

## 平成 22 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：鳥取県水産試験場、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 年にピークを迎えた後、2003 年までは減少を続けたが、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。近年の漁獲量は、1969 年以降において中程度のレベルを推移しており、2008 年の再生産成功率は前年より上昇し、産卵親魚量も 190 トン増加した。これらのことから、現在の資源水準は中位で増加傾向と判断された。2010 年以降の再生産成功率（1 歳の加入尾数/親魚量）が過去 10 年間（1999～2008 年）の平均値で続く場合、現在の F のまま推移すると、10 年後の親魚量は 2009 年より微増する。このため、現在の F を  $F_{limit}$  とし、不確実性を見込んだ  $0.8F_{limit}$  を  $F_{target}$  とした。

|                       | 2011年ABC | 資源管理基準           | F値   | 漁獲割合 |
|-----------------------|----------|------------------|------|------|
| ABC <sub>limit</sub>  | 6,500トン  | $F_{current}$    | 0.50 | 36%  |
| ABC <sub>target</sub> | 5,400トン  | $0.8F_{current}$ | 0.40 | 30%  |

F値は各年齢の平均値。ABCに0歳魚は含まれない。 $F_{current}$ は2009年のF。

| 年    | 資源量（トン） | 漁獲量（トン） | F値   | 漁獲割合 |
|------|---------|---------|------|------|
| 2008 | 17,986  | 6,504   | 0.50 | 36%  |
| 2009 | 17,977  | 6,328   | 0.50 | 35%  |
| 2010 | 18,079  | -       | -    | -    |

2010年資源量はコホート解析による過去10年間の平均的な再生産成功率に基づく予測。資源量に0歳魚は含まない。

水準：中位 動向：増加

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

| データセット     | 基礎情報、関係調査等                                                    |
|------------|---------------------------------------------------------------|
| 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）<br>漁業種別・月別体長組成（6 県）<br>漁業種・月別・銘柄別漁獲量（2 県） |
| 自然死亡係数（M）  | 年当たり $M=0.125$ を仮定（田中 1960）                                   |
| マダイ人工種苗放流数 | 2008 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 | 3 県<br>市場測定・精密測定結果                                            |
| 養殖マダイ収穫量   | 漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省）<br>ポケット水産統計 平成 21 年度版（農林水産省）              |

## 1. まえがき

2009 年の全国マダイ漁獲量は前年から 13 トン減少して 15,710 トンで、その 40%に相当する 6,328 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。

マダイは養殖業も盛んである。全国の養殖マダイ収穫量は、2003 年（83,000 トン）以降減少していたが、2008 年は前年より 4,900 トン増加して 71,600 トン、全国マダイ漁獲量に対する比も昨年の 4.3 倍から 4.5 倍にやや上がった。

## 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

多種多様な漁法によって漁獲されている上に、県によってそれらの割合も大きく異なる点が特徴である。当系群の2009年における漁獲量6,328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6,312トン(99%)の内訳では、船びき網が39%で最も多く、釣り(16%)、はえ縄(12%)、刺し網(10%)がこれに次いだ。県別の漁獲割合は、福岡県(29%)が最も多く、長崎県(23%)、熊本県(13%)がこれに次いだ(図4)。なお、遊漁による漁獲量の推定値は平成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、体長などの基礎情報もないため、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、2009年は前年より176トン減少して6,328トンであった(表1、図5)。

#### (3)漁獲努力量

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類別年齢別漁獲尾数を合計し、系群全体の推定年齢別漁獲尾数とした。これを用いて、漁獲は漁期の中央で行われるとするPopeの近似式(Pope 1972)でのコホート解析を行った。プラスグループ(10歳以上)の資源尾数については補足資料2の方法を用い、最近年の選択率は過去3年間の平均とした。自然死亡係数 $M$ は、寿命を20年として田内・田中の式(田中1960)で求めた0.125を用いた。コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去3年間平均の漁獲係数 $F$ を用いて計算した。2009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ために推定精度が低いと見られる

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

本系群マダイ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、マダイ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、2009年は2歳魚(37%)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。2009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6番目に多い。資源尾数も類似した変動をしめしており、前年は1歳魚の減少などでやや下がったが、2009年は290万尾増加した。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、2009年は過去平均とほぼ等しく0.5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

上述の通り、2007年以降の資源量は過去最高であった1996年に近い水準まで回復しており、過去3年間の資源量はほぼ横ばいながら、2003年以降の変動過程を見ると増加傾向と判断される。資源尾数も2006年以降比較的高いレベルで安定している。資源量推定値が得られている1986年以降に限ると近年の資源は高位に属するが、推定値の得られていない1960～70年代の漁獲量が現在の1.5～2.0倍もあったことから、より長期的視点に立った場合、現在の資源量が高位とは判断し難い。2009年の資源尾数は前年から290万尾増加、産卵親魚量も190トン増加し、1歳魚も90万尾増加した。これらのことから、資源水準は中位で、資源動向は増加傾向と判断された。

再生産関係(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、若干のばらつきはあるが、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、2年連続して1歳魚の尾数が減少し、再生産成功率も過去平均をやや下回ったが、2009年の加入尾数は前年より90万尾増加し、再生産成功率は過去10年間の平均レベルに回復

した(表3、図11)。ただし、1歳魚の漁獲量が減少した県も見られ、再生産成功率の今後の推移には留意する必要があるだろう。

過去20年間の親魚量と加入量の推定値の間には明瞭な関係が認められない(図12)。そこで、高い加入量を実現するには、再生産成功率の低かった2000年の親魚量9,600トンをBlimitとし、それを下回った場合に資源の回復措置を計ることが妥当と考えられる。2009年の親魚量は11,284トンで、Blimit以上の水準にある。

#### (6)資源と漁獲の関係

2009年以降の再生産成功率は過去10年間の再生産成功率の平均値で、各年齢の選択率は2009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、これを資源量維持を目標とする限界値F<sub>sus</sub>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2009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(0.50)は、資源量の維持を目標とする限界値(F<sub>sus</sub>=0.50)と等しいため、現状の再生産関係が続くかぎり加入乱獲の心配はないと考えられる。F<sub>current</sub>はF<sub>max</sub>やF<sub>20%SPR</sub>より高く、成長乱獲傾向にあると考えられるが、過去10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と考えられる。

#### (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。2008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おり、2008年は前年より160万尾減少して526万尾であった(図5)。総放流数に占める割合は、熊本県(37%)、島根県(22%)、鹿児島県(19%)、山口県(17%)の順で高かったが、いずれの県も前年比で5~84%減少した(図14)。

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。

2009年放流魚の標識装着率と混入率は、日本海側の一県と東シナ海側の二県分が得られ、県平均の混入率は日本海西部では1.5%、東シナ海南部では3.4%であった。日本海側と東シナ海側の漁獲量で重みづけをして試算すると、系群全体での混入率はおよそ2.9%と算出された。基礎情報が限られるため、系群全体における人工種苗の添加効率を算出することは依然として困難である。

### 5. 2011年ABCの算定

#### (1)資源評価のまとめ

資源量は2004年以降増加傾向にあり、2009年には推定値の得られている期間中で最高の1996年に近いレベルにまで回復した。資源尾数、産卵親魚量、1歳魚尾数はいずれも前年から増加したが、1960~70年代の漁獲量とはかなりの隔たりがあることから、資源水準は中位で、資源動向は増加傾向

と判断された。2009年以降の再生産成功率（1歳の加入尾数/親魚量）が過去10年間（1989～2008年）の平均値で続く場合、現在のFのまま推移しても、10年後の親魚量は2009年より微増することから、 $F_{current}$ を $F_{limit}$ とした。

### (2)ABC並びに推定漁獲量の算定

ABC算定規則では、本系群マダイは1-1-(1)にあたると考えられる。現在のFで資源は微増することから、 $F_{current}$ を基準値、これに不確実性を見込んだ $\alpha=0.8$ を乗じたものを $F_{target}$ とする。再生産成功率を過去10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資源量予測を下表と図16に示す。 $F_{sus}$ は現在の親魚量が10年間維持される値である。将来予測においては、2010年の漁獲係数は2009年に同じ、また2011年以降は年齢別選択率を2009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） |        |        |        |        |        |        |
|------------------|---------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                  |                                       | 2009    | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   |
| 現在の漁獲<br>圧、資源量維持 | $F_{current}$<br>= $F_{sus}$<br>=0.50 | 6,328   | 6,409  | 6,502  | 6,518  | 6,524  | 6,514  | 6,517  |
| 上記の予防<br>的措置     | $F_{target}$<br>=0.40                 | 6,328   | 6,409  | 5,451  | 5,961  | 6,407  | 6,904  | 7,497  |
| 漁獲シナリオ           | 管理基準                                  | 資源量（トン） |        |        |        |        |        |        |
|                  |                                       | 2009    | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   |
| 現在の漁獲<br>圧、資源量維持 | $F_{current}$<br>= $F_{sus}$<br>=0.50 | 17,977  | 18,079 | 18,172 | 18,190 | 18,198 | 18,208 | 18,243 |
| 上記の予防<br>的措置     | $F_{limit}$<br>=0.40                  | 17,977  | 18,079 | 18,172 | 19,785 | 21,377 | 23,145 | 25,128 |

### (3)ABC $_{limit}$ の評価

2011年に $F_{limit}$  (=0.50)で漁獲した場合、ABC $_{limit}$ は6,500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 $F_{target}$  (=0.40)とし、ABC $_{target}$ は5,400トンと算出された。

|                 | 2011年ABC | 資源管理基準           | F値   | 漁獲割合 |
|-----------------|----------|------------------|------|------|
| ABC $_{limit}$  | 6,500トン  | $F_{current}$    | 0.50 | 36%  |
| ABC $_{target}$ | 5,400トン  | $0.8F_{current}$ | 0.40 | 30%  |

F値は各年齢の平均値。ABCに0歳魚は含まれない。 $F_{current}$ は2009年のF。

## (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                                   |
|--------------------|----------------------------------------------|
| 2008年漁獲量確定値        | 2008年漁獲量                                     |
| 2009年漁獲量速報値        | 2009年漁獲量                                     |
| 2009年年齢別漁獲尾数       | 1999年から2009年までの年齢別資源尾数(再生産関係)、 $F_{current}$ |

データ更新による資源量とABCの再評価値を下表に示す。2009年(当初)の値は2007までの漁獲データを用いた2008年における評価結果、2009年(2009年再評価)と2010年(当初)は2008年までのデータを用いた2009年における結果、2009年(2010年再評価)と2010年(2010年再評価)は2009年までのデータを用いた今回の結果である。

| 評価対象年<br>(当初・再評価) | 管理<br>基準      | F 値  | 資源量<br>(トン) | ABC<br>limit<br>(トン) | ABC<br>target<br>(トン) | 漁獲量<br>(トン) | 管理目標  |
|-------------------|---------------|------|-------------|----------------------|-----------------------|-------------|-------|
| 2009年(当初)         | $F_{current}$ | 0.46 | 19,625      | 6,839                | 5,715                 |             | 親魚量回復 |
| 2009年(2009年再評価)   | $F_{current}$ | 0.48 | 18,679      | 6,490                | 5,434                 |             | 親魚量回復 |
| 2009年(2010年再評価)   | $F_{current}$ | 0.50 | 17,977      | 6,360                | 5,329                 | 6,328       | 親魚量回復 |
| 2010年(当初)         | $F_{current}$ | 0.48 | 18,915      | 6,582                | 5,992                 |             | 親魚量回復 |
| 2010年(2010年再評価)   | $F_{current}$ | 0.50 | 18,079      | 6,440                | 5,398                 |             | 親魚量回復 |

## 6. ABC 以外の管理方策への提言

系群全体の放流効果は不明であるが、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から、放流効果についてはより地域的な検討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.

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  |       |       |       |
| 漁獲量(トン) | 5,561  | 5,129  | 5,710 | 5,687  | 6,262 | 6,688 | 6,504 | 6,328 |       |       |       |

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 |

| 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    | 12,644 | 7,536 | 4,150 | 1,909 | 1,169 | 708 | 427 | 263 | 99  | 102  | 29,006 | 17,003 | 10,588 |
| 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  | 28,887 | 17,260 | 11,043 |
| 1994    | 13,683 | 7,382 | 3,800 | 2,018 | 1,262 | 852 | 459 | 272 | 99  | 113  | 29,941 | 17,625 | 11,256 |
| 1995    | 14,111 | 7,613 | 3,858 | 1,918 | 1,287 | 875 | 547 | 300 | 105 | 114  | 30,727 | 18,174 | 11,629 |
| 1996    | 15,632 | 7,884 | 3,861 | 1,767 | 1,161 | 882 | 539 | 375 | 117 | 122  | 32,339 | 18,432 | 11,559 |
| 1997    | 16,472 | 9,474 | 4,021 | 1,803 | 1,056 | 711 | 489 | 307 | 110 | 122  | 34,566 | 18,375 | 10,685 |
| 1998    | 15,330 | 9,291 | 3,810 | 1,827 | 1,007 | 650 | 448 | 276 | 99  | 138  | 32,877 | 17,590 | 10,218 |
| 1999    | 13,522 | 9,136 | 4,111 | 1,831 | 1,046 | 608 | 406 | 246 | 87  | 123  | 31,117 | 17,136 | 9,971  |
| 2000    | 12,249 | 8,541 | 3,972 | 1,851 | 1,007 | 626 | 376 | 222 | 70  | 99   | 29,012 | 16,253 | 9,563  |
| 2001    | 11,332 | 8,036 | 4,281 | 1,789 | 1,055 | 610 | 414 | 189 | 57  | 72   | 27,836 | 15,948 | 9,472  |
| 2002    | 11,743 | 7,817 | 4,050 | 1,914 | 1,009 | 604 | 377 | 184 | 59  | 75   | 27,832 | 15,699 | 9,339  |
| 2003    | 11,696 | 7,025 | 3,819 | 1,885 | 967   | 574 | 384 | 194 | 64  | 81   | 26,689 | 15,125 | 9,177  |
| 2004    | 12,204 | 7,372 | 4,015 | 2,047 | 1,090 | 533 | 366 | 213 | 60  | 79   | 27,978 | 15,791 | 9,556  |
| 2005    | 12,482 | 7,817 | 4,146 | 2,117 | 1,185 | 640 | 335 | 222 | 62  | 77   | 29,083 | 16,549 | 10,047 |
| 2006    | 14,730 | 7,984 | 4,315 | 2,155 | 1,214 | 697 | 433 | 208 | 77  | 73   | 31,885 | 17,569 | 10,612 |
| 2007    | 13,849 | 9,407 | 3,986 | 2,101 | 1,275 | 698 | 431 | 251 | 96  | 76   | 32,170 | 18,034 | 10,762 |
| 2008    | 13,023 | 8,512 | 4,235 | 1,991 | 1,279 | 769 | 429 | 263 | 145 | 71   | 30,716 | 17,986 | 11,095 |
| 2009    | 13,918 | 8,059 | 3,851 | 2,243 | 1,213 | 768 | 483 | 247 | 124 | 97   | 31,004 | 17,977 | 11,284 |

表2. つづき

| 年齢別漁獲係数<br>年 | 1歳   | 2歳   | 3歳   | 4歳   | 5歳   | 6歳   | 7歳   | 8歳   | 9歳   | 10歳+ |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1986         | 0.47 | 0.50 | 0.67 | 0.36 | 0.30 | 0.43 | 0.41 | 0.93 | 0.55 | 0.55 |
| 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 | 0.37 | 0.37 |
| 2003         | 0.34 | 0.43 | 0.50 | 0.42 | 0.47 | 0.33 | 0.47 | 1.05 | 0.49 | 0.49 |
| 2004         | 0.32 | 0.45 | 0.51 | 0.42 | 0.41 | 0.34 | 0.37 | 1.11 | 0.47 | 0.47 |
| 2005         | 0.32 | 0.47 | 0.53 | 0.43 | 0.41 | 0.27 | 0.35 | 0.93 | 0.52 | 0.52 |
| 2006         | 0.32 | 0.57 | 0.59 | 0.40 | 0.43 | 0.35 | 0.42 | 0.65 | 0.56 | 0.56 |
| 2007         | 0.36 | 0.67 | 0.57 | 0.37 | 0.38 | 0.36 | 0.37 | 0.42 | 0.76 | 0.76 |
| 2008         | 0.35 | 0.67 | 0.51 | 0.37 | 0.39 | 0.34 | 0.43 | 0.62 | 0.67 | 0.67 |
| 2009         | 0.35 | 0.64 | 0.56 | 0.38 | 0.40 | 0.35 | 0.40 | 0.57 | 0.66 | 0.66 |

表3. 親魚量・加入量・再生産成功率の推移

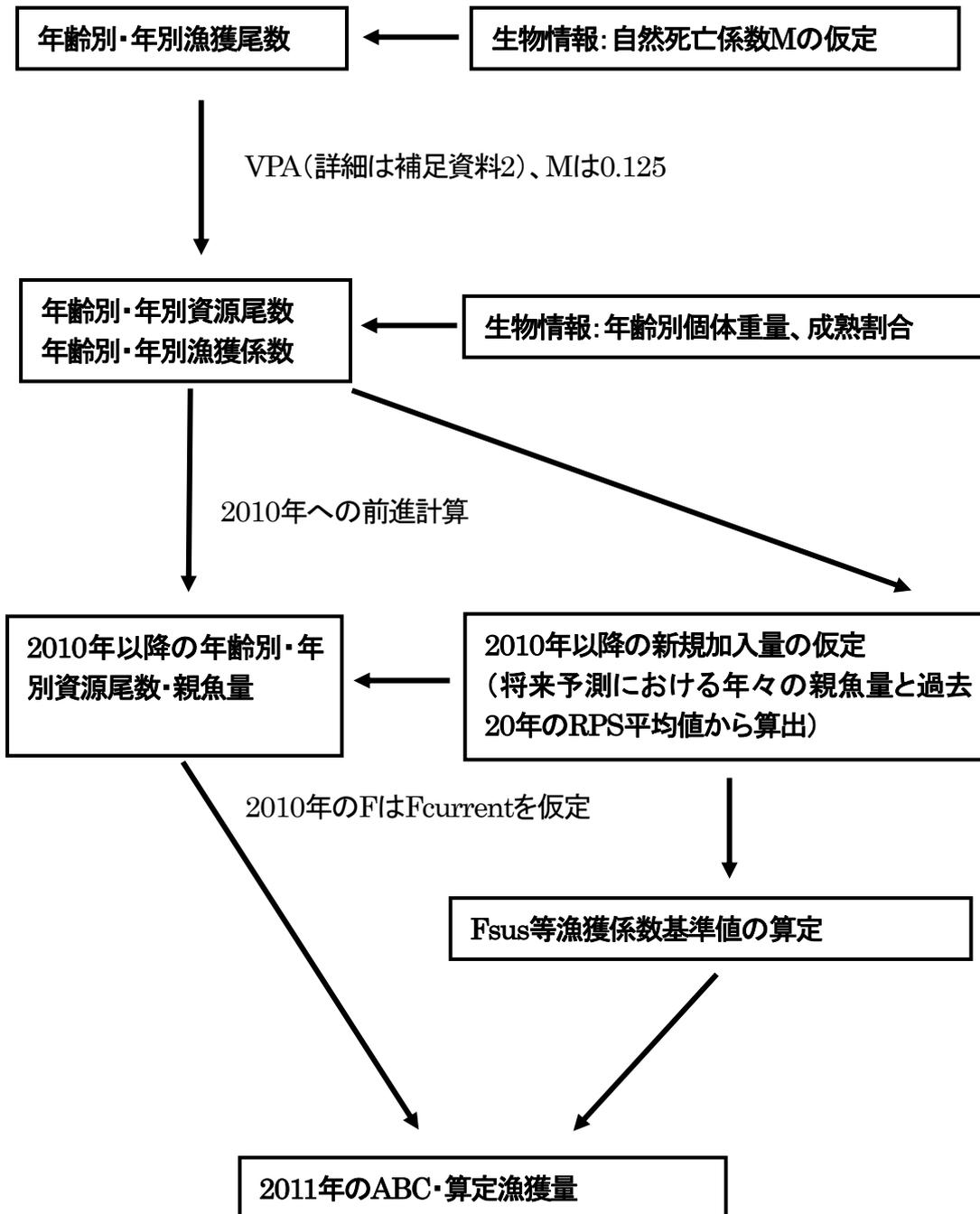
| 年    | 親魚量<br>(t) | 翌年の1歳魚尾数<br>(千尾) | 再生産成功率<br>(尾/g) |
|------|------------|------------------|-----------------|
| 1986 | 10,588     | 11,996           | 1.13            |
| 1987 | 10,689     | 11,832           | 1.11            |
| 1988 | 10,511     | 11,426           | 1.09            |
| 1989 | 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 | 11,256     | 14,111           | 1.25            |
| 1995 | 11,629     | 15,632           | 1.34            |
| 1996 | 11,559     | 16,472           | 1.43            |
| 1997 | 10,685     | 15,330           | 1.43            |
| 1998 | 10,218     | 13,522           | 1.32            |
| 1999 | 9,971      | 12,249           | 1.23            |
| 2000 | 9,563      | 11,332           | 1.19            |
| 2001 | 9,472      | 11,743           | 1.24            |
| 2002 | 9,339      | 11,696           | 1.25            |
| 2003 | 9,177      | 12,204           | 1.33            |
| 2004 | 9,556      | 12,482           | 1.31            |
| 2005 | 10,047     | 14,730           | 1.47            |
| 2006 | 10,612     | 13,849           | 1.31            |
| 2007 | 10,762     | 13,023           | 1.21            |
| 2008 | 11,095     | 13,918           | 1.25            |

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) |       |       |       |       |       |        |
|------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|      |         | 2011     | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017   |
| 0.00 |         | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0      |
| 0.05 | 0.1Fsus | 809      | 1,208 | 1,686 | 2,367 | 3,407 | 4,900 | 7,047  |
| 0.10 | 0.2Fsus | 1,579    | 2,251 | 3,020 | 4,080 | 5,640 | 7,788 | 10,748 |
| 0.15 | 0.3Fsus | 2,296    | 3,130 | 4,043 | 5,261 | 6,989 | 9,274 | 12,295 |
| 0.20 | 0.4Fsus | 2,993    | 3,898 | 4,846 | 6,070 | 7,743 | 9,866 | 12,556 |
| 0.25 | 0.5Fsus | 3,656    | 4,551 | 5,448 | 6,569 | 8,045 | 9,843 | 12,028 |
| 0.30 | 0.6Fsus | 4,286    | 5,102 | 5,884 | 6,830 | 8,031 | 9,435 | 11,073 |
| 0.35 | 0.7Fsus | 4,886    | 5,564 | 6,184 | 6,910 | 7,800 | 8,800 | 9,920  |
| 0.40 | 0.8Fsus | 5,446    | 5,939 | 6,370 | 6,857 | 7,436 | 8,064 | 8,740  |
| 0.45 | 0.9Fsus | 5,991    | 6,253 | 6,470 | 6,705 | 6,979 | 7,269 | 7,569  |
| 0.50 | 1.0Fsus | 6,510    | 6,506 | 6,497 | 6,481 | 6,473 | 6,475 | 6,480  |

| F    | 基準値     | 親魚量 (トン) |        |        |        |        |        |         |
|------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|      |         | 2011     | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017    |
| 0.00 |         | 11,052   | 18,036 | 29,539 | 44,683 | 64,326 | 94,281 | 140,284 |
| 0.05 | 0.1Fsus | 11,052   | 17,164 | 26,734 | 38,752 | 53,772 | 75,855 | 108,428 |
| 0.10 | 0.2Fsus | 11,052   | 16,337 | 24,203 | 33,626 | 44,977 | 61,068 | 83,864  |
| 0.15 | 0.3Fsus | 11,052   | 15,566 | 21,963 | 29,276 | 37,777 | 49,406 | 65,241  |
| 0.20 | 0.4Fsus | 11,052   | 14,820 | 19,896 | 25,430 | 31,635 | 39,820 | 50,525  |
| 0.25 | 0.5Fsus | 11,052   | 14,110 | 18,030 | 22,101 | 26,507 | 32,112 | 39,153  |
| 0.30 | 0.6Fsus | 11,052   | 13,437 | 16,344 | 19,218 | 22,222 | 25,910 | 30,359  |
| 0.35 | 0.7Fsus | 11,052   | 12,797 | 14,821 | 16,721 | 18,641 | 20,917 | 23,553  |
| 0.40 | 0.8Fsus | 11,052   | 12,201 | 13,470 | 14,596 | 15,700 | 16,967 | 18,376  |
| 0.45 | 0.9Fsus | 11,052   | 11,623 | 12,222 | 12,713 | 13,184 | 13,711 | 14,272  |
| 0.50 | 1.0Fsus | 11,052   | 11,073 | 11,091 | 11,076 | 11,073 | 11,081 | 11,086  |

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。

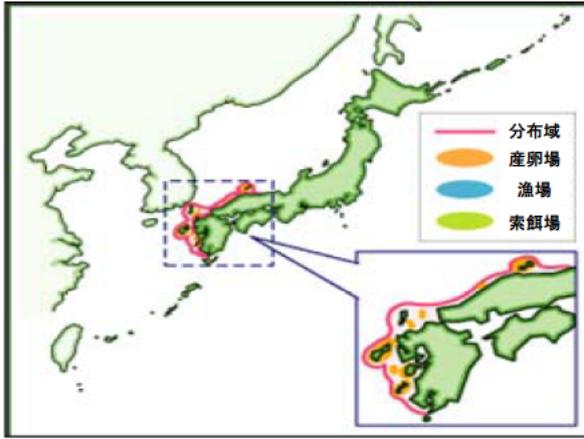


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布と回遊

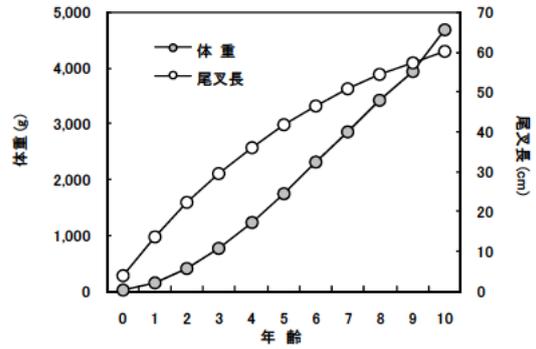


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

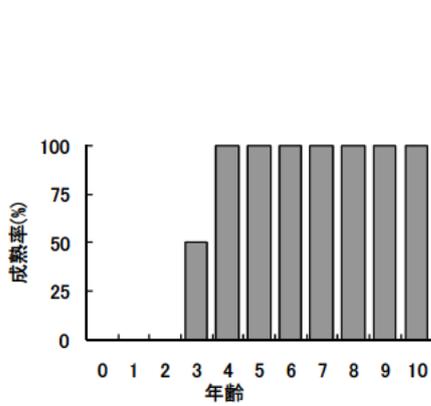


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

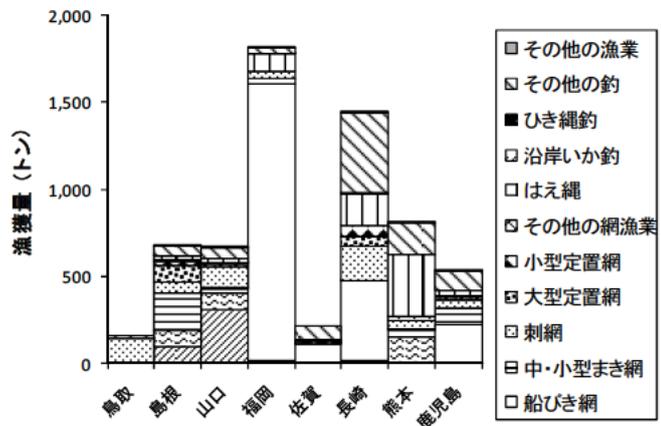


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種別の2009年漁獲量

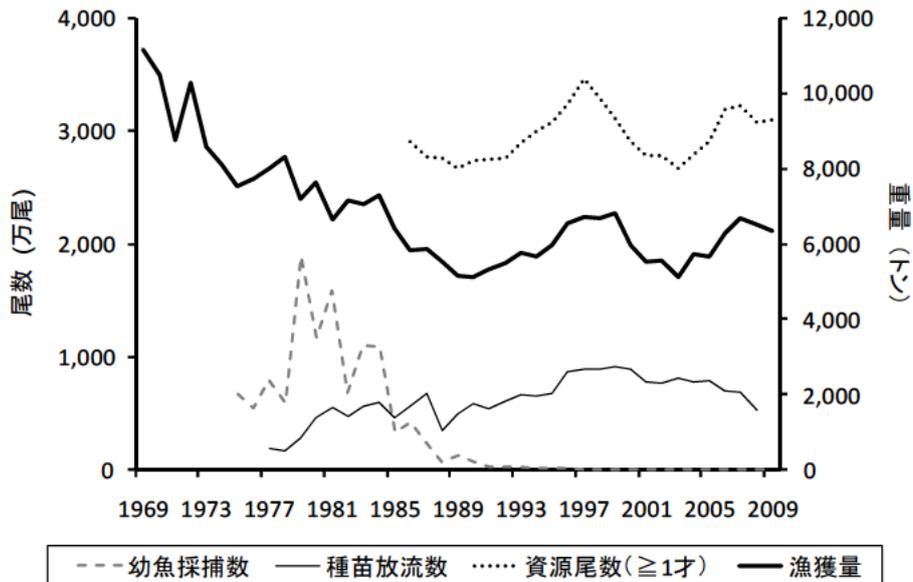


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、1歳以上の資源尾数、養殖用天然幼魚の採捕尾数（一部は秋元・内田（1988）より）、および人工種苗放流数の経年変化

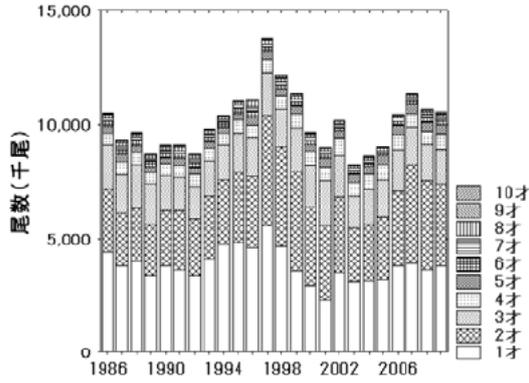


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

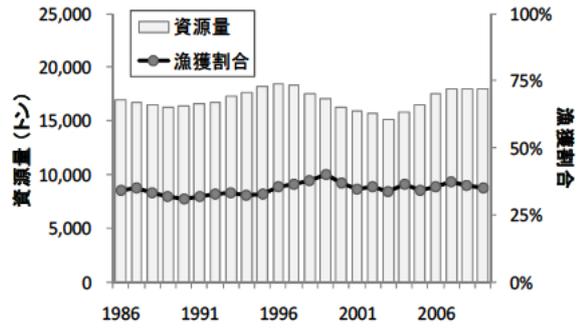


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

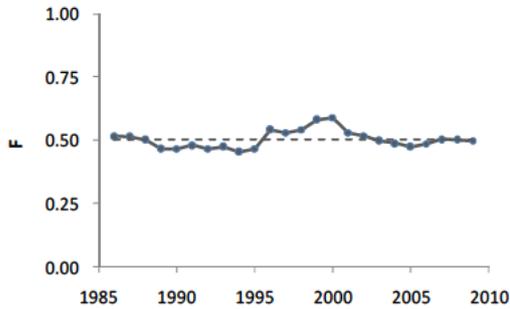


図8. 漁獲係数の経年変化 点線は過去平均値。

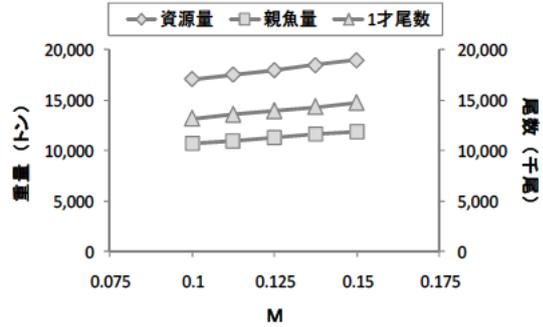


図9. 2009年の資源量、親魚量、1才尾数に対するMの影響

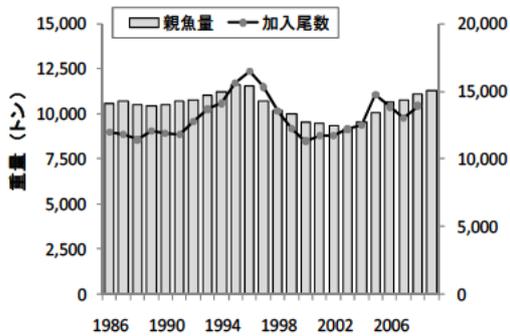


図10. 親魚量と1歳魚加入量の経年変化

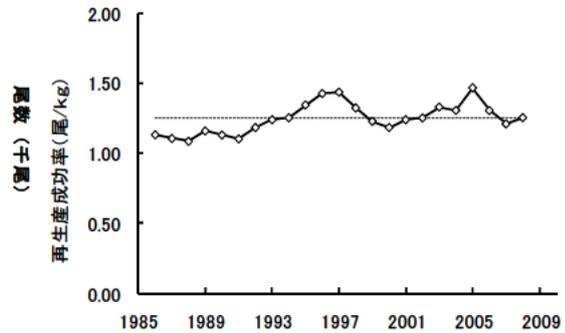


図11. 再生産成功率の経年変化 点線は過去平均値。

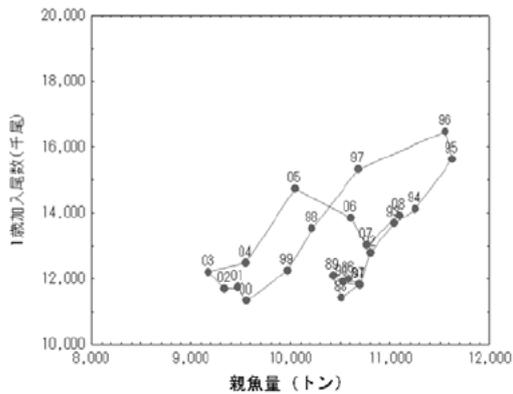


図12. 再生産関係

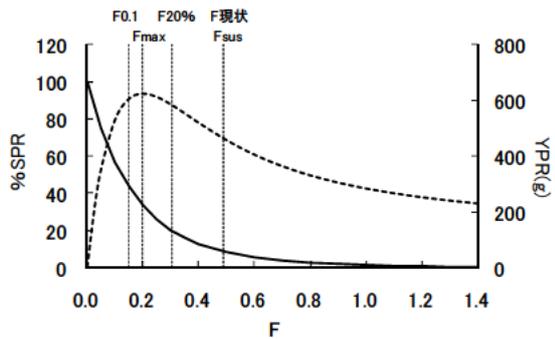


図13. F値による%SPR(実線)とYPR(点線)の変化

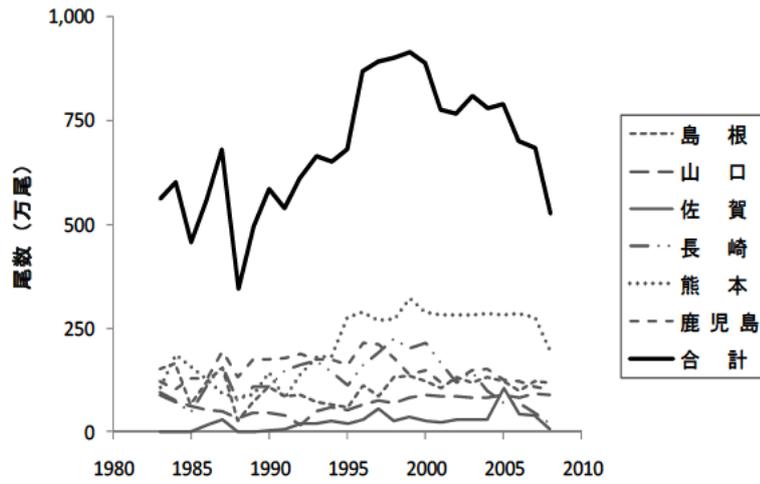


図14. 県別マダイ種苗放流数の経年変化

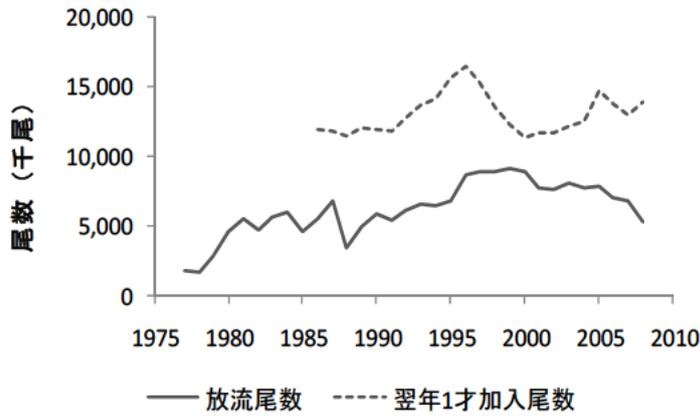


図15. 種苗放流数と翌年の1歳魚加入尾数推定値の経年変動

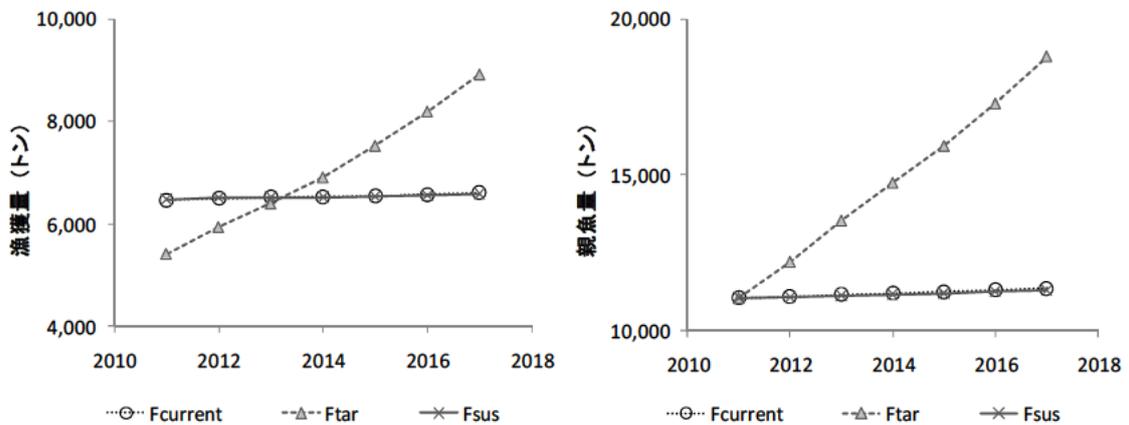


図16. 異なるF値による漁獲量(左)と親魚量(右)の予測推移