

平成 21 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 年まで減少傾向にあったが、2004 年以降増加に転じ、2008 年は前年より 126 トン増加して 1986 年以降で最大となった。漁獲量は 184 トン減でほぼ前年並み、産卵親魚量が前年より 180 トン増加したことから、現在の資源水準は中位で増加傾向にあると判断された。2009 年以降の再生産成功率（1 歳の加入尾数/親魚量）が過去 20 年間（1988～2007 年）の中央値で続く場合、現在の F のまま推移しても、10 年後の親魚量は 2008 年の 1.2 倍に達する。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。

	2010年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC $_{limit}$	6,600トン	$F_{current}$	0.48	35%
ABC $_{target}$	5,500トン	$0.8F_{current}$	0.38	29%

F値は各年齢の平均値。ABCに0歳魚は含まれない。 $F_{current}$ は2008年のF。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2007	18,276	6,688	0.49	37%
2008	18,402	6,504	0.48	35%
2009	18,666	-	-	-

2009 年資源量はコホート解析による過去 20 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） 漁業種別・月別体長組成（鳥取～熊本（6 県）） 漁業種・月別・銘柄別漁獲量（福岡、鹿児島）
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	県別・水域別放流尾数（水究セ）
放流魚混入率	市場測定（佐賀、鹿児島各県） 精密測定調査（熊本）
マダイ養殖収穫量	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） ポケット水産統計 平成 20 年度版（農林水産省）

1. まえがき

2008 年の全国マダイ漁獲量は前年から 143 トン増加して 15,750 トンで、その 41%に相当する 6,504 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が、全国における養殖収穫量は過去最高の 2003 年（83,000 トン）以降は減少傾向にある。2007 年は 66,600 トンで前年より 4,500 トン減少し、全国マダイ漁獲量に対する比も昨年の 4.5 倍から 4.3 倍にやや下がった。

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、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。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

本種を対象とする漁業は、船びき網、釣り、延縄、刺し網、沖合底びき網、定置網、小型底びき網、まき網など多種多様な上に、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2008年における漁獲量6,504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6,400トン（98%）の内訳では、船びき網が41%で最も多く、釣り（14%）、刺し網（12%）、延縄（11%）がこれに次いだ。県別の漁獲割合は、福岡県（28%）が最も多く、長崎県（24%）、熊本県（12%）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%と小さく（農水省統計情報部 1998）、本報告ではその影響は無視できると仮定した。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、1969年の約11千トン进行ピークとし、その後比較的長期の減少傾向を示し、1990年には約5,100トンまで減少した。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年と同じ最低水準に戻った。翌2004年からは再び増加に転じていたが、2008年は前年より184トン減少して6,504トンとなった（表1、図5）。

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別年齢組成資料に基づいて推定された県別の漁業種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、Popeの近似式（Pope 1972）による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平松（1999）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齢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。2008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混獲物

として水揚げされる事例も増えている。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、2008 年は 2 歳魚 (36%) 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、2008 年の資源重量は前年より 126 トン増加して 1996 年と同じ 18 千トンとなり、コホート計算結果が得られている 1986 年以降で 2 番目に多くなった。ただし、1 歳魚の加入尾数の減少が影響し、資源尾数は 90 万尾減少した。漁獲係数の年齢平均値は 1986 年以降およそ 0.4 から 0.6 の範囲を推移しており、2008 年は過去平均を下回る 0.48 であった (図 8)。なお、親魚量と漁獲係数 F の間には明瞭な関係を見出せなかった。

自然死亡係数 (M) の誤差が、コホート解析の結果にどの程度影響を与えるか試算した。 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。 M が大きくなるといずれの値も増加しており、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 5.1～5.8% であった。

(5) 資源の水準・動向

資源量推定値が得られている 1986 年以降について検討すると、資源量は 2004 年以降増加傾向にあり、2008 年は過去最高であった 1996 年に次いで 2 番目に高い値となった。資源尾数は前年から 90 万尾 (3%) 減少したが、1986 年以降では 5 番目に高い値である。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。

1 才魚の加入数から再生産関係 (図 10) を検討すると、1997 年から 2003 年にかけての親魚量の減少が翌年の加入減少に結びついていたことが示唆される。2004 年以降は親魚量の増加とともに翌年の加入尾数も増加してきた。2007 年は前年と親魚量が同レベルであったが、2008 年の加入尾数は前年より 100 万尾減少して過去 20 年間の平均レベルとなった。このため、再生産成功率 (表 3、図 11) も下がり、やはり過去平均とほぼ同レベルになった。この成功率の低下が一時的なものかどうか、今後の推移に注目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 B_{limit} 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である。2008 年の親魚量は 11,235 トンで、 B_{limit} 以上の水準にある。

(6) 資源と漁獲の関係

2008 年以降の再生産成功率は過去 20 年間の再生産成功率の中央値で、各年齢の選択率は 2008 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_{sus} 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 2008 年と同じとして F を変化した場合の YPR と %SPR を図 13 に示す。現在の F (0.48) は、資源量の維持を目標とする限界値 ($F_{sus}=0.49$) より小さいため、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。 $F_{current}$ は F_{max} や $F_{20\%SPR}$ より高く、成長乱獲傾向にあると考えられるが、過去 20 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強度でも増加すると考えられる。

(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の放流が行われている。総放流数は、1999 年に 914 万尾に達した後は減少傾向に転じ、2008 年は前年より 41 万尾減少して 660 万尾であった (図 5)。総放流数に占める割合は、熊本県 (41%)、島根県 (19%)、鹿児島県 (17%)、山口県 (10%) の順で高かった。前年に比較すると、島根県で 26% 増、他の 5 県で 4~35% 減であった。

放流数と翌年の 1 歳魚加入尾数の関係 (図 14) 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となった 1986 年以降において、両者の間に明瞭な関係は見られない。

2007 年放流魚の標識装着率と、2008 年における漁獲尾数が得られたのは、本系群分布域南部における 1 県分のみであり、混入率は内湾域で 2.7%、外海域で 0.9% であった。当該県における本系群マダイの全漁獲量に占める割合は 9% と少なく、この値から系群全体の放流効果を推定することは困難と判断された。

5. 2010 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量推定値が得られている 1986 年以降について検討すると、資源量は 2004 年以降増加傾向にあり、2008 年は過去最高であった 1996 年に次いで 2 番目に高い値となった。ただし、資源尾数は前年から 90 万尾減少したことから、資源水準は中位で、資源動向は増加傾向と判断された。2008 年以降の再生産成功率 (1 歳の加入尾数/親魚量) が過去 20 年間 (1988~2007 年) の中央値で続く場合、現在の F のまま推移しても、10 年後の親魚量は 2008 年の 1.2 倍に達する。このため、現在の F のままで特に問題はないと考えられる。

(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 で資源は増加することから、Fcurrent を基準値、不確実性を見込んだ α は標準値の 0.8 とする。再生産成功率を過去 20 年間の中央値とし、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 15 に示す。Fsus 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、2009 年の漁獲係数は 2008 年に同じ、また 2010 年以降は年齢別選択率を 2008 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		漁獲量 (トン)						
	管理基準	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
現在の漁獲の継続	Fcurrent (=Flimit) (F=0.48)	6,362	6,486	6,568	6,656	6,717	6,809	6,918
産卵親魚の維持	Fsus (F=0.49)	6,362	6,523	6,791	6,779	6,757	6,762	6,773
		資源量 (トン)						
	管理基準	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
現在の漁獲の継続	Fcurrent (=Flimit) (F=0.48)	18,402	18,666	18,878	19,120	19,370	19,645	19,922
産卵親魚の維持	Fsus (F=0.49)	18,402	18,666	18,878	18,845	18,841	18,851	18,851

(3) ABClimit の評価

2009 年に Flimit (=0.48) で漁獲した場合、ABClimit は 6,600 トンと算出された。不確実性を見込んで Flimit に $\alpha=0.8$ を乗じた値を Ftarget (=0.38) とし、ABCtarget は 5,500 トンと算出された。

	2010年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	6,600トン	Fcurrent	0.48	35%
ABCtarget	5,500トン	0.8Fcurrent	0.38	29%

F値は各年齢の平均値。ABCに0歳魚は含まれない。Fcurrentは2008年のF。

(4) ABC の再評価

データの更新による資源量と ABC の再評価値を下表に示す。2008 年（当初）の値は 2006 までの漁獲データを用いた 2007 年における評価結果、2008 年（2008 年再評価）と 2009 年（当初）は 2007 年までのデータを用いた 2008 年における評価結果、2008 年（2009 年再評

価)と2009年(2009年再評価)は2008年までのデータを用いた今回の評価結果である。

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)	管理目標
2008 年 (当初)	Fsim	0.47	20,070	6,332	5,276		親魚量回復
2008 年 (2008 年 再評価)	Fcurrent	0.45	19,502	6,902	6,842		親魚量回復
2008 年 (2009 年 再評価)	Fcurrent	0.48	18,878	6,568	6,370	6,504	親魚量回復
2009 年 (当初)	Fcurrent	0.45	19,671	7,036	5,696		親魚量回復
2009 年 (2009 年 再評価)	Fcurrent	0.48	19,120	6,656	6,851		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

- 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.
- 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.
- 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.

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
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
年	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
漁獲量 (トン)	7,206	7,622	6,638	7,154	7,050	7,279	6,392	5,819	5,879	5,532
年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
漁獲量 (トン)	5,154	5,111	5,327	5,495	5,754	5,669	5,973	6,555	6,716	6,666
年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
漁獲量 (トン)	6,830	5,964	5,512	5,561	5,129	5,710	5,687	6,262	6,688	6,504

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	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+	千尾 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	3,620	3,873	1,589	581	386	210	141	114	67	33	10,614

年齢別資源尾数	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+	千尾 合計	トン 資源量	トン 産卵親魚量
1986	12,706	7,365	4,227	1,927	1,150	737	435	277	101	104	29,029	17,147	10,762
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	27,406	16,449	10,522
1991	11,903	7,064	3,807	1,889	1,152	755	453	284	103	106	27,517	16,685	10,697
1992	11,813	7,063	3,819	1,983	1,177	750	444	274	104	109	27,534	16,779	10,800
1993	12,791	7,209	3,917	2,029	1,250	771	436	269	102	113	28,888	17,260	11,044
1994	13,684	7,383	3,801	2,018	1,262	852	459	272	99	113	29,942	17,626	11,256
1995	14,112	7,613	3,858	1,918	1,287	875	547	300	105	114	30,729	18,176	11,630
1996	15,634	7,885	3,861	1,767	1,161	882	539	375	117	122	32,343	18,435	11,561
1997	16,475	9,475	4,022	1,804	1,057	712	489	307	110	122	34,572	18,379	10,688
1998	15,337	9,294	3,812	1,828	1,007	650	448	277	99	138	32,889	17,597	10,222
1999	13,535	9,141	4,113	1,832	1,047	609	406	246	87	123	31,141	17,147	9,977
2000	12,293	8,552	3,977	1,853	1,008	627	377	222	70	99	29,077	16,277	9,573
2001	11,317	8,075	4,292	1,794	1,057	611	414	189	57	73	27,878	15,984	9,491
2002	11,853	7,803	4,085	1,923	1,013	606	377	184	59	75	27,980	15,764	9,381
2003	11,807	7,123	3,807	1,915	975	577	385	195	64	82	26,930	15,241	9,242
2004	12,194	7,470	4,101	2,036	1,117	540	369	214	61	80	28,181	15,964	9,659
2005	12,372	7,808	4,232	2,193	1,175	664	341	225	63	78	29,153	16,765	10,249
2006	14,319	7,888	4,308	2,231	1,281	688	453	214	79	75	31,536	17,755	10,898
2007	14,725	9,045	3,901	2,094	1,342	757	424	270	101	80	32,738	18,276	11,055
2008	13,643	9,285	3,915	1,916	1,273	828	481	256	162	79	31,838	18,402	11,235

表 2. つづき

年齢別漁獲係数 年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳+
1986	0.4634688	0.51052	0.65709	0.35554	0.30699	0.40934	0.39537	0.85767	0.53347	0.53347
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	0.36	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	0.35	0.48	1.14	0.63	0.63
2000	0.30	0.56	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	0.38	0.59	0.63	0.55	0.44	0.33	0.54	0.93	0.37	0.37
2003	0.33	0.43	0.50	0.41	0.47	0.32	0.46	1.04	0.48	0.48
2004	0.32	0.44	0.50	0.42	0.40	0.33	0.37	1.10	0.46	0.46
2005	0.33	0.47	0.52	0.41	0.41	0.26	0.34	0.92	0.50	0.50
2006	0.33	0.58	0.60	0.38	0.40	0.36	0.39	0.63	0.54	0.54
2007	0.34	0.71	0.59	0.37	0.36	0.33	0.38	0.39	0.70	0.70
2008	0.33	0.59	0.57	0.39	0.39	0.31	0.37	0.64	0.58	0.58

表 3. 親魚量・加入量・再生産成功率の推移

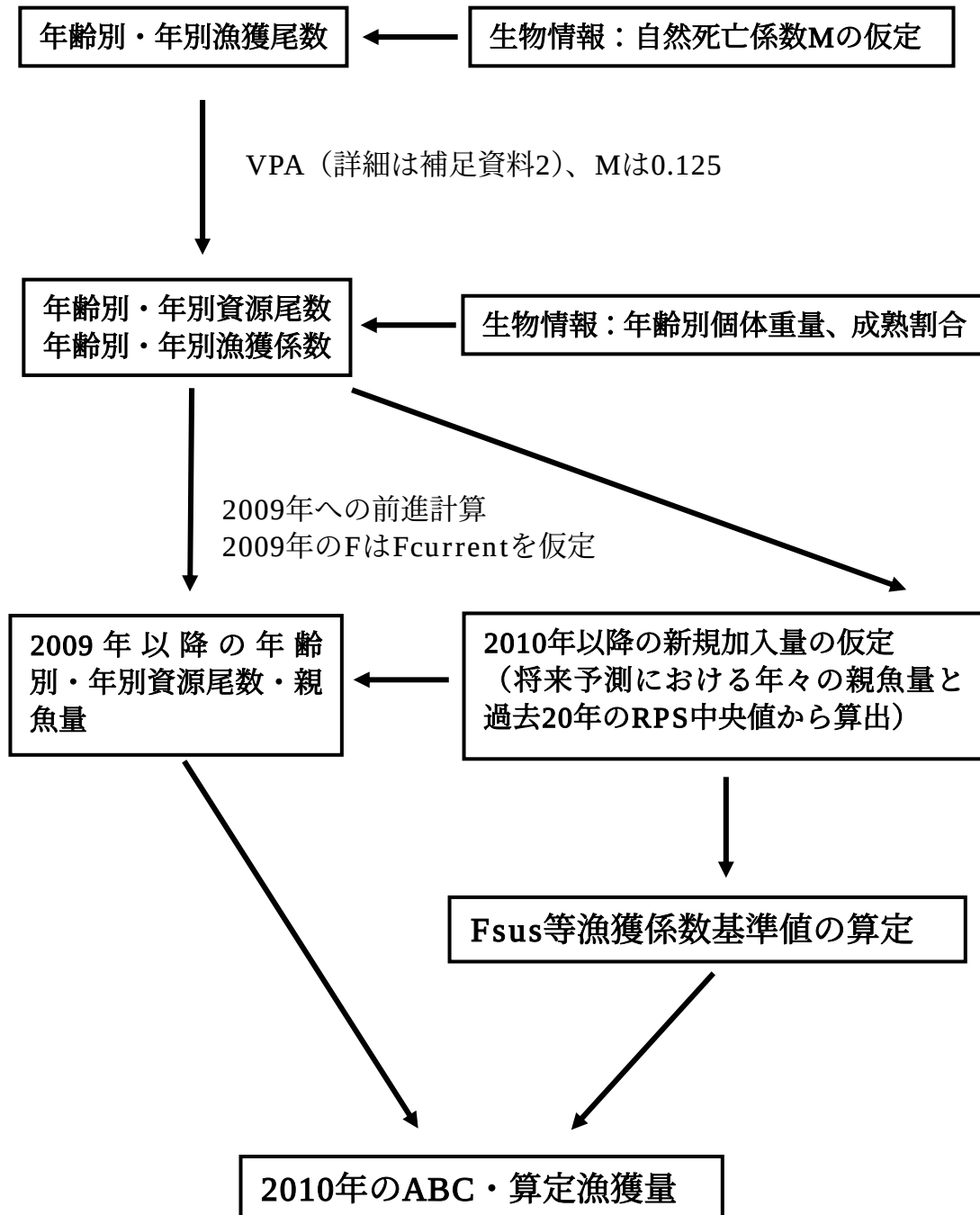
年	親魚量 (t)	翌年の1歳魚尾数 (千尾)	再生産成功率 (尾/g)
1986	10,762	11,996	1.11
1987	10,689	11,832	1.11
1988	10,511	11,426	1.09
1989	10,426	12,096	1.16
1990	10,522	11,903	1.13
1991	10,697	11,813	1.10
1992	10,800	12,791	1.18
1993	11,044	13,684	1.24
1994	11,256	14,112	1.25
1995	11,630	15,634	1.34
1996	11,561	16,475	1.43
1997	10,688	15,337	1.43
1998	10,222	13,535	1.32
1999	9,977	12,293	1.23
2000	9,573	11,317	1.18
2001	9,491	11,853	1.25
2002	9,381	11,807	1.26
2003	9,242	12,194	1.32
2004	9,659	12,372	1.28
2005	10,249	14,319	1.40
2006	10,898	14,725	1.35
2007	11,055	13,643	1.23

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)						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.00		0	0	0	0	0	0	0
0.05	0.1Fsus	836	1,247	1,740	2,433	3,501	5,042	7,283
0.10	0.2Fsus	1,648	2,345	3,144	4,234	5,851	8,085	11,195
0.15	0.3Fsus	2,404	3,270	4,218	5,474	7,271	9,647	12,819
0.20	0.4Fsus	3,123	4,062	5,043	6,308	8,052	10,260	13,086
0.25	0.5Fsus	3,822	4,749	5,674	6,835	8,377	10,241	12,531
0.30	0.6Fsus	4,473	5,317	6,122	7,106	8,369	9,826	11,546
0.35	0.7Fsus	5,093	5,793	6,431	7,194	8,140	9,178	10,359
0.39	0.8Fsus	5,694	6,196	6,629	7,142	7,756	8,392	9,092
0.44	0.9Fsus	6,256	6,519	6,730	6,988	7,289	7,575	7,886
0.49	1.0Fsus	7,150	7,031	7,052	7,137	7,220	7,140	7,098

F	基準値	親魚量 (トン)						
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0.00		11,641	18,875	30,676	46,345	66,798	97,985	145,781
0.05	0.1Fsus	11,641	17,963	27,781	40,248	55,948	79,025	112,995
0.10	0.2Fsus	11,641	17,080	25,117	34,873	46,720	63,489	87,181
0.15	0.3Fsus	11,641	16,259	22,762	30,319	39,179	51,258	67,654
0.20	0.4Fsus	11,641	15,479	20,634	26,374	32,875	41,405	52,529
0.25	0.5Fsus	11,641	14,724	18,673	22,891	27,503	33,317	40,599
0.30	0.6Fsus	11,641	14,022	16,937	19,936	23,104	26,940	31,558
0.35	0.7Fsus	11,641	13,354	15,368	17,373	19,421	21,794	24,543
0.39	0.8Fsus	11,641	12,708	13,921	15,106	16,276	17,563	19,000
0.44	0.9Fsus	11,641	12,106	12,639	13,179	13,697	14,222	14,792
0.49	1.0Fsus	12,316	12,226	11,946	11,974	12,063	11,991	11,970

補足資料 1



補足資料 2

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、 $M = 2.5/n$)で求めた0.125を用いた。成長に関するパラメータは、従来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。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。

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} N_{10+,y+1} e^M + C_{9,y} e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y} \quad \text{ただし、yは年}$$

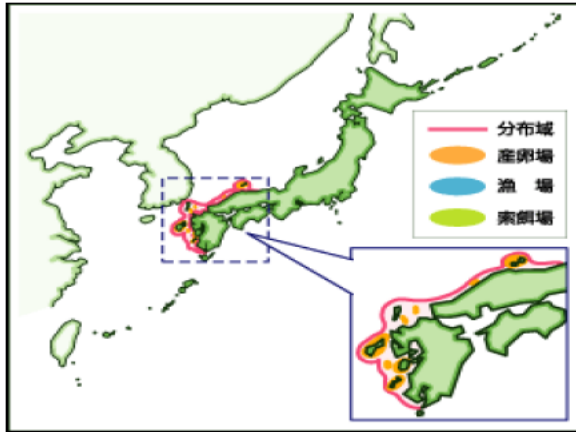


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布と回遊

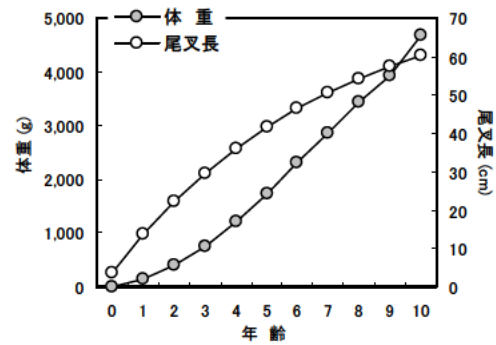


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

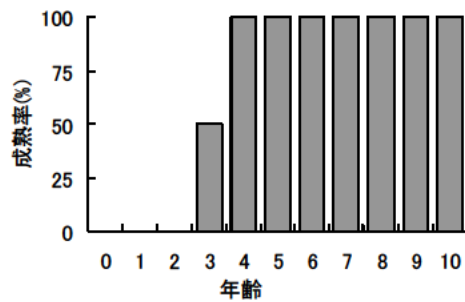


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

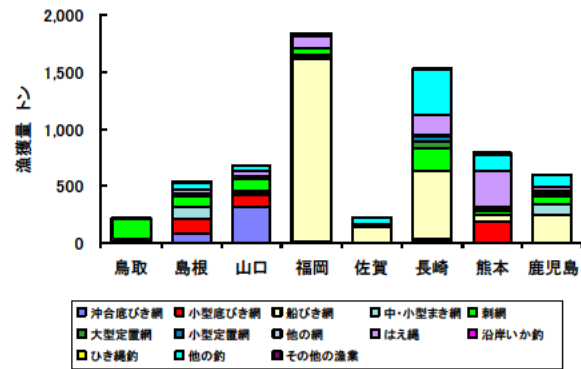


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別の2008年漁獲量 全漁獲量の98%を含む。

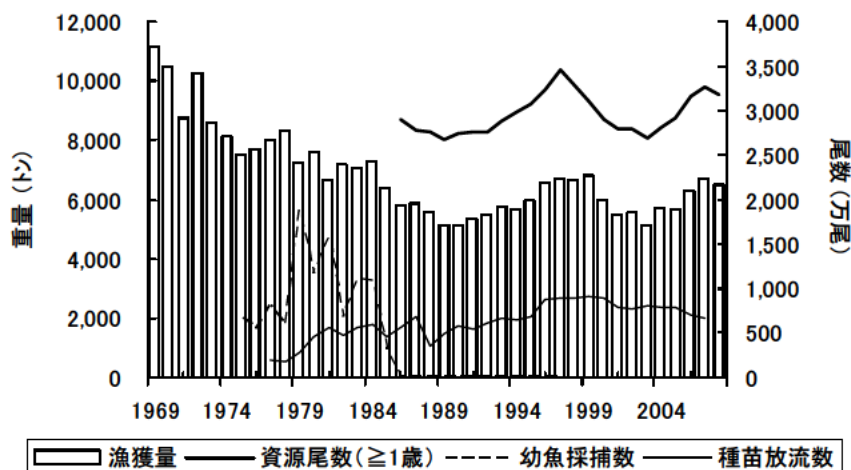


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、1歳以上の資源尾数、養殖用天然幼魚の採捕尾数（一部は秋元・内田（1988）より）、および人工育苗放流数の経年変化

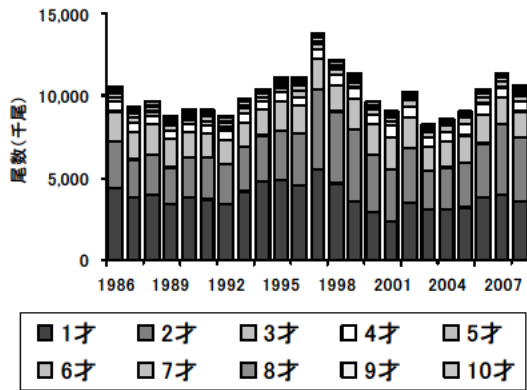


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

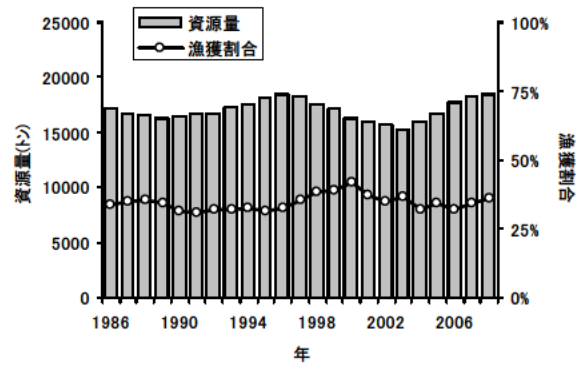


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

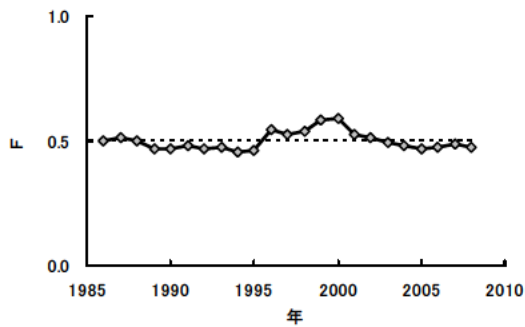


図8. 漁獲係数の経年変化 点線は平均

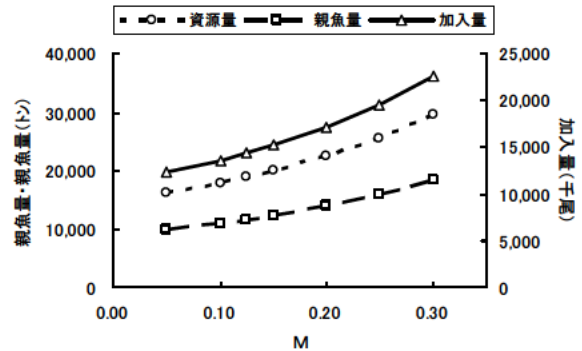


図9. Mの変化に伴う資源量、親魚量、加入量の変化

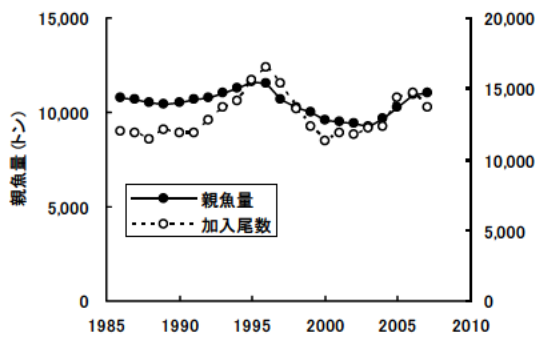


図10. 親魚量と1歳魚加入量の経年変化

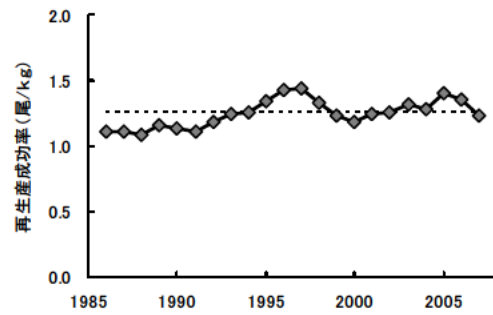


図11. 再生産成功率の経年変化
点線は過去平均値。

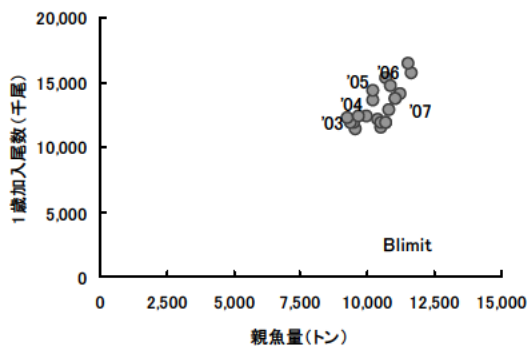


図12. 再生産関係

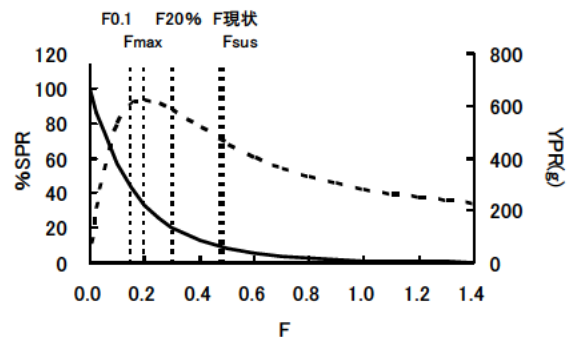


図13. F値による%SPR(実線)とYPR(点線)の変化

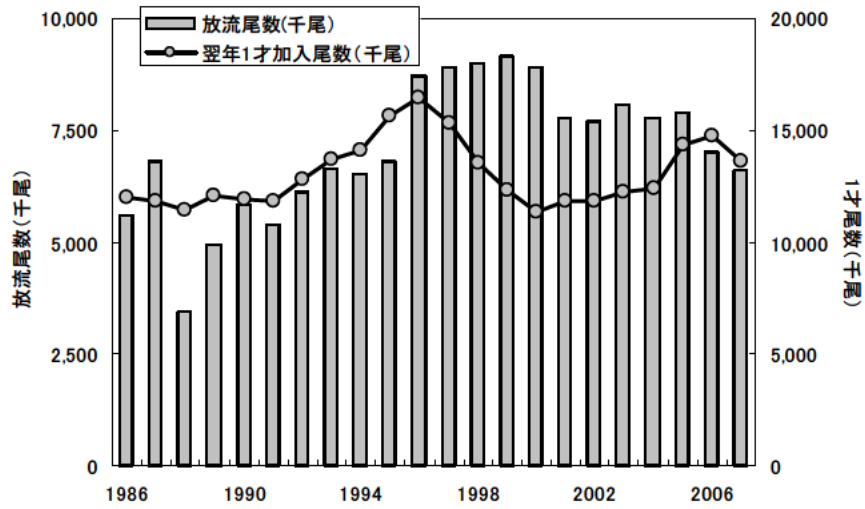


図14. 種苗放流数と翌年の1歳魚加入尾数推定値の経年変動

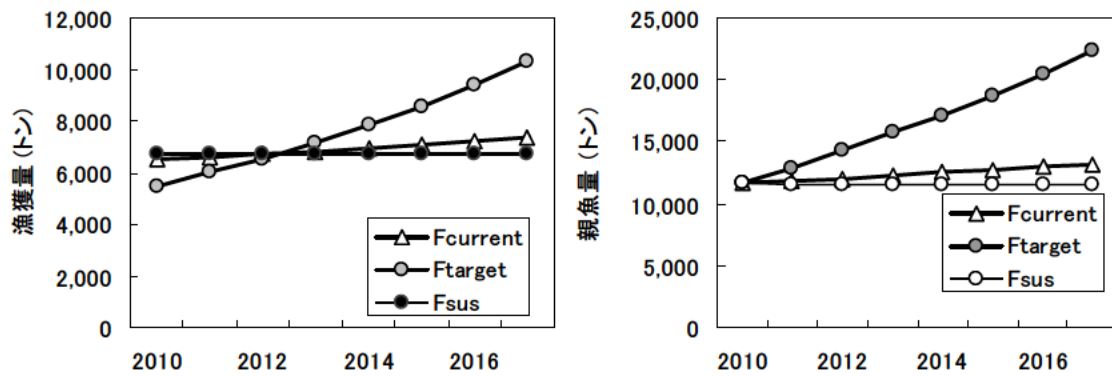


図15. 異なるF値による漁獲量（左）と親魚量（右）の予測推移