

## 平成15年マダイ日本海西部・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、島根県水産試験場、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、鹿児島県水産試験場

### 要 約

本系群のマダイ資源量は、1990年代に入ってから増加傾向を示し、1996年には1986年以降で最高水準となった。その後は減少傾向に転じており、再生産成功率もやや減少していることから、現在の資源水準は中位で減少傾向にあると判断された。算出した生物学的許容漁獲量ABCは下表の通りである。ただし、2003年以降の再生産成功率（1歳の加入尾数/親魚量）が過去15年間の平均的なレベルで続き、2004年以降の漁獲係数が変化しないとした場合に、親魚量の回復が期待される漁獲量を $ABC_{limit}$ 、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量を $ABC_{target}$ とした。

（2004年ABC）

|                | ABC   | 資源管理基準  | F値   | 漁獲割合 |
|----------------|-------|---------|------|------|
| $ABC_{limit}$  | 50百トン | Frec    | 0.54 | 35%  |
| $ABC_{target}$ | 42百トン | 0.8Frec | 0.43 | 29%  |

F値は各年齢の平均値である。

（資源量・漁獲量・F値・漁獲割合）

| 年    | 資源量(百トン) | 漁獲量(百トン) | F値   | 漁獲割合 |
|------|----------|----------|------|------|
| 2001 | 159      | 55       | 0.62 | 35%  |
| 2002 | 156      | 57       | 0.63 | 37%  |
| 2003 | 152      | -        | -    | -    |

2003年の資源量は、再生産成功率が過去15年間の平均的なレベルとした場合の予測である。

（水準・動向）

水準：中位

動向：減少

### 1. まえがき

2002年の全国マダイ漁獲量15,232トンのうち、約37%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）に至る水域での漁獲量であり、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群は本系群には含まれていない。

本種は養殖業や栽培漁業の代表的対象種である。本系群の分布水域における養殖による生産量（1999-2001年の年平均が約2万トン、ただし鹿児島は全県分含

む)は、天然資源の漁獲量(同期間の年平均が約6,100トン、ただし鹿児島は佐多岬以北)の約3.3倍にも達している。このため、価格の安い養殖魚の影響を受けて、天然魚の価格も低下傾向にある。

## 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が、詳細は不明である。

### (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・産卵生態

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根では、産卵期は3月上旬~5月下旬、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、成魚は甲殻類や貝類、多毛類などを主要な餌とする。

## 3. 漁業の状況

本系群の漁獲量は1969年の1万1千トンをピークに、その後減少傾向を示し、1990年には5,100トンにまで減少したが、1991年以降は増加傾向に転じ、近年は6,000トン台まで回復していた。2000年以降は再び減少傾向を示していたが、2002年の漁獲量(速報値)は前年より168トン増加して5,679トンであった(図4)。

なお、本系群を対象とする漁業の特徴の一つに、1970年代後半から1980年代中盤にかけて九州西岸域で行われた、養殖種苗用としての天然幼魚の大量採捕があり、多い年で1,900万尾に達していたと推測されている(大内 1986)。しかし、その後人工種苗生産技術が確立されたことに伴い、近年ではほとんどこの漁獲は行われなくなった。また、人工種苗の放流数は2000年まで増加傾向にあり、本水域(鹿児島県佐多岬から鳥取県に至る九州西岸域と日本海域)における放流総数は近年900万尾を超えていたが、2001年以降は減少傾向にあり、2002年は前年より110万尾減少して780万尾であった(図4)。

当系群の2002年における漁業種別漁獲量は、昨年に引き続き吾智網(34%)が最も多く、次いで釣り(19%)、刺網(12%)、延縄(11%)、沖底(9%)、小型底びき網(6%)、定置網(5%)、まき網(3%)となっており、様々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的である。県別の漁獲割合

は、福岡県(25%)が最も多く、長崎県(24%)、山口県(15%)、熊本県(12%)がこれに次いだ。なお、遊漁による漁獲量は平成9年で全体の2.1%と推定されている(農水省統計情報部 1998)。

#### 4. 資源の状態

##### (1) 資源評価方法

最近年の漁業種類別の体長測定資料や年齢査定資料、あるいは既存の漁業種類別年齢組成資料(H1~3年度資源管理型漁業推進事業成果)に基づき、県ごとの漁業種類別年齢別漁獲尾数を推定し、それらを合計して系群全体の年齢別漁獲尾数(1986~2002年)を求めた。年別年齢別資源尾数の計算には、Popeの近似式(Pope 1972)によるコホート解析を用いた。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、 $M = 2.5 / n$ )で求めた0.125を用いた。成長に関するパラメータは、昨年まで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。高齢部分の計算には以下の式を用いた。2002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ことに伴い、過去の年齢組成に基づいて漁獲尾数を推定する場合、0歳魚漁獲尾数の推定精度が低くなっているものと考えられる。また、混獲の実態や、混獲後に再放流される個体の生残率などについての詳細は不明である。これらのことから、0歳魚の推定漁獲尾数には問題があると考えられるため、昨年同様に0歳魚を除去して1歳以上の尾数を用いて解析を行った。

##### (2) 漁獲物の年齢組成

主に3才以下の個体が漁獲されており、2002年はこれらが全漁獲量の83%を占めると推定された(図5)。

##### (3) 資源量の推移

年齢別漁獲尾数に基づくコホート計算結果(表1、図6)によると、資源量は1989年の1万6千トンから1996年には1万8千トンまで増加したが、その後は漸減傾向に転じ、2002年の資源重量は1万5千トン、資源尾数は2,700万尾であった。ただし、減少率は平均で3%と低い。

産卵親魚量と1才魚の加入量から再生産関係(図7)を検討すると、90年代の産卵親魚量の増加が翌年の1歳魚の加入増加に結びついたことが示唆されるが、97年に

親魚量がやや減少したことに伴い、98年以降の加入尾数も減少している。再生産成功率(図8)によると、1998年以降漸減傾向を示しているものの、その変動幅は小さい。

産卵親魚量と翌年の1歳魚尾数との間の再生産関係(図9)によると、両者の間には正の相関関係が認められるものの、ともに比較的狭い範囲で変動していることから、再生産関係式を当てはめることは妥当ではないと考えられる。

コホート計算で用いた自然死亡係数(M)は信頼性の低い可能性があるため、Mの値が資源計算に与える影響を見るため、Mを変化させた場合の資源量、親魚量、加入量の変動を図10に示す。これによると、Mが大きくなるといずれの値も増加する。

#### (4) 資源水準・動向の判断

資源量推定値が得られている1986年以降において検討すると、2002年の資源量と資源尾数は期間中で最低ながら、最高であった96年の83%と比較的高いレベルにある。また、再生産成功率は過去15年間の平均値にほぼ等しいこと、魚価の低迷から本種に対する漁獲努力量はむしろ減少している可能性があることなどを考え合わせると、本資源の水準は中位で、資源動向は減少傾向を示しているものと考えられる。

### 5. 資源の変動要因

#### (1) 資源と漁獲の関係

漁獲係数は1996年以降漸増しており、2002年はやや高いレベルにあった(図11)。FとYPRとの関係(図12)によると、現状のF(0.63)は $F_{max}$ (0.20)より大きく、成長乱獲にあることが示唆される。また、Fと%SPRとの関係では、現状のFが $F_{7\%SPR}$ に相当することから、やはり現在の漁獲圧は高いことが示唆される。

### 6. 管理目標・管理基準値・2004年ABCの設定

#### (1) 資源評価のまとめ

変動幅が前年比で2.2%と小さいながら、資源量は1997年以降減少傾向にあると判断される。また、漁獲係数は比較的高いレベルである。

#### (2) 資源管理目標

親魚量と加入尾数の関係(図9)において、 $RPS_{high}$ を示す直線上で $R_{high}$ を実現するSSBを $B_{limit}$ (11,000トン)とすると、2002年の親魚量は9,000トンと $B_{limit}$ より小さいことから、産卵親魚量を回復させることが望まれる。

#### (3) 2004年ABCの設定

資源量および親魚量と加入量の関係が利用可能で、親魚量が $B_{limit}$ 以下であることから、漁獲制御ルール1-1)-(2)を適用する。2003年以降の再生産成功率は、過去15年間の中央値と仮定する。ABCの算定では、10年後の2013年に親魚量がこの $B_{limit}$ にまで回復するFを探索的に求め、これを $F_{limit}$ (0.54)とした。さらに、これに安全率 $\alpha$ (0.8)を乗じたものを $F_{target}$ (0.43)とした。

#### (4) F値の変化による親魚量および漁獲量の推移

2003年のF(0.63)を $F_{current}$ 、同年の漁獲量が5700トン、同年以降の再生産成功率を $RPS_{med}$ (1.24)との前提のもと、 $F_{sus}$ は現状(2004年)の漁獲量を維持(2010年)するFとする。F値の変化に伴う親魚量と期待漁獲量の推移を表2と図13,14に示す。

#### (5) ABClimitの検証

自然死亡係数Mが与える影響を見るために、Mを変化させた場合のABClimitの変化を図15に示す。Mが大きくなると資源量も多くなるが、ABCは逆に小さくなる。

#### (6) 過去の管理目標・基準値、ABCのレビュー

| 評価対象年      | 管理基準 | 資源量   | ABClimit | target | 漁獲量  | 管理目標   |
|------------|------|-------|----------|--------|------|--------|
| 2002年(当初)  | Frec | 14300 | 4300     | 3500   | -    | 親魚量の増加 |
| 2002年(再評価) | Frec | 14600 | 4700     | 3900   | 5700 | 親魚量の増加 |
| 2003年(当初)  | Frec | 14600 | 4600     | 3800   | -    | 親魚量の増加 |
| 2003年(再評価) | Frec | 14800 | 5200     | 4300   | -    | 親魚量の増加 |

#### (7) 栽培効果の推定

本系群では、放流魚の成長パラメータや添加効率などに関する知見が不十分なため、添加効率を仮定して放流効果を推測する。なお、本系群に関連する8県のうち、マダイの人工種苗放流を行っているのは、鳥取県と福岡県を除く6県である(図16)。総放流数は1988年以降増加傾向にあったが、2001年以降は減少に転じている。

コホート解析によって得られた1歳魚資源尾数と産卵親魚資源量、当系群の分布水域における人工種苗の総放流尾数を用い、添加効率として0.1、0.2、0.3の3つの値を仮定して検討した。まず、各添加効率下での天然魚のみの再生産成功率( $RPS_{med}$ )を求める目的で、コホート結果による年別の1歳魚尾数から、各添加効率を実際の放流尾数に乗じた値(人工魚の仮定加入尾数)を減じて、再生産関係を検討した。次に、将来の放流数が過去5年の平均放流尾数(870万尾)で一定と仮定して、これに各添加効率を乗じた数を加入量に上乗せして将来予測を行った。

再生産関係(天然魚と放流魚の親魚資源量-天然1歳魚加入量)を図17に示す。それぞれの添加効率ごとに、放流がある場合とない場合を想定し、それぞれの場合において $F_{current}$ 、 $F_{limit}$ 、 $F_{target}$ での漁獲を継続させた場合の、2011年までの資源量変動を図18に、また2004年におけるABCを表3に示す。例えば $F_{current}$ での2008年の資源量を、添加効率0.2で放流がある場合とない場合とで比較すると、前者は後者の1.2倍、 $F_{limit}$ と $F_{target}$ での同年の資源量はそれぞれ1.1倍となる。

## 7. 引用文献

大内康敬(1986)幼魚の生態とその漁業。水産学シリーズ59, マダイの資源培養技術, 恒星社厚生閣, 75 - 90.

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.

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．

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．

表1. 年齢別漁獲尾数とコホート解析結果

| 漁獲尾数<br>年 | 1歳    | 2歳    | 3歳    | 4歳  | 5歳  | 6歳  | 7歳  | 8歳  | 9歳 | 10歳+ | 千尾<br>合計 |
|-----------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|----------|
| 1986      | 4,427 | 2,766 | 1,912 | 542 | 285 | 233 | 133 | 150 | 39 | 40   | 10,528   |
| 1987      | 3,816 | 2,313 | 1,678 | 565 | 307 | 268 | 139 | 146 | 43 | 44   | 9,320    |
| 1988      | 4,036 | 2,358 | 1,864 | 542 | 282 | 255 | 122 | 138 | 36 | 40   | 9,672    |
| 1989      | 3,401 | 2,242 | 1,763 | 497 | 268 | 243 | 114 | 127 | 35 | 37   | 8,726    |
| 1990      | 3,843 | 2,416 | 1,521 | 501 | 271 | 224 | 124 | 150 | 35 | 37   | 9,122    |
| 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      | 4,675 | 4,350 | 1,630 | 603 | 299 | 179 | 158 | 167 | 38 | 53   | 12,152   |
| 1999      | 3,610 | 4,353 | 1,892 | 648 | 316 | 171 | 145 | 157 | 38 | 54   | 11,384   |
| 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      | 2,613 | 3,313 | 1,772 | 760 | 333 | 159 | 147 | 107 | 17 | 22   | 9,244    |

| 推定資源尾数<br>年 | 1歳     | 2歳    | 3歳    | 4歳    | 5歳    | 6歳  | 7歳  | 8歳  | 9歳  | 10歳+ | 千尾<br>合計 | トン<br>資源量 | トン<br>産卵親魚量 |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|----------|-----------|-------------|
| 1986        | 12,703 | 7,364 | 4,226 | 1,927 | 1,149 | 737 | 435 | 277 | 101 | 104  | 29,023   | 17,144    | 10,760      |
| 1987        | 11,990 | 7,051 | 3,900 | 1,933 | 1,192 | 746 | 432 | 259 | 104 | 106  | 27,712   | 16,718    | 10,687      |
| 1988        | 11,822 | 6,996 | 4,050 | 1,865 | 1,175 | 763 | 406 | 251 | 91  | 103  | 27,523   | 16,551    | 10,508      |
| 1989        | 11,415 | 6,642 | 3,958 | 1,824 | 1,137 | 772 | 434 | 244 | 92  | 99   | 26,617   | 16,228    | 10,421      |
| 1990        | 12,084 | 6,878 | 3,755 | 1,837 | 1,143 | 752 | 454 | 276 | 96  | 101  | 27,376   | 16,433    | 10,512      |
| 1991        | 11,887 | 7,054 | 3,800 | 1,885 | 1,150 | 754 | 453 | 284 | 103 | 106  | 27,476   | 16,661    | 10,681      |
| 1992        | 11,788 | 7,048 | 3,810 | 1,977 | 1,174 | 748 | 443 | 273 | 103 | 109  | 27,474   | 16,741    | 10,774      |
| 1993        | 12,749 | 7,187 | 3,904 | 2,021 | 1,245 | 768 | 435 | 269 | 102 | 112  | 28,792   | 17,201    | 11,004      |
| 1994        | 13,618 | 7,346 | 3,781 | 2,007 | 1,256 | 847 | 457 | 270 | 98  | 112  | 29,792   | 17,534    | 11,196      |
| 1995        | 14,036 | 7,555 | 3,825 | 1,901 | 1,277 | 869 | 543 | 298 | 103 | 113  | 30,521   | 18,035    | 11,537      |
| 1996        | 15,534 | 7,818 | 3,810 | 1,738 | 1,146 | 873 | 534 | 371 | 115 | 120  | 32,059   | 18,228    | 11,414      |
| 1997        | 16,376 | 9,387 | 3,963 | 1,759 | 1,031 | 698 | 481 | 302 | 107 | 118  | 34,222   | 18,087    | 10,467      |
| 1998        | 15,348 | 9,206 | 3,734 | 1,776 | 967   | 628 | 436 | 270 | 95  | 133  | 32,592   | 17,218    | 9,906       |
| 1999        | 13,902 | 9,153 | 4,038 | 1,764 | 1,001 | 573 | 386 | 236 | 81  | 115  | 31,249   | 16,744    | 9,545       |
| 2000        | 12,065 | 8,877 | 3,988 | 1,786 | 948   | 586 | 345 | 204 | 60  | 86   | 28,948   | 15,856    | 9,051       |
| 2001        | 11,265 | 7,874 | 4,578 | 1,804 | 999   | 558 | 379 | 162 | 41  | 53   | 27,712   | 15,554    | 9,039       |
| 2002        | 11,015 | 7,757 | 3,907 | 2,176 | 1,022 | 554 | 330 | 153 | 35  | 44   | 26,995   | 15,213    | 9,037       |

| F-matrix<br>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 | 0.45 | 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 | 0.31 | 0.41 | 0.38 | 0.88 | 0.53 | 0.53 |
| 1992          | 0.37 | 0.47 | 0.51 | 0.34 | 0.30 | 0.42 | 0.37 | 0.86 | 0.51 | 0.51 |
| 1993          | 0.43 | 0.52 | 0.54 | 0.35 | 0.26 | 0.40 | 0.35 | 0.88 | 0.52 | 0.52 |
| 1994          | 0.46 | 0.53 | 0.56 | 0.33 | 0.24 | 0.32 | 0.30 | 0.84 | 0.50 | 0.50 |
| 1995          | 0.46 | 0.56 | 0.66 | 0.38 | 0.26 | 0.36 | 0.25 | 0.83 | 0.46 | 0.46 |
| 1996          | 0.38 | 0.55 | 0.65 | 0.40 | 0.37 | 0.47 | 0.44 | 1.12 | 0.56 | 0.56 |
| 1997          | 0.45 | 0.80 | 0.68 | 0.47 | 0.37 | 0.35 | 0.46 | 1.03 | 0.40 | 0.40 |
| 1998          | 0.39 | 0.70 | 0.62 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | 0.49 | 1.07 | 0.56 | 0.56 |
| 1999          | 0.32 | 0.71 | 0.69 | 0.50 | 0.41 | 0.38 | 0.51 | 1.24 | 0.70 | 0.70 |
| 2001          | 0.30 | 0.54 | 0.67 | 0.46 | 0.41 | 0.31 | 0.63 | 1.47 | 0.89 | 0.89 |
| 2001          | 0.25 | 0.58 | 0.62 | 0.44 | 0.46 | 0.40 | 0.78 | 1.41 | 0.63 | 0.63 |
| 2002          | 0.29 | 0.61 | 0.66 | 0.47 | 0.43 | 0.36 | 0.64 | 1.37 | 0.74 | 0.74 |

表2. F 値の変化に伴う漁獲量と親魚量の推移

| F    | 基準値     | 漁獲量 (トン) |      |      |      |      |      |       | 親魚量 (トン) |       |       |       |       |       |        |
|------|---------|----------|------|------|------|------|------|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|      |         | 2004     | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010  | 2004     | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010   |
| 0.00 |         | 0        | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0     | 8595     | 14564 | 24093 | 36233 | 51854 | 75848 | 112747 |
| 0.06 | 0.1Fsus | 687      | 1066 | 1512 | 2086 | 3010 | 4421 | 6430  | 8595     | 13791 | 21639 | 31117 | 42856 | 60243 | 85786  |
| 0.12 | 0.2Fsus | 1335     | 1970 | 2677 | 3551 | 4910 | 6888 | 9570  | 8595     | 13064 | 19450 | 26760 | 35485 | 47955 | 65462  |
| 0.18 | 0.3Fsus | 1947     | 2735 | 3563 | 4544 | 6023 | 8077 | 10730 | 8595     | 12379 | 17496 | 23044 | 29434 | 38251 | 50088  |
| 0.24 | 0.4Fsus | 2525     | 3379 | 4224 | 5182 | 6587 | 8446 | 10739 | 8595     | 11734 | 15749 | 19869 | 24456 | 30569 | 38419  |
| 0.30 | 0.5Fsus | 3073     | 3918 | 4704 | 5554 | 6769 | 8305 | 10116 | 8595     | 11125 | 14187 | 17154 | 20352 | 24473 | 29536  |
| 0.35 | 0.6Fsus | 3506     | 4296 | 4991 | 5710 | 6721 | 7951 | 9349  | 8595     | 10644 | 13010 | 15191 | 17483 | 20359 | 23762  |
| 0.41 | 0.7Fsus | 4000     | 4677 | 5226 | 5759 | 6502 | 7366 | 8308  | 8595     | 10097 | 11733 | 13144 | 14588 | 16347 | 18336  |
| 0.47 | 0.8Fsus | 4469     | 4987 | 5365 | 5695 | 6168 | 6695 | 7248  | 8595     | 9580  | 10588 | 11385 | 12189 | 13144 | 14175  |
| 0.53 | 0.9Fsus | 4913     | 5236 | 5427 | 5553 | 5768 | 6001 | 6240  | 8595     | 9092  | 9560  | 9874  | 10198 | 10584 | 10977  |
| 0.59 | 1.0Fsus | 5310     | 5423 | 5431 | 5367 | 5360 | 5360 | 5369  | 8595     | 8656  | 8686  | 8641  | 8628  | 8637  | 8636   |

表 3. 放流がある場合とない場合の、各添加効率時の 2004 年の漁獲係数と ABC

| 添加効率 | Fcurrent |       |      |       | Flimit |       |       |       | Ftarget |       |       |       |
|------|----------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
|      | 放流あり     |       | 放流なし |       | 放流あり   |       | 放流なし  |       | 放流あり    |       | 放流なし  |       |
|      | F        | 2008  | F    | 2008  | F      | 2008  | F     | 2008  | F       | 2008  | F     | 2008  |
| 0.0  | 0.63     | 12848 | 0.63 | 12848 | 0.544  | 16170 | 0.544 | 16170 | 0.435   | 21687 | 0.435 | 21687 |
| 0.1  | 0.63     | 12977 | 0.63 | 11867 | 0.544  | 16264 | 0.520 | 15872 | 0.435   | 21691 | 0.420 | 21082 |
| 0.2  | 0.63     | 13260 | 0.63 | 11063 | 0.546  | 16419 | 0.500 | 15633 | 0.437   | 21804 | 0.400 | 20584 |
| 0.3  | 0.63     | 13749 | 0.63 | 10478 | 0.550  | 16656 | 0.490 | 15473 | 0.440   | 22066 | 0.390 | 20230 |



図 1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布・回遊

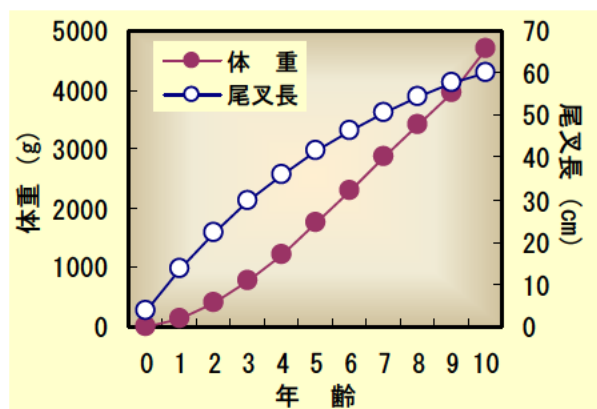


図 2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

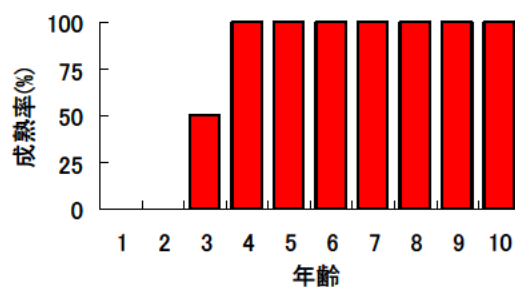


図 3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

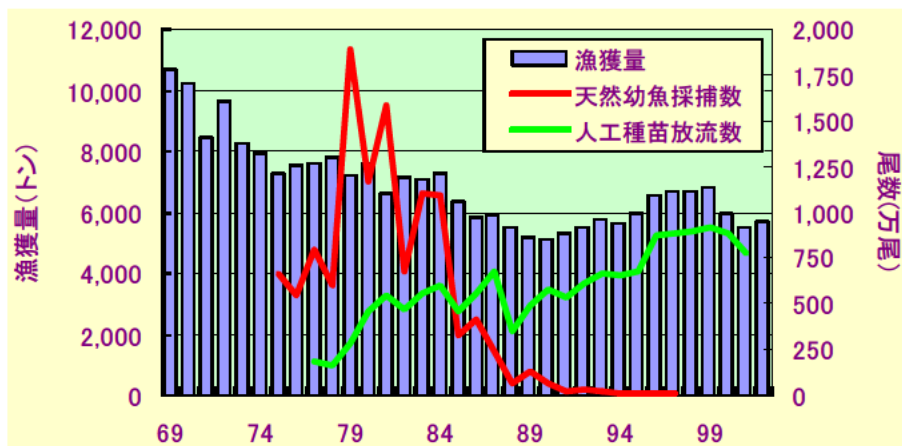


図 4. 漁獲量、養殖用天然幼魚の採捕尾数、および人工種苗放流数の経年変化.

天然幼魚採捕尾数の一部は秋元・内田(1998)による.

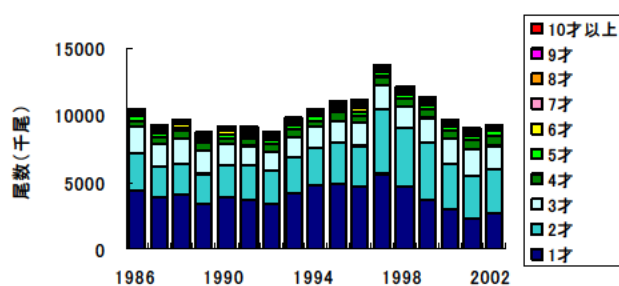


図 5. 年齢別漁獲尾数の経年変化

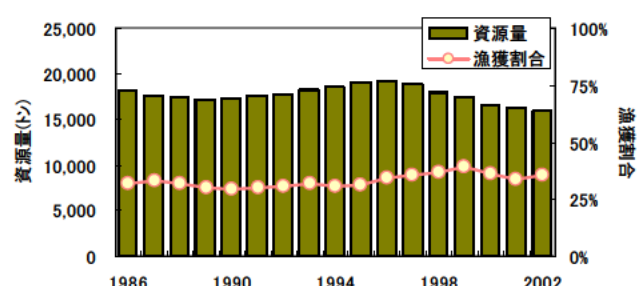


図 6. 資源量と漁獲割合の経年変化

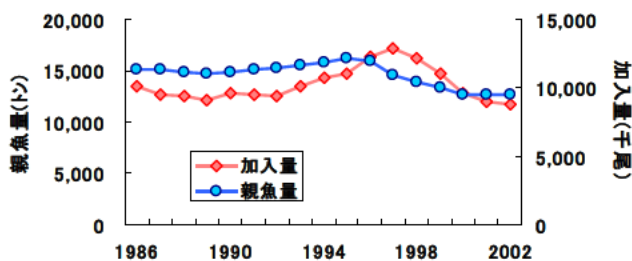


図 7. 親魚量と1才加入量の経年変化

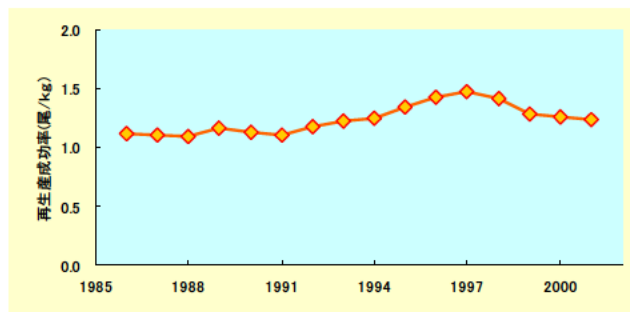


図 8. 再生産成功率の経年変化

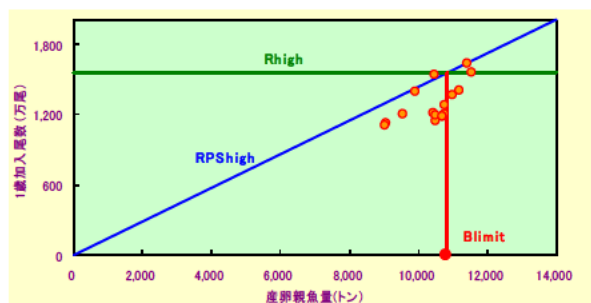


図 9. 親魚量と加入量の関係

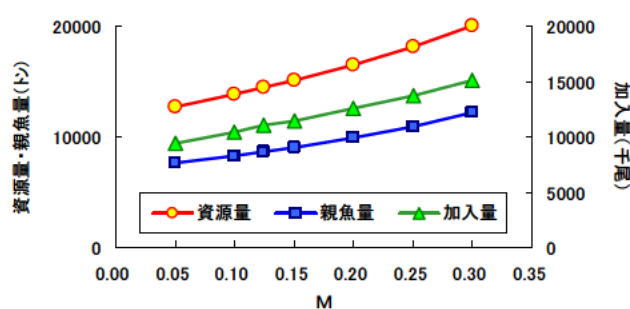


図 10. 自然死亡係数 M と資源量、親魚量、加入量との関係

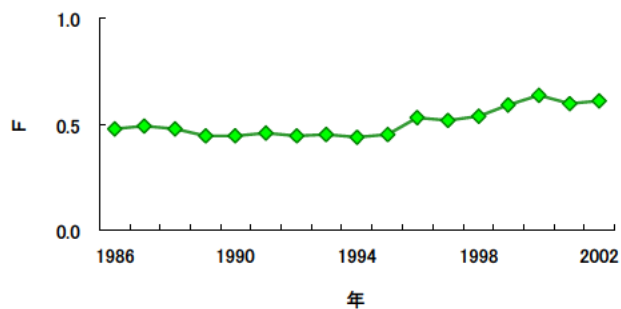


図 11. 漁獲係数 F の経年変化

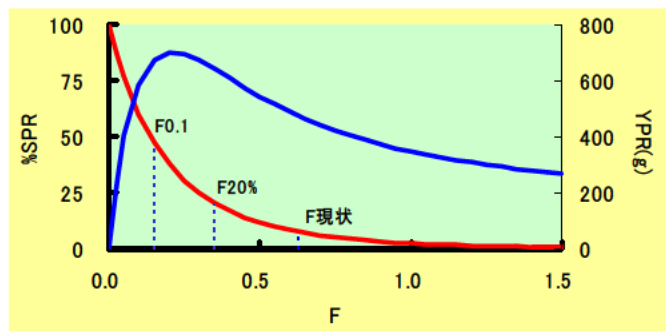


図 12. YPR(青)と SPR(赤) (F は1才時)

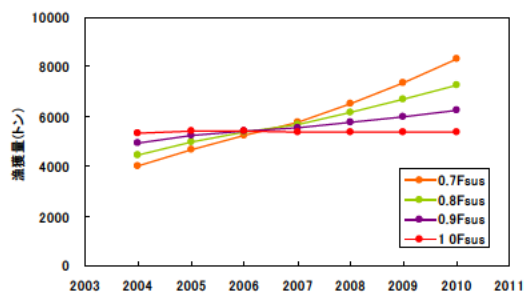


図 13. F による漁獲量の変化

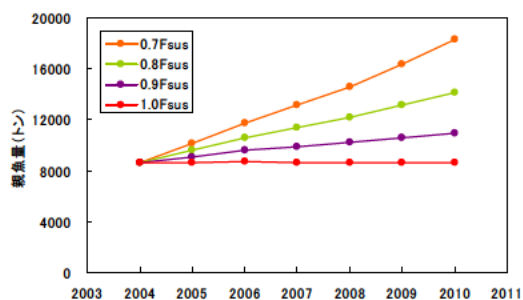


図 14. F による親魚量の変化

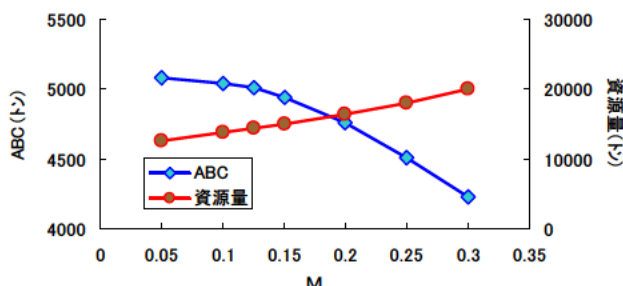


図 15. M と資源量、ABC との関係

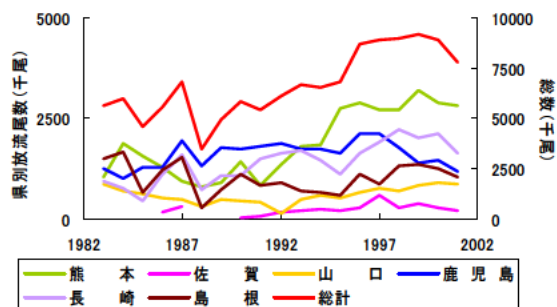


図 16. 添加効率を仮定した場合の再生産関係

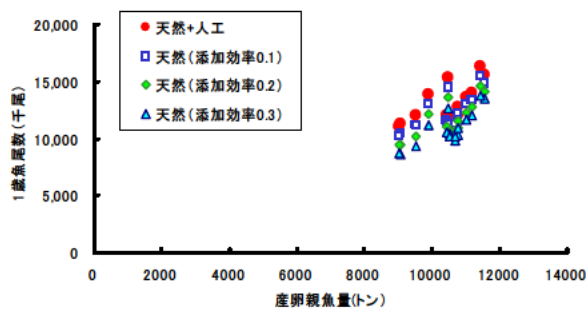


図 17. 県別のマダイ人工種苗放流尾数

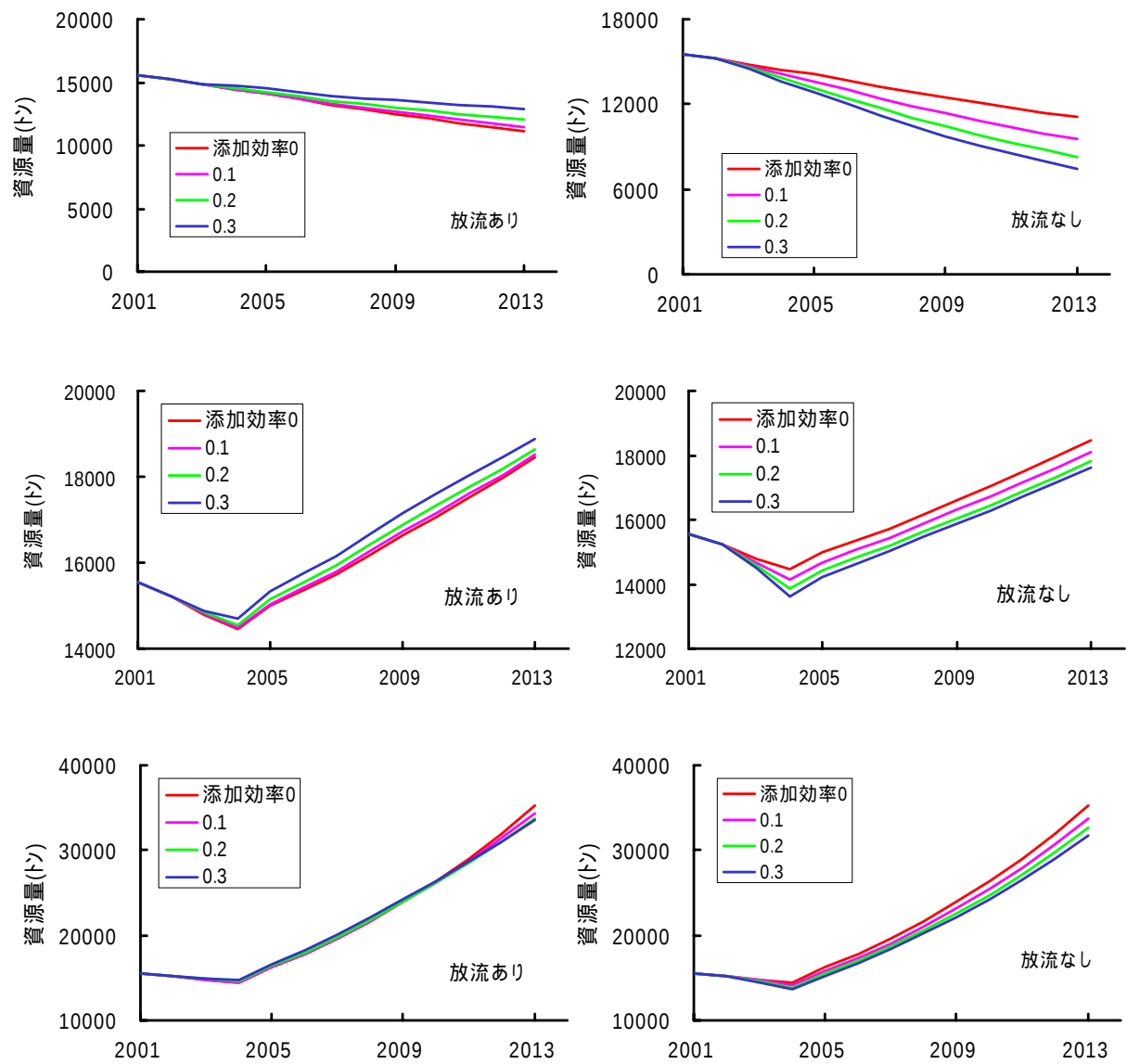


図 18. 放流がある場合とない場合の、各漁獲係数  $F$  における添加効率別資源量変動予測  
 左: 放流あり 右: 放流なし 上:  $F_{current}$  中:  $F_{limit}$  下:  $F_{target}$