

平成 17 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

(依田真里、檜山義明、大下誠二、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、2001～2004 年の加入量は 1994～1997 年と同程度の高い水準を保っており、2003 年に引き続いて 2004 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(1994～2003 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 ABClimit、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量を ABCtarget とした。

	2006 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	243 千トン(223 千トン)	Fcurrent	0.79	41%
ABCtarget	207 千トン(190 千トン)	0.8 Fcurrent	0.63	35%

漁獲割合は ABC/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	2006 年漁獲量	評価*
現状の漁獲圧を継続する。	Flimit	ABClimit 243 千トン (223 千トン)	A : 99.4% B : 95% C : 303 千トン
現状の漁獲圧を継続する。予防的措置をとる。	Ftarget	ABCtarget 207 千トン(190 千トン)	A : 100% B : 99.8% C : 313 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 : 2014 年に親魚量が 2001 年値 (Blimit、12 万トン) を上回った率、B : 2014 年に親魚量が 2004 年値 (20 万トン) を上回った率、C : 2006～2014 年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2006 年漁獲量	評価
現状の親魚量を維持する。	F _{sus}	284 千トン (261 千トン)	A : 72% B : 43% C : 248 千トン

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F 値	漁獲割合(%)
2003	493	201(180)	0.92	41
2004	509	216(192)	0.79	42
2005	516			

2005 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 (12 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。
2004 年	親魚量	2001 年水準以上 (20 万トン)	

水準: 中位 動向: 増加

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約 4 割を占める(2004 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

対馬暖流域での我が国のマアジ漁獲量は、1973～1976 年に 9～15 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 13～16 万トンに減少した。2003 年から、漁獲量は再び増加し、2003 年は 18 万トン、2004 年には 192 千トンの漁獲量であった(図 4)。

韓国は毎年数万トンを漁獲しており、2004 年のあじ類の漁獲量は 25 千トンであった(「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. 資源の状況

(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、2～6 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 年にやや低くなったが、2003 年には増加し、2004 年についても増加傾向が続いていた(図 5)。有効漁獲努力は、1992～2003 年に安定していたが、2004 年は減少した。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、2004年は2003年と同水準だった(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)。2001～2003年は0歳魚の割合が高かったが、2004年は1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22～31万トンから1977～1980年の11～15万トンに減少した後、増加傾向を示し、1993～1998年には、48～54万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、2001年には26万トンにまで減少したが、その後増加して、2004年は51万トンであった。

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)。2001～2004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、2002～2004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年に再び高い値を示したのち、減少傾向にある(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はある。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2004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2006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年以降減少傾向を示している(図12)。漁獲係数は高く、適切かどうかはマアジの再生産状況すなわち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)、ばらつきが大きく、はっきりとした関係はみられない。

年齢別選択率を一定(2002～2004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2002～2004年平均(0歳=0.48、1歳=1、2歳=1.39、3歳以上=0.80)で、各年齢のFの単純平均値が2004年と同じ(0.79)であるFとする(0歳=0.41、1歳=0.87、2歳=1.20、3歳以上=0.69)。 $F_{current}$ は、 $F_{0.1}$ 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32年間(1973～2004年)で3番目に高く、親魚量は4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 万トンとかなり高い資源水準だったと考えられるので、中位と判断する。動向は、2000～2004 年の 5 年間の資源量の変動傾向から、増加と判断する。

5. 資源管理の方策

(1) 再生産関係

再生産関係を図 15 に示した。1973～2004 年の親魚量と加入量には正の相関があり(5%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。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 3 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、5%有意水準)。2～3 月は東シナ海南部においてマアジの主要な産卵場が形成されると考えられており、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(Blimit)を検討する。親魚量と加入量の 32 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 13 万トン程度である(図 15)。近年では親魚量が少なかった 2001 年の水準(親魚量約 12 万トン)を Blimit 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 17 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、2005 年級群の分布量は 2004 年級群を上回ると考えられる(2002 年 50 尾/網、2003 年 211、2004 年 38、2005 年 160)。ABC の算定等においては 2005 年の加入量を 2003 年と同程度とした。

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。近年の親魚量水準は高く、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 101 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なので、直接比較はできないが、現状では 0 歳から漁獲圧がかかっているため、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 1994～2003 年の中央値で一定(親魚量が 30 万トンを超えた場合には加入量 101 億尾で一定)の条件の下で期待される漁獲量は、削減率が大きいほど 2006 年時点での漁獲量は少ないが、2007 年には同程度となり、2008 年以降は削減率が低いものほど漁獲量は少なくなる(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＝1994～2003 年の中央値 0.034 尾/g、親魚量が 30 万トンを超えた場合加入量 101 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、2005 年の漁獲量は 205 千トンと見積もられる。 F_{sus} は年齢別選択率が 2002～2004 年と同じで、 SPR が 29.6g($1 \div 0.034$)になる F (0 歳＝0.52、1 歳＝1.10、2 歳＝1.53、3 歳＝0.88)。

F	基準値	漁獲量(千トン)					親魚量(千トン)				
		2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0.63	0.80 $F_{current}$	207	269	321	347	357	254	346	439	501	528
0.67	0.85 $F_{current}$	217	275	324	348	356	254	334	416	470	493
0.71	0.90 $F_{current}$	226	280	326	348	355	254	322	395	442	461
0.75	0.95 $F_{current}$	234	284	327	348	354	254	311	375	417	433
0.79	$F_{current}$	243	287	328	347	352	254	300	357	393	407
0.83	F_{sus}	284	284	285	284	284	254	249	250	250	250

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、以下の検討を行った。2005～2014 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、 F_{sus} 、 $F_{current}$ 、 $0.8F_{current}$ で漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2005～2014 年の加入量は毎年異なり、その値は、1973～2003 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 0.034 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 2014 年には親魚量 20 万トンの水準になり、親魚量がか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)でも増加がみられた。 $0.8F_{current}$ では、 $F_{current}$ よりも大きい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、2004 年はそれより高い水準にある。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. 2006 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つて、再生産成功率も 2001～2004 年には高い値を示している。漁獲係数はかなり高く、漁獲圧が適切かどうかはマアジの再生産状況すなわち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 2002～2004 年平均、各年齢平均の F は 2004 年 $= F_{2004}$)。 α は標準値の 0.8 を使用する。

2006 年の ABC は下表のように算出される。

	2006 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	243 千トン(223 千トン)	F_{current}	0.79	41%
ABC _{target}	207 千トン(190 千トン)	0.8 F_{current}	0.63	35%

漁獲割合は ABC／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 内での漁獲実績で、近年では最も高かった割合(91.9%)とした。

(3) 管理の考え方と 2006 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、2006 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	2006 年漁獲量	評価＊
現状の漁獲圧を継続する。	F _{limit}	ABC _{limit} 243 千トン (223 千トン)	A : 99.4% B : 95% C : 303 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} 207 千トン (190 千トン)	A : 100% B : 99.8% C : 313 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 : 2014 年に親魚量が 2001 年値 (B_{limit}、12 万トン) を上回った率、B : 2014 年に親魚量が 2004 年値 (20 万トン) を上回った率、C : 2006～2015 年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2006 年漁獲量	評価
現状の親魚量を維持する。	F _{sus}	284 千トン (261 千トン)	A : 72% B : 43% C : 248 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
2004 年 (当初)	F _{current} (0.71)	442	188(165)	161(142)	-	現状漁獲継続
2004 年 (2004 年再評価)	F _{current} (0.67)	437	181(164)	154(140)	-	現状漁獲継続
2004 年 (2005 年再評価)	F _{current} (0.79)	509	216(199)	175(161)	216	現状漁獲継続
2005 年 (当初)	F _{current} (0.67)	474	197(175)	167(149)	-	現状漁獲継続
2005 年 (再評価)	F _{current} (0.79)	516	205(188)	174(160)	-	現状漁獲継続

ABC () 内は、我が国 EEZ 内のもの。

単位: 千トン

7. ABC 以外の管理方策の提言

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・日本海のマアジは、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。

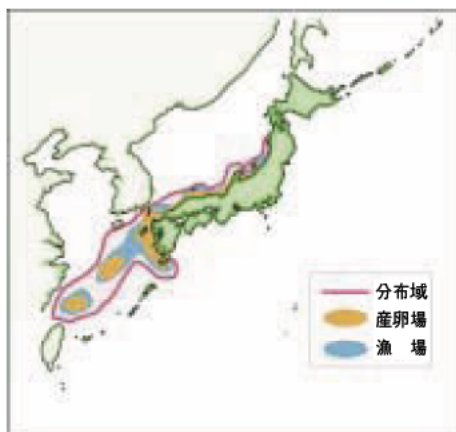


図1 マアジ対馬暖流系群の分布・回遊

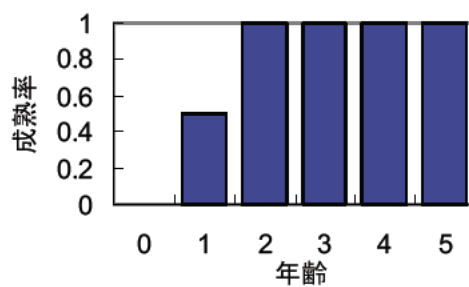


図3 年齢と成熟率

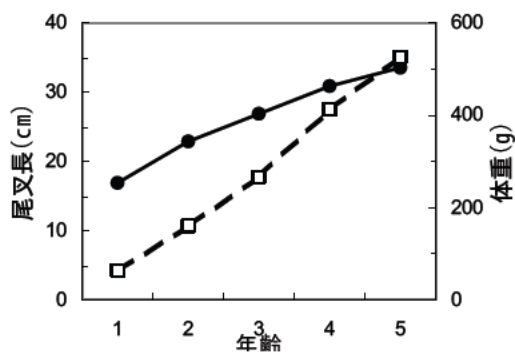


図2 年齢と成長

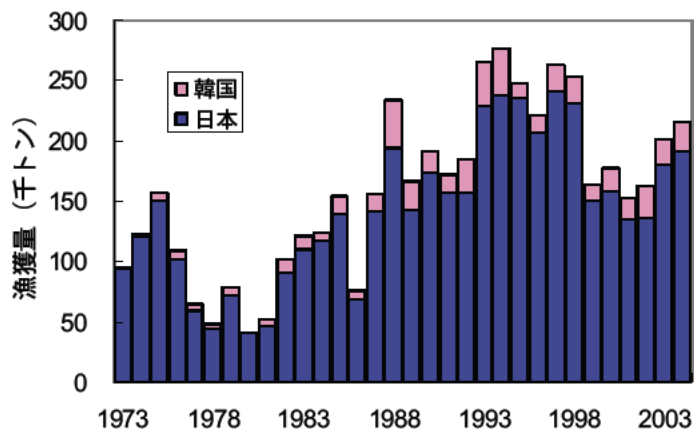


図4 漁獲量

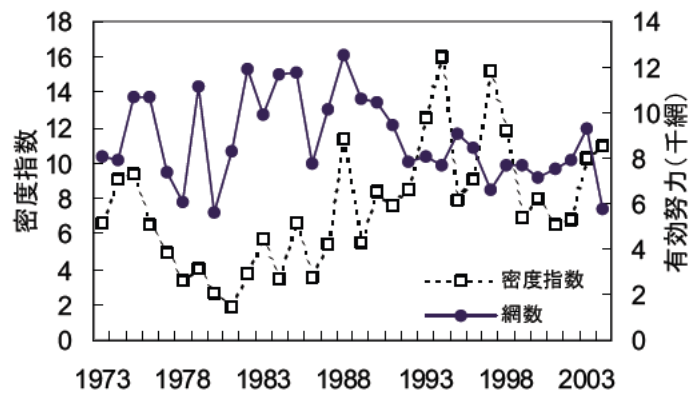


図5 大中型まき網の資源密度指数と有効努力量

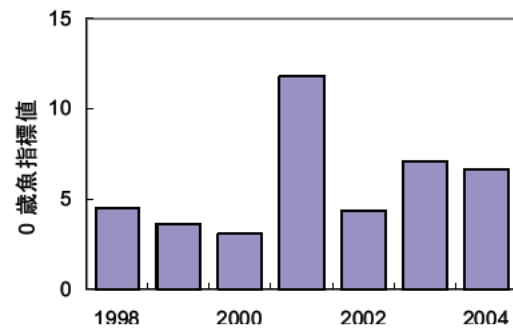


図 6. 0 歳魚指標値

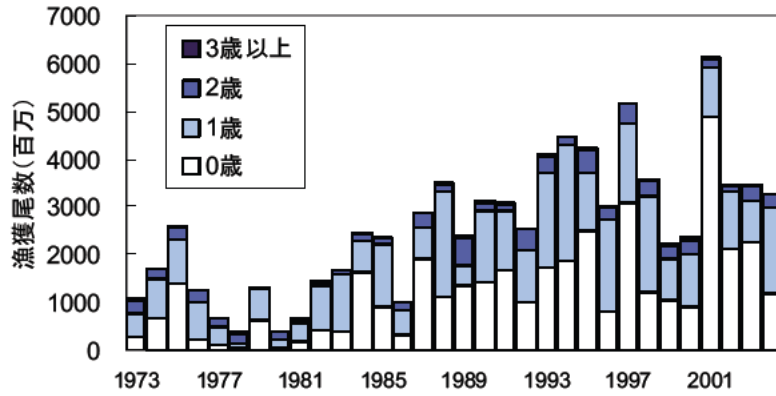


図 7. 年齢別漁獲尾数

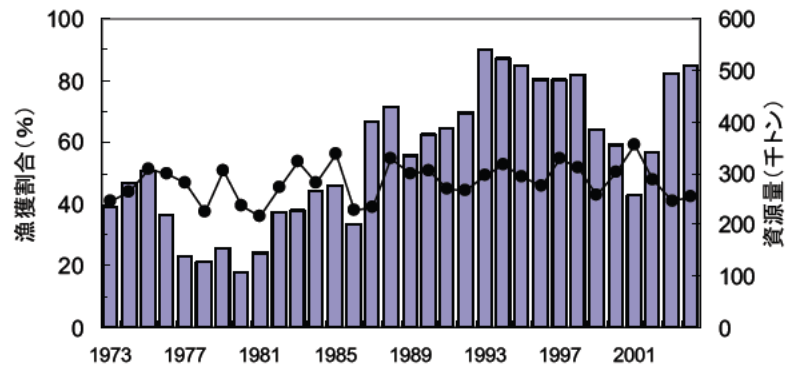


図 8. 資源量 (棒グラフ) と漁獲割合 (折れ線グラフ)

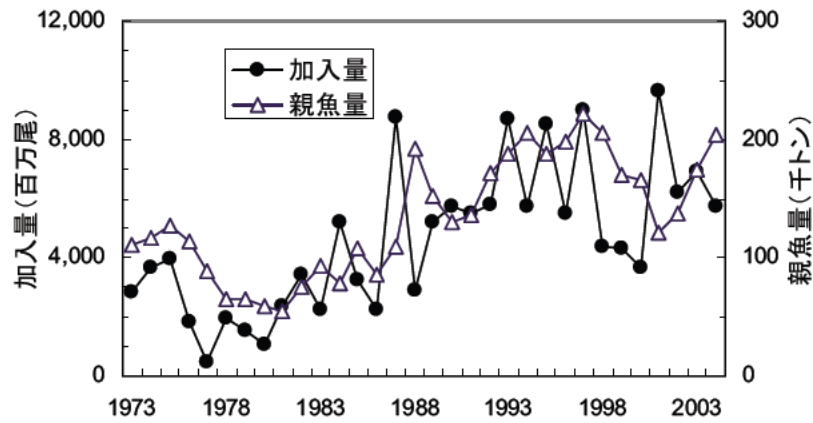


図 9. 親魚量と加入量

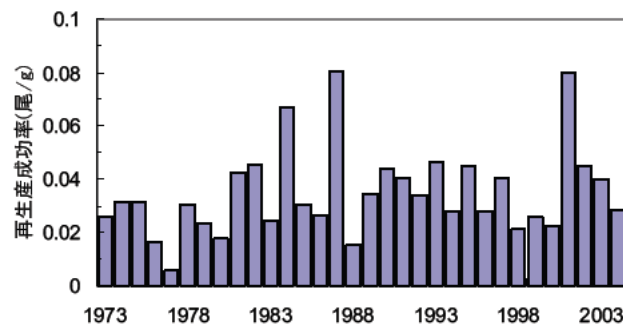


図 10. 再生産成功率

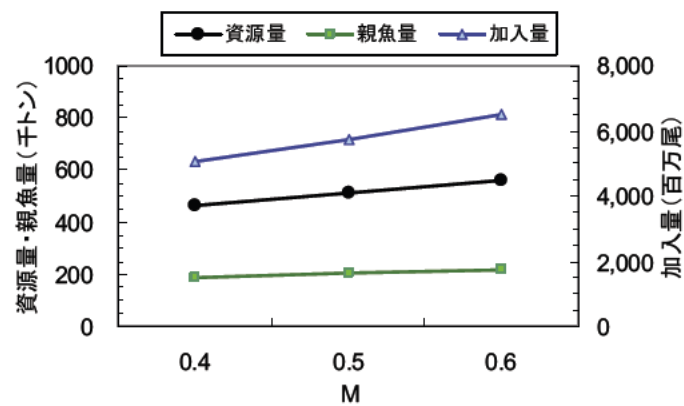


図 11. M と 2004 年資源量、親魚量、加入量の関係

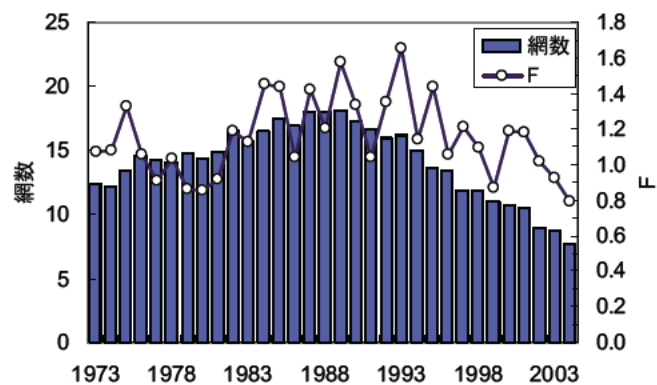


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

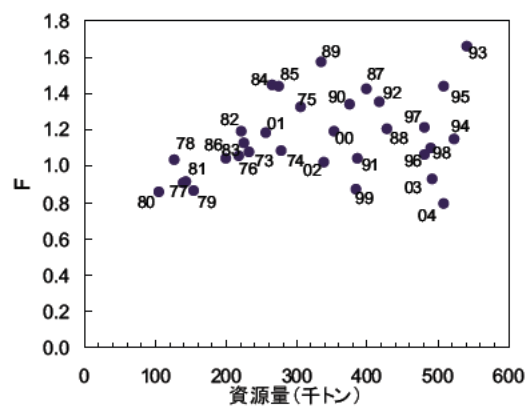


図 13. 資源量と F の関係

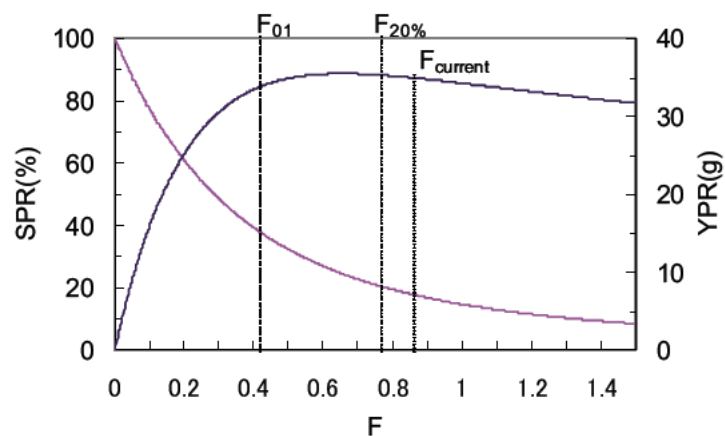


図 14. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2002～2004 年平均)

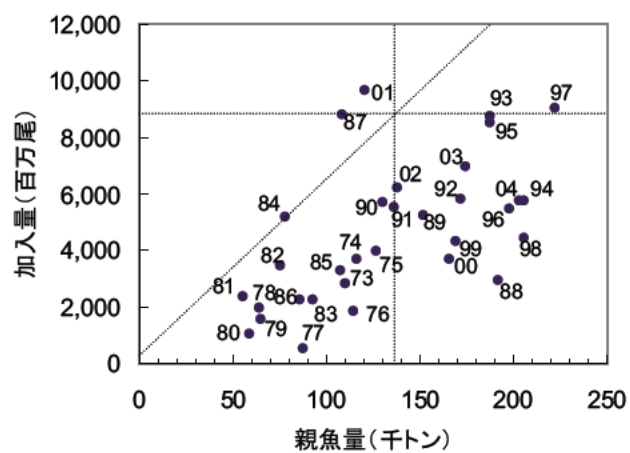


図 15. 親魚量と加入量の関係 (1973～2004 年)

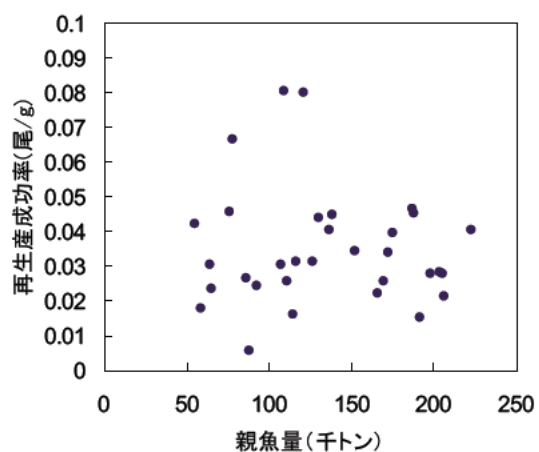


図 16. 親魚量と再生産成功率の関係

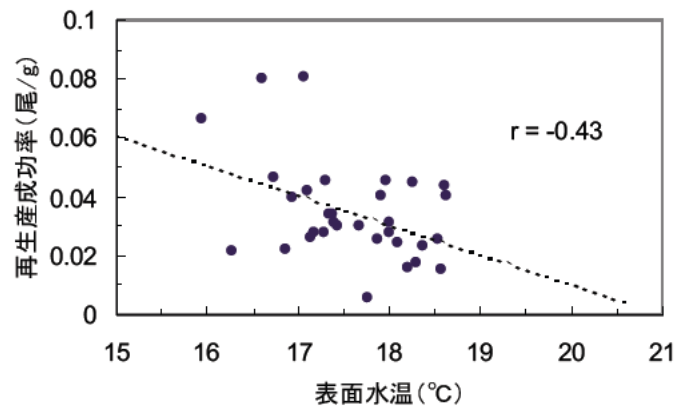


図 17. 表面水温と再生産成功率の関係

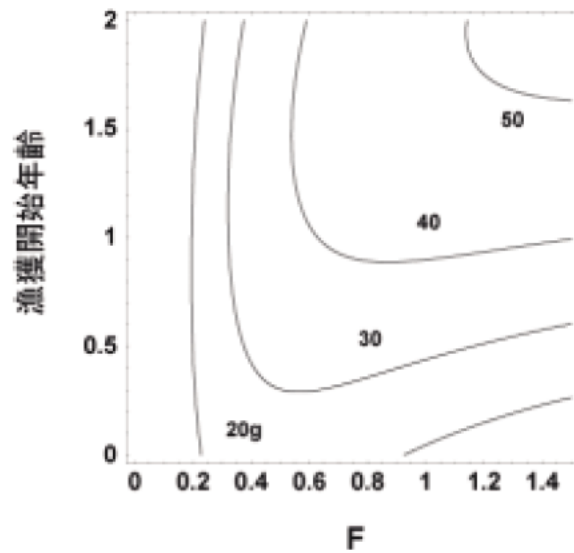


図 18. 等漁獲量曲線

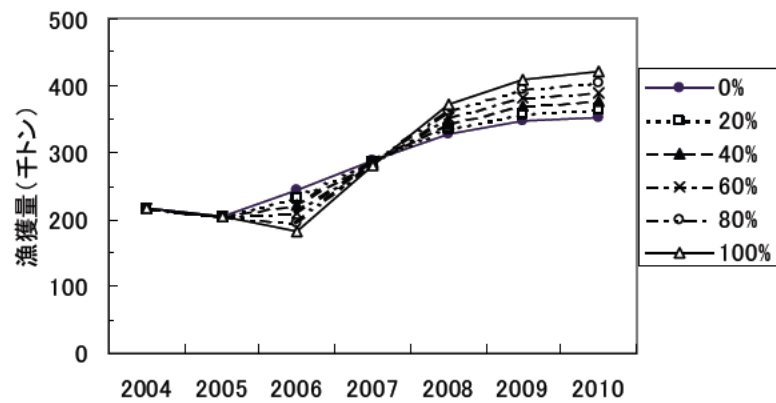


図 19. 0 歳 F の削減率と 2010 年の漁獲量

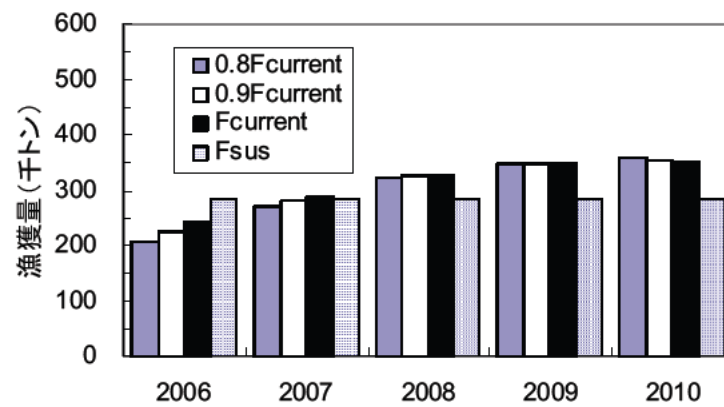


図 20. F による漁獲量の変化

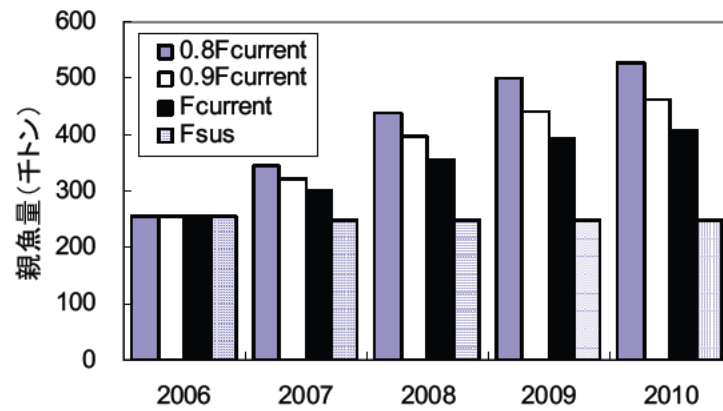


図 21. F による親魚量の変化

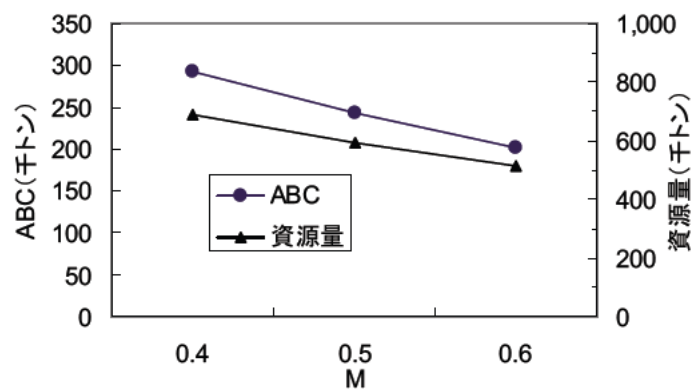


図 22. M と 2006 年 ABC、2006 年資源量の関係

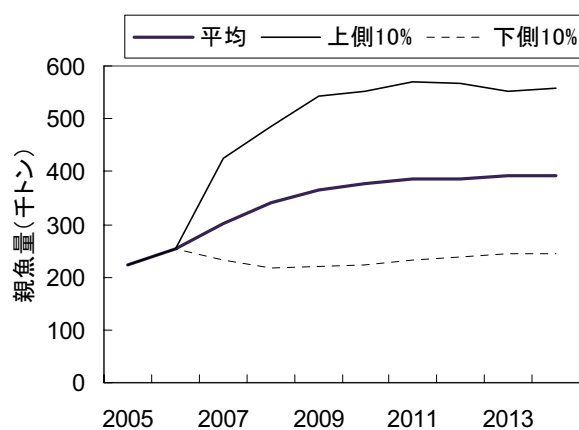


図 23a. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (F_{cure}nt)

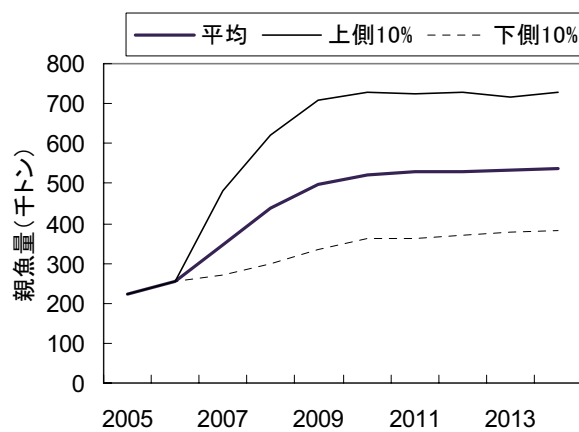


図 23b. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (0.8 F_{cure}nt)

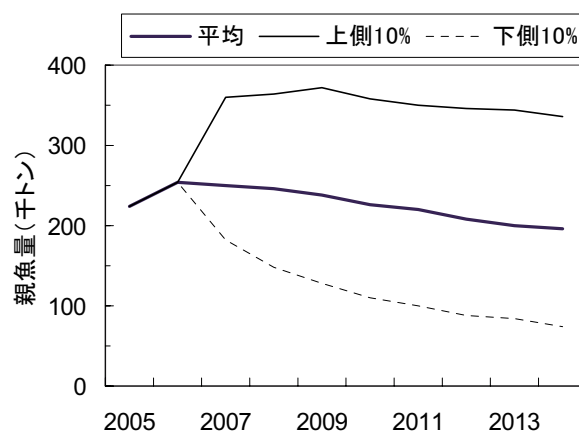


図 23c. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (F_{sus})

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)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	272	485	293	15	8	39	44	5	0.13	0.78	2.14	1.24	2,830	1,100	390	26
1974	657	818	220	18	18	65	33	6	0.26	1.08	1.90	1.10	3,667	1,508	305	32
1975	1,399	938	240	21	39	75	36	7	0.58	1.08	2.30	1.33	3,944	1,723	311	34
1976	215	773	249	13	6	62	37	4	0.16	1.20	1.80	1.04	1,841	1,339	353	24
1977	97	386	167	21	3	31	25	7	0.28	0.70	1.67	0.97	497	952	244	41
1978	39	89	218	22	1	7	32	7	0.03	0.67	2.17	1.25	1,950	227	288	37
1979	625	657	36	9	18	52	5	3	0.71	1.17	1.00	0.57	1,523	1,153	71	26
1980	41	173	150	13	1	14	22	4	0.05	0.64	1.73	1.00	1,042	456	216	25
1981	178	364	92	13	5	29	14	4	0.10	1.32	1.42	0.82	2,342	600	146	29
1982	428	933	67	15	12	75	10	5	0.17	1.95	1.67	0.97	3,444	1,284	98	29
1983	368	1,218	74	9	10	97	11	3	0.23	1.73	1.61	0.93	2,263	1,761	111	18
1984	1,638	654	151	11	46	52	22	4	0.50	1.28	2.54	1.47	5,184	1,091	190	18
1985	890	1,332	141	7	25	106	21	2	0.42	1.76	2.27	1.31	3,256	1,907	183	12
1986	314	535	147	8	9	43	22	3	0.19	0.71	2.06	1.19	2,264	1,301	198	13
1987	1,908	652	313	12	53	52	46	4	0.32	1.19	2.65	1.53	8,769	1,133	388	18
1988	1,125	2,205	150	10	32	176	22	4	0.65	1.18	1.90	1.10	2,923	3,867	208	19
1989	1,351	404	613	16	38	32	91	6	0.39	0.77	3.25	1.88	5,208	929	724	23
1990	1,405	1,499	193	11	39	120	29	4	0.37	1.79	2.02	1.17	5,707	2,134	261	19
1991	1,657	1,250	149	13	46	100	22	4	0.47	1.01	1.70	0.98	5,512	2,395	216	25
1992	995	1,097	424	19	28	88	63	7	0.24	1.02	2.63	1.52	5,811	2,090	528	30
1993	1,743	1,947	375	18	49	155	56	6	0.29	1.80	2.87	1.66	8,712	2,765	456	27
1994	1,864	2,418	191	10	52	193	28	3	0.52	1.33	1.72	0.99	5,723	3,956	277	19
1995	2,504	1,187	506	22	70	95	75	7	0.46	1.19	2.59	1.50	8,487	2,065	632	34
1996	807	1,919	265	17	23	153	39	6	0.21	1.25	1.76	1.02	5,474	3,254	380	33
1997	3,094	1,652	405	25	51	137	66	9	0.56	1.33	1.86	1.08	9,002	2,703	567	47
1998	1,218	2,020	286	31	46	154	43	10	0.42	1.49	1.56	0.90	4,403	3,130	432	63
1999	1,037	878	267	31	33	80	42	10	0.36	0.95	1.38	0.79	4,327	1,748	430	70
2000	891	1,106	298	47	27	90	43	18	0.36	1.30	1.96	1.13	3,679	1,837	409	85
2001	4,890	1,029	190	23	39	77	28	8	0.97	1.57	1.38	0.80	9,638	1,555	305	52
2002	2,131	1,182	130	29	38	95	21	9	0.56	1.05	1.56	0.90	6,203	2,221	197	61
2003	2,261	862	315	20	75	71	48	6	0.52	0.68	1.58	0.91	6,932	2,157	474	40
2004	1,195	1,794	257	17	45	131	34	6	0.25	1.89	0.66	0.38	5,716	2,499	662	69

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	93	2	95	234	111	2,830	41	0.026
1974	121	2	122	279	116	3,667	44	0.031
1975	150	7	157	306	127	3,944	51	0.031
1976	102	7	109	219	114	1,841	50	0.016
1977	60	5	65	140	88	497	47	0.006
1978	44	4	48	128	64	1,950	37	0.030
1979	72	7	79	154	65	1,523	51	0.023
1980	41	1	42	106	59	1,042	39	0.018
1981	47	6	52	145	55	2,342	36	0.042
1982	91	11	101	223	76	3,444	45	0.046
1983	110	12	122	227	93	2,263	54	0.024
1984	117	7	124	267	78	5,184	47	0.067
1985	139	16	155	275	107	3,256	56	0.030
1986	69	7	76	201	86	2,264	38	0.026
1987	142	14	156	400	109	8,769	39	0.081
1988	194	40	233	428	192	2,923	55	0.015
1989	144	23	167	335	152	5,208	50	0.034
1990	174	17	191	376	130	5,707	51	0.044
1991	156	16	173	386	136	5,512	45	0.041
1992	157	28	185	418	172	5,811	44	0.034
1993	228	38	266	542	187	8,712	49	0.047
1994	239	38	277	524	205	5,723	53	0.028
1995	235	12	248	508	188	8,487	49	0.045
1996	207	15	221	481	198	5,474	46	0.028
1997	241	23	263	482	222	9,002	55	0.041
1998	231	22	253	491	206	4,403	52	0.021
1999	150	14	164	384	169	4,327	43	0.026
2000	159	20	178	353	166	3,679	50	0.022
2001	135	18	152	256	121	9,638	59	0.080
2002	136	26	162	339	138	6,203	48	0.045
2003	180	20	201	493	175	6,932	41	0.040
2004	192	25	216	509	203	5,716	42	0.028

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	0.35	0.28	0.21	0.14	0.07	0.00
	1 歳	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
	2 歳	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
	3 歳以上	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2010 年漁獲量（千トン）		352	364	376	390	405	421

表 4. 2005 年以降の資源尾数等

F_{limit} 、 F_{sus} で漁獲した場合の 2006～2010 年の年齢別資源尾数、重量、漁獲量。
 体重 (g) は、0 歳 = 27、1 歳 = 80、2 歳 = 150、3 歳以上 = 342。

2005 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	6,932	184		1,874	50	0.41
1 歳	2,700	217	108	1,275	102	0.87
2 歳	230	35	35	133	20	1.20
3 歳以上	237	81	81	96	33	0.69
計・平均	10,099	516	224	3378	205	0.79

F_{limit}	資源尾数 (百万)					資源量 (千トン)				
年 齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0 歳	8,587	10,131	10,131	10,131	10,131	228	269	269	269	269
1 歳	2,784	3,449	4,069	4,069	4,069	223	277	326	326	326
2 歳	689	710	880	1,038	1,038	104	107	132	156	156
3 歳以上	114	160	178	215	255	39	55	61	74	87
計	12,174	14,451	15,258	15,453	15,493	594	708	789	825	839

F_{limit}	漁獲尾数 (百万)					漁獲量 (千トン)					F
年 齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010	
0 歳	2,322	2,739	2,739	2,739	2,739	62	73	73	73	73	0.41
1 歳	1,315	1,629	1,921	1,921	1,921	105	131	154	154	154	0.87
2 歳	398	410	508	599	599	60	62	76	90	90	1.20
3 歳以上	46	65	72	87	103	16	22	25	30	35	0.69
計	4,080	4,843	5,241	5,347	5,363	243	287	328	347	352	0.79

F_{sus}	資源尾数 (百万)					資源量 (千トン)				
年 齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0 歳	8,587	8,401	8,435	8,429	8,430	228	223	224	224	224
1 歳	2,784	3,082	3,015	3,027	3,025	223	247	242	243	243
2 歳	689	561	621	607	610	104	84	93	91	92
3 歳以上	114	119	104	108	107	39	41	35	37	37
計	12,174	12,162	12,174	12,171	12,172	594	596	595	595	595

F_{sus}	漁獲尾数 (百万)					漁獲量 (千トン)					F
年 齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010	
0 歳	2,819	2,758	2,769	2,767	2,768	75	73	74	74	74	0.52
1 歳	1,530	1,693	1,656	1,663	1,662	123	136	133	133	133	1.10
2 歳	451	367	406	397	399	68	55	61	60	60	1.53
3 歳以上	54	57	50	51	51	19	20	17	18	17	0.88
計	4,854	4,875	4,881	4,879	4,880	284	284	285	284	284	1.01

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	2004
現存量指標値	8.8	3.3	18.4	12.1	89.8	5.7	20.5	10.6

(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によって推定された、0歳魚を主体とする分布量を以下に示す(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。

年	2000	2001	2002	2003	2004
現存量推定値(トン)	26,700	70,900	34,900	9,422	23,535

(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。

ニューストー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
	2003	鹿児島県	16	3	1	0	0
	2004	鹿児島県	18	25	185	1,856	9
	2005	鹿児島県	15	4	27	1,157	1
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	3,811	185	10,906	264
	2001	山口県	8	0	0	1	0
		長崎県	18	65	2	1,255	4
		鹿児島県	16	19	44	140	33
		西海水研	88	1,339	331	2,294	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	4,854	485
	2003	長崎県	13	15	14	4,414	27
		鹿児島県	18	84	58	4,632	232
		西海水研	96	288	225	52,153	463
	2004	長崎県	15	97	0	12,949	93
		鹿児島県	18	5	65	13,699	167
		西海水研	92	461	408	59,546	539
	2005	長崎県	15	14	4	17,667	20
		鹿児島県	18	6	8	12,036	53
		西海水研	91	546	1,831	69,585	216
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	6,290	15
		鹿児島県	16	12	11	1,693	188
	2004	山口県	8	5	0	393	0
		長崎県	18	5	0	33,453	52
		鹿児島県	18	6	8	27,518	53
	2005	山口県	8	0	20	2,473	0
		長崎県	18	29	52	25,851	12
		鹿児島県	18	60	4	7,690	32
6月	2002	山口県	8	0	13	10	117
	2003	山口県	8	4	17	57	0
	2004	山口県	8	0	0	1,415	24

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。2004 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)	14.5	17.9	21.7	29.4
体重(g)	38	73	133	348
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)、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(2004 年)の 1～2 歳の F 及び α を、大中型まき網漁業の資源密度指数(一網当り漁獲量の有漁漁区平均)の変動傾向(1998～2004 年)と 1～3 歳魚の資源量、0 歳魚の指標値(1998～2003 年)と 0 歳魚の資源尾数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 1998～2004 年とした。

$$\text{最小} \sum_{a=1}^3 \sum_{y=1998}^{2004} \{\ln(q_{1,a} B_{a,y}) - \ln(CPUE_{a,y})\}^2 + \sum_{y=1998}^{2003} \{\ln(q_2 B_{0,y}) - \ln(I_{0,y})\}^2 \quad (6)$$

$$q_{1,a} = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2004} CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1998}^{2004} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{7}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2003} I_{0,y}}{\prod_{y=1998}^{2003} B_{0,y}} \right)^{\frac{1}{6}} \quad (7)$$

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、 $\alpha=0.57$ 、 $F_{1,2004}=1.89$ 、 $F_{2,2004}=0.66$ 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。

最近年（2004 年）の 0 歳魚の資源尾数の推定は、2003 年と 2004 年の 0 歳魚の指標値の比率を 2003 年の 0 歳魚の資源重量にかけて 2004 年の 0 歳魚の資源重量を求めた後、0 歳魚の平均体重で割り戻した。なお、推定した資源尾数と漁獲尾数の関係から、 $F_{0,2004}=0.25$ となる。

年齢（銘柄）別資源密度指数（トン／網）							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1 歳	3.15	1.74	1.72	2.40	3.77	2.43	2.49
2 歳	0.65	0.58	0.53	0.31	0.52	0.52	0.97
3 歳以上	0.19	0.28	0.45	0.47	0.16	0.18	0.29

補注 1. 年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2004 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、1973～2004 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、1997～2004 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 1997～2004 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。年齢別漁獲尾数は最新の情報を基に過去にさかのぼって見直しているので、昨年使用したものとは若干異なるが、計算結果にはあまり影響しない。

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。

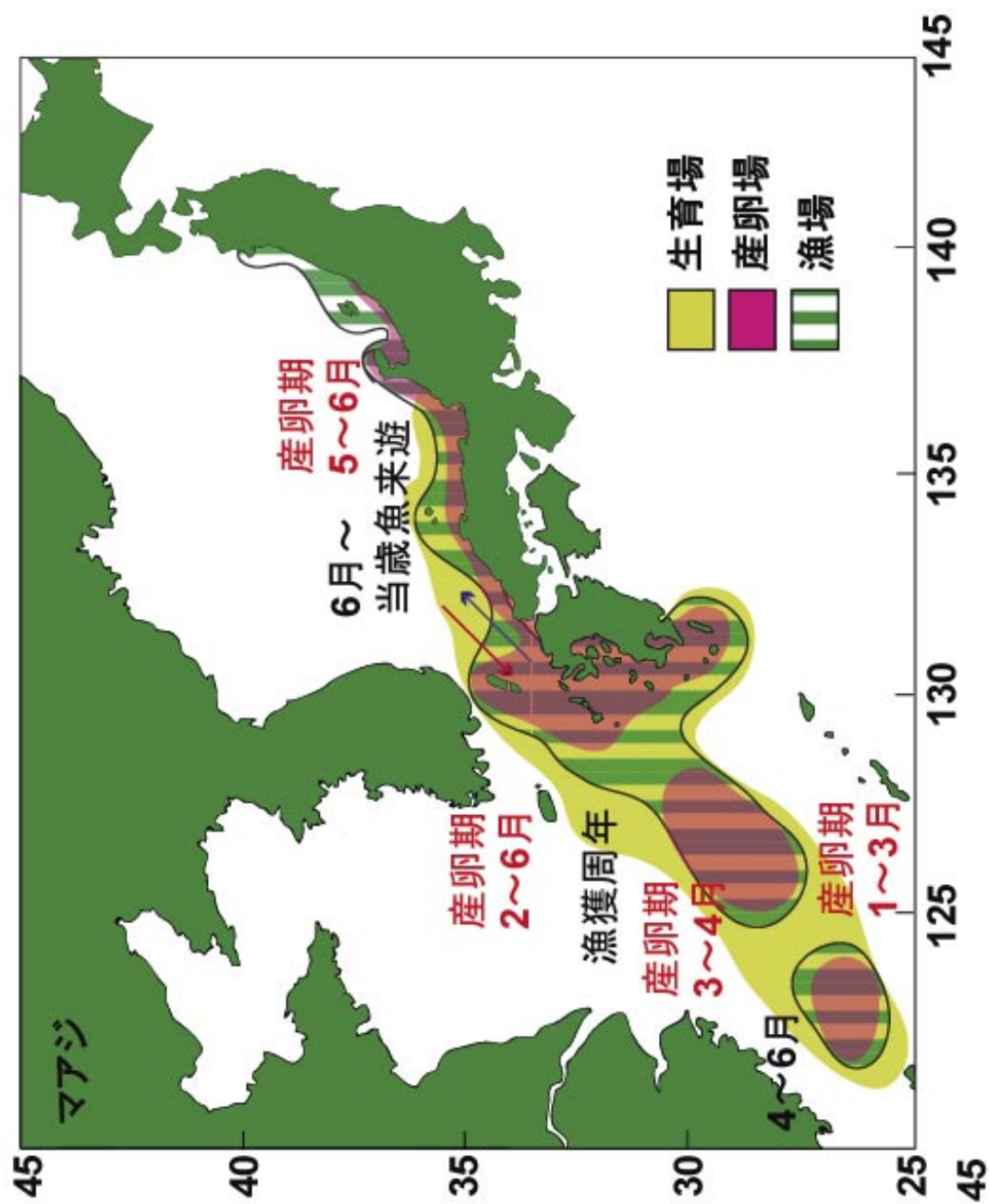
補注 3. 0 歳魚の指標値は、漁況について、大中型まき網の 0 歳魚資源密度指数、境港豆銘柄まき網 1 か統当り漁獲量 9～12 月、長崎魚市豆銘柄 1 入港隻当り水揚量の相乗平均。2001～2004 年は、5～6 月着底トロール調査、8～9 月魚探調査、4 月稚魚分布調査および漁況指標値の相乗平均を指標値とした。これらから、1998～2004 の 0 歳魚指標値を求めた。

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	24.24	4.56				4.6
1999	4.66	0.60	17.17	3.63				3.6
2000	3.45	0.96	8.61	3.05				3.1
2001	3.35	0.67	11.97	2.99	62,944	90	13.74	11.8
2002	5.73	0.81	17.61	4.34	31,554	6	0.35	4.3
2003	8.62	1.59	25.41	7.03	8,487	21	1.62	7.1
2004	6.95	1.90	20.32	6.45	15,161	11	1.53	6.6

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