

平成17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

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年以降減少し、1999～2004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（1997～2003年）の中央値で継続した場合に、2010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。

	2006年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	224千トン(103千トン)	F_{rec}	0.41	28%
ABC_{target}	187千トン(86千トン)	$0.8 F_{rec}$	0.32	24%

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	2006年漁獲量	評価*
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。	F_{rec}	ABC_{limit} 224千トン(103千トン)	A: 74% B: 95% C: 293千トン
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。予防的措置をとる。	$0.8 F_{rec}$	ABC_{target} 187千トン(86千トン)	A: 97% B: 99.9% C: 295千トン

*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: 2014年に親魚量が1997年値(B_{limit} 、50万トン)を上回った率、B: 2014年に親魚量が2004年値(31万トン)を上回った率、C: 2006～2014年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2006 年漁獲量	評価
近年（2002～2004 年）の平均の漁獲圧を継続する。	F_{current}	268 千トン（123 千トン）	A: 9.4% B: 44% C: 250 千トン
親魚量を同水準に維持する。	F_{sus}	262 千トン（120 千トン）	A: 17% B: 57% C: 257 千トン

F_{current} は 2002～2004 年の平均 F 。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F 値	漁獲割合（%）
2003	650	199（82）	0.40	31
2004	773	259（72）	0.55	34
2005	820			

2005 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（50 万トン）	これ以下の親魚量だと、良好な加入量があまり期待できなくなる。
2004 年	親魚量 1997 年水準以下（31 万トン）	

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の 26%を占める（2004 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と考えられる。

3. 漁業の状況

（1）主要漁業の概要

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、2003 年には 83 千トン、2004 年には 85 千トンと低い水準にある。韓国のさば類漁獲量は、2003 年には 12 万トン、2004 年には 18 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 万トンを超え、2001 年には 38 万トン、2002 年には 42 万トンとなっている（中国水産科技信息网）。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、2002～2004 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、緯経度 30 分間隔で分けられた漁区のうち、2004 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、2004 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 年以降減少傾向であったが、2004 年は増加し、1998 年以降では最も高い値となった（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 110～160 万トンで比較的安定していた（図 8）。1987 年の 159 万トンから 1990 年の 112 万トンまで減少した後、増加傾向を示し、1992～1996 年には 160 万トンを超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、2000 年には 52 万トンにまで落ち込んだ。その後やや持ち直し、2003 年には 65 万トン、2004 年には 77 万トンとなっている。

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が、2004 年はやや持ち直した（図 9）。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は、1992～1996 年に高水準であったのを最後に 2000 年まで減少し、2000～2004 年には低水準で横ばい傾向にある。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。しかし 2004 年は急増し、近年では最も高い値を示した（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 2004 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、いずれも大きくなる。また、以下で算出する 2006 年の ABC の値（及び 2006 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、高い水準で減少傾向を示している。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 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、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（2000～2004 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 2000～2004 年の平均（0 歳＝0.56、1 歳＝1、2 歳＝0.71、3 歳＝0.42）で、各年齢の F の単純平均値が 2002～2004 年の平均と同じ（0.51）である F とする（0 歳＝0.42、1 歳＝0.76、2 歳＝0.54、3 歳＝0.31）。 F_{current} は、 $F_{0.1}$ と同程度であり、 $F_{20\%}$ よりやや小さい。

(6) 資源水準・動向の判断

資源水準は、過去 20 年間（1985～2004 年）で 6 番目に低いので低位、動向は、近年 5 年間（2000～2004 年）の親魚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 60 万トン以下の年では、親魚量と加入量の上に正の相関がある（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 32 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 56 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、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（50 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（2004 年）の加入量計算値は不確定なので、ABC の算定においては、2005 年以降の再生産成功率を 1997～2003 年の中央値 0.0055 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 60 万トン以上では、加入量を親魚量 60 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 33 億尾で一定）。

2004 年の加入量は、1997 年以降では最も高い値となったが、九州主要港に水揚げされる大中型まき網の 2005 年 1～6 月のマサバ豆銘柄漁獲量（主に 2004 年級群と考えられる）は、2004 年同時期よりは多いものの 2000～2003 年と同程度であり、過大評価の可能性はある。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。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} （2002～2004 年の平均 F）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 1997～2003 年の中央値で一定（親魚量が 60 万トンを超えた場合は加入量 33 億尾で一定）の条件のもとで期待される 2010 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＝1997～2003 年の中央値 0.0055 尾／g、親魚量が 60 万トンを超えた場合は加入量 33 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、2005 年の漁獲量は 279 千トンと見積もられる。 F_{sus} は、年齢別選択率が 2000～2004 年と同じで、SPR が 182g（ $1 \div 0.0055$ 尾／g）になる F（0 歳＝0.41、1 歳＝0.73、2 歳＝0.52、3 歳＝0.30）。

F	基準値	漁獲量（千トン）					親魚量（千トン）				
		2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0.35	0.70 F_{current}	201	228	263	303	340	361	423	486	559	643
0.38	0.75 F_{current}	213	236	265	297	332	361	412	462	517	579
0.41	0.80 F_{current}	224	242	265	290	316	361	402	438	478	522
0.43	0.85 F_{current}	236	248	264	281	300	361	391	416	442	471
0.46	0.90 F_{current}	247	253	263	273	283	361	381	395	409	425
0.48	0.95 F_{current}	257	257	260	264	266	361	371	375	379	383
0.51	F_{current}	268	261	258	254	250	361	362	356	351	346
0.49	F_{sus}	262	259	259	259	259	361	367	366	366	366

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、2005～2014 年の再生産成功率を設定値の周りで変動させ、 F_{sus} 、 F_{current} 、 $0.8F_{\text{current}}$ 、 $0.64F_{\text{current}}$ で漁獲を続けた場合の親魚量を計算した。2005～2014 年の再生産成功率は毎年異なり、その値は 1973～2003 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 0.0055 尾/g を乗じたものであるとした。親魚量が 60 万トンを超えた場合は、加入量を計算する際の親魚量は 60 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 回の平均値では現状の親魚量を緩やかに減少させてしまい、下側 10%（下位 100 回）では親魚量が 2014 年には現状の半分以下になった。 F_{sus} の場合、親魚量は 1000 回の平均値で現状を維持する程度で、親魚量がかかなり低くなる場合も現れた。 $0.8F_{\text{current}}$ の場合、平均値で 2010 年に親魚量が 50 万トンを超え、下側 10%（下位 100 回）でも緩やかな増加傾向が見られた。 $0.64F_{\text{current}}$ の場合、下側 10% で 2012 年に親魚量が 50 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、2004 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、近年（2002～2004 年）の平均の漁獲圧で漁獲を継続すると、現状の親魚量を緩やかにではあるがさらに減少させてしまうため、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（2010 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、2004 年は韓国のさば類漁獲の 94.3% 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り、比率が変われば資源量、ABC 等が変わる可能性がある。

6. 2006 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りのもとでは、近年（2002～2004 年）の平均の漁獲圧で漁獲を続けると、親魚量をさらに減少させてしまう。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、

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

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

上記の検討から、 $F_{\text{current}} (=F_{\text{ave3-yr}}) \times 0.8$ を F_{rec} とする。 α は標準値の 0.8 を使用する。

2006 年の ABC は下表のように算出される。

	2006 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC_{limit}	224 千トン (103 千トン)	F_{rec}	0.41	28%
ABC_{target}	187 千トン (86 千トン)	$0.8 F_{\text{rec}}$	0.32	24%

漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 。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、日本と韓国の漁獲実績（1999～2004 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) 管理の考え方と 2006 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、2006 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	2006 年漁獲量	評価＊
漁獲圧を減らして資源の回復を図る。	F_{rec}	ABC_{limit} 224 千トン (103 千トン)	A : 74% B : 95% C : 293 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。	$0.8 F_{\text{rec}}$	ABC_{target} 187 千トン (86 千トン)	A : 97% B : 99.9% C : 295 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：2014 年に親魚量が 1997 年値 (B_{limit} 、50 万トン) を上回った率、B：2014 年に親魚量が 2004 年値 (31 万トン) を上回った率、C：2006～2014 年の平均漁獲量。

参考値

管理の考え方	管理基準	2006 年漁獲量	評価
近年 (2002～2004 年) の平均の漁獲圧を継続する。	F_{current}	268 千トン (123 千トン)	A：9.4% B：44% C：250 千トン
親魚量を同水準に維持する。	F_{sus}	262 千トン (120 千トン)	A：17% B：57% C：257 千トン

F_{current} は 2002～2004 年の平均 F 。

(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
2004 年(当初)	$0.85F_{\text{current}}(0.79)$	407	166(57)	141(48)		親魚量の増加
2004 年(2004 年再評価)	$0.8 F_{\text{current}}(0.46)$	515	154(64)	128(53)		親魚量の増加
2004 年(2005 年再評価)	$0.8 F_{\text{current}}(0.41)$	773	207(95)	172(79)	259(72)	親魚量の増加
2005 年(当初)	$0.8 F_{\text{current}}(0.46)$	527	165(71)	137(59)		親魚量の増加
2005 年(再評価)	$0.8 F_{\text{current}}(0.41)$	820	234(107)	195(89)		親魚量の増加

単位：千トン。ABC () 内は我が国 EEZ 内のもの。

2004、2005 年の資源量と ABC は、2004 年級群が当初の見積もりよりもかなり多かったため、2005 年再評価では当初よりも高い値となった。

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。

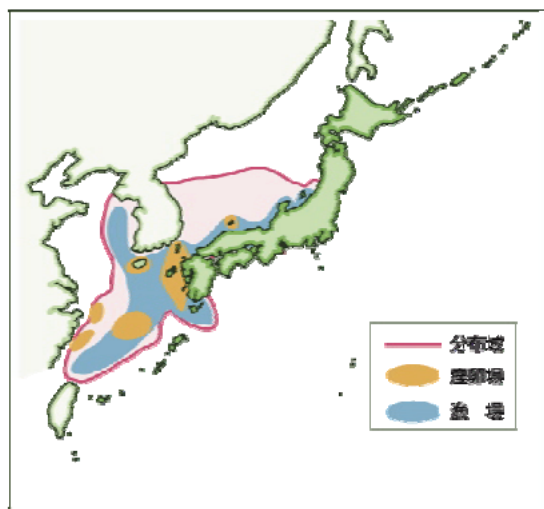


図1. マサバ対馬暖流系群の分布・回遊

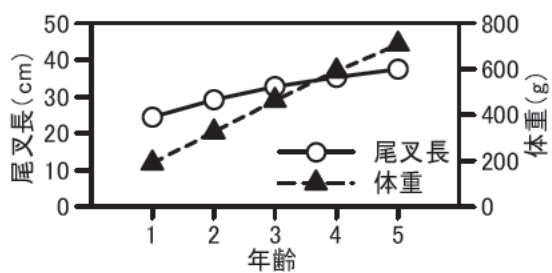


図2. 年齢と成長

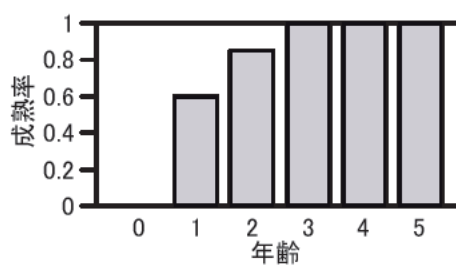


図3. 年齢と成熟率

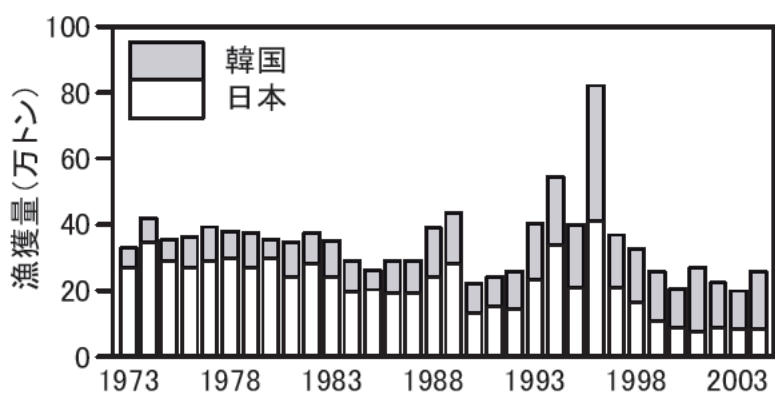


図4. 漁獲量

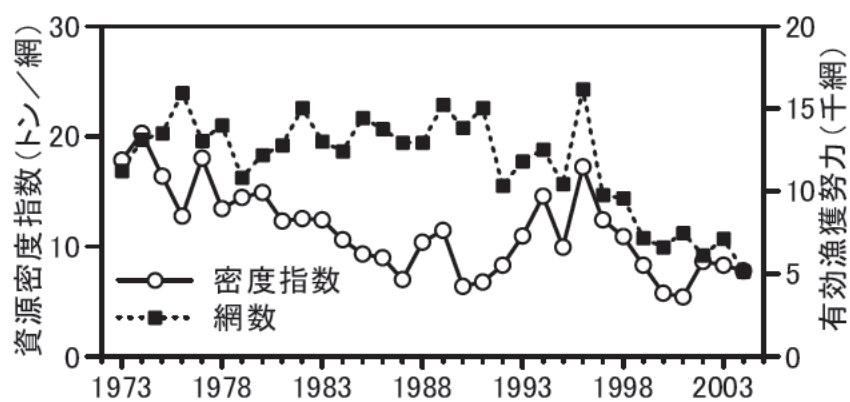


図5. 大中型まき網の資源密度指数と有効漁獲努力

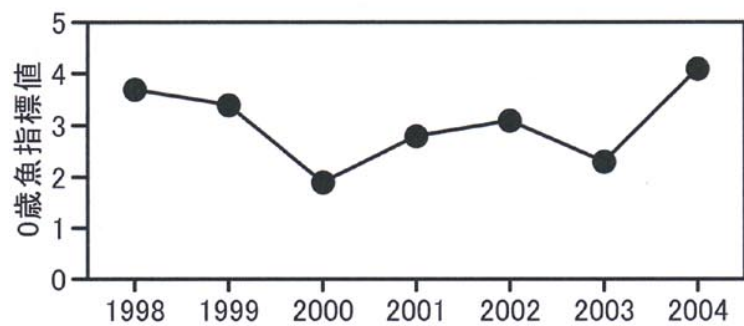


図 6. 漁況による 0 歳魚指標値

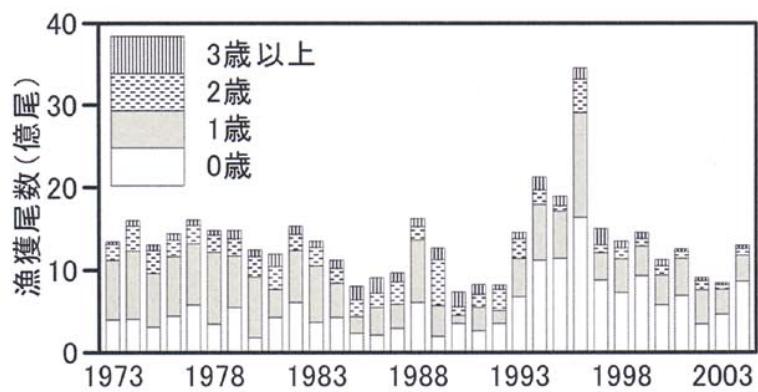


図 7. 年齢別漁獲尾数

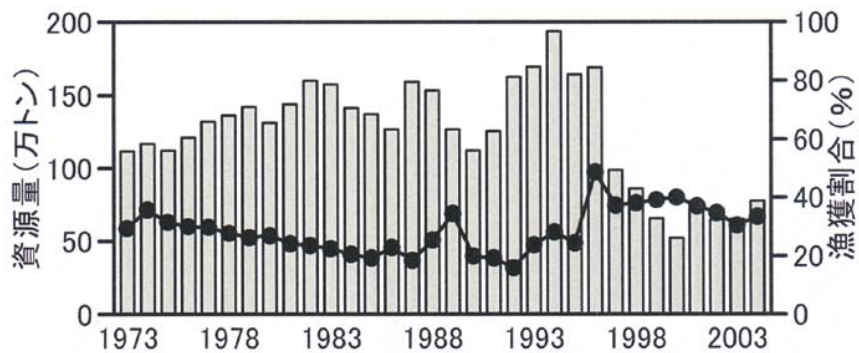


図 8. 資源量(棒グラフ)と漁獲割合(折線グラフ)

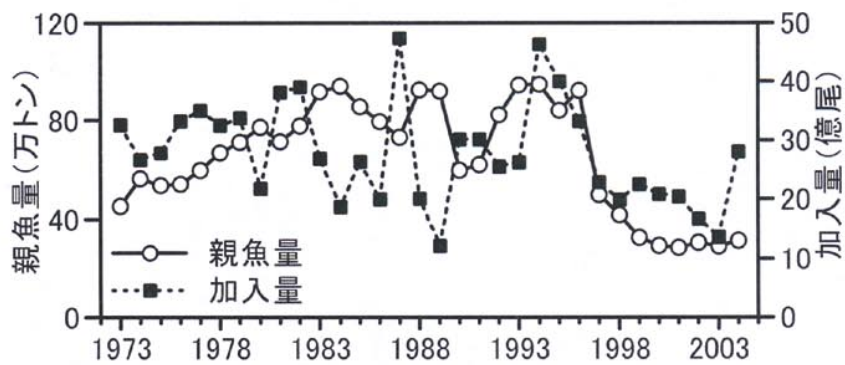


図 9. 親魚量と加入量

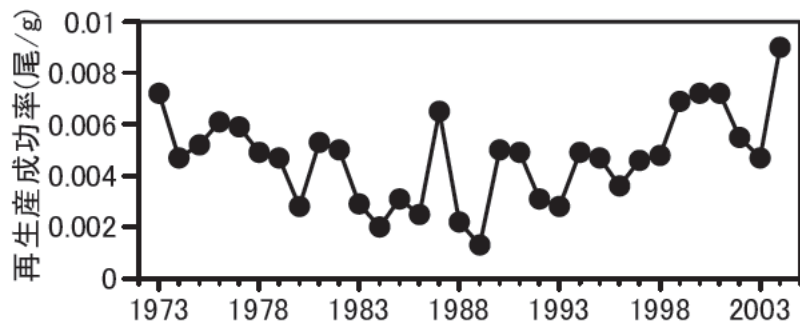


図 10. 再生産成功率

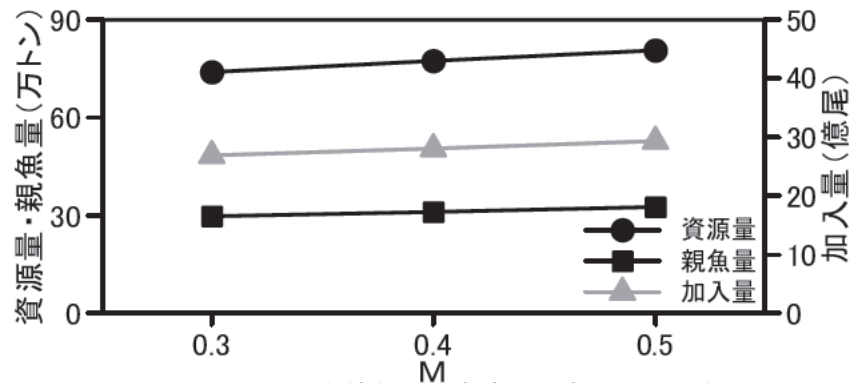


図 11. M と 2004 年資源量、親魚量、加入量の関係

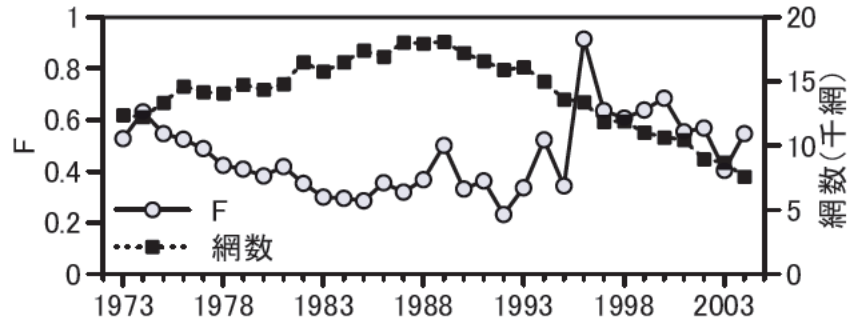


図 12. F と日本海西部・東シナ海で操業する大中型まき網の網数

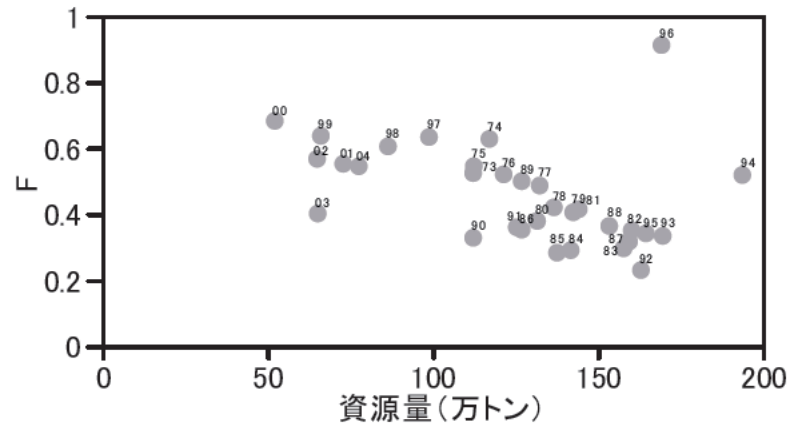


図 13. 資源量と F の関係

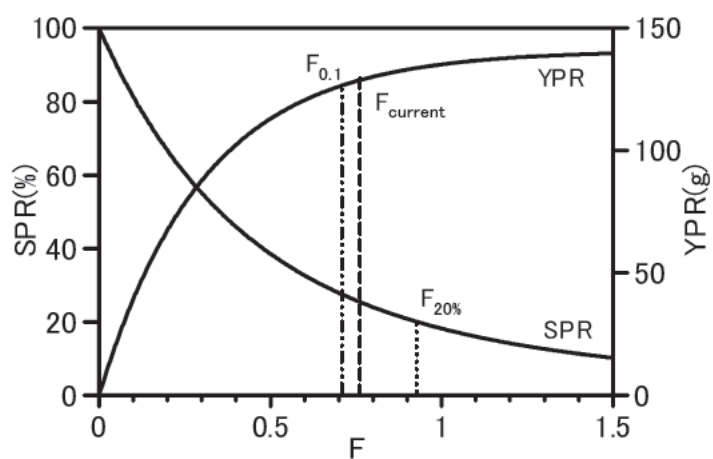


図 14. YPR と SPR (F は 1 歳時、年齢別選択率は 2000 ～2004 年平均)

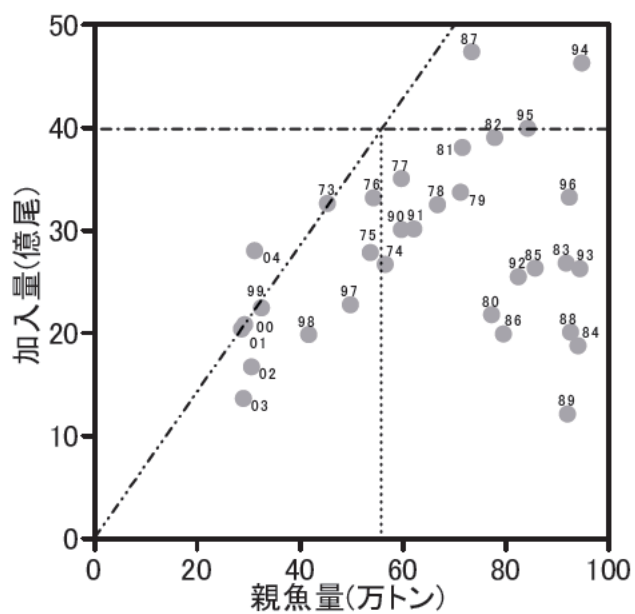


図 15a. 親魚量と加入量の関係
(1973～2004 年)

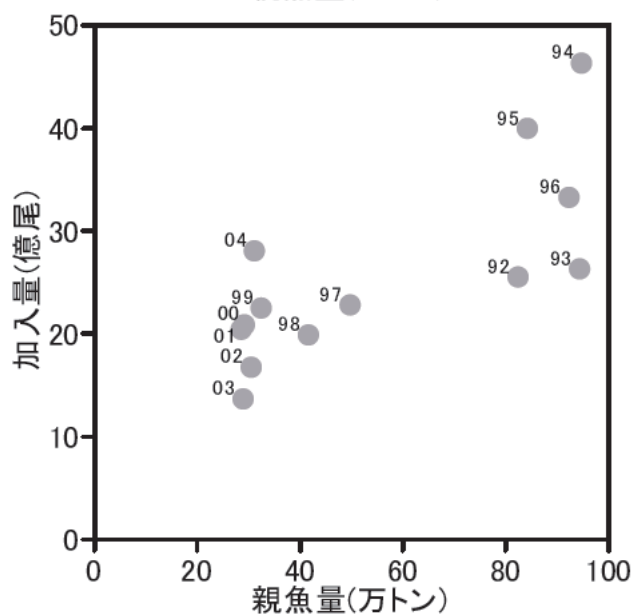


図 15b. 親魚量と加入量の関係
(1992～2004 年)

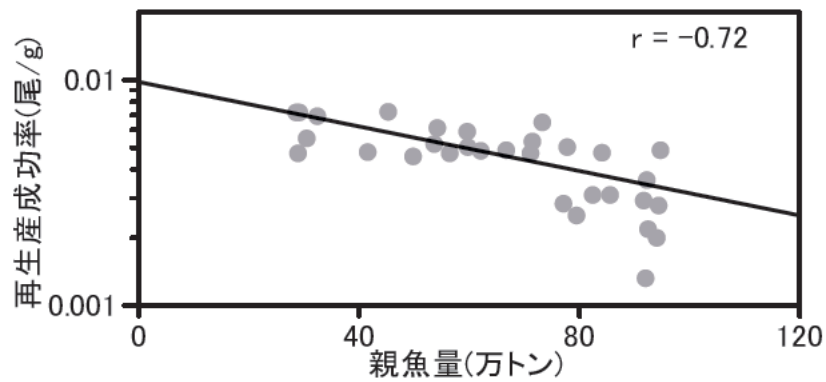


図 16. 親魚量と再生産成功率の関係

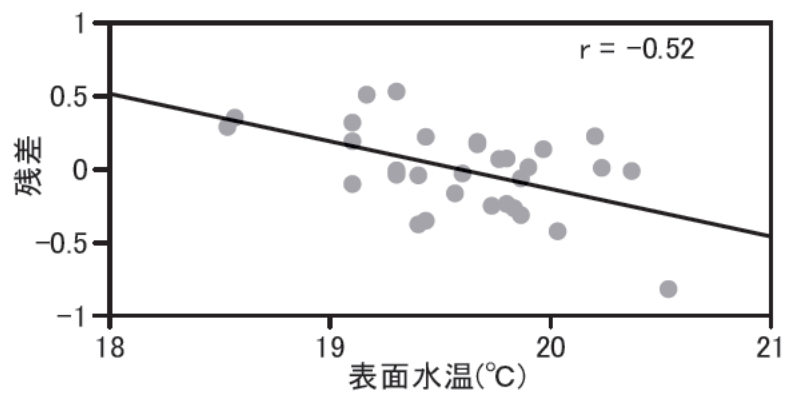


図 17. 表面水温と親魚量 再生産成功率関係の残差の関係

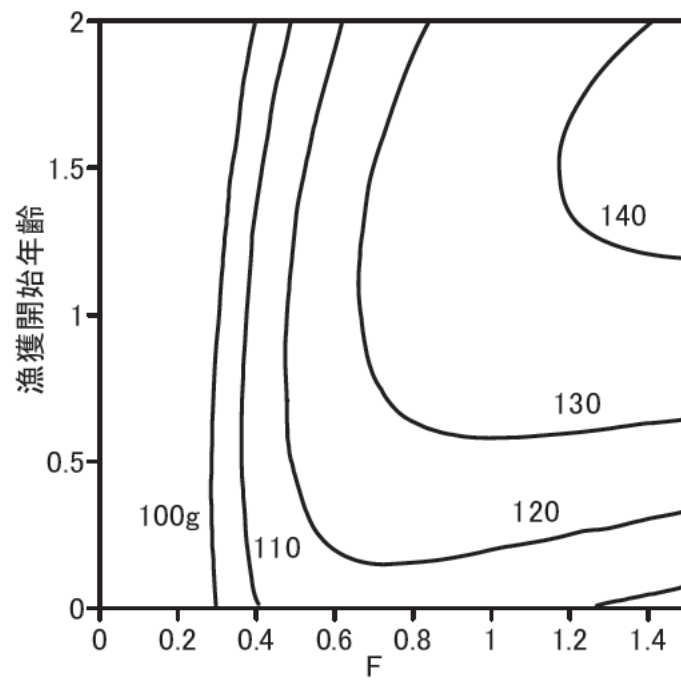


図 18. 等漁獲量曲線図

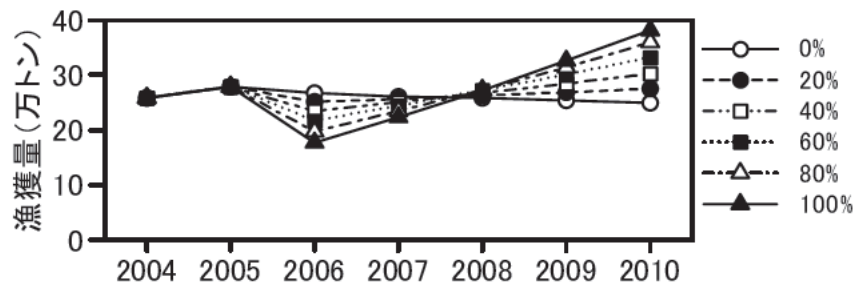


図 19. 0 歳 F の削減率と漁獲量の変化

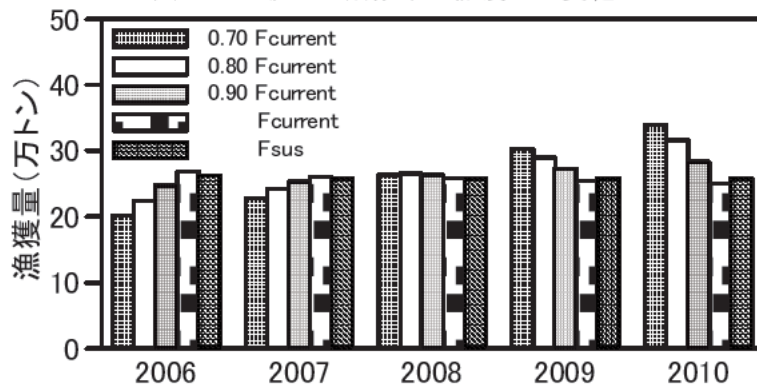


図 20. F による漁獲量の変化

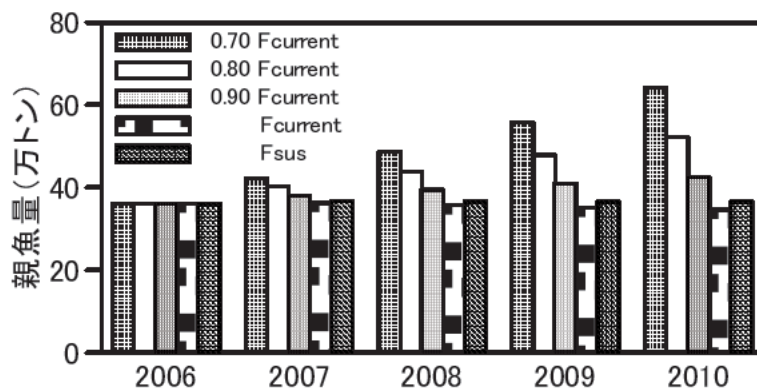


図 21. F による親魚量の変化

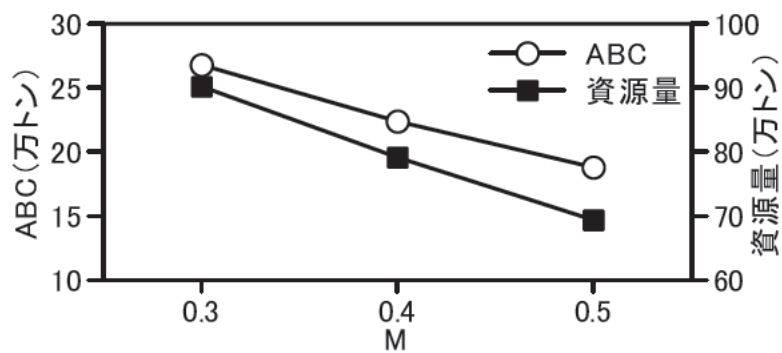


図 22. M と 2006 年 ABC、2006 年資源量の関係

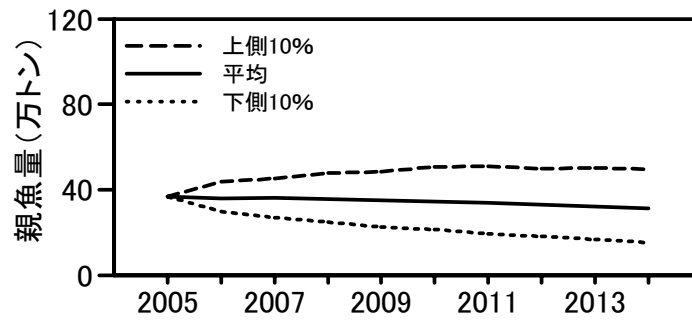


図 23a. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (F_{current})

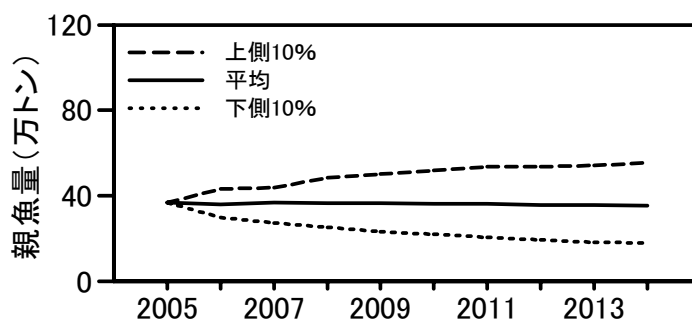


図 23b. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 (F_{sus})

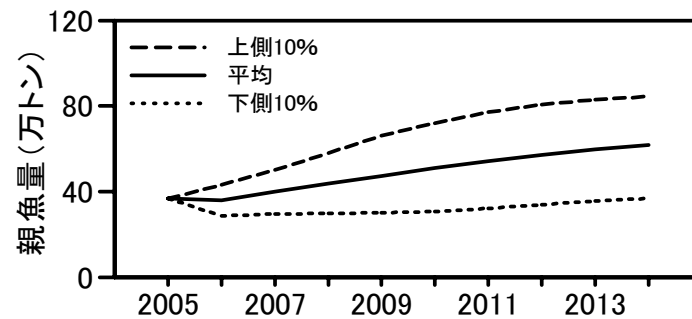


図 23c. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ($0.8F_{\text{current}} : F_{\text{limit}}$)

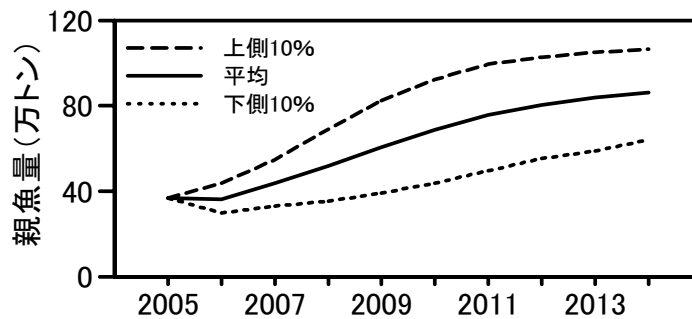


図 23d. 再生産成功率を変動させた場合の親魚量の変化 ($0.64F_{\text{current}} : F_{\text{target}}$)

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	369	725	197	32	58	169	84	18	0.16	0.71	0.78	0.45	3,266	1,695	428	105
1974	404	832	300	65	60	194	128	37	0.20	0.75	0.99	0.58	2,673	1,868	560	176
1975	305	660	279	65	45	154	119	37	0.14	0.76	0.81	0.47	2,789	1,465	592	205
1976	443	722	202	77	65	169	87	43	0.18	0.75	0.74	0.43	3,320	1,623	458	262
1977	578	748	216	72	85	175	92	41	0.22	0.65	0.69	0.40	3,509	1,868	515	261
1978	343	875	209	59	51	204	90	33	0.14	0.80	0.48	0.28	3,256	1,885	657	291
1979	546	628	210	100	81	147	90	57	0.22	0.50	0.58	0.34	3,376	1,905	570	421
1980	184	732	251	86	27	171	107	48	0.11	0.65	0.49	0.28	2,186	1,822	775	416
1981	426	339	279	153	63	79	120	86	0.14	0.37	0.73	0.42	3,814	1,316	639	529
1982	609	633	199	91	90	148	85	52	0.21	0.42	0.49	0.29	3,911	2,211	610	438
1983	372	679	232	69	55	159	99	39	0.18	0.48	0.34	0.20	2,685	2,130	974	470
1984	428	415	183	92	63	97	78	52	0.32	0.40	0.29	0.17	1,879	1,499	884	725
1985	234	201	206	166	34	47	88	94	0.11	0.31	0.46	0.27	2,641	915	672	857
1986	208	340	176	184	31	79	76	104	0.13	0.30	0.62	0.36	2,000	1,581	452	725
1987	294	291	274	112	43	68	117	63	0.08	0.35	0.54	0.31	4,743	1,172	786	501
1988	613	756	155	98	90	177	66	55	0.45	0.37	0.41	0.24	2,015	2,941	552	554
1989	193	382	556	143	28	89	238	81	0.21	0.75	0.66	0.38	1,218	860	1,364	538
1990	352	97	106	181	52	23	45	102	0.15	0.19	0.62	0.36	3,017	661	273	717
1991	265	285	156	122	39	67	67	69	0.11	0.22	0.71	0.41	3,021	1,737	365	434
1992	354	157	258	54	75	45	105	32	0.18	0.11	0.40	0.23	2,553	1,810	934	313
1993	679	468	237	78	138	120	98	46	0.37	0.50	0.30	0.18	2,628	1,425	1,086	586
1994	1,121	678	171	160	201	162	81	100	0.34	1.06	0.43	0.25	4,636	1,216	581	867
1995	1,142	572	73	113	162	138	34	66	0.42	0.37	0.37	0.21	3,996	2,206	282	705
1996	1,642	1,269	410	134	262	300	183	75	0.87	1.75	0.65	0.38	3,327	1,763	1,019	512
1997	877	335	100	196	147	83	44	94	0.61	0.56	0.87	0.50	2,282	932	204	592
1998	727	408	140	76	124	102	62	40	0.57	0.86	0.63	0.36	1,990	831	357	297
1999	931	361	96	71	109	66	42	41	0.68	0.83	0.66	0.38	2,250	754	235	266
2000	577	360	116	73	41	78	47	42	0.40	0.81	0.97	0.56	2,082	767	219	203
2001	686	450	80	30	115	103	32	18	0.51	0.84	0.54	0.31	2,039	933	229	133
2002	344	414	113	43	50	105	46	24	0.28	0.91	0.69	0.40	1,675	818	269	155
2003	467	301	54	24	91	73	20	14	0.52	0.55	0.34	0.20	1,366	846	222	161
2004	867	311	88	33	118	88	35	18	0.46	1.11	0.39	0.23	2,802	543	327	193

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 (100 万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/g)
	日本	韓国	計					
1973	269	61	330	1,119	453	3,266	29	0.0072
1974	347	72	419	1,169	565	2,673	36	0.0047
1975	290	65	355	1,122	537	2,789	32	0.0052
1976	269	95	364	1,212	543	3,320	30	0.0061
1977	292	101	393	1,320	597	3,509	30	0.0059
1978	298	79	378	1,365	668	3,256	28	0.0049
1979	270	104	374	1,423	713	3,376	26	0.0047
1980	297	57	354	1,313	773	2,186	27	0.0028
1981	244	105	348	1,440	716	3,814	24	0.0053
1982	281	93	374	1,600	780	3,911	23	0.0050
1983	242	110	352	1,574	919	2,685	22	0.0029
1984	198	93	291	1,414	942	1,879	21	0.0020
1985	204	60	264	1,373	858	2,641	19	0.0031
1986	193	97	290	1,266	797	2,000	23	0.0025
1987	194	98	292	1,591	734	4,743	18	0.0065
1988	240	149	389	1,532	927	2,015	25	0.0022
1989	283	154	437	1,267	921	1,218	34	0.0013
1990	131	91	222	1,120	598	3,017	20	0.0050
1991	153	89	242	1,251	622	3,021	19	0.0049
1992	143	114	258	1,627	825	2,553	16	0.0031
1993	235	168	403	1,693	945	2,628	24	0.0028
1994	339	205	544	1,935	949	4,636	28	0.0049
1995	208	192	400	1,643	843	3,996	24	0.0047
1996	411	410	821	1,689	923	3,327	49	0.0036
1997	211	158	368	986	498	2,282	37	0.0046
1998	165	163	328	861	416	1,990	38	0.0048
1999	108	150	258	658	325	2,250	39	0.0069
2000	89	118	208	520	291	2,082	40	0.0071
2001	78	191	269	726	284	2,039	37	0.0072
2002	86	138	224	647	304	1,675	35	0.0055
2003	83	115	199	650	289	1,366	31	0.0047
2004	85	174	259	773	311	2,802	34	0.0090

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	0.42	0.34	0.25	0.17	0.08	0.00
	1 歳	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
	2 歳	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
	3 歳以上	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
2010 年漁獲量 (千トン)		250	276	303	332	360	382

表 4. 2005 年以降の資源尾数等

F_{limit} 、 F_{current} （2002～2004 年の平均 F ）、 F_{sus} で漁獲した場合の 2006～2010 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＝159、1 歳＝259、2 歳＝395、3 歳以上＝571。

2005 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	2,029	322		582	92	0.42
1 歳	1,186	307	184	531	138	0.76
2 歳	120	47	40	42	17	0.54
3 歳以上	252	144	144	56	32	0.31
計・平均	3,587	820	368	1,211	279	0.51

F_{limit}	資源尾数（百万尾）					資源量（千トン）				
年齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0 歳	1,991	2,212	2,413	2,634	2,878	316	351	383	418	457
1 歳	893	953	1,059	1,156	1,262	231	247	274	299	327
2 歳	374	327	349	388	423	147	129	138	153	167
3 歳以上	170	252	274	295	323	97	144	156	168	184
計	3,428	3,745	4,096	4,473	4,886	792	871	952	1,039	1,135

F_{limit}	漁獲尾数（百万尾）					漁獲量（千トン）					F
年齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010	
0 歳	474	526	574	627	685	75	84	91	100	109	0.34
1 歳	341	363	404	441	481	88	94	105	114	125	0.60
2 歳	109	96	102	114	124	43	38	40	45	49	0.43
3 歳以上	31	46	50	54	60	18	26	29	31	34	0.25
計・平均	955	1,032	1,131	1,236	1,349	224	242	265	290	316	0.41

F_{current}	資源尾数（百万尾）					資源量（千トン）				
年齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0 歳	1,991	1,992	1,961	1,932	1,905	316	316	311	307	303
1 歳	893	877	877	863	851	231	227	227	224	220
2 歳	374	281	276	276	272	147	111	109	109	107
3 歳以上	170	230	223	217	214	97	131	127	124	122
計	3,428	3,380	3,337	3,289	3,243	792	785	775	763	753

F_{current}	漁獲尾数（百万尾）					漁獲量（千トン）					F
年齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010	
0 歳	571	571	562	554	546	91	91	89	88	87	0.42
1 歳	400	393	393	387	381	104	102	102	100	99	0.76
2 歳	131	98	96	97	95	52	39	38	38	37	0.54
3 歳以上	38	51	50	49	48	22	29	28	28	27	0.31
計・平均	1,140	1,114	1,102	1,086	1,070	268	261	258	254	250	0.51

F_{sus}	資源尾数（百万尾）					資源量（千トン）				
年齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
0 歳	1,991	2,021	2,018	2,016	2,016	316	321	320	320	320
1 歳	893	887	900	899	898	231	230	233	233	233
2 歳	374	287	285	290	289	147	113	113	114	114
3 歳以上	170	233	229	226	227	97	133	131	129	129
計	3,428	3,428	3,432	3,431	3,430	792	797	797	796	796

F_{sus}	漁獲尾数（百万尾）					漁獲量（千トン）					F
年齢／年	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010	
0 歳	558	566	566	565	565	89	90	90	90	90	0.41
1 歳	392	389	395	395	394	102	101	102	102	102	0.73
2 歳	128	98	98	99	99	50	39	38	39	39	0.52
3 歳以上	37	51	50	50	50	21	29	29	28	28	0.30
計・平均	1,115	1,105	1,108	1,108	1,108	262	259	259	259	259	0.49

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
さば類	0.2	2.2	1.6	0.9	0.3	0.3	0.05	1.0

(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、2003 年は 2,700 トン、2004 年は 3,600 トンと推定された（調査海域面積 138 千km²，漁獲効率を 1 とした計算）。

(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
4 月	2000	山口県	0	-	-	-	-
		長崎県	13	93	4	72	9
		鹿児島県	0	-	-	-	-
		西海水研	79	3,811	185	10,906	264
	2001	山口県	8	0	0	1	0
		長崎県	18	65	2	1,255	4
		鹿児島県	16	19	44	140	33
		西海水研	88	1,339	331	2,294	359
	2002	山口県	0	-	-	-	-
		長崎県	18	17	2	58	47
		鹿児島県	16	23	13	8	24
		西海水研	107	207	254	4,854	485
	2003	長崎県	13	15	14	4,414	27
		鹿児島県	18	84	58	4,632	232
		西海水研	96	288	225	52,153	463
	2004	長崎県	15	97	0	12,949	93
		鹿児島県	18	5	65	13,699	167
		西海水研	92	461	408	59,546	539
	2005	長崎県	15	14	4	17,667	20
		鹿児島県	18	6	8	12,036	53
		西海水研	91	546	1,831	69,585	216
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
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

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。2004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)	21.9	27.7	31.1	34.7
体重 (g)	136	281	400	560
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）。1973～2004 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（2004 年はマサバが 94.3%）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。

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

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

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

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

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 a は年齢（0～2 歳）、 y は年、 α は定数。 F の計算は、平松（内部資料）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（2004 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（1998～2004 年）及び 0 歳魚の指標値（1998～2004 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 1998～2004 年とした。

$$\text{最小} \sum_{a=1}^3 \sum_{y=1998}^{2004} \{ \ln(q_{1,a} B_{a,y}) - \ln(CPUE_{a,y}) \}^2 + \sum_{y=1998}^{2004} \{ \ln(q_2 B_{0,y}) - \ln(I_{0,y}) \}^2 \quad (6)$$

$$q_{1,a} \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2004} CPUE_{a,y}}{\prod_{y=1998}^{2004} B_{a,y}} \right)^{\frac{1}{7}}, q_2 \left(\frac{\prod_{y=1998}^{2004} I_{0,y}}{\prod_{y=1998}^{2004} B_{0,y}} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (7)$$

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、 $\alpha=0.58$ 、 $F_{0,2004}=0.46$ 、 $F_{1,2004}=1.11$ 、 $F_{2,2004}=0.39$ 、 $F_{3+,2004}=0.23$ と推定された。資源量は、各年齢の資源尾数に各年齢の漁獲物平均体重を掛け合わせて求めた。

年齢（銘柄）別資源密度指数（トン／網）							
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳	7.81	4.01	5.07	2.98	6.46	5.40	4.80
2歳	3.09	1.77	1.77	1.59	1.45	1.95	1.68
3歳以上	1.29	1.88	1.42	0.83	0.85	1.32	1.29

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。1997～2004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、1973～2004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、1997～2004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1997～2004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

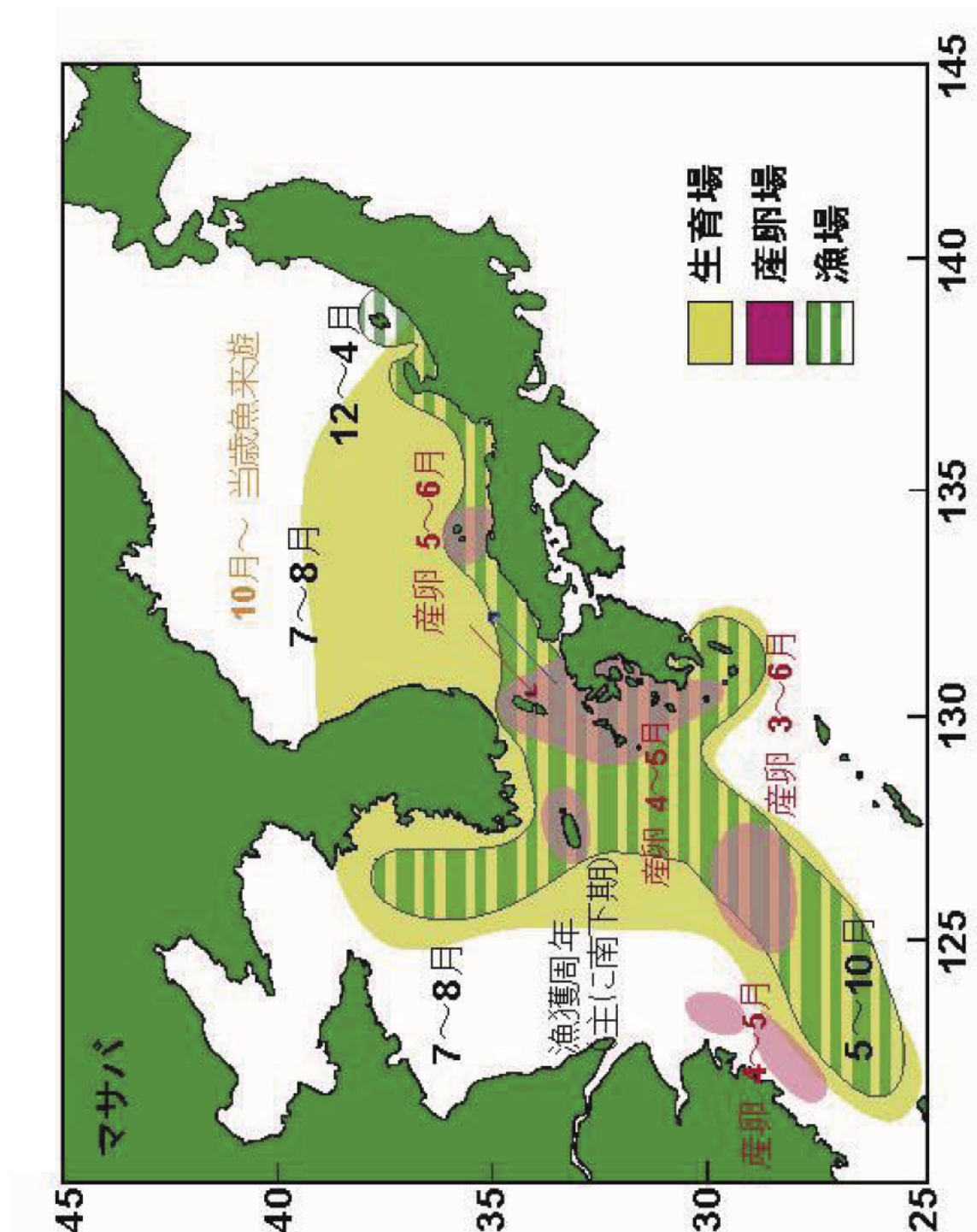
柄と 6～12 月の中銘柄を 2 歳、1～5 月の中銘柄と全ての大銘柄を 3+歳とした。

補注 3. 0 歳魚の指標値はそれぞれ 10～12 月の、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 か統当り漁獲量及び長崎魚市豆銘柄 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