

平成 28（2016）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、黒田啓行、高橋素光）

参画機関：日本海区水産研究所、水産工学研究所、青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県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、京都府農林水産技術センター海洋センター、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

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。資源量は、1970年代後半に低水準だったが、1980～1990年代前半に増加し、1993～1998年には50万トンを超えた。その後、資源量は減少し、1999～2002年には30万～40万トンだったが、2003、2004年には増加し、再び50万トンを超えた。2005年以降は40万トン前後で推移していたが、2015年資源量は増加して53万トンであった。親魚量については2010年以降20万トン前後で推移していたが、2015年親魚量は増加して25万トンで、 B_{limit} （2001年の親魚量15万トン）を上回っており、資源水準は中位で、最近5年間（2011～2015年）の資源量の推移から、資源動向は増加と判断した。今後、再生産成功率（加入量÷親魚量）が、不確実性の高い直近年（2015年）を除く最近10年間（2005～2014年）の中央値で継続した場合に、親魚量の増大（ $F_{30\%SPR}$ ）、現状の漁獲圧の維持（ $F_{current}$ ）及び親魚量の維持（ F_{med} ）の各シナリオで期待される漁獲量を2017年ABCとして算定した。

マアジ対馬暖流系群

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	F 値 (Fcurrent との 比較)	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (千トン)	Blimit=150 千トン
					親魚量 5 年後 (千トン)
親魚量の増大* (F30%SPR)	Target	0.32 (0.60Fcurrent)	21	130	822
	Limit	0.40 (0.75Fcurrent)	25	156	658
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Target	0.42 (0.80Fcurrent)	26	163	612
	Limit	0.53 (1.00Fcurrent)	31	193	411
親魚量の維持* (Fmed)	Target	0.47 (0.89Fcurrent)	29	176	519
	Limit	0.58 (1.11Fcurrent)	34	208	331
<p>コメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本系群の ABC 算定には、規則 1-1) - (1) を用いた。 ・現状の漁獲圧は Blimit を維持できる可能性が高く、持続的に利用可能な水準である。 ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「大韓民国及び中華人民共和国等と我が国の水域にまたがって分布し、大韓民国及び中華人民共和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」とされており、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下の漁獲係数であれば資源を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。 					

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は年齢別選択率が 2013~2015 年平均で年齢別 F の平均値が 2015 年の F を指す。漁獲割合は 2017 年漁獲量/資源量、F 値は各年齢の平均値である。2015 年の親魚量は 247 千トン。

マアジ対馬暖流系群

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2012	352	198	126	0.61	36
2013	359	188	136	0.63	38
2014	428	173	145	0.66	34
2015	527	247	175	0.53	33
2016	563	320	—	—	—

F 値（漁獲係数）は各年齢の単純平均値。2016 年の資源量は加入量を仮定した値。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	2001 年水準（15 万トン）	これ未満の親魚量だと、良好な加入量があまり期待できなくなる。
2015 年	親魚量	2001 年水準以上（25 万トン）	

水準：中位 動向：増加

マアジ対馬暖流系群

本件資源評価に使用したデータセットは以下の通り

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（農林水産省） 主要港水揚量（青森～鹿児島（17）府県） 九州主要港入り数別水揚量（水研） 大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 月別体長組成調査（水研、青森～鹿児島（17）府県） ・市場測定 水産統計（韓国海洋水産部） (http://www.fips.go.kr:7001/index.jsp 、2016年3月)
資源量指数 ・ 加入量指数 ・ 年齢別資源量指数	大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）* 中型まき網漁業漁獲成績報告書（島根県）* 長崎魚市豆銘柄水揚げ量（長崎県）* 幼魚分布調査（5～6月、水研、鳥取県、島根県） ・ 中層トロール* 資源量直接推定調査（5～6月、水研） ・ 着底トロール* 資源量直接推定調査（9月、水研） ・ 中層トロール・魚探* 大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）* 中型まき網漁業漁獲成績報告書（島根県）* 資源量直接推定調査（5～6月、水研） ・ 着底トロール*
自然死亡係数（M）	年あたり $M = 0.5$ を仮定

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

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31%を占める（2015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形で行われてきた。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。

平成21（2009）年度から平成23（2011）年度の間、「日本海西部・九州西部海域マアジ（マサバ・マイワシ）資源回復計画」が実施され、小型魚保護のため、大中型まき網漁業は小型魚を主体とする漁獲があった場合には、以降、集中的な漁獲圧をかけないように速やかに漁場移動を行い、中・小型まき網漁業は、団体毎に一定日数の休漁、水揚げ日数制限等の漁獲制限を行うという取り組みがなされた。資源回復計画は平成23（2011）年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、平成24（2012）年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続して実施されている。

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 に達する（Yoda et al. 2014 など（図 2）。寿命は 5歳前後と考えられる。

(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歳魚でほぼ全ての個体が成熟する（図 3）。

(4) 被捕食関係

代表的な餌生物は、オキアミ類、アミ類、橈脚類等の動物プランクトンや小型魚類である（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 93 千~150 千トンであったが、その後減少し、1980 年に 41 千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 20 万トンを超えたが、1999~2002 年は 135 千~159 千トンに減少した。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、2006 年以降はほぼ横ばいで、2015 年は 132 千トンであった（表 1、図 4）。

韓国は毎年、数万トンを漁獲しており、2015 年のアジ類の漁獲量は 43 千トンであった。韓国が漁獲するアジ類にはムロアジ類が含まれるが、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 2003~2004 年には 22 千~47 千トンであったが、2005~2007 年には 135 千~186 千トンと増加した。しかし、2008 年には 59 千トンに減少し、2009~2014 年は 25 千トン~38 千トンであった（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950- 2014 （Release date: March 2016; <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2016 年 3 月））。

(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 8 千網前後で

推移していたが、その後減少し 2009 年以降は低い水準を保っている（図 5）。なお、有効漁獲努力量は、2015 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、2015 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 1、2）。資源計算は日本と韓国の漁獲について行った。中国の漁獲量については 2003 年以降の統計のみであること、直近年（2015 年）の情報が得られないことなどから、資源計算では考慮していない。

新規加入量（0 歳魚）を主対象として、5～6 月に対馬周辺～日本海西部海域では中層トロール網、東シナ海では着底トロール網、9 月には九州西岸～日本海において中層トロールと魚探を用いた調査結果を 0 歳魚の指標値として使用した（補足資料 3）。

(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（3.（3）を参照）は、1999～2002 年にやや低くなった後、2003 年に増加し、2005 年まで 10 トン/網程度の水準を保ったが、2007 年にかけて減少した。2008 年以降は再び増加に転じ、2015 年は 16.6 トン/網だった（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 2 補注 2）は、指標毎に動向が異なるが、2015 年については前年並み～下回った。（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）。2015 年は 1 歳魚の割合が高かった。

(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 万～34 万トンから 1977～1980 年の 13 万～18 万トンに減少した。その後、増加傾向を示し、1993～1998 年には、50 万～54 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 年に 28 万トンまで減少したが、その後増加して、2004 年は 54 万トンとなった。2005 年以降は 40 万トン前後で推移したが、2015 年は再び増加し、53 万トンであった。

加入量（0 歳魚資源尾数）は 1980 年代後半から 2000 年代前半には、80 億尾を超えた年が出現した。2005 年以降は 30 億～60 億尾で推移していたが、2014 年加入量は再び増加し、93 億尾となった。2015 年加入量は 2014 年より低く、39 億尾と推定された（図 9）。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たが、2006 年以降は減少し、2009 年以降は 20 万トン前後で推移し、2015 年は 25 万トンだった。

コホート計算に使った自然死亡係数 (M) の値は、仮定値 (0.5) のため、 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 2015 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、1982~2001 年に高い水準にあったが、2002 年以降は変動しながら減少傾向を示している (図 11、大中型まき網全体の網数の推移も表示)。

資源量と F の関係を見ると (図 12)、ばらつきが大きく、はっきりとした対応関係はみられない。

(5) 再生産関係

再生産関係を図 13 に示す。1973~2015 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り、高い加入量を得るためには親魚量を低い水準にしないようにすることが望ましい。

(6) Blimit の設定

過去 43 年間 (1973~2015 年) の親魚量と加入量の間には正の相関が見られることから (図 13)、2000 年以降で高い加入量があった 2001 年の水準 (親魚量 15 万トン) を資源回復の閾値 (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。2015 年の親魚量は 25 万トンと見積もられ、Blimit を上回っている。

(7) 資源の水準・動向

2015 年の推定資源量は 53 万トンであり、過去 43 年間 (1973~2015 年) で 6 番目に高かった。しかし、新漁場開拓時代の環境収容力に近い資源量があったと考えられる 1960 年代前半には漁獲量が 30 万~40 万トンと報告されており、現在よりもかなり資源が豊富だったと考えられることから (堀田・真子 1970)、1973 年以降では高位水準と判断される年はないと考えた。資源水準の低位と中位の境界を Blimit (親魚量 15 万トン) とし、2015 年の親魚量は 25 万トンと Blimit 以上であることから資源水準は中位と判断した。動向は、過去 5 年間 (2011~2015 年) の資源量の推移から、増加と判断した。

(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すれば、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)。2002~2007 年までは減少傾向を示していたが、2008~2010 年は上向き、2011、2012 年は減少して 2014 年は大きく増加したが、2015 年には再び減少した。再生産成功率と親魚量には相関関係は見られない (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 1973~2015 年までのデータでは負の相関がみられる (図 16、 $r^2=0.12$)。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、従来の関係からは外れていた。東シナ海大陸棚に着底したマアジ稚魚の現存量は、浮遊生活期の成長速度と正の相関関係を示すことが明らかになっている。さらに、浮遊生活期の成長速度は餌密度と正の相関関係がみられ、餌密度は大陸沿岸由来の冷水の張り出しに依存する（水産総合研究センター 2013、2016）。したがって、表面水温と再生産成功率の負の相関関係は、低水温ほど餌が豊富で成長が速く、生残率が高いことを示している可能性が高い。

2016年6月に行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、2016年級群の分布量は2015年級群を上回った（補足資料3-(2)）。また、着底トロールによる東シナ海における2015年の0歳魚分布量は前年を下回った（補足資料3-(1)）。直近年（2015年）の加入量計算値は不確実性が高いので、2016年以降の再生産成功率は2015年を除く最近10年間（2005～2014年）の中央値18.2尾/kgとし、将来予測にあたっては、計算を行った43年間で最大の加入量である93億尾を上限値とした。

(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（2013～2015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。現在のF（ $F_{current}$ ）を年齢別選択率が2013～2015年平均（0歳=0.28、1歳=1、2歳=0.90、3歳以上=0.27）で、各年齢のFの平均値が2015年のF値（0.53）であるFとする（0歳=0.24、1歳=0.86、2歳=0.78、3歳以上=0.23）。 $F_{current}$ は、 $F_{30\%SPR}$ 、 $F_{0.1}$ より高く、 F_{med} より低い。

5. 2017年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

2015年の資源量は53万トン、親魚量は25万トンで、 B_{limit} （15万トン）を上回っており、水準は中位、動向は増加と判断した。現状の漁獲係数（ $F_{current}$ ）は親魚量を維持する漁獲係数（ F_{med} ）より若干低い。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

ABCの算定にあたっては2015年の親魚量が B_{limit} を上回っていることから、ABC算定基本規則1-1)-(1)を用い、現状の海洋環境条件下での資源水準を維持する方策としてABCを算出した。設定した加入量の条件（再生産成功率=2005～2014年の中央値18.2尾/kg、加入量93億尾を上限値とする）の下で、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の変化を以下の表ならびに図18、19に示す（表2に将来予測の詳細を掲載）。2016年の漁獲圧は $F_{current}$ （2015年のF）とし、 F_{med} は、年齢別選択率が2013～2015年の平均で、2005～2014年再生産関係の中央値に相当するF（0歳=0.26、1歳=0.95、2歳=0.86、3歳以上=0.26）とした。 $F_{30\%SPR}$ は、漁獲がない場合の30%に相当する加入量あたり親魚量を達成するF（0歳=0.18、1歳=0.65、2歳=0.59、3歳以上=0.18）とした。

マアジ対馬暖流系群

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	漁獲量 (千トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.32	175	194	130	170	213	255	277
	Limit	0.40	175	194	156	189	224	263	292
現状の漁獲圧の 維持 (Fcurrent)	Target	0.42	175	194	163	194	224	260	293
	Limit	0.53	175	194	193	209	220	232	245
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.47	175	194	176	202	224	250	279
	Limit	0.58	175	194	208	215	214	214	214
			資源量 (千トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.32	527	563	616	781	989	1160	1280
	Limit	0.40	527	563	616	725	868	1006	1108
現状の漁獲圧の 維持 (Fcurrent)	Target	0.42	527	563	616	709	829	958	1060
	Limit	0.53	527	563	616	644	679	717	756
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.47	527	563	616	680	761	850	946
	Limit	0.58	527	563	616	613	612	613	613
			親魚量 (千トン)						
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.32	247	320	334	433	562	703	822
	Limit	0.40	247	320	334	398	478	569	658
現状の漁獲圧の 維持 (Fcurrent)	Target	0.42	247	320	334	389	455	530	612
	Limit	0.53	247	320	334	350	369	390	411
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.47	247	320	334	371	416	464	519
	Limit	0.58	247	320	334	331	331	331	331

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(3) 2017 年 ABC、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。2016～2027 年の再生産成功率を仮定値の周りで変動させ、Fcurrent (=2015 年の F)、F30%SPR、Fmed、0.8Fcurrent、0.8F30%SPR、0.8Fmed で漁獲を続けた場合の漁獲量と親魚量を計算した。2016～2027 年の加入量は毎年異なり、その値は、1973～2014 年の平均値に対する各年の再生産成功率の比を計算し、その値から重複を許してランダムに抽出したものに仮定値 18.2 尾/kg と親魚量を乗じたものであるとした。加入量が 93 億尾となる親魚量 51 万トンを超えた場合は、加入量を計算する際の親魚量は 51 万トンで一定とした。

マアジ対馬暖流系群

1,000 回試行した結果を図 20 に示す。F30%SPR の場合、管理を開始する 2017 年の漁獲量は少ないが、その後増加に転じ、平均値で見ると 2021 年以降は F_{med} や $F_{current}$ よりも漁獲量が上回ることが予測された。親魚量は平均値および下側 10%とも増加傾向を示した。 F_{med} の場合、2017 年の漁獲量の減少は少ないが、漁獲量と親魚量が平均的には緩やかに減少傾向を示した。

1,000 回試行の結果に基づき、あわせて 5 年後 (2021 年) の予測区間 (上下 10%の値を除いた 80%区間)、5 年間 (2017~2021 年) の平均漁獲量、5 年後 (2022 年 1 月) に現在の親魚量 (2015 年) を上回る確率、5 年後の親魚量が B_{limit} を上回る確率を下表に示す。

5 年間の平均漁獲量は、 $0.8F_{med}$ で最も高くなり、 $0.8F_{30\%SPR}$ で最も低くなった。これは F が低いと漁獲量の減少が大きくなるためで、5 年間に限れば、最小の F の平均漁獲量は低くなった。ただし、5 年後に 2015 年親魚量を上回る確率および B_{limit} を上回る確率は F を低い値にするほど高くなり、予想漁獲量の下側 10%の値も高くなる傾向がみられた。

マアジ対馬暖流系群

漁獲シナリオ (管理基準)	Target / Limit	F 値 (Fcurrentとの比較)	漁獲割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価 (%)		2017年 ABC (千トン)
				5年後	5年平均	2015年親魚量を維持 (5年後)	Blimitを維持 (5年後)	
親魚量の増大* (F30%SPR)	Target	0.32 (0.60 Fcurrent)	21	157~381	200	100	100	130
	Limit	0.40 (0.75 Fcurrent)	25	147~387	214	99	100	156
現状の漁獲圧の維持* (Fcurrent)	Target	0.42 (0.80 Fcurrent)	26	145~391	215	98	100	163
	Limit	0.53 (1.00 Fcurrent)	31	112~379	216	81	98	193
親魚量の維持* (Fmed)	Target	0.47 (0.89 Fcurrent)	29	126~381	218	93	100	176
	Limit	0.58 (1.11 Fcurrent)	34	100~335	211	65	94	208

コメント

- ・本系群の ABC 算定には、規則 1-1)-(1)を用いた。
- ・現状の漁獲圧は Blimit を維持できる可能性が高く、持続的に利用可能な水準である。
- ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「大韓民国及び中華人民共和国等と我が国の水域にまたがって分布し、大韓民国及び中華人民共和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」とされており、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下の漁獲係数であれば資源を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

F_{current} は年齢別選択率が 2013～2015 年平均で年齢別 F の平均値が 2015 年の F を指す。漁獲割合は 2017 年漁獲量/資源量、F 値は各年齢の平均である。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 1,000 回シミュレーションから算出した。将来漁獲量の幅は 80% 区間を示す。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量での維持を指す。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2014 年漁獲量確定値 2015 年漁獲量暫定値 2015 年月別体長組成	2014 年年齢別漁獲尾数
2015 年年齢別資源量指数	2015 年までの年齢別・年別資源尾数（再生産関係）、漁獲係数（年齢別選択率）
2015 年年齢別体重	再生産関係、%SPR

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (千トン)	ABC _{limit} (千トン)	ABC _{target} (千トン)	漁獲量 (千トン)
2015 年(当初)	F _{med}	0.61	551	203*	172	
2015 年(2015 年再評価)	F _{med}	0.59	604	235	201	
2015 年(2016 年再評価)	F _{med}	0.58	527	199	170	175
2016 年(当初)	F _{med}	0.59	589	221*	188	
2016 年(2016 年再評価)	F _{med}	0.58	563	208	177	
2015、2016 年とも、TAC 設定の根拠となったシナリオについて行った。 *は TAC 設定の根拠となった数値である。						

2015 年資源量は 2015、2013 年の加入量が当初の見積もりよりも低かったことから、2016 年再評価では 2015 年再評価時よりも低くなり、ABC も減少した。2016 年資源量は 2015 年加入量が当初の見積もりよりも低かったことから、2016 年再評価では 2016 年当初よりも減少し、ABC もやや減少した。

6. ABC 以外の管理方策の提言

若齢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} (=2015 年の F) と同じで 0 歳魚の F のみを 2017 年から削減した場合の、2017～2021 年の漁獲量および親魚量の予測値を求めた。再生産成功率が 2005～2014 年の中央値で一定（加入量が 93 億尾を越えた場合には加入量 93 億尾で一定）の条件の下で期待される漁獲量は、0 歳魚の F の削減率が大きいほど管理を開始する 2017 年には減少するが、2019 年以降の漁獲量は削減率を大きくするほど増加した（図 21）。さらに、2021 年の親魚量は削減率を大きくするほど増加した。

7. 引用文献

- 堀田秀之・真子渺(1970) 西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究-I. 漁況変動による解析. 西水研研報, 38, 87-100.
- Sassa, C., Y. Konishi and K. Mori (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 (2013) 平成 24 年度資源変動要因分析調査報告書「マアジ対馬暖流系群」.39-52.
- 水産総合研究センター (2016) 平成 27 年度資源変動要因分析調査報告書「マアジ対馬暖流系群」.55-64.
- Tanaka, H., I. Aoki and S. Ohshimo (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.
- Yoda, Y., T. Shiraishi, R. Yukami and S. Ohshimo (2014) Age and maturation of jack mackerel *Trachurus japonicus* in the East China Sea. *Fish. Sci.*, 80, 61-68.

マアジ対馬暖流系群

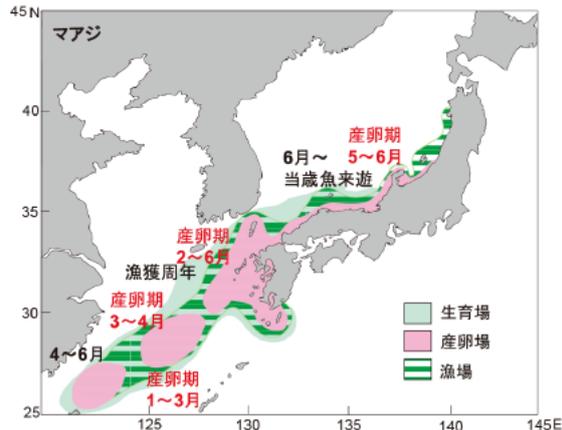
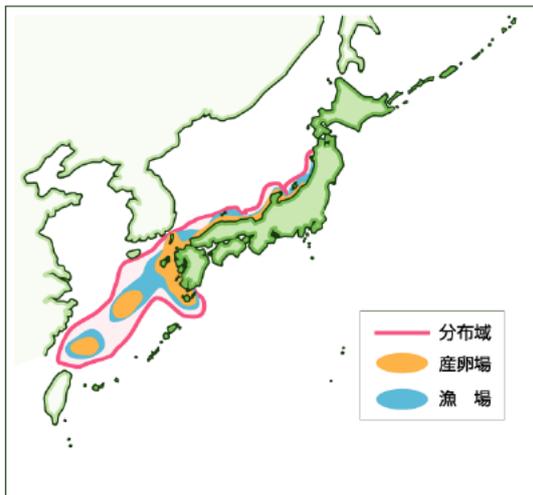


図1. マアジ対馬暖流系群の分布・回遊 (左)、生活史と漁場形成模式図 (右)

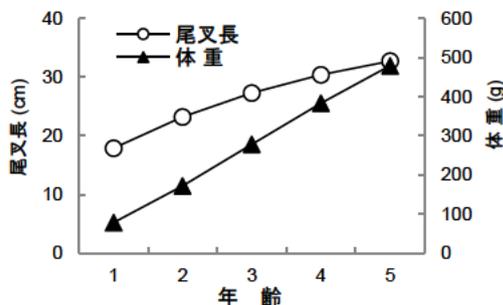


図2. 年齢と成長

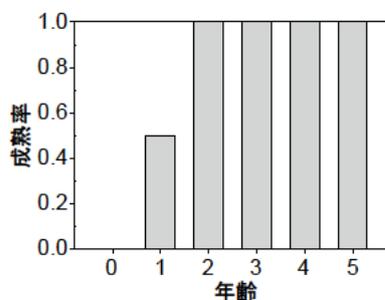


図3. 年齢と成熟率

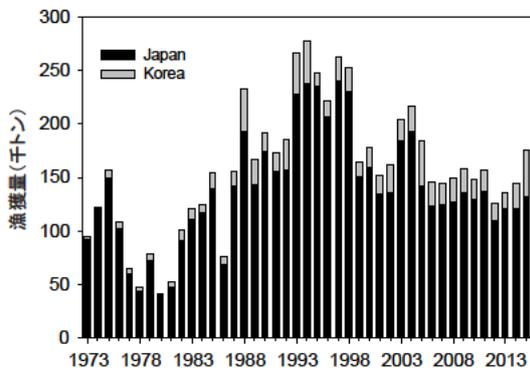


図4. 漁獲量

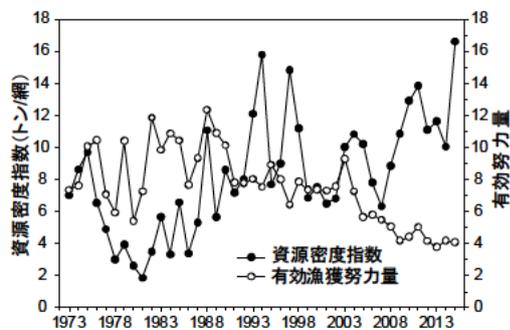


図5. 大中型まき網の資源密度指数と有効漁獲努力量

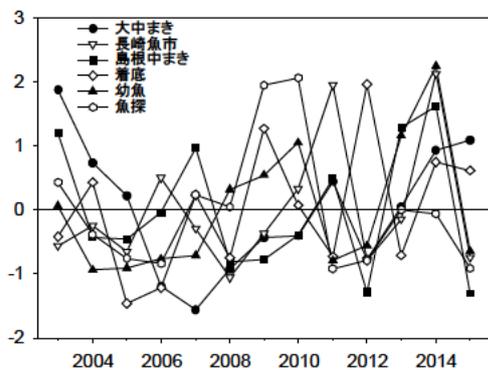


図6. 0歳魚指標値 (補注2参照)

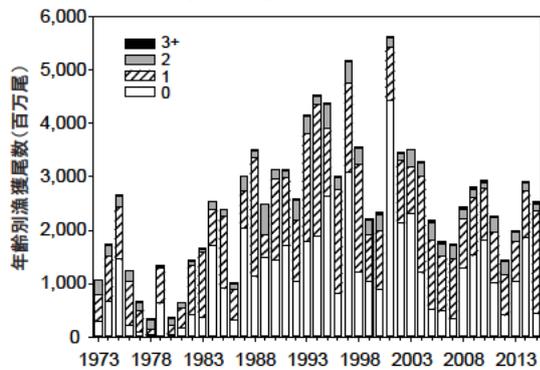


図7. 年齢別漁獲尾数

マアジ対馬暖流系群

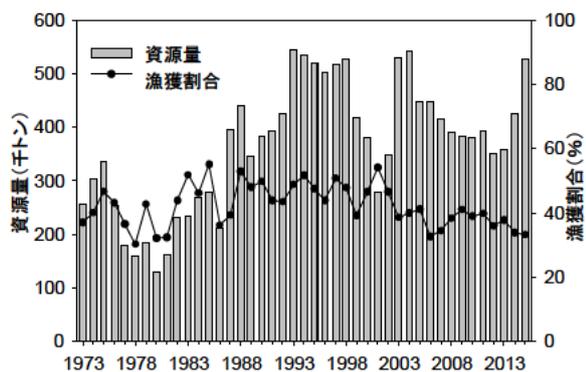


図 8. 資源量と漁獲割合

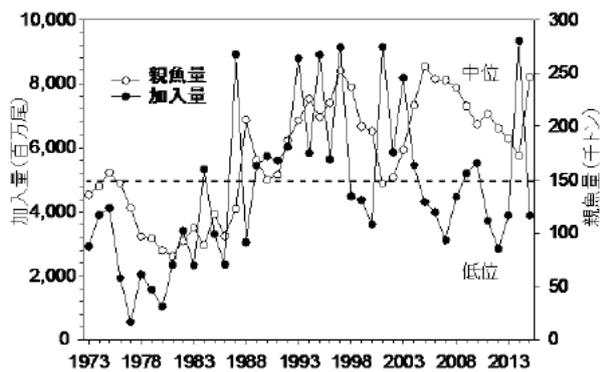


図 9. 親魚量と加入量 (点線は水準判断の境界線 (Blimit) を示す)

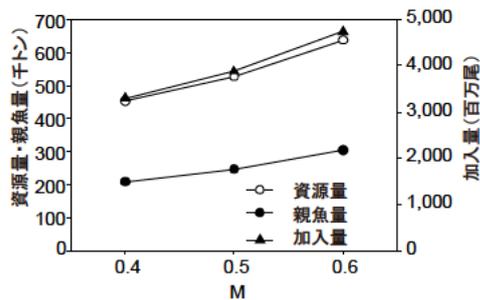


図 10. 自然死亡係数 (M) と 2015 年資源量、親魚量、加入量の関係

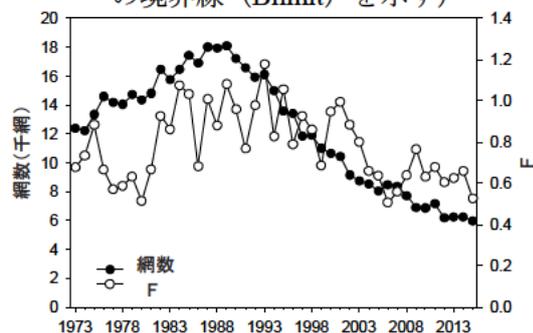


図 11. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

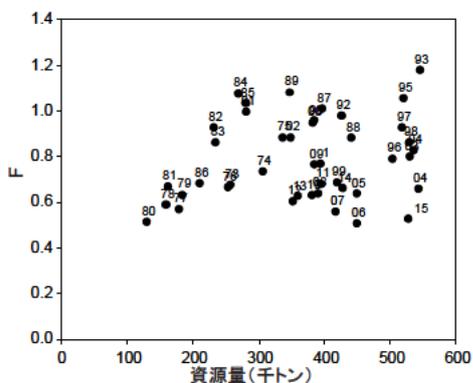


図 12. 資源量と F の関係

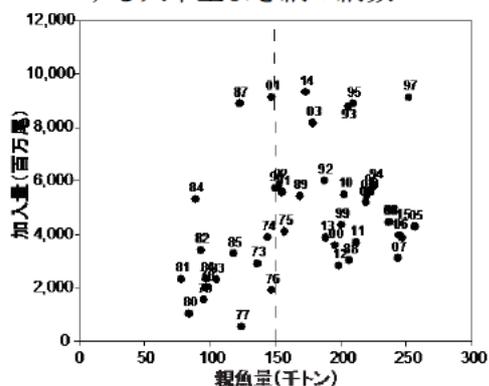


図 13. 親魚量と加入量の関係 (点線は Blimit (15 万トン) を示す)

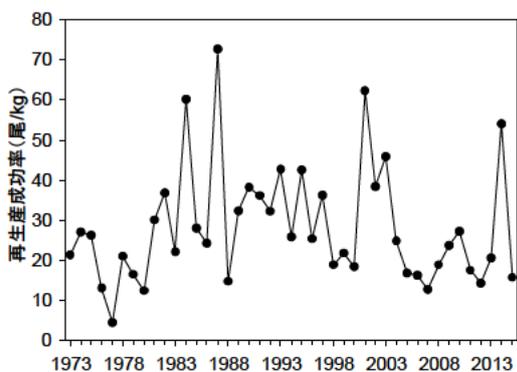


図 14. 再生産成功

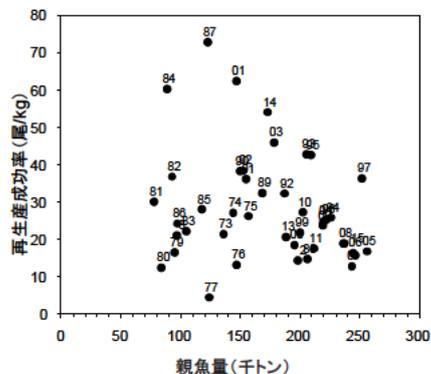


図 15. 親魚量と再生産成功率の関係

マアジ対馬暖流系群

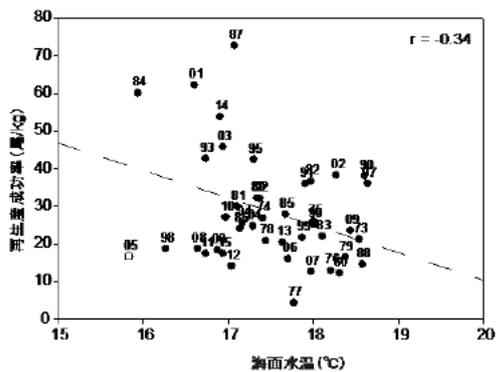


図 16. 海面水温と再生産成功率の関係

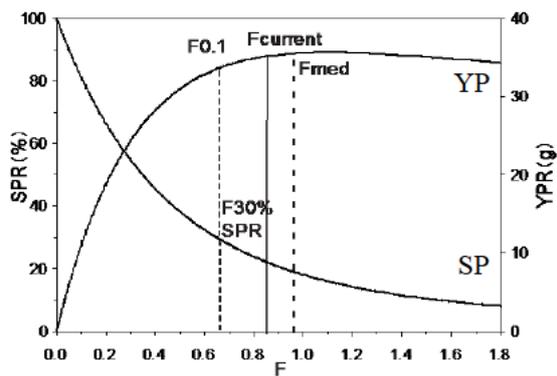


図 17. SPR、YPR と F の関係 (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2013~2015 年平均)

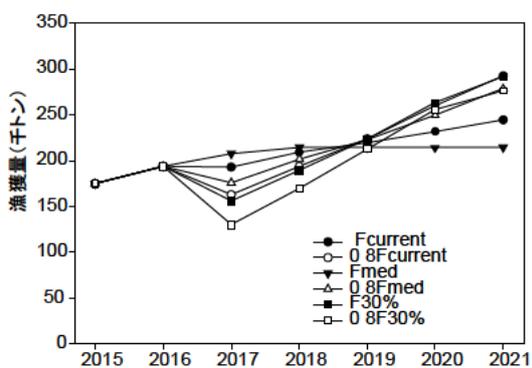


図 18. 様々な F による漁獲量の予測値

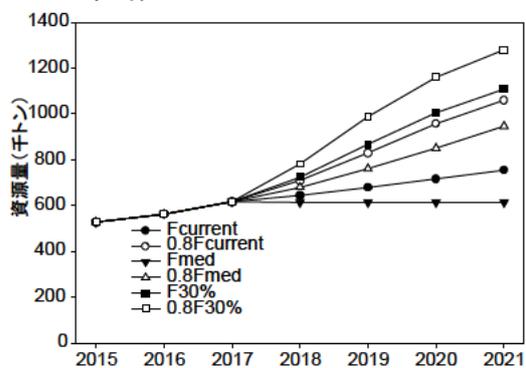


図 19. 様々な F による資源量の予測値

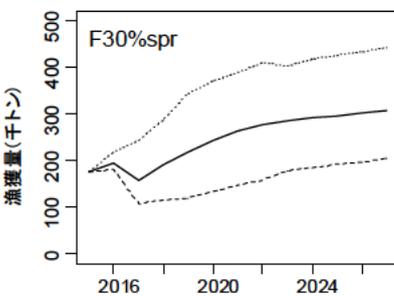
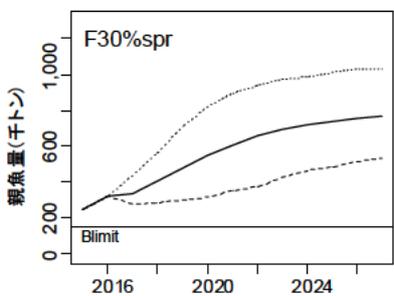
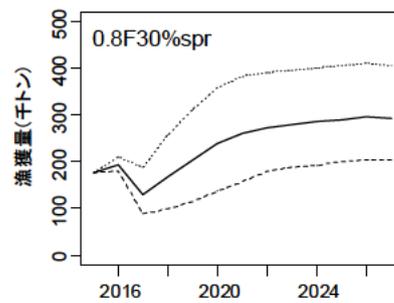
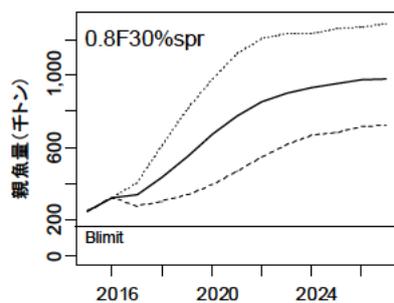


図 20. RPS の変動を考慮したシミュレーション結果 (実線は平均値、点線は上位 10%と下位 10%を示す。)

マアジ対馬暖流系群

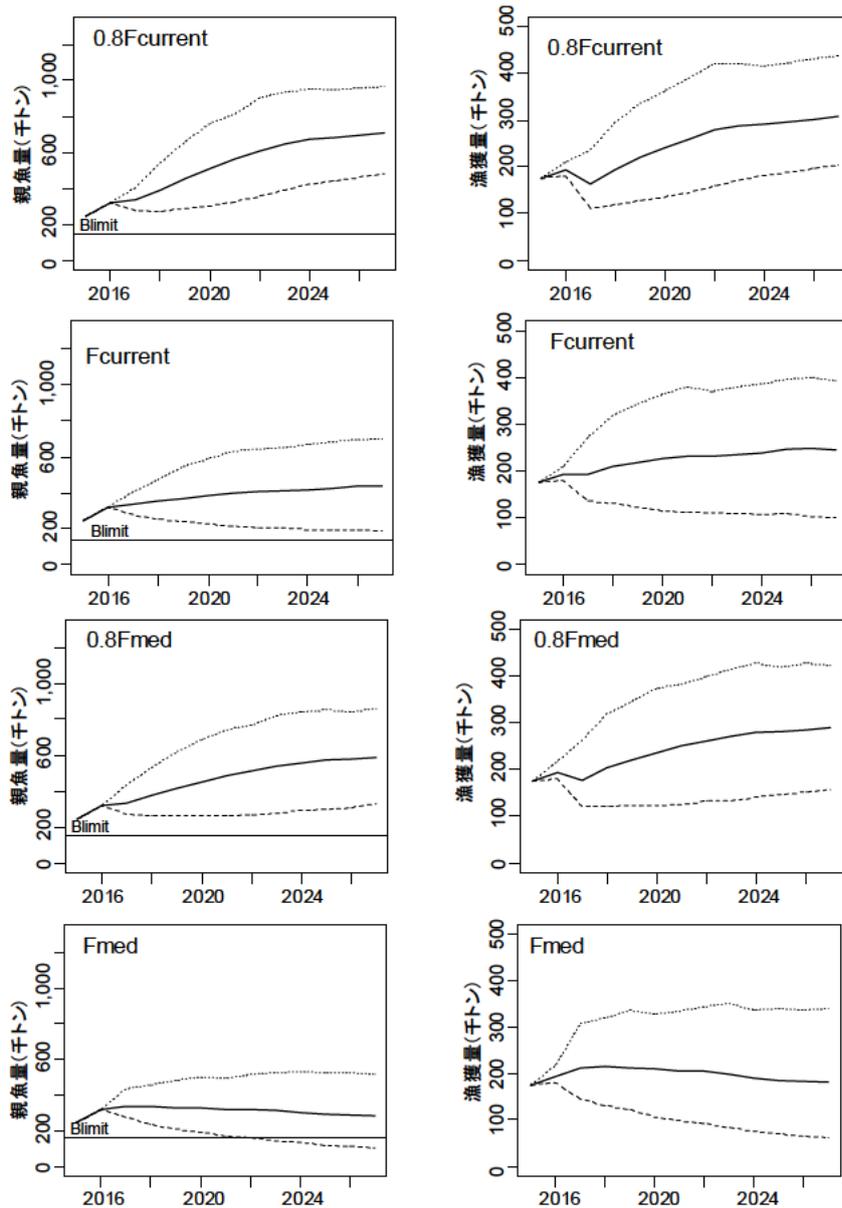


図 20. RPS の変動を考慮したシミュレーション結果 (実線は平均値、点線は上位 10%と下位 10%を示す。) (続き)

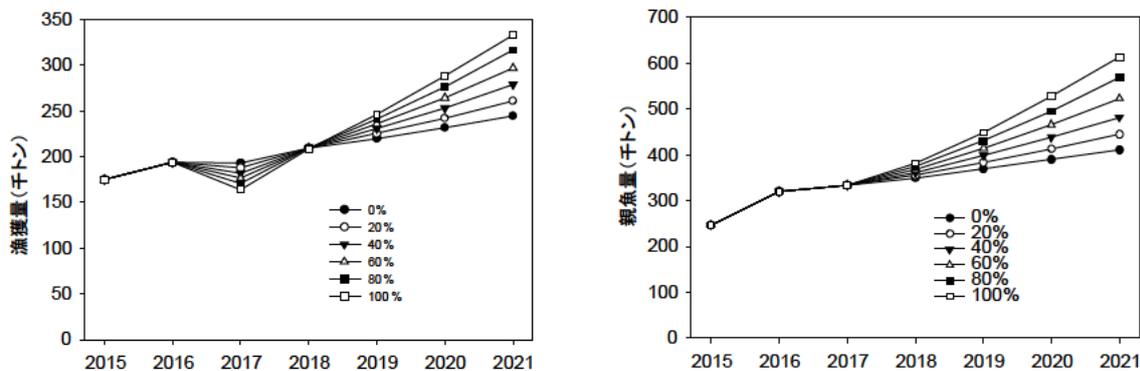


図 21. 0 歳 F のみ削減した場合の漁獲量と親魚量の予測値

マアジ対馬暖流系群

表 1. 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)	0歳加入量 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
	日本	韓国	計					
1973	93	2	95	256	136	2,913	37	21.43
1974	121	2	122	305	144	3,900	40	27.09
1975	150	7	157	336	157	4,113	47	26.23
1976	102	7	109	253	147	1,927	43	13.13
1977	60	5	65	178	124	553	37	4.47
1978	44	4	48	159	97	2,034	30	21.03
1979	72	7	79	184	95	1,570	43	16.52
1980	41	1	42	130	84	1,043	32	12.45
1981	47	6	52	161	78	2,338	32	30.08
1982	91	11	101	231	93	3,414	44	36.81
1983	110	12	122	234	105	2,320	52	22.14
1984	117	7	124	269	89	5,334	46	60.24
1985	139	16	155	280	118	3,299	55	28.02
1986	69	7	76	210	97	2,354	36	24.24
1987	142	14	156	396	123	8,920	39	72.76
1988	194	40	233	440	206	3,045	53	14.76
1989	144	23	167	347	168	5,451	48	32.37
1990	174	17	191	384	150	5,739	50	38.29
1991	156	16	173	393	155	5,601	44	36.19
1992	157	28	185	426	187	6,035	43	32.25
1993	228	38	266	545	206	8,799	49	42.79
1994	239	38	277	535	226	5,838	52	25.84
1995	235	12	248	520	209	8,908	48	42.60
1996	207	15	221	503	222	5,643	44	25.39
1997	241	23	263	518	252	9,140	51	36.27
1998	231	22	253	528	237	4,485	48	18.91
1999	150	14	164	419	200	4,369	39	21.83
2000	159	20	178	382	195	3,610	47	18.47
2001	135	18	152	280	147	9,148	54	62.36
2002	136	26	162	348	153	5,860	47	38.40
2003	184	20	204	529	178	8,182	39	45.92
2004	192	25	217	542	220	5,460	40	24.83
2005	142	43	184	448	256	4,305	41	16.80
2006	123	23	146	449	245	3,981	33	16.27
2007	125	19	144	417	244	3,117	35	12.80
2008	127	23	150	389	237	4,473	38	18.91
2009	136	22	158	384	219	5,201	41	23.74
2010	129	19	148	381	202	5,511	39	27.23
2011	138	19	157	394	212	3,717	40	17.55
2012	109	17	126	352	198	2,842	36	14.33
2013	121	15	136	359	188	3,882	38	20.62
2014	121	24	145	428	173	9,344	34	54.05
2015	132	43	175	527	247	3,884	33	15.75

マアジ対馬暖流系群

表 2. 2016 年以降の資源尾数等

F30%SPR、Fcurrent、Fmed で漁獲した場合の 2016～2021 年の年齢別資源尾数、重量、漁獲量。体重 (g) は、0 歳=28、1 歳=80、2 歳=161、3 歳以上=353 (2013～2015 年平均体重)。

F30%SPR

年齢別漁獲係数

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	0.24	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
1 歳	0.86	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
2 歳	0.78	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
3 歳以	0.23	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
平均	0.53	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	5,830	6,090	7,262	8,707	9,344	9,344
1 歳	2,016	2,785	3,085	3,679	4,410	4,733
2 歳	1,155	518	883	978	1,166	1,398
3 歳以	149	394	375	489	579	689
合計	9,150	9,787	11,605	13,852	15,500	16,165

年齢別資源量 (千トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	163	170	203	244	261	261
1 歳	161	223	246	294	352	378
2 歳	186	84	143	158	188	226
3 歳以	53	139	133	173	204	243
資源量	563	616	725	868	1,006	1,108
親魚量	320	334	398	478	569	658

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	984	796	949	1,138	1,221	1,221
1 歳	947	1,074	1,190	1,419	1,701	1,825
2 歳	506	185	316	349	417	500
3 歳以	25	50	48	62	74	88
合計	2,462	2,105	2,502	2,969	3,413	3,634

年齢別漁獲重量 (千トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	28	22	27	32	34	34
1 歳	76	86	95	113	136	146
2 歳	82	30	51	56	67	81
3 歳以	9	18	17	22	26	31
合計	194	156	189	224	263	292

マアジ対馬暖流系群

表 2. 2016 年以降の資源尾数等 (続き)

Fcurrent

年齢別漁獲係数

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
1 歳	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
2 歳	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
3 歳以	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
平均	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	5,830	6,090	6,374	6,735	7,102	7,490
1 歳	2,016	2,785	2,909	3,045	3,218	3,393
2 歳	1,155	518	715	747	782	826
3 歳以	149	394	334	360	382	402
合計	9,150	9,787	10,333	10,888	11,484	12,111

年齢別資源量 (千トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	163	170	178	188	199	209
1 歳	161	223	232	243	257	271
2 歳	186	84	115	121	126	133
3 歳以	53	139	118	127	135	142
資源量	563	616	644	679	717	756
親魚量	320	334	350	369	390	411

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	984	1,028	1,076	1,137	1,198	1,264
1 歳	947	1,308	1,367	1,431	1,512	1,594
2 歳	506	227	314	328	343	362
3 歳以	25	65	55	59	63	66
合計	2,462	2,628	2,811	2,954	3,116	3,287

年齢別漁獲重量 (千トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	28	29	30	32	34	35
1 歳	76	105	109	114	121	127
2 歳	82	37	51	53	55	58
3 歳以	9	23	19	21	22	23
合計	194	193	209	220	232	245

マアジ対馬暖流系群

表 2. 2016 年以降の資源尾数等 (続き)

Fmed

年齢別漁獲係数

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	0.24	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
1 歳	0.86	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
2 歳	0.78	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
3 歳以	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
平均	0.53	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58

年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	5,830	6,090	6,032	6,040	6,040	6,040
1 歳	2,016	2,785	2,836	2,809	2,813	2,813
2 歳	1,155	518	653	664	658	659
3 歳以	149	394	318	317	319	319
合計	9,150	9,787	9,838	9,830	9,830	9,830

年齢別資源量 (千トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	163	170	169	169	169	169
1 歳	161	223	227	224	225	225
2 歳	186	84	105	107	106	106
3 歳以	53	139	112	112	113	112
資源量	563	616	613	612	613	613
親魚量	320	334	331	331	331	331

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

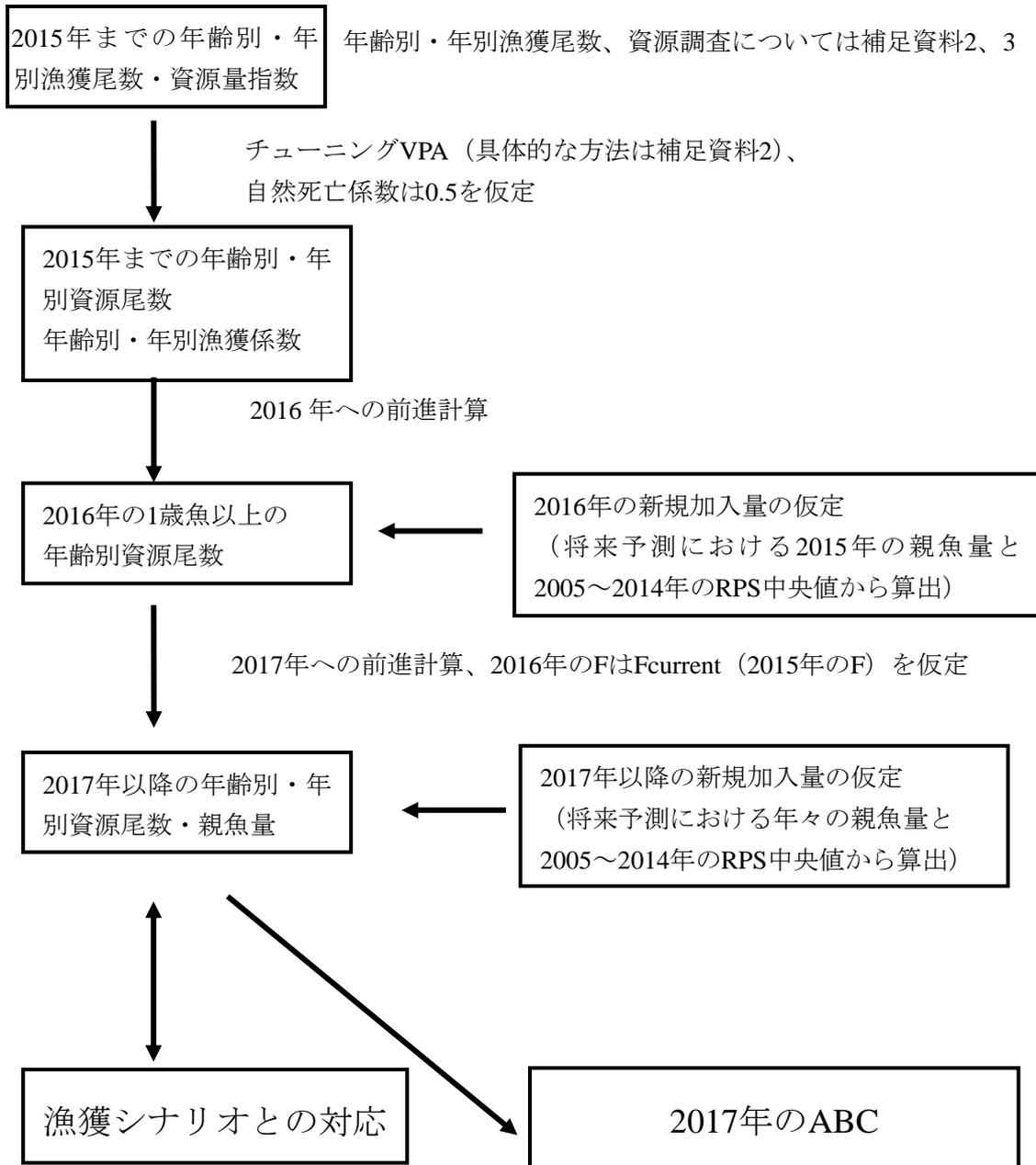
年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	984	1,125	1,114	1,116	1,116	1,116
1 歳	947	1,398	1,423	1,410	1,412	1,412
2 歳	506	243	306	312	309	310
3 歳以	25	71	57	57	58	58
合計	2,462	2,837	2,901	2,895	2,894	2,894

年齢別漁獲重量 (千トン)

年齢	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0 歳	28	31	31	31	31	31
1 歳	76	112	114	113	113	113
2 歳	82	39	49	50	50	50
3 歳以	9	25	20	20	20	20
合計	194	208	215	214	214	214

補足資料1 資源評価の流れ

使用したデータと、資源評価の関係を以下のフローを参考に簡潔に記す。



補足資料 2 資源計算方法

1. 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。2015 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）及び大下（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)	13.9	16.8	22.6	30.4
体重 (g)	36.6	65.1	158.1	384.8
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）。1973～2015 年の年別・年齢別漁獲尾数（1～12 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は、生残の式（式 1）と漁獲方程式（式 2）に基づくコホート解析を用いた。

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

$$C_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} N_{a+1,y+1} (\exp(F_{a,y} + M) - 1) \quad (2)$$

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 a は年齢（0～3+歳）、 y は年である。 F の計算は石岡・岸田（1985）の反復式を使い、プラスグループの資源尾数の扱いについては、平松（2000；非定常な場合のプラスグループ扱い方）に従った。また、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、 α は定数（0.3 とした（依田ら 2007））。

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

最近年（2015 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、2～3+歳）の変動傾向（2003～2015 年）と 2～3 歳以上の各年の資源量、0 歳魚の指標値（2003～2015 年）と、各年の 0 歳魚資源尾数、1 歳魚の指標値と各年の 1 歳魚資源量との変動傾向が最も合うように決めた（チューニング）。チューニング期間は、調査船調査の結果が得られる 2003～2015 年とした。近年、大中型まき網漁船の操業ヶ統数の減少が進んでおり、マアジに対する有効努力量も 2003 年以降で見ると大きく減少していることから、大中型まき網漁業の資源密度指数については合わせる期間を二つに分け、それぞれ別に漁獲効率に関連したパラメータ α を設定した（補足資料 4）。

なお、各指標 $I_{k,y}$ と対応する年齢の資源量 $N_{a(k),y}$ の間には、べき乗式で表される以下の関係（アロメトリー関係）があることを仮定している。

すなわち、

$$I = q_k N_{a(k),y}^{b_k} \quad (4)$$

ここで、 $I_{k,y}$ は y 年における指標 k の観測値、

q_k 、 b_k 、 σ_k は推定（ターミナル F と同時推定）すべきパラメータ（指標ごとに定義）である。

なお、最小化させる負の対数尤度を以下のように定義した（山川 未発表）

$$\text{最小 } -\ln L = \sum_k \sum_y \left[\frac{[\ln I_{k,y} - (b_k \ln N_{a(k),y} + \ln q_k)]^2}{2\sigma_k^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k} \right) \right] \quad (5)$$

上記の条件のうち、 b を推定させた場合には収束しなかったため、 b はいずれの指標値でも固定 ($b=1$) し、検討を行った。

ここで、 N は 0 歳魚については資源尾数で、1 歳魚以上は資源量、 I は年齢別漁法・調査別指標値（補注 2、3）。資源密度指数（CPUE）は、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、 $F_{0,2015}=0.16$ 、 $F_{1,2015}=0.80$ 、 $F_{2,2015}=0.88$ 、 $F_{3+,2015}=0.26$ 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）

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2 歳	0.49	0.93	0.62	0.88	0.53	0.63	0.89
3 歳以上	0.18	0.27	0.43	0.38	0.65	0.47	0.69
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
2 歳	0.89	0.65	0.99	0.77	0.61	0.71	
3 歳以上	0.92	0.32	0.52	0.42	0.37	0.30	

補注 1. 年齢別・年別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2015 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、1973～2009 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、1997～2009 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 1997～2009 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、2014 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。

マアジ対馬暖流系群

補注 2. 0 歳魚の指標値は漁況指標値として、大中型まき網漁業のマメ・ゼンゴ銘柄の資源密度指数（一網当り漁獲量の有漁漁区平均）（9～12 月）、長崎魚市豆銘柄 1 入港隻当り水揚量（9～1 月）、島根県中型まき網一網当り豆銘柄漁獲量（8～1 月）、調査からの指標値として、5～6 月着底トロール調査（補足資料 3（1））によって得られた水深 125m 以浅におけるマアジ現存量、6 月幼魚分布量調査（補足資料 3（2））、9 月魚探調査（補足資料 3（3））によって得られたマアジ当歳魚の現存量指標値を用いた。

0 歳魚指標値

年	漁況			調査		
	大中まき	長崎魚市	島根中まき	着底	幼魚	魚探
2003	8.66	1.59	9.62	8,487	1.00	20.5
2004	6.36	1.90	6.00	15,161	0.07	10.6
2005	5.34	1.50	5.93	324	0.10	6.1
2006	2.51	2.64	6.86	2,265	0.23	5.1
2007	1.75	1.86	9.12	13,569	0.28	18.1
2008	3.03	1.10	5.14	5,934	1.24	15.8
2009	4.02	1.78	5.24	21,712	1.45	39.0
2010	4.08	2.47	6.07	12,375	1.92	40.4
2011	5.79	4.08	8.05	6,062	0.21	4.1
2012	3.34	1.37	4.09	27,122	0.42	5.7
2013	4.98	2.00	9.82	6,237	2.02	15.3
2014	6.77	4.25	10.55	17,625	3.03	14.5
2015	7.08	1.41	4.06	16,593	0.34	4.2

補注 3. 1 歳魚の指標値は、大中型まき網漁業の小銘柄の資源密度指数（一網当り漁獲量の有漁漁区平均）（9～12 月）、1 歳魚に相当すると考えられる 3～5 月に島根県中型まき網漁業によって漁獲された豆銘柄一網当り漁獲量、ならびに着底トロールによる 1 歳魚現存量（補足資料 3（1））（2003 年を 1 とする）を用いた。

1 歳魚指標値

銘柄別 CPUE（トン／日・隻）

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
大中まき	2.51	2.61	2.90	2.06	2.94	3.08	4.05
島根中まき	7.96	12.78	6.78	3.76	11.44	4.38	8.52
着底	1.00	1.81	5.95	1.25	0.18	3.61	1.02
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
大中まき	6.25	4.80	2.96	4.52	4.22	8.82	
島根中まき	2.96	1.98	10.38	2.14	2.78	13.15	
着底	10.43	0.89	0.64	7.94	5.37	4.19	

2. ABC 算定方法

2016 年以降の資源尾数の予測にはコホート解析の前進法を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (6)$$

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y} \exp(-F_{3+,y} - M) + N_{2,y} \exp(-F_{2,y} - M) \quad (7)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} (1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \quad (8)$$

将来予測における加入量は、再生産成功率と親魚量の積とし、再生産成功率は 2005～2014 年の中央値である 18.2 尾/kg とした。また計算を行った 43 年間で最大の加入量である 93 億尾を上限値とした。2016 年の F は F_{current} (年齢別 F の平均値が 2015 年の F) と仮定し、2017 年よりそれぞれの漁獲シナリオに基づいた F を適用した。2016 年以降の年齢別選択率は 2013～2015 年の平均とした。

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.
- 依田真里・檜山義明・大下誠二・由上龍嗣 (2007) 平成 18 年度マアジ対馬暖流系群の資源評価.平成 25 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, (第一分冊) 水産庁・水産総合研究センター, pp.93-117.
- 依田真里・由上龍嗣・大下誠二・黒田啓行 (2014) 平成 25 年度マアジ対馬暖流系群の資源評価.平成 25 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, (第一分冊) 水産庁・水産総合研究センター, pp.105-134.
- 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

補足表 2-1. マアジ対馬暖流系群の資源解析結果 (1973～2015 年)

年\ 年齢	漁獲尾数 (百万尾)				漁獲重量 (千トン)				漁獲係数 F			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3+
1973	286	510	255	20	7	41	39	7	0.13	0.79	1.38	0.41
1974	677	841	187	23	17	68	29	8	0.25	1.08	1.24	0.37
1975	1,451	971	206	27	37	79	32	9	0.58	1.02	1.49	0.45
1976	222	798	212	17	6	65	33	6	0.16	1.17	1.03	0.31
1977	99	393	140	26	3	32	22	9	0.26	0.67	1.04	0.31
1978	41	94	190	29	1	8	29	10	0.03	0.60	1.33	0.40
1979	631	662	30	12	16	54	5	4	0.69	1.11	0.57	0.17
1980	43	181	129	17	1	15	20	6	0.05	0.63	1.06	0.32
1981	180	368	77	17	5	30	12	6	0.10	1.35	0.94	0.28
1982	428	931	55	19	11	76	8	6	0.17	1.95	1.22	0.37
1983	369	1,217	62	11	9	99	9	4	0.22	1.76	1.13	0.34
1984	1,716	684	131	15	43	56	20	5	0.51	1.32	1.91	0.57
1985	907	1,355	118	9	23	110	18	3	0.42	1.77	1.50	0.45
1986	324	553	126	10	8	45	19	3	0.19	0.73	1.40	0.42
1987	2,037	695	275	16	51	57	42	5	0.34	1.25	1.89	0.57
1988	1,136	2,223	125	13	29	181	19	5	0.62	1.19	1.32	0.40
1989	1,481	442	555	23	37	36	85	8	0.41	0.79	2.40	0.72
1990	1,441	1,535	163	14	36	125	25	5	0.38	1.79	1.28	0.38
1991	1,704	1,283	126	16	43	104	19	6	0.48	1.06	1.18	0.35
1992	1,042	1,147	367	25	26	93	57	9	0.24	1.08	1.99	0.60
1993	1,799	2,007	320	24	45	163	49	8	0.30	1.78	2.03	0.61
1994	1,897	2,458	161	12	48	200	25	4	0.52	1.37	1.10	0.33
1995	2,652	1,256	442	30	67	102	68	10	0.46	1.27	1.92	0.58
1996	820	1,946	222	22	21	158	34	8	0.20	1.19	1.37	0.41
1997	3,094	1,652	405	25	51	137	66	9	0.55	1.25	1.47	0.44
1998	1,218	2,020	286	31	46	154	43	10	0.41	1.41	1.25	0.37
1999	1,037	878	267	31	33	80	42	10	0.35	0.91	1.14	0.34
2000	891	1,106	298	47	27	90	43	18	0.37	1.26	1.66	0.50
2001	4,436	985	185	26	35	80	28	9	0.90	1.51	1.21	0.36
2002	2,131	1,182	130	29	38	95	21	9	0.60	1.02	1.48	0.44
2003	2,301	878	320	20	76	72	49	7	0.43	0.81	1.52	0.45
2004	1,199	1,801	258	17	45	131	34	6	0.32	1.14	0.91	0.27
2005	526	1,297	327	36	11	112	49	12	0.17	1.07	1.01	0.30
2006	480	1,038	218	35	14	86	35	12	0.16	0.86	0.77	0.23
2007	353	1,109	248	40	11	82	37	14	0.15	1.08	0.77	0.23
2008	1,284	913	179	44	23	83	29	15	0.44	1.15	0.74	0.22
2009	1,533	1,077	156	51	29	82	27	20	0.46	1.36	0.96	0.29
2010	1,805	974	125	34	30	85	21	12	0.52	0.91	0.84	0.25
2011	1,009	953	266	36	29	73	42	13	0.41	0.89	1.09	0.33
2012	403	752	251	34	13	64	37	12	0.20	0.96	0.97	0.29
2013	1,034	758	156	32	28	71	26	11	0.40	1.05	0.81	0.24
2014	1,856	873	150	36	38	70	24	12	0.29	1.12	0.95	0.29
2015	444	1,910	148	29	16	124	23	11	0.16	0.80	0.88	0.26

マアジ対馬暖流系群

補足表 2-1. マアジ対馬暖流系群の資源解析結果（1973～2015年）（続き）

年\ 年齢	平均体重 (g)				資源尾数 (百万尾)				資源量 (千トン)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3	0	1	2	3
1973	25	81	154	345	2,913	1,152	411	75	74	94	63	26
1974	25	81	154	345	3,900	1,547	318	93	99	126	49	32
1975	25	81	154	345	4,113	1,849	318	95	104	150	49	33
1976	25	81	154	345	1,927	1,402	403	80	49	114	62	28
1977	25	81	154	345	553	999	264	123	14	81	41	43
1978	25	81	154	345	2,034	260	311	111	51	21	48	38
1979	25	81	154	345	1,570	1,202	87	95	40	98	13	33
1980	25	81	154	345	1,043	480	241	78	26	39	37	27
1981	25	81	154	345	2,338	599	155	85	59	49	24	29
1982	25	81	154	345	3,414	1,280	94	76	86	104	15	26
1983	25	81	154	345	2,320	1,744	111	49	59	142	17	17
1984	25	81	154	345	5,334	1,126	181	43	135	92	28	15
1985	25	81	154	345	3,299	1,940	183	31	83	158	28	11
1986	25	81	154	345	2,354	1,314	201	37	59	107	31	13
1987	25	81	154	345	8,920	1,180	384	45	225	96	59	15
1988	25	81	154	345	3,045	3,862	206	51	77	314	32	17
1989	25	81	154	345	5,451	994	709	54	138	81	109	19
1990	25	81	154	345	5,739	2,184	273	55	145	178	42	19
1991	25	81	154	345	5,601	2,387	221	69	142	194	34	24
1992	25	81	154	345	6,035	2,109	500	70	153	172	77	24
1993	25	81	154	345	8,799	2,865	433	65	222	233	67	22
1994	25	81	154	345	5,838	3,967	294	56	148	323	45	19
1995	25	81	154	345	8,908	2,109	612	84	225	172	94	29
1996	25	81	154	345	5,643	3,398	359	83	143	276	55	29
1997	16	83	164	369	9,140	2,796	630	89	150	231	103	33
1998	38	76	149	343	4,485	3,212	485	123	168	246	72	42
1999	31	91	156	328	4,369	1,797	476	136	137	163	74	44
2000	31	82	143	376	3,610	1,863	438	151	110	152	63	57
2001	8	81	154	345	9,148	1,513	319	106	73	122	49	37
2002	18	80	158	300	5,860	2,252	202	102	106	180	32	31
2003	33	82	154	328	8,182	1,952	492	68	271	161	76	22
2004	38	73	133	348	5,460	3,221	529	92	205	235	70	32
2005	21	87	151	337	4,305	2,399	627	171	88	208	95	58
2006	28	83	159	344	3,981	2,208	498	215	113	183	79	74
2007	31	74	149	342	3,117	2,047	567	243	97	152	85	83
2008	18	91	162	342	4,473	1,620	423	276	79	147	69	94
2009	19	76	173	386	5,201	1,741	311	256	99	132	54	99
2010	16	88	166	370	5,511	1,995	270	189	91	175	45	70
2011	29	76	158	372	3,717	1,981	487	160	107	151	77	59
2012	32	85	148	365	2,842	1,490	493	169	90	127	73	62
2013	27	94	164	342	3,882	1,416	346	190	104	133	57	65
2014	20	81	162	332	9,344	1,571	299	184	191	127	48	61
2015	37	65	158	385	3,884	4,254	310	154	142	277	49	59

補足資料3 調査船調査の結果

(1) 着底トロール調査(着底)：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)。

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005
現存量推定値 (トン)	26,700	70,907	34,945	9,422	23,535	7,098
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011
現存量推定値 (トン)	2,693	13,700	9,544	25,290	23,536	7,041
年	2012	2013	2014	2015	2016	
現存量推定値 (トン)	28,570	13,335	21,077	20,590	10,302	

*2016年は暫定値

(2) 新規加入量調査(幼魚)：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、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	2009
加入量指標値	1.00	0.07	0.10	0.23	0.28	1.24	1.45
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
加入量指標値	1.92	0.21	0.42	2.02	3.03	0.34	2.20

(3) 計量魚探調査(魚探)：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。2015年は2001年を超える過去最大値となったが、体長測定結果から1歳魚主体であったと考えられ、補正を行ったうえで、0歳魚の指標値とした。なお、平成27年度評価時点では2014年の現存量指標値は80.3であったが、その後データの精査を行い、14.5となった。

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
現存量 指標値	8.0	3.3	18.4	12.1	89.8	5.7	20.5
年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
現存量 指標値	10.6	6.1	5.1	18.1	15.8	39.0	40.4
年	2011	2012	2013	2014	2015		
現存量 指標値	4.1	5.7	15.3	14.5	4.2 (108.5)		

*2015年は暫定値で()内はマアジ全体の現存量指標値。

マアジ対馬暖流系群

(4) 新規加入量調査（稚魚）：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いる。本調査は漂泳稚魚を対象としており、マアジ稚魚の生息水深を網羅していないため、得られる結果は参考値として取り扱い、今年度からはカタクチイワシ対馬暖流系群の評価報告書（補足資料5）に掲載した。

補足資料4 チューニングの条件

パラメータ推定にあたり、漁獲量の大きな割合を占める大中型まき網漁業では有効努力量が2003年以降減少し、2015年には2003年と比較すると4割程度だったことなどから（図5）、大中型まき網漁業では2003年以降に漁獲効率が変化したと考え、昨年度（平成27年度）と同様に2003～2007年と2008～2015年で大中まき1歳魚と2歳魚について別々のaを設定し、資源量推定を行った（補足表4-1）。

補足表4-1. 推定されたパラメータ

年齢	漁況/調査	$q1$	$q2$	b	σ	$-\ln L$
0歳	大中まき	0.000967		1	0.36	99.73
	長崎	0.000424		1	0.42	
	島根	0.001432		1	0.35	
	着底	1.740355		1	1.15	
	魚探	0.002495		1	0.67	
	幼魚	0.000115		1	1.06	
1歳	着底	0.012248		1	1.11	
	大中まき	0.013953	0.029736	1	0.19	
	島根中まき	0.033955		1	0.60	
2歳	大中まき	0.008256	0.012702	1	0.24	
3歳	大中まき	0.006929		1	0.27	