

平成16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、2004年以降の再生産成功率（1歳の加入尾数/親魚量）が過去16年間の平均的なレベルで続き、2005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。

	ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	42百トン	Frec	0.43	33%
ABC_{target}	35百トン	0.8Frec	0.34	27%

F値は各年齢の平均値である。ABCに0歳魚は含まれない。

年	資源量(百トン)	漁獲量(百トン)	F値	漁獲割合
2002	152	55	0.53	36%
2003	137	57	0.52	31%
2004	132	-	-	-

2004年の資源量は、再生産成功率が過去16年間の平均的レベルとした場合の予測である。資源量に0歳魚は含まれない。

水準：中位

動向：減少

1. まえがき

2003年の全国マダイ漁獲量14,690トンのうち、約36%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。

本種は養殖業の代表的対象種でもある。全国における養殖生産量は過去3年平均で7万5千トンに達しており、天然漁獲量の同平均1万5千トンの5倍に達している。1

990年代以降、天然魚の価格低下傾向が続いており、近年では平均的に見ると養殖魚との価格差がわずかなものとなっている。

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。

(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。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概況

当系群の2003年における漁業種類別漁獲量は、昨年に引き続き船びき網(吾智網)が30%と最も多く、次いで釣り(21%)、刺網(13%)、延縄(10%)、沖底(10%)、小型底びき網(7%)、定置網(6%)、まき網(1%)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、昨年までの上位2位が入れ替わり、長崎県(24%)が最も多く、福岡県(23%)、山口県(16%)、熊本県(12%)がこれに次いだ(図4)。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)。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は1969年の1万1千トンピークに、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に転じ、2003年の漁獲量(速報値)は前年より308トン減少して5,248トンであった(表1、図5)。1970年代後半から1980年代中盤に九州西岸域で行われていた天然幼魚の大量採捕は、種苗生産技術の発達に伴い消滅している。

人工種苗の放流数は2000年まで増加傾向にあり、本系群の分布水域(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年以降は減少傾向を示しており、2003年は前年より10万尾減少して767万尾であった(図5)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

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、それらを合計して得られた系群全体の年齢別漁獲尾数(1986～2003年)を用いて、Popeの近似式(Pope 1972)によるコホート解析を行った。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。2003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。

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{10+,y} + C_{9,y}} N_{10+,y+1} e^M + C_{9,y} e^{\frac{1}{2}M}$$
$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y}} N_{9,y} \quad \text{ただし、} y \text{は年}$$

(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82%を占めると推定された(図6)。

(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2、図7)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、その後は減少傾向に転じ、2003年の資源重量は1万4千トン、資源尾数は2,200万尾であった。

産卵親魚量と1才魚の加入量から再生産関係(図8)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(表3、図9)も、98年以降漸減傾向を示してきたが、2003年は1才魚がやや増加したため、前年より微増した。

産卵親魚量と翌年の1歳魚尾数との間の再生産関係(図10)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。

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11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は5%の影響を受ける。

(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、2003年の資源量と資源尾数は過去最低の値を示し、最高年に比べてそれぞれ64%と74%であった。2002年の1才加入尾数が前年より若干増加した結果、再生産成功率は微増したが、過去平均値を下回っている。魚価の低迷から本種に対する漁獲努力量が減少している可能性があるものの、それを示す有効な資料がないことから、資源解析の結果に基づいて考えると、資源水準は中位で、資源動向は減少傾向を示していると判断された。

5. 資源管理の方策

(1) 資源と漁獲の関係

漁獲係数は昨年に引き続き増加傾向を示し、過去16年間の平均を上回っている(図12)。FとYPRとの関係(図13)によると、現状のF(0.53)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。

(2) 種苗放流効果

本系群に関係する8県のうち、マダイ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14)。1999年まで総放流数は増加を示し、最高で910万尾であったが、その後減少に転じている。2002年は前年より10万尾少ない770万尾であった。

本系群では、放流魚の混獲率や成長・成熟などに関する知見が不十分なため、放流魚の成長・成熟が天然と同じと仮定した上で、想定した4つの添加効率(0.0、0.1、0.2、0.3)下での放流効果を試算する。まず、VPAによる天然の親魚量と、放流数に各添加効率を乗じて求まる種苗の1歳加入尾数を減じた天然1歳魚の尾数との再生産関係から RPS_{med} を求め(図15)、過去3年の放流平均尾数(850万尾)が将来一定で継続するとして、将来予測を行った。 F_{limit} の求め方は後述するABCの算定と同様である。

各添加効率の下で、 $F_{current}$ と F_{limit} での漁獲を続けた場合の、2014年までの資源量変動を図16に、また放流がある場合とない場合の2010年における資源量を表4に示す。例えば $F_{current}$ での2010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を比較すると、前者は後者の1.3倍、 F_{limit} では1.1倍となる。

6. 2005年ABCの設定

(1) 資源評価のまとめ

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。親魚量と加入尾数の関係(図10)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、2003年の親魚量は9,100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。

(2) ABCの算定

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。2004年以降の再生産成功率は、過去16年間の中央値と仮定する。ABCの算定では、10年後の2014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} (0.43)とした。さらに、これに安全率 α (0.8)を乗じたものを F_{target} (0.34)とした(表5)。

(3) 漁獲圧と資源動向

2004年の漁獲量が5680トン、 F (0.53)を $F_{current}$ 、同年以降の再生産成功率を RPS_{med} (1.12)との前提のもと、 F_{sus} は現状(2005年)の漁獲量を維持(2011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6に示す。

(4) ABC_{limit} 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 ABC_{limit} の変化を図17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。

(5) ABCの再評価

2003年当初の資源量推定値は2001年までの漁獲データを、2003年の再評価と2004年当初は2002年までのデータを、2004年再評価は2003年までのデータをそれぞれ用いて解析を行った結果を、下表に示す。

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量 (トン)	ABC_{limit} (トン)	ABC_{target} (トン)	漁獲量 (トン)
2003年(当初)	Frec	14600	4900	4100	
2003年(2003年再評価)	Frec	15100			5200
2003年(2004年再評価)	Frec	13700			
2004年(当初)	Frec	14600	4900	4100	
2004年(再評価)	Frec	13200			

7. 引用文献

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. 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
漁獲量(トン)	6,830	5,964	5,512	5,556	5,248

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	3,552	3,276	1,798	769	337	159	147	104	17	22	10,182
2003	2,792	2,300	1,298	581	354	181	139	112	26	34	7,818

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	12,707	7,366	4,227	1,927	1,150	737	435	277	101	104	29,030	17,147	10,762
1987	11,997	7,055	3,901	1,934	1,192	746	432	259	104	106	27,725	16,724	10,690
1988	11,834	7,001	4,052	1,866	1,176	763	407	251	91	103	27,543	16,560	10,512
1989	11,429	6,650	3,962	1,825	1,138	773	434	244	92	100	26,647	16,243	10,428
1990	12,100	6,890	3,761	1,840	1,144	752	454	276	96	101	27,416	16,456	10,525
1991	11,910	7,067	3,810	1,890	1,153	756	453	284	103	107	27,533	16,695	10,703
1992	11,823	7,068	3,822	1,985	1,179	750	444	274	104	109	27,559	16,794	10,810
1993	12,808	7,218	3,922	2,032	1,252	772	437	270	102	113	28,925	17,284	11,059
1994	13,710	7,397	3,808	2,023	1,265	854	460	272	99	113	30,002	17,663	11,280
1995	14,144	7,637	3,871	1,925	1,291	877	548	301	105	115	30,814	18,232	11,667
1996	15,624	7,913	3,882	1,779	1,167	885	541	376	118	123	32,408	18,511	11,619
1997	16,372	9,467	4,047	1,822	1,067	717	492	309	111	123	34,526	18,458	10,776
1998	15,520	9,202	3,804	1,850	1,023	659	452	279	101	141	33,031	17,696	10,335
1999	13,778	9,303	4,033	1,826	1,066	623	414	250	90	127	31,509	17,305	10,066
2000	11,969	8,767	4,119	1,781	1,003	644	389	229	73	104	29,078	16,464	9,667
2001	10,115	7,789	4,481	1,920	994	606	429	200	63	80	26,677	16,015	9,737
2002	9,788	6,743	3,832	2,090	1,124	551	373	197	69	88	24,855	15,249	9,683
2003	9,881	5,302	2,873	1,693	1,122	676	336	191	76	101	22,251	13,716	9,079

表 2. (続き)

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	0.46	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	0.44	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	0.51	0.54	0.35	0.26	0.39	0.35	0.88	0.52	0.52
1994	0.46	0.52	0.56	0.32	0.24	0.32	0.30	0.83	0.49	0.49
1995	0.46	0.55	0.65	0.38	0.25	0.36	0.25	0.82	0.45	0.45
1996	0.38	0.55	0.63	0.39	0.36	0.46	0.44	1.09	0.55	0.55
1997	0.45	0.79	0.66	0.45	0.36	0.34	0.44	1.00	0.38	0.38
1998	0.39	0.70	0.61	0.43	0.37	0.34	0.47	1.01	0.52	0.52
1999	0.33	0.69	0.69	0.47	0.38	0.35	0.47	1.10	0.60	0.60
2000	0.30	0.55	0.64	0.46	0.38	0.28	0.54	1.17	0.67	0.67
2001	0.28	0.58	0.64	0.41	0.47	0.36	0.65	0.94	0.37	0.37
2002	0.49	0.73	0.69	0.50	0.38	0.37	0.55	0.83	0.31	0.31
2003	0.36	0.62	0.66	0.45	0.41	0.34	0.58	0.98	0.45	0.45

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	10762	11997	1.11
1987	10690	11834	1.11
1988	10512	11429	1.09
1989	10428	12100	1.16
1990	10525	11910	1.13
1991	10703	11823	1.10
1992	10810	12808	1.18
1993	11059	13710	1.24
1994	11280	14144	1.25
1995	11667	15624	1.34
1996	11619	16372	1.41
1997	10776	15520	1.44
1998	10335	13778	1.33
1999	10066	11969	1.19
2000	9667	10115	1.05
2001	9737	9788	1.01
2002	9683	9881	1.02

表 4. 放流がある場合とない場合の、各添加効率下での 2005 年の漁獲係数と ABC

添加効率	放流あり		放流なし		資源量比 放流有/無
	Fcurrent	2010年 資源量 (t)	Fcurrent	2010年 資源量 (t)	
0.0	0.53	10145	0.53	10145	1.0
0.1	0.53	10671	0.53	9506	1.1
0.2	0.53	11036	0.53	8740	1.3
0.3	0.53	11842	0.53	8420	1.4

添加効率	放流あり		放流なし		資源量比 放流有/無
	Flimit	2010年 資源量 (t)	Flimit	2010年 資源量 (t)	
0.0	0.43	15247	0.43	15247	1.0
0.1	0.43	15509	0.42	15096	1.0
0.2	0.44	15730	0.40	14895	1.1
0.3	0.45	16130	0.39	14870	1.1

表 5. 2005 年 ABC の算定結果

	ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	42百トン	Frec	0.43	33%
ABCtarget	35百トン	0.8Frec	0.34	27%

表 6. 2005 年 ABC の算定結果

F	基準値	漁獲量 (トン)							親魚量 (トン)						
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0.00		0	0	0	0	0	0	0	7643	12621	20861	31279	44335	64158	94480
0.05	0.1Fsus	593	888	1205	1622	2306	3383	4875	7643	11974	18790	26983	36879	51376	72565
0.09	0.2Fsus	1046	1507	1978	2585	3559	5043	7016	7643	11483	17287	23986	31842	43027	58787
0.14	0.3Fsus	1584	2177	2746	3459	4573	6203	8264	7643	10898	15583	20714	26517	34489	45214
0.19	0.4Fsus	2095	2746	3330	4041	5132	6665	8506	7643	10346	14052	17900	22097	27661	34801
0.24	0.5Fsus	2579	3226	3763	4401	5366	6672	8161	7643	9823	12677	15479	18425	22197	26807
0.28	0.6Fsus	2949	3553	4019	4563	5386	6469	7649	7643	9426	11678	13786	15940	18621	21767
0.33	0.7Fsus	3390	3899	4246	4646	5264	6056	6867	7643	8953	10543	11935	13307	14958	16790
0.38	0.8Fsus	3808	4184	4388	4627	5032	5545	6032	7643	8505	9522	10340	11116	12021	12961
0.42	0.9Fsus	4127	4373	4452	4558	4795	5107	5375	7643	8164	8779	9223	9630	10097	10542
0.47	1.0Fsus	4524	4574	4481	4414	4447	4529	4567	7643	7741	7899	7949	7990	8044	8054

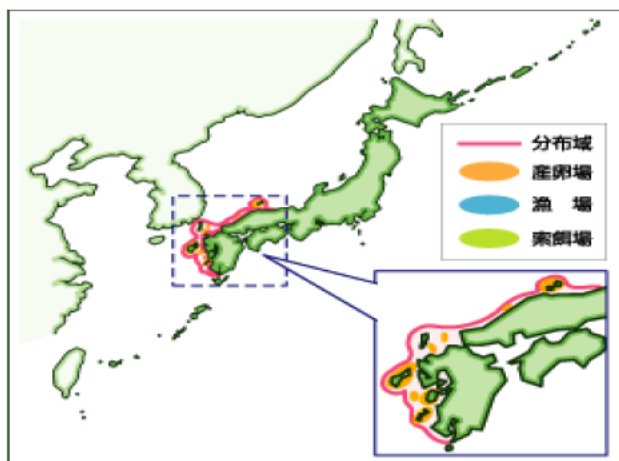


図1. マダイ日本海西部・東シナ海系群の分布と回遊

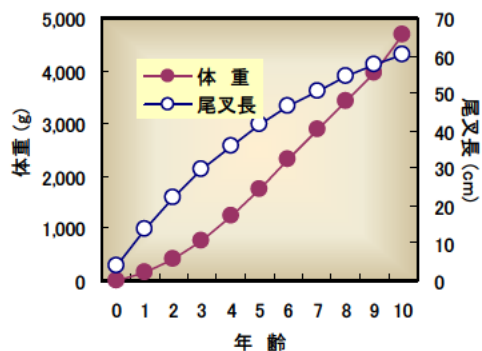


図2. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢と成長

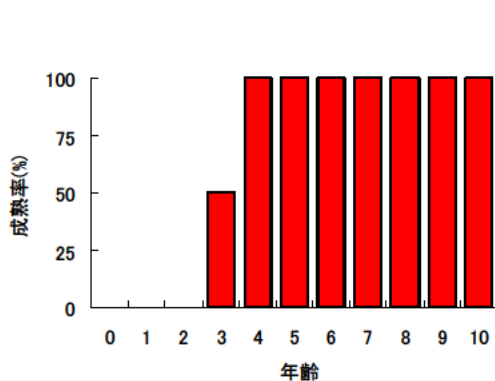


図3. マダイ日本海西部・東シナ海系群の年齢別成熟率

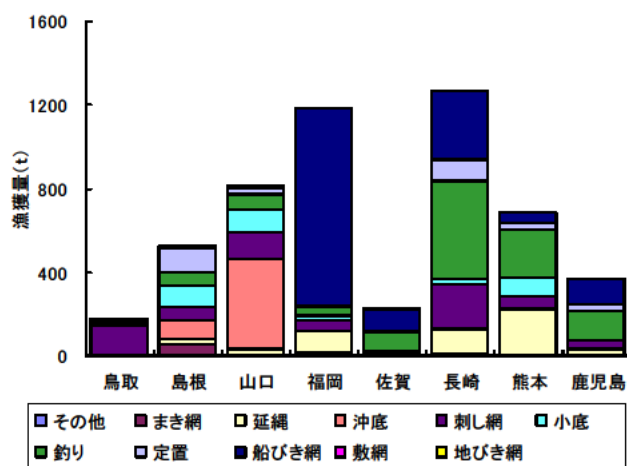


図4. マダイ日本海西部・東シナ海系群の県別漁業種類の2003年漁獲量

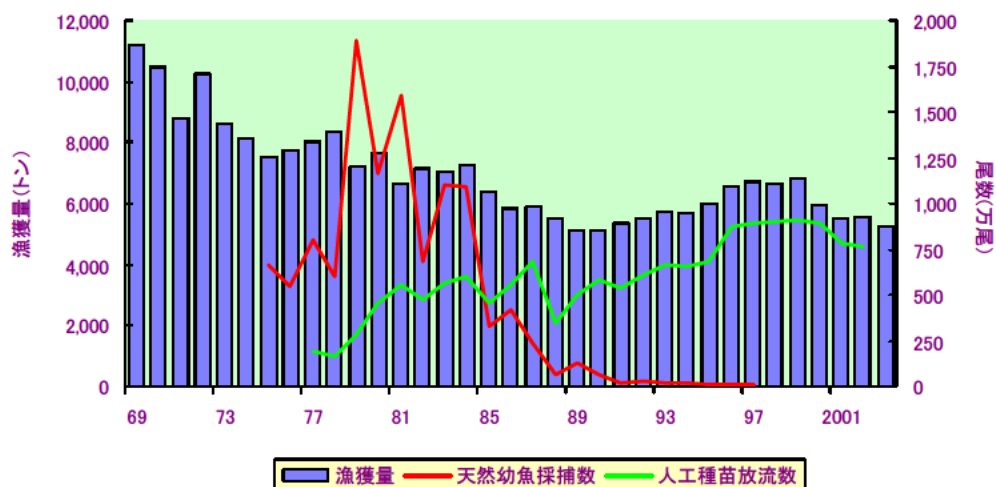


図5. マダイ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量、養殖用天然幼魚の採捕尾数、および人工種苗放流数の経年変化。天然幼魚採捕尾数の一部は秋元・内田(1998)による。

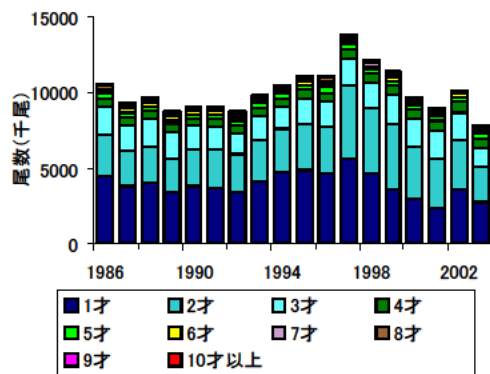


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

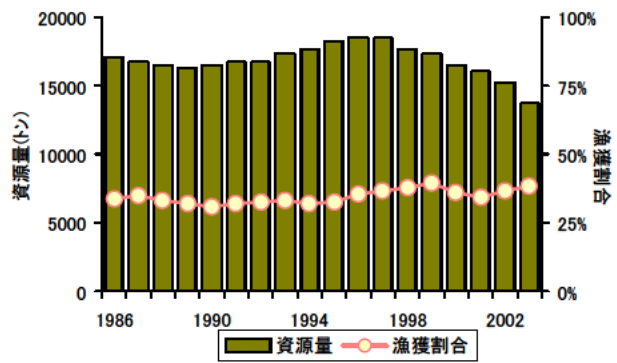


図7. 資源量と漁獲割合の経年変化

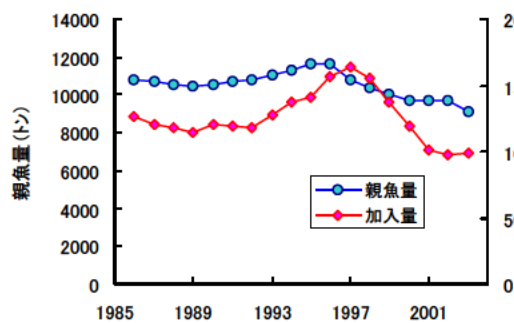


図8. 親魚量と1歳魚加入量の経年変化

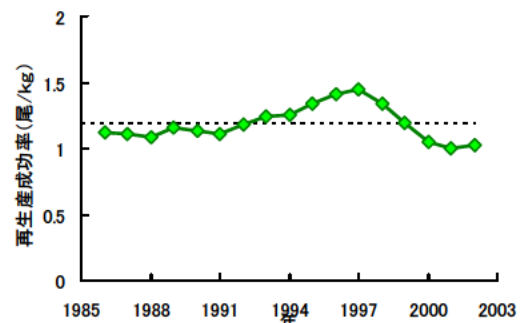


図9. 再生産成功率の経年変化. 点線は過去平均値.

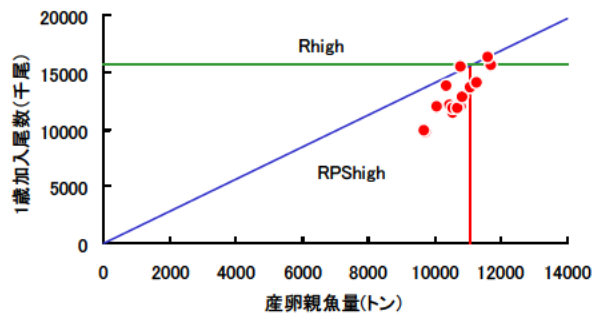


図10. 再生産関係.

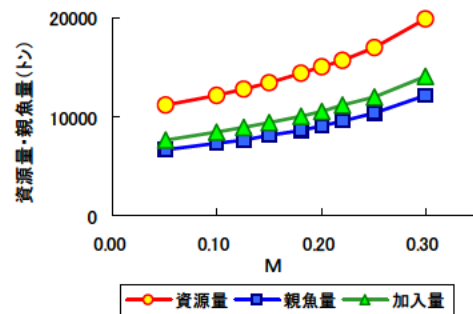


図11. Mの変化に伴う資源量、親魚量、加入量の変化

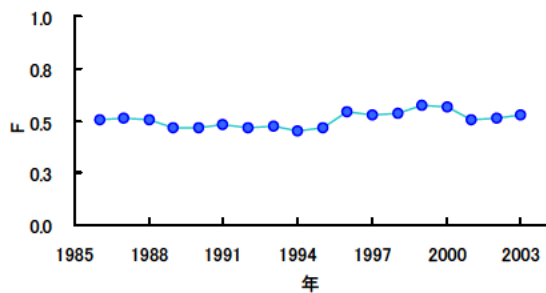


図12. 漁獲係数の経年変化.

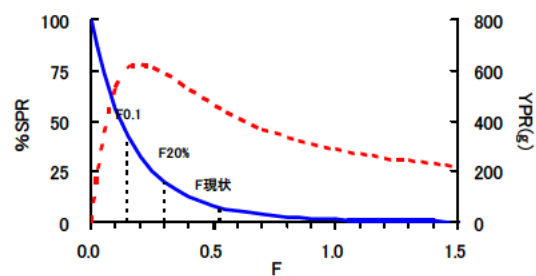


図13. F値による%SPR(実線)とYPR(点線)の変化.

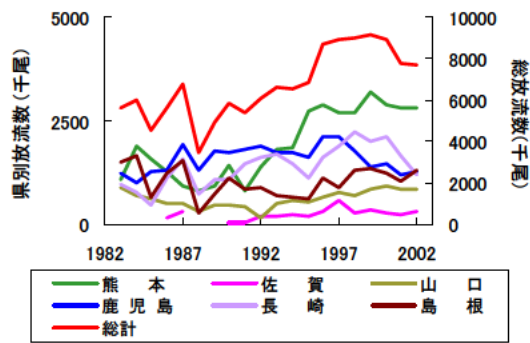


図14. 県別マダイ種苗放流数の経年変動..

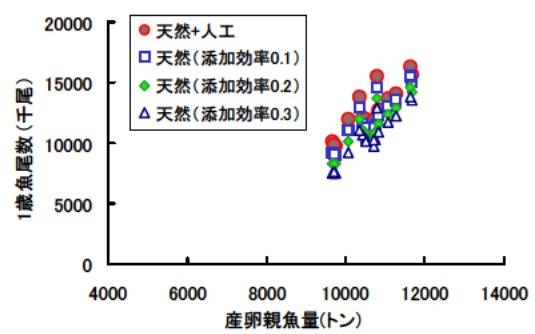


図15. 仮定した添加効率ごとの再生産関係.

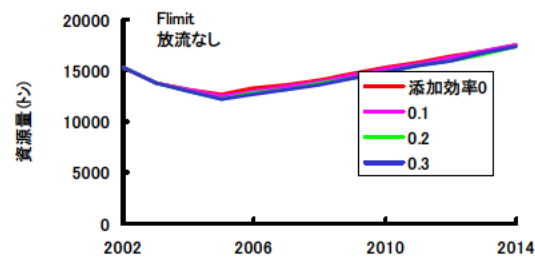
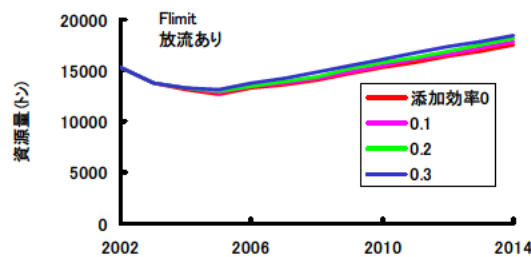
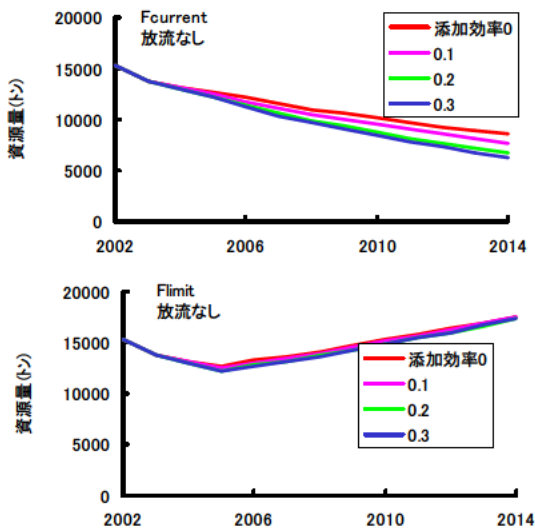
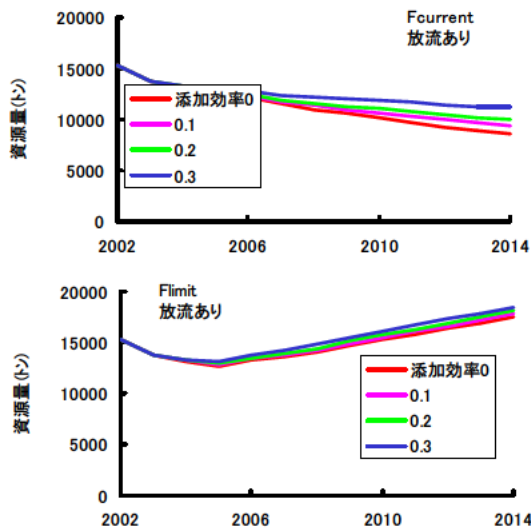


図16. 仮定した添加効率下での資源量の将来予測.
上図: Fcurrent 下図: Flimit

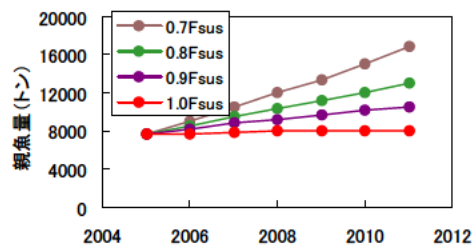
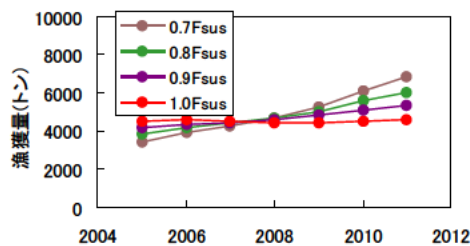


図17. F値による漁獲量(左)と親魚量(右)の変化

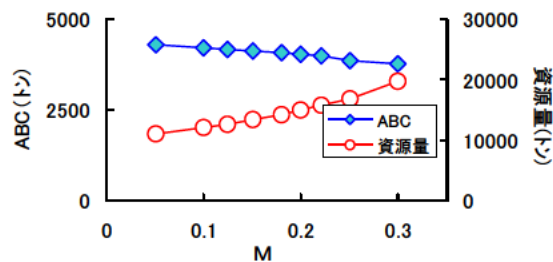


図18. Mと資源量、ABCとの関係.