

平成 15 年マアジ対馬暖流系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（檜山義明・依田真里・大下誠二・山本圭介）

参画機関：日本海区水産研究所、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、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、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、海洋水産資源開発センター

要 約

対馬暖流域に生息するマアジの資源量は、1970 年代後半に低水準にあったが、1980～1990 年代前半に増加し、1992～1998 年には高水準を維持した。1998～2000 年の加入量減少のため資源は減少傾向を示したが、2001～2002 年の加入量は 1994～1997 年の水準に回復した。再生産成功率（加入量÷親魚量）が最近 10 年（1993～2002 年）の中央値で継続し、現状の漁獲係数で漁獲した場合の漁獲量を 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。

	2004 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	188 千トン (165 千トン)	$F_{current}$	0.71	42%
ABC_{target}	161 千トン (142 千トン)	$0.8 F_{current}$	0.57	36%

ABC () 内は我が国 EEZ 内のもの。F 値は各年齢の平均値である。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2001	336	146 (128)	0.77	43%
2002	376	159 (133)	0.71	42%
2003	426	—	—	—

2003 年の資源量は加入量を仮定した値。漁獲量 () 内は我が国 EEZ 内のもの。

(水準・動向)

水準：中位 動向：減少

1. まえがき

対馬暖流域（東シナ海・日本海）のマアジはまき網漁業をはじめとする様々な漁業の重要資源で、東シナ海及び日本海で操業する大中型まき網漁業による漁獲の 29% を占める（2002 年）。これまで、浮魚資源に対する努力量管理が、大中型まき網漁業の漁場（海区制）内の許可隻数を制限するなどのかたちで行われてきた。さらに 1997 年から、TAC（漁

獲可能量) による資源管理が実施されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

東シナ海南部から九州、日本海沿岸域の広域に分布する (図 1)。春夏に索餌のため北上回遊を秋冬に越冬・産卵のため南下回遊をする。

(2) 年齢・成長

成長は海域や年代等によってやや異なるが、1 歳で尾叉長 16~18cm、2 歳で 23~25cm、3 歳で 28~30cm に成長する (図 2)。

(3) 成熟・産卵生態

産卵は、東シナ海南部、九州・山陰沿岸から日本海北部沿岸の広い海域で行われ、産卵期は南部ほど早く (2~3 月) 北部は遅い (5~6 月) 傾向がある (盛期は 3~5 月)。1 歳魚で 50% 程度、2 歳魚でほぼ全ての個体が成熟する (図 3)。

(4) 被捕食関係

代表的餌生物は、オキアミ類、アミ類、魚類仔稚等の動物プランクトンである。

3. 漁業の状況

(1) 主要漁業の概要

対馬暖流域のマアジの約 80% は、大中型まき網漁業および中小型まき網漁業で漁獲され、主漁場は東シナ海から九州北~西岸・日本海西部である。

(2) 漁獲量の推移

対馬暖流域での我が国のマアジ漁獲量は、1960 年代前半には 33~47 万トンであったがその後減少し、1980 年に 4 万トンまで落ち込んだ。1980~1990 年代は増加傾向を示し、1993~1998 年には約 20 万トンを維持したが、1999~2001 年は 13~15 万トンに減少し、2002 年は 13 万トンであった (図 4)。

韓国は毎年数万トンを漁獲しており、2002 年のあじ類の漁獲量は 3 万トンであった (「漁業生産統計」韓国統計庁)。韓国が漁獲するあじ類にはむろあじ類が含まれるが、ほとんどはマアジだと推定される。中国のマアジ漁獲量は不明である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果とあわせて年齢別の漁獲尾数による資源解析を行った。資源計算は日本と韓国の漁獲について行った。

新規加入量（0 歳魚）を主対象として、2～5 月にニューストーンネット等を用いた稚仔魚分布調査、5～9 月にトロール網と計量魚探による分布調査を行った。

(2) CPUE・資源量指数

鳥取県以西で操業する大中型まき網の一網当たり漁獲量は、1999～2001 年にやや低くなっていたが、2002 年には増加した（図 5）。各地の漁獲状況から求めた 0 歳魚の指標値（補足資料 2-2-補注 3）は、2000、2001 年に低かったが、2002 年には上昇した。2001 については、指標値をとる期間に年級群の豊度に比べて漁況が低調で、この指標値は過小評価であると考えられる。

(3) 漁獲物の年齢組成

0 歳魚と 1 歳魚が主に漁獲される（図 6）。2001、2002 年は 0 歳魚の漁獲が多かった。

(4) 資源量の推移

年齢別漁獲尾数により計算された（コホート計算）資源量は（図 7）、1973～1976 年の 24～32 万トンから 1977～1980 年の 13～18 万トンに減少した後、増加傾向を示し、1993～1998 年には、49～56 万トンの高い水準を維持した。1999 年以降はそれよりやや低く、2002 年は 38 万トンであった。

加入量は 1993 年から 2000 年まで、変動しながらやや減少傾向を示した（図 8）。2001、2002 年には、大きな加入が見られた。親魚量は 1997 年を頂点に減少傾向にある。再生産成功率（加入量÷親魚量）は、（親魚量と産卵量に比例関係があるとして）、発生初期の生き残りの良さの指標値になると考えられる。再生産成功率は、1990 年以降 2000 年まで、変動しながら減少傾向を示したが、2001 年、2002 年には高い値になった（図 9）。

親魚量と加入量の間にははつきりした関係はない（図 10）。しかし、少ない親魚量からは、あまり大きな加入量が生まれない傾向がある。図 10 に示した親魚量と加入量の関係から、 B_{limit} を設定すると約 21 万トンになる。ここでは、30 年の計算値のうちで加入量の上位 10%を示す直線（図 10 の赤線）と、再生産成功率の上位 10%を示す直線（図 10 の青線）の交点に当たる親魚量を B_{limit} とした。親魚量が 21 万トン以下になると、再生産成功率が高い年であってもあまり高い加入量が期待できなくなる。

コホート計算に使った自然死亡係数（ M ）の値は、信頼性が低く過小評価の可能性があり、 M の値が資源計算に与える影響を見るために、 M を変化させた場合の資源量、親魚量、加入量を図 11 に示す。 M が大きくなると、いずれも大きくなる。

(5) 資源水準・動向の判断

資源量は過去 20 年間（1983～2002 年）で 9 番目に低いので中位と判断する。動向について、最近年は横ばい傾向であるが、1998～2002 年の 5 年間では減少傾向と判断する。

5. 資源の変動要因

(1) 資源と漁獲の関係

かなり高い漁獲係数 F が見積もられ、漁獲が資源に大きな影響を与えていると考えられる (図 12)。図 12 に示した F は、0~3 歳以上それぞれの年齢魚に対する F の平均。大中型まき網漁船数の減少等 (図 12) によって、漁獲係数は近年減少傾向があるが、再生産成功率も 2000 年まで減少傾向にあり、1998~2000 年には漁獲圧はやや過剰であったと考えられる。2001、2002 年には再生産成功率が上昇し、今後再生産成功率がある程度高い状態 (例えば最近 10 年 (1993~2002 年) の中央値) が引き続くならば、現状の F は適切であると判断される。

参考のため、親魚量と F の関係 (図 13)、 F と加入当たり漁獲量 (YPR)、加入当たり親魚量 (SPR) の関係 (図 14) を示す。

(2) 資源と海洋環境の関係

再生産成功率の変動には、海洋環境が深く関わっていると考えられる。再生産成功率と東シナ海南部 (北緯 25 度、東経 124 度) の 1~2 月平均表面水温 (漁業情報サービスセンター) には、負の相関がある (図 16、5%有意水準)。水温の高低が、餌生物の多寡等に与える影響は不明であるが、水温に代表される海洋環境が、初期の生残に大きな影響を与えると想定される。

6. 管理目標・管理基準値・2004 年 ABC の設定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は高かった 1993~1998 年に比べるとやや低く、最近 20 年間では中位の水準である。1999 年以降資源は減少傾向を示したが、2001、2002 年の加入量は大きく、資源量は横ばい傾向に転じつつある。漁獲係数はかなり高く、適切かどうかは再生産成功率に大きく依存する。

(2) 資源管理目標

2002 年の親魚量は 20 万トンと B_{limit} 以下であることから、親魚量を増加させることが望ましい。

(3) 2004 年 ABC の設定

資源量及び親魚量と加入量の関係が利用できるため漁獲制御ルール 1-1) を適用する。2002 年親魚量は B_{limit} 以下であるが 2003 年の親魚量は B_{limit} より大きいと推定されるので、ルール 1-1)-(1) による。2003 年以降の再生産成功率は、最近 10 年間 (1993~2002 年) の中央値であると仮定する。

漁獲制御ルール 1-1)-(1) により、

$$F_{\text{limit}} = F_{\text{msy}}$$

$$F_{\text{target}} = F_{\text{limit}} \times \alpha$$

から ABC を算出する。再生産関係にバラツキが大きく再生産曲線をあてはめるのは適当でないと考えられるので、ここでは F_{msy} を推定しない。現状の漁獲係数 F_{current} であれば、仮定した再生産成功率のもとで、親魚量が増加し高い漁獲量が得られることから、 F_{current} を F_{msy} の代替とする。 α は標準値の 0.8 を使用する。

2004 年の ABC は下表のように算出される。

	2004 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	188 千トン (165 千トン)	F_{current}	0.71	42%
ABC_{target}	161 千トン (142 千トン)	$0.8 F_{\text{current}}$	0.57	36%

ABC () 内は我が国 EEZ 内のもの。F 値は各年齢の平均値である。

(4) F 値の変化による親魚量及び漁獲量の推移

前提 $F(2003 \text{ 年}) = F_{\text{current}}$ 、漁獲量 (2003 年) = 181 千トン、再生産成功率 (2003 年以降) = 0.031 尾/g (親魚量が 30 万トンを越えた場合加入量 92 億尾で一定)、 F_{sus} は親魚量が現状 (2004 年) を維持 (2008 年) する F

F	基準値	漁獲量 (千トン)					親魚量 (千トン)				
		2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
0.45	$0.6 F_{\text{sus}}$	134	182	224	244	250	233	322	430	520	576
0.52	$0.7 F_{\text{sus}}$	151	191	230	248	253	233	296	375	439	479
0.60	$0.8 F_{\text{sus}}$	166	195	224	245	253	233	273	319	365	396
0.67	$0.9 F_{\text{sus}}$	180	195	211	228	243	233	252	273	295	318
0.71	F_{limit}	188	195	201	208	215	233	241	250	258	267
0.75	$1.0 F_{\text{sus}}$	193	194	194	194	194	233	233	233	233	233

図 16、17 に図示。

(5) ABC_{limit} の検証

今後の加入状況の見積もりによって ABC がどの程度変化するかを見るために、再生産成功率が低い場合 (1998~2000 年の平均) と高い場合 (2001~2002 年の平均) について比較した。低い場合には、親魚量の現状維持を管理目標として 2004 年の ABC は 107 千トン、高い場合は F_{current} で漁獲するとして 243 千トンになる。

また、再生産成功率の年変動が親魚量の動向に与える影響を見るために、2003~2011 年の再生産成功率を仮定値の周りで変動させ、 F_{limit} で漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2003~2011 年の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1973~2002 年の平均値に対する各年の比率が同じ確率で現れて (重複を許してランダム抽出)、その比率に仮定値 0,031 尾/

g を乗じたものであるとした。親魚量が 30 万トンを超えた場合は、加入量を計算する際の親魚量を 30 万トンで一定とした。1000 回試行した結果 (図 19)、2008 年の親魚量が 2002 年を上回ったものが 533 回、 B_{limit} を上回ったものが 728 回であった。平均値は 2008 年の親魚量が 2002 年の親魚量より 12%大きかった。

自然死亡係数 (M) の値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 18 に示す。M が大きくなると資源量は大きくなるが、コホート計算で CPUE 等を使用し、ABC の算定で再生産関係を考慮しているため、ABC は逆にやや小さくなる。

この評価には中国の漁獲情報が含まれていないため、中国の漁獲の詳細が明らかになって評価に加えた場合には、全体の ABC 等が大きく変わる可能性がある。

(6) 過去の管理目標・基準値、ABC のレビュー

	管理基準	資源量	ABC_{limit}	target	漁獲量	管理目標
2002 年 (当初)	F_{sus} (0.58)	290	109	93	-	親魚量の維持
2002 年 (2002 年再評価)	$F_{20\%}$ (0.58)	349	125	106	159	親魚量の増加
2002 年 (2003 年再評価)	$F_{current}$ (0.71)	376	159	136	159	親魚量の増加 (維持)
2003 年 (当初)	$F_{20\%}$ (0.58)	328	118	100	-	親魚量の増加
2003 年 (再評価)	$F_{current}$ (0.71)	426	181	155	-	親魚量の増加

ABC を算定する際に仮定する再生産成功率は、再生産成功率が 2000 年まで減少傾向にあり、2001~2002 年に高くなったのに伴って、2001 年評価時点より 2002、2003 年評価時点で高くなっている。それに伴って、2002 年 ABC は当初 (2001 年評価時点) より、2002 年再評価、2003 年再評価の方が大きくなる。

2003 年 ABC も同様に、2002 年評価時点では 2001 年の高い再生産成功率は将来の見積もりに加えられていなかったため、2003 年評価時点で算出される ABC は増加した。

7. ABC 以外の管理方策の提言

仮定した再生産成功率のもとでは、現状の漁獲努力が適正であると判断されるので、これ以上漁獲努力を増やさないことが望ましい。

若年魚への漁獲圧を緩和することの効果を見るために、他年齢の F は $F_{current}$ と同じで 0 歳魚の F のみを削減した場合の期待漁獲量を求めた。再生産成功率が 1993~2002 年の中央値で一定 (親魚量が 30 万トンを超えた場合は加入量 92 億尾で一定) の条件のもとで期待される 2008 年の漁獲量は、削減率を大きくするのに伴って増大する (図 20)。0 歳魚の漁獲を控えることで、加入当たり漁獲量及び持続漁獲量の増加が望める。

補足資料 1

表 1. マアジ対馬暖流系群のコホート計算

年\年齢	漁獲尾数 (百万尾)				漁獲重量 (千トン)				漁獲係数 F (／年)				資源尾数 (百万尾)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	395	419	280	17	7	33	47	6	0.19	0.63	1.37	0.28	2,939	1,113	453	89
1974	990	734	218	21	17	58	36	8	0.36	0.93	1.31	0.26	4,111	1,480	360	111
1975	2,059	822	232	24	36	65	39	9	0.79	0.86	1.54	0.31	4,648	1,741	353	111
1976	314	672	239	15	6	53	40	5	0.23	1.02	1.06	0.21	1,909	1,282	445	95
1977	138	325	155	22	2	26	26	8	0.36	0.58	1.11	0.22	574	918	281	140
1978	49	67	180	21	1	5	30	8	0.03	0.42	1.20	0.24	1,962	244	312	124
1979	945	591	36	11	17	47	6	4	0.91	0.98	0.62	0.13	1,930	1,152	97	116
1980	57	142	135	14	1	11	23	5	0.07	0.47	1.00	0.20	1,024	469	261	94
1981	268	327	91	15	5	26	15	6	0.15	1.16	0.99	0.20	2,370	577	177	105
1982	663	860	68	18	12	68	11	7	0.26	1.76	1.36	0.28	3,589	1,232	110	92
1983	568	1,117	75	10	10	89	13	4	0.34	1.60	1.24	0.25	2,466	1,672	128	59
1984	2,450	582	149	13	43	46	25	5	0.69	1.09	1.94	0.39	6,069	1,064	205	50
1985	1,374	1,224	143	8	24	97	24	3	0.58	1.57	1.56	0.32	3,872	1,846	216	39
1986	483	491	149	9	8	39	25	3	0.29	0.62	1.47	0.30	2,428	1,314	232	45
1987	2,863	582	308	13	50	46	51	5	0.46	1.03	1.90	0.38	9,713	1,105	428	53
1988	1,760	2,053	154	12	31	163	26	5	0.86	1.11	1.48	0.30	3,746	3,726	240	61
1989	1,921	342	573	18	34	27	95	7	0.53	0.58	2.27	0.46	5,842	962	746	60
1990	2,199	1,396	198	13	39	111	33	5	0.53	1.59	1.32	0.27	6,641	2,094	326	70
1991	2,594	1,164	153	15	46	92	25	6	0.66	0.92	1.25	0.25	6,618	2,369	259	85
1992	1,488	976	417	22	26	77	69	8	0.34	0.87	1.96	0.40	6,468	2,068	572	85
1993	2,729	1,814	386	22	48	144	64	8	0.41	1.51	1.98	0.40	10,060	2,792	528	84
1994	2,986	2,305	202	12	52	183	34	4	0.71	1.18	1.06	0.21	7,253	4,034	376	78
1995	3,775	1,065	502	26	66	84	83	10	0.65	0.92	1.59	0.32	9,805	2,163	752	117
1996	1,224	1,730	264	20	21	137	44	8	0.29	1.12	0.97	0.20	6,116	3,114	521	144
1997	2,915	1,592	366	35	48	128	66	13	0.48	1.19	1.28	0.26	9,547	2,778	614	192
1998	1,506	2,277	273	29	31	160	45	10	0.50	1.44	1.04	0.21	4,771	3,587	514	194
1999	1,894	823	252	27	29	72	42	10	0.53	0.86	0.91	0.18	5,686	1,756	517	206
2000	870	1,086	255	38	24	88	41	15	0.33	1.06	1.16	0.23	3,854	2,021	452	230
2001	4,853	958	182	22	35	74	29	8	0.98	1.18	0.75	0.15	9,508	1,676	424	197
2002	2,947	1,147	154	30	38	85	26	9	0.71	1.03	0.92	0.19	8,786	1,791	364	157

表 2. 漁獲量とコホート計算結果

年	漁獲量 (千トン)			資源量	親魚量	加入量	漁獲割合	再生産成功率
	日本	韓国	計	(千トン)	(千トン)	(100 万尾)	(%)	(尾/g)
1973	91	2	93	248	152	2,939	37.5	0.019
1974	118	2	119	290	160	4,111	41.1	0.026
1975	142	7	149	319	169	4,648	46.6	0.028
1976	97	7	104	244	160	1,909	42.5	0.012
1977	57	5	62	181	135	574	34.3	0.004
1978	40	4	44	151	107	1,962	29.0	0.018
1979	67	7	73	184	105	1,930	39.9	0.018
1980	39	1	40	133	97	1,024	29.9	0.011
1981	46	6	51	156	91	2,370	33.0	0.026
1982	87	11	98	213	101	3,589	45.8	0.036
1983	103	12	115	219	109	2,466	52.5	0.023
1984	111	7	119	244	95	6,069	48.7	0.064
1985	132	16	148	264	123	3,872	56.0	0.031
1986	68	7	75	202	107	2,428	37.4	0.023
1987	139	14	153	349	134	9,713	43.8	0.072
1988	184	40	224	423	210	3,746	52.9	0.018
1989	140	23	163	325	184	5,842	50.0	0.032
1990	170	17	187	363	163	6,641	51.6	0.041
1991	153	16	169	378	168	6,618	44.6	0.039
1992	153	28	181	404	208	6,468	44.8	0.031
1993	226	38	264	517	229	10,060	51.1	0.044
1994	235	38	273	538	251	7,253	50.7	0.029
1995	231	12	244	512	254	9,805	47.6	0.039
1996	195	15	210	494	263	6,116	42.5	0.023
1997	233	23	255	564	293	9,547	45.3	0.033
1998	224	22	246	504	280	4,771	48.9	0.017
1999	141	14	154	406	241	5,686	38.0	0.024
2000	147	20	168	433	244	3,854	38.7	0.016
2001	128	18	146	336	202	9,508	43.4	0.047
2002	133	26	159	376	202	7,129	42.3	0.035

表 3. 若齢魚の漁獲係数削減の効果

削減率		0%	20%	40%	60%	80%	100%
F	0 歳	0.62	0.50	0.37	0.25	0.12	0.00
	1 歳	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
	2 歳	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	3 歳以上	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	平均	0.71	0.68	0.65	0.62	0.59	0.56
2008 年漁獲量 (千トン)		215	260	282	303	327	354

補足資料 2

1. 調査船調査

(1) 夏季（7～9 月）に九州西岸と対馬東海域で行った計量魚探調査による現存量指標値を以下に示す。対象となったマアジは主に 0 歳魚である。2001 年は高い値を示した。

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002
現存量指標値	8.8	3.3	18.4	12.1	89.8	5.7

(2) 5～6 月に東シナ海陸棚縁辺部で行った着底トロール調査の結果、0 歳魚を主体とする分布量は、2000 年に 26,700 トン、2001 年に 70,900 トン、2002 年に 34,900 トン、2003 年に 9,400 トンと推定された（調査海域面積 138 千 km²、漁獲効率を 1 とした計算）。着底トロールでマアジの分布水深を網羅できる訳ではないが、今後調査が継続されれば、現存量の経年変動傾向を把握できることが期待される。

(3) 2002 年から中層トロールと計量魚探による新規加入量調査を 5～6 月に対馬周辺～日本海西部海域で行っており、データの蓄積とともに加入量の早期把握が可能になると期待される。

(4) 2000 年からニューストーンネット等を用いた新規加入量調査を 2～5 月に東シナ海及び九州沿岸海域で行っており、データの蓄積とともに加入量の早期把握が可能になると期待される。

ニューズトンネットによるマアジ仔稚魚の採集状況

調査年	調査機関	2月	3月	4月	5月	6月
2000	山口県	-	-	-	0 (8/0)	-
	長崎県	-	-	8.1 (13/10)	5.4 (19/12)	-
	鹿児島県	-	-	-	1.0 (18/6)	-
	西海水研	-	-	43.5 (79/31)	-	-
2001	山口県	-	-	0 (8/0)	0.7 (8/1)	-
	長崎県	-	-	4.1 (18/13)	11.1 (19/16)	-
	鹿児島県	-	1.5 (18/4)	1.5 (16/7)	8.1 (18/9)	-
	西海水研	0.1 (65/3)	4.1 (47/19)	13.3 (88/44)	-	-
2002	山口県	-	-	-	0.2 (8/1)	0 (8/0)
	長崎県	-	-	1.2 (18/7)	3.2 (19/12)	-
	鹿児島県	-	0.5 (18/7)	1.7 (16/8)	2.1 (18/2)	-
	西海水研	-	-	1.5 (107/33)	-	-
2003	山口県	-	-			
	長崎県	-	-			-
	鹿児島県	-				-
	西海水研	-	-	1.4 (96/35)	-	-

表中の数字(太字)は1000³mあたり総採集数を曳網数で除した値

括弧内の数字は(曳網数/出現点数)

2000年4月(西海水研)は流れ藻随伴の3,533尾を含む

2003年4月(西海水研)は船上計数による暫定値

西海水研の調査域は2、3月は東シナ海、4月は九州西岸・西方から東シナ海

2. コホート計算

マアジの年齢別漁獲尾数を推定し、コホート計算によって資源尾数を計算した。2001年の漁獲物平均尾叉長と体重は以下のとおり。成熟率は、堀田・中嶋（1971）が成熟体長を18.5cmとしていること、及び最近の知見（大下 2000、水田ら 未発表）から推測した。年齢3+は3歳以上を表す。自然死亡係数 M は、田内・田中の式（田中 1960）により、最高年齢を5歳として（ $M=2.5 \div \text{最高年齢} 5 \text{歳}=0.5$ ）求めた。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長(cm)	10.4	18.0	23.3	28.2
体重(g)	13	74	168	307
成熟率 (%)	0	50	100	100

年齢別漁獲尾数は、大中型まき網漁業の東シナ海・日本海における銘柄別漁獲量と九州主要港における入り数別漁獲量、及び沿岸域で漁獲されたマアジの体長組成から推定した（補注1）。1973～2002年の年別・年齢別漁獲尾数（1月～12月を1年とする）を日本の漁獲量について推定し、韓国のおじ類漁獲をすべてマアジとして、日本+韓国の漁獲量で引き伸ばした。中国の漁獲については考慮していない。

年齢別資源尾数の計算にはコホート計算を用い、最高年齢群3歳以上（3+）と2歳の各年の漁獲係数 F には比例関係があったとした。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M_a) \quad (1)$$

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y} \exp(-F_{3+,y} - M_{3+}) + N_{2,y} \exp(-F_{2,y} - M_2) \quad (2)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M_a} (1 - \exp(-F_{a,y} - M_a)) \quad (3)$$

$$F_{3+,y} = \alpha F_{2,y} \quad (4)$$

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 a は年齢（0～2歳）、 y は年、 α は定数。 F の計算は、平松（内部資料）が示した、石岡・岸田（1985）の反復式を使う方法によった（補注2）。最近年（2002年）の2歳の F 及び α を、大中型まき網漁業のCPUE（一網当たり漁獲量）の変動傾向（1993～2002年）及び0歳魚の指標値（1993～2000年）と、各年の資源量の変動傾向が最も合うように決めた。

$$\text{最小} \sum_{y=1993}^{2002} \left\{ \ln(q_1 B_y) - \ln(CPUE_y) \right\}^2 + \sum_{y=1993}^{2000} \left\{ \ln(q_2 B_{0,y}) - \ln(I_{0,y}) \right\}^2 \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \exp(F_a + M) \square 1 &= \exp(F_a + M) \frac{1 \square \exp(\square F_a \square M)}{1 \square \exp(\square F_a)} \{1 \square \exp(\square F_a)\} \\ &= \frac{1 \square \exp(\square F_a \square M)}{1 \square \exp(\square F_a)} \exp(M) \{ \exp(F_a) \square 1 \} \end{aligned} \quad (A5)$$

を使って変形すると

$$\begin{aligned} N_{a+,y+1} &= \frac{C_{a+}(\square F_{a\oplus} + M)(1 \square \exp(\square \square F_{a\oplus}))}{\square F_{a\oplus}(1 \square \exp(\square \square F_{a\oplus} \square M))} \exp(\square M) \frac{1}{\exp(\square F_{a\oplus}) \square 1} \\ &+ \frac{C_{a\oplus}(F_{a\oplus} + M)(1 \square \exp(\square F_{a\oplus}))}{F_{a\oplus}(1 \square \exp(\square F_{a\oplus} \square M))} \exp(\square M) \frac{1}{\exp(F_{a\oplus}) \square 1} \end{aligned} \quad (A6)$$

さらに (A3) 式を参考に F について変形すると

$$\begin{aligned} \exp(F_{a\oplus}) \square 1 &= \frac{1}{N_{a+,y+1}} \frac{C_{a+}(\square F_{a\oplus} + M)(1 \square \exp(\square \square F_{a\oplus}))}{\square F_{a\oplus}(1 \square \exp(\square \square F_{a\oplus} \square M))} \exp(\square M) \frac{\exp(F_{a\oplus}) \square 1}{\exp(\square F_{a\oplus}) \square 1} \\ &+ \frac{1}{N_{a+,y+1}} \frac{C_{a\oplus}(F_{a\oplus} + M)(1 \square \exp(\square F_{a\oplus}))}{F_{a\oplus}(1 \square \exp(\square F_{a\oplus} \square M))} \exp(\square M) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{a\oplus}^{new} &= \ln \square + \frac{1 \square \exp(\square F_{a\oplus})}{N_{a+,y+1} F_{a\oplus}} \exp(\square M) \\ &\square \frac{C_{a+}(\square F_{a\oplus} + M)}{\square (1 \square \exp(\square \square F_{a\oplus} \square M))} \exp(\square (1 \square \square) F_{a\oplus}) + \frac{C_{a\oplus}(F_{a\oplus} + M)}{1 \square \exp(\square F_{a\oplus} \square M)} \square \end{aligned}$$

平松（内部資料）より抜粋。

補注 3. 0 歳魚の指標値は、大中型まき網の 0 歳魚 1 網当たり漁獲量、京都定置網のあじご銘柄 6~12 月漁獲量、境港豆銘柄まき網 1 か統当たり漁獲量 9~12 月、長崎魚市豆銘柄 1 入港隻当たり水揚量の相乗平均。ただし、大中型まき網の CPUE は、九州主要港の入り数別漁獲量から 1992~1996 年についても年齢別漁獲量を推定し、日本海西部~東シナ海で操業したまき網の総網数で除した。境港のデータは 1996 年・1997 年について得られないので、1995 年と 1998 年の平均値を使った。

3. ABC 算定に使った条件

資源管理基準に対応する F と 2004 年の資源量・ABC は、以下の条件のもとで計算した。

(1) 2003 年以降年齢別選択率は同じで (1999~2001 年平均)、2004 年以降は同じ年齢別漁獲係数で漁獲する。F₁ に対する各年齢の F の比 (選択率) は、F₀ ; 0.59、F₂ ; 0.93、F₃₊ ; 0.19 である。

(2) この年齢別選択率のもとで平均の F が 2002 年の 0.71 と同じになる F を現状の F (F_{current}) とする、2003 年の漁獲量は 18 万トン (日本+韓国) である。

(3) 再生産成功率は、2003 年以降 1993～2002 年の中央値（近年で再生産成功率が高く、以後減少し始めた 1993 年以降を考慮する）で一定である（0.031 尾/g）。

(4) 2003 年以降の各年齢の体重は、0 歳：17g、1 歳：78g、2 歳：164g、3+歳：358g とする（1998～2002 年平均）。

コホート解析による 2002 年資源尾数から (1)・(2) 式により 2003 年の 2 歳・3+歳、2004 年の 1～3+歳の資源尾数を計算した。親魚量と再生産成功率により 2003 年・2004 年の 0 歳魚尾数を計算した。これらにより 2003 年の資源量は 42 万トン、2004 年の資源量は 44 万トン（コホート解析）と計算される。

年齢/年	資源尾数 (百万尾)		資源量 (千トン)		親魚量 (千トン)		漁獲量 (千トン)	F
	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	
0 歳	6,962	7,167	117	121			44	0.62
1	2,117	2,269	165	177	83	88	88	1.06
2	469	447	77	73	77	73	39	0.98
3+	188	200	67	71	67	71	10	0.20
計・平均	9,735	10,082	426	442	227	233	181	0.71

我が国 EEZ 内外への配分は、日本と韓国の漁獲実績（1999～2002 年平均）によって計算した。

なお、 F_{limit} で漁獲した場合の 2005 年から 2008 年の値は以下のとおり。

年齢/年	資源尾数 (百万尾)				資源量 (千トン)			
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008
0 歳	7,420	7,675	7,940	8,215	125	129	134	138
1	2,335	2,418	2,501	2,588	182	189	195	202
2	479	493	510	528	79	81	84	87
3+	201	203	216	223	72	75	77	80
計	10,435	10,794	11,167	11,553	458	473	490	507

年齢/年	親魚量 (千トン)				漁獲量 (千トン)				F
	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	
0歳					47	48	50	52	0.62
1	91	94	97	101	97	101	104	108	1.06
2	79	81	84	87	40	43	44	46	0.98
3+	72	75	77	80	10	11	11	12	0.20
計・平均	241	250	258	267	195	201	208	223	0.71

引用文献

石岡清英・岸田達（1985）コホート解析に用いる漁獲方程式の解法とその精度の検討，南西水研研報 (19), 111-120.

堀田秀之・中嶋純子（1971）西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究-IV，西水研研報, (38), 123-129.

大下誠二（2000）東シナ海におけるマアジの成熟特性に関する研究，西海ブロック漁海況研報, 8, 27-33.

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.



図 1. マアジ対馬暖流系群の分布・回遊

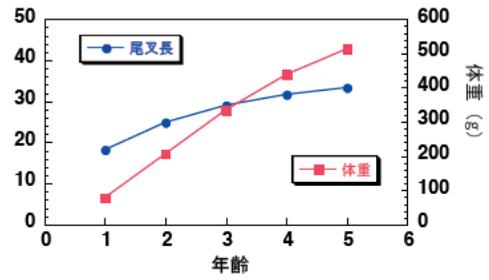


図 2. 年齢と成長

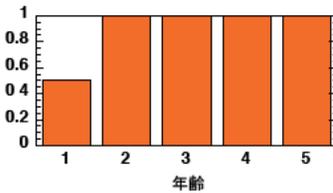


図 3. 年齢と成熟率

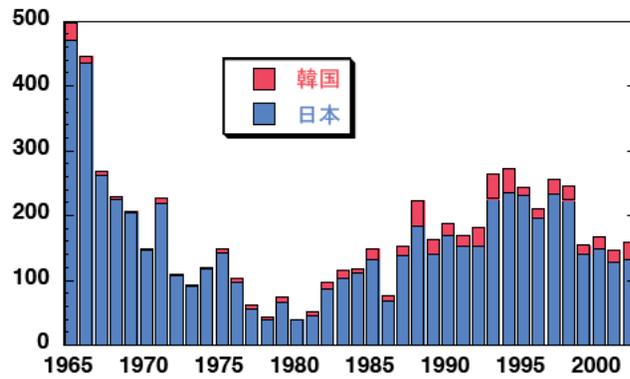


図 4. 漁獲量

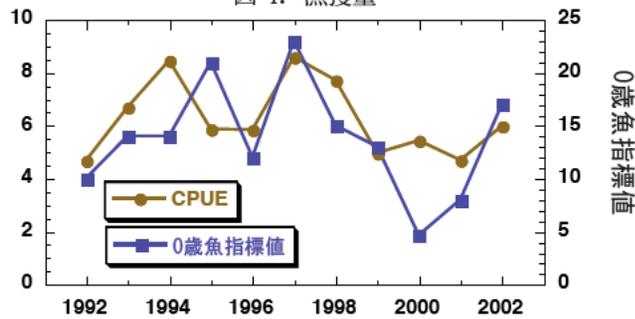


図 5. 大中型まき網の CPUE と 0 歳魚指標値

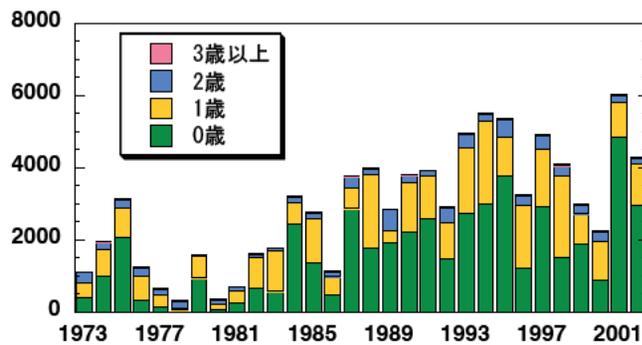


図 6. 年齢別漁獲尾数

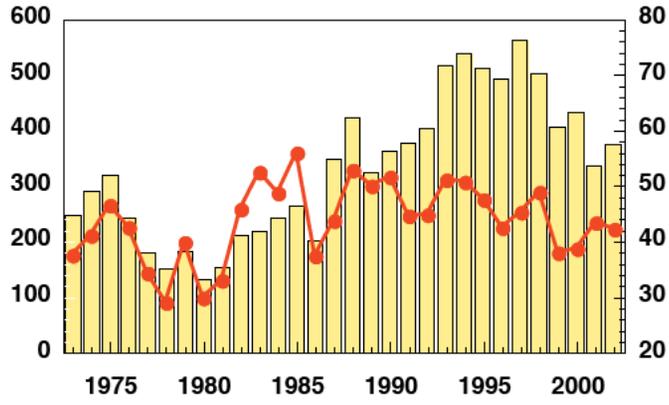


図7. 資源量 (棒グラフ) と漁獲割合 (折線グラフ)

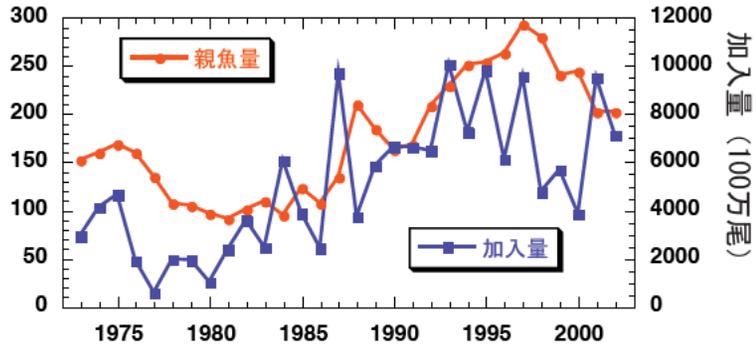


図8. 親魚量と加入量

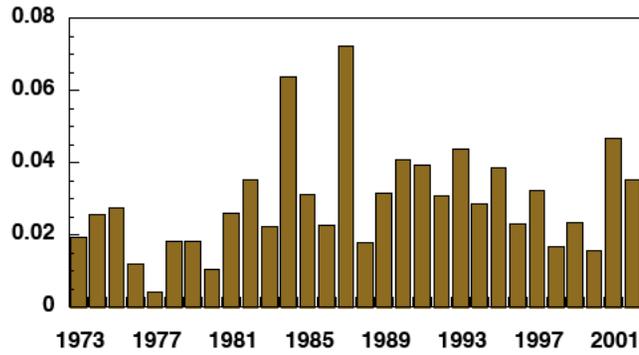


図9. 再生産成功率

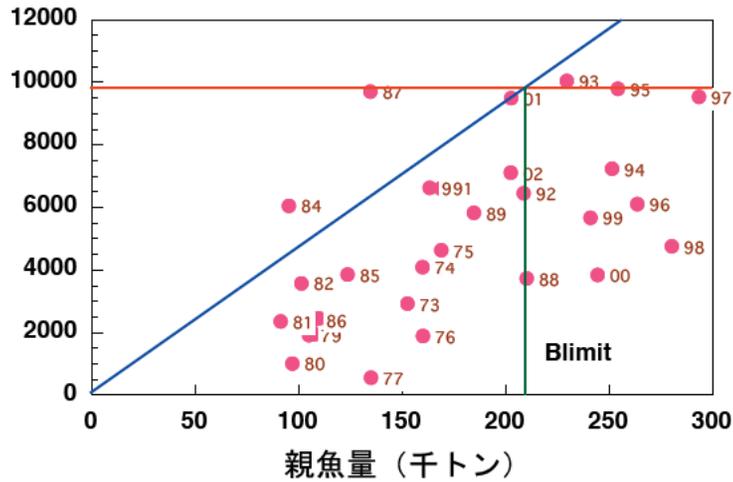


図10. 親魚量と加入量の関係

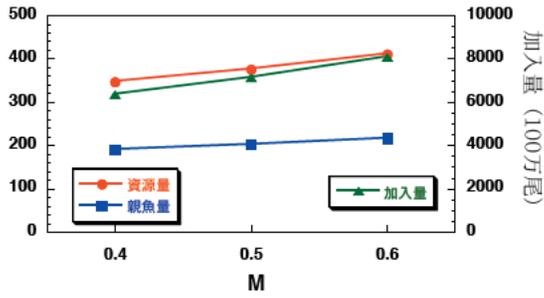


図 11. M と資源量、親魚量、加入量の関係

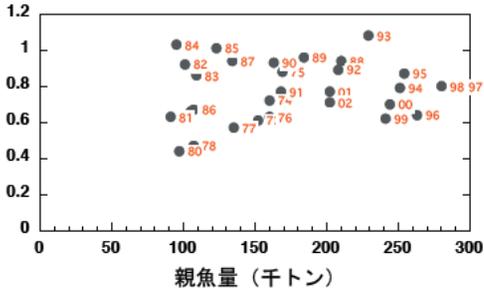


図 13. 親魚量と F の関係

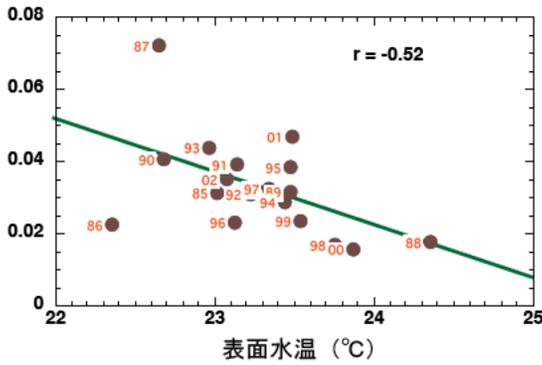


図 15. 表面水温と再生産成功率の関係

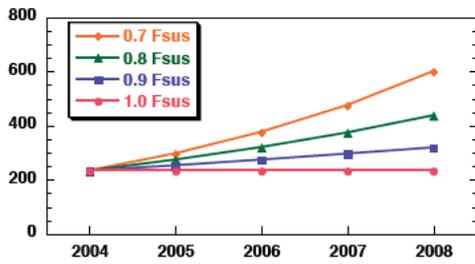


図 17. F による親魚量の変化

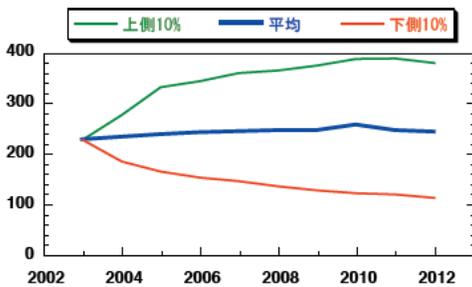


図 19. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化

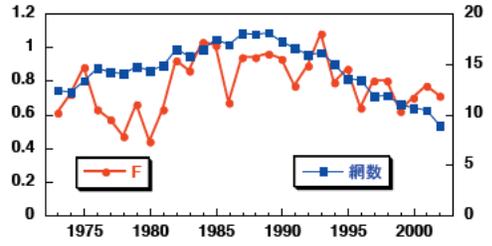


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

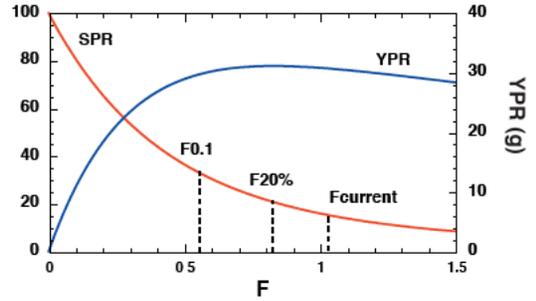


図 14. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 1999 ~ 2000 年平均)

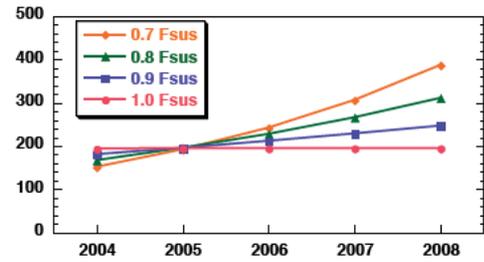


図 16. F による漁獲量の変化

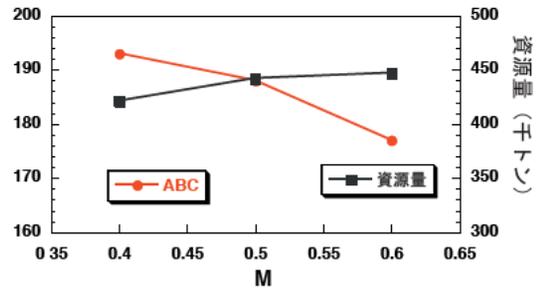


図 18. M と ABC、資源量の関係

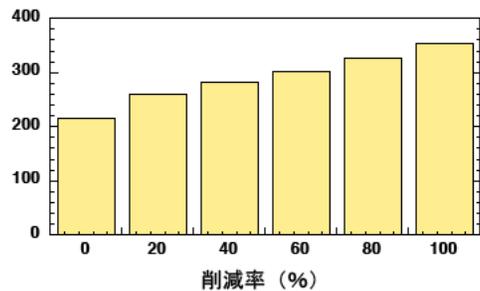
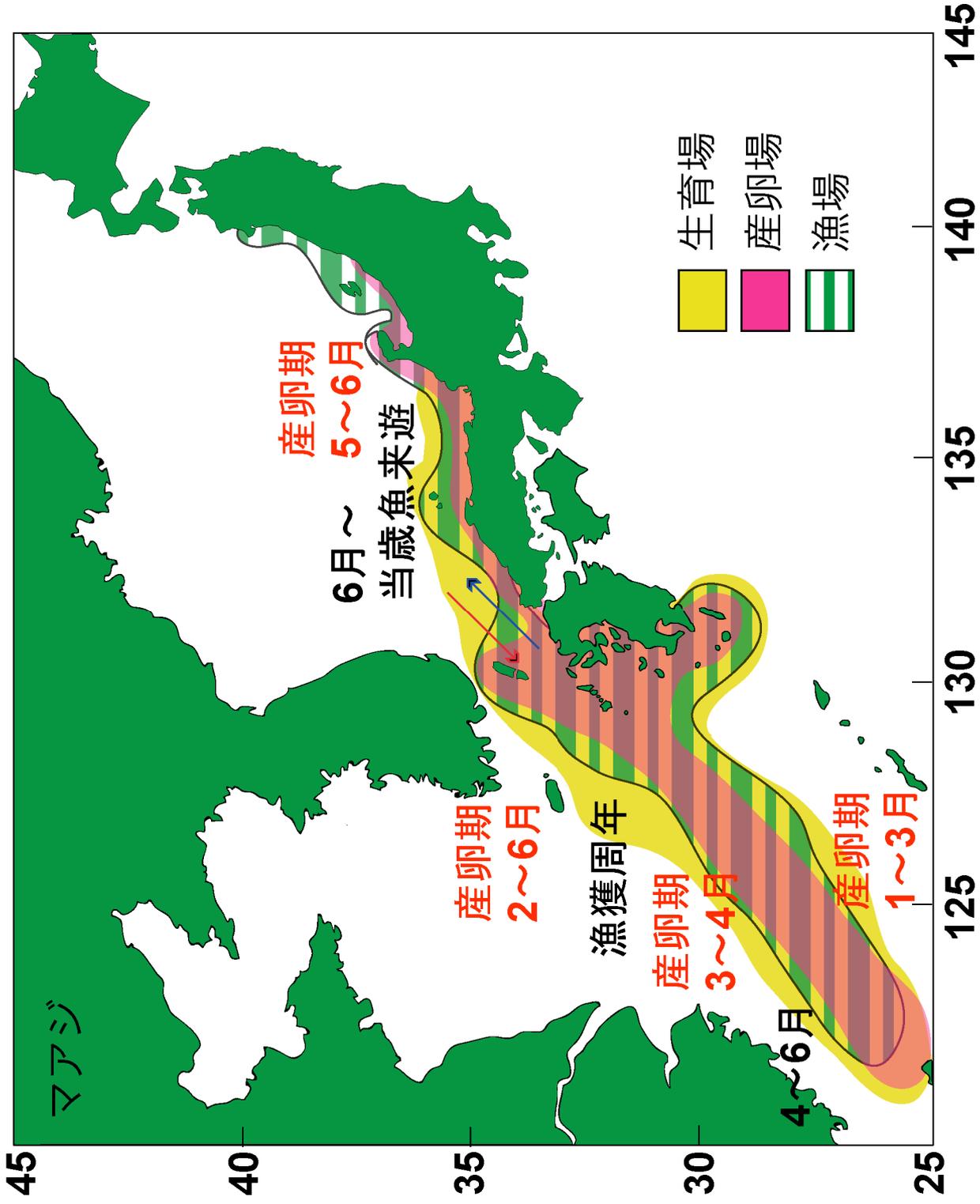


図 20. 0 歳 F の削減率と 2008 年の漁獲量



マアジ対馬暖流系群の生活史と漁場形成模式図