

1994年の隠岐島前湾周辺海域 におけるマダイ資源量の推定

安 達 二 朗

島根県栽培漁業センターでは、1976年から人工的に生産したマダイ種苗を、島前湾周辺海域に放流している（島根県栽培漁業センター、1976）。その結果、島前湾周辺海域で漁獲されたマダイは、天然マダイと放流マダイが混ざっており、その混獲率も推定されている（森脇ほか、1997）。

しかし資源研究の第一義的な目的は、資源量の絶対数としての推定である。したがって天然マダイと放流マダイの加入量や資源量を推定する必要があり、それらによって放流効果を論議すべきであろう。また放流効果調査とは、資源学的には天然魚の加入量に人工種苗がどの程度添加したのかを見積もることであると考えられる。このような考え方から1994年の島前湾周辺海域における天然マダイと放流マダイの資源量を推定したので報告する。報告にあたり、1994年度のマダイ調査担当者に心から感謝する。

材料と方法

解析に用いた資料は、浦郷漁業協同組合の水揚げ台帳に基づく1994年のマダイの漁法別・月別漁獲量（表1）と1994年に浦郷漁港に水揚げされたマダイの季節別・漁法別尾又長測定記録（表2）である。

表1 島前湾周辺海域におけるマダイ漁法別・月別漁獲量（1994年）

漁法 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
定置網	145	9	247	2,829	1,462	218	352	659	888	199	159	50	7,217
刺し網	95	107	151	469	498	283	92	43	76	158	74	93	2,139
一本釣り	108	71	120	570	660	809	193	379	568	253	583	96	4,410
延縄	28	0	48	0	0	88	195	1,412	664	61	46	18	2,560
つぼ網	12	8	20	19	2	29	55	0	1	6	0	0	152
計	388	195	586	3,887	2,622	1,427	887	2,493	2,197	677	862	257	16,478

単位：kg

表2 標本体長組成 (1994年)

季節 体長階級(㎝)	定置網・刺し網						一本釣り・延縄						つぼ網			
	4～6月		7～9月		10～12月		4～6月		7～9月		10～12月		1～6月		7～10月	
	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚
12.0～13.9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4
14.0～15.9	6	0	15	0	14	3	1	0	1	0	7	1	9	8	41	23
16.0～17.9	36	0	84	26	25	5	6	2	49	13	27	3	15	9	53	24
18.0～19.9	55	6	236	25	37	4	28	5	95	25	51	11	2	1	69	14
20.0～21.9	105	14	310	39	60	13	26	6	125	30	42	14	0	0	21	14
22.0～23.9	129	28	249	29	63	7	37	13	106	34	47	14	2	1	12	4
24.0～25.9	176	55	189	47	37	6	57	25	125	63	24	7	2	1	12	4
26.0～27.9	125	26	171	41	35	11	49	24	133	80	48	14	1	1	2	1
28.0～29.9	144	32	103	23	34	12	54	27	108	57	41	14	0	0	1	1
30.0～31.9	154	41	43	8	25	9	48	23	90	46	31	15	0	0	1	0
32.0～33.9	156	41	32	17	10	6	50	19	76	38	27	7	3	1	4	2
34.0～35.9	144	42	18	6	14	2	32	13	63	19	12	4	0	0	2	0
36.0～37.9	114	23	20	11	17	9	34	10	47	21	12	3	1	1	0	0
38.0～39.9	80	14	17	5	9	3	31	10	42	16	9	3	1	1	0	0
40.0～41.9	74	18	13	5	10	1	25	5	29	7	8	5	2	0	0	0
42.0～43.9	41	11	9	6	7	2	25	5	26	3	4	1	0	0	0	0
44.0～45.9	48	10	11	5	6	2	18	3	18	5	3	2	1	0	0	0
46.0～47.9	39	3	5	0	5	1	8	2	16	4	2	0	0	0	0	0
48.0～49.9	30	3	4	1	9	8	7	1	13	5	3	1	0	0	0	0
50.0～51.9	16	0	3	0	2	1	5	1	6	1	2	0	0	0	0	0
52.0～53.9	10	5	2	0	2	1	7	3	7	1	3	0	0	0	0	0
54.0～55.9	13	4	2	0	0	0	5	1	5	0	0	0	0	0	0	0
56.0～57.9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	1,695	376	1,538	294	421	106	553	198	1,180	468	403	119	39	24	223	91

マダイ尾又長の測定は、漁獲量が多い場合には、その一部分を無作為に抽出したものを、少ない場合には全数を対象としている。1994年の測定回数は延べ150回で、測定尾数は6,052尾である。ただし、定置網、刺網、一本釣りおよび延縄は1～3月、つぼ網は11～12月に欠測している。天然魚と放流魚の識別は鼻孔異常によった。

漁獲物年齢組成の推定は、標本体長組成を安達（1999）のage-length keyを用いて、標本年齢組成に変換し（表3）、漁獲量で引き伸ばして漁獲物年齢組成とした。得られた漁獲物年齢組成から対数回帰法で全死亡体数（Z）を推定し、資源力学的に天然魚と放流魚の資源尾数を推定した。

結果と考察

1. 標本年齢組成から漁獲物年齢組成への引き伸ばし

表4に、一つの例として1994年4～6月の定置網・刺網の標本年齢組成から漁獲物年齢組成への引き伸ばしを示した。その年順は以下のとおりである。

- (1) 標本年齢組成を標本相対年齢組成に変換する。
- (2) 年齢別の体重を求める。
- (3) 年齢別体重に年齢別相対度数を乗ずる。
- (4) それらの和が漁獲物の平均体重となる。
- (5) 漁獲重量を漁獲物平均体重で除して、漁獲尾数を求める。
- (6) 漁獲尾数に年齢別相対度数を乗じて年齢別漁獲尾数とする。
- (7) 放流魚については、年齢別漁獲尾数に放流魚の占める割合を乗じて、放流魚の年齢別漁獲尾数とする。

年齢別体重は尾又長成長式（藤川・竹森、1993）とマダイの尾又長と体重の関係（水産庁、1989）から求める。

このような計算を漁法別季節別に行い、整理したものが表5～7である。定置網・刺網（表5）および一本釣り・延縄（表6）の1～3月については、体長測定を行っていないので、便宜的に、それぞれ4～6月の標本年齢組成を用いて引き伸ばした。したがって、1994年の年間を通しての漁獲物年齢組成には、若干の偏りが入っている可能性もある。しかし表5～7を見てもわかるように、天然魚と放流魚が、周年にわたり、すべての漁法で漁獲されているので、その偏りが資源量推定における致命的な欠陥ではなからう。

表5～7に示した年間の天然魚と放流魚の年齢別漁獲尾数と集計すると、表8に示した1994年の年齢別推定漁獲尾数が得られる。総漁獲尾数は25,320尾で、その内17,959尾が天然魚であり、7,361尾が放流魚である。したがって放流魚の漁獲率は29.1%となる。また表5～7から天然魚と放流魚は、1歳魚として7～9月に加入し、完全加入するのは、表8から天然魚が2歳、放流魚が3歳であることがわかる。

表3 標本年齢組成 (1994年)

季節 年 齢	定置網・刺し網						一本釣り・延縄						つぼ網			
	4～6月		7～9月		10～12月		4～6月		7～9月		10～12月		1～6月		7～10月	
	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚
1	0	0	76	19	85	13	0	0	36	9	90	17	0	0	84	44
2	147	12	793	101	159	28	46	10	336	95	124	36	26	18	114	37
3	414	100	438	99	74	24	132	52	327	174	91	34	5	3	15	5
4	353	85	115	31	34	12	120	57	191	96	44	14	1	1	5	4
5	283	74	40	15	18	8	84	32	109	43	21	8	2	0	5	1
6	175	42	25	11	14	5	57	19	62	21	12	5	3	2	0	0
7	105	22	16	7	9	4	35	11	38	10	7	3	2	0	0	0
8	64	13	10	6	8	3	23	5	25	7	5	1	0	0	0	0
9	42	9	8	2	6	1	15	4	17	5	2	1	0	0	0	0
10	33	6	5	2	5	2	12	3	11	4	1	0	0	0	0	0
11	27	4	4	1	3	2	11	1	10	2	2	0	0	0	0	0
12	20	3	4	0	2	1	9	1	7	1	2	0	0	0	0	0
13	13	3	2	0	2	2	4	2	6	1	1	0	0	0	0	0
25	10	2	1	0	2	1	4	1	4	0	1	0	0	0	0	0
15	9	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
計	1,695	376	1,538	294	421	106	553	198	1,180	468	403	119	39	24	223	91

表4 1994年4～6月における定置網・刺し網の標本年齢組成から
漁獲物年齢組成への引き伸ばし

年 齢	標本年齢組成		放流魚の占める割合	標本相対年齢組成・fi	年 齢 別 体 重 (g) Wi	Wi * fi (g)	漁獲物年齢組成	
	天然魚+放流魚	放流魚					天然魚+放流魚	放流魚
2	147	12	0.08163	0.08673	116.1	10.1	615	50
3	414	100	0.24154	0.24424	289.8	70.8	1,731	418
4	353	85	0.24079	0.20834	528.8	110.1	1,477	356
5	283	74	0.26148	0.16696	807.5	134.8	1,183	309
6	175	42	0.24000	0.10324	1,108.1	114.4	732	176
7	105	22	0.20952	0.06194	1,412.8	87.5	439	92
8	64	13	0.20312	0.03775	1,709.8	64.6	268	54
9	42	9	0.21429	0.02477	1,980.6	49.1	176	38
10	33	6	0.18182	0.01946	2,236.4	43.5	138	25
11	27	4	0.14815	0.01592	2,468.1	39.3	113	17
12	20	3	0.15000	0.01179	2,683.7	31.7	84	13
13	13	3	0.23077	0.00767	2,861.7	21.9	54	12
14	10	2	0.20000	0.00589	3,012.9	17.8	42	8
15	9	1	0.11111	0.00531	3,151.9	16.7	38	4
計	1,695	376		1.00000		812.3	7,090	1,572

表5 1994年における定置網・刺し網の季節別漁獲物年齢組成と漁獲量

季節 年齢	1～3月		4～6月		7～9月		10～12月		計		
	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚
1	0	0	0	0	277	69	262	40	539	109	430
2	64	5	615	50	2,153	369	491	86	3,323	510	2,813
3	231	56	1,731	418	1,598	361	229	74	3,789	909	2,880
4	197	47	1,477	356	419	113	105	37	2,198	553	1,645
5	158	41	1,183	309	255	96	56	25	1,652	471	1,181
6	98	24	732	176	91	40	43	15	964	255	709
7	59	12	439	92	58	25	28	12	584	141	443
8	36	7	268	54	36	21	25	9	365	91	274
9	23	5	176	38	29	7	19	3	247	53	194
10	18	3	138	25	18	4	15	6	189	38	151
11	15	2	113	17	14	3	9	6	151	28	123
12	11	2	84	13	14	0	6	3	115	18	97
13	7	2	54	12	7	0	6	6	74	20	54
14	6	1	42	8	4	0	6	3	58	12	46
15	5	1	38	4	4	0	0	0	47	5	42
計	928	208	7,090	1,572	4,977	1,108	1,300	325	14,295	3,213	11,082
漁獲物の平均体重(g)	812.3		812.3		423.9		563.8				
漁獲量(kg)	753.8	168.9	5,759.2	1,276.5	2,109.8	469.7	732.9	183.2	9,355.7	2,098.3	7,257.4

表6 1994年における一本釣り・延縄の季節別漁獲物年齢組成と漁獲量

季節 年齢	1～3月		4～6月		7～9月		10～12月		計		
	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚
1					162	41	456	86	618	127	491
2	38	7	215	48	1,513	428	628	182	2,394	665	1,729
3	109	43	616	243	1,473	784	461	172	2,659	1,242	1,417
4	99	47	560	266	860	483	223	71	1,742	867	875
5	69	27	392	149	491	194	106	40	1,058	410	648
6	47	15	266	89	279	67	66	25	658	196	462
7	29	9	163	51	171	45	35	15	398	120	278
8	19	4	107	23	113	32	25	5	264	64	200
9	12	3	70	19	77	23	10	5	169	50	119
10	10	3	56	14	50	18	5	0	121	35	86
11	8	1	47	5	45	9	10	0	110	15	95
12	7	1	42	5	32	5	10	0	91	11	80
13	4	1	18	4	27	4	5	0	54	9	45
14	2	1	14	4	18	4	5	0	39	9	30
15	1	0	5	0	5	0	0	0	11	0	11
計	454	162	2,571	920	5,316	2,137	2,045	601	10,386	3,820	6,566
漁獲物の平均体重(g)	827.0		827.0		641.8		516.8				
漁獲量(kg)	375.5	133.9	2,126.2	760.8	3,411.8	1,371.5	1,056.9	310.6	6,970.4	2,576.8	4,393.6

表7 1994年におけるつぼ網の季節別漁獲物年齢組成と漁獲量

季節 年齢	1～3月		4～6月		7～9月		10～12月		計		
	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚+放流魚	放流魚	天然魚
1	0	0	0	0	130	68			130	68	62
2	90	63	115	79	176	58			381	200	181
3	16	10	22	13	24	8			62	31	31
4	4	4	4	4	8	6			16	14	2
5	6	0	9	0	8	2			23	2	21
6	10	7	9	6	0	0			19	13	6
7	4	0	4	0	0	0			8	0	8
8	0	0	0	0	0	0			0	0	0
9	0	0	0	0	0	0			0	0	0
10	0	0	0	0	0	0			0	0	0
11	0	0	0	0	0	0			0	0	0
12	0	0	0	0	0	0			0	0	0
13	0	0	0	0	0	0			0	0	0
14	0	0	0	0		0			0	0	0
15	0	0	0	0	0	0			0	0	0
計	130	84	163	102	346	142			639	328	311
漁獲物の平均体重(g)	306.7		306.7		179.2						
漁獲量(kg)	40.0	25.1	50.0	31.3	62.0	25.4			152.0	81.8	70.2

表8 隠岐島前湾周辺海域における年齢別推定漁獲尾数 (1994年)

年 級	年 齢	天 然 魚	放 流 魚
1993	1	983	304
1992	2	4,723	1,375
1991	3	4,328	2,182
1990	4	2,522	1,434
1989	5	1,850	883
1988	6	1,177	464
1987	7	729	261
1986	8	474	155
1985	9	313	103
1984	10	237	73
1983	11	218	43
1982	12	177	29
1981	13	99	29
1980	14	76	21
1979	15	53	5
計		17,959	7,361

2. 資源尾数の推定

表8に示した天然魚と放流魚の年齢組成(年齢群別漁獲尾数)を対数回帰モデルにあてはめ(天然魚は2歳以降、放流魚は3歳以降)、全死亡係数(Z)を計算すると、天然魚は0.353、放流魚は0.461が得られ、いずれも強い直線性($r=0.99$)を示した。このことは、推定した2つの全死亡係数(Z)が一定であることを示し、年々の生残率($S=e^{-Z}$)と加入量(R)も、ほぼ一定であることを示している。また全死亡係数(Z)が一定であることは、漁獲方程式： $\frac{dN}{dt} = -ZN$ 、 $\frac{dC}{dt} = FN$ (Nは資源尾数、Cは累積漁獲尾数、Fは漁獲係数)におけるZとFが常に一定であるという仮定を満たしている。したがって漁獲係数(F)は、自然死亡係数(M)が0.2と仮定されている(島根県、1990)ため、 $F = Z - M$ から、天然魚は0.153、放流魚は0.261となる。放流魚の漁獲係数が天然魚のそれよりも大きい結果が得られたが、このことは放流魚が卵稚仔期から幼魚期までを自然界とは異なった環境で飼育された経歴が現れているのかもしれない。以上のようにZ、M、Fという資源特性値が推定されたので、天然魚と放流魚の資源尾数を推定することができる。

資源尾数は $N = \frac{C}{QE}$ で計算される。ただしNは年齢別資源尾数、Cは年齢別漁獲尾数、Eは漁獲率、Qは各年齢魚の加入率である。加入率(Q)は土井(1975)の方法で求めることができる。天然魚の1歳魚の加入率は0.1664となるので、1歳の天然魚の資源尾数は、45,794尾となる。放流魚の場合、1歳魚の加入率が0.0819、2歳魚は0.4613となるので、1歳と2歳の放流魚の資源尾数は、それぞれ17,760尾、14,262尾と計算される。天然魚の2歳以降、放流魚の3歳以降の年齢別資源尾数は、加入率が1.0として計算される。それらの計算結果を表9に年齢別推定資源尾数として示した。漁獲率(E)は天然魚が0.129、放流魚は0.209である。

表9から1994年の島前湾周辺海域における天然マダイの資源尾数は、177,388尾、放流マダイの資源尾数は59,107尾と推定された。マダイ総資源尾数は、それらを合計した236,495尾であるが、そのうち放流マダイの占める割合は25%である。すなわち島前湾周辺海域におけるマダイ資源の $\frac{1}{4}$ は放流マダイ

であるといえる。もし島根県栽培漁業センターが人工種苗を放流していなかったら、このような結果は現れないはずである。したがって放流効果を放流魚が天然資源に添加する数で示すことであるならば、この25%という割合と推定された59,107尾という人工マダイの資源量は、確実に効果のあることを示している。また1994年の人工マダイの資源は、過去15年間の放流の蓄積されたものであるから、放流を続けるかぎり島前湾周辺海域では、年々、この程度の人工資源が蓄えられていくことになる。このことは放流魚の回収という直接効果の他に、親魚となった人工マダイの再生産効果が現れてくるであろうことを示唆している。今のところ再生産効果を示す方法はないが、もし今後、島前湾周辺海域のマダイ漁獲量が増加していくならば、その効果の現れとみなしても良いであろう。再生産効果の実証は、今後の研究に待ちたい。

表9 隠岐島前湾周辺海域における年齢別推定資源尾数 (1994年)

年 級	年 齢	天 然 魚	放 流 魚
1993	1	45,794	17,760
1992	2	36,612	14,262
1991	3	33,550	10,440
1990	4	19,550	6,760
1989	5	14,341	4,224
1988	6	9,124	2,220
1987	7	5,651	1,249
1986	8	3,674	742
1985	9	2,426	493
1984	10	1,837	349
1983	11	1,690	206
1982	12	1,372	139
1981	13	767	139
1980	14	589	100
1979	15	411	24
計		177,388	59,107

要 約

1994年の島前湾周辺海域のマダイ漁獲量と浦郷漁港でのマダイ測定記録から、マダイの資源量を推定した。得られた結果は次のとおりである。

- 1) 1994年に漁獲されたマダイは25,320尾と推定され、その内7,361尾が放流魚であった。混獲率は29.1%である。
- 2) マダイの完全加入は、天然魚が2歳、放流魚は3歳である。
- 3) 1994年のマダイ資源尾数は236,495尾と推定され、その内59,107尾が放流魚で、割合としては25%である。
- 4) これらの結果は、確実に放流効果のあることを示している。
- 5) マダイの放流を続けるかぎり、資源量は増大すると考えられ、世代間の効果である再生産効果も現れると考えられる。

〔参 考 文 献〕

- 安達二郎（1999） 島根県沖におけるマダイのage-length key. 島根県栽培漁業センター調査報告、
2, 1-5.
- 土井長之（1975） 水産資源力学入門（5）. 日本水産資源保護協会月報、No.130、PP.13-18.
- 藤川裕司・竹森昭夫（1993） 島根県沖マダイの尾又長組成における年齢別季節別の平均と標準偏差.
日本水産学会誌、59（12）、1985-1991.
- 森脇晋平・若林英人・山田正・松本洋典・道根淳（1997） 隠岐島前湾周辺海域のマダイの生態と人工
種苗放流効果. 島根県栽培漁業センター調査報告、1、1-35.
- 島根県栽培漁業センター（1976） 放流技術開発調査. 昭和51年度島根県栽培漁業センター事業報告、
33-44.
- 島根県（1990） 平成元年度広域資源培養管理推進事業報告書. 1-41.
- 水産庁研究部（1989） 我が国漁獲対象魚種の資源特性（Ⅱ）. 西海区水産研究所（下関）、14-16.