

平成18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

（由上龍嗣、檜山義明、依田真里、大下誠二）

参画機関：日本海区水産研究所、水産総合研究センター開発調査センター、青森県水産総合研究センター、秋田県農林水産技術センター水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県水産試験場、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府立海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

マサバ対馬暖流系群の資源量を、資源量指数を考慮したコホート解析により計算した。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年に急減し、1999～2005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7年（1998～2004年）の中央値で継続した場合に、2011年に親魚量が1997年水準に回復すること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。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007年	F値	漁獲 割合 (%)	評価*		
		漁獲量 (千トン)			A (%)	B (%)	C(千 トン)
ABC_{limit} ($0.8F_{current}$)	漁獲圧を減らして資源の回復を図る	198 (91)	0.63	35	48	97	357
ABC_{target} ($0.8 \cdot 0.8F_{current}$)	漁獲圧を減らして資源の回復を図る（予防的措置をとる）	166 (76)	0.51	29	79	99.9	377
親魚量維持 (F_{sus})	親魚量を同水準に維持する	245 (112)	0.85	43	3.9	37	240
現在の漁獲圧維持 ($F_{current}$)	現在(2005年)の漁獲圧を維持する	233 (107)	0.79	41	8.3	57	271

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

*評価欄：加入量変動を考慮した1000回シミュレーションにおいて、A：2011年に親

魚量が 1997 年値 (B_{limit} 、40 万トン) を上回った確率、B：2015 年に親魚量が 2005 年値 (21 万トン) を上回った確率、C：2007～2015 年の平均漁獲量。

年	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合
2004	561	257 (65)	1.03	46%
2005	519	207 (87)	0.79	40%
2006	549	—	—	—

2006 年の資源量は加入量を仮定した値である。

指標	値	設定理由
B_{ban}	未設定	
B_{limit}	親魚量 1997 年水準 (401 千トン)	これ以下の親魚量だと、良好な加入量があまり期待できなくなる。
2005 年	親魚量 1997 年水準以下 (209 千トン)	

水準：低位 動向：横ばい

1. まえがき

対馬暖流域（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、東シナ海及び日本海で操業する大中型まき網漁業による漁獲量の 26% を占める (2005 年)。これまで浮魚資源に対する努力量管理が、大中型まき網漁業の漁場（海区制）内の許可隻数を制限するなどの形で行われてきた。さらに 1997 年から、ゴマサバとあわせてさば類として 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及ぶ (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

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る。産卵期は南部ほど早く (2～3 月) 北部は遅い (5～6 月) 傾向

がある。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%、3 歳以上では 100%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の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）漁業の概要

対馬暖流域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・日本海における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 41 万トンに達したが、1997 年には 21 万トンに大きく減少し、2004 年には 83 千トン、2005 年には 87 千トンと低い水準にある。韓国のさば類漁獲量は、2004 年には 18 万トン、2005 年には 14 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、1995 年以降、40 万トン前後で経過していて、2003 年には 44 万トン、2004 年には 45 万トンとなっている（FAO 統計 Capture production 1950-2004）。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）資源評価の方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果とあわせて年齢別の漁獲尾数による資源解析を行った（補足資料 2-2）。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、韓国水域で日本漁船が漁獲したさば類のマサバとゴマサバの比率と同じとした。

新規加入量（0 歳魚）を主対象として、2～6 月にニューストーンネット等を用いた稚仔魚分布調査、5～9 月にトロール網と計量魚探による分布調査を行った。

（2）資源量指標値の推移

鳥取県以西で操業する大中型まき網の資源密度指数は、1997～2001 年に減少したが、

2002～2005 年にはやや増加した（図 5）。有効漁獲努力は、1998 年までは同様の水準を保っていたが、1999 年以降低い水準で減少傾向を示している。資源密度指数は、緯度 30 分間隔で分けられた漁区のうち、2005 年に操業が行われた漁区について、漁区ごとの一網当り漁獲量の総和をマサバの漁獲があった漁区数で割って求めた。有効漁獲努力は、2005 年に操業が行われた漁区の漁獲量を資源密度指数で割って求めた。

各地の漁獲状況から求めた 0 歳魚の指標値（補足資料 2-2-補注 3）は、2000 年に低い値を示し、2002 年、2004 年にやや高い値を示したが、2005 年は 2004 年よりやや低い値となった（図 6）。

（3）漁獲物の年齢組成

0 歳魚と 1 歳魚が主に漁獲される（図 7）。

（4）資源量の推移

年齢別漁獲尾数により計算された（コホート計算）資源量は、1973～1989 年には 100～130 万トンで比較的安定していた（図 8）。1987 年の 129 万トンから 1990 年の 84 万トンまで減少した後、増加傾向を示し、1992～1996 年には 127～164 万トンの高い水準に達した。しかし 1997 年以降、資源は急激に減少し、2000 年には 43 万トンにまで落ち込んだ。その後も、2004 年には 56 万トン、2005 年には 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、1996 年、1997 年に急減し、その後も 2002 年にかけて減少傾向にあった（図 9）。2003 年、2004 年にはやや増加したものの、2005 年には再び減少し、依然として低い水準にある。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は、1992～1996 年に増加し高水準に達したが、1997 年に急減し、さらに 2003 年まで減少傾向が続いた（図 9）。しかし、2004 年、2005 年にはやや増加した。再生産成功率（加入量÷親魚量）は、（親魚量と産卵量に比例関係があるとして、）発生初期の生き残りの良さの指標値になると考えられる。再生産成功率は、1999 年以降、高い値を示していたが、2002 年、2005 年は近年においてはやや低い値となった（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 の値を変化させた場合の 2005 年の資源量、親魚量、加入量を図 11 に示す。 M の値が大きくなると、いずれの値も大きくなる。また、以下で算出する 2007 年の ABC の値（及び 2007 年の資源量）も M の値によって変化する（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、高い水準で横ばい傾向を示している。1996 年の大量漁獲によって資源が減少し、その後も漁獲圧が高い状態が

続いているため、資源が低水準から回復しないと考えられる。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、近年の F が高水準にあるのは、韓国の漁獲圧が 1990 年代後半から高くなったことによる可能性がある。資源量と F の関係を見ると、資源量が少なくなると若干、 F が高くなる傾向が見られる（図 13）。

年齢別選択率を一定（2001～2005 年平均）として F を変化させた場合の、加入当り漁獲量（YPR）と加入当り親魚量（SPR）を図 14 に示す。現在の F （ F_{current} ）を年齢別選択率が 2001～2005 年の平均（0 歳＝0.61、1 歳＝1、2 歳＝1.13、3 歳＝1.13）で、各年齢の F の単純平均値が 2005 年と同じ（0.79）である F とする（0 歳＝0.50、1 歳＝0.82、2 歳＝0.93、3 歳＝0.93）。 F_{current} は、 $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%}$ より高い。

（6）資源の水準・動向

資源水準は、過去 20 年間（1986～2005 年）で資源量が 3 番目に低いので低位、動向は、近年 5 年間（2001～2005 年）の資源量が横ばいであることから、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、親魚量と加入量の間には正の相関がある（16 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）。したがって、高い加入量を得るために、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）と親魚量の間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はめ、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 127 度 30 分）の 2 月の表面水温（気象庁保有データ）の間には、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。親魚量と加入量の 33 年間の計算値のうちで、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は 48 万トン程度である（図 15a）。また、1992 年以降の図では（図 15b）、親魚量と加入量が関係している傾向が見られ、高い加入量を得るために、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

1998 年以降は漸減しながらも親魚量は同水準で推移しており、直近年（2005 年）の加入量計算値は不確定なので、ABC の算定においては、2006 年以降の再生産成功率を 1998～2004 年の中央値 0.0084 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 42 億尾で一定）。

1999 年以降、再生産成功率は高い傾向が続いているが、今後もこの傾向が続くかは不明である。今後の加入量、再生産成功率の変動によって、資源動向が変わる可能性があるため、加入量、再生産成功率の動向に十分留意する必要がある。

(3) 加入量当り漁獲量

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。年齢別選択率が等しくないので、コホート計算結果と直接比較はできないが、現在では 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、より大きな加入量当り漁獲量が得られると考えられる。

若年魚への漁獲圧を緩和することの効果を見るために、他年齢の F は F_{current} ($=F_{2005}$) と同じで 0 歳魚の F のみを削減した場合の期待漁獲量を求めた。再生産成功率が 1998～2004 年の中央値で一定（親魚量が 50 万トンを超えた場合は加入量 42 億尾で一定）の条件のもとで期待される 2011 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＝1998～2004 年の中央値 0.0084 尾／g、親魚量が 50 万トンを超えた場合は加入量 42 億尾で一定）のもとで、 F を変化させた場合の漁獲量と資源量を示す。

コホート計算結果、加入量の条件及び F_{current} ($=F_{2005}$) から、2006 年の漁獲量は 223 千トンと見積もられる。 F_{sus} は、年齢別選択率が 2001～2005 年と同じで、SPR が 118g ($1 \div 0.0084$ 尾／g) になる F (0 歳＝0.53、1 歳＝0.88、2 歳＝1.00、3 歳＝1.00)。

F	基準値	漁獲量（千トン）					資源量（千トン）				
		2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
0.55	0.7 F_{current}	178	228	291	371	458	571	732	934	1,190	1,454
0.63	0.8 F_{current}	198	237	283	338	403	571	685	818	976	1,166
0.71	0.9 F_{current}	216	242	271	303	339	571	641	717	802	897
0.79	F_{current}	233	245	256	269	282	571	600	629	659	691
0.85	F_{sus}	245	245	245	245	245	571	572	572	571	571

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、2006～2015 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、 F_{current} ($=F_{2005}$)、 F_{sus} 、 $0.8F_{\text{current}}$ 、 $0.64F_{\text{current}}$ で漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2006～2015 年の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1973～2004 年の再生産成功率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 0.0084 尾/g を乗じたものであるとした。親魚量が 50 万トンを超えた場合は、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_{current} の場合、1000 回の平均値では親魚量が緩やかに増加するものの、下側 10%（下位 100 回）では、2015 年には親魚量が現在の半分程度になった。 F_{sus} の場合、1000 回の平均値で現在の親魚量を維持する程度で、親魚量がかなり低くなる場合も現れた。 $0.8F_{\text{current}}$ の場合、平均値で 2011 年に親魚量が 40 万トンを超え、下側 10%（下位 100 回）でも親魚量が緩やかに増加する傾向が見られた。 $0.64F_{\text{current}}$ の場合、下側 10%でも 2012 年に親魚量が 40 万トンを超えた。

(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、2005 年の親魚量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、現在の漁獲圧で漁獲を継続すると、親魚量は緩やかに増加する程度である。現在の親魚量の水準は低く、高い確率で高い加入量を得るために、なるべく早く親魚量を 1997 年の水準まで回復させる必要があり、漁獲圧を下げるのが望ましい。 F_{current} ($=F_{2005}$) を 20% 減少させれば、5 年後（2011 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。

なお、韓国のさば類漁獲のマサバとゴマサバの比率は、韓国水域で日本漁船が漁獲したさば類のマサバとゴマサバの比率と同じとした結果、2005 年は韓国のさば類漁獲の 88.6% がマサバであるとしたが、韓国のゴマサバ漁獲が増えているという情報もあるなど、実際の比率は不明である。仮定したマサバの比率が実際の比率よりも過大である場合、資源量、ABC 等が減る可能性があるため、マサバの資源管理はより慎重に行う必要がある。

6. 2007 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量、親魚量はともに低い水準にあって、仮定された今後の加入量の見積もりのもとでは、現在の漁獲圧で漁獲を続けると、親魚量は緩やかに増加する程度である。現在の親魚量水準では加入量が低くなる可能性もあり、加入量が低い年が続けば、資

源はさらに悪化する可能性が高い。高い確率で高い加入量を得るために、なるべく早く親魚量を 1997 年水準に回復させる必要がある。漁獲圧を下げて資源の回復を図ることが妥当である。

(2) ABC の算定

ABC 算定規則 1-1)-(2)により、

$$F_{\text{limit}} = F_{\text{rec}}$$

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

F_{current} ($=F_{2005}$) を 20%減少させれば、5 年後 (2011 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ので、 F_{current} ($=F_{2005}$) $\times 0.8$ を F_{rec} とする。 α は標準値の 0.8 を使用する。2007 年の ABC は下表のように算出される。

	2007 年 ABC	管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	198 千トン (91 千トン)	$0.8 F_{\text{current}}$	0.63	35%
ABC_{target}	166 千トン (76 千トン)	$0.8 \cdot 0.8 F_{\text{current}}$	0.51	29%

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

我が国 EEZ 内外への配分は、日本と韓国の漁獲実績 (1999~2005 年) から求めた総漁獲量に対する我が国 EEZ 内における漁獲量の比率のうちで、最も高い値 (2000 年) を基にした。

(3) 参考値、管理の考え方と 2007 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_{sus} 及び F_{current} について、2007 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。

漁獲シナリオ (管理基準)	管理の考え方	2007 年 漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲 割合 (%)	評価*		
					A (%)	B (%)	C (千 トン)
ABC_{limit} ($0.8F_{\text{current}}$)	漁獲圧を減らして資源の回復を図る	198 (91)	0.63	35	48	97	357
ABC_{target} ($0.8 \cdot 0.8F_{\text{current}}$)	漁獲圧を減らして資源の回復を図る (予防的措置をとる)	166 (76)	0.51	29	79	99.9	377

親魚量維持 (F_{sus})	親魚量を同水準に維持する	245 (112)	0.85	43	3.9	37	240
現在の漁獲圧維持 ($F_{current}$)	現在 (2005 年) の漁獲圧を維持する	233 (107)	0.79	41	8.3	57	271

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

＊評価欄：加入量変動を考慮した 1000 回シミュレーションにおいて、A：2011 年に親魚量が 1997 年値 (B_{limit}、40 万トン) を上回った確率、B：2015 年に親魚量が 2005 年値 (21 万トン) を上回った確率、C：2007～2015 年の平均漁獲量。

(4) ABC の再評価

評価対象年	管理基準	資源量	ABC _{limit}	ABC _{target}	漁獲量	管理目標
2005 年(当初)	0.8 F _{current} (0.46)	515	165(71)	137(59)	-	親魚量の増加
2005 年(2005 年再評価)	0.8 F _{current} (0.41)	820	234(107)	195(89)	-	親魚量の増加
2005 年(2006 年再評価)	0.8 F _{current} (0.63)	519	176(81)	149(68)	207(87)	親魚量の増加
2006 年(当初)	0.8 F _{current} (0.41)	792	224(103)	187(86)	-	親魚量の増加
2006 年(再評価)	0.8 F _{current} (0.63)	549	189(87)	159(73)	-	親魚量の増加

単位：千トン。ABC () 内は我が国 EEZ 内のもの。

2005、2006 年の資源量と ABC は、2004、2005 年級群が当初の見積もりよりもかなり少なかったため、2006 年再評価では 2005 年評価よりも低い値となった。

7. ABC 以外の管理方策の提言

対馬暖流域のマサバは、韓国・中国等によっても漁獲されるので、資源評価・資源管理に当たっては各国間の協力が必要である。

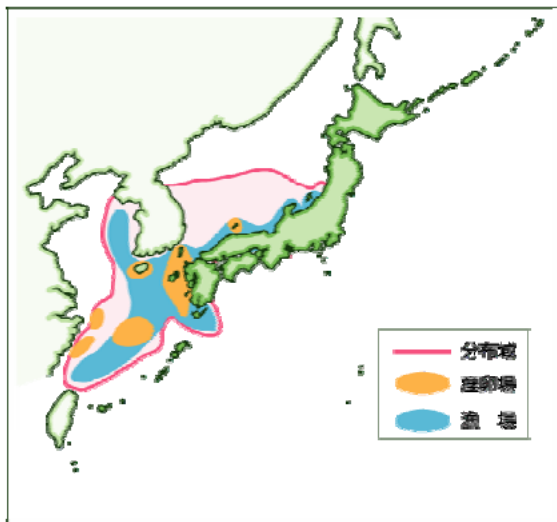


図1. マサバ対馬暖流系群の分布・回遊

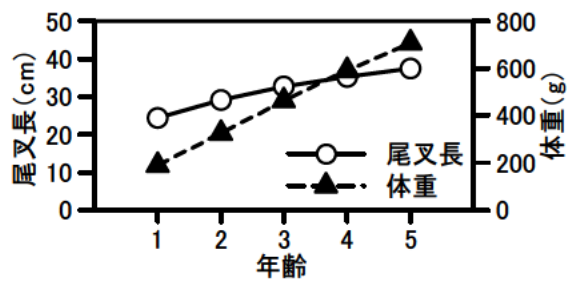


図2. 年齢と成長

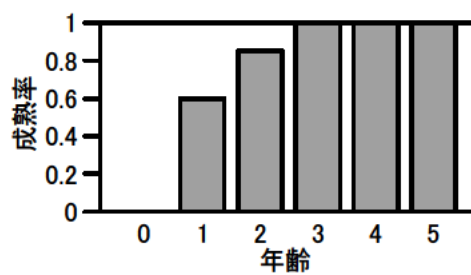


図3. 年齢と成熟率

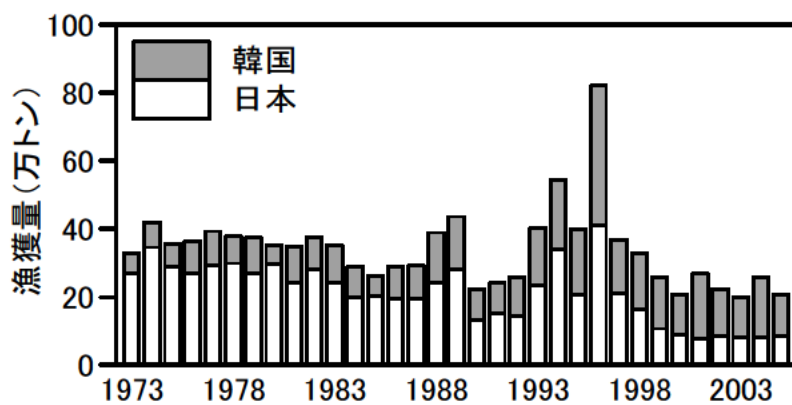


図4. 漁獲量

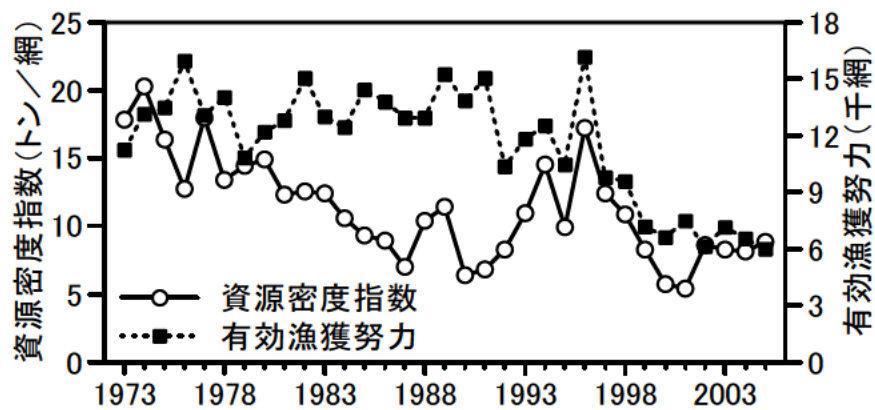


図5. 大中型まき網の資源密度指数と有効漁獲努力

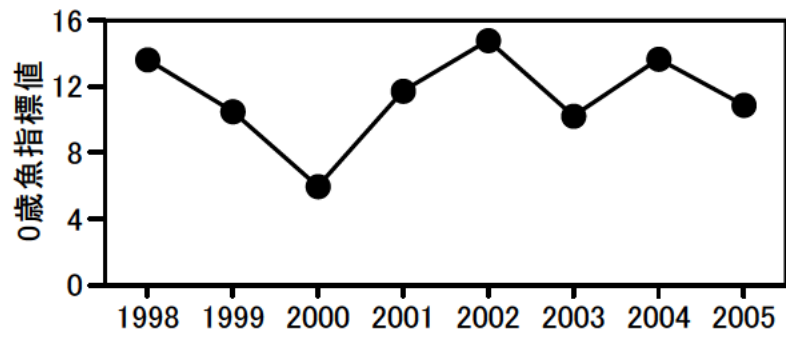


図 6. 漁況による 0 歳魚指標値

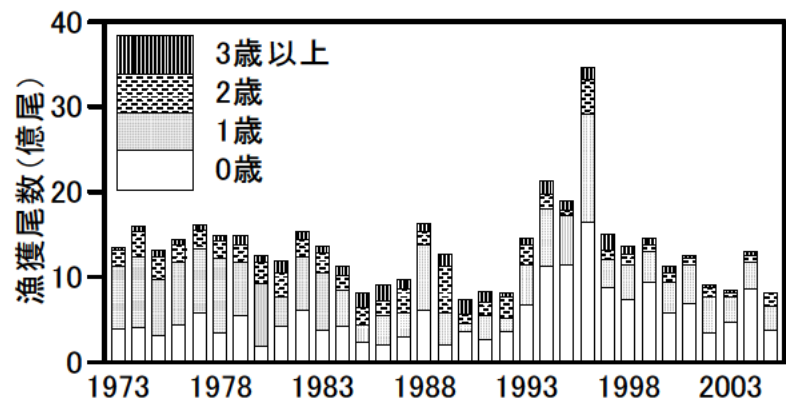


図 7. 年齢別漁獲尾数

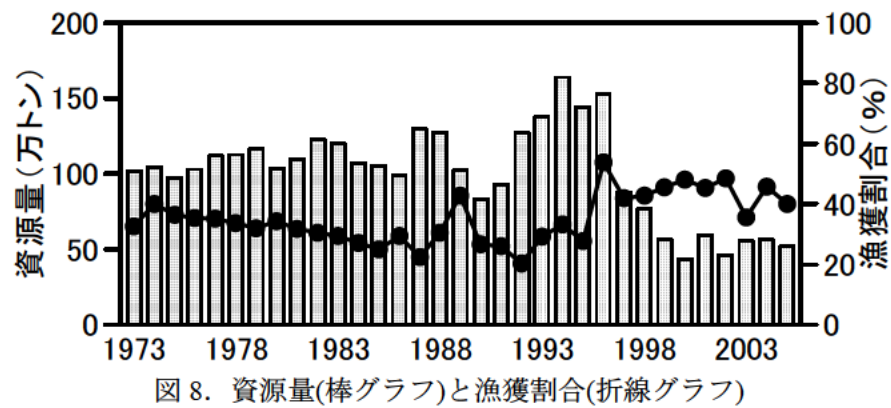


図 8. 資源量(棒グラフ)と漁獲割合(折線グラフ)

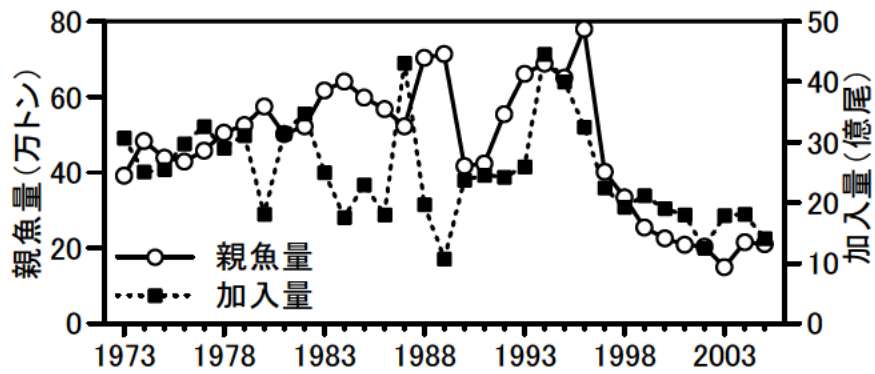


図 9. 親魚量と加入量

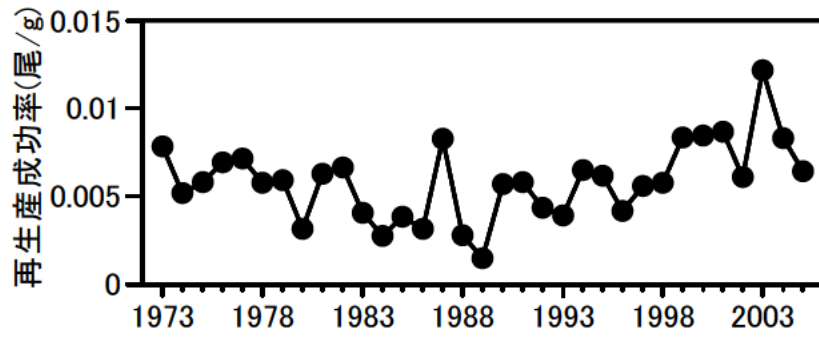


図 10. 再生産成功率

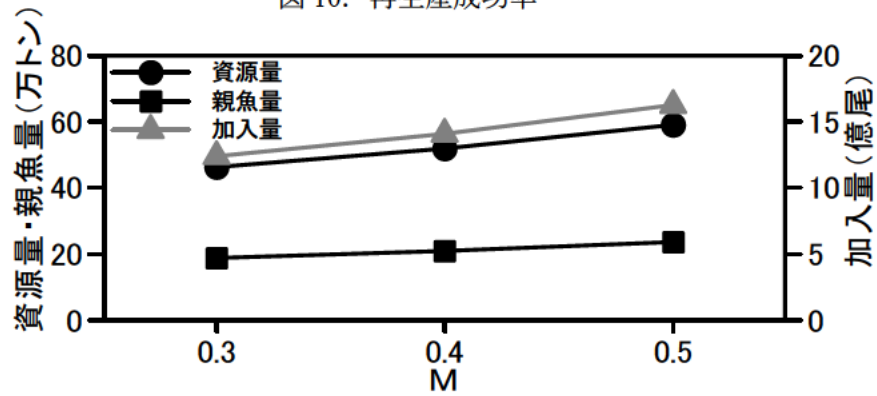


図 11. M と 2005 年資源量、親魚量、加入量の関係

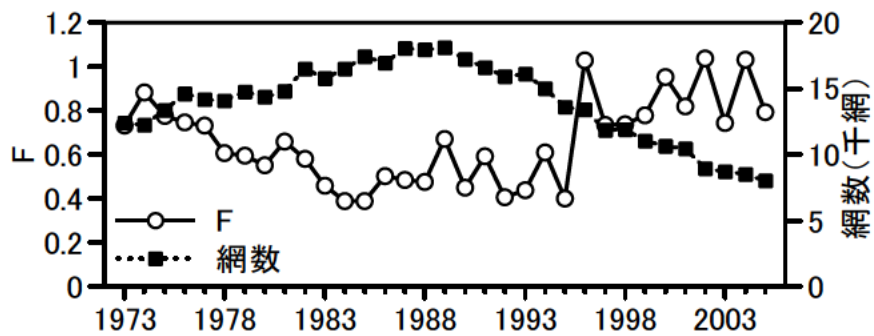


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

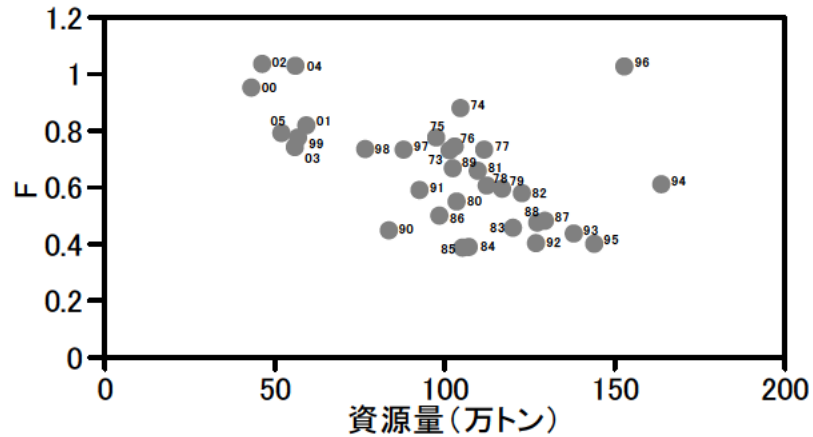


図 13. 資源量と F の関係

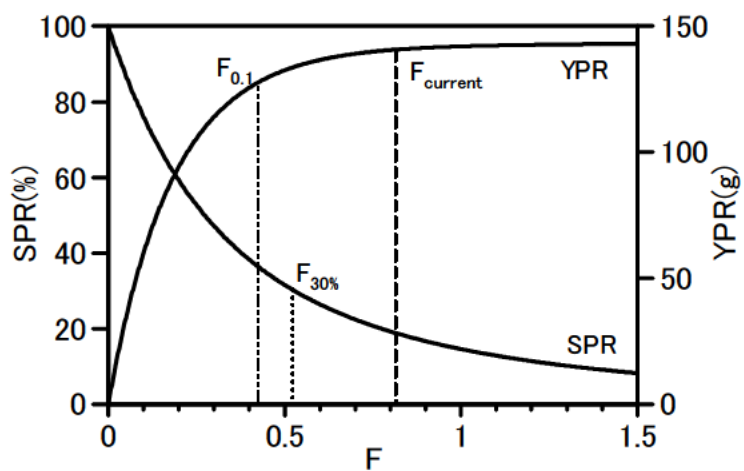


図 14. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2001～2005 年平均)

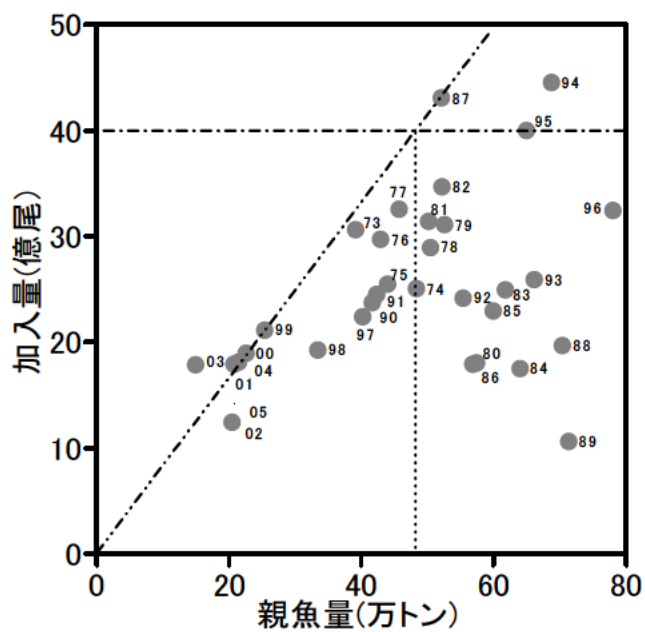


図 15a. 親魚量と加入量の関係
(1973～2005 年)

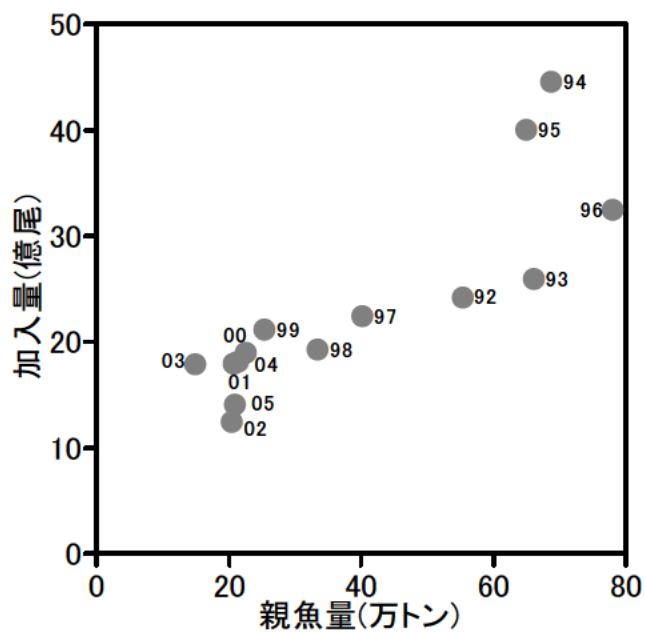


図 15b. 親魚量と加入量の関係
(1992～2005 年)

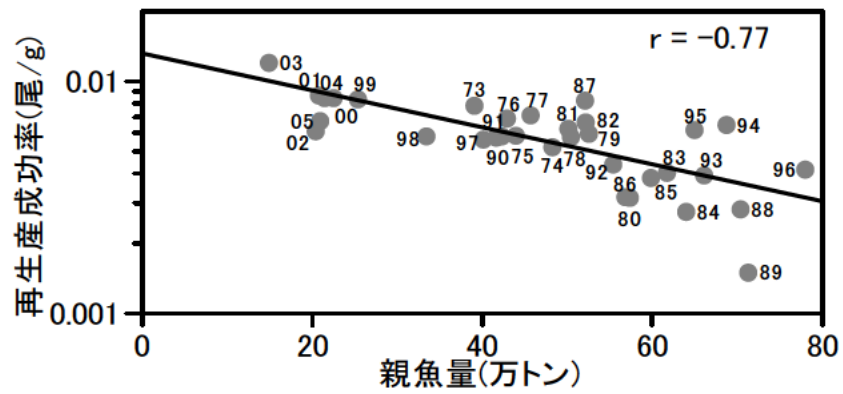


図 16. 親魚量と再生産成功率の関係

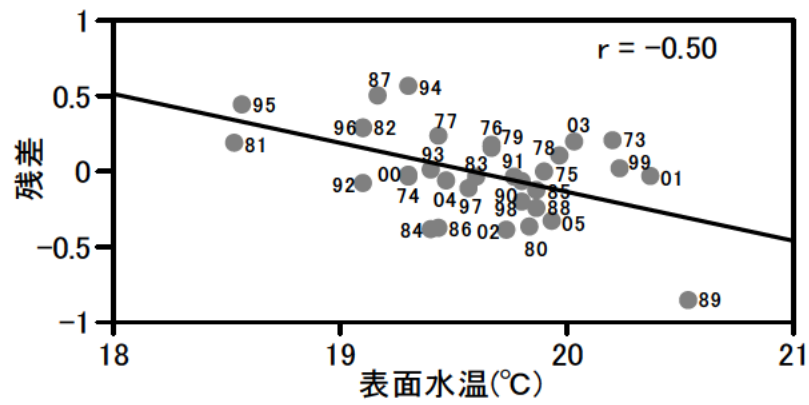


図 17. 表面水温と親魚量 - 再生産成功率関係の残差の関係

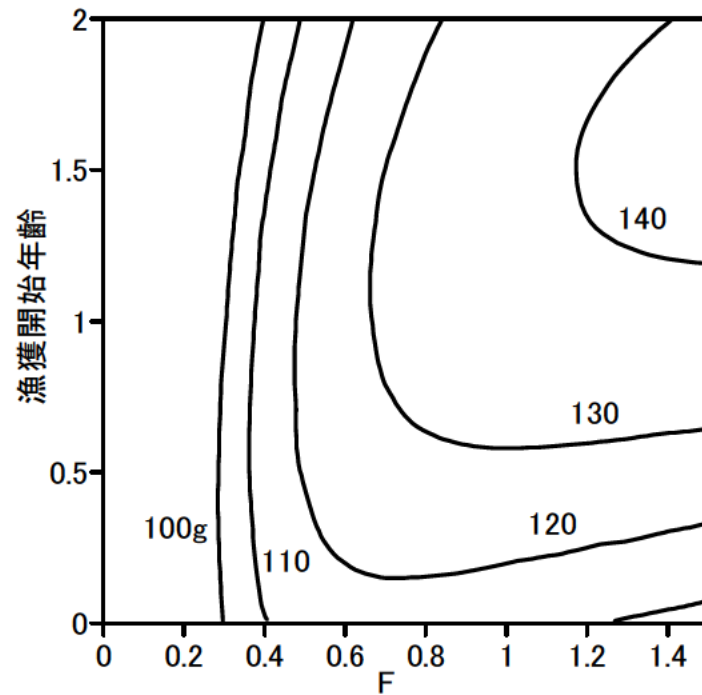


図 18. 等漁獲量曲線図

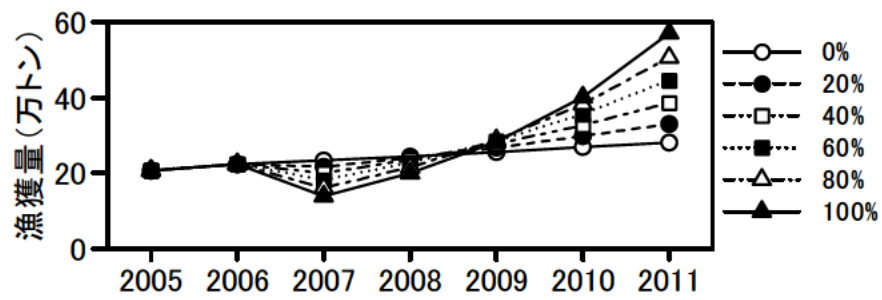


図 19. 0 歳 F の削減率と漁獲量の変化

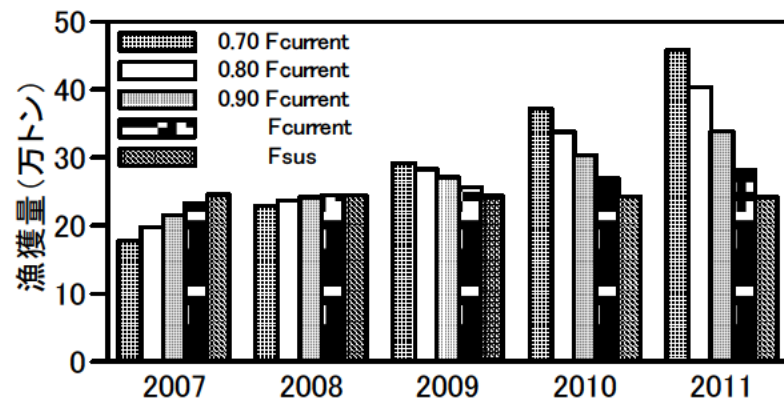


図 20. F による漁獲量の変化

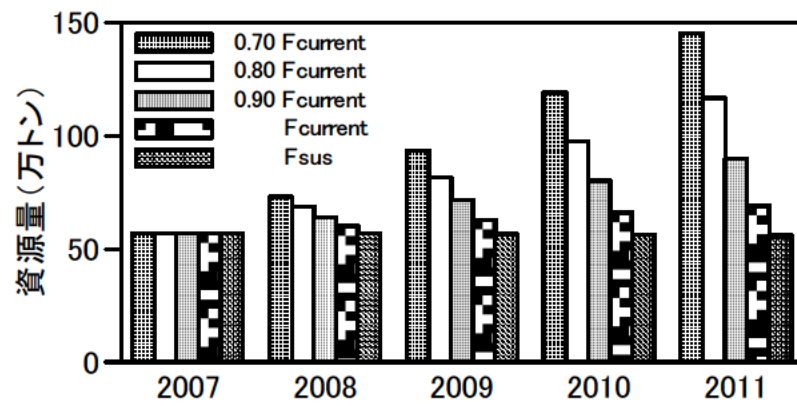


図 21. F による資源量の変化

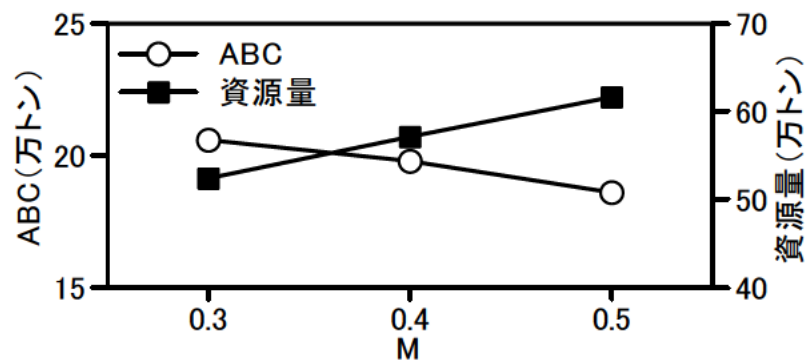


図 22. M と 2007 年 ABC、2007 年資源量の関係

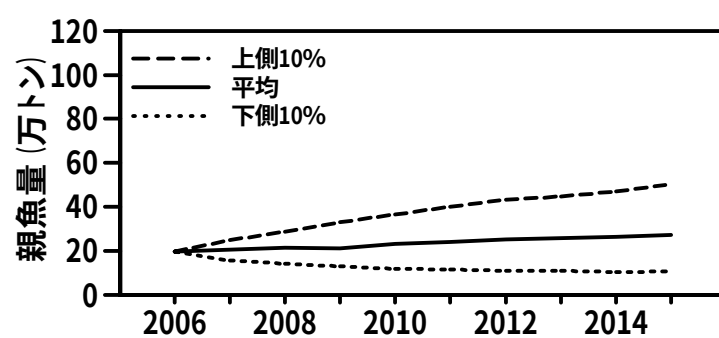


図 23a. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (F_{current})

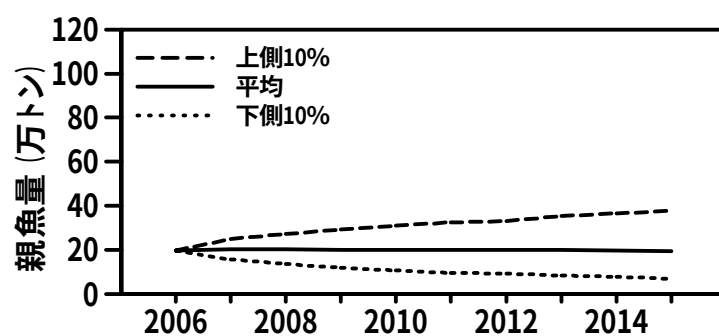


図 23b. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (F_{sus})

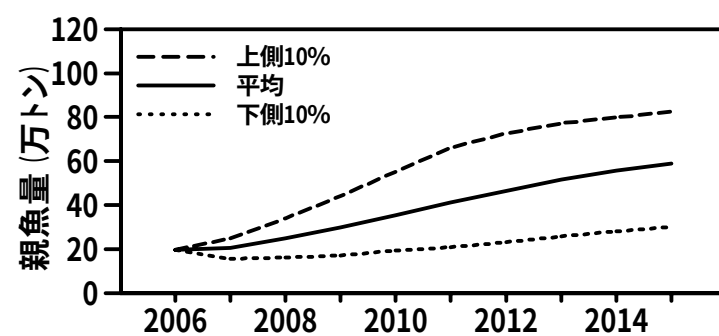


図 23c. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ($0.8F_{\text{current}} : F_{\text{limit}}$)

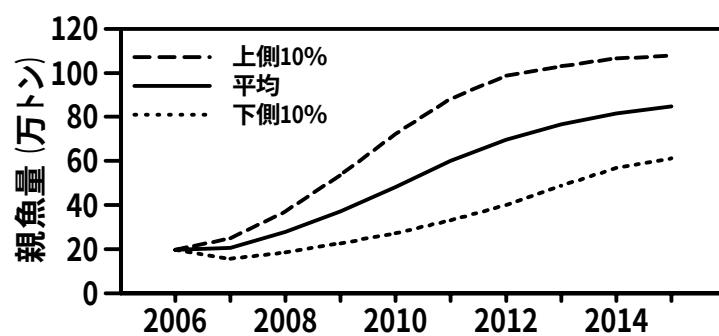


図 23d. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ($0.64F_{\text{current}} : F_{\text{target}}$)

補足資料 1

表 1. マサバ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	396	725	197	32	58	169	84	18	0.17	0.77	0.99	0.99	3,064	1,593	367	60
1974	404	832	300	65	60	194	128	37	0.22	0.84	1.24	1.24	2,509	1,733	493	106
1975	305	660	279	65	45	154	119	37	0.16	0.86	1.05	1.05	2,555	1,355	504	117
1976	443	722	202	77	65	169	87	43	0.20	0.87	0.96	0.96	2,973	1,466	386	146
1977	578	748	216	72	85	175	92	41	0.24	0.78	0.96	0.96	3,259	1,635	412	137
1978	343	875	209	59	51	204	90	33	0.15	0.92	0.68	0.68	2,899	1,718	503	141
1979	546	628	210	100	81	147	90	57	0.24	0.60	0.77	0.77	3,114	1,665	461	219
1980	184	732	251	86	27	171	107	48	0.13	0.75	0.66	0.66	1,810	1,646	616	210
1981	426	339	279	153	63	79	120	86	0.18	0.48	0.99	0.99	3,142	1,065	523	286
1982	609	633	199	91	90	148	85	52	0.24	0.56	0.76	0.76	3,473	1,761	442	202
1983	372	679	232	69	55	159	99	39	0.20	0.58	0.53	0.53	2,497	1,837	675	201
1984	428	415	183	92	63	97	78	52	0.35	0.45	0.38	0.38	1,756	1,373	689	346
1985	234	201	206	166	34	47	88	94	0.13	0.34	0.54	0.54	2,296	833	588	473
1986	208	340	176	184	31	79	76	104	0.15	0.36	0.75	0.75	1,797	1,350	397	414
1987	294	291	274	112	43	68	117	63	0.09	0.41	0.72	0.72	4,310	1,036	632	258
1988	613	756	155	98	90	177	66	55	0.46	0.42	0.51	0.51	1,972	2,651	461	290
1989	193	382	556	143	28	89	238	81	0.25	0.78	0.82	0.82	1,067	831	1,170	301
1990	352	97	106	181	52	23	45	102	0.20	0.23	0.68	0.68	2,375	560	254	433
1991	265	285	156	122	39	67	67	69	0.14	0.30	0.96	0.96	2,456	1,307	297	232
1992	354	157	258	54	75	45	105	32	0.19	0.14	0.64	0.64	2,422	1,432	647	136
1993	679	468	237	78	138	120	98	46	0.38	0.54	0.42	0.42	2,592	1,337	832	276
1994	1,121	678	171	160	201	162	81	100	0.36	1.10	0.49	0.49	4,457	1,192	523	490
1995	1,142	572	73	113	162	138	34	66	0.42	0.40	0.40	0.40	4,002	2,087	267	414
1996	1,642	1,269	410	134	262	300	183	75	0.91	1.75	0.73	0.73	3,247	1,767	939	307
1997	877	335	100	196	147	83	44	94	0.62	0.60	0.85	0.85	2,244	880	207	404
1998	727	408	140	76	124	102	62	40	0.59	0.91	0.72	0.72	1,931	806	322	174
1999	931	361	96	71	109	66	42	41	0.74	0.91	0.73	0.73	2,118	714	218	162
2000	577	360	116	73	41	78	47	42	0.45	0.97	1.19	1.19	1,901	681	194	122
2001	686	450	80	30	115	103	32	18	0.61	1.06	0.80	0.80	1,799	812	172	64
2002	344	414	113	43	50	105	46	24	0.40	1.33	1.21	1.21	1,245	654	188	71
2003	467	301	54	24	91	73	20	14	0.38	1.00	0.80	0.80	1,789	558	116	52
2004	862	309	88	32	117	87	35	18	0.82	0.59	1.35	1.35	1,813	824	137	51
2005	369	282	155	17	63	65	70	9	0.38	0.97	0.91	0.91	1,410	533	306	33

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/g)
	日本	韓国	計					
1973	269	61	330	1,015	391	3,064	33	0.007842
1974	347	72	419	1,046	483	2,509	40	0.005199
1975	290	65	355	975	439	2,555	36	0.005817
1976	269	95	364	1,029	429	2,973	35	0.006935
1977	292	101	393	1,116	457	3,259	35	0.007140
1978	298	79	378	1,124	504	2,899	34	0.005752
1979	270	104	374	1,169	525	3,114	32	0.005930
1980	297	57	354	1,034	574	1,810	34	0.003156
1981	244	105	348	1,097	501	3,142	32	0.006268
1982	281	93	374	1,227	522	3,473	31	0.006654
1983	242	110	352	1,200	617	2,497	29	0.004047
1984	198	93	291	1,071	639	1,756	27	0.002746
1985	204	60	264	1,053	599	2,296	25	0.003836
1986	193	97	290	985	568	1,797	29	0.003165
1987	194	98	292	1,294	521	4,310	23	0.008274
1988	240	149	389	1,271	703	1,972	31	0.002803
1989	283	154	437	1,023	713	1,067	43	0.001497
1990	131	91	222	835	416	2,375	27	0.005707
1991	153	89	242	926	423	2,456	26	0.005806
1992	143	114	258	1,269	554	2,422	20	0.004372
1993	235	168	403	1,379	661	2,592	29	0.003922
1994	339	205	544	1,637	687	4,457	33	0.006490
1995	208	192	400	1,439	650	4,002	28	0.006161
1996	411	410	821	1,528	779	3,247	54	0.004165
1997	211	158	368	878	401	2,244	42	0.005594
1998	165	163	328	765	334	1,931	43	0.005777
1999	108	150	258	567	253	2,118	45	0.008356
2000	89	118	208	431	225	1,901	48	0.008448
2001	78	191	269	592	208	1,799	45	0.008666
2002	86	138	224	463	204	1,245	49	0.006103
2003	83	115	199	559	149	1,789	36	0.011996
2004	83	174	257	561	214	1,813	46	0.008463
2005	87	120	207	519	209	1,410	40	0.006730

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	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00
	1 歳	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
	2 歳	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
	3 歳以上	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
2011 年漁獲量 (千トン)		282	330	385	446	507	571

表 4. 2006 年以降の資源尾数等

F_{limit} 、 F_{current} ($=F_{2005}$)、 F_{sus} で漁獲した場合の 2007～2011 年の年齢別資源尾数、資源量、漁獲尾数、漁獲量。体重 (g) は、0 歳＝167、1 歳＝251、2 歳＝410、3 歳以上＝571。

2006 年

年齢	資源尾数 (百万尾)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲尾数 (百万尾)	漁獲量 (千トン)	F (／年)
0 歳	1,665	278	-	545	91	0.50
1 歳	649	163	98	307	77	0.82
2 歳	135	55	47	69	28	0.93
3 歳以上	91	52	52	47	27	0.93
計・平均	2,540	549	197	968	223	0.79

F_{limit}	資源尾数 (百万尾)					資源量 (千トン)				
年齢／年	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
0 歳	1,722	2,076	2,479	2,958	3,533	287	346	414	494	590
1 歳	680	776	936	1,118	1,334	171	195	235	281	335
2 歳	192	237	271	326	390	79	97	111	134	160
3 歳以上	60	80	101	119	142	34	46	58	68	81
計	2,654	3,169	3,787	4,521	5,398	571	685	818	976	1,166

F_{limit}	漁獲尾数 (百万尾)					漁獲量 (千トン)					F
年齢／年	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	
0 歳	471	567	677	808	965	79	95	113	135	161	0.40
1 歳	275	314	378	452	539	69	79	95	114	136	0.65
2 歳	85	105	120	144	172	35	43	49	59	71	0.74
3 歳以上	27	36	45	53	63	15	20	26	30	36	0.74
計・平均	857	1,022	1,220	1,457	1,740	198	237	283	338	403	0.63

F_{current}	資源尾数 (百万尾)					資源量 (千トン)				
年齢／年	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2007	2008	2009	2010
0 歳	1,722	1,811	1,899	1,990	2,087	287	302	317	332	348
1 歳	680	703	740	775	813	171	177	186	195	204
2 歳	192	201	208	219	229	79	83	85	90	94
3 歳以上	60	67	71	74	78	34	38	41	42	44
計	2,654	2,782	2,917	3,058	3,206	571	600	629	659	691

F_{current}	漁獲尾数 (百万尾)					漁獲量 (千トン)					F
年齢／年	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	
0 歳	564	593	622	651	683	94	99	104	109	114	0.50
1 歳	322	332	350	367	384	81	84	88	92	97	0.82
2 歳	99	103	107	112	118	40	42	44	46	48	0.93
3 歳以上	31	34	36	38	40	18	20	21	22	23	0.93
計・平均	1,014	1,063	1,115	1,168	1,225	233	245	256	269	282	0.79

F_{sus}	資源尾数（百万尾）					資源量（千トン）				
年齢／年	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
0 歳	1,722	1,724	1,723	1,723	1,723	287	288	288	288	288
1 歳	680	678	679	679	679	171	171	171	171	171
2 歳	192	190	189	189	189	79	78	78	78	78
3 歳以上	60	62	62	62	62	34	36	36	36	36
計	2,654	2,654	2,653	2,653	2,653	571	572	572	571	571

F_{sus}	漁獲尾数（百万尾）					漁獲量（千トン）					F
年齢／年	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	
0 歳	596	596	596	596	596	99	100	99	99	99	0.53
1 歳	337	336	336	336	336	85	84	85	85	85	0.88
2 歳	103	102	101	102	102	42	42	42	42	42	1.00
3 歳以上	32	33	33	33	33	18	19	19	19	19	1.00
計・平均	1,068	1,067	1,067	1,067	1,067	245	245	245	245	245	0.85

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	2004	2005
さば類	0.2	2.2	1.6	0.9	0.3	0.3	0.05	1.0	2.7

(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る、0 歳魚を主体とする現存量推定値を以下に示す（調査海域面積 138 千km²、漁獲効率を 1 とした計算。単位はトン）。

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005
マサバ	26,100	14,500	5,000	2,700	3,600	1,000

(3) 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 2～6 月に東シナ海及び九州沿岸海域で行っており、データの蓄積とともに加入量の早期把握が可能になると期待される。

ニューストーンネットによる主要種幼期の採集個体数と曳網数

調査月	調査年	調査機関	曳網数	マアジ	サバ属	カタクチイワシ	ブ リ
2 月	2001	西海水研	65	3	184	33	6
3 月	2001	鹿児島県	18	27	26	426	0
		西海水研	47	107	87	9	14
	2002	鹿児島県	18	8	7	5	8
	2003	鹿児島県	16	3	1	0	0
	2004	鹿児島県	18	25	185	1,856	9
	2005	鹿児島県	15	4	27	1,157	1
	2006	鹿児島県	17	6	75	1,330	0
4 月	2000	山口県	0	-	-	-	-
		長崎県	13	93	4	72	9
		鹿児島県	0	-	-	-	-
		西海水研	79	3,811	185	10,906	264
	2001	山口県	8	0	0	1	0
		長崎県	18	65	2	1,255	4
		鹿児島県	16	19	44	140	33
		西海水研	88	1,339	331	2,294	359
	2002	山口県	0	-	-	-	-
		長崎県	18	17	2	58	47
		鹿児島県	16	23	13	8	24
		西海水研	107	207	254	4,854	485

4 月	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	91	231	789	63,377	151
5 月	2000	山口県	8	0	0	0	0
		長崎県	19	92	9	54	25
		鹿児島県	18	13	17	242	60
	2001	山口県	8	4	14	1	0
		長崎県	19	195	18	344	39
		鹿児島県	18	122	10	163	51
	2002	山口県	8	1	5	7	0
		長崎県	19	53	2	127	367
		鹿児島県	18	33	6	30	189
	2003	山口県	8	0	4	22	0
		長崎県	19	8	7	6,290	15
		鹿児島県	16	12	11	1,693	188
	2004	山口県	8	5	0	393	0
		長崎県	18	5	0	33,453	52
		鹿児島県	18	6	8	27,518	53
	2005	山口県	8	0	20	2,473	0
		長崎県	18	29	52	25,851	12
		鹿児島県	18	60	4	7,690	32
	2006	山口県	8	3	8	3,232	0
		長崎県	12	17	24	2,921	15
		鹿児島県	18	33	54	44,164	177
6 月	2002	山口県	8	0	13	10	117
	2003	山口県	8	4	17	57	0
	2004	山口県	8	0	0	1,415	24
	2005	山口県	8	5	1	285	5
	2006	山口県	8	0	0	600	0

2. コホート計算

マ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。2005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)	23.6	26.0	32.3	34.9
体重 (g)	170	230	451	568
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）。1973～2005 年の年別・年齢別漁獲尾数（1 月～12 月を 1 年とする）を日本の漁獲量について推定し、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（2005 年はマサバが 88.6%）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。最近年（2005 年）の 1 歳魚の F は、過去 3 年（2002～2004 年）の平均とした。

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

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

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

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

$$F_{1,2005} = \frac{(F_{1,2004} + F_{1,2003} + F_{1,2002})}{3} \quad (5)$$

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（2005 年）の 0、3+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（1998～2005 年）及び 0 歳魚の指標値（1998～2005 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 1998～2005 年とした。

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

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

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、 $\alpha=1$ 、 $F_{0,2005}=0.38$ 、 $F_{1,2005}=0.97$ 、 $F_{2,2005}=0.91$ 、 $F_{3+,2005}=0.91$ と推定された。ただし、 α は $0 < \alpha \leq 1$ とした制約条件によって $\alpha=1$ 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	2004	2005
1歳	7.81	4.01	5.07	2.98	6.46	5.40	4.41	5.52
2歳	3.09	1.77	1.77	1.59	1.45	1.95	2.79	2.09
3歳以上	1.29	1.88	1.42	0.83	0.85	1.32	1.32	0.66

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。

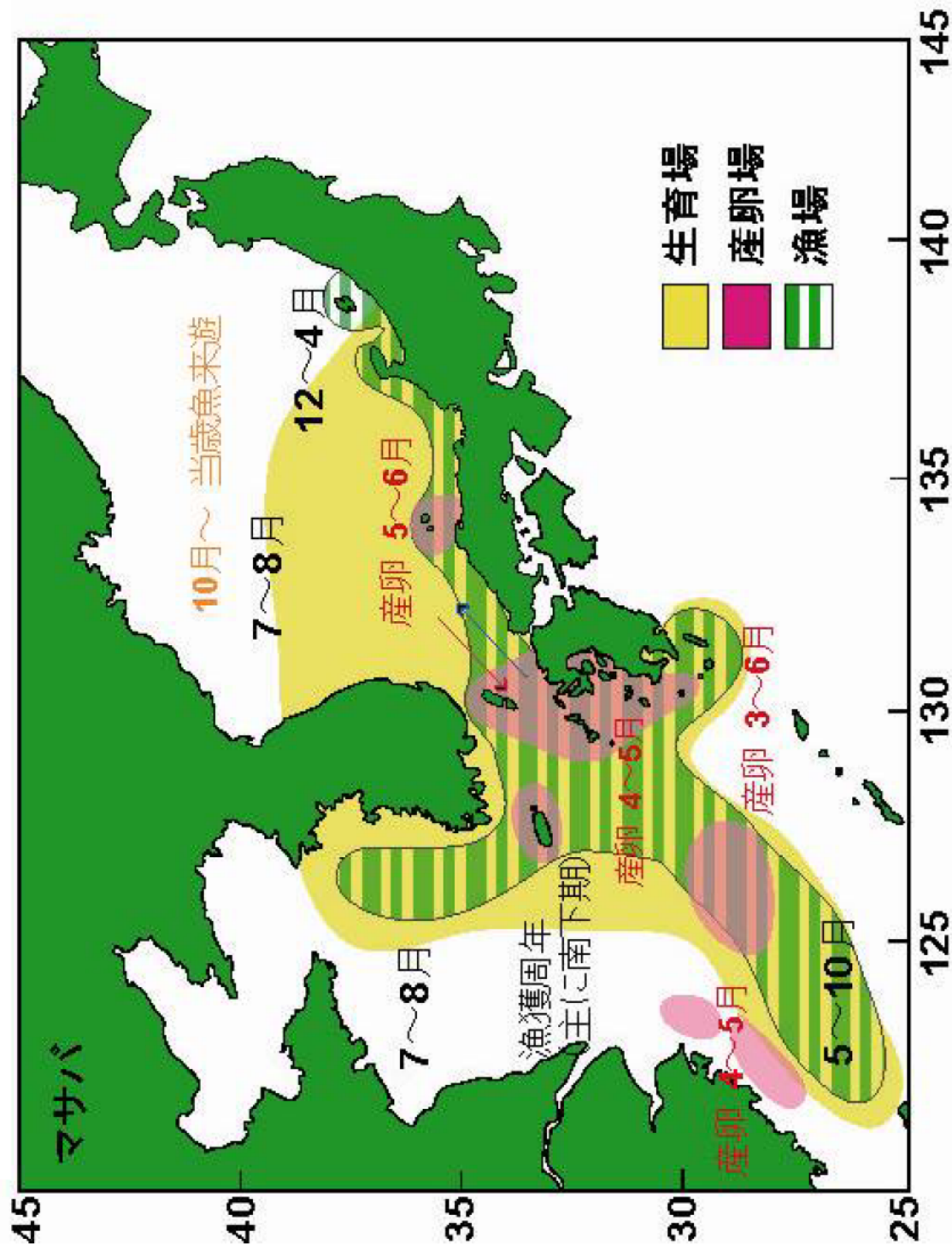
補注 2. 年齢別漁獲尾数を以下のように推定した。1997～2005 年について、九州主要港に水揚げされる大中型まき網の漁獲物の体長組成を入り数別漁獲量から、九州の沿岸漁業及び日本海の漁獲物の体長組成を体長測定データと漁獲量から月別に推定した。これと月ごとに定めた各年齢の体長範囲により、年齢別漁獲尾数を推定した。1996 年以前については、1973～2005 年の大中型まき網の月別銘柄別漁獲量を各年齢に単純に割り振り、1997～2005 年についての上記推定結果との各年齢の比率を求め、その 1997

～2005年平均を使って年齢別漁獲尾数推定値を補正した。銘柄の年齢への振り分けは、6～12月の豆銘柄を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歳魚の指標値はそれぞれ11月～翌年1月の、九州主要港に水揚げされる大中型まき網の入り数54以上のマサバ漁獲量を正子位置報告数で割った値と、境港豆銘柄まき網1か統当り漁獲量の相乗平均値。

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