

平成 16 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、由上龍嗣)

参画機関：日本海区水産研究所、水産総合研究センター開発調査部、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、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

東シナ海・日本海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、1993～1998 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、2001～2003 年の加入量は 1994～1997 年の水準に回復し、2003 年の資源量も増加した。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。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	197 千トン (175 千トン)	$F_{current}$	0.67	41 %
ABC_{target}	167 千トン (149 千トン)	$0.8 F_{current}$	0.54	35 %

漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 。F は各年齢の単純平均である。ABC () 内は、我が国 EEZ 内のもの。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価 *
現状の漁獲圧を継続する。	F_{limit}	ABC_{limit} 197 千トン (175 千トン)	A : 97 % B : 87 % C : 229 千トン
現状の漁獲圧を継続する。予防的措置をとる。	F_{target}	ABC_{target} 167 千トン (149 千トン)	A : 100 % B : 99.6 % C : 242 千トン

* 再生産成功率の変動を考慮した 1000 回のシミュレーションで、A : 2013 年に親魚量が 2001 年値 (B_{limit} 、15 万トン) を上回った率、B : 2013 年に親魚量が 2003 年値 (18 万トン) を上回った率、C : 2005～2013 年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価
現状の親魚量を維持する。	F_{sus}	224 千トン（199 千トン）	A : 77 % B : 49 % C : 211 千トン

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F 値	漁獲割合（%）
2002	338	160（135）	0.88	47
2003	432	170（151）	0.67	39
2004	437	—	—	—

2004 年の資源量は加入量を仮定した値である。

指標	値	設定理由
B_{ban}	未設定	
B_{limit}	親魚量 2001 年水準（15 万トン）	これ以下の親魚だと、良好な加入量 があまり期待できなくなる。
2003 年	親魚量 2001 年水準以上（18 万トン）	

水準：中位 動向：横ばい

1. まえがき

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、この海域で操業する大中型まき網漁業による漁獲の 40%を占める（2003 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 22～24cm、3 歳で 26～28cm 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、近年の主産卵場は東シナ海南部にある。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。稚幼魚は、ブリなどの魚食性魚類に捕食される。

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、大中型まき網漁業及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

東シナ海・日本海（青森県～鹿児島県）での我が国のマアジ漁獲量は、1973～1976年に9～14万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、1999～2002年は13～15万トンに減少し、2003年は15万トンであった（図4）。

韓国は毎年数万トンを漁獲しており、2003年のあじ類の漁獲量は2万トンであった（「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) 資源量指標値の推移

鳥取県以西で操業する大中型まき網の資源密度指数は、1999～2002年にやや低くなっていたが、2003年には増加した（図5）。有効漁獲努力は、1992～2002年に安定していたが、2003年はやや増加した。資源密度指数は、緯経度30分間隔で分けられた漁区のうち、2003年に操業が行われた漁区について、漁区ごとの一網当り漁獲量の総和をマアジ漁獲があった漁区数で割って求めた。有効漁獲努力は、2003年に操業が行われ

た漁区の漁獲量を資源密度指数で割って求めた。

各地の漁獲状況及び分布調査結果から求めた 0 歳魚の指標値（補足資料 2-2-補注 3）は、2001 年に高く、2002 年に低かったが、2003 年にはやや上昇した（図 6）。

（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 7）。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 8）、1973～1976 年の 21～29 万トンから 1977～1980 年の 11～16 万トンに減少した後、増加傾向を示し、1993～1998 年には、45～52 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、2003 年は 43 万トンであった。

加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）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 9）。2001～2003 年には、大きな加入が見られた。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は 1997 年を頂点に 2001 年まで減少したが、2002～2003 年には増加した。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、2001～2003 年には高い値になった（図 10）。

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る。 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 2003 年の資源量、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。また、以下で算出する ABC（及び 2005 年資源量）の値も M によって変化する（図 22）。

（5）漁獲係数

漁獲係数 F （各年齢の F の単純平均）は、1982～1993 年に高い水準にあったが、1994 年以降漸減傾向を示している（図 12）。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

資源量と F の関係を見ると（図 13）、若干、資源量が少なくなると F が低くなる傾向が見られる。

年齢別選択率を一定（2001～2003 年平均）として F を変化させた場合の、加入当り漁獲量（YPR）と加入当り親魚量（SPR）を図 14 に示す。現状の F （ F_{current} ）を年齢別選択率が 2001～2003 年平均（0 歳＝0.72、1 歳＝1、2 歳＝1.13、3 歳＝0.37）で、各年齢の F の単純平均値が 2003 年と同じ（0.67）である F とする（0 歳＝0.60、1 歳＝0.84、2 歳＝0.95、3 歳以上＝0.31）。 F_{current} は、 F_{max} よりかなり大きく、 $F_{20\%}$ と同程度である。

(6) 資源水準・動向の判断

資源量は過去 31 年間（1973～2003 年）で 7 番目に高く、親魚量は 11 番目であり、近年ではかなり高水準にある。1960 年代前半には漁獲量が 30～40 万トンとさらに資源水準が高かったと考えられるので、中位と判断する。動向は、1999～2003 年の 5 年間の資源量の変動傾向から、横ばいと判断する。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

親魚量と加入量の間にははっきりした関係はない（図 15a）。しかし、1973～2003 年の親魚量と加入量には正の相関があり（1% 有意水準）、親魚量が少ない場合には高い加入量が出現しない傾向がある。近年は親魚量が比較的高い水準にあり、同水準の親魚量からの加入量にバラツキが大きい（図 15b）。親魚量を過去に見られた低い水準以下に低下させないようにするのが望ましい。

再生産成功率（の対数）と親魚量には相関関係は見られず、密度効果が働いていないと考えられる（図 16）。

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（北緯 28 度 30 分、東経 125 度 30 分）の 5 月の表面水温（気象庁保有データ）には、負の相関がある（図 17、1% 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。

回復の閾値（ B_{limit} ）を検討する。親魚量と加入量の 31 年間の計算値のうちで、加入量の上位 10% を示す直線と、再生産成功率の上位 10% を示す直線の交点に当たる親魚量は 15 万トン程度である（図 15a）。近年では親魚量が少なかった 2001 年の水準を B_{limit} とし、それ以下の親魚量では資源の回復措置をとるのが妥当である。

(2) 今後の加入量の見積もり

平成 16 年 6 月に行なった中層トロールによる山陰、九州西岸域における幼魚分布調査の速報によれば、2004 年級群の分布量は、2002 年級群と同程度と考えられる（2002 年 50 尾／網、2003 年 211、2004 年 38）。ABC の算定等においては 2004 年の加入量を 2002 年と同じとした。

再生産成功率は 1990 年代後半に減少傾向を示したが、近年高い値になっており、今後の見積もりに特定の傾向を仮定する必要はないと考えられる。直近年（2003 年）の加入量計算値は不確定なので、ABC の算定等においては、2005 年以降の再生産成功率を過去 10 年間（1993～2002 年）の中央値 0.035 尾／g と設定する。また、近年の親魚量水準は比較的高く、過去に見られなかった親魚量水準では密度効果が働くことも想定されるので、親魚量 30 万トン以上では、加入量を親魚量 30 万トンと再生産成功率の積とする（再生産成功率の変動を考慮しない場合、加入量は 106 億尾で一定）。

(3) 加入当り漁獲量

各年齢の F を同じとした場合の、 F と漁獲開始年齢に対する等漁獲量曲線を図 18 に示す。コホート計算結果は年齢別選択率が等しくないので、直接比較はできないが、現状では 0 歳から大きな漁獲圧がかかっているので、漁獲開始年齢を引き上げれば、より大きな加入当り漁獲量が得られると考えられる。

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 106 億尾で一定）の条件のもとで期待される 2009 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 19）。

(4) 漁獲圧と資源動向

設定した加入量の条件（再生産成功率＝1993～2002 年の中央値 0.035 尾／g、親魚量が 30 万トンを超えた場合加入量 106 億尾で一定）のもとで、 F を変化させた場合の漁獲量と親魚量を示す。

コホート計算結果、加入量の条件及び F_{current} から、2004 年の漁獲量は 181 千トンと見積もられる。 F_{sus} は、年齢別選択率が 2001～2003 年と同じで、SPR が 28g (1÷0.035 尾／g) になる F (0 歳＝0.73、1 歳＝1.02、2 歳＝1.15、3 歳＝0.38)。

F	基準値	漁獲量 (千トン)					親魚量 (千トン)				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.54	0.80 F_{current}	167	215	262	283	289	251	327	421	492	529
0.57	0.85 F_{current}	175	219	264	283	289	251	315	398	460	491
0.60	0.90 F_{current}	182	223	265	283	288	251	304	377	429	456
0.64	0.95 F_{current}	190	225	263	281	286	251	293	353	398	422
0.67	F_{current}	197	225	259	277	284	251	283	329	368	391
0.82	F_{sus}	224	222	225	224	224	251	243	244	244	244

図 20、21 に図示。

(5) 不確実性を考慮した検討

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、2004～2013 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、 F_{sus} 、 F_{current} 、 $0.8F_{\text{current}}$ で漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2004～2013 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 0.035 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は 30 万トンで一定とした。

1000 回試行した結果（図 23）、 F_{sus} では 1000 回の親魚量平均値がやや減少しながら

2013 年に 2004 年の水準になり、親魚量がかなり低くなる場合も現れた。 F_{current} では親魚量は 1000 回の平均値が緩やかに増加し、下側 10%（下位 100 回）では現状を維持する程度であった。 $0.8F_{\text{current}}$ では、下側 10%でも増加傾向が見られた。

(6) 漁獲制御方法の提案

親魚量が少ない場合には漁獲によって減らし過ぎないようにすることが重要である。資源回復の閾値を 2001 年の親魚量水準とすると、2003 年はそれよりやや高い水準にある。設定した加入量の条件下で現状の漁獲圧を続ければ、親魚量は増加することが期待される。現状の漁獲は大きな漁獲量をあげているので、現状の漁獲を継続するのが妥当である。

6. 2005 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は比較的高い水準にあって、再生産成功率も 2001～2003 年には高い値を示している。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。仮定された今後の加入量の見積もりのもとでは、現状の漁獲圧によって、高い漁獲量を実現しながら、資源の増加が期待できる。現状の漁獲を継続するのが妥当である。

(2) ABC 算定

ABC 算定規則 1-1)-(1)により、

$$F_{\text{limit}} = \text{基準値}$$

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

上記の検討から、基準値として F_{current} を採用する（年齢別選択率は 2001～2003 年平均、各年齢平均の F は 2003 年 $= F_{2003}$ ）。 α は標準値の 0.8 を使用する。

2005 年の ABC は下表のように算出される。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	197 千トン (175 千トン)	F_{current}	0.67	41 %
ABC_{target}	167 千トン (149 千トン)	$0.8 F_{\text{current}}$	0.54	35 %

漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 。 F は各年齢の単純平均である。ABC () 内は、我が国 EEZ 内のもの。

我が国 EEZ 内外への配分は、日本と韓国の我が国 EEZ 内での漁獲実績（2003 年）によった。

(3) 管理の考え方と 2005 年漁獲量

「5 (4) 漁獲圧と資源動向」及び「5 (5) 不確実性を考慮した検討」で検討した、 F_{limit} 、 F_{target} 及び F_{sus} について、2005 年の漁獲量及びシミュレーションの結果は以下のとおり。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価 *
現状の漁獲圧を継続する。	F_{limit}	ABC _{limit} 197 千トン (175 千トン)	A : 97 % B : 87 % C : 229 千トン
現状の漁獲圧を継続する。予防的措置をとる。	F_{target}	ABC _{target} 167 千トン (149 千トン)	A : 100 % B : 99.6 % C : 242 千トン

* 再生産成功率の変動を考慮した 1000 回のシミュレーションで、A : 2013 年に親魚量が 2001 年値 (B_{limit} 、15 万トン) を上回った率、B : 2013 年に親魚量が 2003 年値 (18 万トン) を上回った率、C : 2005～2013 年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価
現状の親魚量を維持する。	F_{sus}	224 千トン (199 千トン)	A : 77 % B : 49 % C : 211 千トン

(4) ABC の再評価

評価対象年	管理基準	資源量	ABC _{limit}	target	漁獲量	管理目標
2003 年 (当初)	$F_{20\%}$ (0.58)	328	118	100	-	親魚量の増加
2003 年 (2003 年再評価)	F_{current} (0.71)	426	181	155	-	現状漁獲継続
2003 年 (2004 年再評価)	F_{current} (0.67)	432	179	152	170	現状漁獲継続
2004 年 (当初)	F_{current} (0.71)	442	188	165	-	現状漁獲継続
2004 年 (再評価)	F_{current} (0.67)	437	181	154	-	現状漁獲継続

単位：千トン

2003 年 ABC の当初評価では、再生産成功率が 2000 年まで減少傾向にあったことにより、比較的低い再生産成功率の見積もりのもとで漁獲係数の削減を提言したために、低い値に算定された。再評価では、2001 年、2002 年の再生産成功率が高くなったのを受けて、かなり高い値となった。

7. ABC 以外の管理方策の提言

海域や漁業種類によっては、マアジ資源量は少な過ぎるという意見があり、現状の漁獲係数は F_{max} よりも大きい。資源の適正利用を図るためには、今以上に漁獲努力を増やさないことが望ましい。

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。

東シナ海・日本海のマサバは、韓国・中国によっても漁獲されるので、資源管理を推進するためには関係各国の協力が必要である。また、関係国の漁業実態や漁獲物についての情報を得ることによって資源評価の精度向上が期待できる。



図 1. マアジ対馬暖流系群の分布・回遊

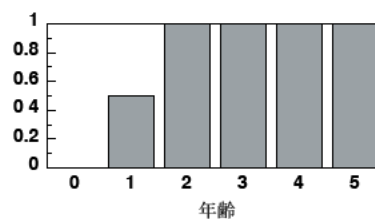


図 3. 年齢と成熟率

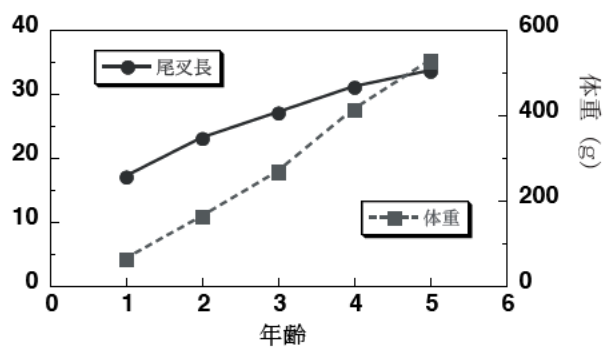


図 2. 年齢と成長

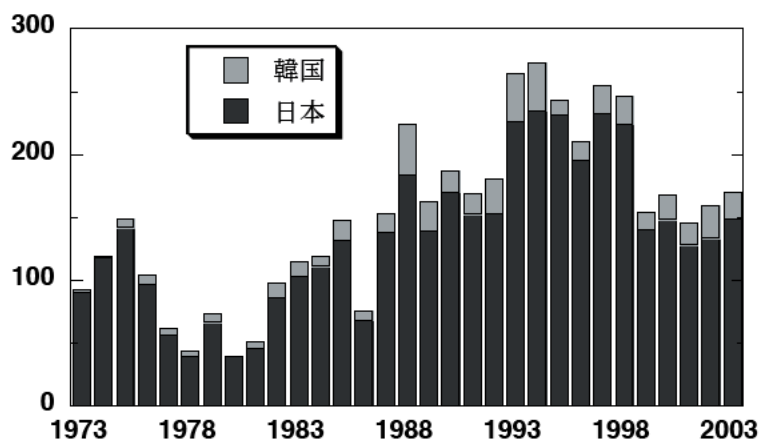


図 4. 漁獲量

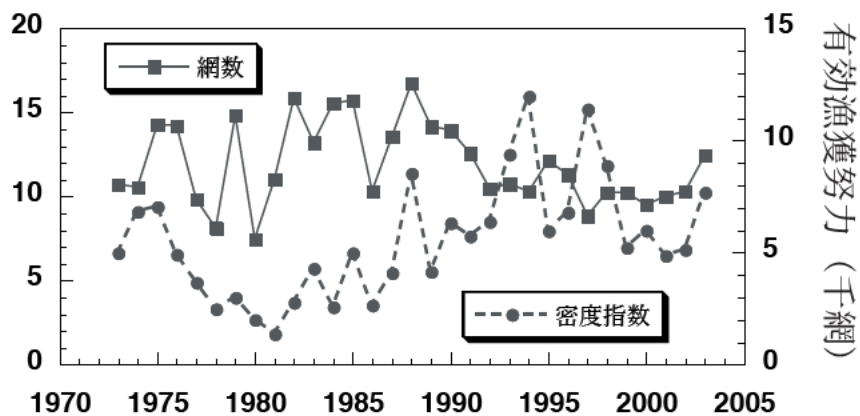


図 5. 大中型まき網の資源密度指数と有効漁獲努力

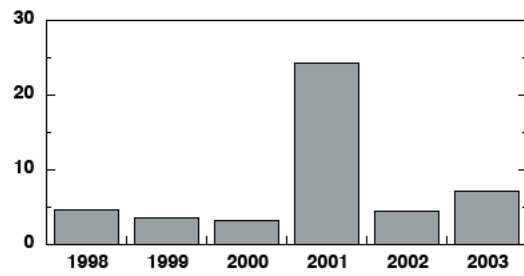


図 6. 0 歳魚指標値

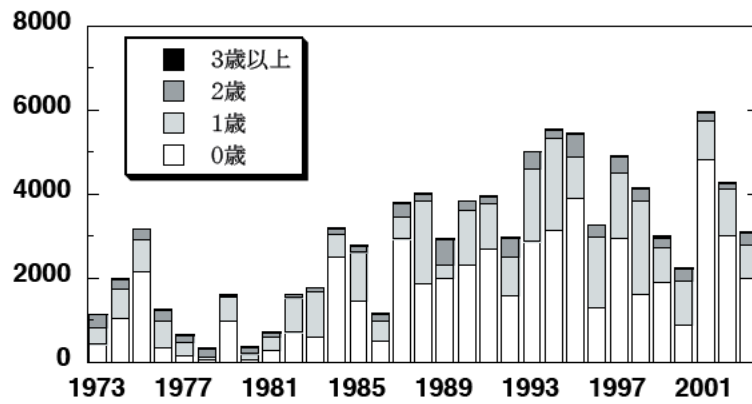


図 7. 年齢別漁獲尾数

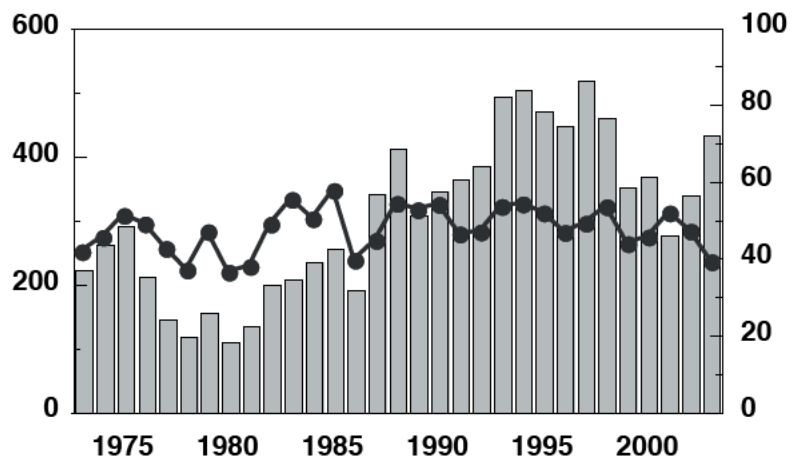


図 8. 資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）

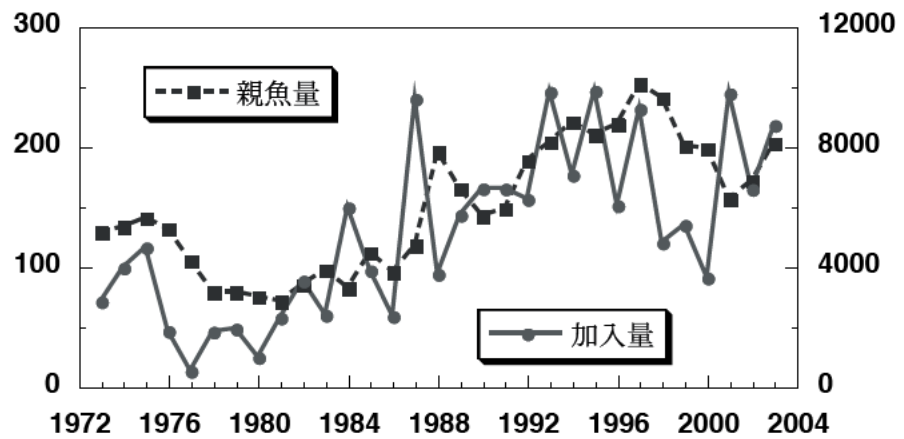


図 9. 親魚量と加入量

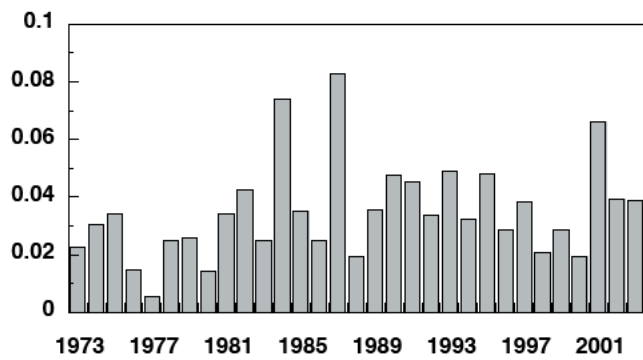


図 10. 再生産成功率

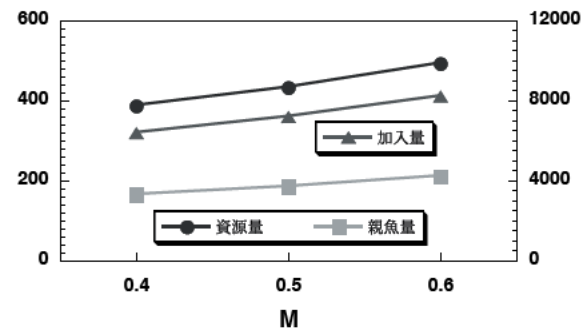


図 11. M と 2003 年資源量、親魚量、加入量の関係

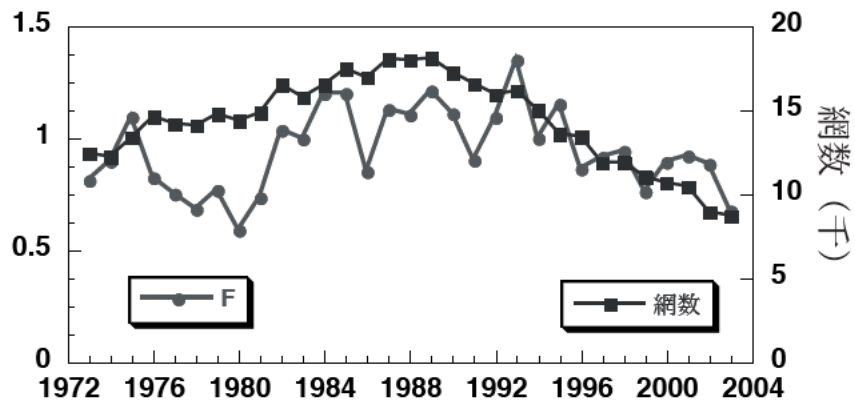


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

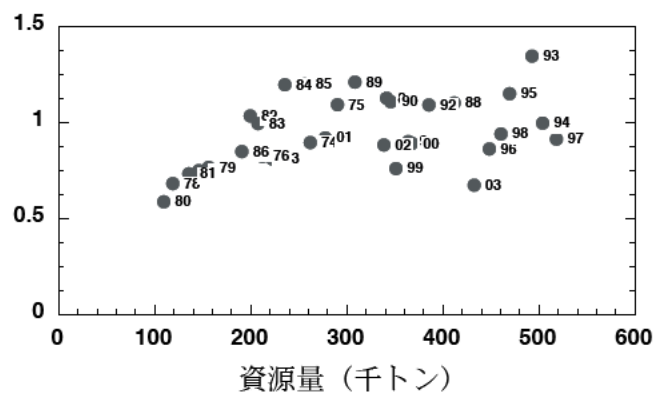


図 13. 資源量と F の関係

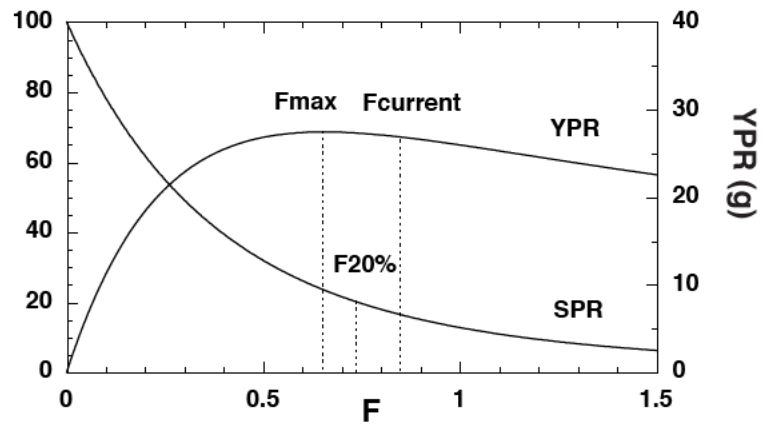


図 14. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2001 ～ 2003 年平均)

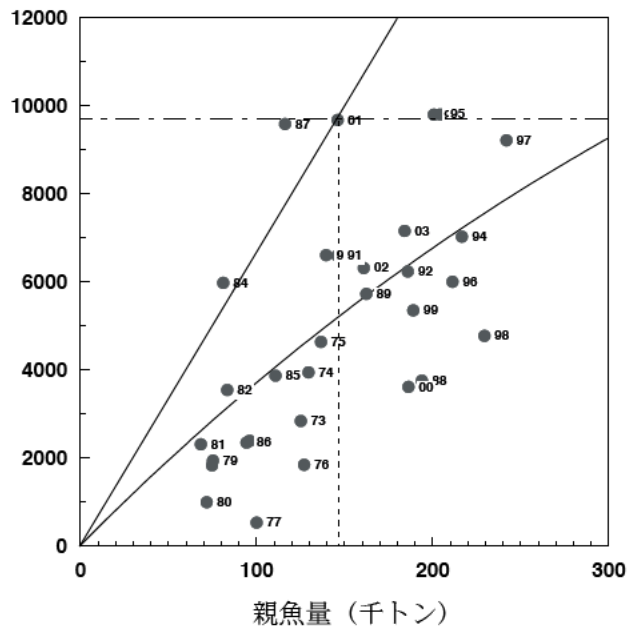


図 15a. 親魚量と加入量の関係
(1973 ～ 2003 年)

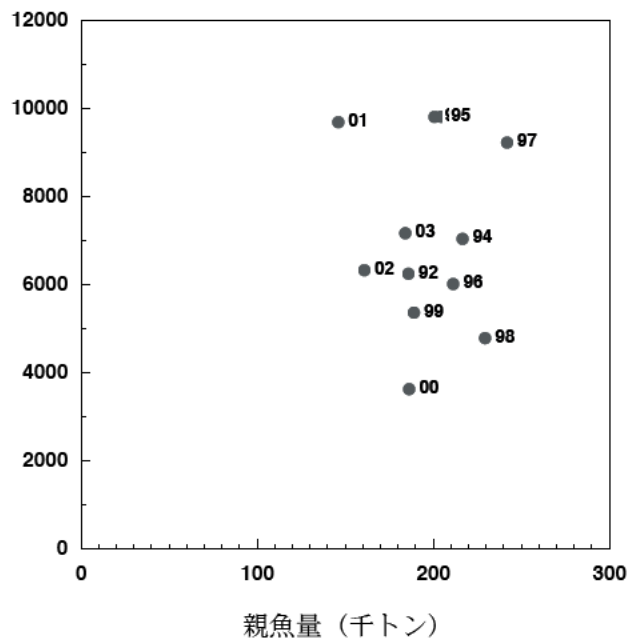


図 15b. 親魚量と加入量の関係
(1992 ～ 2003 年)

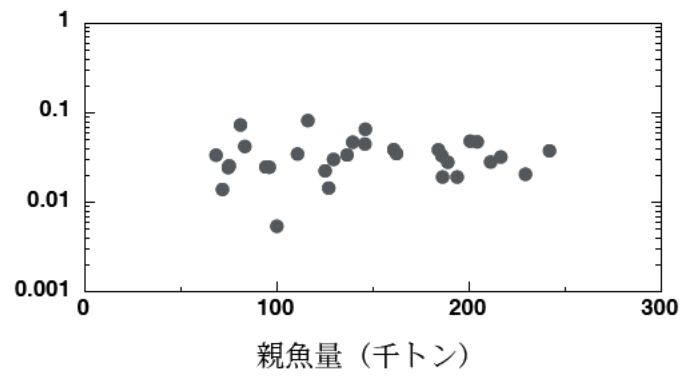


図 16. 親魚量と再生産成功率の関係

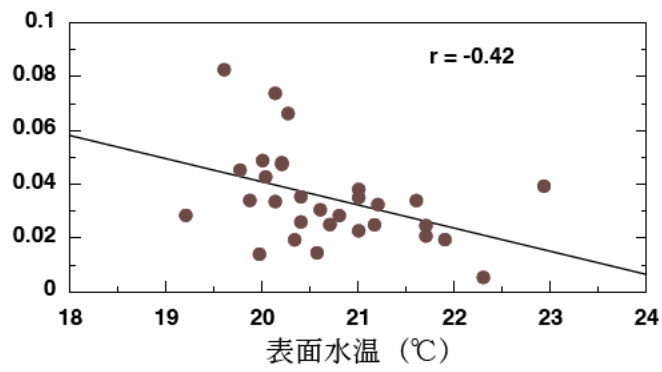


図 17. 表面水温と再生産成功率の関係

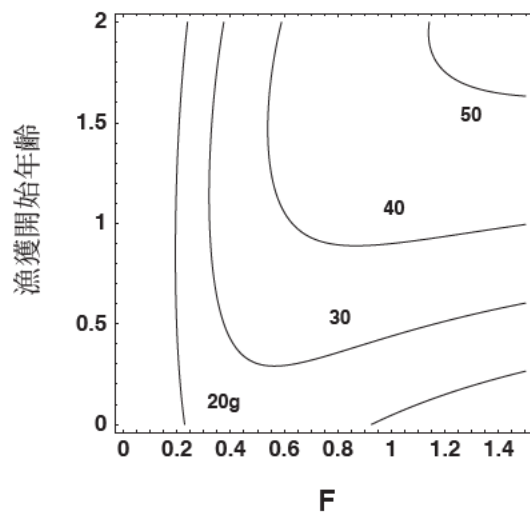


図 18. 等漁獲量曲線

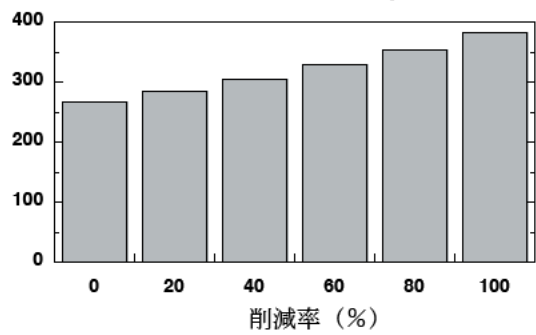


図 19. 0 歳 F の削減率と 2009 年の漁獲量

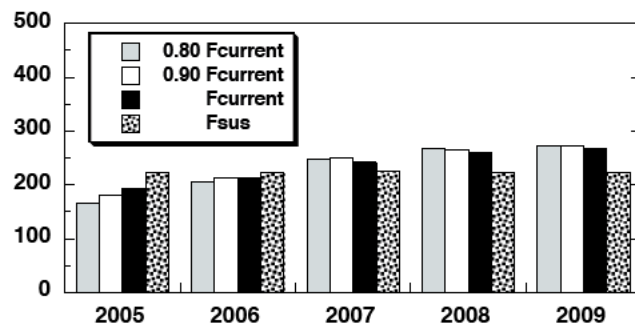


図 20. F による漁獲量の変化

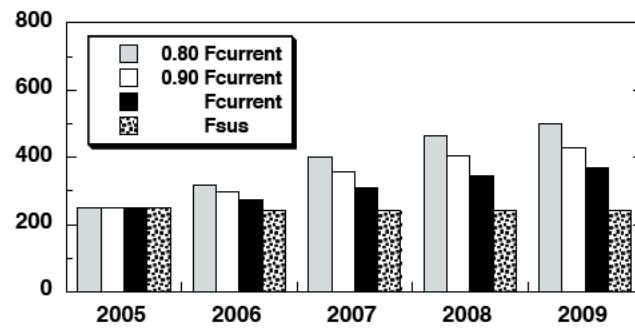


図 21. F による親魚量の変化

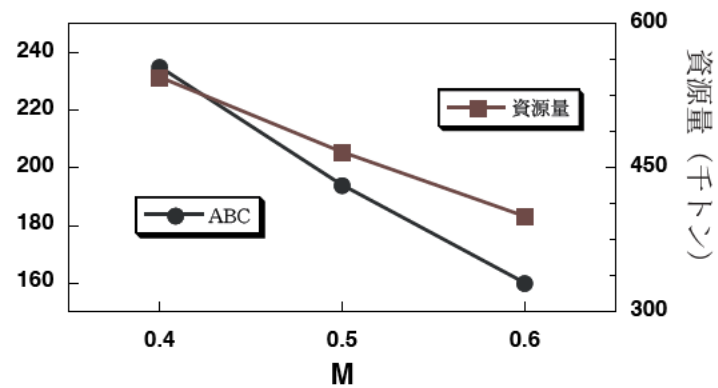


図 22. M と 2005 年 ABC、2005 年資源量の関係

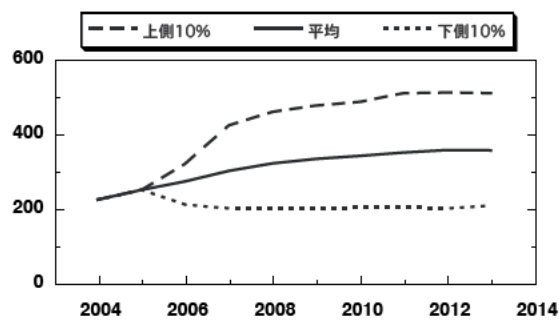


図 23a. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ($F_{current}$: F_{limit})

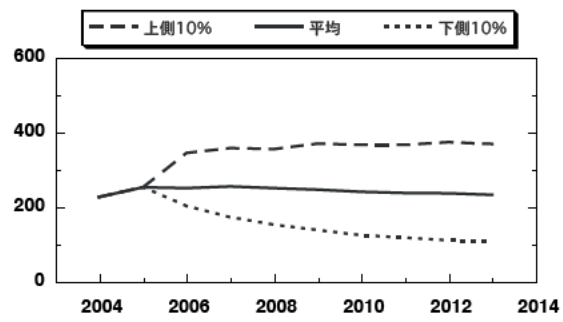


図 23b. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (Fsus)

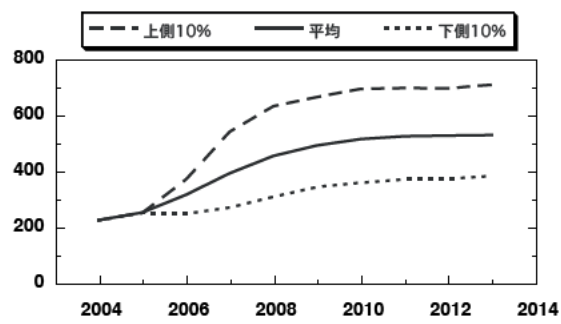


図 23c. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (0.8 Fcurrent: Ftarget)

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				資源尾数 (百万尾)				資源重量 (千トン)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	422	403	305	17	8	33	47	6	0.21	0.63	1.81	0.59	2,855	1,063	432	47	54	86	66	16
1974	1,048	700	234	20	20	57	36	7	0.40	0.94	1.69	0.56	3,960	1,409	342	58	75	114	52	20
1975	2,144	770	246	23	41	62	38	8	0.83	0.89	2.00	0.66	4,653	1,607	335	59	89	130	51	20
1976	337	649	261	14	6	52	40	5	0.26	1.04	1.50	0.49	1,860	1,225	402	46	35	99	62	16
1977	149	317	170	22	3	26	26	8	0.41	0.60	1.50	0.49	548	871	263	71	10	70	40	24
1978	53	65	198	21	1	5	30	7	0.04	0.46	1.68	0.55	1,847	220	290	62	35	18	45	21
1979	990	557	39	10	19	45	6	4	0.96	1.00	0.84	0.27	1,957	1,079	84	55	37	87	13	19
1980	61	138	149	14	1	11	23	5	0.08	0.48	1.35	0.44	1,010	453	242	47	19	37	37	16
1981	287	316	100	15	5	26	15	5	0.17	1.13	1.23	0.40	2,324	566	171	56	44	46	26	19
1982	708	827	74	17	13	67	11	6	0.29	1.74	1.58	0.52	3,559	1,190	111	53	68	96	17	18
1983	608	1,078	82	10	12	87	13	4	0.38	1.59	1.52	0.50	2,405	1,619	126	33	46	131	19	11
1984	2,499	535	154	12	48	43	24	4	0.72	1.06	2.26	0.74	5,991	997	201	29	114	81	31	10
1985	1,450	1,164	153	8	28	94	24	3	0.62	1.55	1.97	0.65	3,887	1,764	210	21	74	143	32	7
1986	513	469	161	9	10	38	25	3	0.32	0.61	1.86	0.61	2,365	1,268	226	24	45	103	35	8
1987	2,928	536	321	13	56	43	49	4	0.48	0.99	2.29	0.75	9,602	1,044	416	29	183	84	64	10
1988	1,867	1,962	167	12	36	159	26	4	0.93	1.08	1.81	0.59	3,772	3,611	236	34	72	292	36	12
1989	1,997	320	606	17	38	26	93	6	0.56	0.58	2.78	0.92	5,744	902	743	35	109	73	114	12
1990	2,303	1,317	211	13	44	106	32	4	0.57	1.58	1.72	0.57	6,622	1,980	306	36	126	160	47	12
1991	2,690	1,088	161	15	51	88	25	5	0.70	0.88	1.53	0.50	6,612	2,282	247	46	126	185	38	16
1992	1,570	928	448	22	30	75	69	7	0.38	0.85	2.37	0.78	6,252	1,995	575	49	119	161	88	17
1993	2,867	1,717	413	21	55	139	63	7	0.45	1.56	2.54	0.84	9,813	2,600	519	46	187	210	80	16
1994	3,136	2,181	216	12	60	176	33	4	0.79	1.20	1.50	0.49	7,044	3,783	332	37	134	306	51	13
1995	3,899	991	527	25	74	80	81	8	0.68	0.98	2.21	0.73	9,818	1,932	692	58	187	156	106	20
1996	1,305	1,662	287	20	25	134	44	7	0.32	1.10	1.53	0.50	6,016	3,031	438	63	115	245	67	22
1997	2,953	1,538	392	25	53	129	64	9	0.51	1.21	1.46	0.48	9,232	2,656	613	81	165	223	101	30
1998	1,607	2,220	286	32	38	155	43	11	0.54	1.55	1.26	0.41	4,789	3,371	481	117	113	235	72	40
1999	1,903	813	249	33	30	74	39	12	0.58	0.89	1.19	0.39	5,369	1,694	434	129	85	153	68	45
2000	889	1,046	276	42	26	87	40	16	0.37	1.19	1.52	0.50	3,631	1,824	423	134	106	151	61	50
2001	4,813	937	181	25	36	73	27	8	0.94	1.34	1.05	0.35	9,691	1,528	338	105	72	119	50	36
2002	3,014	1,098	148	33	43	83	23	10	0.88	0.88	1.34	0.44	6,331	2,306	242	117	90	175	38	35
2003	1,985	791	303	19	50	67	46	6	0.42	0.93	1.01	0.33	7,172	1,598	582	84	181	136	89	27

表 2. 漁獲量とコホート計算結果

	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
年	日本	韓国	計	(千トン)	(千トン)	(100 万尾)	(%)	(尾/g)
1973	91	2	93	222	125	2,855	42	0.0228
1974	118	2	119	262	129	3,960	46	0.0306
1975	142	7	149	290	136	4,653	51	0.0341
1976	97	7	104	212	127	1,860	49	0.0147
1977	57	5	62	146	100	548	43	0.0055
1978	40	4	44	119	75	1,847	37	0.0247
1979	67	7	73	156	75	1,957	47	0.0260
1980	39	1	40	109	72	1,010	36	0.0141
1981	46	6	51	135	68	2,324	38	0.0340
1982	87	11	98	199	83	3,559	49	0.0428
1983	103	12	115	207	96	2,405	55	0.0250
1984	111	7	119	235	81	5,991	50	0.0739
1985	132	16	148	256	111	3,887	58	0.0351
1986	68	7	75	191	94	2,365	40	0.0251
1987	139	14	153	341	116	9,602	45	0.0827
1988	184	40	224	412	194	3,772	54	0.0195
1989	140	23	163	308	162	5,744	53	0.0354
1990	170	17	187	346	139	6,622	54	0.0475
1991	153	16	169	364	146	6,612	46	0.0454
1992	153	28	181	385	186	6,252	47	0.0337
1993	226	38	264	493	201	9,813	54	0.0489
1994	235	38	273	504	217	7,044	54	0.0325
1995	231	12	244	469	204	9,818	52	0.0481
1996	195	15	210	448	211	6,016	47	0.0285
1997	233	23	255	518	242	9,232	49	0.0382
1998	224	22	246	460	229	4,789	54	0.0209
1999	141	14	154	351	189	5,369	44	0.0284
2000	148	20	168	367	186	3,631	46	0.0195
2001	128	18	146	277	146	9,691	52	0.0664
2002	134	26	160	338	161	6,331	47	0.0394
2003	149	20	170	432	184	7,172	39	0.0390

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	0.60	0.48	0.36	0.24	0.12	0.00
	1 歳	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
	2 歳	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	3 歳以上	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
2009 年漁獲量 (千トン)		267	286	306	329	354	383

表 4. 2004 年以降の資源尾数等

F_{limit} 、 F_{sus} で漁獲した場合の 2005～2009 年の年齢別資源尾数、重量、漁獲量。体重 (g) は、0 歳＝16、1 歳＝80、2 歳＝153、3 歳以上＝322。

2004 年

年齢	資源尾数 (百万)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲尾数 (百万)	漁獲量 (千トン)	F (／年)
0 歳	6,331	99		2,304	36	0.60
1 歳	2,846	227	113	1,313	105	0.84
2 歳	383	59	59	192	29	0.95
3 歳以上	165	53	53	35	11	0.31
計・平均	9,725	437	225	3,844	181	0.67

F_{limit}	資源尾数 (百万)					資源量 (千トン)				
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0 歳	8,884	9,995	10,607	10,607	10,607	139	156	165	165	165
1 歳	2,108	2,957	3,327	3,531	3,531	168	235	265	281	281
2 歳	748	554	777	874	928	115	85	119	134	142
3 歳以上	163	248	240	290	334	53	80	77	93	108
計	11,903	13,755	14,952	15,302	15,400	474	556	627	674	697

F_{limit}	漁獲尾数 (百万)					漁獲量 (千トン)					F
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	
0 歳	3,233	3,637	3,860	3,860	3,860	50	57	60	60	60	0.60
1 歳	972	1,364	1,535	1,629	1,629	77	109	122	130	130	0.84
2 歳	375	277	389	438	465	57	43	60	67	71	0.95
3 歳以上	35	53	51	62	71	11	17	17	20	23	0.31
計	4,615	5,332	5,835	5,988	6,025	197	225	259	277	284	0.67

F_{sus}	資源尾数 (百万)					資源量 (千トン)				
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0 歳	8,884	8,574	8,637	8,625	8,629	139	134	135	135	135
1 歳	2,108	2,599	2,509	2,527	2,524	168	207	200	201	201
2 歳	748	463	571	551	555	115	71	88	85	85
3 歳以上	163	211	176	183	181	53	68	57	59	58
計	11,903	11,848	11,893	11,886	11,889	474	480	479	479	479

F_{sus}	漁獲尾数 (百万)					漁獲量 (千トン)					F
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	
0 歳	3,728	3,598	3,624	3,619	3,621	58	56	57	56	56	0.73
1 歳	1,102	1,360	1,312	1,322	1,320	88	108	104	105	105	1.02
2 歳	422	261	322	310	313	65	40	49	48	48	1.15
3 歳以上	41	53	44	46	46	13	17	14	15	15	0.38
計	5,293	5,272	5,302	5,298	5,299	224	222	225	224	224	0.82

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	2003
現存量指標値	8.8	3.3	18.4	12.1	89.8	5.7	20.5

(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。

ニューストンネットによる主要種幼期の1曳網当り採集数

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブリ
2月	2001	西海水研	65	3	184	33	6
3月	2001	鹿児島県	18	27	26	426	0
		西海水研	47	107	87	9	14
	2002	鹿児島県	18	8	7	5	8
		西海水研	0	-	-	-	-
	2003	鹿児島県	16	3	1	0	0
4月	2000	山口県	0	-	-	-	-
		長崎県	13	93	4	72	9
		鹿児島県	0	-	-	-	-
		西海水研	79	3811	185	10906	264
	2001	山口県	8	0	0	1	0
		長崎県	18	65	2	1255	4
		鹿児島県	16	19	44	140	33
		西海水研	88	1339	331	2294	359
	2002	山口県	0	-	-	-	-
		長崎県	18	17	2	58	47
		鹿児島県	16	23	13	8	24
		西海水研	107	207	254	4854	485
	2003	長崎県	13	15	14	4414	27
		鹿児島県	18	84	58	4632	232
		西海水研	96	288	225	未計数	463
	2004	西海水研	92	375	149	未計数	未計数
5月	2000	山口県	8	0	0	0	0
		長崎県	19	92	9	54	25
		鹿児島県	18	13	17	242	60
	2001	山口県	8	4	14	1	0
		長崎県	19	195	18	344	39
		鹿児島県	18	122	10	163	51
	2002	山口県	8	1	5	7	0
		長崎県	19	53	2	127	367
		鹿児島県	18	33	6	30	189
	2003	山口県	8	0	4	22	0
		長崎県	19	8	7	6290	15
		鹿児島県	16	12	11	1693	188
6月	2002	山口県	8	0	13	10	117
	2003	山口県	8	4	17	57	0

2004年4月西海水研の値は概数

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。2003 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）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)	12.8	18.8	22.6	28.7
体重(g)	25	85	153	326
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）。1973～2003 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、韓国のあ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 には比例関係があるとした。

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

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

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

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

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）、平松（2000）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（2003 年）の 0～2 歳の F 及び α を、大中型まき網漁業の資源密度指数（一網当たり漁獲量の有漁漁区平均）の変動傾向（1998～2003 年）及び 0 歳魚の指標値（1998～2003 年）と、各年の資源量の変動傾向が最も合うように決めた。合わせる期間は、0 歳魚の指標値に使う境港の銘柄別漁獲量が連続して得られる 1998～2003 年とした。

$$\text{最小} \sum_{a=1}^3 \sum_{y=1998}^{2003} \{ \ln(q_{1,a} B_{a,y}) - \ln(CPUE_{a,y}) \}^2 + \sum_{y=1998}^{2003} \{ \ln(q_2 B_{0,y}) - \ln(I_{0,y}) \}^2 \quad (5)$$

$$q_{1,a} = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2003} CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1998}^{2002} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{6}} \cdot q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2003} I_{0,y}}{\prod_{y=1998}^{2002} B_{0,y}} \right)^{\frac{1}{6}} \quad (6)$$

ここで、B は資源量、 I_0 は 0 歳魚の指標値（補注 3）。資源密度指数（CPUE）は、1 歳、2 歳と 3 歳以上に相当する銘柄の 9～12 月について求め、年齢ごとに資源量の変動傾向に合わせた。その結果、 $\alpha=0.33$ 、 $F_{0,2003}=0.42$ 、 $F_{1,2003}=0.93$ 、 $F_{2,2003}=1.01$ と推定された。資源量は、各年齢の資源尾数に各年齢の漁獲物平均体重を掛け合わせて求めた。

年齢（銘柄）別資源密度指数（トン／網）

	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1 歳	3.15	1.74	1.72	2.40	3.85	2.45
2 歳	0.65	0.58	0.53	0.31	0.45	0.52
3 歳以上	0.19	0.28	0.45	0.47	0.16	0.18

補注 1. 年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2003 年について、九州主要港に水揚げされる大中型まき網の漁獲物の体長組成を入り数別漁獲量から、九州の沿岸漁業及び日本海の漁獲物の体長組成を体長測定データと漁獲量から月別に推定した。これと月ごとに定めた各年齢の体長範囲により、年齢別漁獲尾数を推定した。1996 年以前については、1973～2003 年の大中型まき網の月別銘柄別漁獲量を各年齢に単純に割り振り、1997～2003 年についての上記推定結果との各年齢の比率を求め、その 1997～2003 年平均を使って年齢別漁獲尾数推定値を補正した。銘柄の年齢への振り分けは、6～12 月の豆銘柄及び 9～12 月のゼンゴ銘柄を 0 歳、1～5 月の豆、1～8 月のゼンゴ、9～12 月の小銘柄を 1 歳、1～8 月の小、6～12 月の中銘柄を 2 歳、1～5 月の中、1～12 月の大銘柄を 3+歳とした。

補注 2. 石岡・岸田（1985）は、VPA で使われる生残の方程式と漁獲方程式

$$N_{a+1} = N_a \exp(-F_a - M) \quad (A1)$$

$$C_a = \frac{F_a}{F_a + M} N_a \{1 - \exp(-F_a - M)\} \quad (A2)$$

から反復計算により F を求める方法として、

$$F_a^{new} = \ln \left\{ 1 + \frac{C_a}{N_{a+1}} \exp(-M) \frac{F_a + M}{F_a} \frac{1 - \exp(-F_a)}{1 - \exp(-F_a - M)} \right\} \quad (A3)$$

を示した。(2) 式において (3) 式による C_{a+y} と $C_{a-1,y}$ を使って N_{a+y} と $N_{a-1,y}$ を消去する

と

$$N_{a+,y+1} = \frac{C_{a+}(\alpha F_{a-1} + M)}{\alpha F_{a-1}(\exp(\alpha F_{a-1} + M) - 1)} + \frac{C_{a-1}(F_{a-1} + M)}{F_{a-1}(\exp(F_{a-1} + M) - 1)} \quad (A4)$$

さらに、

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

を使って変形すると

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

さらに (A3) 式を参考に F について変形すると

$$\begin{aligned} \exp(F_{a-1}) - 1 &= \frac{1}{N_{a+,y+1}} \frac{C_{a+}(\alpha F_{a-1} + M)(1 - \exp(-\alpha F_{a-1}))}{\alpha F_{a-1}(1 - \exp(-\alpha F_{a-1} - M))} \exp(-M) \frac{\exp(F_{a-1}) - 1}{\exp(\alpha F_{a-1}) - 1} \\ &\quad + \frac{1}{N_{a+,y+1}} \frac{C_{a-1}(F_{a-1} + M)(1 - \exp(-F_{a-1}))}{F_{a-1}(1 - \exp(-F_{a-1} - M))} \exp(-M) \\ F_{a-1}^{new} &= \ln \left[1 + \frac{1 - \exp(-F_{a-1})}{N_{a+,y+1} F_{a-1}} \exp(-M) \right. \\ &\quad \left. \times \left\{ \frac{C_{a+}(\alpha F_{a-1} + M)}{\alpha(1 - \exp(-\alpha F_{a-1} - M))} \exp((1 - \alpha)F_{a-1}) + \frac{C_{a-1}(F_{a-1} + M)}{1 - \exp(-F_{a-1} - M)} \right\} \right] \end{aligned}$$

平松（内部資料）より抜粋。

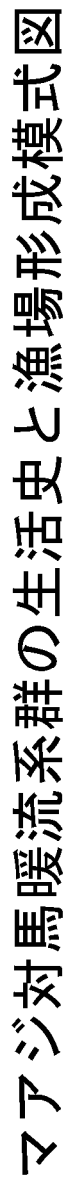
補注 3. 0 歳魚の指標値は、漁況について、大中型まき網の 0 歳魚資源密度指数、境港豆銘柄まき網 1 か統当り漁獲量 9～12 月、長崎魚市豆銘柄 1 入港隻当り水揚量の相乗平均。2001～2003 年は、5～6 月着底トロール調査、8～9 月魚探調査および漁況指標値の相乗平均を指標値とした。これらから、1998～2003 の 0 歳魚指標値を求めた。

年	大中まき	長崎	境港	漁況	着底	魚探	稚魚	指標値
1998	5.86	0.67	24.2	4.6				4.56
1999	4.66	0.60	17.2	3.6				3.63
2000	3.45	0.96	8.6	3.1				3.05
2001	3.35	0.67	13.9	3.1	62944	2.32	2.63	24.2
2002	5.91	0.81	17.6	4.4	31554	0.15	0.064	4.39
2003	8.62	1.59	20.2	6.5	8487	0.53	0.302	7.08

単位省略

引用文献

- 平松一彦（2000）VPA，平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—，104-127.
- 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.



マアジ対馬暖流系群の生活史と漁場形成模式図