

## 平成 19 年度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

(由上龍嗣、依田真里、浅野謙治、大下誠二、田中寛繁)

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で経過し、2004年にかけて資源量は増加した。しかし、2005年、2006年の加入量は低かったとみられ、資源量は2005年に引き続いて2006年も減少した。再生産成功率（加入量÷親魚量）が最近8年（1998～2005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	2008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	163 (150)	0.71	39	46	42	152
$ABC_{target}$ ( $0.8F_{sus}$ )	親魚量を同水準に 維持する(予防的措 置をとる)	140 (129)	0.57	33	5	91	183
現在の漁獲圧 維持 ( $F_{current}$ )	現在(2006年)の漁 獲圧を維持する	152 (140)	0.64	36	18	73	172

漁獲割合は2008年漁獲量/資源量、F値は各年齢の単純平均である。2008年漁獲量( )内は、我が国EEZ内のもの。  $F_{current}$  は2006年のF。

評価欄：再生産成功率の変動を考慮した1000回シミュレーションにおいて、A：2016年に親魚量が2001年値 ( $B_{limit}$ 、14万トン)を下回った確率、B：2016年に親魚量が2006年値(22万トン)を上回った確率、C：2008～2016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
2005	432	184 (143)	0.67	43%
2006	387	148 (125)	0.64	38%
2007	385	-	-	-

2007 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 (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。
	2006 年 親魚量	2001 年水準以上 (22 万トン)	

水準：中位 動向：減少

## 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 24% を占める（2006 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る。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（Sassa et al., 2006）。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（Tanaka

et al., 2006)。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年には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192千トンであったが、2005年には142千トン、2006年には125千トンに減少した（図4）。

韓国は毎年、数万トンを漁獲しており、2006年のあじ類の漁獲量は23千トンであった（「漁業生産統計」韓国海洋水産部）。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後、2003年に増加し、2005年まで同程度の水準を保ったが、2006年は再び低くなった（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、2006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、2006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、2003年、2004年もやや高い値を示したが、2005年、2006年は低い値となった（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)。2005年、2006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、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(図8)。1999年以降はそれよりやや低く、2001年は28万トンに減少したが、その後増加して、2004年は54万トンであった。2005年以降は減少に転じ、2006年は39万トンであった。

加入量(資源計算の0歳魚資源尾数)は1993年から2000年まで、変動しながら緩やかな減少傾向を示した(図9)。2001年に急増した後、2004年まで加入量はやや高い水準で推移したが、2005年、2006年には減少し、近年ではかなり低い水準となった。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。2002年以降は増加傾向に転じ、2005年まで増加したが、2006年は2005年よりも減少した。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年に急増した(図10)。その後は再び減少傾向を示し、2005年、2006年はかなり低い値となった。

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の値を変化させた場合の2006年の資源量、親魚量、加入量を図11に示す。Mの値が大きくなると、いずれの値も大きくなる。

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)。

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。

### (5) 資源の水準・動向

資源水準は、過去34年間(1973~2006年)の資源量の推移から中位、動向は、過去3年間(2004~2006年)の資源量が減少傾向にあることから、減少と判断する。

## 5. 資源管理の方策

### (1) 再生産関係

再生産関係を図14に示した。1973~2006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。近年は親魚量が高い水準にあるが、加入量にバラツキが大きい。高い加入量を得るために、

親魚量を低い水準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 15）。

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 月の海面水温（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 16、5%有意水準）。2005 年は 3 月の海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、従来との関係からは外れていた。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 ( $B_{limit}$ ) を検討する。親魚量と加入量の 34 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 16 万トン程度である（図 14）。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  $B_{limit}$  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 19 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、2007 年級群の分布量は 2006 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 0.202、2005 年 0.247、2006 年 0.260、2007 年 0.480（志村、未発表））。

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（2006 年）の加入量計算値は不確定なので、ABC の算定においては 2007 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 1998～2005 年の中央値 24 尾/kg 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) 加入量当り漁獲量

年齢別選択率を一定（2004～2006 年平均）として  $F$  を変化させた場合の、加入量当り漁獲量（YPR）と加入量当り親魚量（SPR）を図 17 に示す。現状の  $F$  ( $F_{current}$ ) を年

年齢別選択率が 2004～2006 年平均（0 歳＝0.22、1 歳＝1、2 歳＝0.88、3 歳以上＝0.27）で、各年齢の F の単純平均値が 2006 年と同じ（0.64）である F とする（0 歳＝0.23、1 歳＝1.08、2 歳＝0.95、3 歳以上＝0.29）。 $F_{\text{current}}$  は、 $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%}$  より高い。

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、より大きな加入量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  $F_{\text{current}}$ （＝ $F_{2006}$ ）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 1998～2005 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 2008 年時点での漁獲量は少ないが、2009 年には同程度となり、2010 年以降は削減率が大きいほど漁獲量は多くなる（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＝1998～2005 年の中央値 24 尾/kg、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資源量を示す。

コホート計算結果、加入量の条件及び  $F_{\text{current}}$ （＝ $F_{2006}$ ）から、2007 年の漁獲量は 132 千トンと見積もられる。 $F_{\text{sus}}$  は年齢別選択率が 2004～2006 年と同じで、2009 年親魚量と 2017 年親魚量が等しくなるように探索的に求めた F（0 歳＝0.26、1 歳＝1.20、2 歳＝1.06、3 歳＝0.32）。

F	基準値	漁獲量（千トン）					資源量（千トン）				
		2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
0.44	0.7 $F_{\text{current}}$	118	148	184	217	231	420	524	653	750	806
0.51	0.8 $F_{\text{current}}$	130	155	184	217	235	420	495	595	683	737
0.57	0.9 $F_{\text{current}}$	141	160	180	204	228	420	469	531	600	661
0.64	$F_{\text{current}}$	152	164	174	186	199	420	445	475	506	540
0.71	$F_{\text{sus}}$	163	167	167	167	167	420	419	419	419	419

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。2007～2016 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、 $F_{\text{sus}}$ 、 $F_{\text{current}}$ （＝ $F_{2006}$ ）、0.8  $F_{\text{current}}$  で漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2007～2016 年の加入量は毎年異なり、その値は、1973～2005 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 24 尾/kg を乗じたものであるとした。親

魚量が 30 万トンを越えた場合は、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 22)、 $F_{sus}$  では 1000 回の平均値が 2008 年親魚量を維持したが、親魚量がかかなり低くなる場合も現れた。 $F_{current}$  では 1000 回の平均値が緩やかに増加したが、親魚量が低くなる場合も現れた。 $0.8F_{current}$  では下側 10% (下位 100 回) でも親魚量を維持した。

#### (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、2006 年はそれより高い水準にある。仮定された加入量の条件下では、現在の漁獲圧を継続することによって、資源量、親魚量の緩やかな増加が期待されるが、2005 年、2006 年の再生産成功率は仮定値よりも下回っており、2007 年以降も再生産成功率が仮定値を下回る傾向が継続すれば、長期的にみると親魚量が 2001 年水準 ( $B_{limit}$ ) 近くまで減少する可能性もある。今年度の提案としては、親魚量を同水準に維持する漁獲圧を上限として漁獲して経過を見ることとした。2007 年以降も加入量の低水準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. 2008 年 ABC の算定

#### (1) 資源評価のまとめ

2005 年、2006 年の加入量が低かったために、近年では高かった 2003~2004 年の水準から、資源量、親魚量ともに減少傾向に転じた。漁獲係数は高く、現在の漁獲圧が適切かどうかは再生産成功率に大きく依存する。2006 年の親魚量水準は比較的高く、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。よって、仮定された加入量の条件下で、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。

#### (2) ABC と参考値の算定、管理の考え方と許容漁獲量

ABC 算定規則 1-1)-(1)により、

$$F_{limit} = \text{基準値}$$

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

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 2004~2006 年平均)。 $\alpha$  は標準値の 0.8 を使用する。2008 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	2008年 漁獲量 (千トン)	F値	漁獲 割合 (%)	評価		
					A (%)	B (%)	C (千 トン)
ABC <sub>limit</sub> (F <sub>sus</sub> )	親魚量を同水準に 維持する	163 (150)	0.71	39	46	42	152
ABC <sub>target</sub> (0.8F <sub>sus</sub> )	親魚量を同水準に 維持する(予防的措 置をとる)	140 (129)	0.57	33	5	91	183
現在の漁獲圧 維持 (F <sub>current</sub> )	現在(2006年)の漁 獲圧を維持する	152 (140)	0.64	36	18	73	172

漁獲割合は2008年漁獲量/資源量。F値は各年齢の単純平均である。2008年漁獲量( )内は、我が国EEZ内のもの。F<sub>current</sub>は2006年のF。

評価欄:再生産成功率の変動を考慮した1000回シミュレーションにおいて、A:2016年に親魚量が2001年値(B<sub>limit</sub>、14万トン)を下回った確率、B:2016年に親魚量が2006年値(22万トン)を上回った確率、C:2008~2016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、近年で最も高かった割合(1999年、91.9%)とした。

### (3) ABCの再評価

評価対象年	管理基準	資源量	ABC <sub>limit</sub>	ABC <sub>target</sub>	漁獲量	管理目標
2006年(当初)	F <sub>current</sub> (0.67)	594	243(223)	207(190)	-	現在漁獲継続
2006年(2006年再評価)	F <sub>sus</sub> (0.69)	498	194(179)	166(153)	-	親魚量維持
2006年(2007年再評価)	F <sub>sus</sub> (0.71)	387	158(146)	137(126)	148(125)	親魚量維持
2007年(当初)	F <sub>sus</sub> (0.69)	552	204(187)	173(159)	-	親魚量維持
2007年(再評価)	F <sub>sus</sub> (0.71)	385	142(131)	122(112)	-	親魚量維持

単位:千トン。ABC( )内は、我が国EEZ内のもの。

2006年、2007年の資源量とABCは、2005年級群、2006年級群が当初の見積もりよりも少なかったため、2007年再評価では2006年評価よりも低い値となった。

## 7. ABC以外の管理方策の提言

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増やすことも望まれる。現状では0歳から漁獲圧がかかっているため、0歳魚の漁獲を控えることで、加入量当り漁獲量と、資源量の増加が望める。

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。

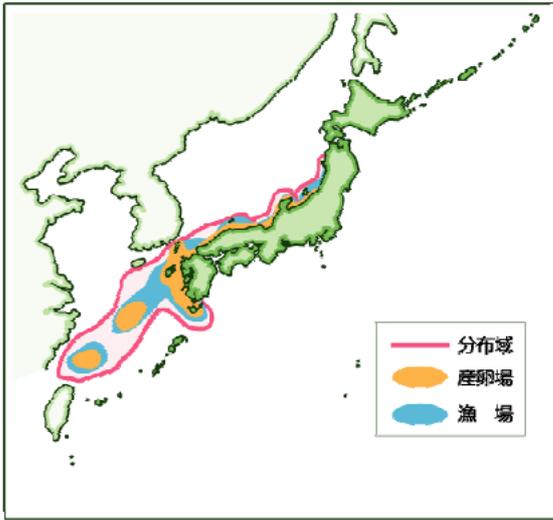


図 1. マアジ対馬暖流系群の分布・回遊

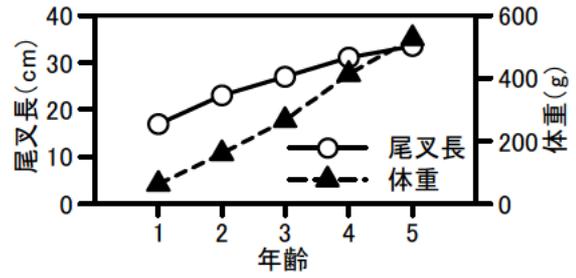


図 2. 年齢と成長

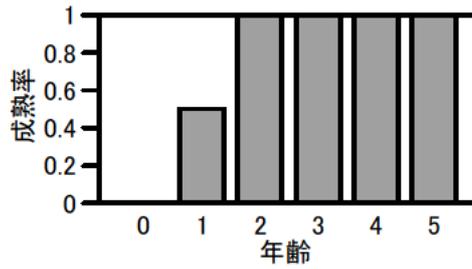


図 3. 年齢と成熟率

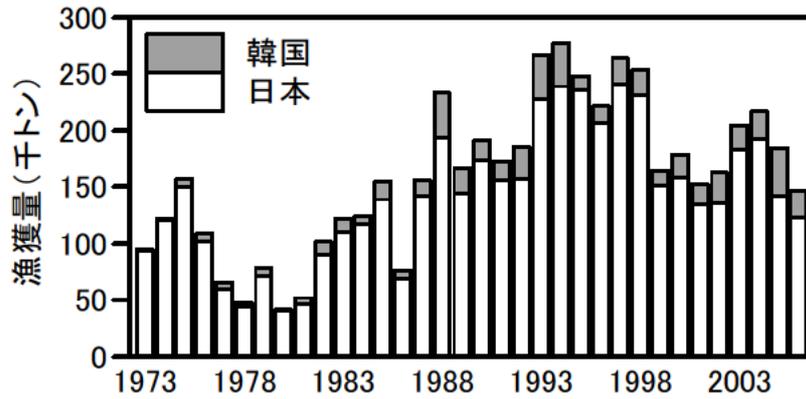


図 4. 漁獲量

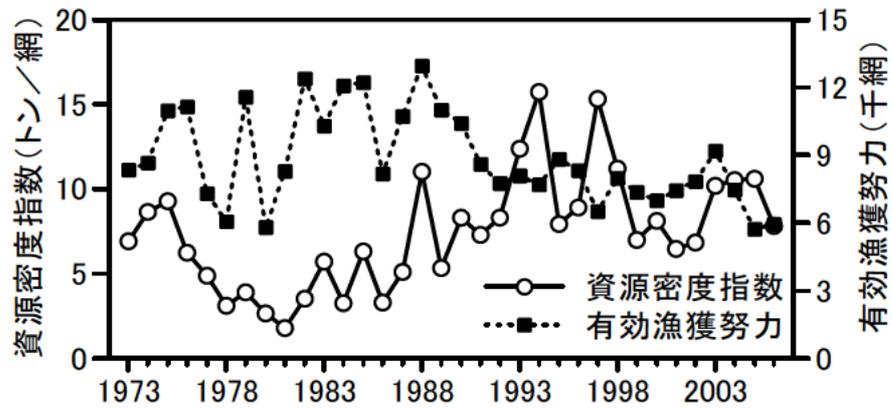


図 5. 大中型まき網の資源密度指数と有効漁獲努力

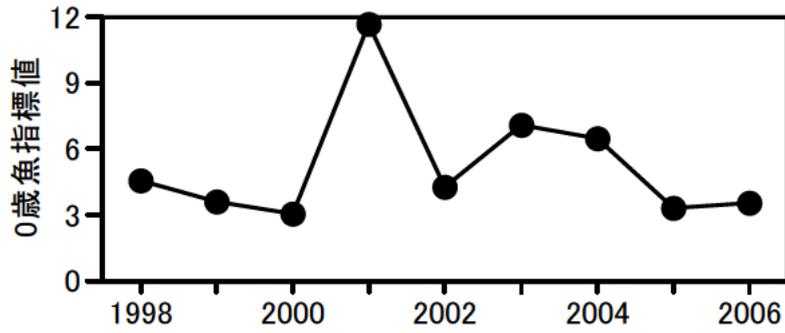


図 6. 0歳魚指標値

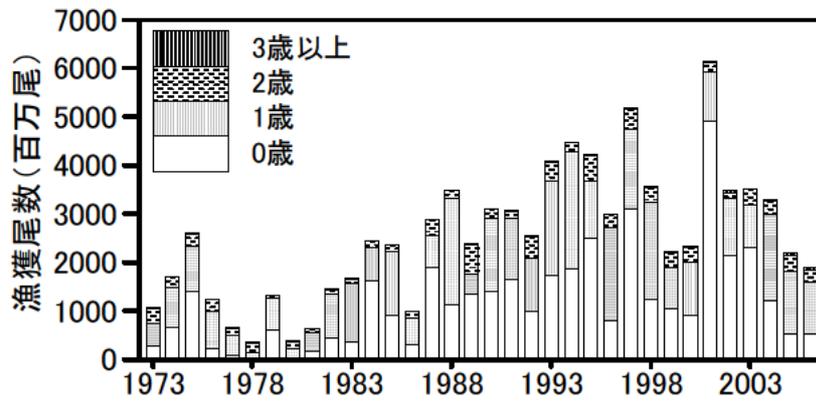


図 7. 年齢別漁獲尾数

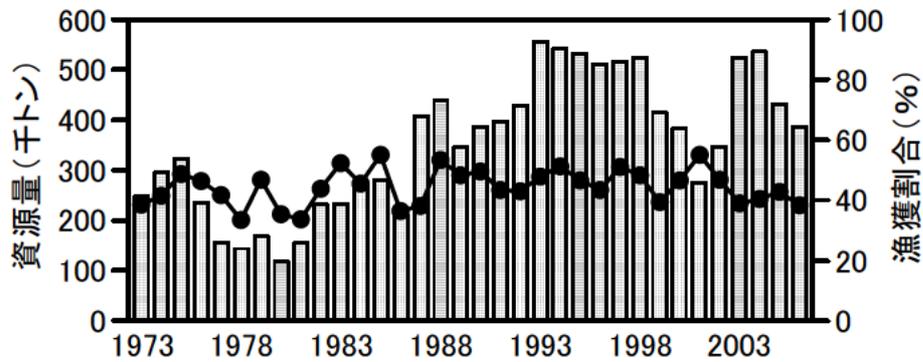


図 8. 資源量 (棒グラフ) と漁獲割合 (折線グラフ)

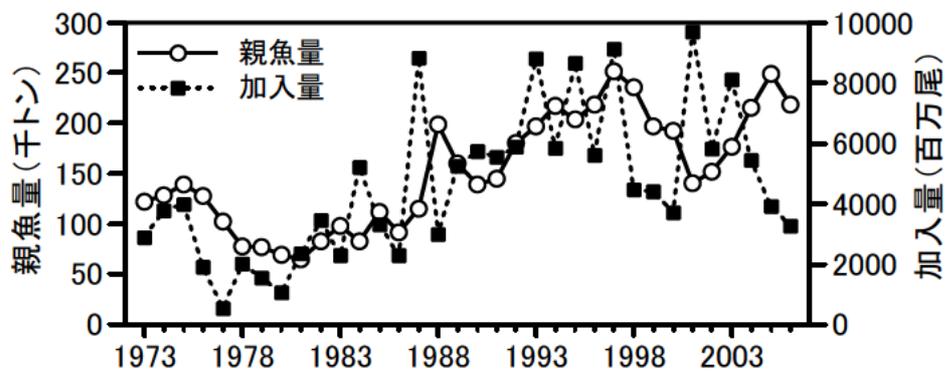


図 9. 親魚量と加入量

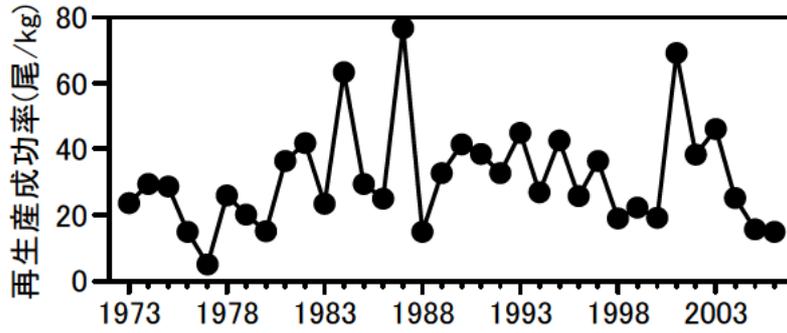


図 10. 再生産成功率

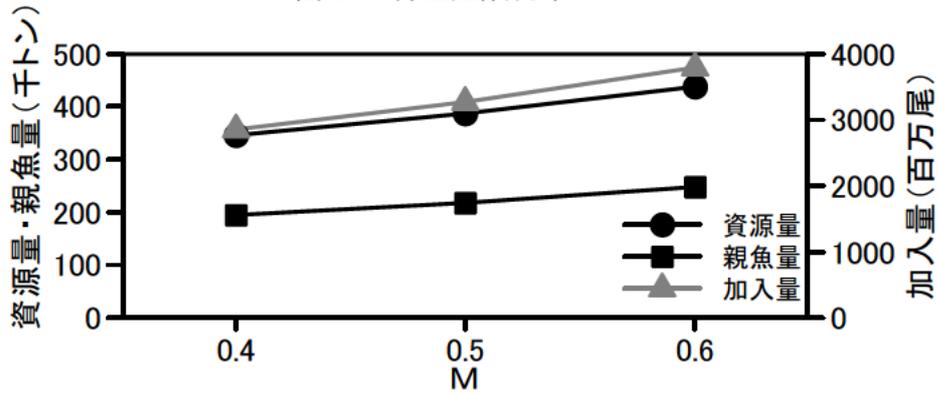


図 11. M と 2006 年資源量、親魚量、加入量の関係

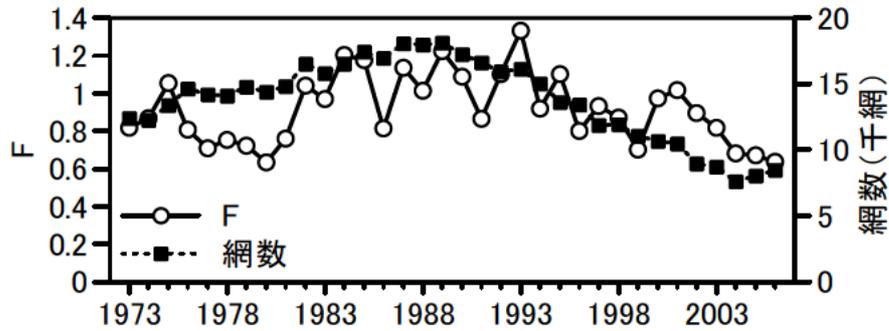


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

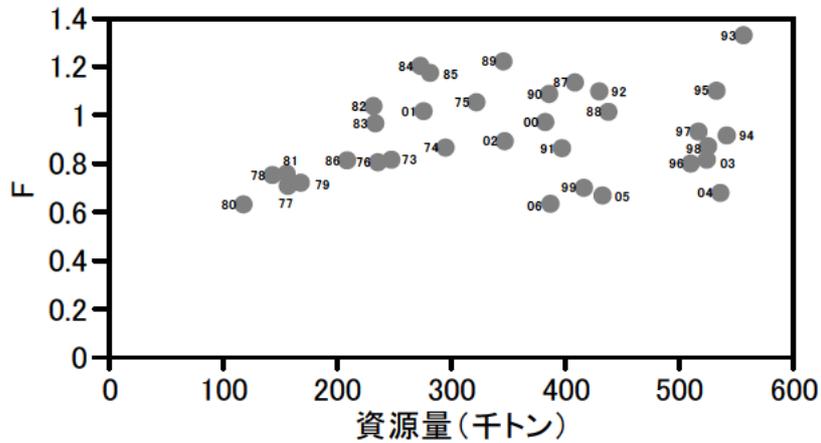


図 13. 資源量と F の関係

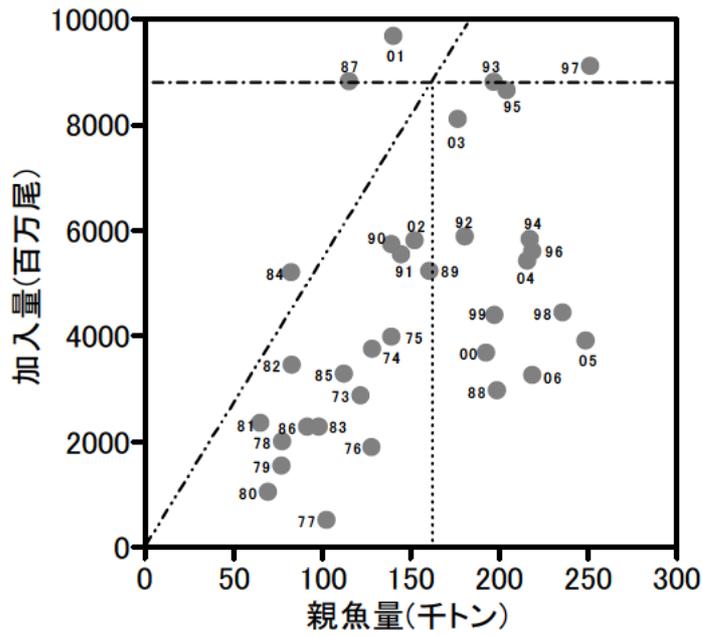


図 14. 親魚量と加入量の関係 (1973～2006 年)

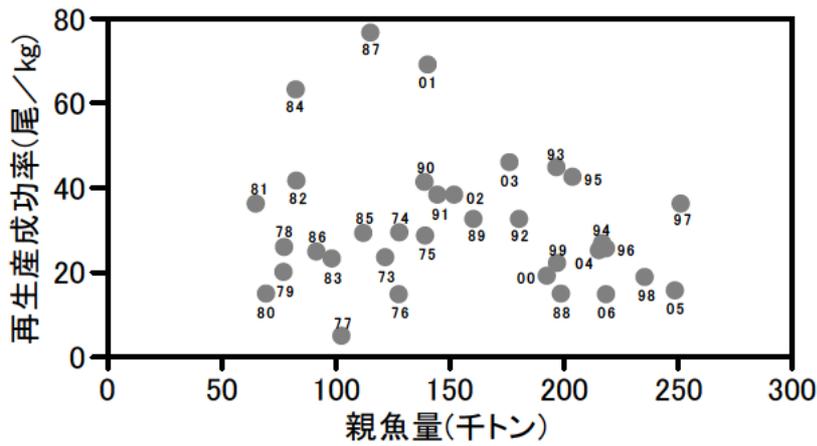


図 15. 親魚量と再生産成功率の関係

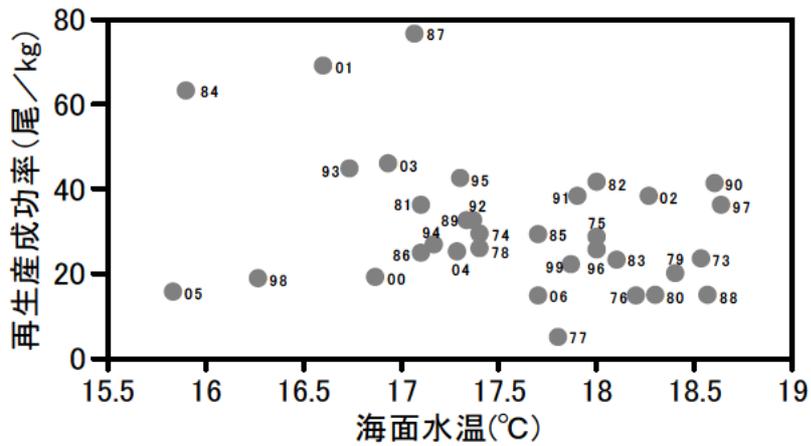


図 16. 海面水温と再生産成功率の関係

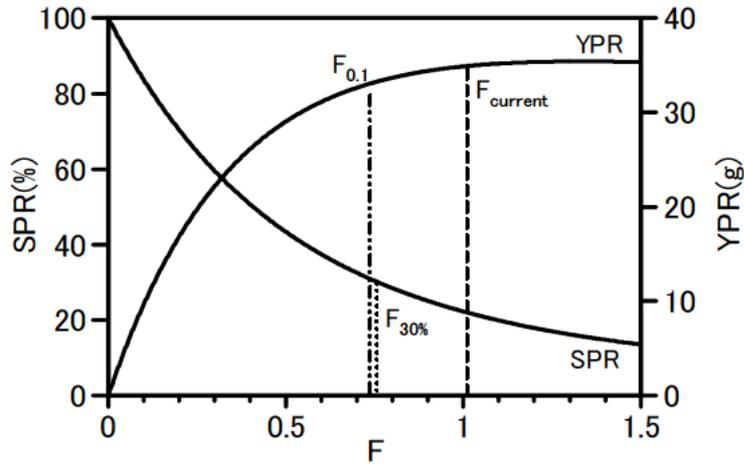


図 17. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2004~2006 年平均)

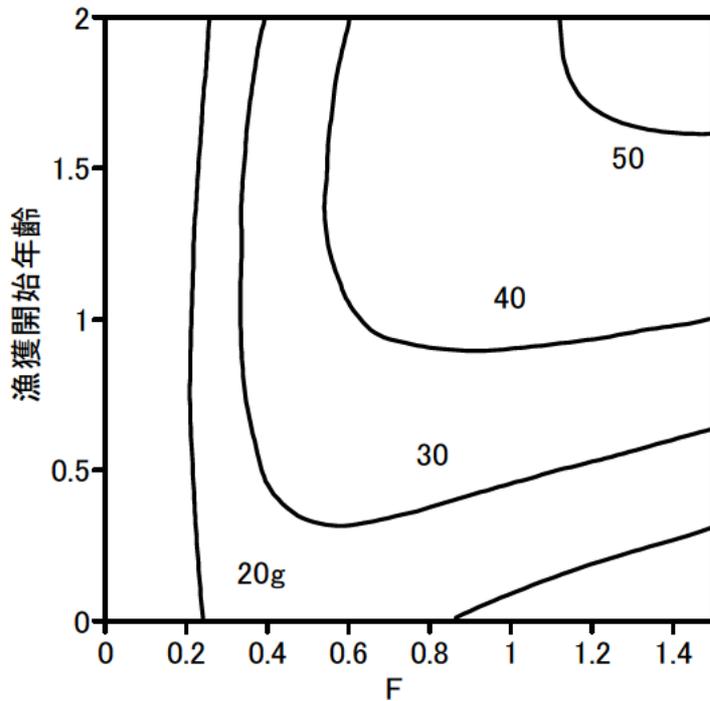


図 18. 等漁獲量曲線図

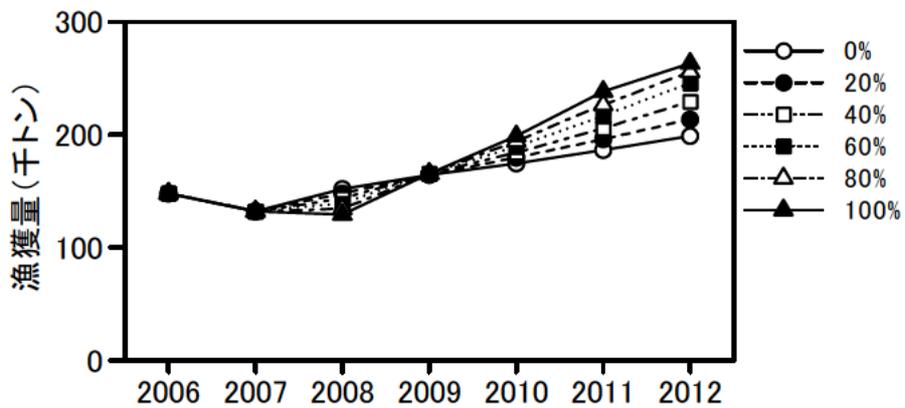


図 19. 0 歳 F の削減率と漁獲量の変化

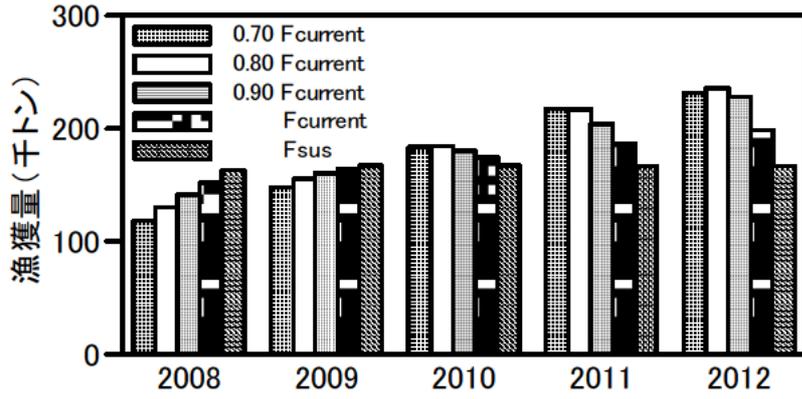


図 20. F による漁獲量の変化

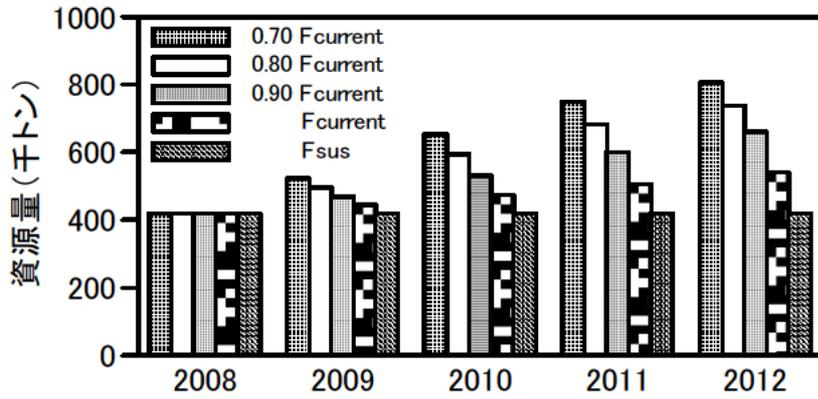


図 21. F による資源量の変化

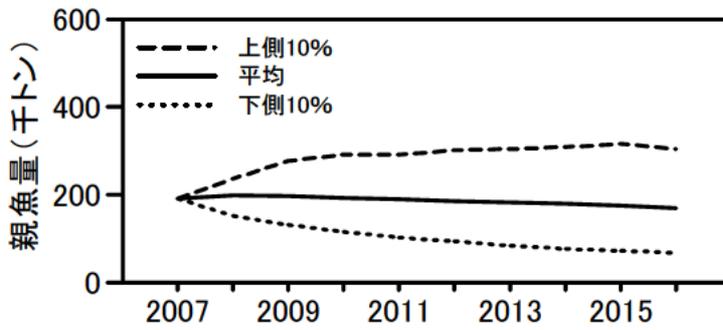


図 22a. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ( $F_{sus}$ )

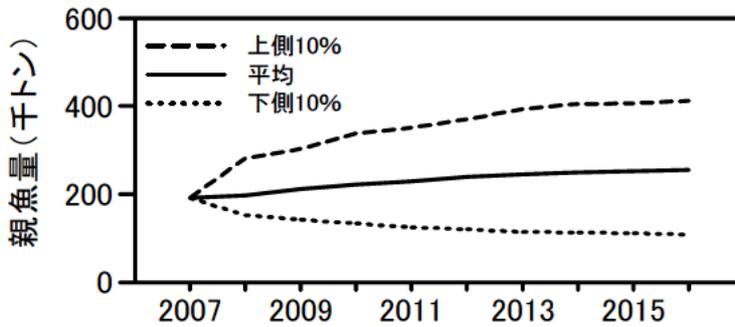


図 22b. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ( $F_{current}$ )

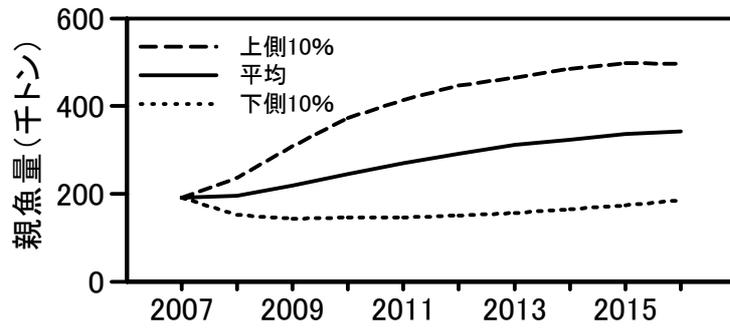


図 22c. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ( $0.8F_{\text{sus}}$  :  $F_{\text{target}}$ )

## 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	5,847	4,018	301	35
1995	2,504	1,187	506	22	70	95	75	7	0.45	1.12	2.18	0.66	8,665	2,140	667	57
1996	807	1,919	265	17	23	153	39	6	0.20	1.18	1.40	0.42	5,615	3,361	423	63
1997	3,094	1,652	405	25	51	137	66	9	0.55	1.26	1.48	0.44	9,117	2,789	628	88
1998	1,218	2,020	286	31	46	154	43	10	0.42	1.42	1.27	0.38	4,456	3,198	481	121
1999	1,037	878	267	31	33	80	42	10	0.35	0.93	1.17	0.35	4,401	1,780	468	132
2000	891	1,106	298	47	27	90	43	18	0.36	1.24	1.76	0.53	3,695	1,882	427	144
2001	4,898	1,031	190	23	39	77	28	8	0.96	1.55	1.19	0.36	9,687	1,565	330	96
2002	2,131	1,182	130	29	38	95	21	9	0.60	1.03	1.49	0.45	5,823	2,244	201	101
2003	2,301	878	320	20	76	72	49	7	0.44	0.82	1.55	0.46	8,110	1,930	487	67
2004	1,199	1,801	258	17	45	131	34	6	0.32	1.16	0.95	0.28	5,436	3,177	516	88
2005	526	1,297	327	36	11	112	49	12	0.19	1.08	1.08	0.32	3,913	2,385	602	162
2006	509	1,089	243	38	15	82	38	13	0.22	1.11	0.93	0.28	3,268	1,971	490	195

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 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
	日本	韓国	計					
1973	93	2	95	247	122	2,873	38	23.613
1974	121	2	122	295	128	3,766	41	29.433
1975	150	7	157	322	139	3,990	49	28.705
1976	102	7	109	235	128	1,896	46	14.857
1977	60	5	65	156	102	520	42	5.086
1978	44	4	48	143	77	2,007	34	25.988
1979	72	7	79	168	77	1,550	47	20.130
1980	41	1	42	118	69	1,049	35	15.120
1981	47	6	52	155	65	2,355	34	36.317
1982	91	11	101	231	83	3,457	44	41.741
1983	110	12	122	233	98	2,290	52	23.341
1984	117	7	124	273	82	5,214	46	63.246
1985	139	16	155	281	112	3,296	55	29.417
1986	69	7	76	208	91	2,286	36	24.998
1987	142	14	156	408	115	8,825	38	76.672
1988	194	40	233	438	199	2,974	53	14.979
1989	144	23	167	345	160	5,240	48	32.692
1990	174	17	191	386	139	5,743	50	41.373
1991	156	16	173	397	145	5,556	43	38.436
1992	157	28	185	430	180	5,887	43	32.646
1993	228	38	266	556	197	8,814	48	44.837
1994	239	38	277	541	217	5,847	51	26.963
1995	235	12	248	532	204	8,665	47	42.524
1996	207	15	221	510	218	5,615	43	25.708
1997	241	23	263	516	251	9,117	51	36.300
1998	231	22	253	525	235	4,456	48	18.921
1999	150	14	164	416	197	4,401	39	22.331
2000	159	20	178	382	192	3,695	47	19.211
2001	135	18	152	276	140	9,687	55	69.079
2002	136	26	162	347	152	5,823	47	38.334
2003	184	20	204	524	176	8,110	39	46.022
2004	192	25	217	535	215	5,436	41	25.235
2005	142	43	184	432	249	3,913	43	15.735
2006	125	23	148	387	218	3,268	38	14.967

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	0.23	0.19	0.14	0.09	0.05	0.00
	1歳	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
	2歳	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
	3歳以上	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
2012年漁獲量 (千トン)		199	214	229	245	256	263

表 4. 2007 年以降の資源尾数等

$F_{sus}$ 、 $0.8F_{sus}$  で漁獲した場合の 2008～2012 年の年齢別資源尾数、重量、漁獲量。体重 (g) は、0 歳=29、1 歳=78、2 歳=147、3 歳以上=343 (2004～2006 年平均体重)。

2007 年

年齢	資源尾数 (百万尾)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲尾数 (百万尾)	漁獲量 (千トン)	F (/年)
0 歳	4,542	132	-	746	22	0.23
1 歳	1,593	125	75	863	67	1.08
2 歳	393	58	49	197	29	0.95
3 歳以上	206	71	71	41	14	0.29
計・平均	6,734	385	195	1,846	132	0.64

$F_{sus}$ 年齢/年	資源尾数 (百万尾)					資源量 (千トン)				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
0 歳	4,707	4,690	4,691	4,691	4,691	136	136	136	136	136
1 歳	2,185	2,206	2,197	2,198	2,198	171	173	172	172	172
2 歳	330	400	404	402	402	49	59	59	59	59
3 歳以上	186	152	151	152	152	64	52	52	52	52
計	7,408	7,447	7,443	7,442	7,442	420	419	419	419	419

$F_{sus}$ 年齢/年	漁獲尾数 (百万尾)					漁獲量 (千トン)					F
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012	
0 歳	852	848	849	849	849	25	25	25	25	25	0.26
1 歳	1,260	1,271	1,267	1,267	1,267	99	99	99	99	99	1.20
2 歳	177	215	217	216	216	26	32	32	32	32	1.06
3 歳以上	40	33	33	33	33	14	11	11	11	11	0.32
計・平均	2,328	2,367	2,365	2,364	2,364	163	167	167	167	167	0.71

$0.8F_{sus}$ 年齢/年	資源尾数 (百万尾)					資源量 (千トン)				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
0 歳	4,707	5,355	6,094	6,916	7,135	136	155	176	200	207
1 歳	2,185	2,322	2,642	3,007	3,412	171	182	207	235	267
2 歳	330	508	540	615	699	49	75	80	91	103
3 歳以上	186	173	214	241	273	64	59	73	83	94
計	7,408	8,359	9,490	10,778	11,520	420	471	536	609	670

$0.8F_{sus}$ 年齢/年	漁獲尾数 (百万尾)					漁獲量 (千トン)					F
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012	
0 歳	697	793	902	1,024	1,056	20	23	26	30	31	0.21
1 歳	1,102	1,171	1,333	1,516	1,721	86	92	104	119	135	0.96
2 歳	153	236	251	286	325	23	35	37	42	48	0.85
3 歳以上	33	31	38	43	49	11	11	13	15	17	0.25
計・平均	1,986	2,232	2,524	2,869	3,151	140	160	180	205	230	0.57

## 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。対象となるマアジは主に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	2006
現存量指標値	8.8	3.3	18.4	12.1	89.8	5.7	20.5	10.6	6.1	5.1

(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 km<sup>2</sup>、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	70,907	34,945	9,422	23,535	7,098	2,693

(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。2003年から計算している加入量指標値を以下に示す（志村、未発表）

年	2003	2004	2005	2006	2007
加入量指標値	1	0.202	0.247	0.260	0.480

(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（2000～2007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
	2007	鹿児島県	18	6	56	553	2
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

4 月	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
	2007	長崎県	18	158	152	3,727	36
鹿児島県		18	22	81	39,374	31	
西海水研		91	104	1,329	35,060	255	
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
	2007	山口県	8	0	7	288	4
		長崎県	18	13	149	25,668	36
		鹿児島県	18	9	77	18,901	84
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
	2007	山口県	8	1	5	788	4

## 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。2006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（ $M=2.5 \div$  最高年齢 5 歳  $=0.5$ ）求めた。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長(cm)	12.8	17.6	22.6	29.3
体重(g)	29	75	158	344
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）。1973～2006 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、 $\alpha$  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（2006 年）の 0～2 歳の  $F$  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（1998～2006 年）及び 0 歳魚の指標値（1998～2006 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 1998～2006 年とした。 $\alpha$  は昨年と同じく 0.3 とした。

$$\text{最小} \sum_{a=1}^3 \sum_{y=1998}^{2006} \{ \ln(q_{1,a} B_{a,y}) - \ln(CPUE_{a,y}) \}^2 + \sum_{y=1998}^{2006} \{ \ln(q_2 B_{0,y}) - \ln(I_{0,y}) \}^2 \quad (5)$$

$$q_{1,a} = \left( \frac{\prod_{y=1998}^{2006} CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1998}^{2006} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{9}}, q_2 = \left( \frac{\prod_{y=1998}^{2006} I_{0,y}}{\prod_{y=1998}^{2006} B_{0,y}} \right)^{\frac{1}{9}} \quad (6)$$

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、 $F_{0,2006}=0.22$ 、 $F_{1,2006}=1.11$ 、 $F_{2,2006}=0.93$ 、 $F_{3+,2006}=0.28$  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	2004	2005	2006
1 歳	3.00	1.74	1.71	2.36	3.75	2.45	2.52	3.28	1.94
2 歳	0.65	0.57	0.53	0.31	0.52	0.53	0.90	0.92	0.83
3 歳以上	0.19	0.28	0.45	0.47	0.16	0.18	0.26	0.42	0.37

補注 1. 年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2006 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、1973～2006 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、1997～2006 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 1997～2006 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、2005 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

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

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

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

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

平松 (内部資料) より抜粋。

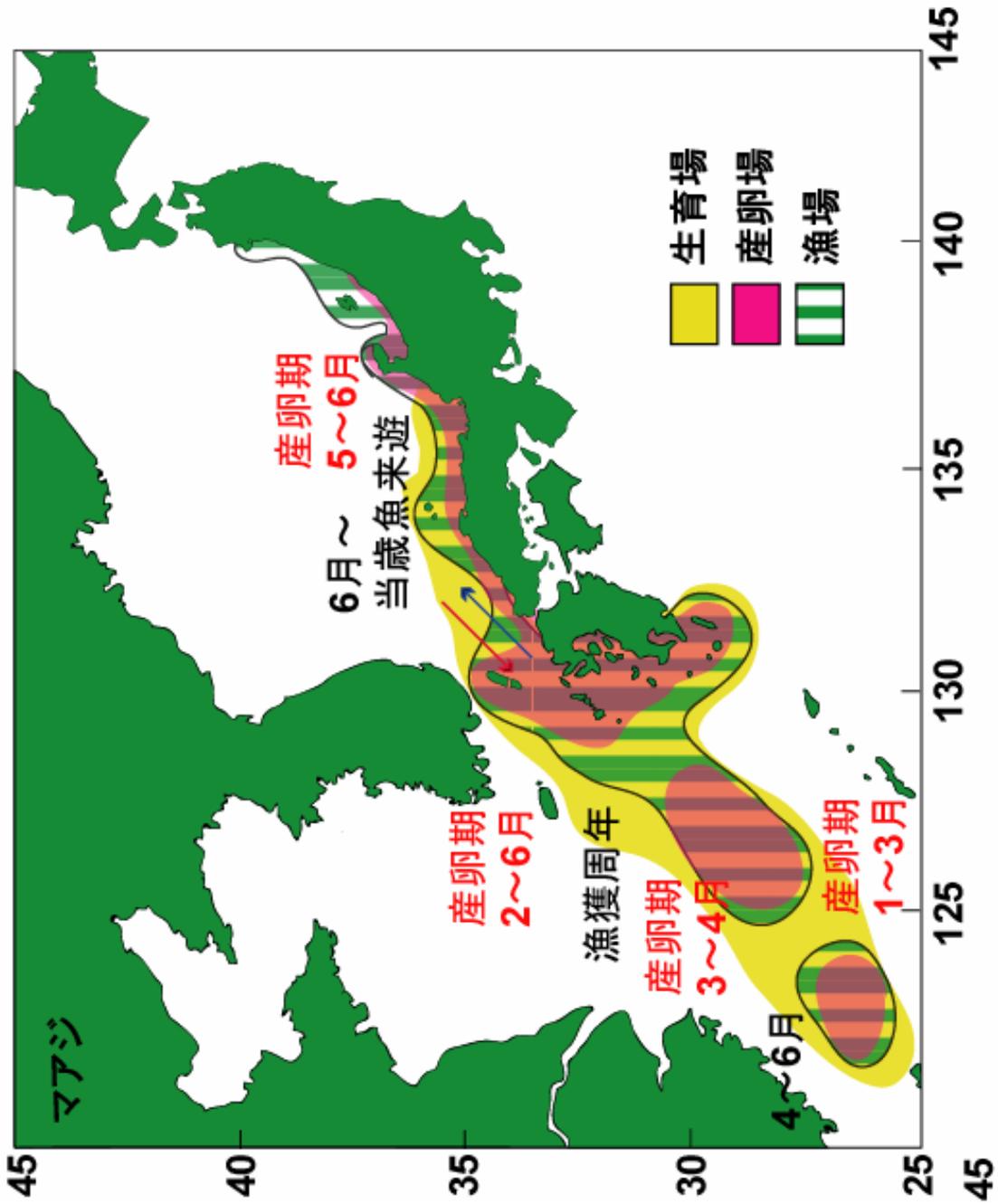
補注3. 0歳魚の指標値は以下のように求めた。漁況指標値として、大中型まき網の0歳魚資源密度指数、境港豆銘柄まき網1か統当り漁獲量(9~12月)、長崎魚市豆銘柄1入港隻当り水揚量の相乗平均を求め、調査船調査データのない1998~2000年についてはこれを0歳魚の指標値とした。2001~2006年は、5~6月着底トロール調査、8~9月魚探調査、4月稚魚分布調査によって得られたマアジ当歳魚の現存量指標値の相乗平均値を、先に求めた漁況指標値と相乗平均したものを指標値と考えた。2001年以降についてもそれ以前の指標値と基準を合わせるために、2002年の指標値が漁況指標値と等しくなるよう補正したものを2001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	5.85	0.67	24.24	4.55					<b>4.55</b>
1999	4.61	0.60	17.17	3.61					<b>3.61</b>
2000	3.42	0.96	8.61	3.04					<b>3.04</b>
2001	3.30	0.67	11.97	2.97	62,944	89.8	13.74	123.32	<b>11.68</b>
2002	5.48	0.81	17.61	4.28	31,554	5.7	0.35	22.79	<b>4.28</b>
2003	8.87	1.59	25.41	7.10	8,487	20.5	1.62	37.60	<b>7.07</b>
2004	6.24	1.90	20.31	6.22	15,161	10.6	1.53	35.18	<b>6.47</b>
2005	5.12	1.50	17.73	5.15	324	6.1	3.87	14.07	<b>3.30</b>
2006	2.70	2.64	20.05	5.23	2,265	5.1	0.98	15.59	<b>3.55</b>

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.
- Sassa, C., Konishi, Y. and Mori, K. (2006) Distribution of jack mackerel (*Trachurus japonicus*) larvae and juveniles in the East China Sea, with special reference to the larval transport by the Kuroshio Current. Fish. Oceanogr., (15), 508-518.
- Tanaka, H., Aoki, I. and Ohshimo, S. (2006) Feeding habits and gill raker morphology of three planktivorous pelagic fish species off the coast of northern and western Kyusyu in summer. J. Fish. Biol., (68), 1041-1061.
- 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