

## 平成 17 年マダイ日本海北・中部系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（井関智明、藤井徹生）

参画機関：青森県水産総合研究センター、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、  
新潟県水産海洋研究所、富山県水産試験場、石川県水産総合センター、  
福井県水産試験場、京都府立海洋センター、兵庫県但馬水産技術センター

### 要 約

年齢別漁獲尾数を府県別（漁業種類別）漁獲量データから求め、コホート解析により資源尾数を計算した結果、資源水準は中位、動向は減少傾向であると判断された。但し、コホート解析による推定値は 2004 年に見られた漁獲量激減の大きな影響を受けている。また、現状の  $F$  による漁獲を続けた場合でも資源は漸減する程度であると予想されたことから、現状の  $F$  を大きく引き下げる緊急性はなく、資源量・親魚量・漁獲量を緩やかに回復させることを管理目標とした。ABC の算定にあたっては 10 年後（2015 年）の漁獲量を高位水準まで回復させる  $F$  ( $F_{sim}$ ) を管理基準とし、2006 年の初期資源量 5,469 トンと  $F_{limit}=F_{sim}$ 、 $F_{target}=F_{sim} \times 0.8$  から、 $ABC_{limit}$  を 20 百トン、 $ABC_{target}$  を 17 百トンとする。

|                | 2006 年 ABC | 資源管理基準       | F 値  | 漁獲割合  |
|----------------|------------|--------------|------|-------|
| $ABC_{limit}$  | 20 百トン     | $F_{sim}$    | 0.59 | 36.7% |
| $ABC_{target}$ | 17 百トン     | $0.8F_{sim}$ | 0.47 | 30.9% |

※ $F$  は 2 歳における値、ABC は遊漁採捕量を含めた値であり、100 トン未満は四捨五入した。

| 年    | 資源量(トン) | 漁獲量(トン)     | 遊漁採捕量(トン) | F 値  | 漁獲割合  |
|------|---------|-------------|-----------|------|-------|
| 2003 | 7,606   | 2,675       | 401 (仮定値) | 0.77 | 40.0% |
| 2004 | 5,977   | 2,129 (概算値) | 319 (仮定値) | 0.66 | 40.4% |
| 2005 | 5,460   | —           | —         | —    | —     |

水準：中位      動向：減少

※①資源量は 1 歳魚以上の値、②漁獲量および③遊漁採捕量仮定値は当歳魚を含む値であるが、②、③のうち当歳魚の値は十分小さいため、漁獲割合の計算は (②+③) / ①によった。

### 1. まえがき

2004 年の全国の漁獲量は 14,372 トン（農林水産統計概算値）であり、この約 15%にあたる 2,129 トンが日本海北部から中部にかけての各府県（青森～兵庫）で漁獲されている。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。

本種は沿岸性の高級魚で、代表的な栽培漁業対象種であり、本系群の分布水域においても毎年 300 万尾程度の種苗放流が行われている。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

本系群のマダイは、青森県から兵庫県にいたる水深 200m 以浅の日本海沿岸域に広く分布する（図 1）。0 歳魚は 20m 未満の海域に着底し、成長に伴い、分布水深は徐々に深くなる。4 歳魚以上の成魚は通常 50m 以深に分布するが、春期は産卵のために浅海域に移動するほか、季節的な南北回遊も行う。

### (2) 年齢・成長

尾叉長は 1 歳で 12cm、2 歳で 19cm、4 歳で 29cm に成長し、6 歳で 38cm 程度となっており、体重 1kg を上回る（図 2）（佐藤 1993）。寿命は 10 年以上であると考えられる。

### (3) 成熟・産卵

成熟開始年齢及び最小成熟尾叉長は雌雄とも 3 歳、20cm 前後であり、4 歳以上でほとんどの個体が成熟する（図 3）。産卵期は 6 月を中心とする時期で、水深 20～60m で産卵する。

### (4) 被捕食関係

0 歳魚はカイアシ類、ヨコエビ類、アミ類などを食べて成長し、発育に伴ってエビ類、カニ類、多毛類等を食べるようになる。

## 3. 漁業の状況

### (1) 漁業の概要

1986 年以降の漁業種類別漁獲量の推移を図 4 に示す。定置網での漁獲が大半を占める。なお 2004 年では定置網による漁獲量のみが前年と比べて大きく減少したため、同年の漁獲に占める定置網の割合は前年の 54% から 38% にまで低下した。以下、釣り・延縄、吾智網、底曳き網と続くが、その割合はいずれも 15% 前後である。その他、刺し網、旋網等により漁獲されている。

### (2) 漁獲量の推移

2004 年の全国のマダイ漁獲量は 14,372 トン（農林水産統計概算値）で、このうち 2,129 トン（15%）が日本海北・中部（青森～兵庫）において漁獲されている（図 5、表 1）。同海域での漁獲量は、過去 50 年間で最低の水準（千数百トン）であった 1980 年代後半以降、変動はあるものの全体としては増加傾向で推移し、2002 年には最高水準の 2,982 トンを記録したが、その後 2 年続けて減少した（2003 年 2,675 トン、2004 年概算値 2,129 トン）。1986 年以降で見た場合、2004 年の漁獲量は高水準の下限程度である。

なお、当海域における遊漁採捕量は、調査が行われた 1997 年および 2002 年でそれぞれ 315 トンおよび 488 トンであり（農林水産統計：遊漁採捕量調査報告書）、当該年度の漁獲量の 15% 程度であった。

#### 4. 資源の状態

##### (1) 資源評価の方法

府県別漁業種類別の漁獲量と各府県水試によって調べられた府県別（漁業種類別）の年齢組成データ（広域資源培養管理推進事業報告書・資源管理型漁業推進総合対策事業報告書・多元的資源管理型漁業推進事業報告書・各府県水試事業報告・計測データ等）を用いて年齢別漁獲尾数を求めた（詳細は補足資料 1）。

1997 年、2002 年以外の遊漁採捕量は各年の漁獲量の 15%とし、この仮定値を 1997 年および 2002 年の府県別採捕割合の平均値により各府県に割り振った。それぞれの年齢組成は、各府県の釣り・延縄と同じあるとした。

5 歳以上をまとめた年齢別漁獲尾数を用い、Pope の近似式（Pope 1972）によるコホート解析により資源尾数を計算した。自然死亡係数は一般に 0.2～0.3 前後の値が多いが（島本 1987）、本評価においては  $M=0.3$  を採用した。（ターミナル） $F$  の取り扱い・具体的なコホート計算の方法については補足資料 2 に示した。

##### (2) 資源量指標値の推移

漁業種類別で最も漁獲量が多く、漁業形態や漁獲努力量に大きな年変動が認められない大型定置網漁業について、その漁労体数と漁労体数当たりの漁獲量を図 6 に示す（農林水産統計による）。漁労体数は減少傾向であり、漁労体あたりの漁獲量は 2000 年からの 2 年間で急激に増加したが、直近 2 年で減少した。これは漁獲量の動向とよく一致している。

##### (3) 漁獲物の年齢組成

年齢別漁獲尾数と年齢別漁獲重量について、図 7、8、表 2、3 に示した。2 歳魚までの漁獲が尾数で 8 割、重量でも 4 割程度を占める。漁業種類別では、定置網、底曳き網、吾智網などで 1～2 歳の小型魚が多く漁獲され、刺し網や釣り・延縄の漁獲物に大型魚が多い。

なお、日本海北・中部系群に属する各府県では主として当歳魚を再放流する体長制限が設けられている。また、タイ類として扱われる漁獲物の中では小型魚ほどチダイ等の割合が高く、マダイとの統計上の区別が不十分である。これらのことより当歳魚の漁獲に関する推定値は信頼性が低いと考えられ、しかも漁獲量に占める割合は極めて低い。従って以下の資源計算では 1 歳以上魚を対象とする。また、以後特にことわりのない限り、漁獲量（漁獲尾数）には遊漁採捕量（1997、2002 年以外は仮定値）を含み、各計算結果もこれを考慮したものである（図 7 以降、表 2 以降）。

##### (4) 資源量の推移

コホート解析の結果を表 4～6 に示す。この結果からは年齢別初期資源尾数（表 4）、資源量（表 5）とも、1990 年代の安定傾向の後、1999 年より 2002 年にかけての増加により高水準となったが、直近 2 年の減少により中位へと移行したと判断できる。なお、2004 年の漁獲量激減と資源量の推定結果、水準動向の判断について補足資料 3 に示す。

資源量と漁獲量から求めた漁獲割合の推移を図 9 に示した。漁獲割合は 40%前後で推移

しており、資源量が低水準であった 1990 年代前半以前と比べて、若干低くなっている。

マダイ日本海北・中部系群の分布水域では毎年 300 万尾程度の種苗放流が行われており、ここでは放流種苗の資源添加を考慮して再生産関係の検討を行った。

表 7 にコホート解析で推定された各年の親魚資源量とそれらの再生産による翌年の 1 歳魚の資源尾数および各年の種苗放流尾数を示した。最近年を除く 1986 年から 2003 年の再生産関係の計算を行った。

各年における放流種苗の添加効率（放流後 1 歳で漁獲加入するまでの生残率）を一定の値  $K$  とし、親魚資源量と再生産加入量の関係が Ricker 型であると仮定すると、 $t$  年における 1 歳魚資源尾数  $R_t$  は以下の式で表される。

$$R_t = a \times E_{t-1} \times \exp(-b \times E_{t-1}) + A_{t-1} \times K$$

ここで  $E_{t-1}$  および  $A_{t-1}$  はそれぞれ  $t-1$  年における親魚資源量および放流尾数である。また  $a$  および  $b$  は Ricker 型再生産曲線のパラメータである。添加効率に関する知見は乏しいが、瀬戸内海で 0.2 程度（島本 1999）、京都府で 0.44 程度（藤田ら 1996）という報告（いずれも当歳魚）があることから、 $K=0.2 \sim 0.5$  の場合の親魚資源量と翌年の 1 歳魚加入量の関係を図 10 に示した。種苗放流については地域的には一定の効果が期待されるものの、評価対象海域全体で見た場合には、 $K=0.5$  としても翌年の 1 歳魚に占める割合が 10% 未満であり、添加効率が再生産関係の推定に及ぼす影響は大きくないと考えられる。そこで本評価では、 $K=0.3$  として、コホート解析により得られた各年の 1 歳魚資源尾数と、上述の再生産式による  $R_t$  の計算値との偏差平方和が最小となる  $a$ 、 $b$  の値を解析的に求め、 $a=1.54$ 、 $b=0.000235$  を得た。この場合の親魚資源量と翌年の 1 歳魚加入量の関係を図 11 に示した。

コホート解析には自然死亡係数  $M$  として 0.3/年を用いたが、 $M$  の値に対する資源量、加入量および産卵親魚量の感度解析結果を図 12 に示した。

#### （5）資源の水準動向

年齢別資源尾数の計算が可能なのは 1986 年以降についてであるが、当初、年齢別資源尾数（表 4）、資源量（表 5）とも低水準であった。以降、変動はあるもののほぼ増加傾向で推移し、2002 年には最高水準に達した。その後、2 年連続で減少したことから資源水準は中位、資源動向は減少傾向と判断した。

### 5. 資源管理の方策

#### （1）資源と漁獲の関係

表 6 で示した各年齢の  $F$  の平均値が最も大きく、完全加入年齢と推察された 2 歳魚の  $F$  値の推移を図 13 に示した。2 歳魚の  $F$  値は 0.5~0.9 の間で変動を繰り返している。変動の程度は大きいですが、変動の傾向は漁獲量の増減とよく一致している。

図 14 に 2 歳魚の  $F$  値と %SPR および YPR（加入量あたり漁獲量）との関係を示した。なお SPR および YPR の算出に際しては現状の年齢別漁獲選択性（最近年を除く 5 年間の

平均値)を適用した。加入乱獲回避の指標値となる  $F_{30\%SPR}$  は 0.26、また最大の加入量あたり漁獲量が達成される  $F_{max}$  は 0.27 と計算された。現状の  $F$  ( $F_{current} = 0.66$ ) は、これらの値よりかなり大きい。コホート解析の結果からは現在の資源状態は中位で減少傾向にあると判断される。しかし、この結果が 2004 年の漁獲量激減の影響を大きく受けていることは補足資料 3 に示したとおりであり、上述の再生産関係および放流尾数のもとで現状の  $F$  による漁獲を続けた場合も、資源量は漸減傾向で推移すると予想された。このことから現状の  $F$  を大きく引き下げる緊急性はなく、資源量・親魚量・漁獲量を緩やかに回復させることを資源管理目標とする。

## (2) 種苗放流効果

放流尾数が 1994 年～2003 年の 10 年間の平均値 (338 万尾)、その添加効率が 0.3 である場合と、種苗放流が無いとした場合の 2 つの仮定下で 2 歳魚の  $F$  を変化させた時に再生産関係式から得られる持続漁獲量曲線を図 15 に示した。最大持続漁獲量を与える  $F_{msy}$  は 0.46 と推定され、その時の親魚量は 5,374 トン、放流個体を含む翌年の 1 歳魚加入尾数は 2,439 万尾、持続可能な漁獲量は 2,699 トンとなった。

## 6. 2006 年 ABC の算定

### (1) 資源評価のまとめ

資源は 1999 年以降の増加により高位で推移し、2002 年には 1986 年以降の最大値を示したが、直近 2 年の減少により中位へと移行した。漁獲係数は代表的な管理基準 ( $F_{msy}$ ,  $F_{30\%SPR}$ ) と比べて高い状態で推移しているが、資源に大きな影響を与えるような水準にはない。

### (2) ABC の算定

本系群は資源量、親魚量と再生産関係が利用可能であり、親魚量も再生産曲線より得られる  $B_{limit}$  より高水準であることから、ABC 算定規則 1-1) の (1) を適用する。

現状の再生産関係 (図 11)、放流量 (338 トン、添加効率 0.3)、年齢別漁獲選択制 (最近年を除く過去 5 年間の平均値) が将来にわたって実現するとした場合に、2015 年における漁獲量が 2004 年と同値 (高水準の下限値の目安とした) まで回復するような  $F_{sim}=F_{limit}(=0.586)$  とする。この条件下で計算された漁獲量 1,968 トンおよび不確実性に配慮した予防的措置として  $F_{limit}$  に安全率 0.8 を乗じて計算された漁獲量 1,650 トンに、最近年を除く 1986 年以降の当歳魚平均漁獲量 40 トンを加えたものを 100 トン未満で四捨五入し、それぞれ 2006 年における  $ABClimit$ 、 $ABCtarget$  とした。

|             | 2006 年 ABC | 資源管理基準       | F 値  | 漁獲割合  |
|-------------|------------|--------------|------|-------|
| $ABClimit$  | 20 百トン     | $F_{sim}$    | 0.59 | 36.7% |
| $ABCtarget$ | 17 百トン     | $0.8F_{sim}$ | 0.47 | 30.9% |

※ $F$  は 2 歳における値、ABC は遊漁採捕量を含めた値であり、100 トン未満は四捨五入し

た。なお漁獲割合は1歳魚以上の資源量に対するABC（当歳魚を含む）の割合とした。

### （3）漁獲圧と資源動向

将来の動向についても、図11の再生産関係が成り立ち、毎年の放流量が338万尾、その添加効率Kが0.3であるとして、2歳魚のF値を変化させた場合の漁獲量および産卵親魚量の推移を以下に示した。F<sub>current</sub>、F<sub>limit</sub>、F<sub>msy</sub>の漁獲を与えたときの漁獲量と産卵親魚量の推定値を図16、17に示した。

| F     | 基準値                     | 漁獲量(トン) |       |       |       |       | 産卵親魚量(トン) |       |       |       |       |
|-------|-------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
|       |                         | 2006    | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2006      | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  |
| 0.661 | F <sub>current</sub>    | 2,178   | 2,161 | 2,134 | 2,132 | 2,121 | 2,503     | 2,444 | 2,437 | 2,453 | 2,431 |
| 0.595 | 0.9F <sub>current</sub> | 2,012   | 2,098 | 2,152 | 2,219 | 2,264 | 2,503     | 2,600 | 2,755 | 2,903 | 2,967 |
| 0.586 | F <sub>limit</sub>      | 1,968   | 2,076 | 2,143 | 2,222 | 2,277 | 2,503     | 2,646 | 2,833 | 3,009 | 3,094 |
| 0.528 | 0.8F <sub>current</sub> | 1,836   | 2,014 | 2,147 | 2,284 | 2,384 | 2,503     | 2,766 | 3,114 | 3,438 | 3,627 |
| 0.462 | F <sub>msy</sub>        | 1,630   | 1,890 | 2,097 | 2,302 | 2,456 | 2,503     | 2,967 | 3,557 | 4,125 | 4,506 |
| 0.396 | 0.6F <sub>current</sub> | 1,453   | 1,766 | 2,038 | 2,308 | 2,508 | 2,503     | 3,131 | 3,979 | 4,830 | 5,441 |
| 0.330 | 0.5F <sub>current</sub> | 1,244   | 1,593 | 1,916 | 2,239 | 2,478 | 2,503     | 3,332 | 4,498 | 5,730 | 6,677 |

※但し、0.7F<sub>current</sub>≒F<sub>msy</sub>

### （4）ABClimitの検証

本評価では自然死亡係数として、M=0.3を用いたが、Mを0.2～0.4で変化させた場合のABClimitの変化を図18に示した。Mを基準値である0.3から0.1ずつ増減させた場合、ABClimitの増減は2.4～6.7%であった。

### （5）ABCの再評価

| 評価対象年<br>(当初・再評価) | 管理基準                    | 資源量<br>(トン) | ABClimit | ABCtarget | 漁獲量(トン)<br>(うち遊漁量仮定) |
|-------------------|-------------------------|-------------|----------|-----------|----------------------|
| 2004年(当初)         | F <sub>msy</sub> (0.28) | 8,382       | 2,993    | 2,500     | 2,449                |
| 2004年(04年再評)      | F <sub>msy</sub> (0.33) | 8,159       | 2,548    | 2,110     | (319)                |
| 2004年(05年再評)      | F <sub>sim</sub> (0.59) | 5,977       | 2,422    | 2,284     |                      |
| 2005年(当初)         | F <sub>msy</sub> (0.33) | 8,124       | 2,539    | 2,103     | —                    |
| 2005年(05年再評)      | F <sub>sim</sub> (0.59) | 5,460       | 1,997    | 1,680     | —                    |

※各年の資源量推定値は1歳魚以上の値。なお、2005年再評価における管理基準Fは2歳魚の値、他は1歳魚の値である。また、2004年（当初）評価に限り、ABClimitおよびABCtargetに遊漁採捕分は含まれない。

2005年再評価では過去と比べて、各年の資源量推定値が著しく小さくなっている。これは、2004年に見られた漁獲量の激減が推定値に影響を及ぼしていることによる。

## 7. ABC以外の管理方策の提言

1980年代後半以降の漁獲量増加、国内の経済事情を反映して魚価の下落が著しく、資源を適切に管理する上でも、より効果的な利用のあり方が求められている。当海域での主漁法は定置網漁業であり、小型魚を多獲する危険性も高いが、一方で魚体に与えるダメージはそれほど大きくないと考えられるため、適切な再放流が資源保護に果たす役割は大きい

と言える。現在、日本海北・中部系群に属する各府県では、主に当歳魚を対象とした体長制限・再放流が行われているが、この体長制限をより実効性のあるものとし、生残率の高い再放流方法を確立することが重要である。

## 8. 引用文献

北海道・青森県・秋田県・山形県・新潟県・富山県（1989-91）

広域資源培養管理推進事業報告書. 日本海北ブロック, 各府県編・各年度版.

石川県・福井県・京都府・兵庫県・鳥取県・島根県・山口県（1989-91）

広域資源培養管理推進事業報告書. 日本海西ブロック, 各府県編・各年度版.

北海道・青森県・秋田県・山形県・新潟県・富山県（1992-99）

資源管理型漁業推進総合対策事業報告書. 日本海北ブロック, 各府県編・各年度版.

石川県・福井県・京都府・兵庫県・鳥取県・島根県・山口県（1992-99）

資源管理型漁業推進総合対策事業報告書. 日本海西ブロック, 各府県編・各年度版.

青森県（2004）平成 15 年度多元的資源管理型漁業推進事業報告書.

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.

佐藤雅希(1993) 山形県沿岸域におけるマダイの年齢と成長について. 増養殖研究推進連絡会議報告, 日本海ブロック試験研究集録 27, 日本海区水産研究所 pp.5-17.

島本信夫（1987）瀬戸内海東部群マダイの資源評価. 資源評価のための数値解析, 島津靖彦編 水産学シリーズ 66, pp.88-101.

島本信夫(1999) 瀬戸内海東部海域におけるマダイの資源変動および栽培漁業に関する研究. 兵庫水試研報 35, 43-114.

藤田眞悟・戸嶋 孝・山崎 淳・内野 憲・桑原昭彦(1996) 日本海西部におけるマダイの資源管理. 水産研究叢書 45, 日本水産資源保護協会.

## ※補足資料 1

### 年齢別漁獲尾数について

漁獲物の尾叉長組成、銘柄別漁獲量と Age-Length Key 等の指標により各府県が求めた府県別（漁業種類別）の年齢組成データと、府県別（漁業種類別）の漁獲量データより評価対象海域全体での年齢別漁獲尾数を推定した。漁獲量を漁獲尾数に換算する際の年齢別平均個体重の計算は、佐藤（1993）による山形県の季節別の年齢－体重量関係式のうち、漁獲の最盛期である 4～6 月の式によった。

年齢別漁獲尾数の推定に用いた市場調査データは、府県によってその形式や充実度がまちまちで、全体として断片的であったため、各府県の年齢別漁獲尾数を統一的な方法で推定することは不可能であった。しかし、これらのデータを用いない場合の推定値は全般的な漁獲傾向を反映しないものとなる危険性が高く、いくつかの仮定をおいてこれらのデー

タを用いることより、推定精度に与える影響はるかに大きい。このため漁業種類別の年齢組成が得られない場合でも、銘柄別漁獲量情報、漁業種類による区別のない尾叉長（あるいは年齢）組成が得られ、その信頼性が十分であると考えられる場合にはこれらを用いることとした。

なお銘柄別漁獲量情報の利用に際しては、銘柄区分の基準となる規格体重を、山形県（1995）による季節別の体重－年齢換算表により年齢ベースに変換（山形県）、あるいは佐藤（1993）による尾叉長－体重関係式により尾叉長ベースに変換後、新潟県の市場調査（2001年4月から2005年2月）から得られた季節別の Age-Length Key を用いることにより（青森県）、年齢組成を推定した。また、尾叉長組成を年齢組成に変換する際には上述の新潟県の季節別 Age-Length Key を用いた。以上の方針により、既存の府県別漁業種類別年齢組成データの欠損を補い、それでも対応できない場合には同府県・同漁業種類での過去の年齢組成を用いた。過去においてもデータが存在しない場合は、隣接県の同漁法によるデータで代用した。

#### ※補足資料 2

（ターミナル）F の取り扱い・コホート計算の手順について

平松（1999）の方法に従い、4 歳魚と 5 歳以上魚の F が等しくなるようエクセルのソルバーを用いてコホート計算を行った場合、4 歳魚と 5 歳以上魚の F が若齢魚と比べて非常に低く算出された。また、各年級群の、年齢と漁獲尾数の対数値の回帰係数から推定した全減少係数の平均値から自然死亡係数（0.3）を差し引いた値を各年の 5 歳以上魚の F としてコホート計算を行った場合は、4 歳魚と 5 歳以上魚の F に大きな差が見られた。

以上は高齢魚にかかる漁獲圧が若齢魚と比べて著しく低い、あるいは 4 歳魚と 5 歳以上魚の漁獲圧に大きな差が見られること示しており、漁獲の実態と照らし合わせ、明らかに非現実的であると考えられた。このため本評価では以下のようにしてコホート解析を行った。

すなわち、各年級群の 1 歳から 4 歳時の漁獲尾数の対数値より求めた全減少係数から、自然死亡係数 0.3 を差し引いた値を、当該年級が 4 歳となる年の 4 歳及び 5 歳以上魚の F とした。

ここで、 $N_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$ 、 $F_{a,y}$  をそれぞれ y 年における a 歳魚の資源尾数、漁獲尾数、漁獲死亡係数とし、5 歳以上魚、4 歳魚の資源尾数を以下の式で計算した。

$$N_{5+,y} = \{C_{5+,y} \times \exp(M/2)\} / \{1 - \exp(-F_{5+,y})\} \quad ①$$

$$N_{4,y} = (C_{4,y} / C_{5+,y}) \times N_{5+,y} \quad ②$$

漁獲死亡係数 F の計算は、5 歳以上魚、4 歳魚を除き、以下の式によった。

$$F_{a,y} = -\ln \{1 - (C_{a,y} \times \exp(M/2) / N_{a,y})\} \quad ③$$

2004 年の 1～3 歳魚の F は過去 5 年間の平均とし、資源尾数は

$$N_{a,2004} = \{Ca_{2004} \times \exp(M/2)\} / \{1 - \exp(-F_{a,2004})\}$$

により、2004 年以外の 1～3 歳魚の資源尾数は

$$Na_y = Na+1,y+1 \times \exp(M) + Ca_y \times \exp(M/2)$$

により求めた。

### ※補足資料 3

2004 年に見られた漁獲量の激減と資源量の推定値、水準動向の判断について

日本海北・中部における 2004 年の漁獲量は 2003 年の 2,675 トンから約 550 トン減少し、2,129 トンとなった。これは漁獲の大半を占める定置網による漁獲が全府県で減少し、全体では前年の 6 割弱となったことによる。

コホート解析では、漁獲量から求めた年齢別漁獲尾数から後退法により資源量を推定するため、漁獲量が大きく変動すると、過去数年も含めた資源量の推定値に大きな影響を与える。これは、ある年の資源状態を基準に将来の資源の動向を予測する上でも同様である。

ここで、受動的な漁法である定置網では、海況による分布様式の違いなど、資源状態以外の要因も漁獲量に影響を及ぼすことが考えられる。近年、資源量の激減に繋がるような加入量の低迷は確認されておらず、また 2004 年の漁獲量は定置網および刺し網を除く、釣り・延縄、吾智網、底曳き網ではむしろ微増している。これらのことより、2004 年に見られた漁獲量の激減が資源量の減少によってのみもたらされているとは考えにくい。

すなわち、本評価において資源は中位で減少傾向にあると判断したが、その減少程度はコホート解析による推定結果ほど急激なものではないと考えられる。管理方策の策定にあたってはこの点を考慮することとした。

### 引用文献

- 山形県（1995）平成 6 年度資源管理型漁業推進総合対策事業報告書（広域回遊資源）  
平松一彦（1999）VPA の入門と実際 水産資源管理談話会報，20，9-28



図1 マダイ日本海北・中部系群の分布図

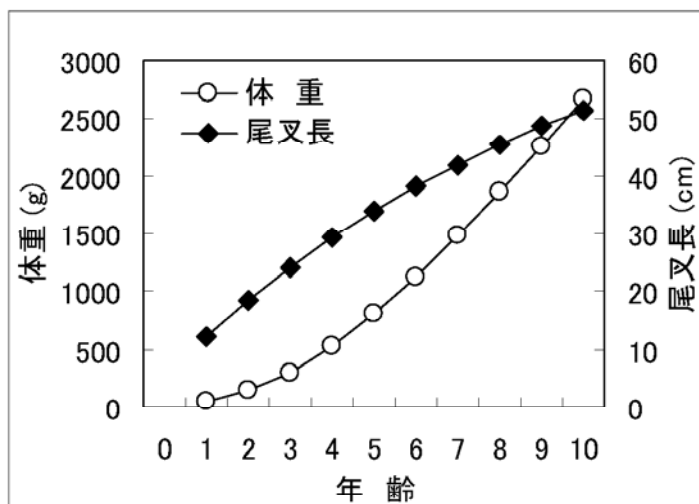


図2 マダイ日本海北・中部系群の年齢と成長（佐藤 1993）

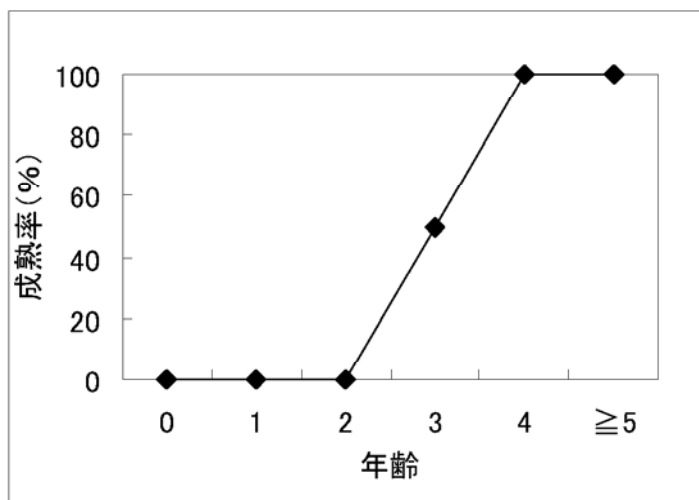


図3 マダイ日本海北・中部系群の年齢別成熟率

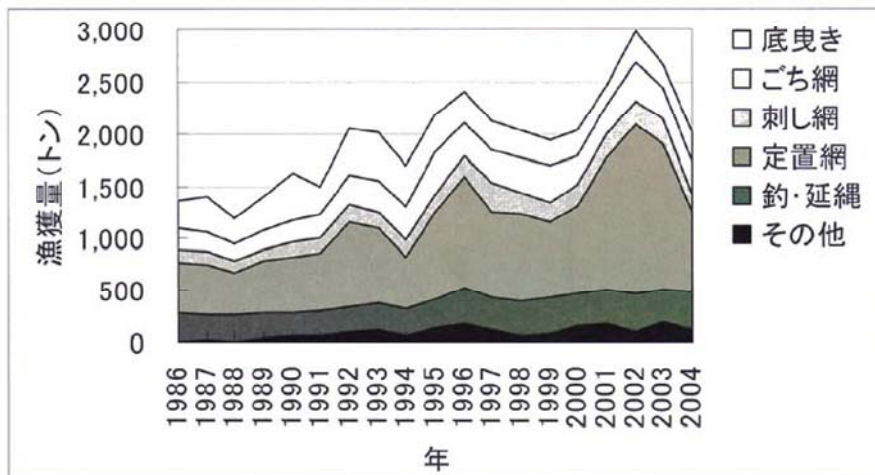


図4 マダイ日本海北・中部系群の漁業種類別漁獲量（遊漁を除く）

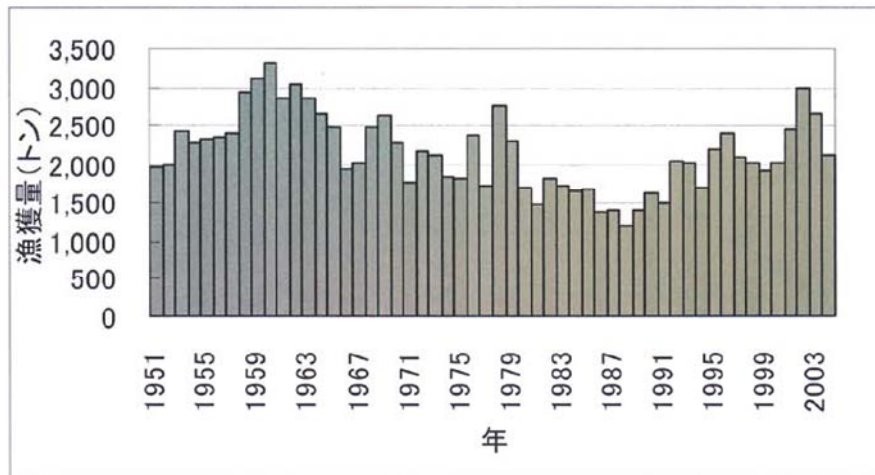


図5 マダイ日本海北・中部系群の漁獲量（遊漁を除く）

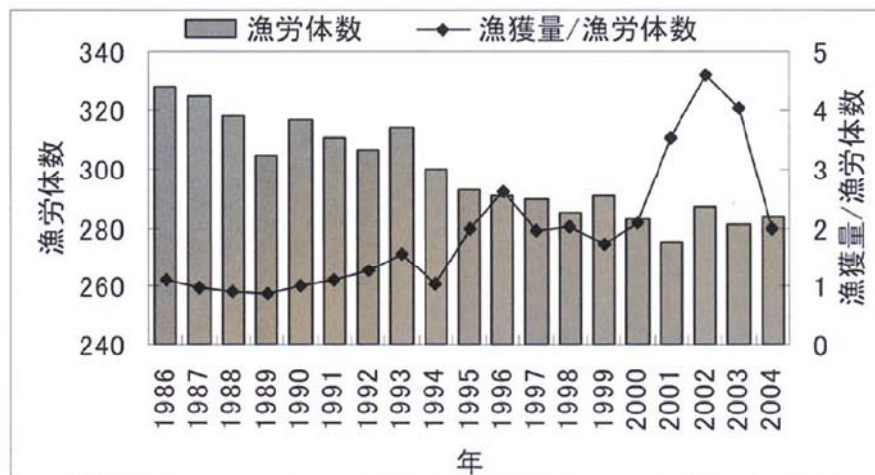


図6 日本海北・中部の大型定置網漁労体数と漁労体あたりマダイ漁獲量  
※但し、2004年の漁労体数は過去5年の平均値

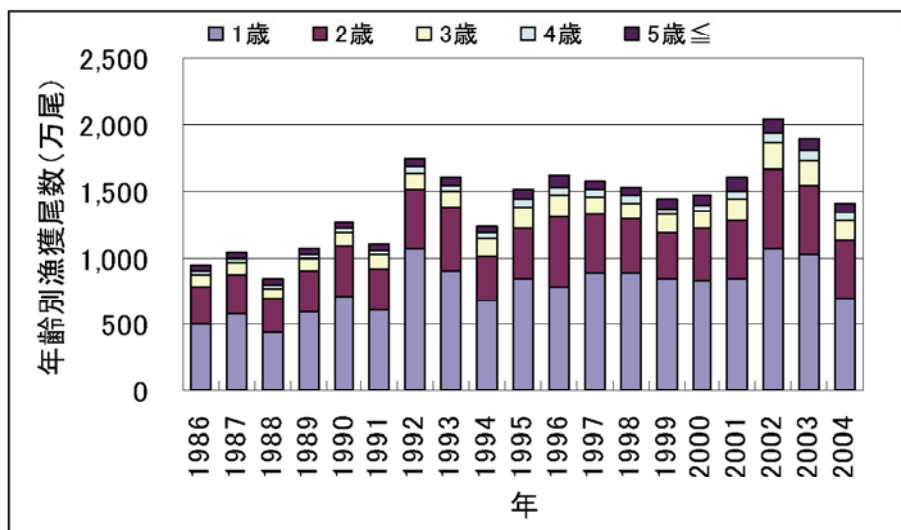


図7 マダイ日本海北・中部系群の年齢別漁獲尾数（万尾）

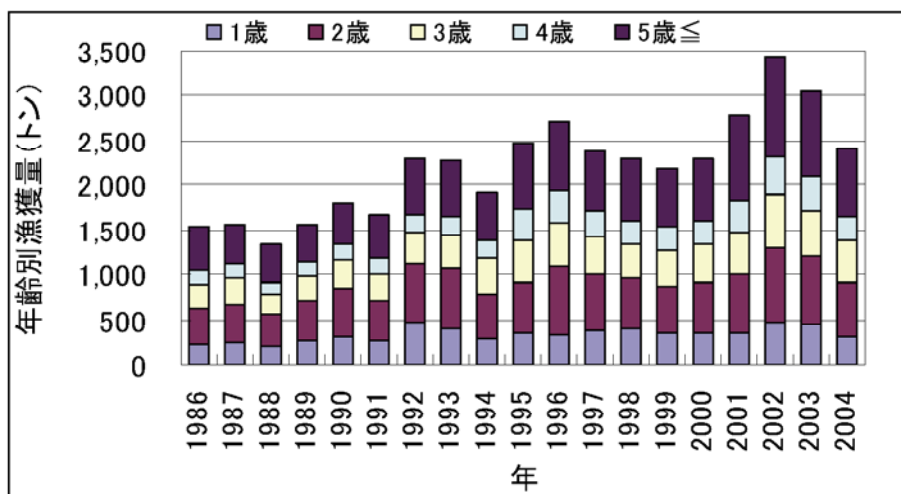


図8 マダイ日本海北・中部系群の年齢別漁獲量（トン）

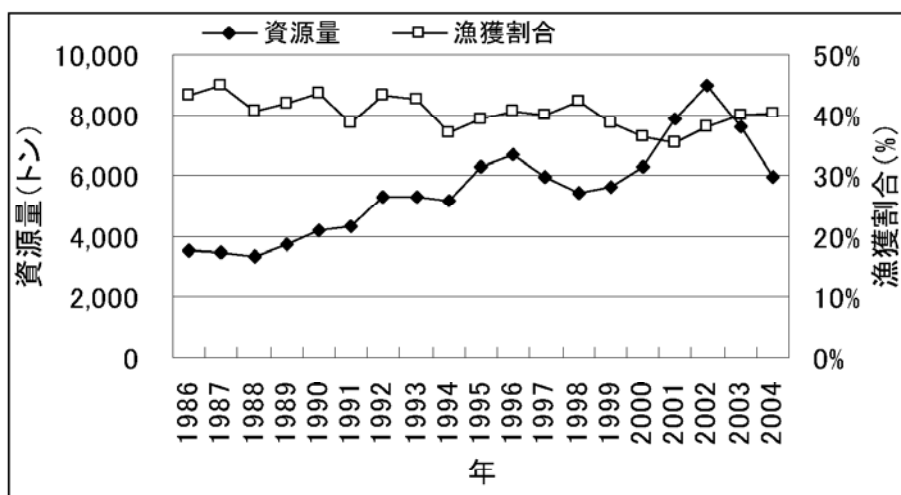


図9 マダイ日本海北・中部系群の資源量と漁獲割合

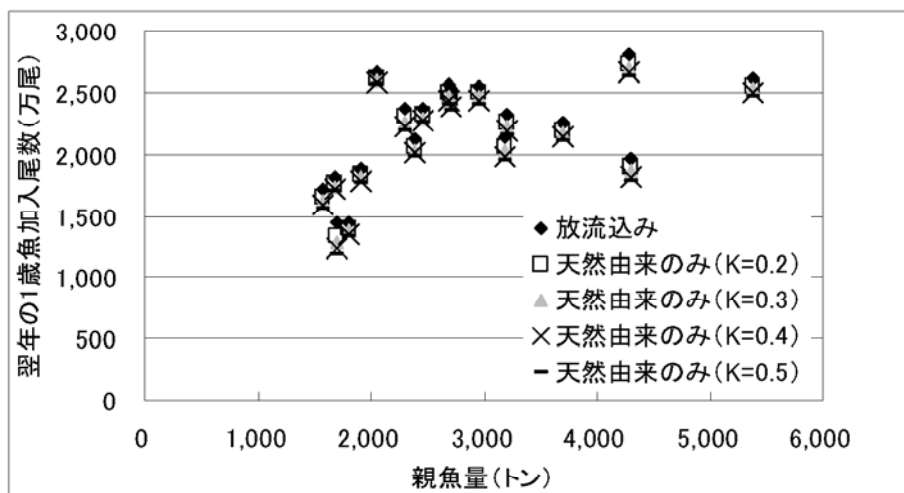


図 10 マダイ日本海北・中部系群の親魚量と加入尾数（放流込み、K 値変化）の関係

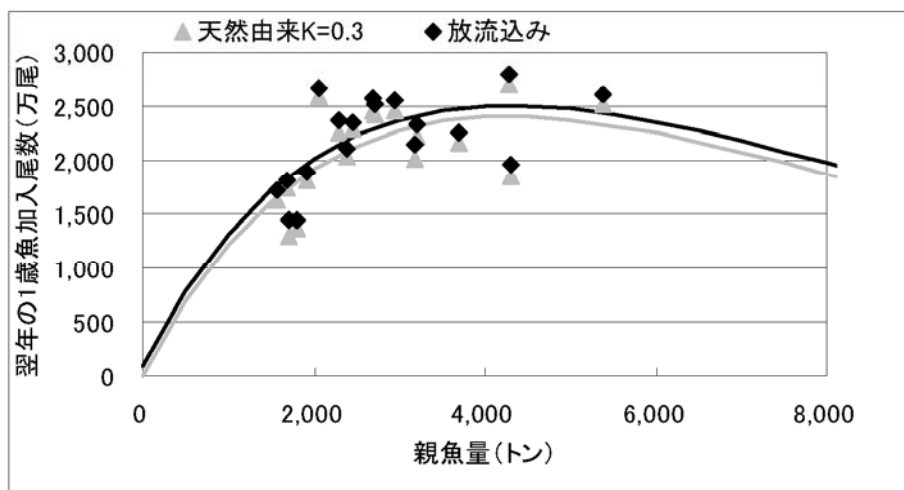


図 11 マダイ日本海北・中部系群の親魚量と加入尾数の関係

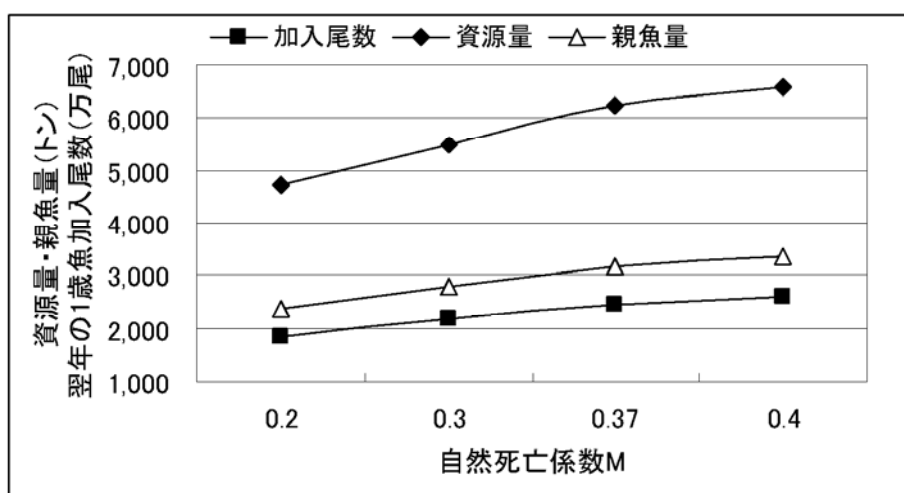


図 12 マダイ日本海北・中部系群の自然死亡係数 M による資源量・親魚量・翌年の 1 歳魚加入尾数の変化

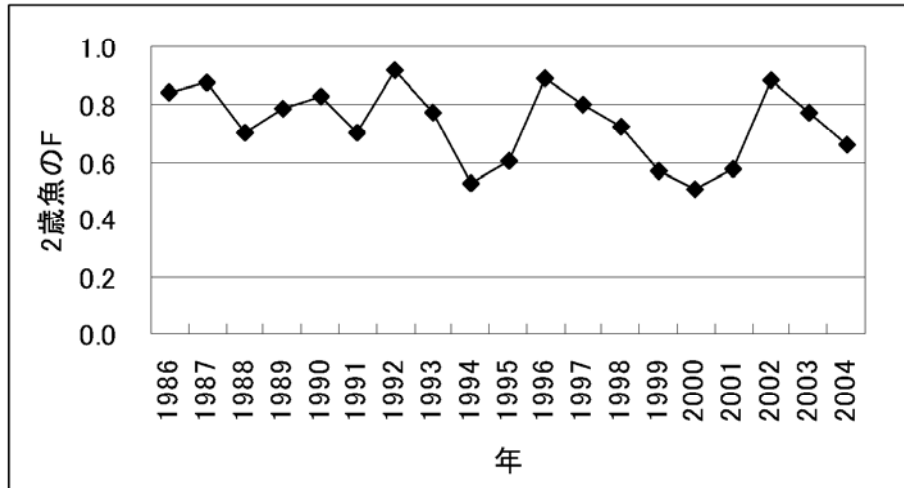


図 13 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の F 値の推移

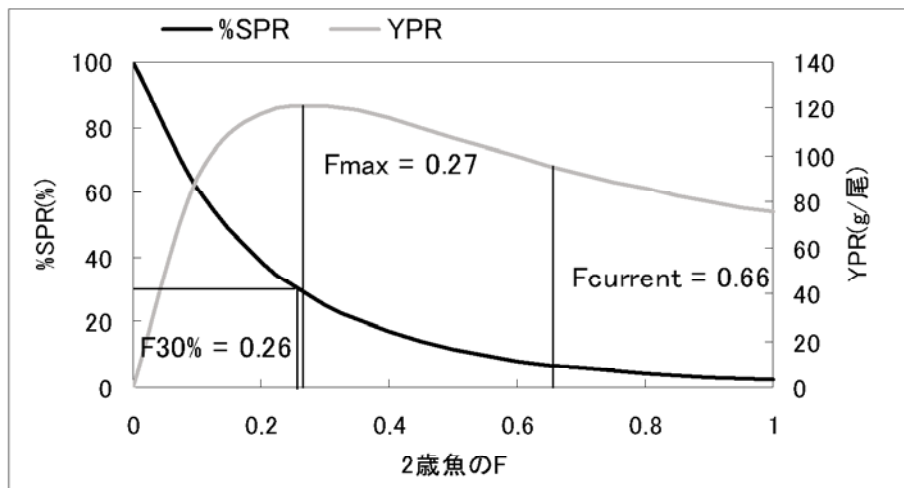


図 14 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の F 値と %SPR および YPR の関係

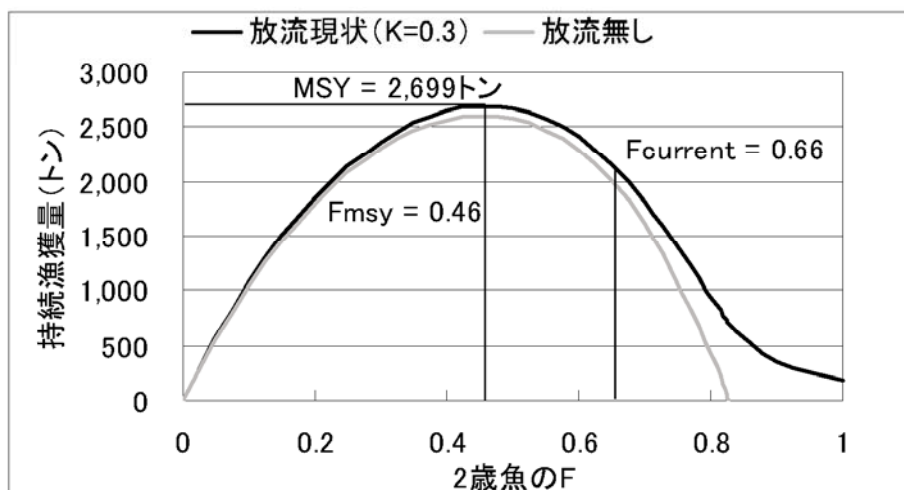


図 15 マダイ日本海北・中部系群の種苗放流の有無による 2 歳魚の F 値と持続漁獲量の関係

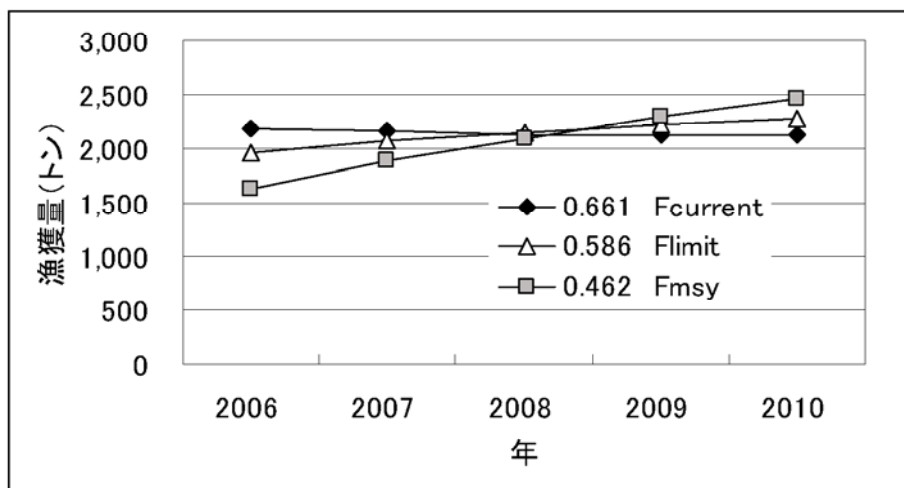


図 16 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の  $F$  による将来漁獲量の変化

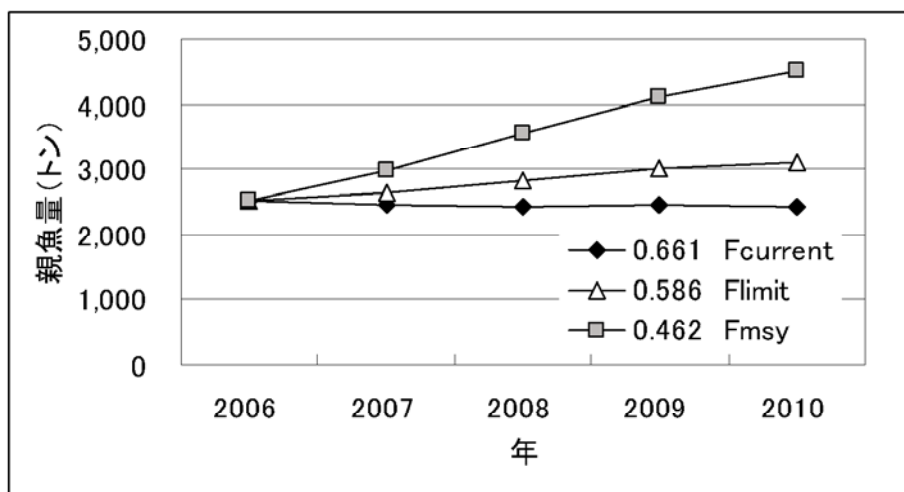


図 17 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の  $F$  による親魚量の変化

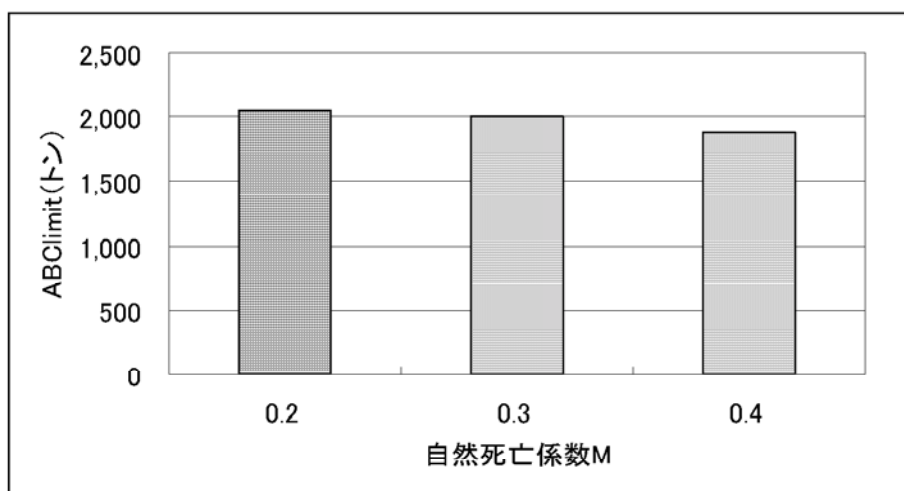


図 18  $M$  を変化させた場合の ABClimit の感度分析

表1 マダイ日本海北・中部系群の府県別漁獲量（トン）※遊漁を除く

| 年\県  | 青森  | 秋田  | 山形  | 新潟  | 富山  | 石川   | 福井  | 京都  | 兵庫 | 合計   |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|------|
| 1951 | 124 | 529 | 49  | 375 | 60  | 420  | 278 | 94  | 41 | 1970 |
| 1952 | 143 | 330 | 71  | 413 | 83  | 435  | 330 | 161 | 30 | 1996 |
| 1953 | 195 | 424 | 38  | 386 | 143 | 638  | 443 | 131 | 49 | 2447 |
| 1954 | 154 | 413 | 38  | 360 | 161 | 480  | 503 | 128 | 38 | 2275 |
| 1955 | 139 | 338 | 41  | 368 | 68  | 829  | 401 | 113 | 33 | 2330 |
| 1956 | 135 | 300 | 41  | 439 | 56  | 803  | 311 | 229 | 34 | 2348 |
| 1957 | 139 | 431 | 64  | 506 | 45  | 705  | 293 | 191 | 38 | 2412 |
| 1958 | 200 | 520 | 115 | 493 | 73  | 1064 | 289 | 140 | 58 | 2952 |
| 1959 | 175 | 573 | 226 | 546 | 135 | 1030 | 271 | 128 | 41 | 3125 |
| 1960 | 336 | 460 | 262 | 446 | 60  | 1260 | 289 | 123 | 81 | 3317 |
| 1961 | 343 | 315 | 202 | 390 | 70  | 1141 | 224 | 136 | 55 | 2876 |
| 1962 | 364 | 376 | 252 | 334 | 46  | 1135 | 384 | 119 | 30 | 3040 |
| 1963 | 373 | 350 | 159 | 342 | 53  | 946  | 539 | 81  | 35 | 2878 |
| 1964 | 452 | 245 | 210 | 335 | 21  | 994  | 275 | 88  | 43 | 2663 |
| 1965 | 242 | 171 | 102 | 266 | 55  | 960  | 515 | 108 | 64 | 2483 |
| 1966 | 183 | 154 | 89  | 339 | 49  | 619  | 309 | 131 | 71 | 1944 |
| 1967 | 180 | 163 | 146 | 314 | 75  | 729  | 272 | 95  | 62 | 2036 |
| 1968 | 139 | 160 | 158 | 308 | 99  | 1053 | 345 | 139 | 93 | 2494 |
| 1969 | 152 | 171 | 138 | 299 | 187 | 1221 | 281 | 125 | 69 | 2643 |
| 1970 | 156 | 186 | 149 | 384 | 109 | 842  | 263 | 113 | 73 | 2275 |
| 1971 | 145 | 209 | 103 | 273 | 68  | 623  | 181 | 117 | 46 | 1765 |
| 1972 | 118 | 323 | 146 | 294 | 64  | 818  | 235 | 129 | 61 | 2188 |
| 1973 | 135 | 261 | 215 | 286 | 50  | 821  | 257 | 80  | 36 | 2141 |
| 1974 | 158 | 226 | 200 | 327 | 47  | 581  | 201 | 68  | 33 | 1841 |
| 1975 | 162 | 209 | 187 | 265 | 42  | 597  | 261 | 72  | 33 | 1828 |
| 1976 | 183 | 232 | 180 | 318 | 142 | 1001 | 217 | 77  | 37 | 2387 |
| 1977 | 128 | 199 | 146 | 229 | 82  | 677  | 155 | 75  | 24 | 1715 |
| 1978 | 166 | 279 | 187 | 229 | 171 | 1318 | 297 | 77  | 29 | 2753 |
| 1979 | 164 | 279 | 164 | 204 | 110 | 1007 | 255 | 91  | 39 | 2313 |
| 1980 | 150 | 187 | 172 | 220 | 130 | 523  | 182 | 103 | 40 | 1707 |
| 1981 | 169 | 190 | 162 | 217 | 74  | 424  | 148 | 65  | 26 | 1475 |
| 1982 | 76  | 155 | 137 | 213 | 117 | 808  | 196 | 97  | 34 | 1833 |
| 1983 | 106 | 189 | 98  | 187 | 160 | 662  | 182 | 103 | 26 | 1713 |
| 1984 | 84  | 116 | 89  | 262 | 180 | 599  | 191 | 89  | 47 | 1657 |
| 1985 | 102 | 91  | 91  | 272 | 189 | 670  | 172 | 53  | 30 | 1670 |
| 1986 | 49  | 44  | 71  | 199 | 184 | 514  | 164 | 103 | 38 | 1366 |
| 1987 | 71  | 36  | 58  | 146 | 131 | 668  | 155 | 90  | 32 | 1387 |
| 1988 | 31  | 37  | 58  | 153 | 98  | 499  | 176 | 99  | 41 | 1192 |
| 1989 | 105 | 73  | 87  | 148 | 85  | 557  | 198 | 118 | 33 | 1404 |
| 1990 | 146 | 99  | 86  | 174 | 137 | 660  | 194 | 99  | 28 | 1623 |
| 1991 | 75  | 73  | 89  | 238 | 156 | 569  | 153 | 107 | 39 | 1499 |
| 1992 | 203 | 147 | 127 | 328 | 131 | 795  | 186 | 101 | 35 | 2053 |
| 1993 | 135 | 121 | 185 | 308 | 164 | 677  | 222 | 159 | 46 | 2017 |
| 1994 | 97  | 134 | 151 | 304 | 87  | 623  | 192 | 84  | 27 | 1699 |
| 1995 | 109 | 107 | 144 | 356 | 186 | 866  | 226 | 144 | 75 | 2213 |
| 1996 | 204 | 103 | 168 | 341 | 121 | 954  | 315 | 156 | 42 | 2404 |
| 1997 | 279 | 134 | 223 | 305 | 84  | 678  | 234 | 129 | 50 | 2116 |
| 1998 | 208 | 145 | 181 | 316 | 126 | 642  | 215 | 148 | 57 | 2038 |
| 1999 | 146 | 135 | 175 | 344 | 108 | 656  | 203 | 125 | 46 | 1937 |
| 2000 | 199 | 134 | 241 | 334 | 78  | 674  | 227 | 103 | 36 | 2025 |
| 2001 | 218 | 168 | 207 | 366 | 122 | 863  | 313 | 169 | 35 | 2461 |
| 2002 | 411 | 250 | 337 | 460 | 154 | 931  | 242 | 155 | 42 | 2982 |
| 2003 | 189 | 180 | 276 | 418 | 234 | 921  | 279 | 138 | 40 | 2675 |
| 2004 | 218 | 191 | 338 | 414 | 90  | 546  | 187 | 104 | 41 | 2129 |

農林水産統計による。2004 年は概数値。

表 2 年齢別漁獲尾数（万尾）※遊漁採捕分（1997、2002 年以外は仮定値）を含む

| 年齢  | 1986 | 1987  | 1988 | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|-----|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1歳  | 496  | 571   | 442  | 586   | 712   | 601   | 1070  | 902   | 675   | 839   | 787   | 891   | 892   | 839   | 826   | 837   | 1076  | 1025  | 695   |
| 2歳  | 290  | 301   | 250  | 320   | 373   | 317   | 453   | 486   | 342   | 385   | 525   | 429   | 401   | 357   | 392   | 448   | 590   | 533   | 436   |
| 3歳  | 90   | 94    | 80   | 91    | 107   | 100   | 117   | 119   | 132   | 159   | 165   | 140   | 128   | 133   | 136   | 158   | 195   | 174   | 154   |
| 4歳  | 28   | 29    | 26   | 29    | 32    | 31    | 41    | 41    | 38    | 64    | 66    | 55    | 48    | 48    | 52    | 67    | 82    | 70    | 49    |
| ≧5歳 | 48   | 44    | 40   | 42    | 47    | 48    | 60    | 60    | 52    | 72    | 78    | 67    | 69    | 65    | 68    | 94    | 108   | 92    | 75    |
| 計   | 952  | 1,039 | 838  | 1,068 | 1,272 | 1,097 | 1,741 | 1,608 | 1,238 | 1,519 | 1,621 | 1,582 | 1,538 | 1,442 | 1,474 | 1,604 | 2,051 | 1,894 | 1,409 |

表 3 年齢別漁獲量（トン）※遊漁採捕分（1997、2002 年以外は仮定値）を含む

| 年齢  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1歳  | 217   | 250   | 193   | 256   | 311   | 263   | 468   | 395   | 295   | 367   | 345   | 390   | 390   | 367   | 361   | 366   | 471   | 448   | 304   |
| 2歳  | 409   | 426   | 353   | 451   | 527   | 448   | 640   | 686   | 482   | 543   | 741   | 606   | 566   | 504   | 553   | 633   | 833   | 752   | 616   |
| 3歳  | 271   | 284   | 243   | 277   | 325   | 303   | 353   | 360   | 399   | 482   | 499   | 423   | 387   | 404   | 413   | 479   | 591   | 526   | 466   |
| 4歳  | 149   | 151   | 134   | 154   | 170   | 163   | 213   | 214   | 198   | 338   | 347   | 291   | 254   | 252   | 275   | 353   | 429   | 368   | 260   |
| ≧5歳 | 491   | 453   | 416   | 427   | 480   | 493   | 619   | 614   | 538   | 735   | 797   | 683   | 709   | 666   | 702   | 965   | 1112  | 948   | 769   |
| 計   | 1,537 | 1,563 | 1,339 | 1,565 | 1,814 | 1,669 | 2,294 | 2,268 | 1,913 | 2,466 | 2,730 | 2,393 | 2,307 | 2,193 | 2,304 | 2,796 | 3,435 | 3,043 | 2,415 |

表 4 年齢別資源尾数（万尾）

| 年齢  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1歳  | 1,388 | 1,441 | 1,437 | 1,725 | 1,812 | 1,882 | 2,659 | 2,360 | 2,117 | 2,372 | 2,141 | 2,255 | 2,324 | 2,525 | 2,566 | 2,553 | 2,802 | 2,605 | 1,969 |
| 2歳  | 593   | 601   | 576   | 684   | 774   | 730   | 877   | 1,049 | 972   | 988   | 1,035 | 908   | 904   | 954   | 1,149 | 1,190 | 1,171 | 1,150 | 1,048 |
| 3歳  | 195   | 190   | 186   | 211   | 232   | 252   | 268   | 259   | 359   | 426   | 401   | 315   | 304   | 325   | 400   | 514   | 496   | 360   | 393   |
| 4歳  | 66    | 67    | 60    | 69    | 78    | 79    | 100   | 98    | 90    | 152   | 178   | 155   | 113   | 115   | 126   | 179   | 245   | 199   | 117   |
| ≧5歳 | 112   | 104   | 95    | 98    | 112   | 123   | 149   | 144   | 125   | 170   | 210   | 187   | 161   | 156   | 164   | 251   | 325   | 263   | 178   |
| 計   | 2,355 | 2,403 | 2,354 | 2,787 | 3,007 | 3,065 | 4,053 | 3,910 | 3,663 | 4,108 | 3,965 | 3,820 | 3,806 | 4,075 | 4,404 | 4,686 | 5,039 | 4,578 | 3,706 |

表 5 年齢別資源量（トン）

| 年齢  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1歳  | 607   | 630   | 629   | 755   | 793   | 823   | 1,164 | 1,033 | 926   | 1,038 | 937   | 987   | 1,017 | 1,105 | 1,123 | 1,117 | 1,226 | 1,140 | 862   |
| 2歳  | 838   | 849   | 813   | 966   | 1,092 | 1,030 | 1,238 | 1,481 | 1,372 | 1,395 | 1,461 | 1,283 | 1,276 | 1,347 | 1,622 | 1,680 | 1,654 | 1,624 | 1,480 |
| 3歳  | 590   | 575   | 563   | 639   | 702   | 762   | 810   | 786   | 1,086 | 1,290 | 1,213 | 953   | 920   | 983   | 1,210 | 1,557 | 1,502 | 1,091 | 1,191 |
| 4歳  | 349   | 354   | 315   | 361   | 409   | 417   | 529   | 515   | 473   | 801   | 939   | 815   | 594   | 605   | 661   | 940   | 1,287 | 1,049 | 617   |
| ≧5歳 | 1,154 | 1,064 | 977   | 1,003 | 1,151 | 1,259 | 1,533 | 1,477 | 1,288 | 1,741 | 2,157 | 1,915 | 1,656 | 1,599 | 1,687 | 2,572 | 3,336 | 2,702 | 1,828 |
| 計   | 3,538 | 3,473 | 3,297 | 3,724 | 4,147 | 4,291 | 5,273 | 5,291 | 5,145 | 6,265 | 6,707 | 5,952 | 5,462 | 5,640 | 6,303 | 7,866 | 9,005 | 7,606 | 5,977 |

表 6 年齢別漁獲死亡係数

| 年齢  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1歳  | 0.537 | 0.617 | 0.442 | 0.502 | 0.610 | 0.464 | 0.630 | 0.587 | 0.462 | 0.529 | 0.557 | 0.614 | 0.590 | 0.488 | 0.468 | 0.479 | 0.591 | 0.610 | 0.527 |
| 2歳  | 0.839 | 0.874 | 0.703 | 0.783 | 0.823 | 0.703 | 0.918 | 0.773 | 0.525 | 0.603 | 0.890 | 0.796 | 0.724 | 0.571 | 0.504 | 0.576 | 0.879 | 0.773 | 0.661 |
| 3歳  | 0.763 | 0.853 | 0.695 | 0.700 | 0.774 | 0.619 | 0.706 | 0.760 | 0.557 | 0.570 | 0.651 | 0.725 | 0.671 | 0.650 | 0.505 | 0.442 | 0.611 | 0.822 | 0.606 |
| 4歳  | 0.682 | 0.682 | 0.682 | 0.682 | 0.662 | 0.606 | 0.633 | 0.659 | 0.665 | 0.674 | 0.561 | 0.535 | 0.689 | 0.661 | 0.661 | 0.573 | 0.490 | 0.524 | 0.671 |
| ≧5歳 | 0.682 | 0.682 | 0.682 | 0.682 | 0.662 | 0.606 | 0.633 | 0.659 | 0.665 | 0.674 | 0.561 | 0.535 | 0.689 | 0.661 | 0.661 | 0.573 | 0.490 | 0.524 | 0.671 |

表 7 親魚量・放流尾数と翌年の 1 歳魚加入尾数

| 年    | 親魚重量<br>トン | 放流尾数<br>万尾 | 加入尾数<br>万尾 |
|------|------------|------------|------------|
| 1986 | 1,798      | 229        | 1,441      |
| 1987 | 1,706      | 496        | 1,437      |
| 1988 | 1,574      | 336        | 1,725      |
| 1989 | 1,684      | 233        | 1,812      |
| 1990 | 1,911      | 236        | 1,882      |
| 1991 | 2,057      | 206        | 2,659      |
| 1992 | 2,467      | 228        | 2,360      |
| 1993 | 2,384      | 281        | 2,117      |
| 1994 | 2,303      | 371        | 2,372      |
| 1995 | 3,187      | 394        | 2,141      |
| 1996 | 3,703      | 293        | 2,255      |
| 1997 | 3,206      | 329        | 2,324      |
| 1998 | 2,710      | 344        | 2,525      |
| 1999 | 2,696      | 338        | 2,566      |
| 2000 | 2,953      | 301        | 2,553      |
| 2001 | 4,291      | 360        | 2,802      |
| 2002 | 5,374      | 277        | 2,605      |
| 2003 | 4,297      | 368        | 1,969      |
| 2004 | 3,040      |            |            |