

平成 18 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センター、青森県水産総合研究センター、秋田県農林水産技術センター水産振興センター、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、島根県水産技術センター、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

日本海・東シナ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年には近年では高い水準を維持した。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。2005年は加入量が低かったとみられ、全体の資源量は2004年よりやや低くなったが、近年では高い水準を保っている。再生産成功率(加入量÷親魚量)が最近7年(1998～2004年)の中央値で継続した場合に、親魚量を長期的に同水準に維持する漁獲圧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。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007年漁獲 量(千トン)	F 値	漁獲割合 (%)	*評価		
					A (%)	B (%)	C (千トン)
ABC _{limit} (F _{sus})	親魚量を同水準に維持する。	204(187)	0.69	37	85	31	212
ABC _{target} (0.8F _{sus})	親魚量を同水準に維持する。予防的措置をとる。	173(159)	0.55	31	99.7	84	230
現在の漁獲圧維持 (F _{current})	現在(2005年)の漁獲圧を維持する。	163(150)	0.51	29	99.9	93	227

漁獲割合は2007年漁獲量/資源量。Fは各年齢の単純平均である。2007年漁獲量()内は、我が国EEZ内のもの。F_{current}は2005年のF。

*評価欄: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:2015年に親魚量が2001年値(B_{limit}, 14万トン)を上回った確率、B:2015年に親魚量が2005年値(31万トン)を上回った確率、C:2007～2015年の平均漁獲量。

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F 値	漁獲割合
2004	590	216(192)	0.57	37%
2005	508	183(140)	0.51	36%
2006	498	—	—	—

2006 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
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	2001 年水準 (14 万トン)	これ以下の親魚量だと、良好な加入量 があまり期待できなくなる。
2005 年	親魚量	2001 年水準以上 (31 万トン)	

水準: 中位 動向: 横ばい

1. まえがき

対馬暖流域(日本海・東シナ海)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、日本海および東シナ海で操業する大中型まき網漁業による漁獲量の約 3 割を占める(2005 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、東シナ海南部では 2~3 月に仔稚魚の濃密な分布がみられる。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) 漁業の概要

対馬暖流域で漁獲されるマアジの約 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、2004年には192千トンだったが、2005年は140千トンに減少した(図4)。

韓国は毎年数万トンを漁獲しており、2005年のあじ類の漁獲量は43千トンであった(「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. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

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、2005年も同程度の水準を保った(図5)。有効漁獲努力は、1992～2003年は同水準であったが、2004年以降は減少した。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、2005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、2005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年以降はほぼ同水準で推移した(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)。2005 年は 1 歳魚の漁獲割合が高かった。

(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 23~32 万トンから 1977~1980 年の 12~17 万トンに減少した後、増加傾向を示し、1993~1998 年には、51~56 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、2001 年には 28 万トンにまで減少したが、その後増加して、2005 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、加入量水準は高かったが、2005 年には減少した。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 年以降は増加した。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 2005 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 2007 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(2003~2005 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 2003~2005 年平均(0 歳=0.34、1 歳=1、2 歳=1.14、3 歳以上=0.34)で、各年齢の F の単純平均値が 2005 年と同じ(0.51)である F とする(0 歳=0.25、1 歳=0.72、2 歳=0.82、3 歳以上=0.25)。F_{current} は、F_{0.1} より大きく、F_{30%}と同程度である。

(6) 資源水準・動向の判断

資源量は過去 33 年間(1973~2005 年)で 9 番目に高く、親魚量は 1 番目であり、近年では高水準にある。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。最近 5 年間(2001~2005 年)の資源量は増加傾向にあるが、2005 年級群の加入量が低い可能性があること、2003~2005 年資源量が同一水準にあることを考慮に入れ、最近 3 年間(2003~2005 年)の動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

再生産関係を図 15 に示した。1973～2005 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るが、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 1973～2004 年までのデータでは負の相関があった(図 17、5%有意水準)。2005 年は 3 月の表面水温が低かったにもかかわらず、再生産成功率が低かったとみられ、従来からの関係からは外れている。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が、詳細については不明な点が多く、今後の課題である。また、2～3 月期に東シナ海南部で発生するマアジ仔稚魚の輸送については海況を考慮に入れた数値モデルが検討されており、将来的にはマアジ加入量変動の説明に役立つことが期待される。作成されたモデル上で輸送実験を行ったところ、2005 年については日本海への輸送量が少なく、原因としては、東シナ海を北上し日本海へ向かう流れが例年よりも弱かったことが挙げられている(水産総合研究センター)。

回復の閾値(Blimit)を検討する。親魚量と加入量の 33 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 15)。近年では親魚量が少なかった 2001 年の水準(親魚量約 14 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 18 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、2006 年級群の分布量は 2005 年級群をやや上回ると考えられる(加入量指数、2003 年を 1 として、2004 年 0.200、2005 年 0.136、2006 年 0.305(志村、未発表))。ABC の算定等においては 2006 年の加入量を 2005 年と同程度とした。

再生産成功率は 2002 年以降減少傾向を示しているものの、親魚量水準は高い。直近年(2005 年)の加入量計算値は不確定なので、ABC の算定においては 2006 年以降の再生産成功率を資源量指標値のある 1998 年以降、すなわち 1998～2004 年の中央値とした。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 71 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ため、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 1998～2004 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 71 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 2007 年時点での漁獲量は少ないが、2008 年には同程度となり、2009 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＝1998～2004 年の中央値 0.024 尾/g、親魚量が 30 万トンを超えた場合加入量 71 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、2006 年の漁獲量は 156 千トンと見積もられる。 F_{sus} は年齢別選択率が 2003～2005 年と同じで、2005 年親魚量と 2011 年親魚量が等しくなるように探索的に求めた F（0 歳＝0.34、1 歳＝0.98、2 歳＝1.11、3 歳＝0.33）。

F	基準値	漁獲量(千トン)					親魚量(千トン)				
		2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
0.41	0.80 $F_{current}$	137	183	216	226	230	291	368	457	520	552
0.43	0.85 $F_{current}$	144	188	220	230	234	291	360	439	494	522
0.46	0.90 $F_{current}$	150	194	224	233	237	291	351	421	470	494
0.48	0.95 $F_{current}$	157	198	228	236	239	291	343	405	447	468
0.51	$F_{current}$	163	203	231	238	241	291	335	390	426	443
0.69	F_{sus}	204	223	235	239	244	291	283	292	299	307

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。2006～2015 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、 F_{sus} 、 $0.8F_{sus}$ 、 $F_{current}$ 漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2006～2015 年の加入量は毎年異なり、その値は、1973～2004 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 0.024 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 2015

年には親魚量 25 万 トンの水準になり、親魚量が低くなる場合も現れた。0.8 F_{sus} では 1000 回の平均値が緩やかに増加した。 $F_{current}$ 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。

(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、2005 年はそれよりかなり高い水準にあり、漁獲によって親魚量がすぐさま好ましくない水準に陥る危険性は少ない。前年提案した ABC と同程度の漁獲量を維持すれば、仮定した加入量の条件下で、高い水準で親魚量を維持することが期待される。親魚量を同水準に維持する漁獲圧を上限として漁獲し、経過をみるのが妥当であると考えられる。一方、漁況によって漁業者が捉えるマアジの資源水準には海域差があり、かなり低い水準にあるという指摘もある。資源量の増大に伴い、分布が広がることが期待されるため、全体としては資源をさらに増やすことが望ましい。現在までの情報から、2005 年、2006 年の加入量が高い水準ではない可能性があるため、2006 年以降の加入状況が回復すれば資源の増加を目指し、加入量の減少傾向が続くようであれば、その程度に応じた対応を検討するのが妥当であろう。

6. 2007 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、親魚量も高い値を示している。仮定された今後の加入量の見積りのもとでは、親魚量を長期的に同水準に維持する漁獲圧のもとで、高い漁獲量を実現しながら、親魚量水準を高水準で維持することが期待できる。親魚量を同水準に維持する漁獲圧で漁獲を継続するのが妥当である。

(2) ABC と参考値の算定、管理の考え方と 2007 年漁獲量

ABC 算定規則 1-1)-(1)により、

F_{limit} = 基準値

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

上記の検討から、基準値として F_{sus} を採用する (年齢別選択率は 2003~2005 年平均)。 α は標準値の 0.8 を使用する。

2007 年の ABC は下表のように算出される。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007 年漁獲 量(千トン)	F 値	漁獲割合 (%)	*評価		
					A (%)	B (%)	C (千トン)
ABClimit (Fsus)	親魚量を同水準に 維持する。	204(187)	0.69	37	85	31	212
ABCtarget (0.8Fsus)	親魚量を同水準に 維持する。予防的 措置をとる。	173(159)	0.55	31	99.7	84	230
現在の漁獲 圧維持 (Fcurrent)	現在(2005 年)の漁 獲圧を維持する。	163(150)	0.51	29	99.9	93	227

漁獲割合は 2007 年漁獲量/資源量。F は各年齢の単純平均である。2007 年漁獲量()
内は、我が国 EEZ 内のもの。Fcurrent は 2005 年の F。

*評価欄: 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: 2015 年に親魚量
が 2001 年値(Blimit、14 万トン)を上回った確率、B: 2015 年に親魚量が 2005 年値(31 万トン)
を上回った確率、C: 2007~2015 年の平均漁獲量。

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、近年ではもっと
も高かった割合 (91.9%)とした。

(3)ABC の再評価

評価対象年	管理基準	資源量	ABClimit	target	漁獲量	管理目標
2005 年(当初)	Fcurrent (0.67)	474	197(175)	167(149)	-	現状漁獲継続
2005 年(2005 年再評価)	Fcurrent (0.79)	516	205(188)	174(160)	-	現状漁獲継続
2005 年(2006 年再評価)	Fcurrent (0.51)	508	183(168)	155(142)	183	現状漁獲継続
2006 年(当初)	Fcurrent (0.79)	594	243(223)	207(190)	-	現状漁獲継続
2006 年(再評価)	Fsus (0.69)	498	194(179)	166(153)	-	親魚量維持

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。

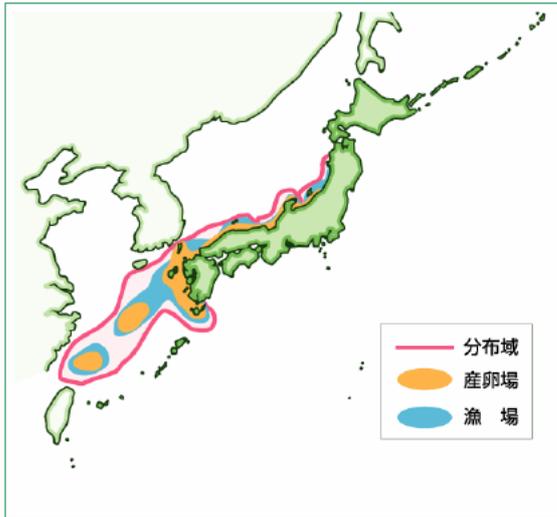


図1 マアジ対馬暖流系群の分布・回遊

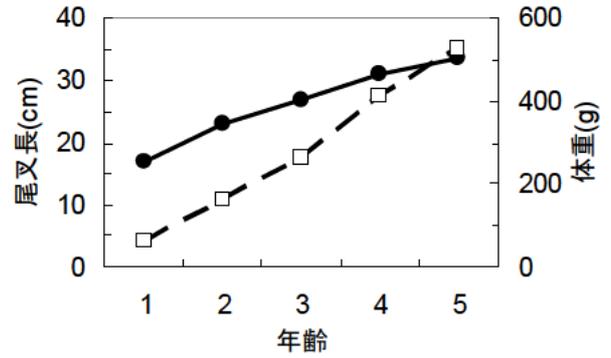


図2 年齢と成長

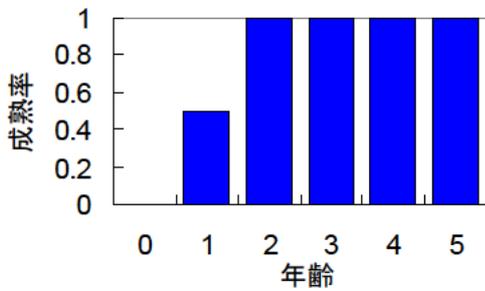


図3 年齢と成熟率

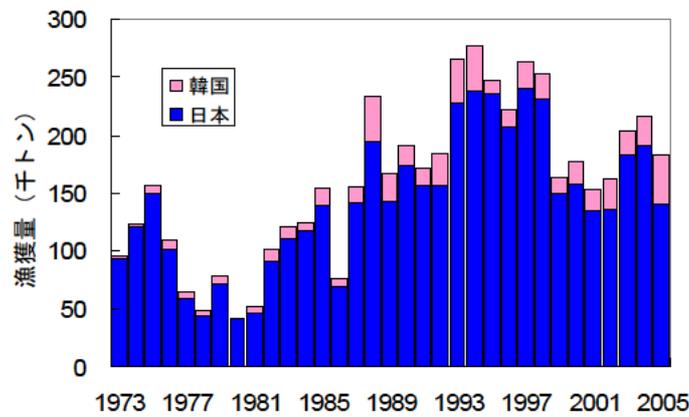


図4 漁獲量

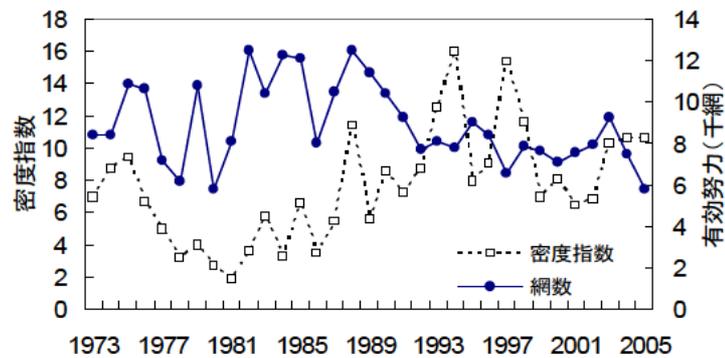


図5 大中型まき網の資源密度指数と有効努力量

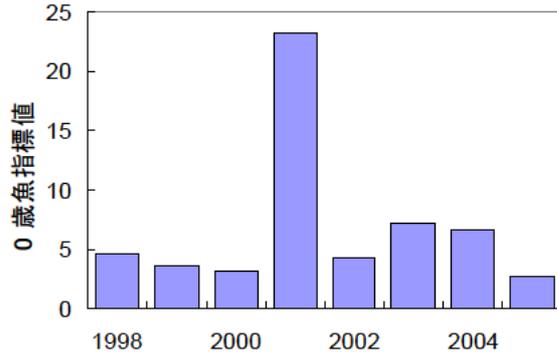


図 6. 0歳魚指標値

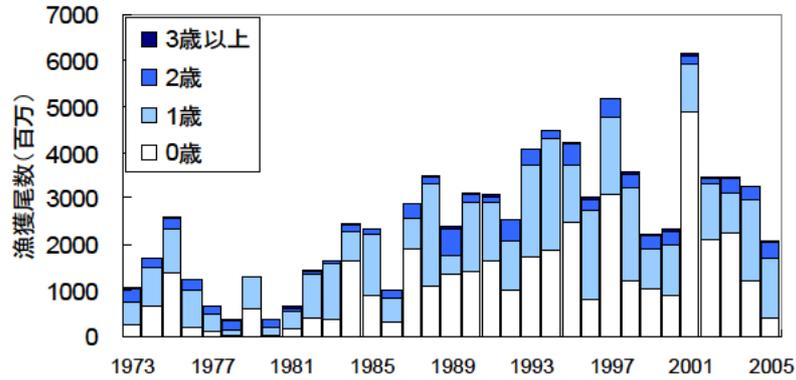


図 7. 年齢別漁獲尾数

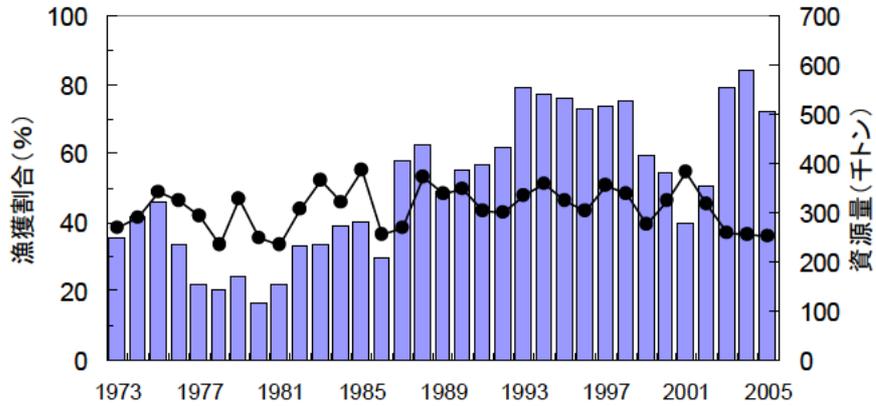


図 8. 資源量 (棒グラフ) と漁獲割合 (折れ線グラフ)

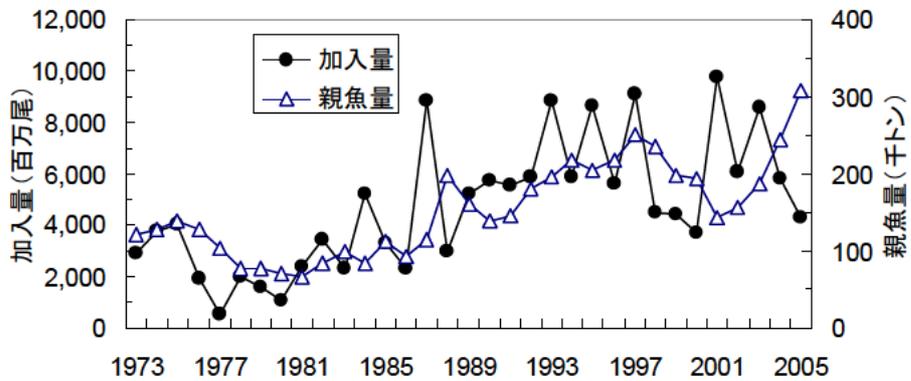


図 9. 親魚量と加入量

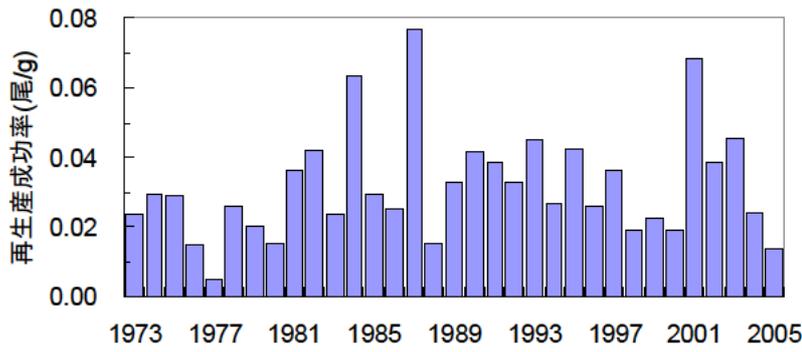


図 10. 再生産成功率

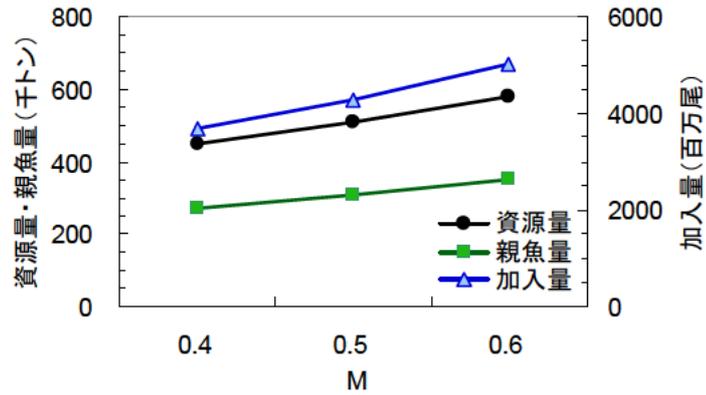


図 11. M と 2005 年資源量、親魚量、加入量の関係

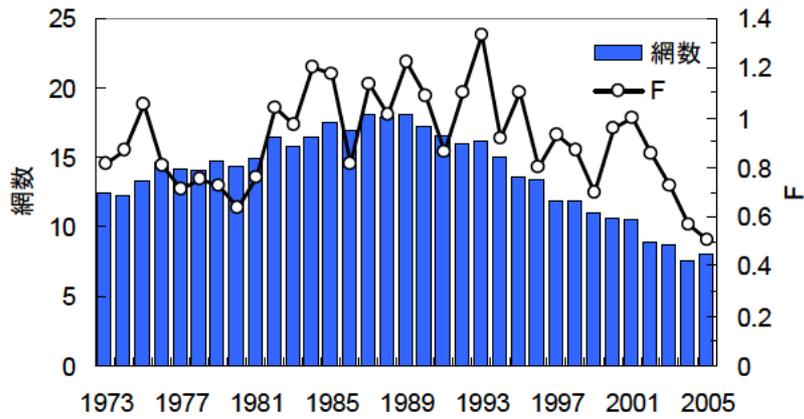


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

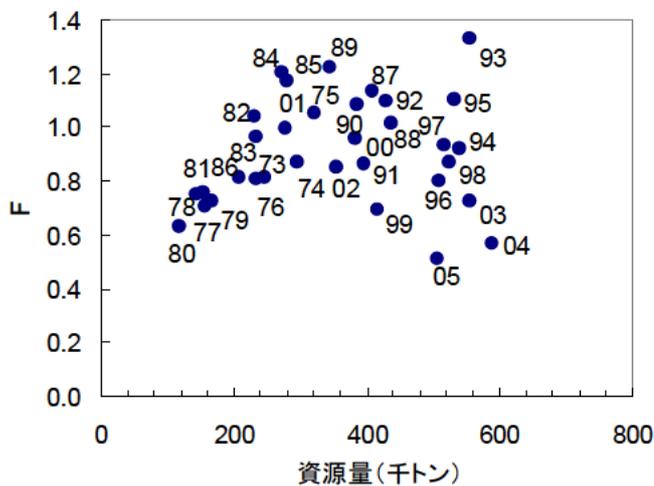


図 13. 資源量と F の関係

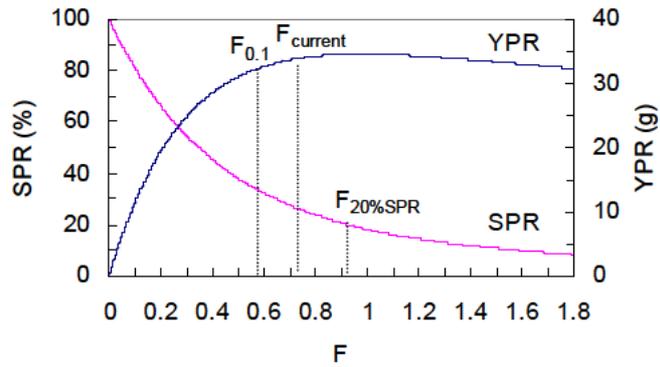


図 14. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2003～2005 年平均)

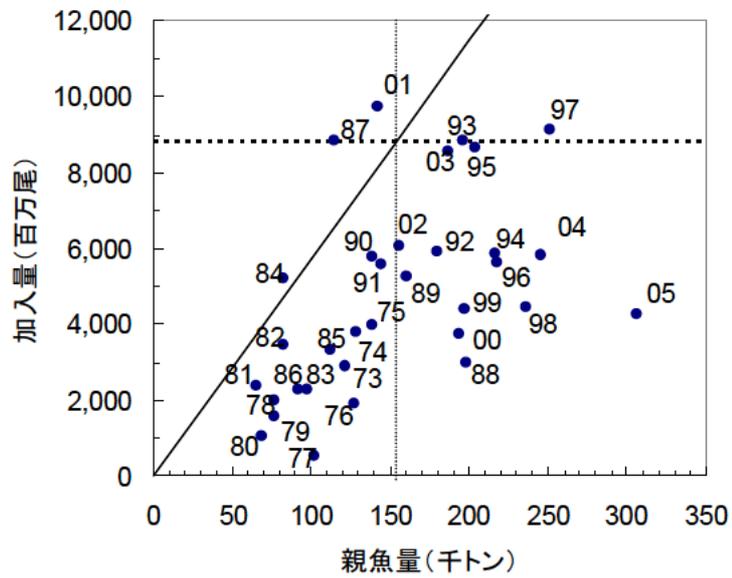


図 15. 親魚量と加入量の関係 (1973～2005 年)

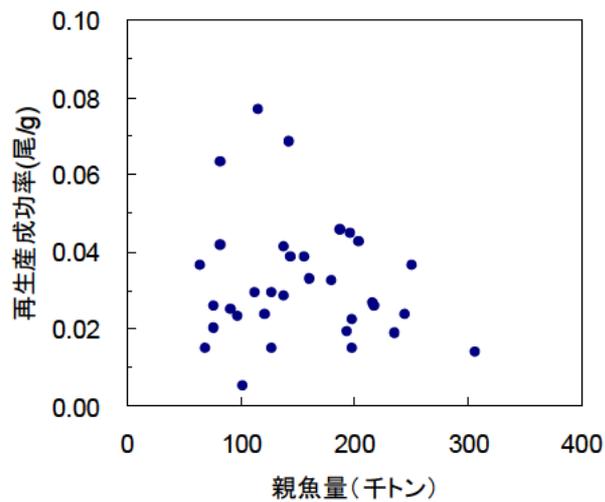


図 16. 親魚量と再生産成功率の関係

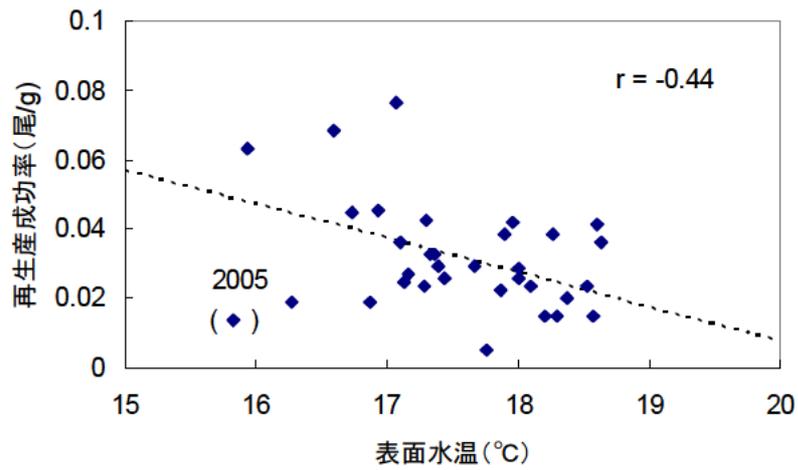


図 17. 表面水温と再生産成功率の関係

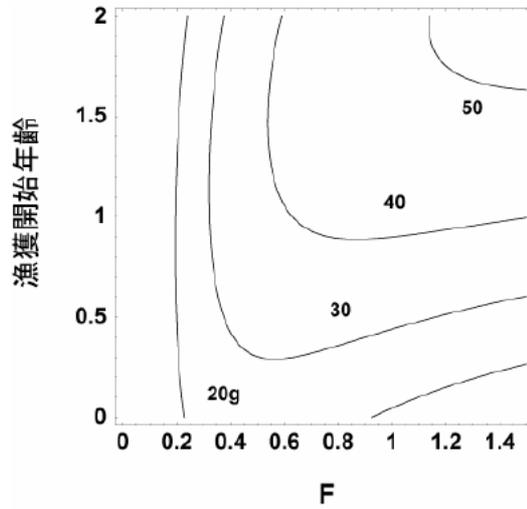


図 18. 等漁獲量曲線

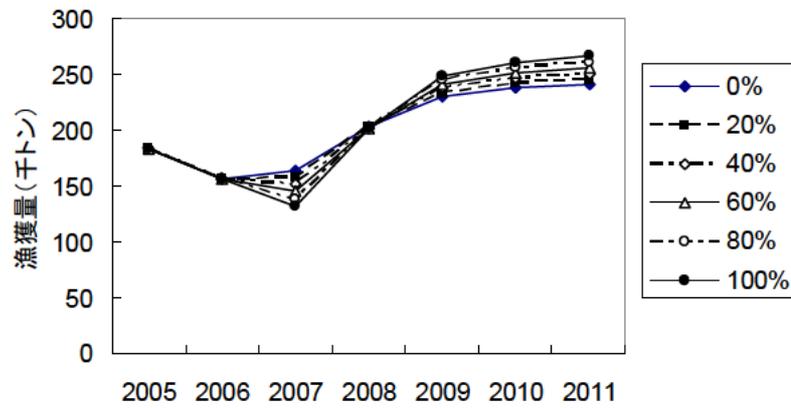


図 19. 0 歳 F の削減に伴う漁獲量の推移

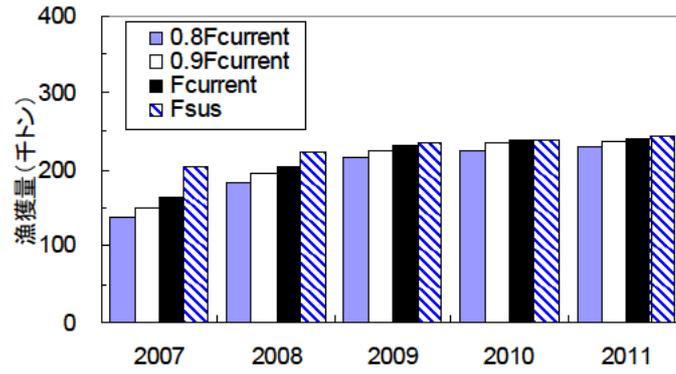


図 20. F による漁獲量の変化

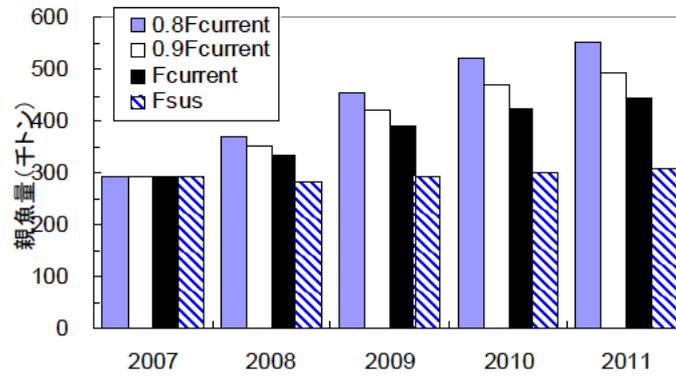


図 21. F による親魚量の変化

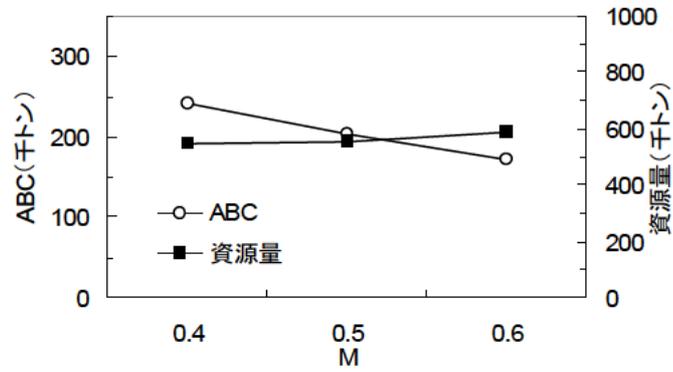


図 22. M と 2007 年 ABC、2007 年資源量の関係

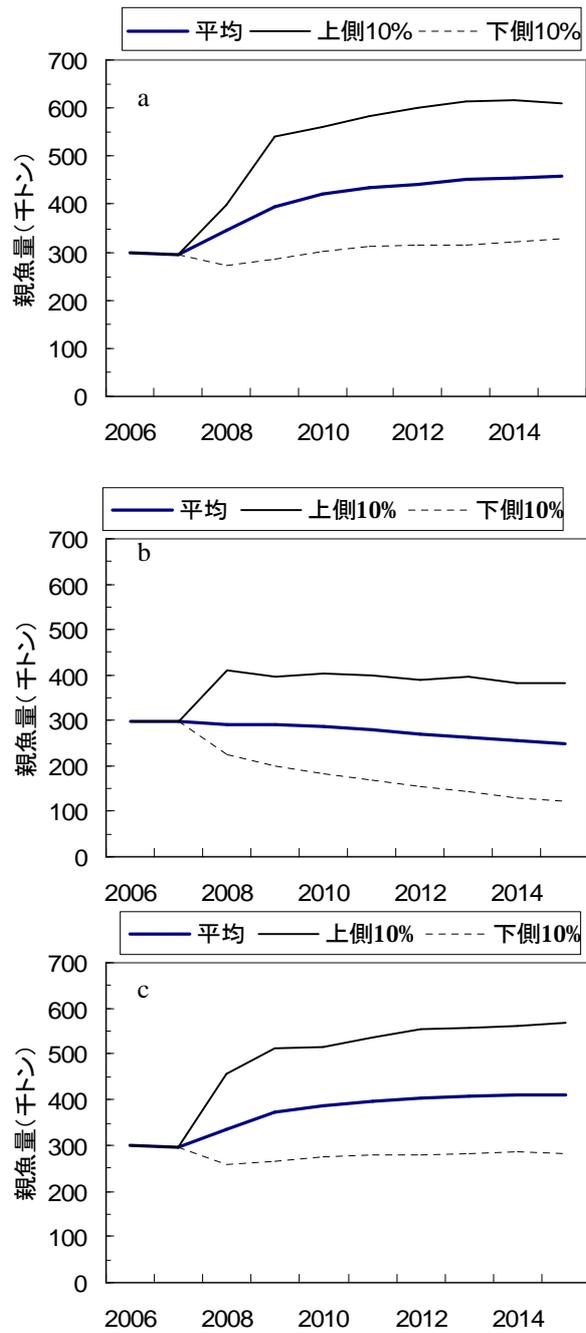


図 23. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化
(a. $F_{curernt}$ 、b. F_{sus} 、c. $0.8F_{sus}$)

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	0.75	1.83	0.55	2,873	1,128	414	45
1974	657	818	220	18	18	65	33	6	0.25	1.05	1.67	0.50	3,766	1,534	322	56
1975	1,399	938	240	21	39	75	36	7	0.57	1.02	2.01	0.60	3,990	1,783	326	57
1976	215	773	249	13	6	62	37	4	0.15	1.16	1.47	0.44	1,896	1,367	388	45
1977	97	386	167	21	3	31	25	7	0.27	0.66	1.46	0.44	520	985	260	72
1978	39	89	218	22	1	7	32	7	0.03	0.61	1.82	0.55	2,007	241	307	65
1979	625	657	36	9	18	52	5	3	0.69	1.12	0.83	0.25	1,550	1,187	79	53
1980	41	173	150	13	1	14	22	4	0.05	0.61	1.44	0.43	1,049	472	236	46
1981	178	364	92	13	5	29	14	4	0.10	1.30	1.26	0.38	2,355	604	156	52
1982	428	933	67	15	12	75	10	5	0.17	1.92	1.59	0.48	3,457	1,292	100	48
1983	368	1,218	74	9	10	97	11	3	0.23	1.71	1.49	0.45	2,290	1,769	115	31
1984	1,638	654	151	11	46	52	22	4	0.50	1.25	2.36	0.71	5,214	1,107	194	28
1985	890	1,332	141	7	25	106	21	2	0.41	1.73	1.97	0.59	3,296	1,926	192	19
1986	314	535	147	8	9	43	22	3	0.19	0.69	1.82	0.55	2,286	1,325	208	23
1987	1,908	652	313	12	53	52	46	4	0.32	1.17	2.35	0.71	8,825	1,147	402	28
1988	1,125	2,205	150	10	32	176	22	4	0.63	1.16	1.74	0.52	2,974	3,901	216	32
1989	1,351	404	613	16	38	32	91	6	0.39	0.73	2.90	0.87	5,240	959	743	34
1990	1,405	1,499	193	11	39	120	29	4	0.37	1.75	1.72	0.52	5,743	2,153	279	34
1991	1,657	1,250	149	13	46	100	22	4	0.47	1.00	1.53	0.46	5,556	2,417	227	43
1992	995	1,097	424	19	28	88	63	7	0.24	1.00	2.43	0.73	5,887	2,117	540	46
1993	1,743	1,947	375	18	49	155	56	6	0.29	1.73	2.54	0.76	8,814	2,811	472	42
1994	1,864	2,418	191	10	52	193	28	3	0.51	1.30	1.44	0.43	5,848	4,018	301	35
1995	2,504	1,187	506	22	70	95	75	7	0.45	1.12	2.18	0.66	8,667	2,140	667	57
1996	807	1,919	265	17	23	153	39	6	0.20	1.18	1.40	0.42	5,619	3,362	423	64
1997	3,094	1,652	405	25	51	137	66	9	0.55	1.26	1.48	0.44	9,123	2,791	628	89
1998	1,218	2,020	286	31	46	154	43	10	0.42	1.42	1.26	0.38	4,463	3,202	482	121
1999	1,037	878	267	31	33	80	42	10	0.35	0.92	1.17	0.35	4,417	1,784	470	133
2000	891	1,106	298	47	27	90	43	18	0.36	1.23	1.73	0.52	3,709	1,892	430	146
2001	4,890	1,029	190	23	39	77	28	8	0.95	1.53	1.16	0.35	9,747	1,574	336	99
2002	2,131	1,182	130	29	38	95	21	9	0.58	1.00	1.41	0.42	6,042	2,285	207	106
2003	2,261	862	315	20	75	71	48	6	0.40	0.73	1.36	0.41	8,540	2,061	511	73
2004	1,196	1,795	258	17	45	131	34	6	0.30	1.00	0.74	0.22	5,821	3,466	605	109
2005	522	1,285	324	36	11	111	49	12	0.17	0.92	0.73	0.22	4,264	2,621	773	227

表 2. 漁獲量とコホート計算結果

年	漁獲量 (千トン)			資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (100万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/g)
	日本	韓国	計					
1973	93	2	95	247	122	2,873	38	0.024
1974	121	2	122	295	128	3,766	41	0.029
1975	150	7	157	322	139	3,990	49	0.029
1976	102	7	109	235	128	1,896	46	0.015
1977	60	5	65	156	102	520	42	0.005
1978	44	4	48	143	77	2,007	34	0.026
1979	72	7	79	168	77	1,550	47	0.020
1980	41	1	42	118	69	1,049	35	0.015
1981	47	6	52	155	65	2,355	34	0.036
1982	91	11	101	231	83	3,457	44	0.042
1983	110	12	122	233	98	2,290	52	0.023
1984	117	7	124	273	82	5,214	46	0.063
1985	139	16	155	281	112	3,296	55	0.029
1986	69	7	76	208	91	2,286	36	0.025
1987	142	14	156	408	115	8,825	38	0.077
1988	194	40	233	438	199	2,974	53	0.015
1989	144	23	167	345	160	5,240	48	0.033
1990	174	17	191	386	139	5,743	50	0.041
1991	156	16	173	397	145	5,556	43	0.038
1992	157	28	185	430	180	5,887	43	0.033
1993	228	38	266	556	197	8,814	48	0.045
1994	239	38	277	541	217	5,848	51	0.027
1995	235	12	248	532	204	8,667	47	0.043
1996	207	15	221	510	219	5,619	43	0.026
1997	241	23	263	517	251	9,123	51	0.036
1998	231	22	253	526	236	4,463	48	0.019
1999	150	14	164	417	198	4,417	39	0.022
2000	159	20	178	384	194	3,709	46	0.019
2001	135	18	152	279	142	9,747	54	0.069
2002	136	26	162	356	156	6,042	46	0.039
2003	180	20	201	555	187	8,540	36	0.046
2004	192	25	216	590	245	5,821	37	0.024
2005	140	43	183	508	307	4,264	36	0.014

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	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.00
	1歳	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	2歳	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
	3歳以上	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
2011年漁獲量(千トン)		241	246	250	256	261	267

表 4. 2006 年以降の資源尾数等

F_{limit} 、 F_{sus} で漁獲した場合の 2007～2011 年の年齢別資源尾数、重量、漁獲量。
 体重 (g) は、0 歳 = 26、1 歳 = 81、2 歳 = 151、3 歳以上 = 342 (1997～2005 年平均
 体重)。

2006 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	4,264	110	-	746	19	0.25
1 歳	2,187	177	88	910	74	0.72
2 歳	635	96	96	289	43	0.82
3 歳以上	337	115	115	58	20	0.25
計・平均	7,423	498	299	2,003	156	0.51

Fsus 年齢/年	資源尾数(百万)					資源量(千トン)				
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
0 歳	6,924	6,734	6,948	7,113	7,127	179	174	180	184	185
1 歳	2,017	2,997	2,914	3,007	3,079	163	242	236	243	249
2 歳	645	460	683	664	685	97	69	103	100	103
3 歳以上	330	272	210	228	231	113	93	72	78	79
計	9,917	10,463	10,756	11,012	11,123	552	579	590	605	616

Fsus 年齢/年	漁獲尾数(百万)					漁獲量(千トン)					F
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	
0 歳	1,583	1,539	1,588	1,626	1,629	41	40	41	42	42	0.34
1 歳	1,031	1,532	1,490	1,537	1,573	83	124	121	124	127	0.98
2 歳	356	254	377	367	378	54	38	57	55	57	1.11
3 歳以上	75	62	48	51	52	26	21	16	18	18	0.33
計・平均	3,044	3,386	3,502	3,581	3,633	204	223	235	239	244	0.69

0.8 Fsus 年齢/年	資源尾数(百万)					資源量(千トン)				
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
0 歳	6,924	7,127	7,127	7,127	7,127	179	185	185	185	185
1 歳	2,017	3,206	3,300	3,300	3,300	163	259	267	267	267
2 歳	645	559	889	915	915	97	84	134	138	138
3 歳以上	330	314	285	354	393	113	107	97	121	134
計	9,917	11,207	11,601	11,696	11,735	552	635	683	710	723

0.8 Fsus 年齢/年	漁獲尾数(百万)					漁獲量(千トン)					F
	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	
0 歳	1,304	1,342	1,342	1,342	1,342	34	35	35	35	35	0.27
1 歳	890	1,415	1,456	1,456	1,456	72	114	118	118	118	0.78
2 歳	310	269	427	439	439	47	40	64	66	66	0.89
3 歳以上	61	59	53	66	73	21	20	18	23	25	0.27
計・平均	2,565	3,084	3,278	3,303	3,311	173	210	235	241	244	0.55

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	2005
現存量指標値	8.8	3.3	18.4	12.1	89.8	5.7	20.5	10.6	6.1

(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	2005	2006
現存量推定値(トン)	26,700	70,900	34,900	9,422	23,535	7,097	2,698

(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採集個体数と曳網数(2000~2006年)

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	
	2006	鹿児島県	17	6	75	1,330	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	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	
	2006	長崎県	12	19	25	18,067	18	
		鹿児島県	18	21	127	20,243	31	
		西海水研	94	231	789	63,377	151	
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	
	2006	山口県	8	3	8	3,232	0	
		長崎県	12	17	24	2,921	15	
		鹿児島県	18	33	54	44,164	177	
	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
2005		山口県	8	5	1	285	5	
2006		山口県	8	0	0	600	0	

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。2005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($M=2.5 \div \text{最高年齢} = 0.5$)求めた。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長(cm)	12.0	18.9	22.5	29.1
体重(g)	21	87	151	337
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)。1973~2005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。

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

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

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

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

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(2005年)の1~2歳のFを、九州主要港に水揚げされた大中型まき網漁業のCPUE(一日一匹当り漁獲量の平均)の変動傾向(1998~2005年)と1~3歳魚の資源量、0歳魚の指標値(1998~2004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1998~2005年とした。αはこれまでに求めた値(2003年0.2、2004年0.33、2005年0.57)の中央値にあたる0.3とした。

$$\text{最小} \sum_{a=1}^3 \sum_{y=1998}^{2005} \{\ln(q_{1,a} B_{a,y}) - \ln(CPUE_{a,y})\}^2 + \sum_{y=1998}^{2004} \{\ln(q_2 N_{0,y}) - \ln(I_{0,y})\}^2 \quad (6)$$

$$q_{1,a} = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2005} CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1998}^{2005} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{8}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2004} I_{0,y}}{\prod_{y=1998}^{2004} N_{0,y}} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (7)$$

ここで、 B は資源量、 I_0 は 0 歳魚の指標値(補注 3)。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、 $F_{1,2005}=0.92$ 、 $F_{2,2005}=0.73$ 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(2005 年)の 0 歳魚の資源尾数の推定は、2004 年と 2005 年の 0 歳魚の指標値の比率を 2004 年の 0 歳魚の資源重量にかけて 2005 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、 $F_{0,2005}=0.17$ となる。

年齢(銘柄)別 CPUE(トン/日・隻)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1 歳	1.10	0.82	0.88	1.77	5.81	2.56	2.23	2.00
2 歳	0.05	0.21	0.07	0.10	0.19	0.16	0.10	0.21
3 歳以上	0.02	0.04	0.09	0.03	0.02	0.03	0.02	0.07

補注 1. 年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。1997~2005 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、1973~2005 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、1997~2005 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 1997~2005 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。なお、2004 年については漁獲量の暫定値の更新に伴い、年齢別漁獲尾数も更新した。

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

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

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

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

さらに(A3)式を参考に F について変形すると

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

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

平松 (内部資料) より抜粋。

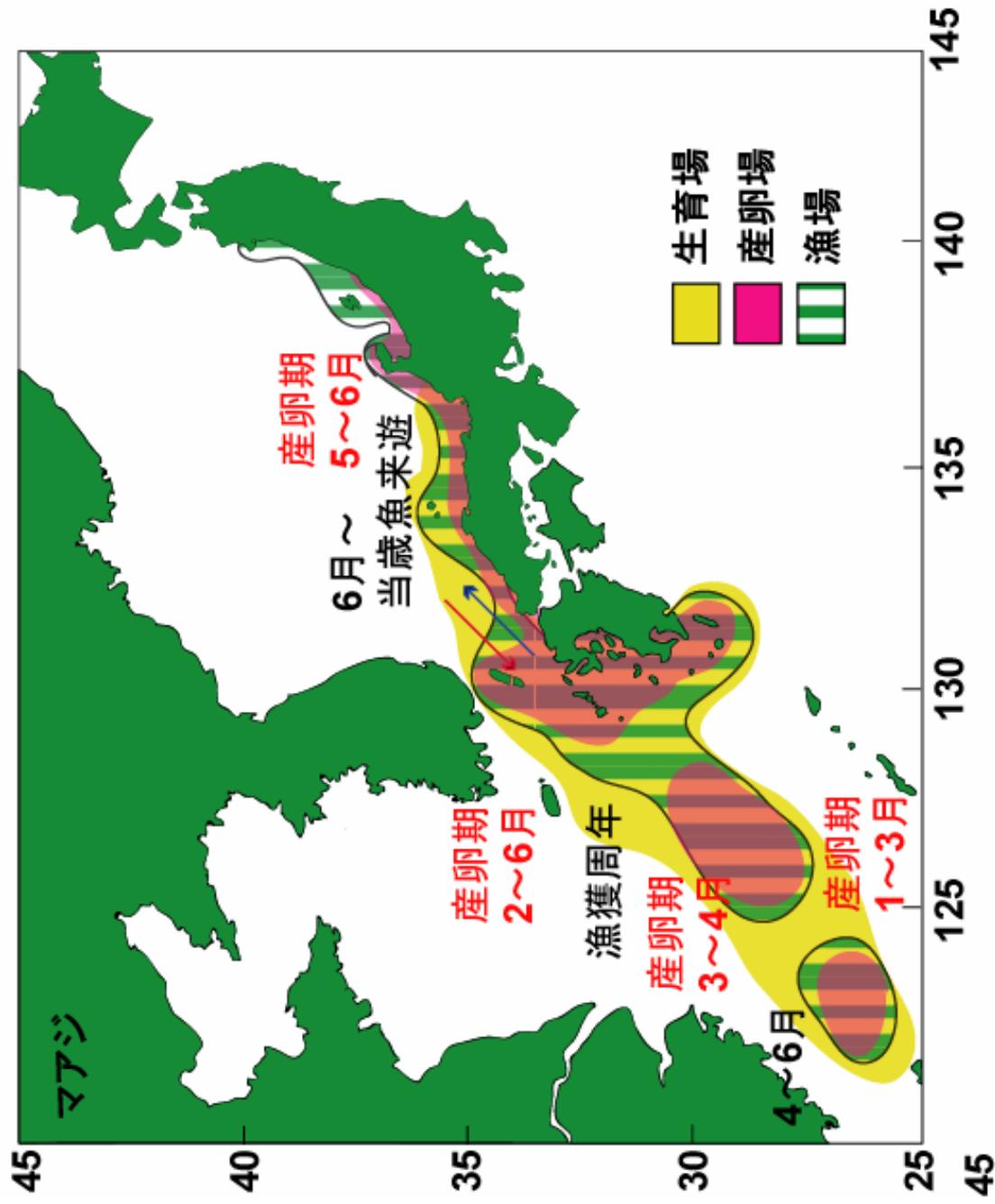
補注 3. 0 歳魚の指標値は以下のように求めた。漁況指標値としては、大中型まき網の 0 歳魚資源密度指数、境港豆銘柄まき網 1 か統当り漁獲量(9~12 月)、長崎魚市豆銘柄 1 入港隻当り水揚量の相乗平均を求め、調査船調査データのない 1998~2000 年についてはこれを 0 歳魚の指標値とした。2001~2005 年は、5~6 月着底トロール調査、8~9 月魚探調査、4 月稚魚分布調査によって得られたマアジ当歳魚の現存量指標値を先に求めた漁況指標値と相乗平均したものを指標値と考えた。2001 年以降についてもそれ以前の指標値と基準を合わせるために、2002 年の指標値が漁況指標値と等しくなるよう補正したものを 2001 年以降の 0 歳魚の指標値とした。

年	大中 まき	長崎	境港	漁況	着底	魚探	稚魚	相乗平 均値	0 歳魚 指標値
1998	5.89	0.67	24.24	4.56					4.56
1999	4.68	0.60	17.17	3.63					3.63
2000	3.42	0.96	8.61	3.04					3.04
2001	3.31	0.67	11.97	2.98	62,944	90	13.74	123.32	23.23
2002	5.56	0.81	17.61	4.30	31,554	6	0.35	22.82	4.30
2003	8.89	1.59	25.41	7.11	8,487	21	1.62	37.61	7.09
2004	6.25	1.90	20.31	6.22	15,161	11	1.53	35.18	6.63
2005	5.09	1.50	17.73	5.14	324	6	3.87	14.06	2.65

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.
- 水産総合研究センター(2006)平成 17 年度 フロンティア研究「海洋生物資源の変動要因の解明と高精度変動予測技術の開発」海洋環境が浮魚類の生態に及ぼす影響の解明と資源変動予測(FRECS2)成果報告.36-41.



マアジ対馬暖流系群の生活史と漁場形成模式図