

平成 19 年度マダイ日本海北・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、秋田県農林水産技術センター水産振興センター、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、兵庫県立農林水産技術総合センター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、資源水準は高位、動向は横ばい傾向であると判断された。また、現状の F による漁獲を続けた場合でも資源に与える影響は大きくない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、資源量を高位水準で持続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（2017 年）以降の資源量を高位水準（2004 年の資源量推定値 6,356 トンを指標とした）で持続させる F (F_{sim}) を管理基準とし、2008 年の初期資源量 6,655 トンと $F_{limit}=F_{sim}$ 、 $F_{target}=F_{sim} \times 0.8$ から、 $ABClimit$ を 25 百トン、 $ABCtarget$ を 21 百トンとした。

	2008 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
$ABClimit$	25 百トン	F_{sim}	0.64	38.0%
$ABCtarget$	21 百トン	$0.8F_{sim}$	0.52	32.1%

※ 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
2005	6,771	2,171	326 (仮定値)	0.50	36.9%
2006	7,793	2,588 (概算値)	388 (仮定値)	0.69	38.2%
2007	7,042	—	—	—	—

水準：高位 動向：横ばい

※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

2006 年の全国の漁獲量は 15,719 トン（農林水産統計概算値）であり、この約 16%にあたる 2,588 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 程度となつて、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 に示した。定置網での漁獲が大半を占める。以下、吾智網、釣り・延縄、底曳き網による漁獲がいずれも 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

2006 年の全国のマダイ漁獲量は 15,719 トン（農林水産統計概算値）で、このうち 2,588 トン（16%）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、1980 年代後半の最低水準（千数百トン）から 1990 年代半ばにかけては全体として増加傾向で推移し、以降、中～高水準で変動している。

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%と仮定し、この仮定値を 1997 年および 2002 年の遊漁採捕量により重み付けした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・延縄と同じであるとした。

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 0.2～0.3 前後の値が用いられることが多いが（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る。漁労体あたりの漁獲量は、他の漁業種類も含めた総漁獲量の動向とほぼ一致しているが、漁獲量の高水準期には定置網（小型定置を含む）での漁獲割合が高くなる傾向があるため、その変動割合は、実際の資源変動より大きいものと思われる。

(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ための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タイ等の割合が高く、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。年齢別資源尾数（表 4）、資源量（表 5）とも低水準であった 1986 年以降、全体としては増加傾向で推移した後、2002 年には最高水準に達した。2000 年以降では数年周期のやや大きな増減が見られるが、その水準は概ね高位にある。

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、近年では、資源量が低水準であった 1980 年代後半から 90 年代前半と比べて、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。

コホート解析により推定された各年の親魚量と翌年の 1 歳魚の資源尾数および各年の種苗放流尾数を表 7 に示した。仮に放流魚の資源への添加効率（1 歳時）を 0.3 とした場合の親魚量、天然の 1 歳魚加入尾数および再生産成功率（万尾/トン）の推移を図 10 に示した。

以下では表 7 の各値を用い、最近年を除く 1986 年から 2005 年について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、親魚資源量とその再生産に由来する加入量の関係が Ricker 型であると仮定すると、ある年の 1 歳魚資源尾数 R は以下の式で表される。

$$R=a \times E \times \exp(-b \times E)+A \times K$$

ここで E および A はそれぞれ前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 11 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 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、 $a=1.50$ 、 $b=0.000225$ 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 12 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 13 に示した。

(5) 資源の水準・動向

年齢別資源尾数（表 4）、資源量（表 5）とも 2000 年以降、数年周期の増減を繰り返しているが、その水準は概ね高位にあることから、現在の資源水準は高位、動向は横ばいで

あると判断される。

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 14 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。

図 15 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。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 0.27、また最大の加入量あたり漁獲量が達成される F_{max} は 0.28 と計算された。現状の F ($F_{current} = 0.69$) は、これらの値よりかなり大きい。しかしながら、コホート解析の結果から現在の資源水準は高位にあると判断され、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でも資源に与える影響は大きくないと予想された。このことから、現状の F を大きく引き下げる緊急性はないと判断し、資源量を高位水準で持続させることを資源管理目標とした。

(2) 種苗放流効果

種苗放流に関しては地域的には一定の効果が期待されるものの、1986 年以降の放流魚の添加効率を 0.3 であるとして計算した、1 歳魚加入尾数に占める放流魚の割合は平均で 4.4%であり、系群全体の資源動向にはほとんど影響しないと考えられる。

6. 2008 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2000 年以降の資源量の推定値は、概ね高位水準で数年周期の増減を繰り返している。現在の資源水準は高位であり、現状の F による漁獲を続けた場合も資源に与える影響は大きくない。

(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、再生産曲線において最大の加入量の 50%が得られる親魚量 (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。

1986 年以降の資源量の推定値から、1 歳以上魚の資源量が 6,300 トン程度以上であれば高水準と判断できる。このことから現状の再生産関係 (図 12)、放流量 (318 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、10 年後 (2017 年) 以降の資源量を高位 (2004 年の資源量推定値 6,356 トンを指標とした) 水準で持続させるような F_{sim} を探索し、 $F_{sim}=F_{limit}(=0.644)$ とした。

この条件下で計算された漁獲量 2,494 トンおよび不確実性に配慮した予防的措置として Flimit に安全率 0.8 を乗じて計算された漁獲量 2,095 トンに、最近年を除く 1986 年以降の当歳魚平均漁獲量 38 トンを加えたものを 100 トン未満で四捨五入し、それぞれ 2008 年における ABClimit、ABCtarget とした。

	2008 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	25 百トン	Fsim	0.64	38.0%
ABCtarget	21 百トン	0.8Fsim	0.52	32.1%

※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 歳以上魚の資源量に対する 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 12 の再生産関係が成り立ち、毎年の放流量が 318 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資源量の推移（いずれも 1 歳以上魚の値）を以下に示した。

F	基準値	漁獲量(トン)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.686	Fcurrent	2,997	2,766	2,615	2,507	2,430	2,375	2,332
0.644	Flimit	2,997	2,766	2,494	2,464	2,442	2,430	2,420
0.617	0.9Fcurrent	2,997	2,766	2,415	2,433	2,445	2,460	2,472
0.548	0.8Fcurrent	2,997	2,766	2,203	2,334	2,435	2,521	2,585
0.480	0.7Fcurrent	2,997	2,766	1,979	2,206	2,390	2,548	2,660
0.411	0.6Fcurrent	2,997	2,766	1,742	2,044	2,302	2,528	2,684
0.343	0.5Fcurrent	2,997	2,766	1,491	1,843	2,160	2,443	2,636

F	基準値	資源量(トン)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0.686	Fcurrent	7,793	7,042	6,655	6,379	6,184	6,044	5,935
0.644	Flimit	7,793	7,042	6,655	6,572	6,515	6,482	6,456
0.617	0.9Fcurrent	7,793	7,042	6,655	6,698	6,736	6,779	6,809
0.548	0.8Fcurrent	7,793	7,042	6,655	7,036	7,349	7,612	7,802
0.480	0.7Fcurrent	7,793	7,042	6,655	7,395	8,028	8,559	8,935
0.411	0.6Fcurrent	7,793	7,042	6,655	7,776	8,783	9,641	10,236
0.343	0.5Fcurrent	7,793	7,042	6,655	8,180	9,622	10,881	11,744

また、Fcurrent（最近年を除く、5 年平均）および Flimit 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。

（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も ABClimit にはほとんど影響しない。

(5) ABC の再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量 (トン)	ABClimit	ABCtarget	漁獲量 (トン) (うち遊漁量仮定)
2006 年(当初)	Fsim(0.59)	5,469	2,009	1,690	2,976
2006 年(06 年再評)	Fsim(0.63)	5,407	2,050	1,728	(388)
2006 年(07 年再評)	Fsim(0.64)	7,793	2,959	2,492	
2007 年(当初)	Fsim(0.63)	5,333	2,035	1,716	—
2007 年(07 年再評)	Fsim(0.64)	7,042	2,676	2,254	—

※各年の資源量推定値は 1 歳魚以上の値。なお、管理基準 F は 2 歳魚の値である。

7. ABC 以外の管理方策の提言

栽培漁業を取りまく情勢の変化に伴い、日本海北・中部における放流規模の縮小が進みつつある。その一方、遊漁採捕量は増加傾向にあると考えられるため、資源管理の重要性はますます高くなってきている。当海域での主漁法は定置網漁業であるが、漁獲量の高水準期には、総漁獲に占める定置網の割合は顕著に高くなる傾向がある。定置網による漁獲物では若齢魚の割合が高いが、一方で魚体へのダメージが他の漁法ほど大きくないため、小型魚の適切な再放流が行われれば、放流規模の縮小や遊魚による採捕（大型魚の割合が高い）の増加による加入量および親魚量への影響を緩和できるものと考えられる。

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

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.

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.
- 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.
- Sissenwine, M. P.&J. G. Shepherd (1987) An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44, 913-918.

※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あるいは銘柄別漁獲量と 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、農林統計による府県別（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－体重関係式のうち、漁獲の最盛期である 4～6 月の式（ただし、当歳魚に関しては 10～12 月の式に $t = 0$ を代入）によった。

資源計算に用いた年齢別平均個体重（佐藤 1993）と年齢別成熟率

年齢	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳以上
体重 (g)	40	44	141	302	526	1027
産卵寄与率	0	0	0	0.5	1.0	1.0

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、全般的な漁獲傾向を反映した推定を行うため、いくつかの仮定をおいてこれらのデータを用いた。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。

なお山形県（1997 年以降）および青森県（1997 年以降）の漁獲分では銘柄別漁獲量情報を用いたが、それぞれ銘柄区分の基準となる規格体重を、前者では山形県（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（作業担当：山形県）、後者では佐藤（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 2006 年 1 月）から得られた季節別の Age-Length Key を用いて、年齢組成の推定を行った。また新潟県（2001 年以降）の漁獲分では、上述の新潟県の季節別 Age-Length

Key を用い、尾叉長組成（新潟県提供）から年齢組成を推定した。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

本評価では、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、コホート計算を行った。

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。

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

2006 年の 1～3 歳魚の F は過去 5 年間の平均とし、資源尾数は

$$N_{a,2006} = \{C_{a,2006} \times \exp(M/2)\} / \{1 - \exp(-F_{a,2006})\}$$

により、2006 年以外の 1～3 歳魚の資源尾数は

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \times \exp(M) + C_{a,y} \times \exp(M/2)$$

により求めた。

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

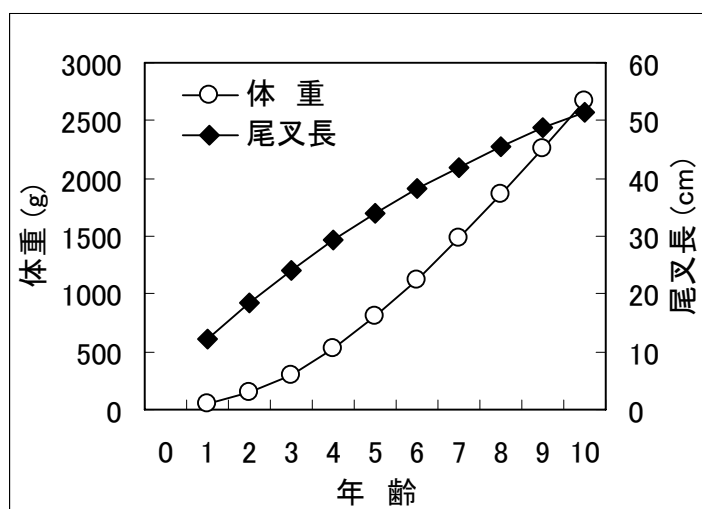


図2 マダイ日本海北・中部系群の年齢と成長（佐藤 1993）

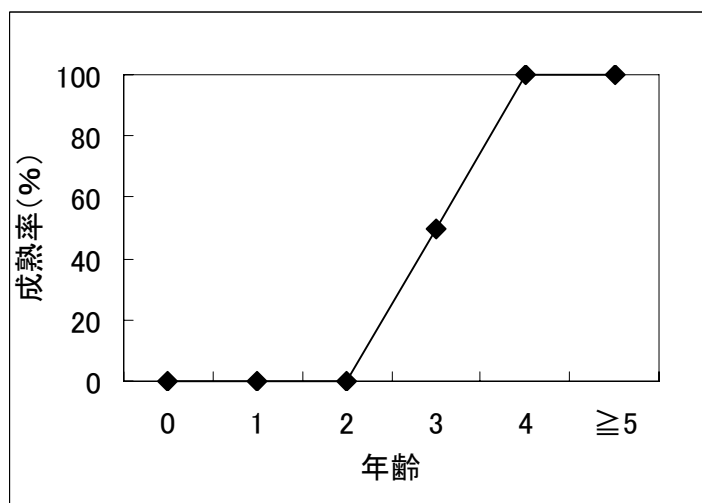


図3 マダイ日本海北・中部系群の年齢別成熟率

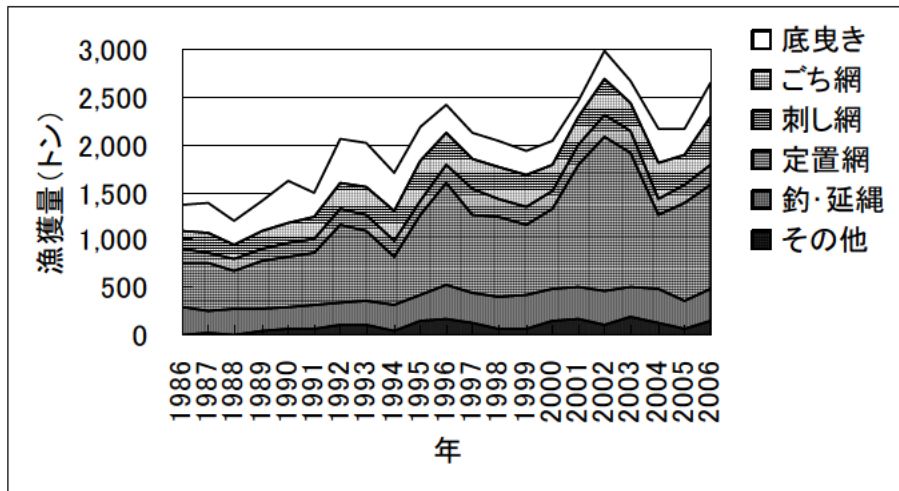


図 4 マダイ日本海北・中部系群の漁業種類別漁獲量（遊漁を除く）

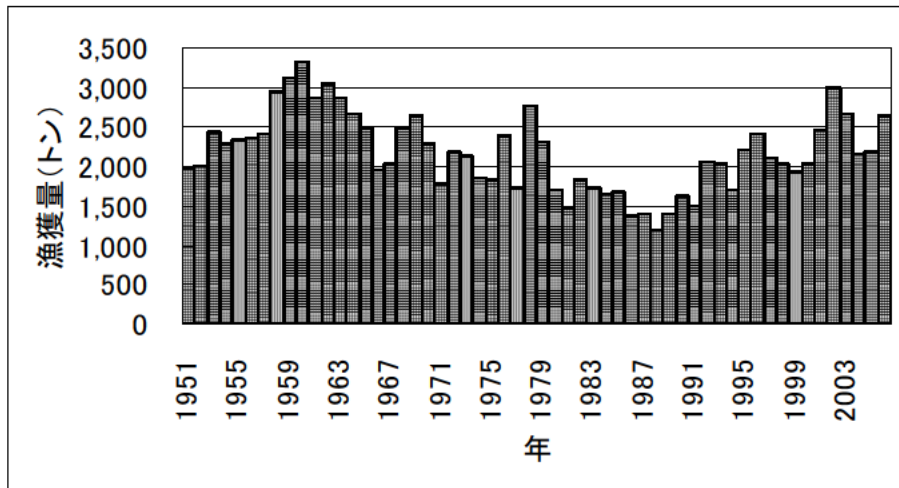


図 5 マダイ日本海北・中部系群の漁獲量（遊漁を除く）

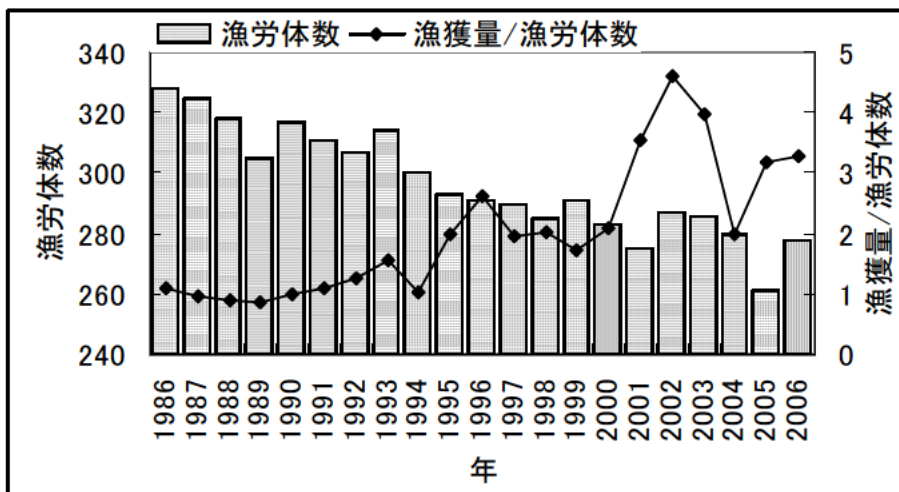


図 6 日本海北・中部の大型定置網漁労体数と漁労体あたりマダイ漁獲量
※但し、2006 年の漁労体数は過去 5 年の平均値

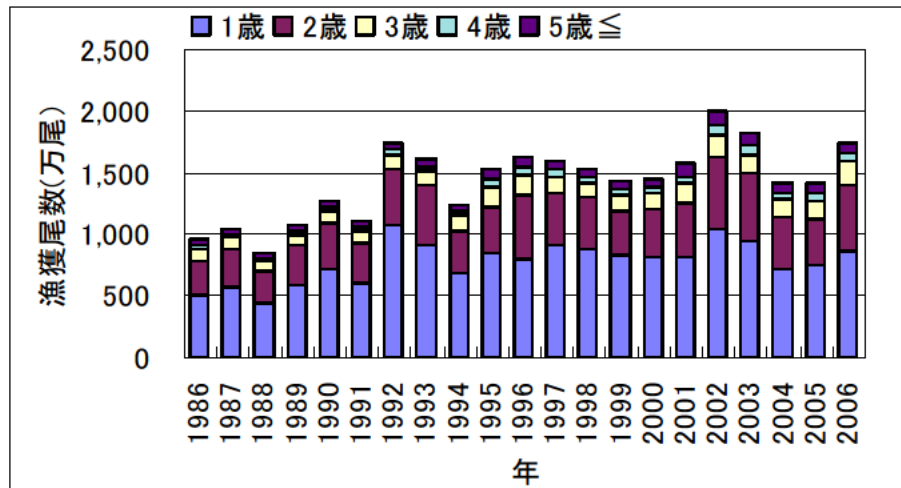


図7 マダイ日本海北・中部系群の年齢別漁獲尾数（万尾）

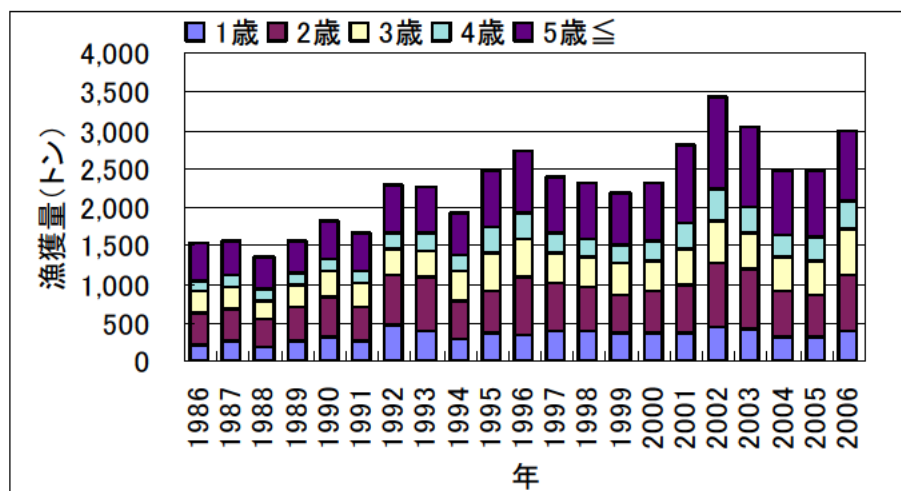


図8 マダイ日本海北・中部系群の年齢別漁獲量（トン）

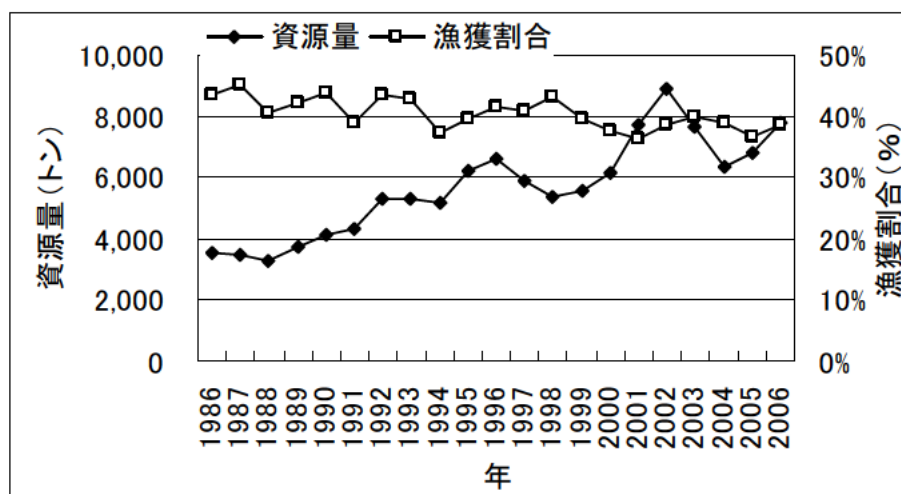


図9 マダイ日本海北・中部系群の資源量と漁獲割合

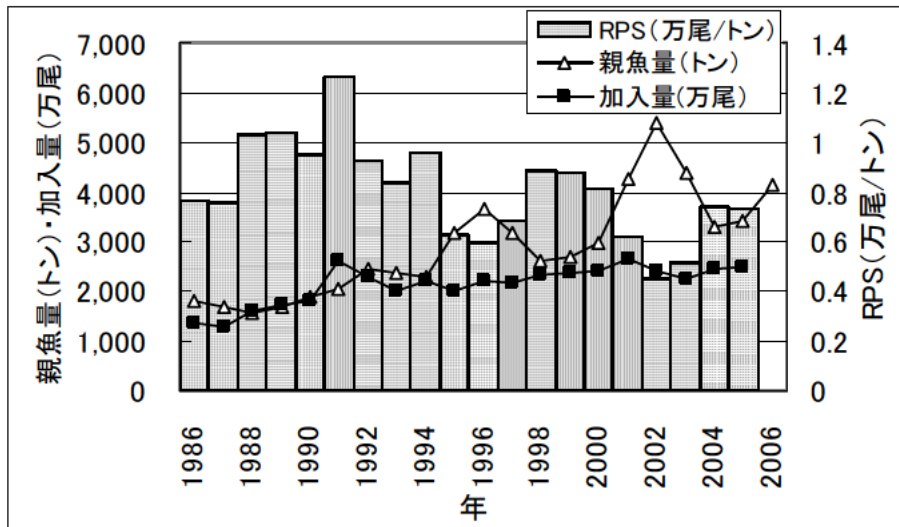


図 10 マダイ日本海北・中部系群の親魚量・翌年の 1 歳魚加入量（天然由来のみ、 $K = 0.3$ とした）および再生産成功率の推移

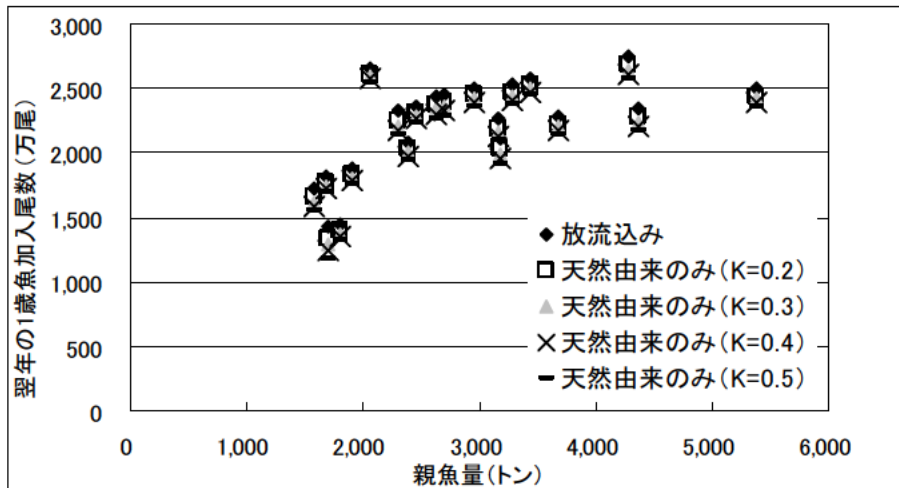


図 11 マダイ日本海北・中部系群の親魚量と加入尾数（放流込み、 K 値変化）の関係

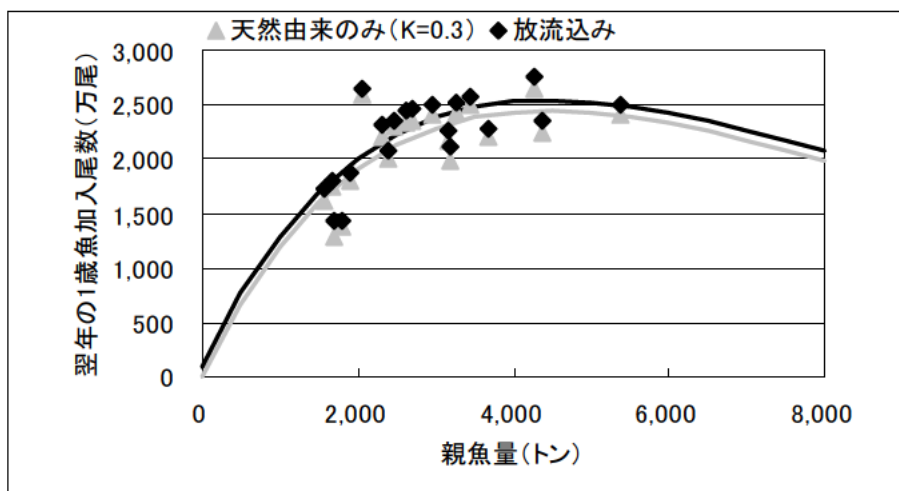


図 12 マダイ日本海北・中部系群の親魚量と加入尾数の関係

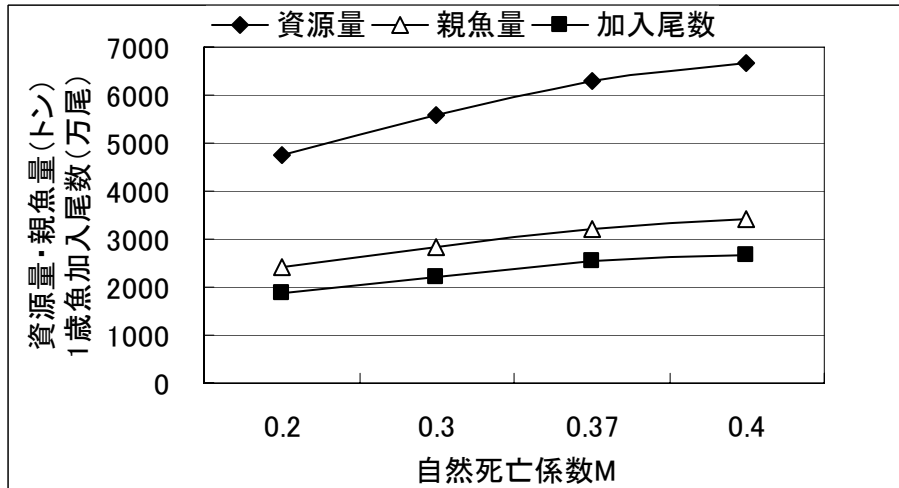


図 13 マダイ日本海北・中部系群の自然死亡係数 M による資源量・親魚量・1 歳魚加入尾数の変化

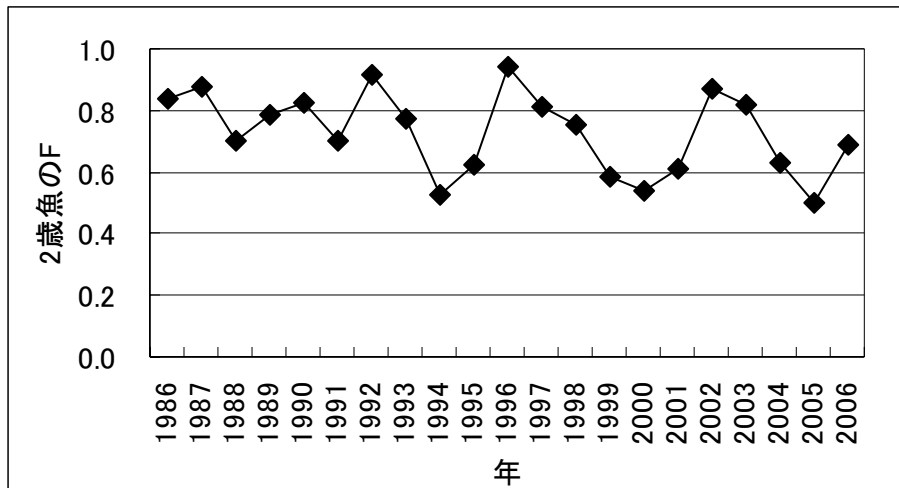


図 14 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の F 値の推移

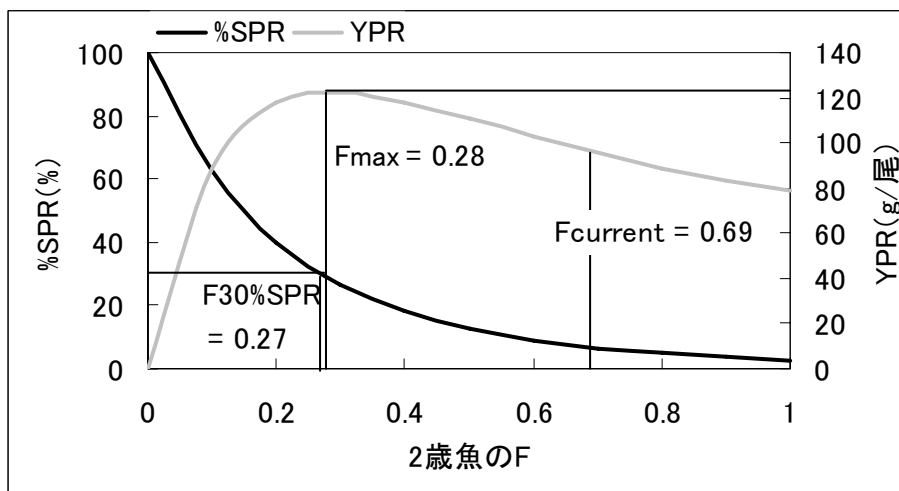


図 15 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の F 値と %SPR および YPR の関係

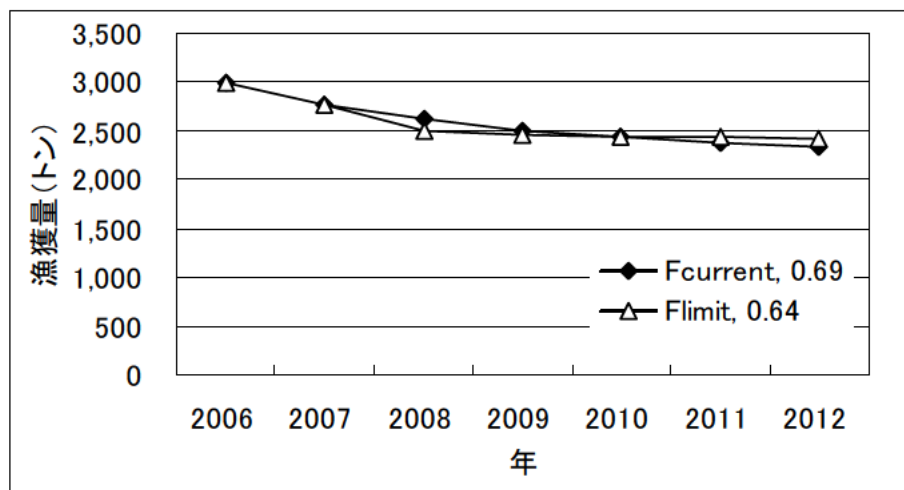


図 16 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の F による漁獲量の変化

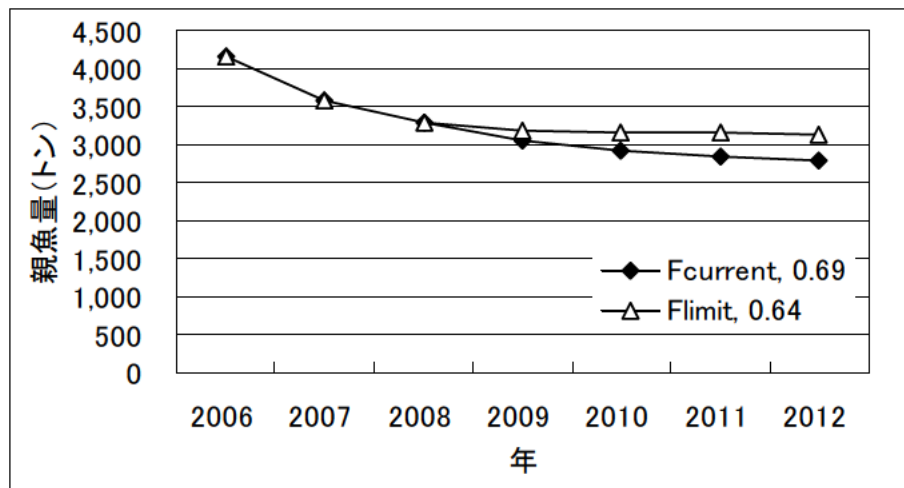


図 17 マダイ日本海北・中部系群の 2 歳魚の F による親魚量の変化

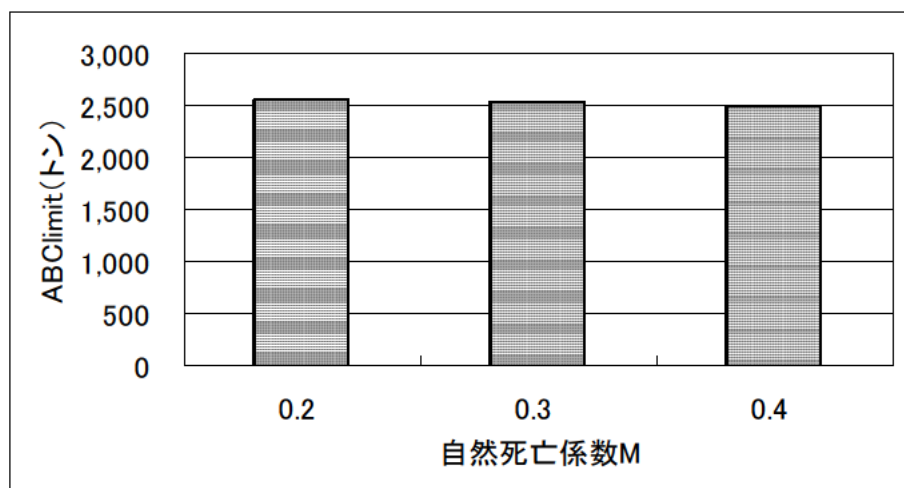


図 18 M を変化させた場合の ABClimit の感度分析

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	1,970
1952	143	330	71	413	83	435	330	161	30	1,996
1953	195	424	38	386	143	638	443	131	49	2,447
1954	154	413	38	360	161	480	503	128	38	2,275
1955	139	338	41	368	68	829	401	113	33	2,330
1956	135	300	41	439	56	803	311	229	34	2,348
1957	139	431	64	506	45	705	293	191	38	2,412
1958	200	520	115	493	73	1,064	289	140	58	2,952
1959	175	573	226	546	135	1,030	271	128	41	3,125
1960	336	460	262	446	60	1,260	289	123	81	3,317
1961	343	315	202	390	70	1,141	224	136	55	2,876
1962	364	376	252	334	46	1,135	384	119	30	3,040
1963	373	350	159	342	53	946	539	81	35	2,878
1964	452	245	210	335	21	994	275	88	43	2,663
1965	242	171	102	266	55	960	515	108	64	2,483
1966	183	154	89	339	49	619	309	131	71	1,944
1967	180	163	146	314	75	729	272	95	62	2,036
1968	139	160	158	308	99	1,053	345	139	93	2,494
1969	152	171	138	299	187	1,221	281	125	69	2,643
1970	156	186	149	384	109	842	263	113	73	2,275
1971	145	209	103	273	68	623	181	117	46	1,765
1972	118	323	146	294	64	818	235	129	61	2,188
1973	135	261	215	286	50	821	257	80	36	2,141
1974	158	226	200	327	47	581	201	68	33	1,841
1975	162	209	187	265	42	597	261	72	33	1,828
1976	183	232	180	318	142	1,001	217	77	37	2,387
1977	128	199	146	229	82	677	155	75	24	1,715
1978	166	279	187	229	171	1,318	297	77	29	2,753
1979	164	279	164	204	110	1,007	255	91	39	2,313
1980	150	187	172	220	130	523	182	103	40	1,707
1981	169	190	162	217	74	424	148	65	26	1,475
1982	76	155	137	213	117	808	196	97	34	1,833
1983	106	189	98	187	160	662	182	103	26	1,713
1984	84	116	89	262	180	599	191	89	47	1,657
1985	102	91	91	272	189	670	172	53	30	1,670
1986	49	44	71	199	184	514	164	103	38	1,366
1987	71	36	58	146	131	668	155	90	32	1,387
1988	31	37	58	153	98	499	176	99	41	1,192
1989	105	73	87	148	85	557	198	118	33	1,404
1990	146	99	86	174	137	660	194	99	28	1,623
1991	75	73	89	238	156	569	153	107	39	1,499
1992	203	147	127	328	131	795	186	101	35	2,053
1993	135	121	185	308	164	677	222	159	46	2,017
1994	97	134	151	304	87	623	192	84	27	1,699
1995	109	107	144	356	186	866	226	144	75	2,213
1996	204	103	168	341	121	954	315	156	42	2,404
1997	279	134	223	305	84	678	234	129	50	2,116
1998	208	145	181	316	126	642	215	148	57	2,038
1999	146	135	175	344	108	656	203	125	46	1,937
2000	199	134	241	334	78	674	227	103	36	2,025
2001	218	168	207	366	122	863	313	169	35	2,461
2002	411	250	337	460	154	931	242	155	42	2,982
2003	189	180	276	418	234	921	279	138	40	2,675
2004	218	191	360	423	90	547	187	104	41	2,161
2005	211	156	271	400	172	607	204	121	29	2,171
2006	210	151	301	613	177	706	268	125	37	2,588

農林水産統計による。2006年は概数値。

表 2 年齢別漁獲尾数 (万尾)

	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳≦	計
1986	496	290	90	28	48	952
1987	571	301	94	29	44	1,039
1988	442	250	80	26	40	838
1989	586	320	91	29	42	1,068
1990	712	373	107	32	47	1,272
1991	601	317	100	31	48	1,097
1992	1,070	453	117	41	60	1,741
1993	902	486	119	41	60	1,608
1994	675	342	132	38	52	1,238
1995	839	385	159	64	72	1,519
1996	787	525	165	66	78	1,621
1997	912	426	130	52	70	1,590
1998	878	414	123	45	71	1,531
1999	830	352	132	46	67	1,428
2000	805	391	130	52	72	1,449
2001	807	445	152	64	99	1,568
2002	1,037	583	180	76	118	1,995
2003	938	552	158	65	101	1,814
2004	709	420	150	54	80	1,412
2005	740	383	141	63	83	1,410
2006	862	529	194	71	89	1,745

表 3 年齢別漁獲量 (トン)

	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳≦	計
1986	217	409	271	149	491	1,537
1987	250	426	284	151	453	1,563
1988	193	353	243	134	416	1,339
1989	256	451	277	154	427	1,565
1990	311	527	325	170	480	1,814
1991	263	448	303	163	493	1,669
1992	468	640	353	213	619	2,294
1993	395	686	360	214	614	2,268
1994	295	482	399	198	538	1,913
1995	367	543	482	338	735	2,466
1996	345	741	499	347	797	2,730
1997	399	601	394	275	719	2,388
1998	384	584	373	236	730	2,307
1999	363	497	401	244	690	2,195
2000	352	552	392	271	739	2,306
2001	353	629	460	339	1,017	2,798
2002	454	824	546	400	1,214	3,439
2003	410	780	477	344	1,036	3,048
2004	310	593	454	282	826	2,464
2005	324	541	426	332	850	2,473
2006	377	746	588	372	914	2,997

※表 2、表 3 とともに遊漁採捕分 (1997、2002 年以外は仮定値) を含む

表 4 年齢別資源尾数 (万尾)

	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳≦	計
1986	1,388	593	195	66	112	2,355
1987	1,441	601	190	67	104	2,403
1988	1,437	576	186	60	95	2,354
1989	1,725	684	211	69	98	2,787
1990	1,812	774	232	78	112	3,007
1991	1,882	730	252	79	123	3,065
1992	2,659	877	268	100	149	4,053
1993	2,360	1,049	259	98	144	3,910
1994	2,089	972	359	90	125	3,635
1995	2,324	967	426	152	170	4,039
1996	2,113	1,000	385	178	210	3,886
1997	2,288	888	289	143	192	3,799
1998	2,263	910	291	102	161	3,728
1999	2,443	921	318	110	159	3,951
2000	2,461	1,095	379	122	170	4,228
2001	2,509	1,131	475	169	260	4,544
2002	2,757	1,164	454	221	343	4,939
2003	2,501	1,150	360	181	280	4,472
2004	2,354	1,046	376	131	197	4,104
2005	2,530	1,134	414	150	197	4,424
2006	2,578	1,237	510	185	234	4,745

表 5 年齢別資源量 (トン)

	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳≦	計
1986	607	838	590	349	1,154	3,538
1987	630	849	575	354	1,064	3,473
1988	629	813	563	315	977	3,297
1989	755	966	639	361	1,003	3,724
1990	793	1,092	702	409	1,151	4,147
1991	823	1,030	762	417	1,259	4,291
1992	1,164	1,238	810	529	1,533	5,273
1993	1,033	1,481	786	515	1,477	5,291
1994	914	1,372	1,086	473	1,288	5,133
1995	1,017	1,365	1,290	801	1,741	6,214
1996	925	1,411	1,166	939	2,157	6,598
1997	1,001	1,253	874	754	1,969	5,851
1998	990	1,285	882	536	1,656	5,349
1999	1,069	1,300	964	577	1,634	5,545
2000	1,077	1,547	1,148	642	1,747	6,160
2001	1,098	1,596	1,438	891	2,673	7,696
2002	1,206	1,643	1,376	1,162	3,525	8,913
2003	1,095	1,623	1,091	954	2,872	7,635
2004	1,030	1,477	1,140	690	2,020	6,356
2005	1,107	1,601	1,253	788	2,022	6,771
2006	1,128	1,747	1,545	975	2,398	7,793

表 6 年齢別漁獲死亡係数

	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳≤
1986	0.537	0.839	0.763	0.682	0.682
1987	0.617	0.874	0.853	0.682	0.682
1988	0.442	0.703	0.695	0.682	0.682
1989	0.502	0.783	0.700	0.682	0.682
1990	0.610	0.823	0.774	0.662	0.662
1991	0.464	0.703	0.619	0.606	0.606
1992	0.630	0.918	0.706	0.633	0.633
1993	0.587	0.773	0.760	0.659	0.659
1994	0.470	0.525	0.557	0.665	0.665
1995	0.544	0.621	0.570	0.674	0.674
1996	0.567	0.942	0.688	0.561	0.561
1997	0.622	0.815	0.742	0.552	0.552
1998	0.599	0.750	0.676	0.718	0.718
1999	0.502	0.587	0.660	0.674	0.674
2000	0.478	0.536	0.506	0.676	0.676
2001	0.468	0.612	0.465	0.584	0.584
2002	0.575	0.873	0.619	0.511	0.511
2003	0.572	0.817	0.710	0.543	0.543
2004	0.431	0.628	0.621	0.644	0.644
2005	0.415	0.498	0.503	0.671	0.671
2006	0.492	0.686	0.584	0.585	0.585

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 トン	加入尾数 万尾	放流尾数 万尾
1986	1,798	1,441	229
1987	1,706	1,437	496
1988	1,574	1,725	336
1989	1,684	1,812	233
1990	1,911	1,882	236
1991	2,057	2,659	206
1992	2,467	2,360	228
1993	2,384	2,089	281
1994	2,303	2,324	371
1995	3,187	2,113	394
1996	3,679	2,288	293
1997	3,159	2,263	329
1998	2,632	2,443	344
1999	2,693	2,461	338
2000	2,962	2,509	301
2001	4,283	2,757	360
2002	5,375	2,501	277
2003	4,372	2,354	368
2004	3,280	2,530	319
2005	3,437	2,578	252
2006	4,145		