

平成 20 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（依田真里、由上龍嗣、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、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、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。2005～2007 年の加入量は近年では低い水準だったとみられ、2005 年に減少した資源量は 2006、2007 年と同水準にとどまっている。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値 (F_{current} との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量 (千トン)		評価		2009 年 ABC(千 トン)
			5 年 後 (80%区間)	5 年 平 均	現状親魚 量を維持 (5 年後)	B_{limit} を 維 持 (5 年後)	
現状の漁獲圧の 維持 (F_{current}) *	0.56 ($1.00F_{\text{current}}$)	34 %	98～276	175	69%	96%	170 (156)
現状の親魚量の 維持 (F_{sus}) *	0.61 ($1.09F_{\text{current}}$)	36 %	86～254	174	48%	88%	180 (166)
コメント ・当該資源に対する現状の漁獲圧は持続的である ・中長期的管理方針では「大韓民国等と我が国の水域にまたがって分布し、大韓民国等においても採捕が行われていることから、関係国との協調した管理に向けて取り組みつつ、資源の維持若しくは増大することを基本に、我が国水域への来遊量の年変動も配慮しながら管理を行う」とされている							

漁獲割合は 2009 年漁獲量／資源量、F 値は各年齢の単純平均である。2009 年 ABC ()

内は、我が国 EEZ 内のもの。 F_{current} は 2007 年の F 。将来漁獲量および評価は再生産成功率の変動を考慮した 1000 回シミュレーションから算定した。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2006	439	146 (123)	0.55	33%
2007	454	143 (124)	0.56	32%
2008	479	—	—	—

2008 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。
2007 年 親魚量	2001 年水準以上 (24 万トン)	

水準：中位 動向：減少

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報 (水産庁) 大中型まき網漁獲成績報告書 (水産庁) 主要港水揚げ量 (水研セ、青森～鹿児島 (17 府県)) 月別体長組成調査 (水研セ、青森～鹿児島 (17 府県))
資源量指数 ・ 加入量指数	資源量直接推定調査 (水研セ) ・ 着底トロール 幼稚魚分布量調査 (水研セ、鳥取・島根県) ・ 中層トロール、魚探 計量魚探による浮魚類魚群量調査 ・ 計量魚探、中層トロール 仔稚魚分布量調査 (水研セ) ・ ニューストンネット
・ 年齢別資源量指数	大中型まき網漁獲成績報告書 (水産庁)
自然死亡係数	年あたり $M = 0.5$ を仮定
2008 年加入量	中層トロールによる幼魚調査等

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18%を占める（2007 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

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（1～3 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 歳魚では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 19 万トンであったが、2005 年以降は減少し、2007 年は 12 万トンだった（図 4）。

韓国は毎年、数万トンを漁獲しており、2007 年のあじ類の漁獲量は 19 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 2003 年には 55 千トンであったが、その後減少し、2006 年には 16 千トンとなっている（FAO Fish statistics: Capture production 1950-2006 (Release date: March 2008)）。

(3) 漁獲努力量

鳥取県以西で操業する大中型まき網の有効漁獲努力量は、1992～2003 年は同水準であったが、その後過去最低水準にまで減少して 2005 年以降は同水準であった（図 5）。有効漁獲努力量は、2007 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。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、2007 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。

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・年別漁獲尾数による資源解析を行った（補足資料 3-2）。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い、これらの調査結果はチューニングの指標値として使用した。

(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 年以降は減少した（図 5）。

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 3-2-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 年は低く、2007 年は再び上向いた（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 年以降は 1 歳魚の漁獲割合が高かった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

年齢別・年別漁獲尾数（補足資料 2）に基づきコホート計算により求めた資源量は、1973～1976 年の 25～33 万トンから 1977～1980 年の 13～18 万トンに減少した後、増加傾向を示し、1993～1998 年には、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、2007 年は 45 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 年以降は減少し、近年では低い水準となった。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、2002 年以降は増加傾向に転じ、2004 年以降は同水準を保っている。

コホート計算に使った自然死亡係数（ M ）の値は、信頼性が低いことから、 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 2007 年の資源量、親魚量、加入量を図 10 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 11）。

資源量と F の関係を見ると（図 12）、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 35 年間（1973～2007 年）で 9 番目に高く、近年では比較的高い水準にある。しかし、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、過去 5 年間（2003～2007 年）の資源量が減少傾向にあることから、減少と判断する。

（6）再生産関係

再生産関係を図 13 に示した。1973～2007 年の親魚量と加入量の間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、加入量は近年では低い水準にとどまっている。高い加入量を得るためには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。

（7） B_{limit} の設定

回復の閾値（ B_{limit} ）を検討する。親魚量と加入量の 35 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%を示す直線の交点の近傍にあたる、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。

（8）今後の加入量の見積もり

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 14）。その

後は再び減少傾向を示し、2005～2007 年はかなり低い値となった。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 2005 年を除く 1973～2007 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, 2006）。

再生産成功率は 2002 年以降減少傾向を示している。そこで、ABC の算定等においては 2008 年以降の再生産成功率を、近年の低い水準、すなわち（2005～2007 年）の平均値 17.8 尾/kg とした。この場合、2008 年の加入尾数は 46 億尾と見積もられ、2007 年資源尾数（43 億尾）よりやや大きくなる。平成 20 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、2008 年級群の分布量は 2007 年級群を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、2008 年 1.19）。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 53 億尾で一定）。

（9）生物学的な漁獲係数の基準値と漁獲圧の関係

年齢別選択率を一定（2005～2007 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}) を年齢別選択率が 2005～2007 年平均（0 歳＝0.15、1 歳＝1、2 歳＝1.01、3 歳以上＝0.30）で、各年齢の F の単純平均値が 2007 年と同じ（0.56）である F とする（0 歳＝0.14、1 歳＝0.90、2 歳＝0.91、3 歳以上＝0.27）。 F_{current} は、 $F_{30\%SPR}$ や $F_{0.1}$ より高い。

5. 2009 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

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。2005～2007 年の加入量は近年では低い水準だったとみられ、2005 年に減少した資源量は 2006、2007 年と同水準にとどまっている。親魚量は依然として高い水準にあるものとみられ、回復の閾値を上回っている。

(2) 漁獲シナリオに対応した 2009 年 ABC 並びに推定漁獲量の算定

設定した加入量の条件（再生産成功率 = 2005～2007 年の平均値 17.8 尾/kg、親魚量が 30 万トンを超えた場合は加入量 53 億尾で一定）のもとで、複数の漁獲シナリオに合わせて F を変化させた場合の推定漁獲量と資源量を示す。 F_{sus} は、年齢別選択率が 2005～2007 年の平均で、2009 年以降親魚量が同水準に維持される F とした。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（千トン）						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
現状の漁獲圧維持	$F_{current}$ ($F = 0.56$)	143	165	170	178	186	193	198
親魚量維持	F_{sus} ($F = 0.61$)	143	165	180	182	182	182	182
漁獲シナリオ	管理基準	資源量（千トン）						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
現状の漁獲圧維持	$F_{current}$ ($F = 0.56$)	454	479	501	524	547	566	578
親魚量維持	F_{sus} ($F = 0.61$)	454	479	501	503	503	503	503

図 18、19 に図示

(3) 加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

再生産成功率の年変動が親魚量と漁獲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。2008～2018 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、 $F_{current}$ (= F_{2007})、 F_{sus} 、 $0.8 F_{current}$ 、 $0.8 F_{sus}$ 、で漁獲を続けた場合の漁獲量と親魚量を計算した。2008～2018 年の加入量は毎年異なり、その値は、1973～2006 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 17.8 尾/kg 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 回試行した結果を図 21 に示した。親魚量の動向は、 F_{sus} では 1000 回の平均値でみると 2009 年親魚量からやや少なくなり、下側 10%（下位 100 位）では 2018 年では親魚量が 2008 年の半分以下になった。 $F_{current}$ でも 1000 回の平均値でみると 2009 年親魚量を維持する程度であった。 $0.8 F_{current}$ 、 $0.8 F_{sus}$ では下側 10%でも親魚量は増加した。漁獲量の動向は、 F_{sus} では 1000 回の平均値でみると、2009 年漁獲量からやや減少し、 $F_{current}$ では同水準を維持した。 $0.8 F_{current}$ 、 $0.8 F_{sus}$ では平均値でみても漁獲量は増加が期待される。

1000回試行の際、あわせて5年後予想漁獲量の幅(上下10%の値を除いた80%区間)、5年間(2009～2013年)平均漁獲量、5年後に2007年親魚量を上回る確率、5年後に B_{limit} を上回る確率を求めた。5年後予想漁獲量は平均で見るといずれのシナリオでも大きな差は見られないが、予想漁獲量の幅でみると、下側の値はF値が大きくなるほど小さくなり、5年後に現状親魚量および B_{limit} を維持する確率も低かった。

漁獲シナリオ (管理基準)	F 値($F_{current}$ との比較)	漁獲 割合	将来漁獲量 (千トン)		評価		2009 年 ABC (千トン)
			5 年後 (80% 区間)	5 年 平均	現状親魚 量を維持 (5 年後)	B_{limit} を維 持(5 年 後)	
現状の漁獲圧維持($F_{current}$) *	0.56 ($1.00F_{current}$)	34 %	98～ 276	175	69 %	96 %	170 (156)
現状の漁獲圧維持の予防的措置 ($0.8 F_{current}$) *	0.45 ($0.80F_{current}$)	29 %	116～ 268	169	97 %	100 %	145 (133)
親魚量維持(F_{sus}) *	0.61 ($1.09F_{current}$)	36 %	86～ 254	174	48 %	88 %	180 (166)
現状の親魚量維持の予防的措置 ($0.8 F_{sus}$) *	0.49 ($0.87F_{current}$)	31 %	109～ 259	174	88 %	99 %	154 (142)
コメント ・当該資源に対する現状の漁獲圧は持続的である ・中長期的管理方針では「大韓民国等と我が国の水域にまたがって分布し、大韓民国等においても採捕が行われていることから、関係国との協調した管理に向けて取り組みつつ、資源の維持若しくは増大することを基本に、我が国水域への来遊量の年変動も配慮しながら管理を行う」とされている							

漁獲割合は2009年漁獲量／資源量、F値は各年齢の単純平均である。2009年ABC()内は、我が国EEZ内のもの。 $F_{current}$ は2007年のF。将来漁獲量および評価は再生産成功率の変動を考慮した1000回シミュレーションから算出した。

我が国EEZ内外への配分は、日本と韓国の漁獲実績(1999～2007年)から求めた総漁獲量に対する我が国EEZにおける漁獲量の比率のうちで、もっとも高い値(1999年)を基にした。

(4) ABC の再評価

評価対象年	管理基準	資源量 (千トン)	ABC _{limit} (千トン)	ABC _{target} (千トン)	漁獲量 (千トン)	管理目標
2007 年(当初)	F _{sus} (0.69)	552	204(187)	173(159)	-	親魚量維持
2007 年(2007 年再評価)	F _{sus} (0.71)	385	142(131)	122(112)	-	親魚量維持
2007 年(2008 年再評価)	F _{sus} (0.61)	454	157(145)	134(124)	143(124)	親魚量維持
2008 年(当初)	F _{sus} (0.71)	420	163(150)	140(129)	-	親魚量維持
2008 年(再評価)	F _{sus} (0.61)	479	175(161)	150(138)	-	親魚量維持

ABC () 内は、我が国 EEZ 内のもの。

2007 年の資源量と ABC は、2006 年級群が 2007 年評価時点の見積もりよりも多かったため、2008 年の再評価では 2007 年評価よりも高い値となった。

6. 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、分布が広がり、海域差を解消す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。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 $F_{\text{current}} (=F_{2007})$ 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 2005～2007 年の平均値で一定（親魚量が 30 万トンを越えた場合には加入量 53 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 2009 年時点での漁獲量は少ないが、2010 年には同程度となり、2011 年以降は削減率が大きいほど漁獲量は多くなるものの、その差はあまり大きくない（図 20）。ただし、資源全体に占める高齢魚の割合が高くなり、親魚量の増加が見込める。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。

7. 引用文献

- 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.
- 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.
- 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.

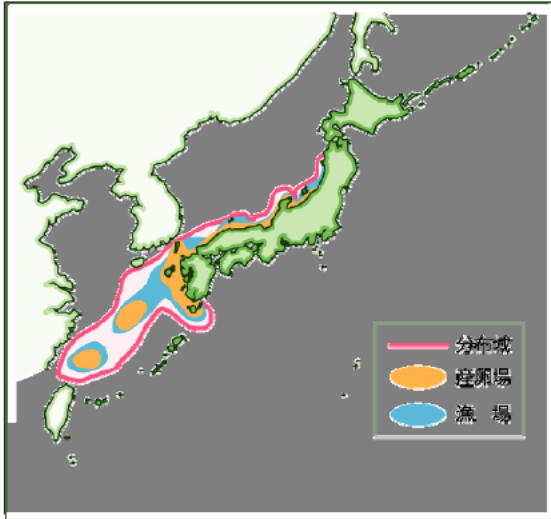


図 1. マアジ対馬暖流系群の分布・回遊

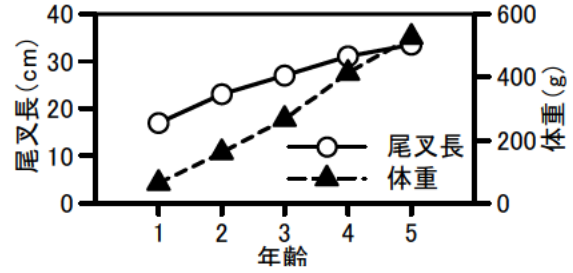


図 2. 年齢と成長

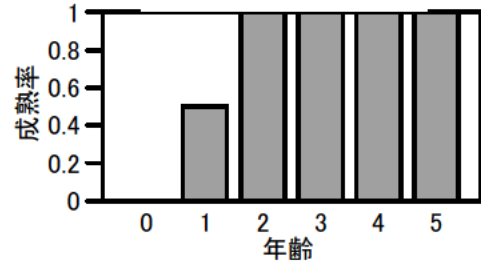


図 3. 年齢と成熟率

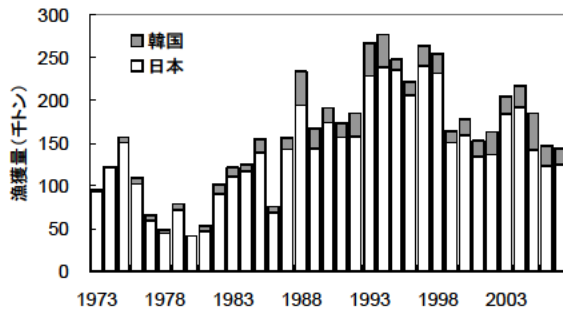


図 4. 漁獲量

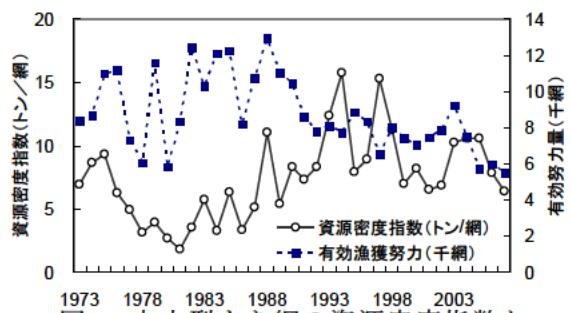


図 5. 大中型まき網の資源密度指数と有効漁獲努力量

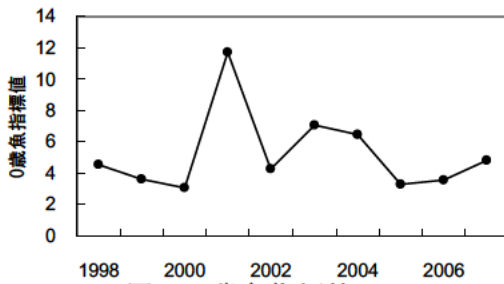


図 6. 0歳魚指標値

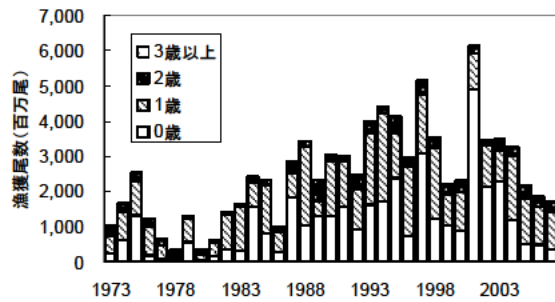


図 7. 年齢別漁獲尾数

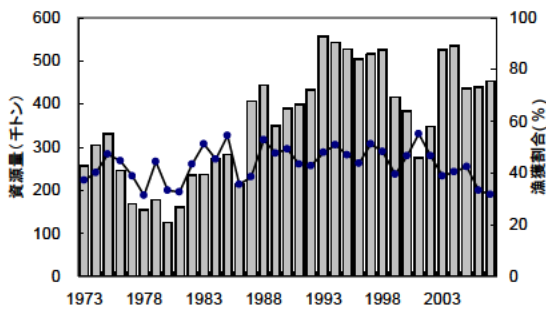


図 8. 資源量 (棒グラフ) と漁獲割合 (折れ線グラフ)

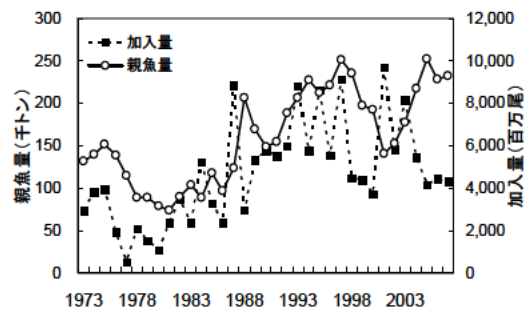


図 9. 親魚量と加入量

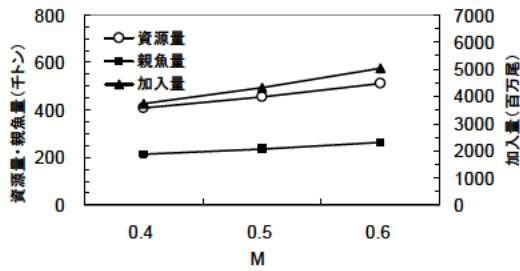


図 10. M と 2007 年資源量、親魚量、加入量の関係

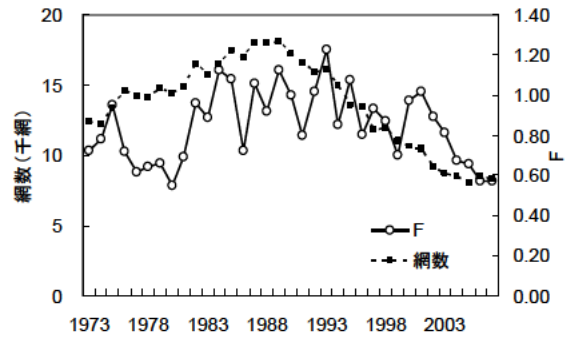


図 11. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

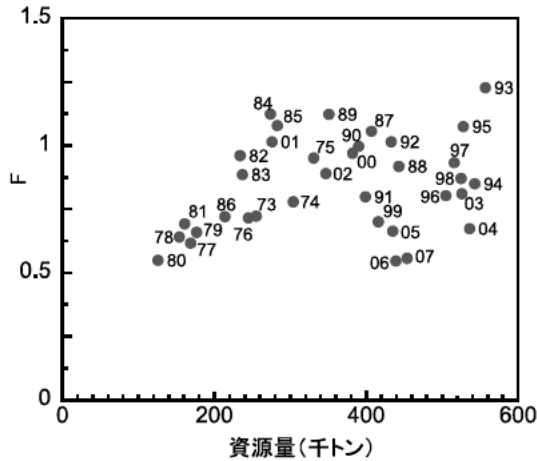


図 12. 資源量と F の関係

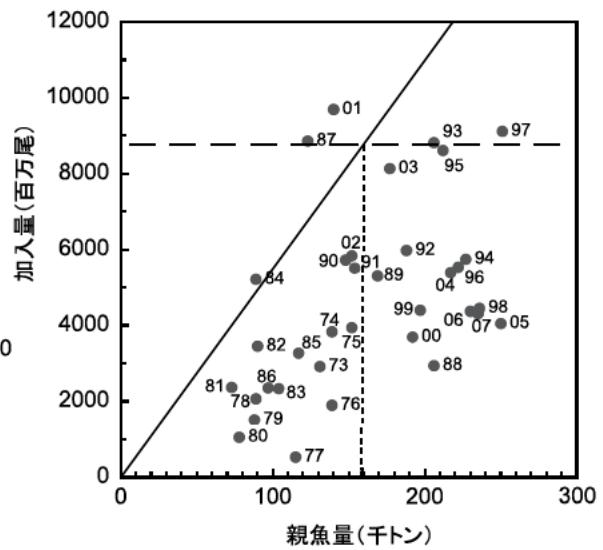


図 13. 親魚量と加入量の関係

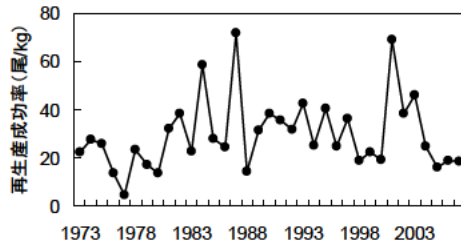


図 14. 再生産成功率

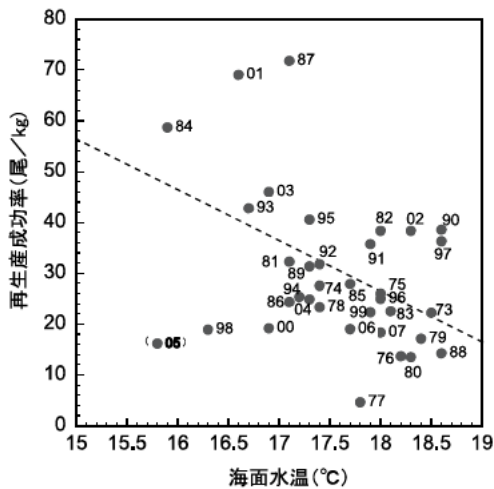


図 15. 海面水温と再生産成功率の関係

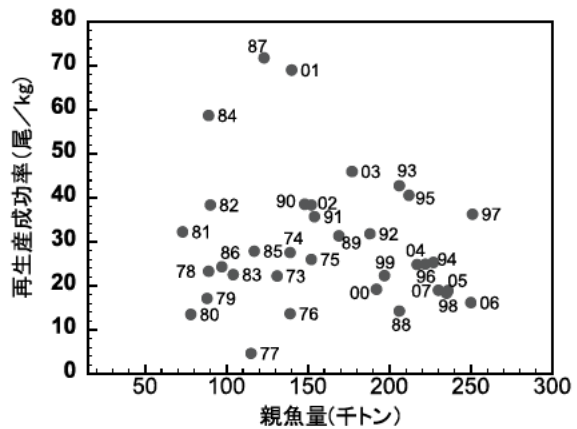


図 16. 親魚量と再生産成功率の関係

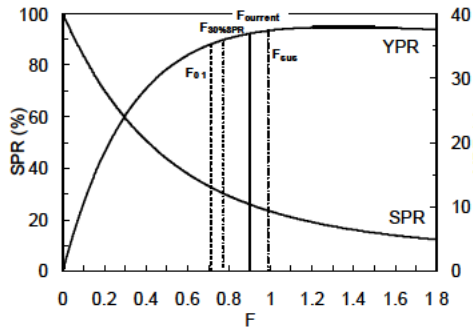


図 17. YPR と SPR(F は 1 歳時、年齢別選択率は 2005～2007 年平均)

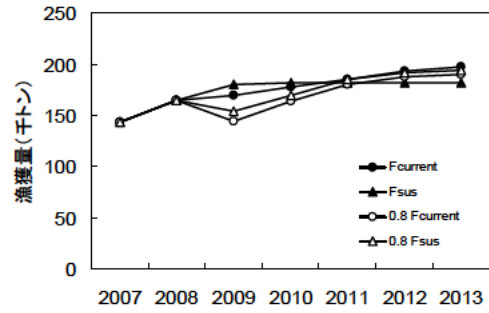


図 18. 様々な F による漁獲量の予測値

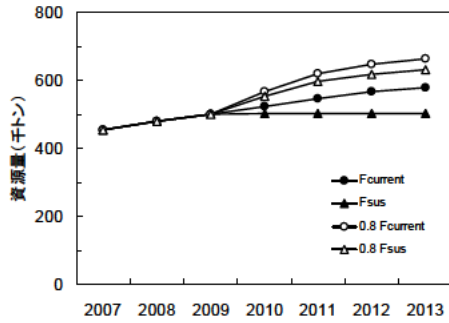


図 19. 様々な F による資源量の予測値

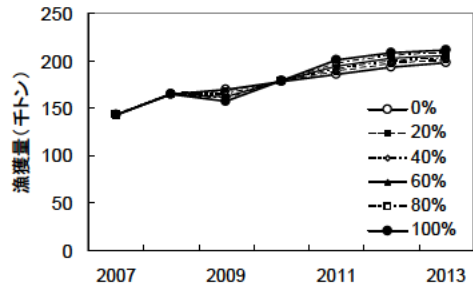


図 20. 0 歳 F の削減率と漁獲量の変化

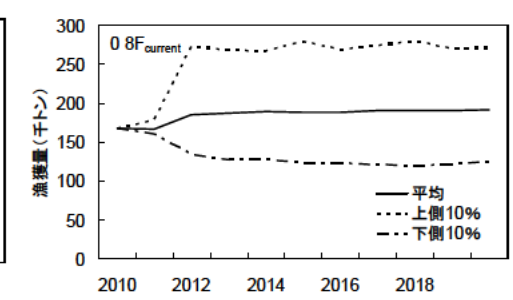
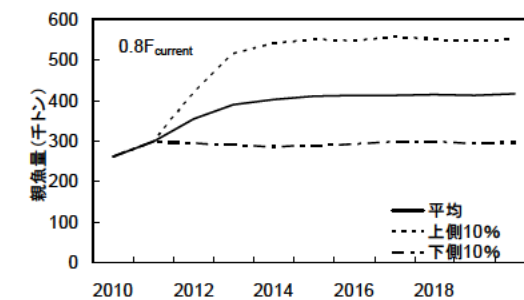
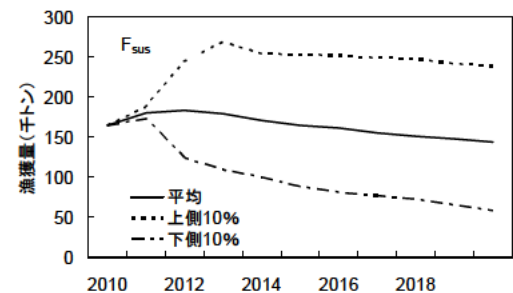
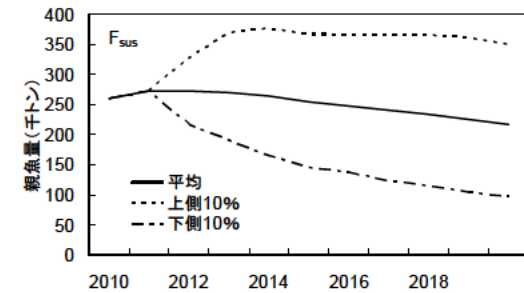
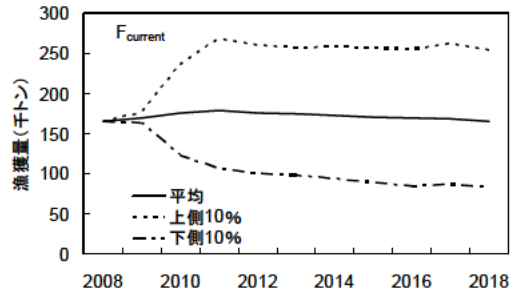
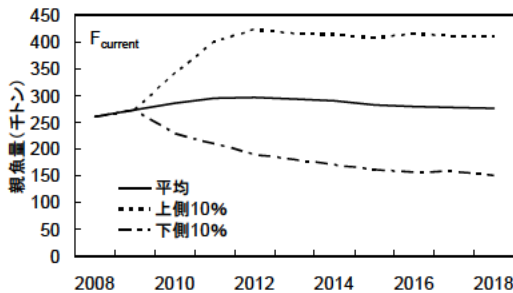


図 21. RPS の変動を考慮したシミュレーション結果 (左列：親魚量、右列：漁獲量)

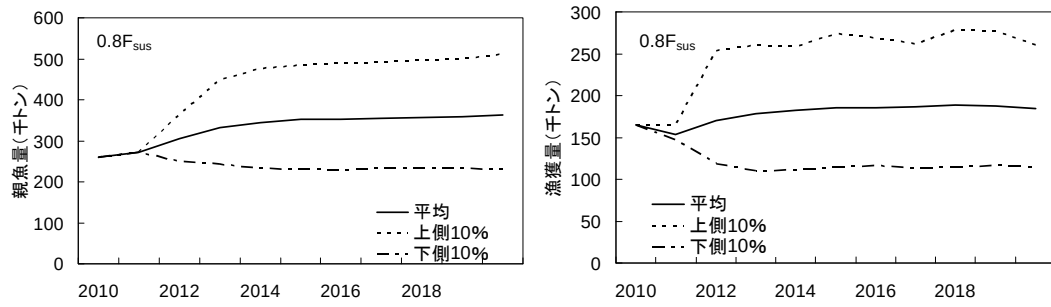
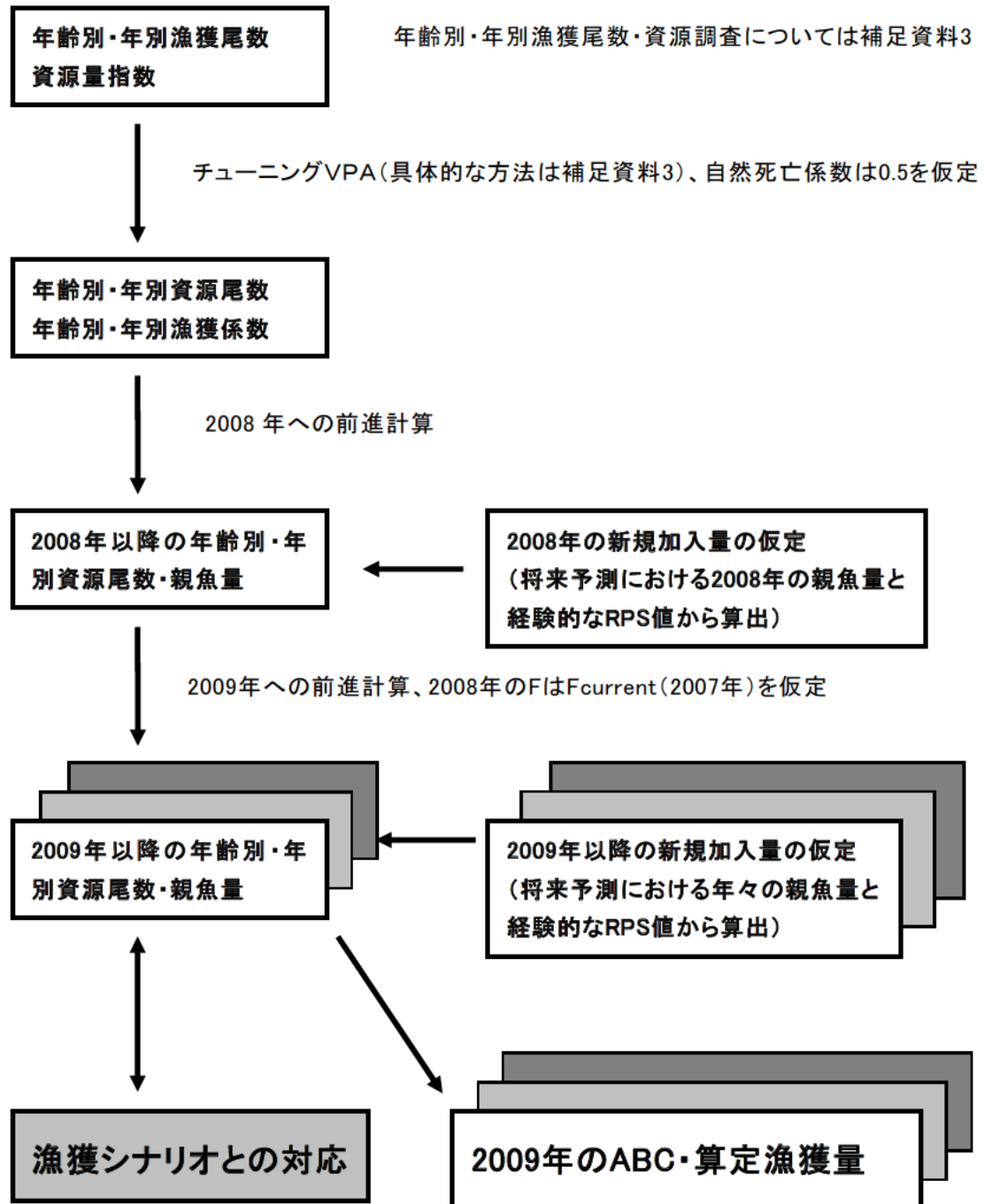


図 21. RPS の変動を考慮したシミュレーション結果（左列：親魚量、右列：漁獲量）続き

補足資料 1.



補足資料 2.

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	253	502	277	19	7	40	42	6	0.12	0.76	1.55	0.46	2,919	1,161	421	62
1974	609	845	207	22	16	67	31	7	0.22	1.06	1.41	0.42	3,838	1,577	329	78
1975	1,314	982	229	26	35	78	35	9	0.53	1.03	1.72	0.52	3,943	1,863	332	80
1976	198	794	233	16	5	63	35	5	0.14	1.16	1.20	0.36	1,899	1,401	403	65
1977	88	392	154	25	2	31	23	8	0.23	0.66	1.21	0.36	533	1,000	266	101
1978	36	91	203	26	1	7	31	9	0.02	0.59	1.50	0.45	2,066	255	313	91
1979	579	678	34	11	15	54	5	4	0.64	1.12	0.68	0.20	1,515	1,226	86	77
1980	38	178	140	16	1	14	21	5	0.05	0.61	1.19	0.36	1,057	484	243	65
1981	162	371	86	16	4	30	13	5	0.09	1.31	1.05	0.32	2,369	612	160	72
1982	390	949	62	18	10	76	9	6	0.15	1.92	1.36	0.41	3,453	1,312	100	66
1983	336	1,238	69	11	9	99	10	4	0.20	1.71	1.25	0.38	2,336	1,795	117	42
1984	1,566	697	147	14	42	56	22	5	0.47	1.29	2.11	0.63	5,218	1,160	196	38
1985	824	1,375	132	9	22	110	20	3	0.38	1.74	1.69	0.51	3,271	1,981	193	27
1986	290	553	139	9	8	44	21	3	0.17	0.70	1.55	0.47	2,354	1,359	210	31
1987	1,835	699	306	15	49	56	46	5	0.30	1.21	2.09	0.63	8,860	1,205	410	39
1988	1,035	2,262	140	13	28	180	21	4	0.57	1.17	1.48	0.45	2,942	3,977	218	44
1989	1,298	433	599	21	35	35	91	7	0.37	0.76	2.59	0.78	5,308	1,006	748	47
1990	1,310	1,559	183	13	35	124	28	5	0.34	1.76	1.45	0.44	5,724	2,234	286	47
1991	1,556	1,309	142	16	41	104	21	5	0.44	1.03	1.33	0.40	5,507	2,476	233	59
1992	930	1,144	403	24	25	91	61	8	0.22	1.04	2.16	0.65	5,977	2,162	534	61
1993	1,626	2,026	356	22	43	162	54	8	0.26	1.74	2.23	0.67	8,816	2,915	466	57
1994	1,730	2,503	181	12	46	200	27	4	0.47	1.33	1.23	0.37	5,744	4,108	309	48
1995	2,384	1,261	490	28	63	101	74	9	0.42	1.21	2.05	0.62	8,610	2,176	661	75
1996	742	1,965	248	21	20	157	37	7	0.19	1.19	1.41	0.42	5,533	3,416	394	76
1997	3,094	1,652	405	25	51	137	66	9	0.55	1.26	1.48	0.44	9,118	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	3,199	481	121
1999	1,037	878	267	31	33	80	42	10	0.35	0.93	1.17	0.35	4,402	1,780	468	132
2000	891	1,106	298	47	27	90	43	18	0.36	1.24	1.75	0.53	3,696	1,883	428	144
2001	4,898	1,031	190	23	39	77	28	8	0.96	1.55	1.19	0.36	9,692	1,565	330	96
2002	2,131	1,182	130	29	38	95	21	9	0.60	1.03	1.49	0.45	5,836	2,247	202	102
2003	2,301	878	320	20	76	72	49	7	0.44	0.81	1.53	0.46	8,136	1,938	489	67
2004	1,199	1,801	258	17	45	131	34	6	0.33	1.15	0.93	0.28	5,393	3,193	521	90
2005	526	1,297	327	36	11	112	49	12	0.18	1.10	1.06	0.32	4,050	2,359	611	165
2006	480	1,038	218	35	14	86	35	12	0.15	0.96	0.83	0.25	4,375	2,054	475	202
2007	357	1,040	247	46	11	79	34	6	0.11	0.82	1.00	0.30	4,313	2,286	476	221

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	255	131	2.919	37	22.23
1974	121	2	122	304	139	3.838	40	27.55
1975	150	7	157	331	152	3.943	47	26.00
1976	102	7	109	245	139	1.899	44	13.66
1977	60	5	65	169	115	533	39	4.65
1978	44	4	48	154	89	2.066	31	23.33
1979	72	7	79	177	88	1.515	44	17.15
1980	41	1	42	126	78	1.057	33	13.51
1981	47	6	52	161	73	2.369	32	32.27
1982	91	11	101	234	90	3.453	43	38.37
1983	110	12	122	237	104	2.336	51	22.54
1984	117	7	124	274	89	5.218	45	58.71
1985	139	16	155	283	117	3.271	55	27.88
1986	69	7	76	214	97	2.354	36	24.32
1987	142	14	156	407	123	8.860	38	71.79
1988	194	40	233	443	206	2.942	53	14.26
1989	144	23	167	351	169	5.308	48	31.36
1990	174	17	191	390	148	5.724	49	38.56
1991	156	16	173	399	154	5.507	43	35.73
1992	157	28	185	433	188	5.977	43	31.80
1993	228	38	266	557	206	8.816	48	42.77
1994	239	38	277	543	227	5.744	51	25.32
1995	235	12	248	528	212	8.610	47	40.55
1996	207	15	221	505	222	5.533	44	24.95
1997	241	23	263	516	251	9.118	51	36.30
1998	231	22	253	525	236	4.456	48	18.92
1999	150	14	164	416	197	4.402	39	22.33
2000	159	20	178	382	192	3.696	47	19.21
2001	135	18	152	276	140	9.692	55	69.05
2002	136	26	162	347	152	5.836	47	38.36
2003	184	20	204	526	177	8.136	39	45.98
2004	192	25	217	536	217	5.393	40	24.85
2005	142	43	184	435	250	4.050	42	16.19
2006	123	23	146	439	230	4.375	33	19.01
2007	124	19	143	454	235	4.313	32	18.33

表 3. 0 歳魚の漁獲係数削減の効果

削減率		0%	20%	40%	60%	80%	100%
F	0 歳	0.14	0.11	0.08	0.05	0.03	0.00
	1 歳	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	2 歳	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
	3 歳以上	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
2013 年漁獲量 (千トン)		199	198	200	203	205	211

表 4. 2008 年以降の資源尾数等

F_{current} 、 $0.8F_{\text{current}}$ 、 F_{sus} 、 $0.8F_{\text{sus}}$ で漁獲した場合の 2008～2013 年の年齢別資源尾数、重量、漁獲量。体重 (g) は、0 歳＝26、1 歳＝82、2 歳＝154、3 歳以上＝342 (2005～2007 年平均体重)

 F_{current}

年齢別漁獲係数

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
1 歳	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
2 歳	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
3 歳以上	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
平均	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56

 F_{sus}

年齢別漁獲係数

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
1 歳	0.90	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2 歳	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3 歳以上	0.27	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
平均	0.56	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	4642	4858	5071	5297	5354	5354
1 歳	2342	2457	2571	2684	2803	2834
2 歳	611	576	604	632	660	689
3 歳以上	206	243	252	263	275	287
計	7801	8134	8498	8875	9091	9163

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	4642	4858	4836	4840	4843	4845
1 歳	2342	2457	2540	2529	2531	2532
2 歳	611	576	557	576	573	574
3 歳以上	206	243	238	232	233	233
計	7801	8134	8172	8177	8180	8184

年齢別資源量 (千トン)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	123	128	134	140	142	142
1 歳	192	201	211	220	230	232
2 歳	94	88	93	97	101	106
3 歳以上	70	83	86	90	94	98
資源量	479	501	524	547	566	578
親魚量	260	272	284	297	310	320

年齢別資源量 (千トン)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	123	128	128	128	128	128
1 歳	192	201	208	207	207	207
2 歳	94	88	85	88	88	88
3 歳以上	70	83	81	79	80	80
資源量	479	501	503	503	503	503
親魚量	260	272	271	271	271	272

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	468	490	511	534	540	540
1 歳	1137	1193	1248	1303	1361	1376
2 歳	299	282	296	309	323	337
3 歳以上	39	46	48	50	52	55
計	1944	2011	2103	2197	2276	2307

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	468	530	528	529	529	529
1 歳	1137	1,260	1,303	1,297	1,298	1,299
年齢別資源	299	297	288	298	296	297
3 歳以上	39	50	49	48	48	48
計	1944	2,138	2,168	2,171	2,171	2,172

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	12	13	14	14	14	14
1 歳	93	98	102	107	112	113
2 歳	46	43	45	47	50	52
3 歳以上	13	16	16	17	18	19
計	165	170	178	186	193	198

年齢別漁獲量 (千トン)

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0 歳	12	14	14	14	14	14
1 歳	93	103	107	106	106	106
2 歳	46	46	44	46	45	46
3 歳以上	13	17	17	16	16	16
計	165	180	182	182	182	182

マアジ対馬暖流系群-18-

0.8F_{current}

年齢別漁獲係数

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	0.14	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
1歳	0.90	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
2歳	0.91	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
3歳以上	0.27	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
平均	0.56	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	4642	4858	5354	5354	5354	5354
1歳	2342	2457	2642	2912	2912	2912
2歳	611	576	723	778	857	857
3歳以上	206	243	286	350	398	444
計	7801	8134	9006	9394	9521	9567

年齢別資源量（千トン）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	123	128	142	142	142	142
1歳	192	201	216	239	239	239
2歳	94	88	111	119	132	132
3歳以上	70	83	98	120	136	152
資源量	479	501	567	619	648	663
親魚量	260	272	317	359	387	403

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	468	396	437	437	437	437
1歳	1137	1025	1102	1214	1214	1214
2歳	299	242	304	327	361	361
3歳以上	39	38	45	55	62	69
計	1944	1702	1888	2034	2074	2082

年齢別漁獲量（千トン）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	12	10	12	12	12	12
1歳	93	84	90	100	100	100
2歳	46	37	47	50	55	55
3歳以上	13	13	15	19	21	24
計	165	145	164	180	188	190

0.8F_{sus}

年齢別漁獲係数

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	0.14	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
1歳	0.90	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
2歳	0.91	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
3歳以上	0.27	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
平均	0.56	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	4642	4858	5354	5354	5354	5354
1歳	2342	2457	2616	2884	2884	2884
2歳	611	576	678	722	796	796
3歳以上	206	243	273	316	348	384
計	7801	8134	8922	9275	9381	9417

年齢別資源量（千トン）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	123	128	142	142	142	142
1歳	192	201	214	236	236	236
2歳	94	88	104	111	122	122
3歳以上	70	83	93	108	119	131
資源量	479	501	554	597	619	631
親魚量	260	272	305	337	359	371

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	468	430	474	474	474	474
1歳	1137	1088	1159	1277	1277	1277
年齢別資源	299	257	303	323	356	356
3歳以上	39	41	46	53	59	65
計	1944	1816	1982	2127	2165	2171

年齢別漁獲量（千トン）

年齢	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	12	11	13	13	13	13
1歳	93	89	95	105	105	105
2歳	46	39	47	50	55	55
3歳以上	13	14	16	18	20	22
計	165	154	170	185	192	194

補足資料 3

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	2007
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	18.1

(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	2007	2008
現存量推定値 (トン)	26,700	70,907	34,945	9,422	23,535	7,098	2,693	13,700	9,544

(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。

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008
加入量指標値	1	0.202	0.247	0.260	0.480	1.19

(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採集個体数と曳網数(2000～2008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

マアジ対馬暖流系群-20-

3 月	2007	鹿児島県	18	6	56	553	2
	2008	鹿児島県	18	23	136	349	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
	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
	2008	長崎県	12	151	107	4,722	6
		鹿児島県	18	22	499	2,896	53
		西海水研	84	1454	781	7,786	454
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

5 月	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
	2008	山口県	8	6	55	708	6
		長崎県	14	60	3	2,842	36
		鹿児島県	13	5	29	3,737	258
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
	2008	山口県	8	14	0	657	32

2. コホート計算

マアジの年齢別・年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。2007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)	13.1	17.7	22.3	29.3
体重(g)	31	76	151	344
成熟率 (%)	0	50	100	100

年齢別・年別漁獲尾数は、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）。1973～2007 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（2007 年）の 0～2 歳の F を、大中型まき網漁業の資源密度指数（一網当たり漁獲量の有漁漁区平均）の変動傾向（1998～2007 年）及び 0 歳魚の指標値（1998～2007 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 1998～2007 年とした。 α は昨年と同じく 0.3 とした。

$$\text{最小} \sum_{a=1}^3 \sum_{y=1998}^{2007} \{ \ln(q_{1,a} B_{a,y}) - \ln(CPUE_{a,y}) \}^2 + \sum_{y=1998}^{2007} \{ \ln(q_2 B_{0,y}) - \ln(I_{0,y}) \}^2 \quad (5)$$

$$q_{1,a} = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2007} CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1998}^{2007} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{10}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2007} I_{0,y}}{\prod_{y=1998}^{2007} B_{0,y}} \right)^{\frac{1}{10}} \quad (6)$$

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、 $F_{0,2007}=0.11$ 、 $F_{1,2007}=0.82$ 、 $F_{2,2007}=1.00$ 、 $F_{3+,2007}=0.30$ 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	2007
1 歳	3.00	1.74	1.71	2.36	3.75	2.45	2.52	3.28	1.94	3.03
2 歳	0.65	0.57	0.53	0.31	0.52	0.53	0.90	0.92	0.83	0.61
3 歳以上	0.19	0.28	0.45	0.47	0.16	0.18	0.26	0.42	0.37	0.63

補注 1. 年齢別・年別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2007 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・年別漁獲尾数を推定した。1996 年以前については、1973～2007 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、1997～2007 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 1997～2007 年平均を使って年齢別・年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、2006 年については漁獲量の暫定値の更新に伴い、年齢別・年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

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

平松（内部資料）より抜粋。

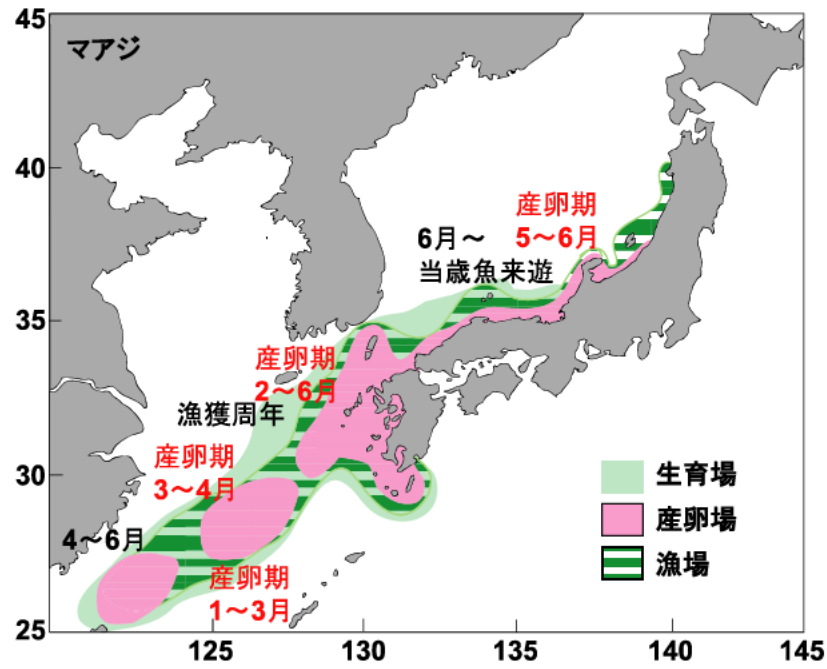
補注 3. 0 歳魚の指標値は以下のように求めた。漁況指標値として、大中型まき網の 0 歳魚資源密度指数、境港豆銘柄まき網 1 か統当り漁獲量（9～12 月）、長崎魚市豆銘柄 1 入港隻当り水揚量の相乗平均を求め、調査船調査データのない 1998～2000 年についてはこれを 0 歳魚の指標値とした。2001～2007 年は、5～6 月着底トロール調査、8～9 月魚探調査、4 月稚魚分布調査によって得られたマアジ当歳魚の現存量指標値の相乗平均値を、先に求めた漁況指標値と相乗平均したものを指標値と考えた。2001 年以降についてもそれ以前の指標値と基準を合わせるために、2002 年の指標値が漁況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					4.55
1999	4.61	0.60	17.17	3.61					3.61
2000	3.42	0.96	8.61	3.04					3.04
2001	3.30	0.67	11.97	2.97	62,944	89.8	13.74	123.32	11.68
2002	5.48	0.81	17.61	4.28	31,554	5.7	0.35	22.79	4.28
2003	8.87	1.59	25.41	7.10	8,487	20.5	1.62	37.60	7.07
2004	6.24	1.90	20.31	6.22	15,161	10.6	1.53	35.18	6.47
2005	5.12	1.50	17.73	5.15	324	6.1	3.87	14.07	3.30
2006	2.70	2.64	20.05	5.23	2,265	5.1	0.98	15.59	3.55
2007	1.64	1.86	23.14	4.13	13569	18.1	0.57	51.97	4.80

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.
- 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，西水研報，(38)，123-129.
- 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，南西水研報 (19)，111-120.
- 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