平成１６年マサバ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
（檜山義明、依田真里、大下誠二、山本圭介、由上龍嗣）
参 画 機 関：日本海区水産研究所、水産総合研究センター開発調査部、青森県水産総合研究センター、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県水産試験場、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府立海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産試験場、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要　　約

東シナ海・黄海・日本海に生息するマサバの資源量は、1970・80 年代には比較的安定していたが、1992～1996 年に増加傾向を示した後、1997 年以降減少し、1999～2003 年は低い水準にある。再生産成功率（加入尾数÷親魚量）が最近 6 年（1997～2002 年）の中央値で継続した場合に、資源量の増加が期待できる漁獲量を 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。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	165 千トン（71 千トン）	F_{rec}	0.46	31%
ABC_{target}	137 千トン（59 千トン）	0.8 F_{rec}	0.37	26%

漁獲割合は ABC／資源量。F は各年齢の単純平均である。ABC（）内は、我が国 EEZ 内のもの。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価＊
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。	F_{limit}	ABC_{limit} 165 千トン（71 千トン）	A：74％ B：95％ C：261 千トン
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。予防的措置をとる。	F_{target}	ABC_{target} 137 千トン（59 千トン）	A：98％ B：99.9% C：279 千トン

＊再生産成功率の変動を考慮した 1000 回のシミュレーションで、A：2013 年に親魚量が 1997 年値（B_{limit}、40 万トン）を上回った率、B：2013 年に親魚量が 2003 年値（24 万トン）を上回った率、C：2005～2013 年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価
現状の漁獲圧を継続する。	$F_{current}$	196 千トン（85 千トン）	A：10% B：45% C：206 千トン
現状の親魚量を維持する。	F_{sus}	201 千トン（87 千トン）	A：26% B：44% C：193 千トン

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F 値	漁獲割合（%）
2002	591	227（78）	0.69	38
2003	515	206（89）	0.57	40
2004	515	－	－	－

2004 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	1997 年水準（40 万トン）	これ以下の親魚だと、良好な加入量があまり期待できなくなる。
2003 年	親魚量	1997 年水準以下（24 万トン）	

水準：低位　　動向：横ばい

１．まえがき

東シナ海・黄海・日本海のマサバはまき網漁業の重要資源で、これらの海域で操業する大中型まき網漁業による漁獲の 24%を占める（2003 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、ゴマサバとあわせてさば類についての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

分布は、東シナ海南部から日本海北部、さらに黄海や渤海にもおよぶ（図 1）。春夏に索餌のために北上回遊を秋冬に越冬・産卵のため南下回遊をする。日本海北部で越冬する群もある。

（2）年齢・成長

ふ化後 1 年で尾叉長約 24cm、2 年で約 29cm、3 年で約 33cm、4 年で約 35cm、5 年で約 37cm に達する（白石 未発表、図 2）。

（3）成熟・産卵生態

産卵は、東シナ海南部の中国沿岸から東シナ海中部、朝鮮半島沿岸、九州・山陰沿岸の広い海域で行われ、産卵の盛期は 3～5 月である。成熟年齢は 1～2 歳で、1 歳で産卵に参加する個体が 60％、2 歳では 85％程度と見積もっている（(白石 未発表、図 3)。

（4）被捕食関係

オキアミ類、アミ類、橈脚類などの浮遊性甲殻類とカタクチイワシなど小型魚類が主な餌料である。稚幼魚は魚食性の魚類に捕食されると考えられる。

3. 漁業の状況

（1）主要漁業の概要

東シナ海・黄海・日本海のマサバのほとんどは、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韓国沿岸、九州北西岸・日本海西部海域である。

（2）漁獲量の推移

統計上マサバとゴマサバは区別されず、さば類として一括されることが多いので、本報告では統計資料から独自に算定した漁獲量の値を使用する(補足資料 2-2-補注 1)。東シナ海・黄海・日本海での我が国のマサバ漁獲量は、1970 年代後半には 27～30 万トンであったがその後減少し、1990～1992 年には 13～15 万トンと大きく落ち込んだ（図 4)。1993 年以降漁獲量は増加傾向を示し、1996 年には 40 万トンに達したが、1997 年は 21 万トンに大きく減少し、2002 年は 89 千トン、2003 年は 90 千トン、と低い水準にある。韓国のさば類漁獲量は、2002 年は 14 万トン、2003 年は 12 万トンと、近年日本と同等か上回る値となっている（「漁業生産統計」（韓国統計庁))。中国のさば類漁獲量は 1994 年には 30 万トンを越え、1999 年には 40 万トン、2000 年には 35 万トンとなっている（中国水産科技信息網)。中国・韓国のマサバとゴマサバの魚種別の漁獲量は不明である。

4. 資源の状態

（1）資源評価方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果とあわせて年齢別の漁獲尾数による資源解析を行った。資源計算は日本と韓国の漁獲について行った。韓国のさば類漁獲のマサバとゴマサバの比率は、韓国水域での日本漁船の比率と同じとした。

新規加入量（0 歳魚）を主対象として、2～5 月にニュースト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、1997～2001 年に減少したが、2002～2003 年にはやや増加した（図 5）。有効漁獲努力は、1999 年以降低い値になっている。資源密度指数は、緯経度 30 分間隔で分けられた漁区のうち、2003 年に操業が行われた漁区について、漁区ごとの一網当り漁獲量の総和をマサバ漁獲があった漁区数で割って求めた。有効漁獲努力は、2003 年に操業が行われた漁区の漁獲量を資源密度指数で割って求めた。

各地の漁獲状況から求めた 0 歳魚の指標値（補足資料 2-2-補注 3）は、1998 年以降減少を続けている（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）。

（4）資源量の推移

年齢別漁獲尾数により計算された（コホート計算）資源量は（図 8）、1973～1989 年には 100～130 万トンで比較的安定していた。1987 年の 133 万トンから 1990 年の 83 万トンまで減少した後増加傾向を示し、1994～1996 年には 140 万トンを越える高い水準に達した。しかし、1997 年以降資源は急激に減少し、2002 年は 59 万トン、2003 年は 52 万トンと低い水準に留まっている。

加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）は、1995 年以降減少傾向が続いており、2002～2003 年にはさらに低い値になった（図 9）。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は 1996 年を近年の頂点に 2000 年まで減少し、2000～2003 年には横ばい傾向にある。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、1999～2001 年には高い値を示したが、2002～2003 年には低い値になった（図 10）。

コホート計算に使った自然死亡係数（M）の値は、信頼性が低く過小評価の可能性がある。M の値が資源計算に与える影響を見るために、M を変化させた場合の 2003 年の資源量、親魚量、加入量を図 11 に示す。M が大きくなると、いずれも大きくなる。また、以下で算出する 2005 年の ABC の値（及び 2005 年の資源量）も M によって変化する（図 22）。

（5）漁獲係数

漁獲係数 F（各年齢の F の単純平均）は、1973～1985 年に漸減した後、1995 年までは同水準にあったが、1996 年に高くなった（図 12）。以後、高い水準で減少傾向を示している。1995～1996 年の F の急増にはコホート計算上の問題もあると考えられるが、近年 F が高水準にあるのは、韓国の漁獲圧が 1980 年代後半から高くなったことによる可能性がある。1996 年以降においては、大中型まき網の努力量の減少もあって（図 5、

図 12)、F が減少傾向を示していると推察される。

資源量と F の関係を見ると（図 13)、若干、資源量が少なくなると F が高くなる傾向が見られる。

年齢別選択率を一定（2001～2003 年平均）として F を変化させた場合の、加入当り漁獲量（YPR）と加入当り親魚量（SPR）を図 14 に示す。現状の F（$F_{current}$）を年齢別選択率が 2001～2003 年平均（0 歳＝0.77、1 歳＝1、2 歳＝0.71、3 歳＝0.71）で、各年齢の F の単純平均値が 2003 年と同じ(0.57)である F とする(0 歳＝0.55､1 歳＝0.72、2 歳＝0.51、3 歳＝0.51)。$F_{current}$ は、$F_{0.1}$ よりやや大きく、$F_{20\%}$と同程度である。

（6）資源水準・動向の判断

資源水準は過去 20 年間(1984～2003 年)で 2000 年に次いで 2 番めに低いので低位、動向は 1999～2003 年の 5 年間の傾向から横ばいと判断する。

5. 資源管理の方策

（1）再生産関係

親魚量と加入量の間にははっきりした関係はない（図 15a)。しかし、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。親魚量が 50 万トン以下の年では、親魚量と加入量に正の相関がある（14 年、1%有意水準)。近年は親魚量が少なく、加入量も低い値に留まっている(図 15b)。親魚量の回復を目指すことが妥当と考えられる。

再生産成功率（の対数）と親魚量には負の相関があり（1%有意水準)、密度効果が働いている可能性がある（図 16)。

再生産成功率の変動には、海洋環境が深く関わっていると考えられる。再生産成功率の対数と親魚量に直線関係を当て嵌め、直線からの残差を水温と比較した（図 17）その残差と東シナ海（北緯 29 度 30 分、東経 125 度 30 分）の 2 月の表面水温（気象庁保有データ）には、負の相関がある（図 17、1%有意水準)。水温の高低が、餌生物の多寡等に与える影響は不明であるが、水温に代表される海洋環境が、初期の生残に大きな影響を与えると想定される。

回復の閾値（B_{limit}）を検討する。それ以下の親魚量だと加入量が低くなる恐れがある水準を推定する方法がいくつか提唱されている（Myers et al. 1994)。親魚量と加入量の計算値のうちで、各年の加入量のうち上位 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による方法では、過去 31 年の値について 50 万トン程度である（図 15a)。再生産曲線が示す最大加入量の 2 分の 1 を与える親魚量による方法では、Ricker 型の再生産曲線について 14 万トン程度、Beverton-Holt 型で 21 万トン程度である。また、1992 年以降の図では（図 15b)、親魚と加入量が関係しているようであり､なるべく大きな親魚量を確保することが望まれる｡これらのことから、大きく資源が減少した 1997 年の水準（40 万トン）を当面の目標とすることが妥当であると判断する。

（2）今後の加入量の見積もり

1997 年以降は漸減しながらも親魚量は同様の水準で推移しており、直近年（2003 年）の加入量計算値は不確定なので、ABC の算定においては、2004 年以降の再生産成功率を 1997～2002 年の中央値 0.0071 尾／g と設定する。また、加入量に対する密度効果があると想定されることから、親魚量が 50 万トン以上では、加入量を親魚量 50 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 36 億尾で一定）。

ただし、2002 年、2003 年の加入量は 1997～2001 年よりかなり低く見積もられており、今後も低い水準の加入が続けば、資源は減少する。来年度における ABC 再評価等にあたっては、加入量の動向に十分留意する必要がある。

（3）加入当り漁獲量

各年齢の F を同じとした場合の、F と漁獲開始年齢に対する等漁獲量曲線を図 18 に示す。コホート計算結果は年齢別選択率が等しくないので、直接比較はできないが、現状では 0 歳から大きな漁獲圧がかかっているので、漁獲開始年齢を引き上げれば、より大きな加入当り漁獲量が得られると考えられる。

若年魚への漁獲圧を緩和することの効果を見るために、他年齢の F は $F_{current}$ と同じで 0 歳魚の F のみを削減した場合の期待漁獲量を求めた。再生産成功率が 1997～2002 年の中央値で一定（親魚量が 50 万トンを越えた場合は加入量 36 億尾で一定）の条件のもとで期待される 2009 年の漁獲量は、削減率を大きくするのに伴って増大する（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＝1997～2002 年の中央値 0.0071 尾／g、親魚量が 50 万トンを越えた場合加入量 36 億尾で一定）のもとで、F を変化させた場合の漁獲量と親魚量を示す。

コホート計算結果、加入量の条件及び $F_{current}$ から、2004 年の漁獲量は 184 千トンと見積もられる。F_{sus} は、年齢別選択率が 2001～2003 年と同じで、SPR が 141g（1÷0.0071 尾／g）になる F（0 歳＝0.57、1 歳＝0.74、2 歳＝0.53、3 歳＝0.53）。

F	基準値	漁獲量（千トン）					親魚量（千トン）				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.37	0.65 $F_{current}$	139	169	214	269	338	211	255	325	409	513
0.40	0.70 $F_{current}$	148	175	214	262	319	211	248	306	374	456
0.43	0.75 $F_{current}$	156	180	214	253	300	211	240	289	342	405
0.46	0.80 $F_{current}$	165	184	212	244	281	211	233	272	313	360
0.48	0.85 $F_{current}$	173	187	210	235	262	211	226	256	287	320
0.51	0.90 $F_{current}$	180	190	207	225	243	211	220	242	262	284
0.54	0.95 $F_{current}$	188	192	203	214	226	211	213	228	240	253
0.57	$F_{current}$	196	194	199	204	208	211	207	215	220	224
0.59	F_{sus}	201	195	196	196	196	211	203	205	205	205

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、2004～2013 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、F_{sus}、$F_{current}$、$0.8F_{current}$、$0.64F_{current}$ で漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2004～2013 年の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1973～2002 年の平均値に対する各年の比率が同じ確率で現れて（重複を許してランダム抽出）、その比率に仮定値 0,0071 尾／g を乗じたものであるとした。親魚量が 50 万トンを越えた場合は、加入量を計算する際の親魚量は　50 万トンで一定とした。1000 回試行した結果（図 23）、F_{sus} と $F_{current}$ では親魚量は 1000 回の平均値が現状を維持する程度で、親魚量がかなり低くなる場合も現れた。$0.8F_{current}$ では平均値が 2010 年に 40 万トンを越え、下側 10％（下位 100 回）でもやや増加傾向が見られた。$0.64F_{current}$ では下側 10％でも 2011 年に親魚量が 40 万トンを越えた。

（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 1997 年の親魚量水準とすると、2003 年はそれよりかなり低い水準である。設定した加入量の条件下では現状の漁獲圧は、現状の親魚量を維持する程度であり、漁獲圧を下げるのが望ましい。$F_{current}$ を 20%減少させれば、5 年後（2009 年）には 1997 年の水準近くまで親魚量が増加することが期待される。

ただし、2002 年、2003 年の加入量は 1997～2001 年よりかなり低く見積もられており、今後も低い水準の加入が続く場合には、漁獲圧をさらに引き下げる必要があろう。

6. 2005 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

資源量は低い水準にあって、漁獲係数はかなり高く、仮定された今後の加入量の見積もりのもとでは、現状の親魚量を維持する程度である。漁獲圧を減らして資源の回

復を図る必要がある。

（2）ABC 算定

ABC 算定規則 1-1)-(2)により、

$F_{limit}=F_{rec}$

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

上記の検討から、$F_{current}\times0.8$ を F_{rec} とする。α は標準値の 0.8 を使用する。

2005 年の ABC は下表のように算出される。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	165 千トン（71 千トン）	F_{rec}	0.46	31%
ABC_{target}	137 千トン（59 千トン）	0.8 F_{rec}	0.37	26%

漁獲割合は ABC／資源量。F は各年齢の単純平均である。ABC（）内は、我が国 EEZ 内のもの。

我が国 EEZ 内外への配分は、日本と韓国の我が国 EEZ 内での漁獲実績（2003 年）によった。

（3）管理の考え方と 2005 年漁獲量

「5（4）漁獲圧と資源動向」及び「5（5）不確実性を考慮した検討」で検討した、F_{limit}、F_{target}、$F_{current}$ 及び F_{sus} について、2005 年の漁獲量及びシミュレーションの結果は以下のとおり。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価＊
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。	F_{limit}	ABC_{limit} 165 千トン（71 千トン）	A：74％ B：95％ C：261 千トン
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。予防的措置をとる。	F_{target}	ABC_{target} 137 千トン（59 千トン）	A：98％ B：99.9％ C：279 千トン

＊再生産成功率の変動を考慮した 1000 回のシミュレーションで、A：2013 年に親魚量が 1997 年値（B_{limit}、40 万トン）を上回った率、B：2013 年に親魚量が 2003 年値（24 万トン）を上回った率、C：2005～2013 年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2005 年漁獲量	評価
現状の漁獲圧を継続する。	$F_{current}$	196 千トン（78 千トン）	A：10% B：45% C：206 千トン
現状の親魚量を維持する。	F_{sus}	201 千トン（89 千トン）	A：26% B：44% C：193 千トン

（4）ABC の再評価

評価対象年	管理基準	資源量	ABC_{limit}	target	漁獲量	管理目標
2003 年（当初）	0.8 $F_{current}$ (0.82)	380	160	136	-	親魚量の増加
2003 年（2003 年再評価）	0.85 $F_{current}$ (0.79)	415	164	140	-	親魚量の増加
2003 年（2004 年再評価）	0.8 $F_{current}$ (0.46)	515	163	136	206	親魚量の増加
2004 年（当初）	0.85 $F_{current}$ (0.79)	407	166	141	-	親魚量の増加
2004 年（再評価）	0.8 $F_{current}$ (0.46)	515	154	128	-	親魚量の増加

単位：千トン

7. ABC 以外の管理方策の提言

東シナ海・黄海・日本海のマサバは、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。

8. 引用文献

江波澄雄 (1958) サバの成熟と産卵生態. 対馬暖流開発調査報告書第 4 号(漁業資源編), 水産庁, 39-50.

Myers, R. A., Rosenberg, A. A., Mace, P. M., Barrowman, N., and Restrepo, V. R.（1994）In search of thresholds for recruitment overfishing. ICES J. mar. Sci., 51, 191-205.

図 1. マサバ対馬暖流系群の分布・回遊

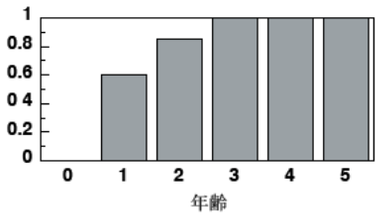


図 3. 年齢と成熟率

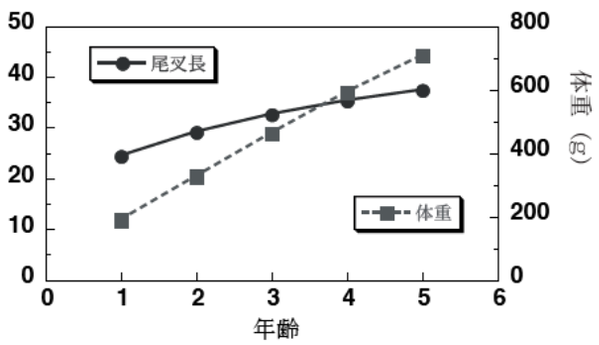


図 2. 年齢と成長

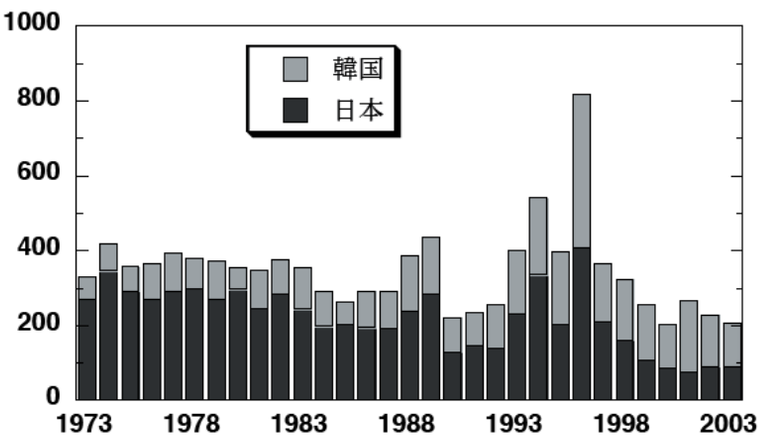


図 4. 漁獲量

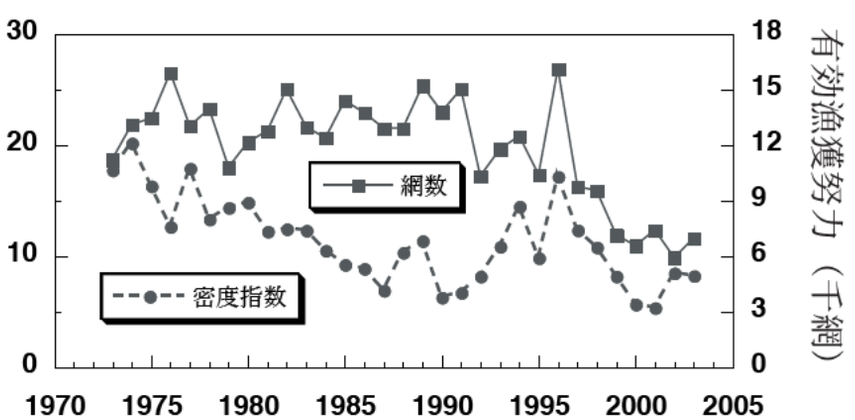


図 5. 大中型まき網の資源密度指数と有効漁獲努力

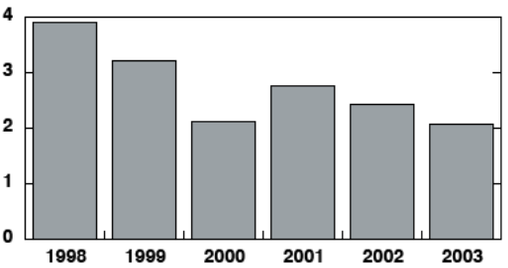


図 6．漁況による 0 歳魚指標値

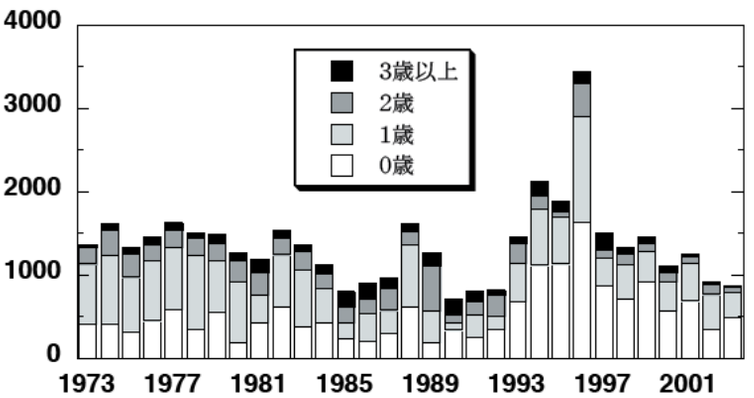


図 7．年齢別漁獲尾数

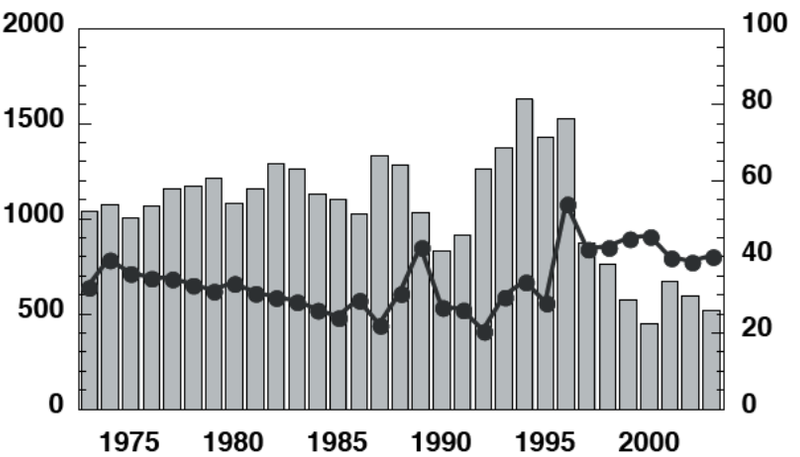


図 8．資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）

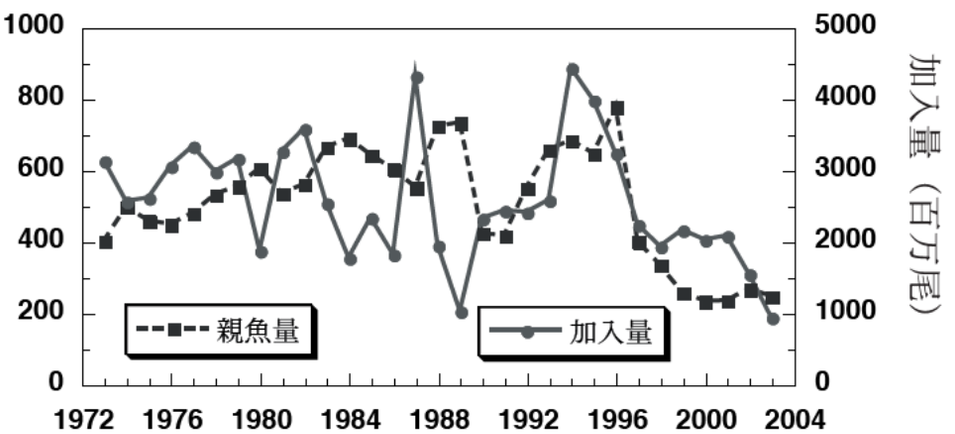


図 9．親魚量と加入量

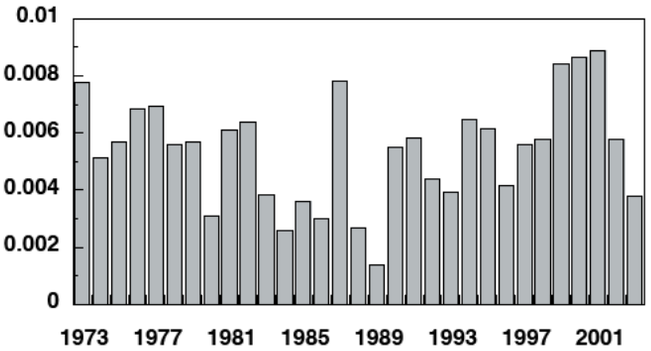


図 10. 再生産成功率

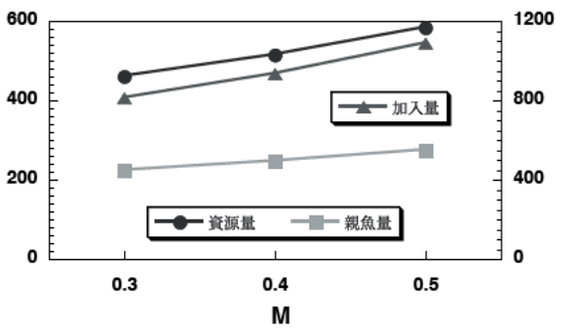


図 11. M と 2003 年資源量、親魚量、加入量の関係

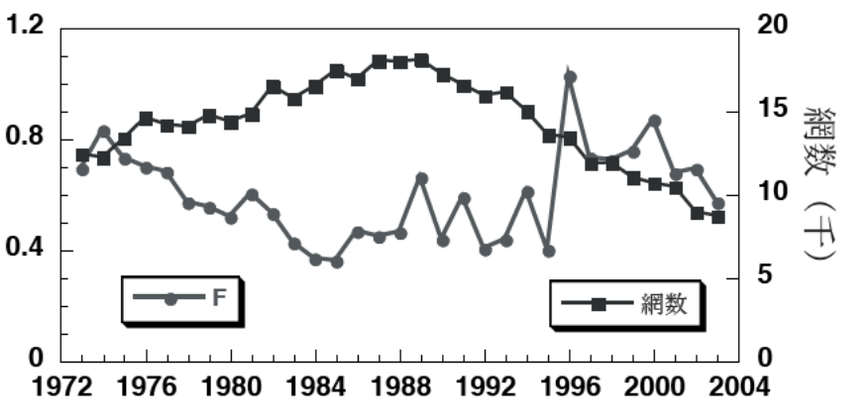


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

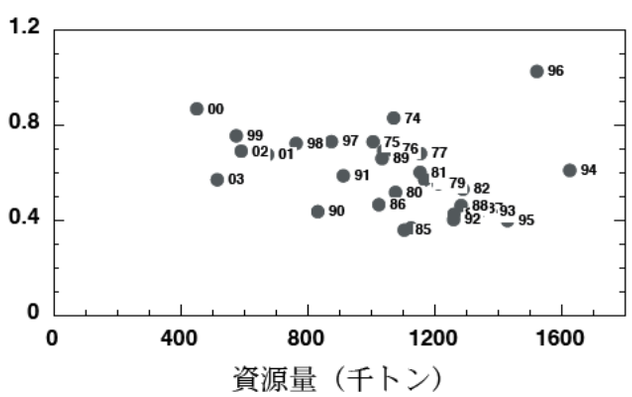


図 13. 資源量と F の関係

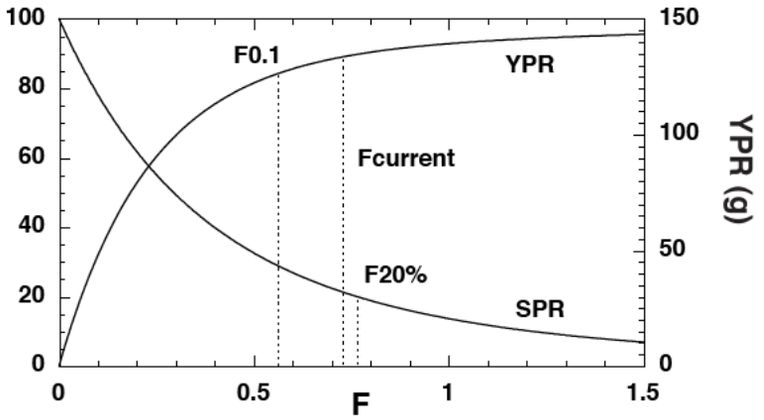


図 14. YPR と SPR（F は 1 歳時、年齢別選択率は 2001 ～ 2003 年平均）

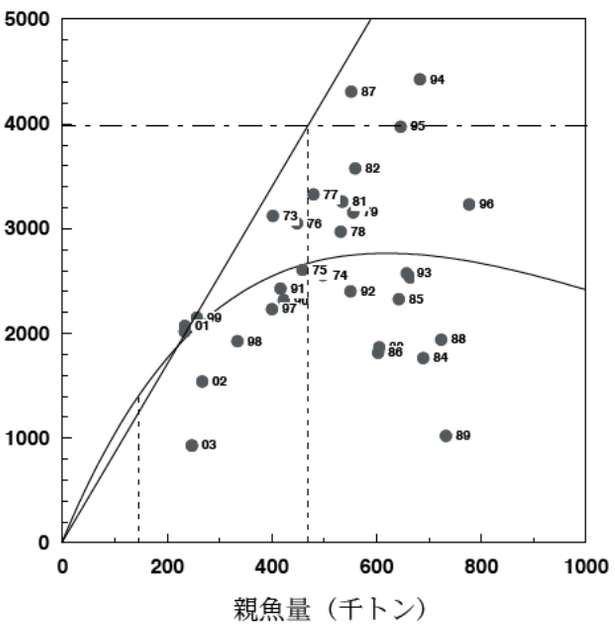


図 15a. 親魚量と加入量の関係
（1973 ～ 2003 年）

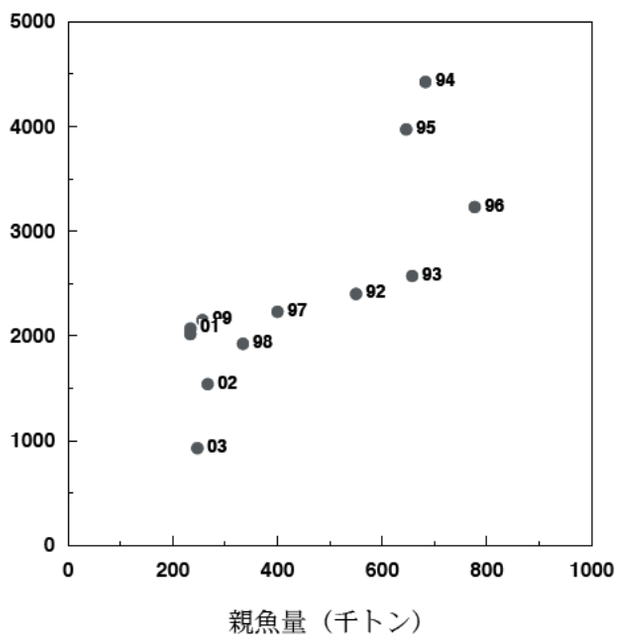


図 15b. 親魚量と加入量の関係
（1992 ～ 2003 年）

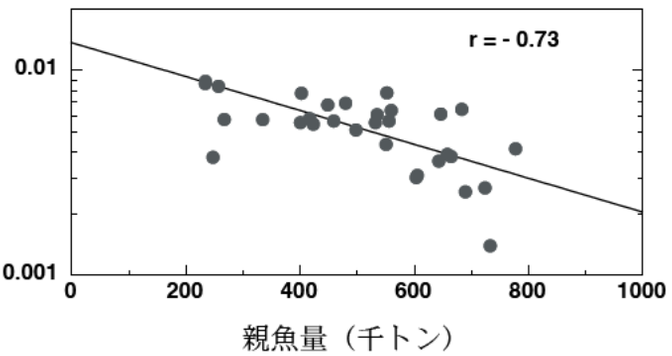


図 16．親魚量と再生産成功率の関係

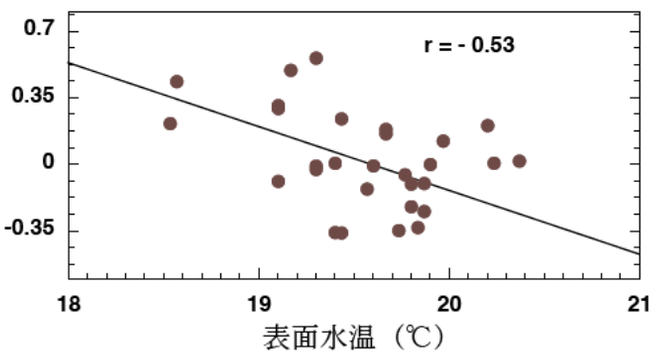


図 17．表面水温と親魚量 - 再生産成功率関係の残差の関係

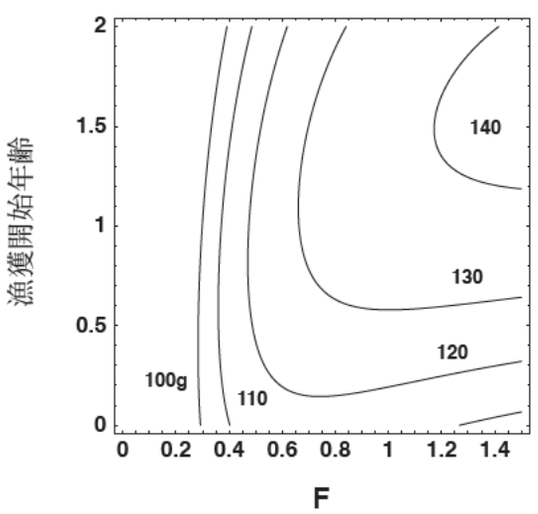


図 18．等漁獲量曲線

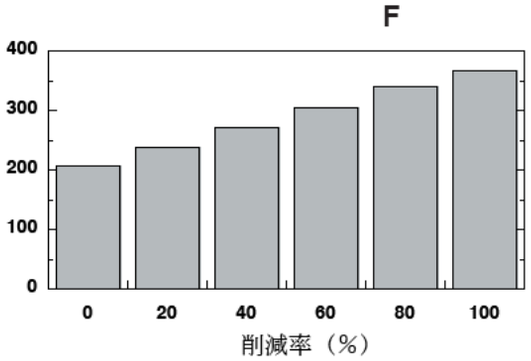


図 19．0 歳 F の削減率と 2009 年の漁獲量

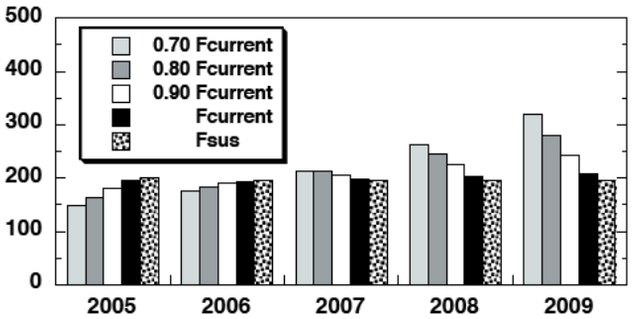


図 20．F による漁獲量の変化

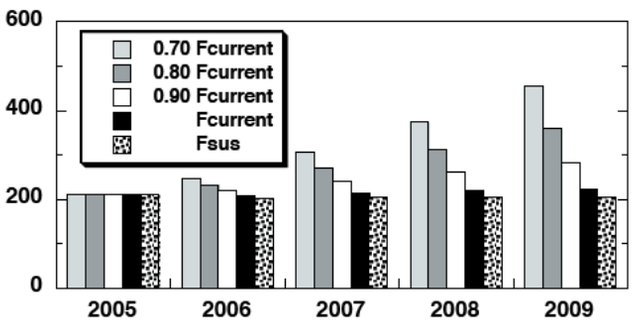


図 21．F による親魚量の変化

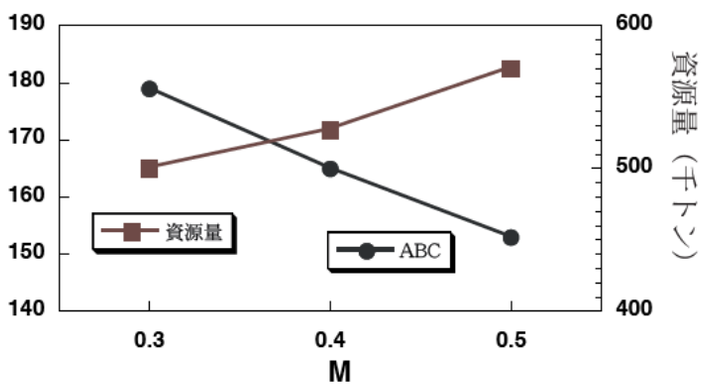


図 22．M と 2005 年 ABC、2005 年資源量の関係

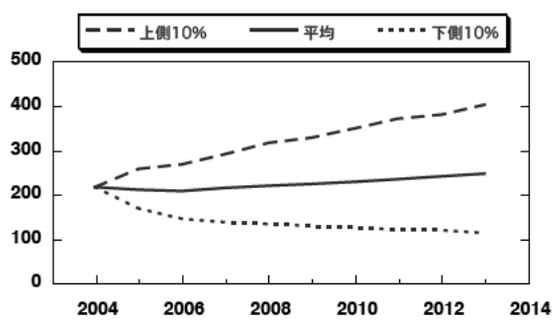


図 23a．再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化（Fcurrent）

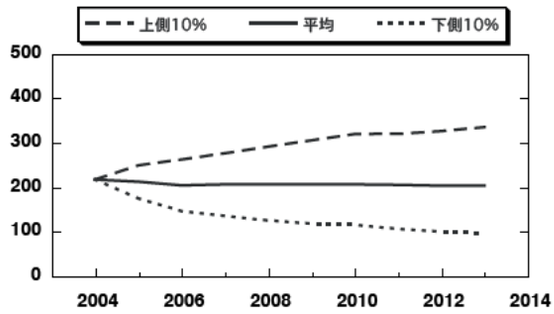


図 23b．再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化（Fsus）

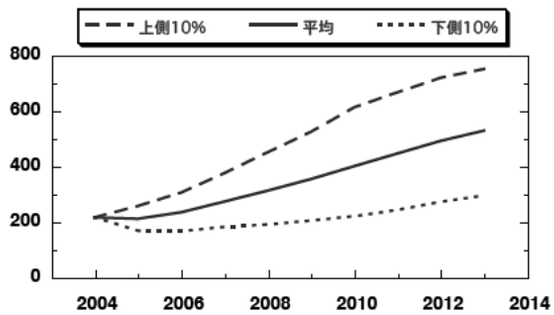


図 23c．再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化（0.8 Fcurrent: Flimit）

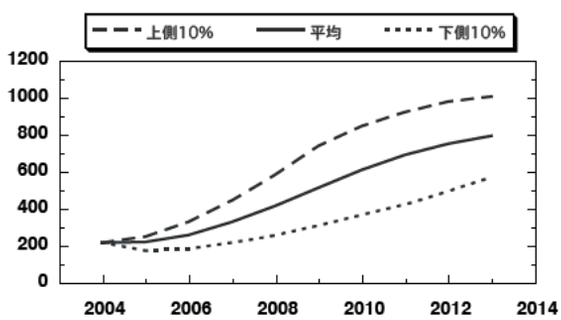


図 23d．再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化（0.64 Fcurrent: Ftarget）

補足資料1

表1．マサバ対馬暖流系群のコホート計算

	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）				資源重量（千トン）			
年＼年齢	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1973	404	729	197	35	60	165	85	20	0.17	0.76	0.92	0.92	3,125	1,626	386	69	465	368	166	39
1974	409	830	299	71	61	188	129	40	0.21	0.81	1.15	1.15	2,559	1,768	512	121	381	401	221	69
1975	310	662	279	71	46	150	120	40	0.15	0.83	0.97	0.97	2,609	1,385	528	134	389	314	228	76
1976	447	720	201	84	67	163	87	47	0.19	0.84	0.88	0.88	3,055	1,498	405	169	455	339	175	96
1977	585	745	214	79	87	169	92	45	0.24	0.74	0.87	0.87	3,331	1,686	435	159	496	382	187	90
1978	349	879	210	65	52	199	90	37	0.15	0.89	0.62	0.62	2,976	1,761	539	166	443	399	232	94
1979	549	622	208	109	82	141	90	62	0.23	0.57	0.71	0.71	3,159	1,712	486	254	470	388	209	144
1980	186	730	249	94	28	165	108	53	0.13	0.73	0.61	0.61	1,870	1,674	651	244	279	379	281	139
1981	423	332	273	164	63	75	118	93	0.17	0.45	0.90	0.90	3,261	1,103	543	326	486	250	234	185
1982	614	630	198	99	91	143	85	56	0.23	0.52	0.69	0.69	3,579	1,844	473	238	533	418	204	135
1983	378	680	232	76	56	154	100	43	0.20	0.55	0.48	0.48	2,538	1,904	733	240	378	431	316	136
1984	428	410	180	100	64	93	78	57	0.34	0.43	0.35	0.35	1,769	1,396	733	405	263	316	316	230
1985	229	194	198	176	34	44	86	100	0.13	0.32	0.49	0.49	2,331	841	607	538	347	191	262	305
1986	206	331	171	197	31	75	74	111	0.15	0.34	0.69	0.69	1,819	1,377	408	468	271	312	176	265
1987	291	284	267	120	43	64	115	68	0.09	0.39	0.66	0.66	4,312	1,053	657	295	642	239	283	167
1988	614	747	153	106	91	169	66	60	0.47	0.41	0.48	0.48	1,942	2,654	477	330	289	601	206	187
1989	193	376	546	155	29	85	236	88	0.26	0.80	0.79	0.79	1,024	810	1,179	334	153	184	509	190
1990	337	91	100	187	50	21	43	106	0.19	0.23	0.66	0.66	2,322	531	245	459	346	120	106	260
1991	256	271	148	128	38	62	64	72	0.14	0.29	0.96	0.96	2,432	1,283	282	243	362	291	122	138
1992	351	156	255	54	74	45	104	32	0.19	0.14	0.64	0.64	2,406	1,423	642	135	506	411	262	80
1993	676	465	236	78	138	120	97	46	0.38	0.54	0.42	0.42	2,577	1,330	828	274	525	342	342	161
1994	1,114	674	170	159	200	161	80	99	0.36	1.10	0.49	0.49	4,430	1,185	519	487	794	284	245	304
1995	1,129	566	72	112	161	136	34	65	0.42	0.40	0.39	0.39	3,977	2,074	265	412	566	500	124	241
1996	1,635	1,264	408	134	261	299	182	75	0.90	1.75	0.73	0.73	3,235	1,760	936	306	517	417	418	171
1997	872	334	100	195	146	83	44	93	0.62	0.60	0.85	0.85	2,235	877	206	402	375	217	91	192
1998	717	402	138	75	122	100	61	39	0.58	0.89	0.71	0.71	1,929	803	322	174	329	200	143	92
1999	925	359	95	70	108	66	42	41	0.71	0.88	0.71	0.71	2,156	721	221	164	252	132	97	95
2000	565	353	113	72	40	76	46	41	0.41	0.88	1.09	1.09	2,021	710	200	126	144	153	81	73
2001	686	450	80	30	115	103	32	18	0.50	0.89	0.66	0.66	2,076	901	197	73	346	205	78	44
2002	348	419	114	43	51	106	46	24	0.32	0.88	0.78	0.78	1,544	842	248	94	225	213	100	53
2003	483	311	56	25	94	76	21	15	0.94	0.67	0.34	0.34	934	755	234	105	182	183	89	61

表 2. 漁獲量とコホート計算結果

	漁獲量（千トン）			資源量	親魚量	加入量	漁獲割合	再生産成功率
年	日本	韓国	計	（千トン）	（千トン）	（100 万尾）	（%）	（尾／g）
1973	269	61	330	1,039	402	3,125	32	0.0078
1974	346	72	418	1,071	497	2,559	39	0.0052
1975	292	65	357	1,006	458	2,609	35	0.0057
1976	269	95	364	1,065	448	3,055	34	0.0068
1977	292	101	393	1,156	479	3,331	34	0.0070
1978	299	79	378	1,169	531	2,976	32	0.0056
1979	270	104	374	1,212	555	3,159	31	0.0057
1980	297	57	354	1,077	605	1,870	33	0.0031
1981	244	105	349	1,155	534	3,261	30	0.0061
1982	283	93	376	1,290	559	3,579	29	0.0064
1983	244	110	354	1,262	664	2,538	28	0.0038
1984	198	93	291	1,126	689	1,769	26	0.0026
1985	203	60	263	1,105	642	2,331	24	0.0036
1986	194	97	291	1,024	602	1,819	28	0.0030
1987	193	98	291	1,331	551	4,312	22	0.0078
1988	238	149	387	1,284	723	1,942	30	0.0027
1989	283	154	438	1,035	732	1,024	42	0.0014
1990	129	91	220	832	422	2,322	26	0.0055
1991	147	89	236	913	416	2,432	26	0.0058
1992	141	114	255	1,260	550	2,406	20	0.0044
1993	233	168	401	1,371	657	2,577	29	0.0039
1994	335	205	540	1,627	683	4,430	33	0.0065
1995	204	192	396	1,430	646	3,977	28	0.0062
1996	408	410	817	1,523	776	3,235	54	0.0042
1997	209	158	366	875	400	2,235	42	0.0056
1998	160	163	323	764	334	1,929	42	0.0058
1999	106	150	256	575	256	2,156	45	0.0084
2000	85	118	204	451	233	2,021	45	0.0087
2001	75	191	267	674	233	2,076	40	0.0089
2002	89	138	227	591	266	1,544	38	0.0058
2003	90	115	206	515	247	934	40	0.0038

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	0.55	0.44	0.33	0.22	0.11	0.00
	1 歳	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	2 歳	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
	3 歳以上	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
2009 年漁獲量（千トン）		208	238	271	306	340	368

表 4．2004 年以降の資源尾数等

Flimit、Fcurrent、Fsus で漁獲した場合の 2005～2009 年の年齢別資源尾数、重量、漁獲量。体重（g）は、0 歳＝169、1 歳＝241、2 歳＝394、3 歳以上＝582。

2004 年

年齢	資源尾数（百万）	資源量（千トン）	親魚量（千トン）	漁獲尾数（百万）	漁獲量（千トン）	F（／年）
0 歳	1,536	260		548	93	0.55
1 歳	245	59	35	106	25	0.72
2 歳	258	102	86	86	34	0.51
3 歳以上	162	94	94	54	31	0.51
計・平均	2,201	515	216	794	184	0.57

Flimit	資源尾数（百万）					資源量（千トン）				
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0 歳	1,500	1,657	1,933	2,225	2,556	254	280	327	376	433
1 歳	592	646	714	833	958	143	156	172	201	231
2 歳	80	224	244	270	315	32	88	96	106	124
3 歳以上	169	111	150	176	199	99	65	87	102	116
計	2,342	2,638	3,041	3,503	4,028	527	589	683	786	903

Flimit	漁獲尾数（百万）					漁獲量（千トン）					F
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	
0 歳	449	496	578	665	765	76	84	98	113	129	0.44
1 歳	217	237	261	305	351	52	57	63	74	85	0.57
2 歳	22	62	68	75	88	9	25	27	30	35	0.41
3 歳以上	47	31	42	49	55	28	18	24	29	32	0.41
計	735	826	950	1,095	1,259	165	184	212	244	281	0.46

Fcurrent	資源尾数（百万）					資源量（千トン）				
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0 歳	1,500	1,472	1,525	1,561	1,594	254	249	258	264	270
1 歳	592	578	568	588	602	143	139	137	142	145
2 歳	80	194	189	186	193	32	76	75	73	76
3 歳以上	169	101	119	124	125	99	59	69	72	73
計	2,342	2,345	2,401	2,459	2,514	527	524	539	552	564

Fcurrent	漁獲尾数（百万）					漁獲量（千トン）					F
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	
0 歳	535	525	544	557	569	91	89	92	94	96	0.55
1 歳	255	250	245	254	260	62	60	59	61	63	0.72
2 歳	27	65	63	62	64	11	25	25	24	25	0.51
3 歳以上	57	34	40	41	42	33	20	23	24	24	0.51
計	874	873	892	914	934	196	194	199	204	208	0.57

Fsus	資源尾数（百万）					資源量（千トン）				
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0 歳	1,500	1,440	1,459	1,460	1,458	254	244	247	247	247
1 歳	592	566	543	551	551	143	137	131	133	133
2 歳	80	189	180	173	175	32	74	71	68	69
3 歳以上	169	99	114	116	115	99	58	66	68	67
計	2.342	2.293	2.296	2.300	2.299	527	512	515	516	515

Fsus	漁獲尾数（百万）					漁獲量（千トン）					F
年齢／年	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009	
0 歳	550	528	535	536	535	93	89	91	91	91	0.57
1 歳	262	251	241	244	244	63	60	58	59	59	0.74
2 歳	28	65	62	59	60	11	26	24	23	24	0.53
3 歳以上	58	34	39	40	39	34	20	23	23	23	0.53
計	898	878	877	879	879	201	195	196	196	196	0.59

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。マサバとゴマサバをあわせたさば類としての値である。

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
さば類	0.2	2.2	1.6	0.9	0.3	0.3	0.05

（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の結果、0 歳魚を主体とする分布量は、2000 年は 26,100 トン、2001 年は 14,500 トン、2002 年は 5,000 トン、2002 年は 2,700 トンと推定された（調査海域面積 138 千 km^2, 漁獲効率を 1 とした計算）。

（3）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 1 曳網当り採集数

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブ　リ
２月	2001	西海水研	65	3	184	33	6
３月	2001	鹿児島県	18	27	26	426	0
		西海水研	47	107	87	9	14
	2002	鹿児島県	18	8	7	5	8
		西海水研	0	-	-	-	-
	2003	鹿児島県	16	3	1	0	0
４月	2000	山口県	0	-	-	-	-
		長崎県	13	93	4	72	9
		鹿児島県	0	-	-	-	-
		西海水研	79	3811	185	10906	264
	2001	山口県	8	0	0	1	0
		長崎県	18	65	2	1255	4
		鹿児島県	16	19	44	140	33
		西海水研	88	1339	331	2294	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	4854	485
	2003	長崎県	13	15	14	4414	27
		鹿児島県	18	84	58	4632	232
		西海水研	96	288	225	未計数	463
	2004	西海水研	92	375	149	未計数	未計数
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	6290	15
		鹿児島県	16	12	11	1693	188
６月	2002	山口県	8	0	13	10	117
	2003	山口県	8	4	17	57	0

2004 年 4 月西海水研の値は概数

2．コホート計算

マサバ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。2003年の漁獲物平均尾叉長と体重、及び資源計算に用いた成熟率は以下のとおり。年齢3+は3歳以上を表す。自然死亡係数Mは0.4と仮定した(Limbong et al., 1988)。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長 (cm)	24.6	26.5	30.6	35.2
体重 (g)	195	243	379	585
成熟割合(%)	0	60	85	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サバの体長組成から推定した（補注2)。1973～2003年の年別・年齢別漁獲尾数（1月～12月を1年とする）を日本の漁獲量について推定し、日本+韓国の漁獲量で引き伸ばした。韓国のさば類漁獲にマサバが占める割合は、日本の大中型まき網漁船の韓国水域内での割合と同じとした。中国の漁獲については考慮していない。

年齢別資源尾数の計算にはコホート計算を用い、最高年齢群3歳以上（3+）と2歳の各年の漁獲係数Fには比例関係があるとした。

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

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

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

$$F_{3+,y} = \alpha F_{2,y} \tag{4}$$

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）が示した、石岡・岸田（1985）の反復式を使う方法によった（マアジ対馬暖流系群資源評価報告書補足資料 2-2-補注 2 参照)。最近年（2003年）の0～2歳のF及びαを、大中型まき網漁業の資源密度指数（一網当り漁獲量の有漁漁区平均）の変動傾向（1998～2003年）及び0歳魚の指標値（1998～2003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1998～2003年とした。

$$\text{最小}\sum_{a=1}^{3}\sum_{y=1998}^{2003}\left\{\ln(q_{1,a}B_{a,y})-\ln(CPUE_{a,y})\right\}^2+\sum_{y=1998}^{2003}\left\{\ln(q_2B_{0,y})-\ln(I_{0,y})\right\}^2 \qquad (5)$$

$$q_{1,a}=\left(\frac{\prod_{y=1998}^{2003}CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1998}^{2002}B_{a,y}}\right)^{\frac{1}{6}},q_2=\left(\frac{\prod_{y=1998}^{2003}I_{0,y}}{\prod_{y=1998}^{2002}B_{0,y}}\right)^{\frac{1}{6}} \qquad (6)$$

ここで、B は資源量、I_0 は 0 歳魚の指標値（補注 3)。資源密度指数は、1 歳、2 歳と 3 歳以上に相当する銘柄の 1～5 月と 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、α=1、$F_{0,2003}$=0.94、$F_{1,2003}$=0.64、$F_{2,2003}$=0.34 と推定された。ただし、α は $0<\alpha\leqq 1$ とした制約条件によって α=1 となった。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
1 歳	7.81	4.01	5.07	2.99	6.47	5.39
2 歳	3.09	1.77	1.77	1.59	1.46	1.96
3 歳以上	1.29	1.88	1.42	0.83	0.85	1.32

補注 1．漁獲量は以下のように算出した。大中型まき網の漁獲物についてはマサバとゴマサバの比率が報告されるので、東シナ海・日本海で漁獲されたマサバの漁獲量を対馬暖流系群の漁獲量とする。鹿児島県～秋田県の農林統計（属人）により、漁業種類別漁獲量のうち大中型まき網以外の漁業種類について加算する。その際、各府県のさば類漁獲量を府県ごとに割合を定めてマサバとゴマサバに振り分けた。マサバの割合を鹿児島県 20％、熊本県・長崎県 80％、佐賀県・福岡県 90％、山口県～福井県 95％、それ以北 100％とした。

補注 2．年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2003 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、1973～2003 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、1997～2003 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 1997～2003 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 月の豆銘柄を 0 歳、1～5 月の豆銘柄と 6～12 月の小銘柄を 1 歳、1～5 月の小銘

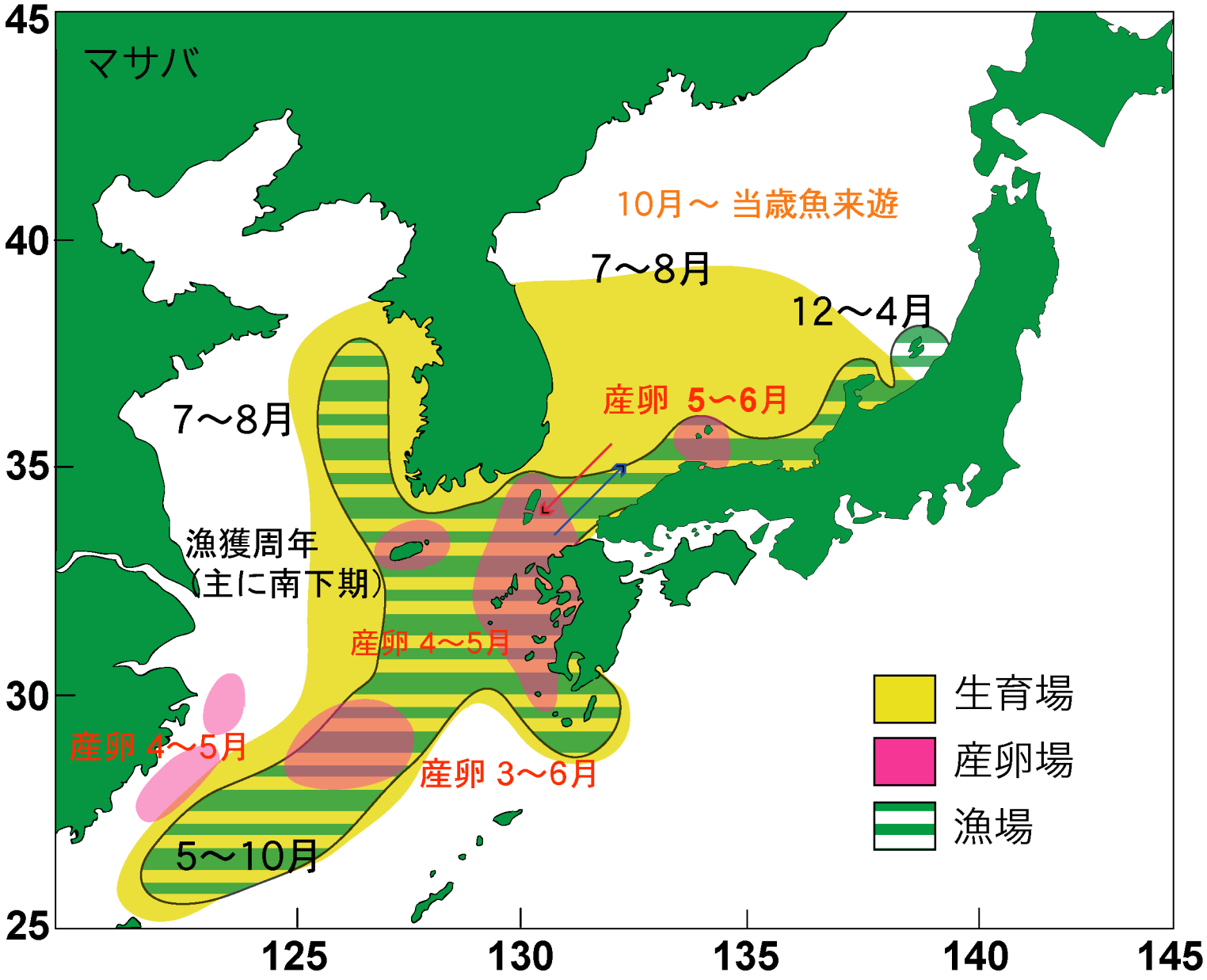
柄と 6〜12 月の中銘柄を 2 歳、1〜5 月の中銘柄と全ての大銘柄を 3+歳とした。

補注 3．0 歳魚の指標値は、大中型まき網の 0 歳魚資源密度指数、境港豆銘柄まき網 1 か統当り漁獲量 9〜12 月、長崎魚市豆銘柄 1 入港隻当り水揚量の相乗平均。

引用文献

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.

Limbong, D., Hayashi, K. and Matsumiya Y. (1988) Length cohort analysis of common mackerel Scomber japonicus, Tsushima Warm Current stock. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., (66), 119-133.



マサバ対馬暖流系群の生活史と漁場形成模式図