

平成 28（2016）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 1995～97 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。2015 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值である 2005 年の親魚量 9.9 千トンを B_{limit} とした。2015 年の親魚量は 7.8 千トンでこれを下回っている。中位と低位の境界値を B_{limit} とすると、2015 年は B_{limit} を下回っているため資源水準は低位、動向は最近 5 年間（2011～2015 年）の推移から横ばいと判断した。現状の漁獲係数 $F_{current}$ は資源量を維持する F_{sus} とほぼ同様の値を示しているが、 B_{limit} を下回るため、 F_{sus} を B/B_{limit} の比率で引き下げた値である F_{rec} を管理基準として ABC を算定した。本種は栽培漁業対象種であり、2014 年の放流尾数は 3,075 千尾、基礎データの制約により精度の問題は残るが、2015 年の混入率は 5.4%、添加効率は 0.23 と推定された。

管理基準	Target / Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (トン)	B _{limit} =9,900 (トン)
					親魚量 5 年後 (トン)
F _{rec}	Target	0.36	28	4,174	17,569
	Limit	0.45	33	4,998	12,928

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。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。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ 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。2015 年の親魚量は 7.7 千トン。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2012	15,033	8,870	6,568	0.59	44 %
2013	14,226	8,234	5,506	0.60	39 %
2014	14,420	7,781	5,965	0.55	41 %
2015	15,021	7,773	6,262	0.58	42 %
2016	15,204				

2016 年資源量はコホート解析による過去 3 年間平均の天然魚のみ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： 横ばい

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	2014 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（佐賀県、熊本県、鹿児島県） 年別混入率（島根県、山口県）
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

2015 年には全国のマダイの漁獲量 14,998 トンに対し、その 42 %にあたる 6,262 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。本報告では、この海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。マダイは栽培漁業の対象種として各地で種苗放流が行われており、本系群においても 1970 年代中頃より事業規模で実施されてきた。近年の放流尾数は徐々に減少し、1998 年には 9,000 千尾であったものが 2014 年には 3,075 千尾となっている。

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 歳程度と推定されている（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（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の動物プランクトンを、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

本系群を対象とする漁業は船びき網（50%）、釣り・延縄（20%）、刺網及び沖合底びき網（8%）、小型底びき網（6%）など多種多様である。県別の 2015 年の漁獲量の割合は、福岡県（29%）が最も多く、長崎県（28%）、熊本県（11%）がそれに次いだ（図 4）。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 千トンがピークで、その後減少し 1990 年には 5.1 千トンになった。その後増加に転じ、1998 年に 6.8 千トンまで回復した。1999 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、2015 年の漁獲量は 6.2 千トンであった（図 5、表 1）。

全国のマダイ漁獲量に対する本系群の占める割合は 42%であった。全国のマダイ漁獲量は 1970 年以降増減を繰り返しながら 14～20 千トンの間で推移しており、2015 年は 15 千トンとなっている。また、本種の養殖は減少傾向にあるものの、2015 年の全国の養殖マダイ収穫量は 62 千トン、全国のマダイ漁獲量は 15 千トンであり、養殖収穫量は漁獲量の約 4 倍に達する。本海域におけるマダイ養殖収穫量は 1990 年代には 20 千トンであったが、近年では 15 千トンとなり減少しているものの、漁獲量の 2 倍以上を推移している。

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。2015 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 年頃から各地で漁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。2015 年は 1 歳魚が 37%、2 歳魚が 37%、3 歳魚が 16%で、1 歳魚の割合は昨年（34%）と同じである（図 6）。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

年齢別漁獲尾数（補足表 2-1）に基づくコホートの計算結果（図 7、補足表 2-2）によると、資源量は 1989 年の 16 千トンから 1995～97 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た。2004 年以降、増加に転じ 2006 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 2013 年は過去最低の 14 千トンを示したが、2014 年からは緩やかに増加して、2015 年資源量は 15 千トンとなった。資源尾数も類似した変動をしており、1986 年以降 26,000～35,000 千尾の範囲で推移した（補足表 2-3）。資源量及び資源尾数の推移は、ほぼ 10 年周期で変動している。漁獲係数は 1986 年から 2010 年では 0.45～0.59 の範囲で推移したが、2011 年以降は増加傾向を示し 0.60 を超える年も認められた（図 8、補足表 2-4）。漁獲割合も同様に 1986 年から 2010 年では 40%を下回ったが（1999 年を除く）、2011 年以降は 40%を超えた年が多い（図 7）。

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

ここで述べる親魚とは天然魚及び放流魚由来であり、1歳魚とは天然魚のみの数値である。親魚量と翌年の1歳魚加入尾数の関係（図10、表2）を見ると、1986年～1997年の間では親魚量の増加に伴い翌年の加入尾数も増加するなど、2012年までは両者間の変動はほぼ連動していた。しかし、2013年以降、親魚量は減少し2015年の親魚量は過去最低の7,773トンとなったが、1歳魚尾数は15,000千尾程度に増加している。再生産成功率（親魚量1kgあたりの1歳魚加入尾数）は1986～1997年まで増加が続き、それ以降2000年まで減少に転じ2012年まで横ばいとなった。しかし、2013年以降増加して2014年は前年を大きく上回る1.90尾/kgとなり（表2）、過去における最大値を示した（図11）。将来予測における加入量の計算は、再生産関係から求められる天然加入尾数に、過去30年間と同様に今後も放流が続くと仮定し、その平均放流尾数に添加効率を乗じた値を加えて初期資源尾数とした。なお、再生産成功率は2012年から2014年の3年間における平均値である1.63（尾/kg）を使用した。

(6) Blimit の設定

コホート解析における1歳魚の推定尾数は、最新年に近いほど不確実性が高くなる要素が含まれる。2013年及び2014年の1歳魚の加入尾数は、親魚量が過去最低値であるが高い値を示し（図10）、特異的な事例であることが否定できない。2013年及び2014年を除いた過去における再生産関係を見ると、親魚量と翌年の1歳加入尾数との間には正の関係が認められる（図12）。このため、2013年及び2014年を除いた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として設定した。2015年の親魚量は7,773トンでBlimitを下回っている（表2）。

(7) 資源の水準・動向

資源水準について、高位は過去30年間（1986～2015年）における資源量の上位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）。2015年の親魚量は7,773トンでBlimitを下回るため、資源水準は低位と判断した。動向は最近5年間（2011～2015年）の推移から横ばいと判断した。

(8) 資源と漁獲の関係

2015年以降の再生産成功率は、過去3年の平均（1.63尾/kg）とし、各年齢の選択率は2015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補足表2-5に示す。年齢別選択率を2015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（0.58）は、資

源量が維持される F_{sus} (0.57) より若干高い程度である。

(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。2014 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、2014 年は 3,080 千尾となった（図 5、14）。2014 年における総放流数に占める割合は、熊本県及び鹿児島県（34%）、島根県（14%）、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おり、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、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概算的に算出した。2015 年における混入率は 5.4%（補足表 3-1）、添加効率は 0.23 であった（補足表 3-2）。

5. 2017 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 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た。2004 年以降、増加に転じ 2006 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 2013 年は過去最低値を示した。2014 年からは緩やかに増加し、2015 年の資源量は 15 千トンと推定された。2015 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 B_{limit} 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（2011～2015 年）の推移から横ばいと判断した。

(2) ABC の算定

2013 年及び 2014 年を除い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 9,900 トンを B_{limit} とした。2015 年の親魚量は 7,773 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 年の親魚量は B_{limit} を下回ることから、親魚量を回復させることを管理目標として、基準値 F_{sus} を B/B_{limit} の比率で引き下げた管理基準値 F_{rec} により ABC を算定した。しかし、2016 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、 $F_{current}$ (2015 年の F) では資源が緩やかに増加すると推定されたが、これは 2013 年及び 2014 年の再生産成功率が特異的に高かったためである。

2017 年に F_{limit} (0.45) で漁獲した場合の $ABClimit$ は 4,998 トン、不確実性を見込んだ

Ftarget (0.36) で漁獲した場合の ABCtarget は 4,174 トンと算出された。

管理基準	Target / Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (トン)
Frec	Target	0.36	28	4,174
	Limit	0.45	33	4,998

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、2016 年の漁獲係数は 2015 年に同じ、また 2017 年以降は年齢別選択率を 2015 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。

管理基準	漁獲量 (トン)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fcurrent	5,999	6,133	6,060	5,985	6,044	6,101	6,146
Frec	5,999	6,133	4,998	5,501	6,046	6,680	7,452
0.8・Frec	5,999	6,133	4,174	4,959	5,795	6,819	8,165
	資源量 (トン)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fcurrent	15,021	15,204	15,117	15,105	15,238	15,348	15,418
Frec	15,021	15,204	15,117	16,764	18,534	20,539	22,774
0.8・Frec	15,021	15,204	15,117	18,051	21,323	25,266	30,003
	親魚量 (トン)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fcurrent	7,773	7,885	8,201	8,303	8,264	8,286	8,349
Frec	7,773	7,885	8,201	9,462	10,641	11,747	12,928
0.8・Frec	7,773	7,885	8,201	10,367	12,700	15,013	17,569

(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
2014 年漁獲量確定値	2014 年漁獲量の確定
2015 年漁獲量速報値	2015 年までの推定資源量および RPS・Fcurrent・Fsus
2015 年年齢別漁獲尾数	2015 年までの推定資源量および RPS・Fcurrent・Fsus

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)
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	
2015 年(2016 年再評価)	Frec	0.45	15,021	4,947	4,131	6,262
2016 年（当初）	Frec	0.45	14,636	4,560	3,805	
2016 年(2016 年再評価)	Frec	0.45	15,204	5,061	4,227	

2015 年（当初）の値は 2013 年までの漁獲データを用いた 2014 年における評価結果、2015 年（2015 年再評価）と 2016 年（当初）は 2014 年までのデータを用いた 2015 年における結果、2015 年（2016 年再評価）と 2016 年（2016 年再評価）は 2015 年までのデータを用いた今回の結果である。

2015 年（当初）の資源量は 14,636 トン、2015 年の再評価では 14,464 トン、2016 年の再評価では 15,021 トンとなり若干の上方修正となった。一方、2016 年（当初）の資源量は 14,636 トン、2016 年の再評価では 15,204 トンとなり若干の上方修正となっている。再生産成功率は 1986 年以降の最高値である 1.90 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になっていると考えられる。

6. ABC 以外の管理方策の提言

現状の F で漁獲し、現状の放流強度（3,000 千尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合の 2021 年の漁獲量の差は 191 トン、資源量の差は 486 トンであると算定された。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 1.02～1.11 尾/kg を示していたが、1993 年以降、増加傾向を示し、2014 年は過去最大の 1.90 尾/kg を示した（図 11、表 2）。このようなことから、本年度の解析結果では Fcurrent と Fsus がほぼ一致し（図 13）、親魚量は Blimit 以下であるが、今後マダイの資源は増加に転じると考えられる。また、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。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。トラフグで認識されている放流サイズや放流場所を考慮した有効放流尾数について検討することも一つの方策であろう。ただし、費用対効果を考慮することは当然必要である。

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．
- 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．
- 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．
- 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．
- 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．
- Pope J.G.（1972）An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull. 1., 9, 65-74.



図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布水域

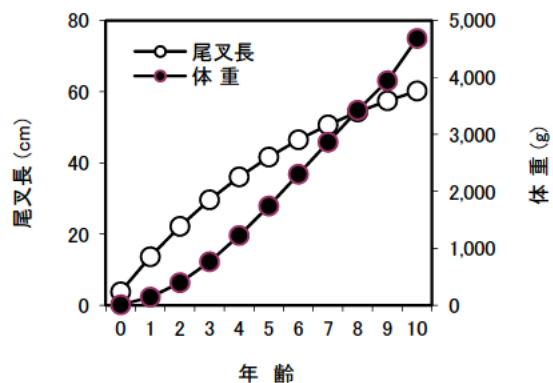


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の成長

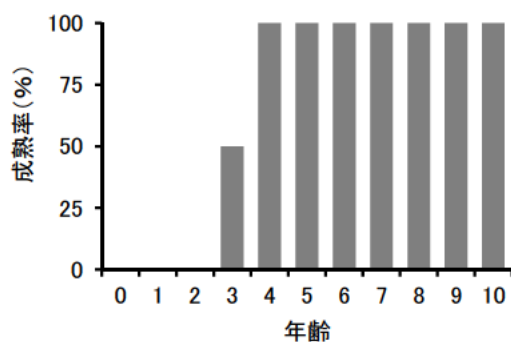


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の成熟率

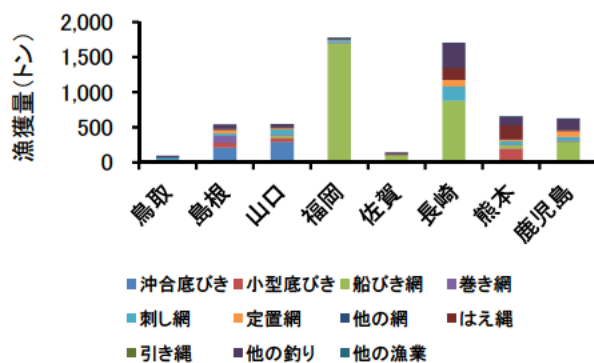


図4. マダイ日本海西部・東シナ系群の県海別漁業種別の2015年漁獲量

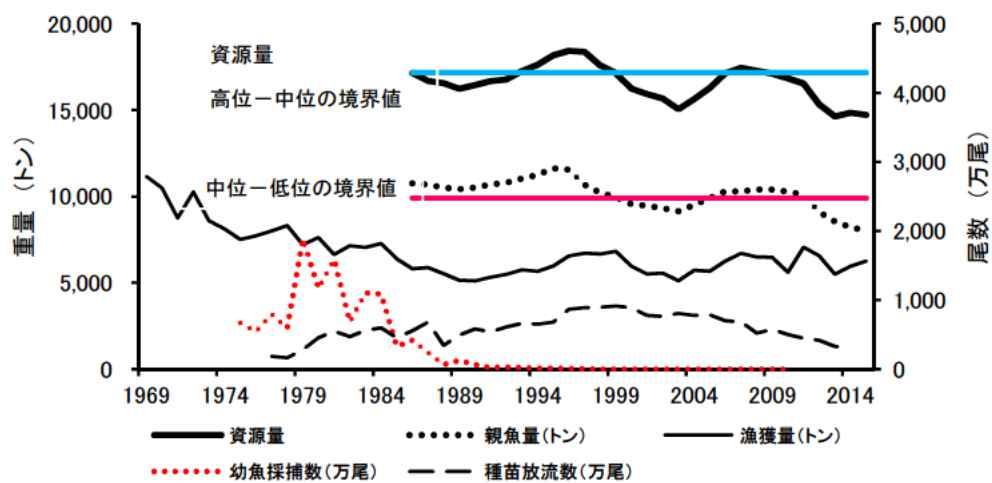


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、資源量、親魚量、養殖用天然幼魚の採捕、尾数（一部は秋元・内田（1988）より）、および人工種苗放流数の経年変化

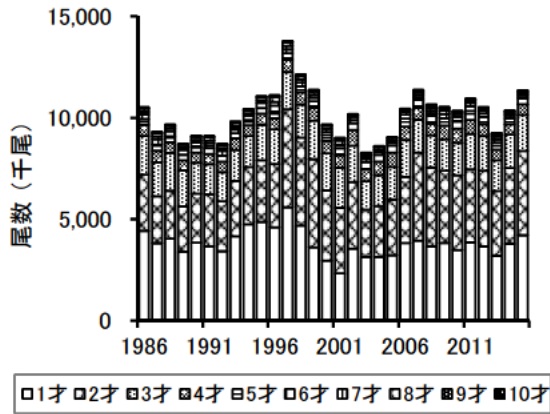


図 6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

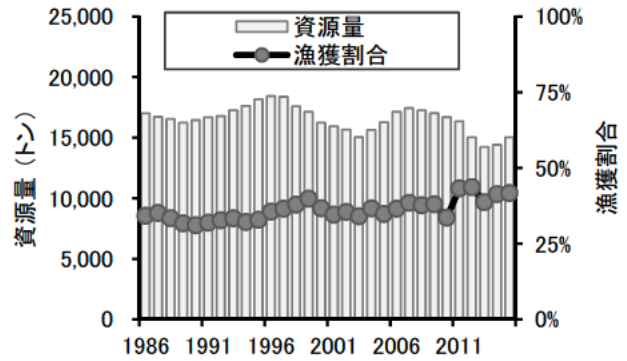


図 7. 資源量と漁獲割合の経年変化

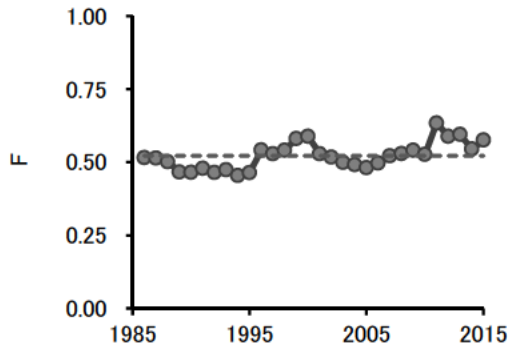


図 8. 漁獲係数の経年変化
点線は過去平均値。

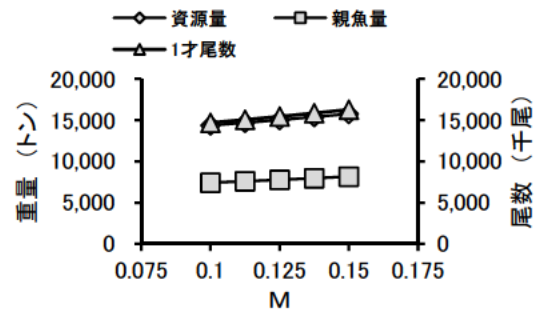


図 9. 資源量、親魚量、1 歳魚尾数
に対する M の影響

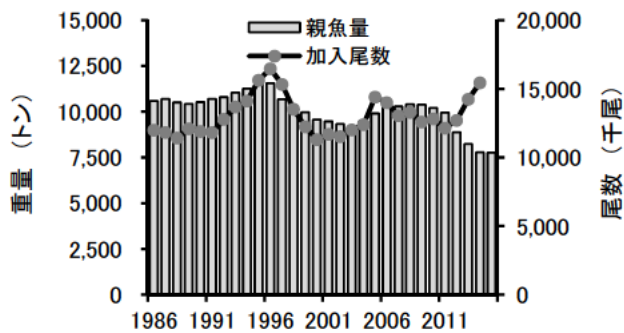


図 10. 親魚量と 1 歳魚加入尾数の経年変化

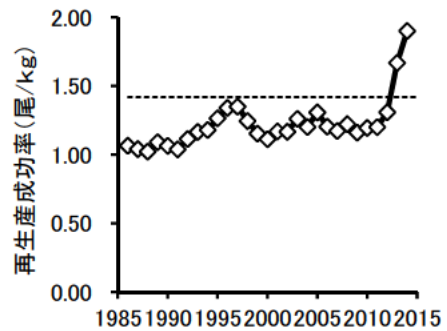


図 11. 再生産成功率の経年変化
点線は過去 10 年間の平均値。

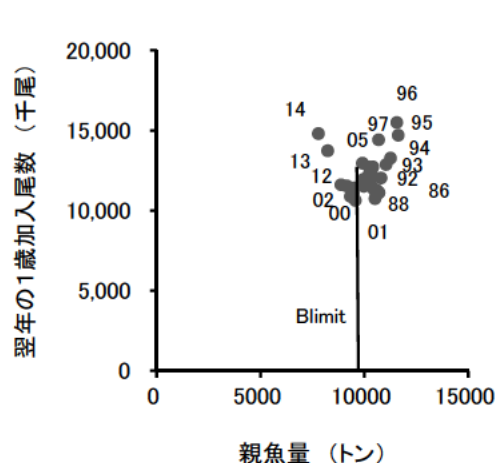


図 12. 再生産関係

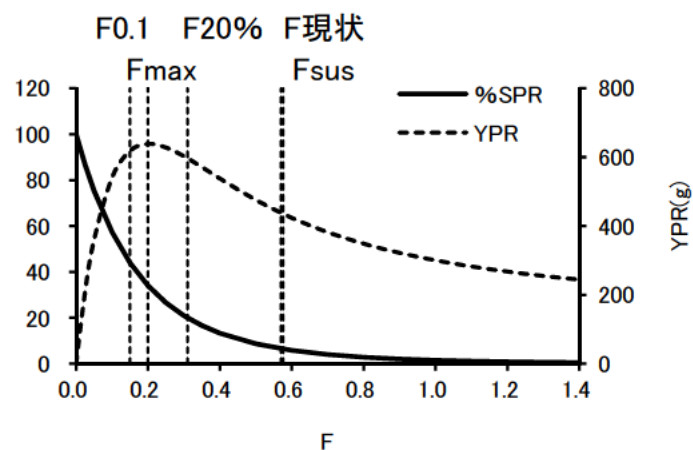


図 13. F 値による%SPR (実線) と YPR (点線) の変化

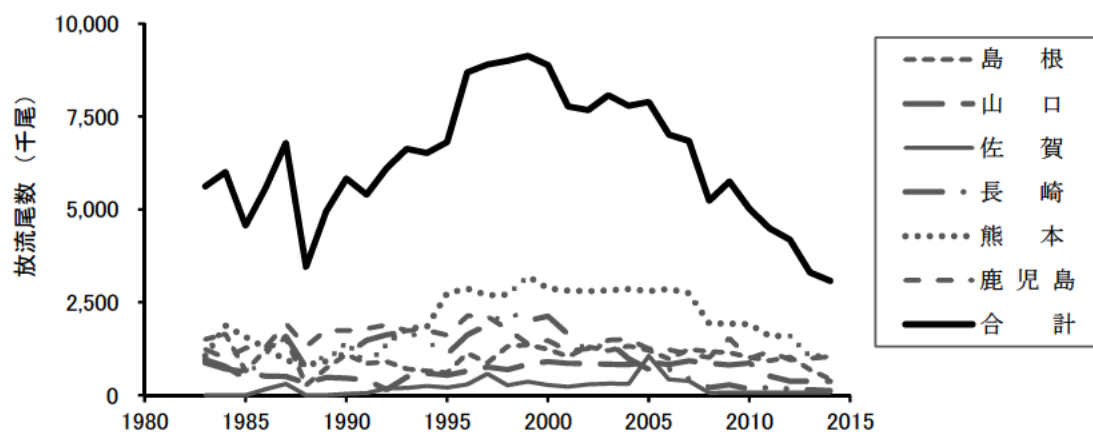


図 14. 県別マダイ種苗放流数の経年変化

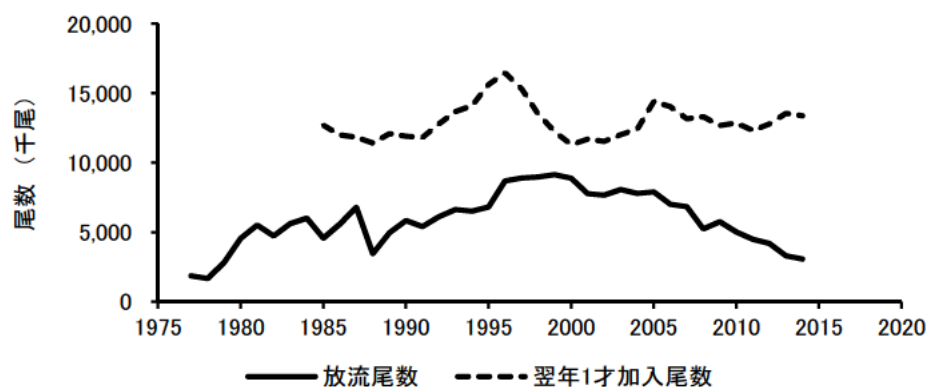


図 15. 種苗放流数と翌年の1歳魚加入尾数推定値の経年変化

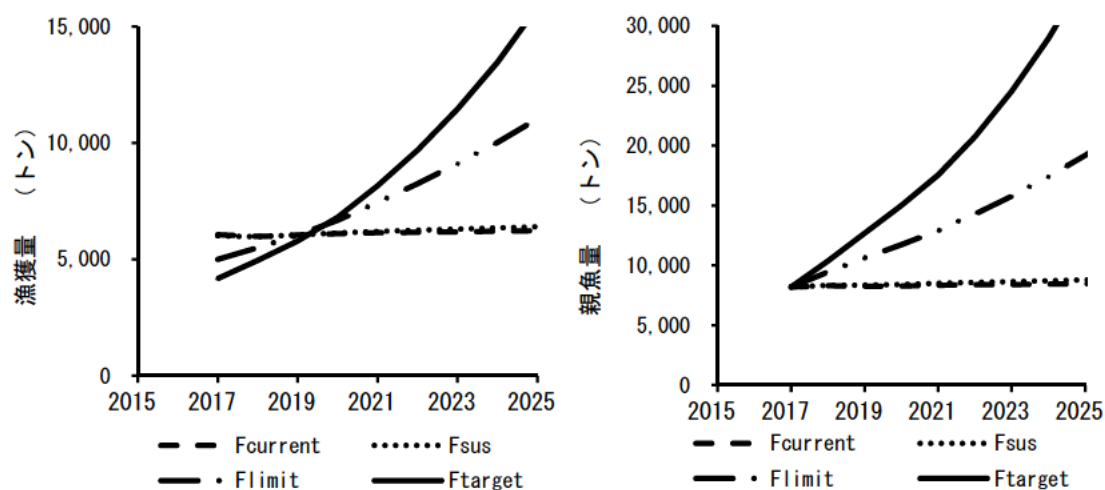


図 16. 異なる F 値による漁獲量（左）と親魚量（右）の予測推移

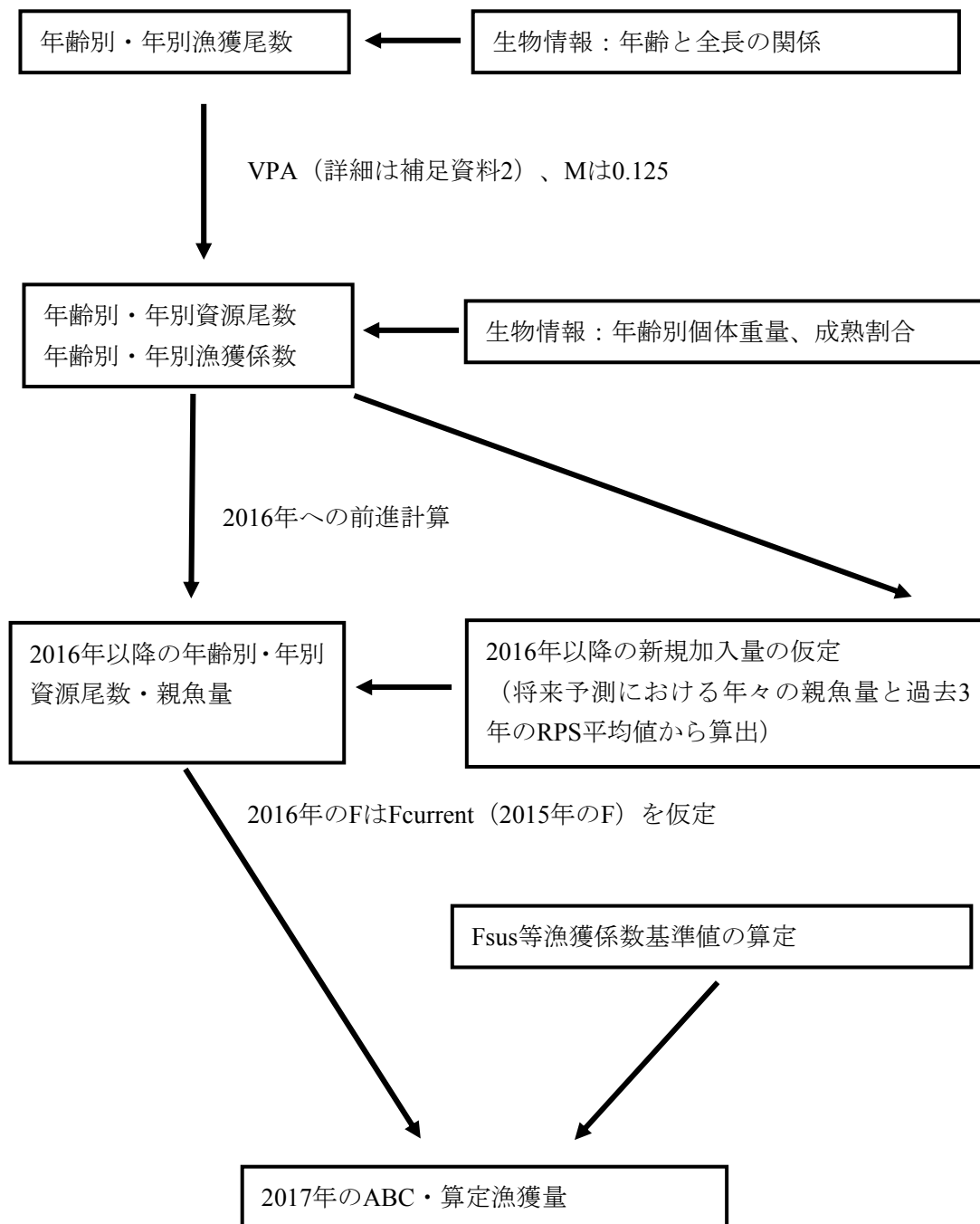
表 1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量（トン）

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	2015			
漁獲量	6,472	5,610	7,065	6,568	5,506	5,965	6,262			

表 2. 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)	天然加入量 (千尾) (翌年の 1 歳魚)	再生産成功率 (尾 / kg)
1986	10,588	11,288	1.07
1987	10,689	11,134	1.04
1988	10,511	10,754	1.02
1989	10,426	11,382	1.09
1990	10,522	11,201	1.06
1991	10,696	11,116	1.04
1992	10,799	12,036	1.11
1993	11,043	12,876	1.17
1994	11,255	13,278	1.18
1995	11,629	14,710	1.26
1996	11,558	15,500	1.34
1997	10,684	14,424	1.35
1998	10,217	12,720	1.25
1999	9,969	11,514	1.16
2000	9,559	10,643	1.11
2001	9,466	11,074	1.17
2002	9,327	10,887	1.17
2003	9,149	11,540	1.26
2004	9,498	11,419	1.20
2005	9,905	12,961	1.31
2006	10,310	12,426	1.21
2007	10,289	12,072	1.17
2008	10,403	12,727	1.22
2009	10,382	12,056	1.16
2010	10,205	12,204	1.20
2011	9,949	11,952	1.20
2012	8,870	11,615	1.31
2013	8,234	13,741	1.67
2014	7,781	14,804	1.90
2015	7,773		

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 によって行った。

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

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 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 歳魚とし、解析では 0 歳魚を除外した。

補足表 2-1. 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	3,788	3,743	1,641	511	290	141	117	73	40	28	10,372
2015	4,216	4,149	1,779	523	294	137	115	74	42	33	11,363

補足表 2-2. 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	1,821	3,007	3,175	2,340	2,039	1,630	1,222	901	389	478	17,003
1987	1,727	2,815	2,984	2,371	2,080	1,718	1,238	886	409	496	16,723
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	2,074	3,156	3,192	2,504	2,066	1,576	1,221	707	301	339	17,136
2007	2,015	3,638	3,000	2,421	2,051	1,547	1,206	842	371	350	17,441
2008	1,879	3,447	3,044	2,371	2,038	1,567	1,162	867	553	321	17,251
2009	1,913	3,225	3,032	2,473	2,029	1,542	1,161	777	458	427	17,037
2010	1,812	3,242	2,894	2,507	2,013	1,553	1,117	739	417	412	16,707
2011	1,846	3,123	2,844	2,252	2,006	1,525	1,163	751	431	400	16,340
2012	1,749	3,071	2,685	2,017	1,694	1,390	1,050	677	366	334	15,033
2013	1,830	2,907	2,512	1,826	1,569	1,226	1,008	667	368	314	14,226
2014	2,051	3,278	2,618	1,808	1,422	1,119	904	595	341	283	14,420
2015	2,224	3,595	2,857	1,813	1,433	1,028	850	576	333	312	15,021

補足表 2-3. 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	12,644	7,536	4,150	1,909	1,169	708	427	263	99	102	29,006
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	14,401	7,911	4,173	2,042	1,184	685	426	206	76	72	31,176
2007	13,993	9,117	3,921	1,975	1,175	672	421	246	94	75	31,689
2008	13,051	8,640	3,979	1,934	1,168	681	406	253	140	68	30,319
2009	13,285	8,084	3,964	2,017	1,162	670	405	227	116	91	30,022
2010	12,584	8,126	3,784	2,044	1,154	674	390	216	106	88	29,165
2011	12,820	7,826	3,718	1,837	1,150	662	406	219	109	85	28,832
2012	12,146	7,697	3,510	1,645	971	604	366	198	93	71	27,302
2013	12,708	7,286	3,283	1,489	899	532	352	195	93	67	26,905
2014	14,243	8,217	3,423	1,475	815	486	315	174	87	60	29,294
2015	15,443	9,011	3,735	1,479	821	447	297	168	84	66	31,552

補足表 2-4. 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	0.47	0.50	0.67	0.36	0.30	0.43	0.41	0.93	0.55	0.55	0.52
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	0.63	0.54	0.43	0.42	0.42	0.50	0.64	0.73	0.73	0.54
2010	0.35	0.66	0.60	0.45	0.43	0.38	0.45	0.55	0.70	0.70	0.53
2011	0.39	0.68	0.69	0.51	0.52	0.47	0.59	0.74	0.88	0.88	0.63
2012	0.39	0.73	0.73	0.48	0.48	0.41	0.51	0.63	0.77	0.77	0.59
2013	0.31	0.63	0.68	0.48	0.49	0.40	0.58	0.69	0.85	0.85	0.60
2014	0.33	0.66	0.71	0.46	0.48	0.37	0.50	0.60	0.67	0.67	0.55
2015	0.34	0.67	0.71	0.47	0.48	0.39	0.53	0.64	0.76	0.76	0.58

補足表 2-5. F を変化させた場合の漁獲量と親魚量の予測

F	基準値	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	773	1,200	1,744	2,540	3,854	5,819	8,717
0.11	0.2Fsus	1,503	2,215	3,085	4,314	6,260	9,026	12,915
0.16	0.3Fsus	2,192	3,069	4,099	5,503	7,636	10,519	14,381
0.22	0.4Fsus	2,843	3,783	4,847	6,250	8,293	10,915	14,265
0.27	0.5Fsus	3,457	4,376	5,382	6,666	8,456	10,636	13,294
0.33	0.6Fsus	4,037	4,863	5,745	6,836	8,289	9,967	11,920
0.38	0.7Fsus	4,585	5,258	5,972	6,826	7,912	9,098	10,415
0.44	0.8Fsus	5,103	5,574	6,090	6,688	7,410	8,150	8,936
0.49	0.9Fsus	5,592	5,821	6,124	6,461	6,841	7,201	7,566
0.55	1.0Fsus	6,055	6,009	6,091	6,174	6,249	6,296	6,344

F	基準値	親魚量 (トン)						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0.00		8,201	14,990	25,991	40,847	61,204	94,356	147,627
0.05	0.1Fsus	8,201	14,130	23,168	34,758	50,057	73,973	110,653
0.11	0.2Fsus	8,201	13,321	20,658	29,599	40,975	58,042	83,022
0.16	0.3Fsus	8,201	12,560	18,427	25,224	33,570	45,579	62,352
0.22	0.4Fsus	8,201	11,844	16,443	21,512	27,526	35,822	46,875
0.27	0.5Fsus	8,201	11,171	14,677	18,360	22,590	28,176	35,275
0.33	0.6Fsus	8,201	10,537	13,106	15,683	18,555	22,181	26,573
0.38	0.7Fsus	8,201	9,940	11,706	13,407	15,253	17,475	20,038
0.44	0.8Fsus	8,201	9,379	10,460	11,471	12,550	13,779	15,127
0.49	0.9Fsus	8,201	8,850	9,350	9,823	10,334	10,874	11,432
0.55	1.0Fsus	8,201	8,353	8,360	8,419	8,517	8,588	8,649

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が、全年齢込みの混獲率が 5 県で得られている。そこで、それらの混入率を各県の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。本系群における混入率は 5.4%と推定された（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

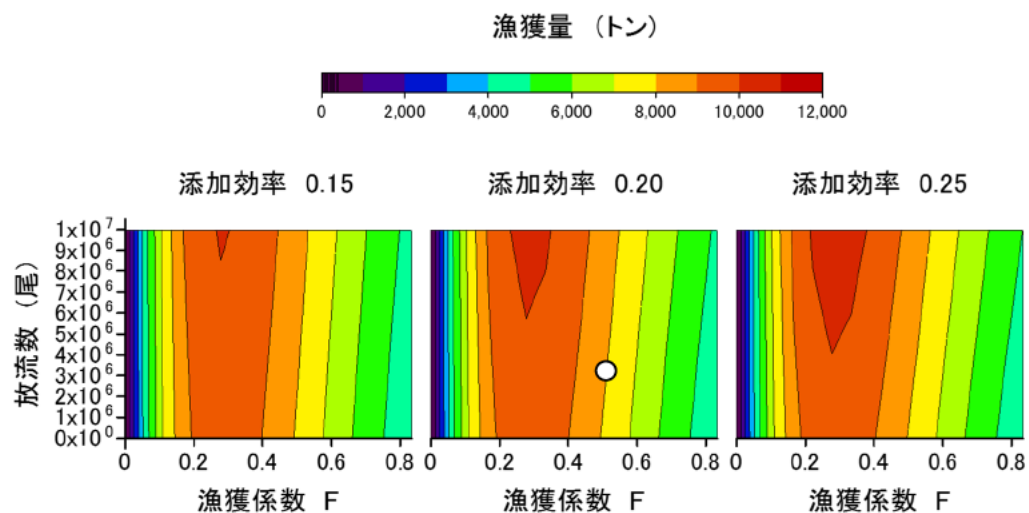
VPA で算出された 1 歳魚尾数、および放流魚混入率と放流尾数より添加効率を試算した。本来であれば各年級群における 1 歳時の混入率を用いて添加効率を求めるべきだが、年齢別の混入率データが十分に得られていないため、全年齢込みの値で添加効率を計算した。本系群における添加効率は 0.23 と推定された（補足表 3-2）。

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

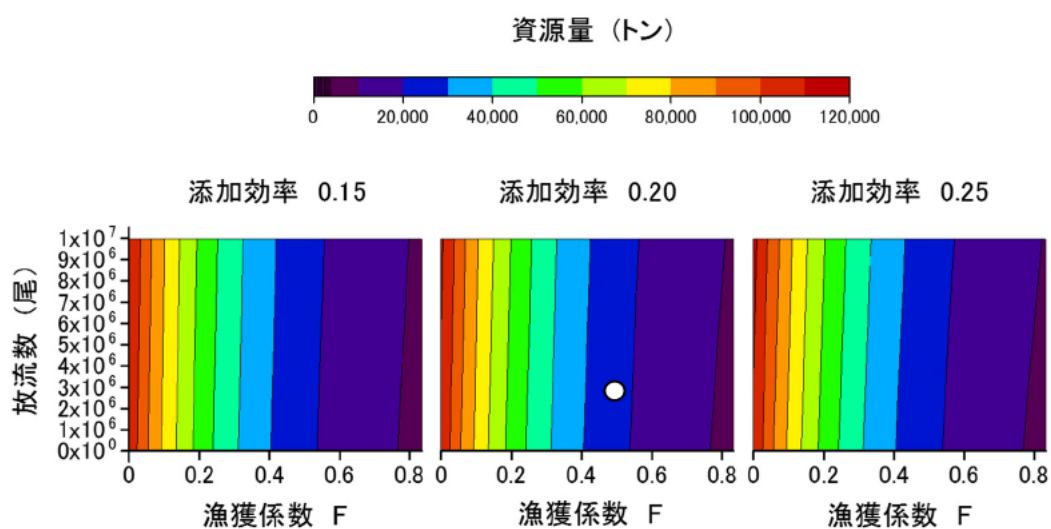
2015 年度の資源評価を基に、F と種苗放流数を変化させた場合の 2021 年における推定漁獲量について、添加効率を 3 段階（0.15, 0.20, 0.25）に変化させて試算した。計算方法は亘（2011）に準じて行った。それぞれの試算結果を等漁獲量線図（補足図 3-1）、および等資源量線図（補足図 3-2）として示す。この試算結果から、添加効率が 0.20 で現状の F で漁獲を行うと仮定した場合、現状の放流強度（3,000 千尾）で放流を行った場合と放流を行わなかった場合の 2021 年の漁獲量の差は、191 トン、資源量の差は、486 トンと算定された。

引用文献

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.



補足図 3-1. 放流数と F を変えた場合の 2021 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 2021 年における資源量の等量線図
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	2015
鳥取	—	—	—	—	—
島根	0.0	21.5	4.7	6.1	2.0
山口	—	—	—	—	5.6
福岡	—	—	—	—	—
佐賀	0.9	0.5	0.5	1.2	0.6
長崎	—	—	—	—	—
熊本	3.7	5.4	5.3	5.1	4.5
鹿児島	0.9	1.2	0.9	0.8	9.8
全体	1.6	8.6	3.2	4.1	5.4

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	2015
前年の放流尾数 (千尾)	5,020	4,490	4,190	3,310	3,075
1 歳魚尾数 (千尾)	12,867	12,317	12,791	13,559	13,379
混入率 (%)	1.6	8.6	3.5	4.1	5.4
放流魚加入数 (千尾)	206	1,059	452	562	717
添加効率	0.04	0.24	0.11	0.17	0.23