 12.　再生産関係

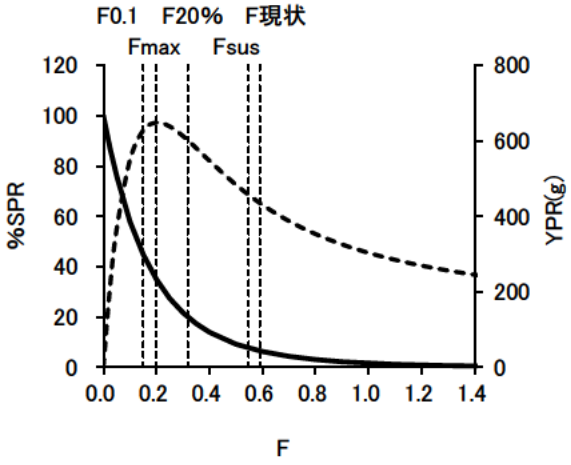


図 13.　F 値による%SPR（実線）と YPR（点線）の変化

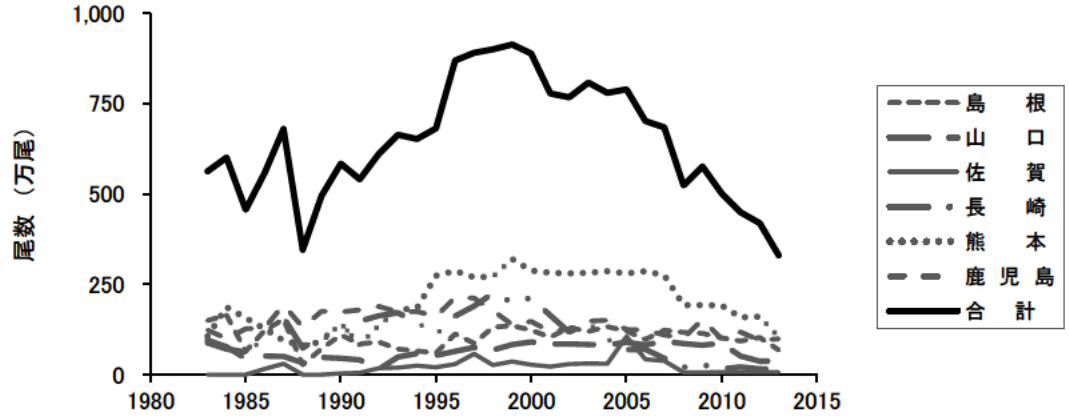


図 14.　県別マダイ種苗放流数の経年変化

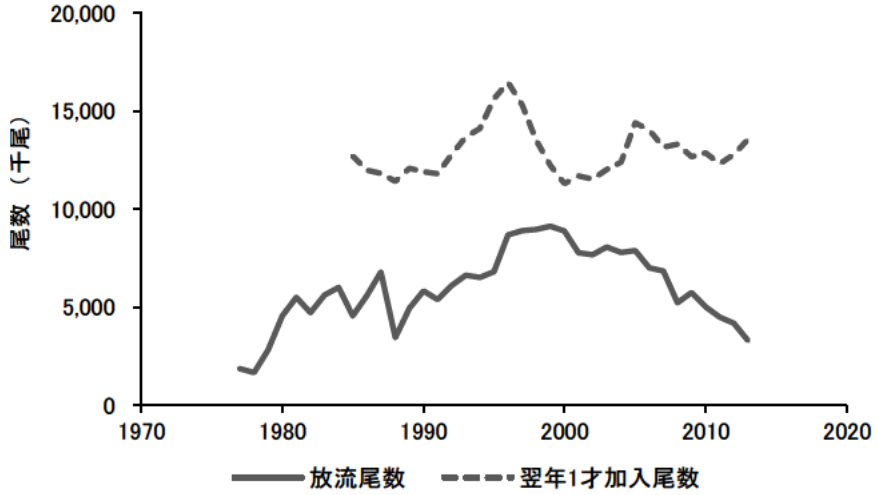


図 15.　種苗放流数と翌年の 1 歳魚加入尾数推定値の経年変化

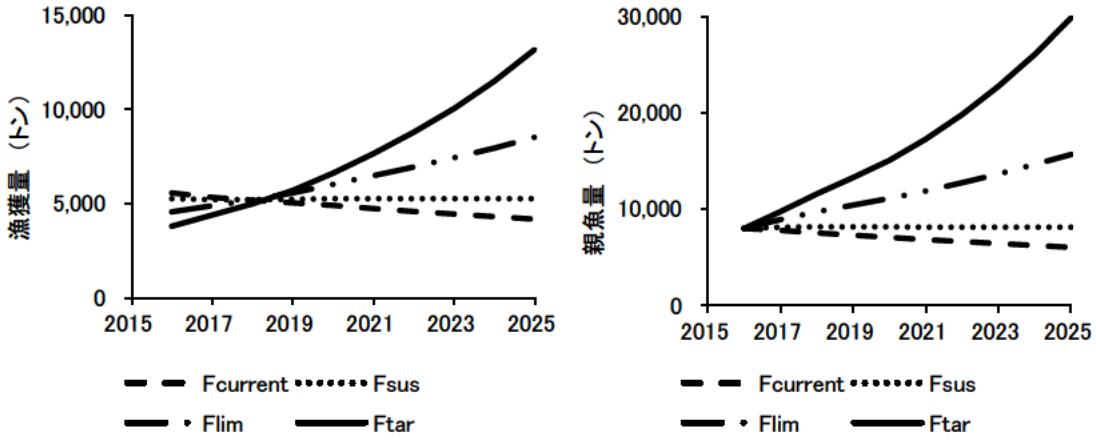


図 16.　異なる F 値による漁獲量（左）と親魚量（右）の予測推移

表 1.　マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量　（トン）

年	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
漁獲量	11,166	10,493	8,759	10,268	8,596	8,121	7,517	7,729	8,000	8,320
年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
漁獲量	7,206	7,622	6,638	7,154	7,050	7,279	6,392	5,819	5,879	5,532
年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
漁獲量	5,154	5,111	5,495	5,754	5,669	5,973	6,555	6,716	6,666	6,830
年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
漁獲量	5,964	5,512	5,561	5,561	5,123	5,729	5,665	6,265	6,710	6,505
年	2009	2010	2011	2012	2013	2014				
漁獲量	6,472	5,610	7,065	6,568	5,506	5,958				

表 2.　マダイ日本海西部･東シナ海系群の年齢別漁獲尾数　（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	3,655	3,736	1,712	588	345	193	137	86	47	36	10,535
2013	3,192	3,201	1,514	532	327	164	146	91	50	36	9,253
2014	3,826	3,789	1,660	532	310	155	145	88	47	32	10,584

表 3.　コホート解析によるマダイ日本海西部･東シナ海系群の推定資源重量　（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
1986	1,830	2,939	3,233	2,363	2,006	1,697	1,247	949	396	487	17,147
1987	1,715	2,807	2,980	2,369	2,079	1,717	1,237	885	409	496	16,695
1988	1,704	2,793	3,100	2,287	2,051	1,757	1,165	860	360	481	16,557
1989	1,645	2,653	3,030	2,237	1,985	1,779	1,243	837	364	466	16,239
1990	1,742	2,748	2,876	2,255	1,996	1,732	1,301	946	379	475	16,449
1991	1,714	2,818	2,912	2,316	2,011	1,738	1,299	972	405	499	16,685
1992	1,701	2,818	2,921	2,431	2,054	1,726	1,271	938	409	510	16,779
1993	1,842	2,876	2,997	2,487	2,181	1,775	1,249	922	402	528	17,260
1994	1,970	2,945	2,907	2,474	2,203	1,961	1,315	930	389	530	17,625
1995	2,032	3,037	2,951	2,352	2,245	2,014	1,566	1,029	412	535	18,174
1996	2,251	3,146	2,953	2,166	2,026	2,029	1,544	1,283	460	573	18,432
1997	2,372	3,780	3,076	2,211	1,843	1,637	1,401	1,050	433	570	18,374
1998	2,207	3,707	2,914	2,240	1,757	1,497	1,282	947	390	648	17,588
1999	1,947	3,645	3,144	2,245	1,825	1,400	1,163	843	344	578	17,132
2000	1,762	3,406	3,037	2,268	1,757	1,441	1,078	759	274	464	16,246
2001	1,629	3,202	3,273	2,192	1,841	1,404	1,185	646	223	339	15,933
2002	1,684	3,111	3,091	2,343	1,759	1,390	1,078	629	232	351	15,667
2003	1,661	2,786	2,909	2,300	1,682	1,319	1,099	664	251	380	15,050
2004	1,731	2,884	3,042	2,491	1,888	1,222	1,045	728	236	368	15,634
2005	1,785	3,054	3,074	2,554	2,044	1,457	954	758	243	357	16,282
2006	2,075	3,156	3,192	2,504	2,066	1,576	1,221	707	301	339	17,138
2007	2,021	3,641	3,000	2,421	2,051	1,547	1,206	842	371	350	17,450
2008	1,895	3,461	3,050	2,371	2,038	1,568	1,162	867	553	321	17,287
2009	1,916	3,264	3,056	2,482	2,029	1,542	1,161	777	458	427	17,111
2010	1,826	3,250	2,960	2,540	2,024	1,553	1,117	739	417	413	16,838
2011	1,853	3,157	2,857	2,345	2,048	1,538	1,163	751	431	400	16,542
2012	1,774	3,088	2,744	2,035	1,810	1,439	1,064	677	366	334	15,330
2013	1,842	2,967	2,540	1,909	1,592	1,361	1,062	682	368	314	14,636
2014	1,952	3,307	2,720	1,848	1,526	1,145	1,052	652	356	283	14,843

表 4. コホート解析によるマダイ日本海西部･東シナ海系群の推定資源尾数 （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	12,706	7,365	4,227	1,927	1,150	737	435	277	101	104	29,028
1987	11,996	7,054	3,901	1,934	1,192	746	432	259	104	106	27,723
1988	11,832	6,999	4,052	1,866	1,176	763	407	251	91	103	27,539
1989	11,426	6,648	3,961	1,825	1,137	773	434	244	92	100	26,640
1990	12,096	6,887	3,760	1,839	1,144	752	454	276	96	101	27,405
1991	11,903	7,063	3,807	1,889	1,152	755	453	284	103	106	27,516
1992	11,813	7,062	3,819	1,983	1,177	750	444	274	104	109	27,534
1993	12,791	7,209	3,917	2,029	1,250	771	436	269	102	113	28,886
1994	13,683	7,382	3,800	2,018	1,262	852	459	272	99	113	29,940
1995	14,110	7,613	3,857	1,918	1,287	875	547	300	105	114	30,726
1996	15,632	7,884	3,860	1,767	1,161	881	539	375	117	122	32,338
1997	16,472	9,473	4,021	1,803	1,056	711	489	307	110	122	34,564
1998	15,328	9,290	3,810	1,827	1,007	650	448	276	99	138	32,873
1999	13,518	9,134	4,110	1,831	1,046	608	406	246	87	123	31,109
2000	12,236	8,537	3,970	1,850	1,007	626	376	222	69	99	28,992
2001	11,310	8,024	4,278	1,788	1,055	610	414	189	57	72	27,796
2002	11,694	7,798	4,040	1,911	1,008	604	376	184	59	75	27,748
2003	11,532	6,982	3,802	1,876	964	573	384	194	64	81	26,451
2004	12,021	7,228	3,977	2,032	1,082	531	365	212	60	78	27,585
2005	12,399	7,655	4,019	2,083	1,171	633	333	221	62	76	28,653
2006	14,411	7,911	4,173	2,042	1,184	685	426	206	76	72	31,186
2007	14,033	9,126	3,921	1,975	1,175	672	421	246	94	75	31,738
2008	13,160	8,674	3,987	1,934	1,168	681	406	253	140	68	30,472
2009	13,307	8,181	3,995	2,024	1,163	670	405	227	116	91	30,178
2010	12,683	8,145	3,869	2,072	1,160	674	390	216	106	88	29,402
2011	12,867	7,913	3,735	1,912	1,174	668	406	219	109	85	29,088
2012	12,317	7,739	3,587	1,660	1,037	625	371	198	93	71	27,699
2013	12,791	7,437	3,320	1,557	912	591	371	199	93	67	27,338
2014	13,559	8,289	3,556	1,507	875	498	367	190	90	60	28,991

表 5.　コホート解析によるマダイ日本海西部･東シナ海系群の漁獲係数推定値

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7 歳	8 歳	9 歳	10+歳	F(平均)
1986	0.46	0.51	0.66	0.36	0.31	0.41	0.40	0.86	0.53	0.53	0.50
1987	0.41	0.43	0.61	0.37	0.32	0.48	0.42	0.92	0.59	0.59	0.51
1988	0.45	0.44	0.67	0.37	0.29	0.44	0.38	0.88	0.54	0.54	0.50
1989	0.38	0.44	0.64	0.34	0.29	0.41	0.33	0.81	0.51	0.51	0.47
1990	0.41	0.47	0.56	0.34	0.29	0.38	0.34	0.86	0.49	0.49	0.47
1991	0.40	0.49	0.53	0.35	0.30	0.41	0.38	0.88	0.53	0.53	0.48
1992	0.37	0.46	0.51	0.34	0.30	0.42	0.37	0.86	0.51	0.51	0.46
1993	0.42	0.52	0.54	0.35	0.26	0.39	0.35	0.88	0.52	0.52	0.47
1994	0.46	0.52	0.56	0.33	0.24	0.32	0.30	0.83	0.49	0.49	0.45
1995	0.46	0.55	0.66	0.38	0.25	0.36	0.25	0.82	0.46	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	0.54
1997	0.45	0.79	0.66	0.46	0.36	0.34	0.45	1.01	0.39	0.39	0.53
1998	0.39	0.69	0.61	0.43	0.38	0.35	0.47	1.03	0.53	0.53	0.54
1999	0.33	0.71	0.67	0.47	0.39	0.36	0.48	1.14	0.63	0.63	0.58
2000	0.30	0.57	0.67	0.44	0.38	0.29	0.56	1.24	0.72	0.72	0.59
2001	0.25	0.56	0.68	0.45	0.43	0.36	0.69	1.04	0.42	0.42	0.53
2002	0.39	0.59	0.64	0.56	0.44	0.33	0.54	0.93	0.38	0.38	0.52
2003	0.34	0.44	0.50	0.43	0.47	0.33	0.47	1.05	0.49	0.49	0.50
2004	0.33	0.46	0.52	0.43	0.41	0.34	0.37	1.11	0.47	0.47	0.49
2005	0.32	0.48	0.55	0.44	0.41	0.27	0.35	0.94	0.52	0.52	0.48
2006	0.33	0.58	0.62	0.43	0.44	0.36	0.43	0.66	0.56	0.56	0.50
2007	0.36	0.70	0.58	0.40	0.42	0.38	0.38	0.44	0.78	0.78	0.52
2008	0.35	0.65	0.55	0.38	0.43	0.39	0.46	0.66	0.71	0.71	0.53
2009	0.37	0.62	0.53	0.43	0.42	0.42	0.50	0.64	0.73	0.73	0.54
2010	0.35	0.65	0.58	0.44	0.43	0.38	0.45	0.55	0.70	0.70	0.52
2011	0.38	0.67	0.69	0.49	0.50	0.46	0.59	0.74	0.88	0.88	0.63
2012	0.38	0.72	0.71	0.47	0.44	0.40	0.50	0.63	0.77	0.77	0.58
2013	0.31	0.61	0.66	0.45	0.48	0.35	0.54	0.66	0.85	0.85	0.58
2014	0.36	0.67	0.69	0.47	0.47	0.40	0.54	0.68	0.81	0.81	0.59

表 6.　コホート解析によるマダイ日本海西部･東シナ海系群の再生産関係

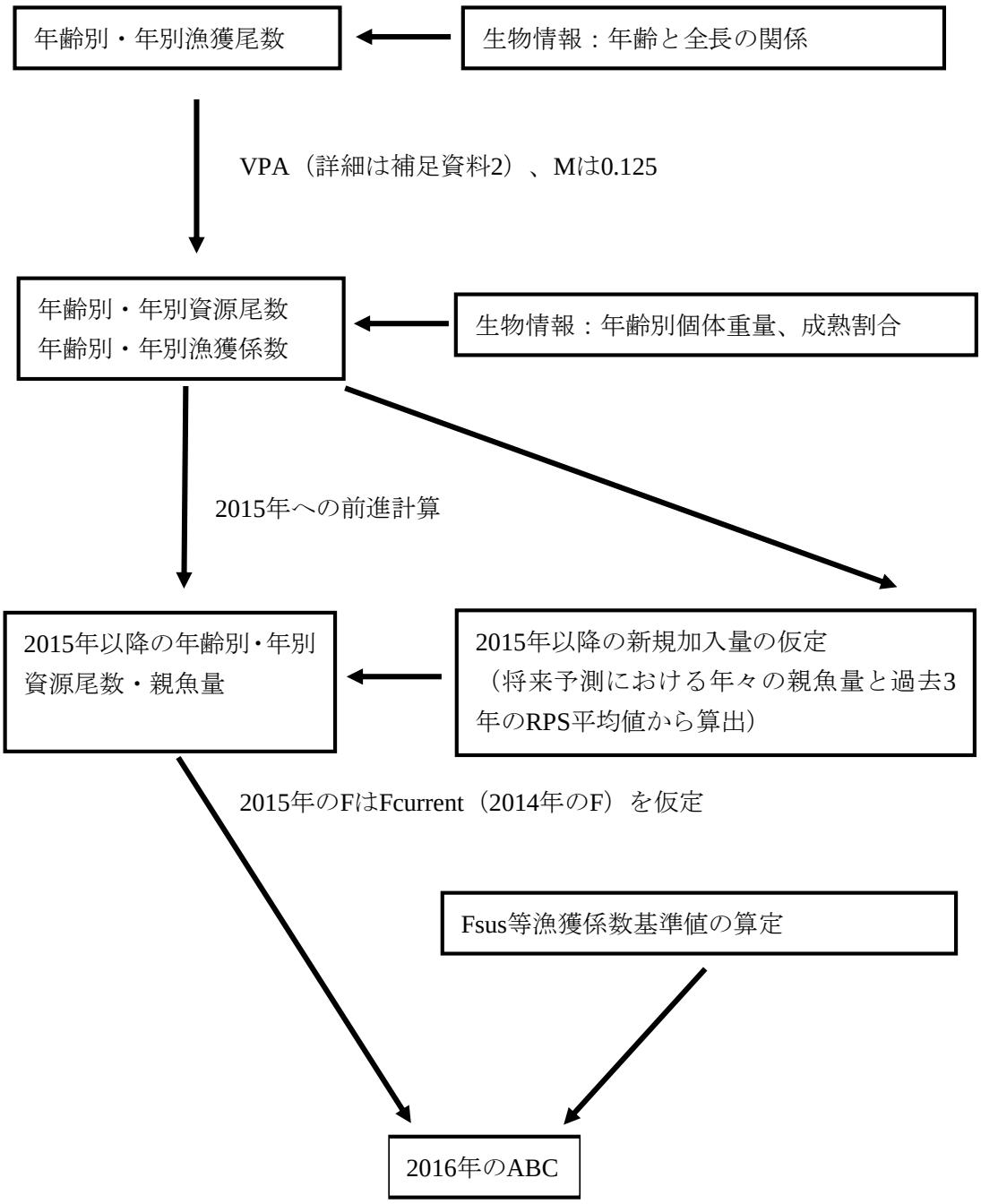
年	親魚量（トン）	加入量（千尾）（翌年の 1 歳魚）	再生産成功率（尾 / kg）
1986	10,761	11,996	1.11
1987	10,680	11,832	1.11
1988	10,511	11,426	1.09
1989	10,426	12,096	1.16
1990	10,522	11,903	1.13
1991	10,696	11,813	1.10
1992	10,799	12,791	1.18
1993	11,043	13,683	1.24
1994	11,255	14,110	1.25
1995	11,629	15,632	1.34
1996	11,558	16,472	1.43
1997	10,684	15,328	1.43
1998	10,217	13,518	1.32
1999	9,969	12,236	1.23
2000	9,559	11,310	1.18
2001	9,466	11,694	1.24
2002	9,327	11,532	1.24
2003	9,149	12,021	1.31
2004	9,498	12,399	1.31
2005	9,906	14,411	1.45
2006	10,310	14,033	1.36
2007	10,289	13,160	1.28
2008	10,406	13,307	1.28
2009	10,403	12,683	1.22
2010	10,282	12,867	1.25
2011	10,103	12,317	1.22
2012	9,096	12,791	1.41
2013	8,557	13,559	1.58
2014	8,223		

表 7.　F を変化させた場合の漁獲量と親魚量の予測

F	管理基準	漁獲量（トン）						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0.00		0	0	0	0	0	0	0
0.05	0.1Fsus	666	1,009	1,437	2,047	3,027	4,463	6,537
0.11	0.2Fsus	1,297	1,872	2,556	3,501	4,961	7,004	9,818
0.16	0.3Fsus	1,895	2,606	3,415	4,497	6,108	8,255	11,080
0.22	0.4Fsus	2,462	3,227	4,061	5,143	6,693	8,662	11,136
0.27	0.5Fsus	3,000	3,748	4,533	5,521	6,885	8,534	10,512
0.33	0.6Fsus	3,509	4,182	4,863	5,698	6,808	8,082	9,542
0.38	0.7Fsus	3,993	4,540	5,080	5,725	6,553	7,453	8,436
0.44	0.8Fsus	4,451	4,832	5,204	5,642	6,187	6,741	7,318
0.49	0.9Fsus	4,886	5,065	5,255	5,482	5,756	6,011	6,260
0.55	1.0Fsus	5,298	5,248	5,248	5,266	5,296	5,300	5,297

F	管理基準	親魚量（トン）						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0.00		7,988	13,959	23,392	35,791	52,212	78,189	118,892
0.05	0.1Fsus	7,988	13,217	21,020	30,770	43,202	62,136	90,543
0.11	0.2Fsus	7,988	12,517	18,894	26,470	35,776	49,420	69,021
0.16	0.3Fsus	7,988	11,854	16,988	22,786	29,649	39,337	52,664
0.22	0.4Fsus	7,988	11,228	15,280	19,627	24,591	31,336	40,221
0.27	0.5Fsus	7,988	10,636	13,747	16,917	20,411	24,981	30,744
0.33	0.6Fsus	7,988	10,077	12,372	14,591	16,954	19,929	23,520
0.38	0.7Fsus	7,988	9,548	11,137	12,594	14,094	15,910	18,009
0.44	0.8Fsus	7,988	9,048	10,029	10,877	11,724	12,710	13,800
0.49	0.9Fsus	7,988	8,575	9,033	9,402	9,760	10,160	10,583
0.55	1.0Fsus	7,988	8,128	8,139	8,132	8,131	8,128	8,122

補足資料１


年齢別・年別漁獲尾数
生物情報：年齢と全長の関係
VPA（詳細は補足資料2）、Mは0.125
年齢別・年別資源尾数
年齢別・年別漁獲係数
生物情報：年齢別個体重量、成熟割合
2015年への前進計算
2015年以降の年齢別･年別資源尾数・親魚量
2015年以降の新規加入量の仮定
（将来予測における年々の親魚量と過去3年のRPS平均値から算出）
2015年のFはFcurrent（2014年のF）を仮定
Fsus等漁獲係数基準値の算定
2016年のABC

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によって行った。

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

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

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

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y}$$

ただし、yは年

には以下の式を用いた。

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。

補足資料 3　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（補足表 3-1）。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。

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。本来であれば各年級群における 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（補足表 3-2）。

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

2015 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 2020 年における推定漁獲量について、添加効率を 3 段階（0.10, 0.15, 0.20）に変化させて試算した。計算方法は亘（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。この試算結果から、添加効率が 0.15 で現状の F で漁獲を行うと仮定した場合、現状の放流強度（4,000 千尾）で放流を行った場合と放流を行わなかった場合の 2020 年の漁獲量の差は、183 トン、資源量の差は、387 トンと算定された。

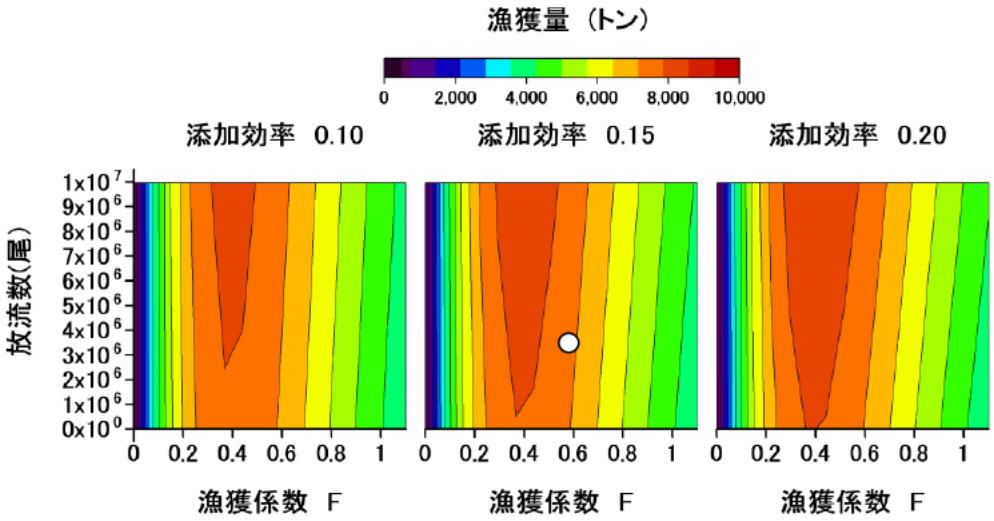
引用文献

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.

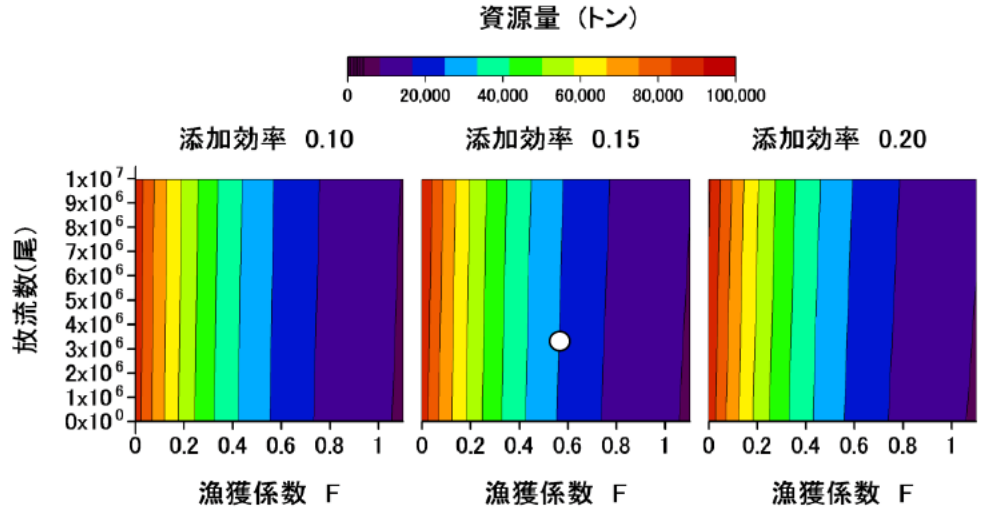
亘　真吾（2011） 平成 23 年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価．平成 23 年度我が国周辺水域の漁業資源評価，1385-1410.

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.



補足図 3-1.　放流数と F を変えた場合の 2020 年における漁獲量の等量線図
白丸は現状の位置



補足図 3-2.　放流数と F を変えた場合の 2020 年における資源量の等量線
白丸は現状の位置

補足表 3-1.　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

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
鳥取	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
島根	-	-	-	7.4	19.3	18.1	14.1	8.4	7.4	6.7
山口	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
福岡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
佐賀	1.2	2.0	3.0	2.2	4.7	5.2	3.8	3.4	1.5	0.6
長崎	3.5	4.2	1.8	6.4	-	-	-	-	-	-
熊本	9.6	10.3	8.0	15.8	11.9	12.3	6.9	3.1	4.2	4.6
鹿児島	5.3	4.5	4.4	4.2	2.1	1.8	1.7	1.5	1.8	3.5
全体	5.3	5.6	4.0	7.9	10.0	11.2	7.5	4.2	4.2	4.8

年	2011	2012	2013	2014
鳥取	-	-	-	-
島根	0.0	21.5	4.7	6.1
山口	-	-	-	-
福岡	-	-	-	-
佐賀	0.9	0.5	0.5	-
長崎	-	-	-	-
熊本	3.7	5.4	5.3	5.1
鹿児島	0.9	1.2	0.9	0.8
全体	1.6	8.6	3.2	4.1

補足表 3-2.　添加効率の試算結果

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
前年の放流尾数（千尾）	8,890	7,770	7,670	8,070	7,790	7,900	7,020	6,840	5,240	5,760
1 歳魚尾数（千尾）	11,310	11,694	11,532	12,021	12,399	14,436	14,033	13,160	13,307	12,683
混入率（%）	5.3	5.6	4.0	7.9	10.0	11.2	7.5	4.2	4.2	4.8
放流魚加入数（千尾）	599	655	461	950	1,240	1,614	1,053	553	559	609
添加効率	0.07	0.08	0.06	0.12	0.16	0.20	0.15	0.08	0.11	0.11

年	2011	2012	2013	2014
前年の放流尾数（千尾）	5,020	4,490	4,190	3,310
1 歳魚尾数（千尾）	12,867	12,317	12,791	13,559
混入率（%）	1.6	8.6	3.5	4.1
放流魚加入数（千尾）	206	1,059	452	562
添加効率	0.04	0.24	0.11	0.17