

# 平成 16 年マサバ太平洋系群の資源評価

責任担当水研：中央水産研究所（谷津明彦、渡邊千夏子、西田 宏、三谷卓美）

参画機関：北海道区水産研究所、東北区水産研究所、北海道立釧路水産試験場、北海道立函館水産試験場、青森県水産総合研究センター、岩手県水産技術センター、宮城県水産研究開発センター、福島県水産試験場、茨城県水産試験場、千葉県水産研究センター、東京都水産試験場、神奈川県水産総合研究所、静岡県水産試験場、愛知県水産試験場、三重県科学技術振興センター水産研究部、和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場、徳島県立農林水産総合技術センター、高知県水産試験場、愛媛県水産試験場、愛媛県中予水産試験場、大分県海洋水産研究センター、宮崎県水産試験場

## 要 約

マサバ太平洋系群の資源量は資源量指数（複数の調査と漁業情報）と漁獲努力量を考慮したコホート解析に基づき推定した。資源量は 1970 年代には 400 万トン程度、1980 年代前半は 150 万～180 万トンで推移したが、1980 年代末に加入量の減少と強い漁獲圧により減少し、近年では低水準にある。産卵親魚量（SSB）は 1980 年代初期の 50 万～60 万トンから 1990 年代には 5 万～12 万トンへ低下した中で、1992 年に加入量 28 億尾、1996 年に 43 億尾の卓越年級群が発生したが、未成魚（0,1 歳）の多獲により SSB は回復しなかった。2003 年 7 月の SSB は 5 万トン程度と推定される。14 年度と 15 年度に設定した当面の資源管理目標（2005 年に SSB を 10 万トン）は、2005 年の漁獲量の影響を受けず、また 2003 年級群の加入量が約 1 億尾と非常に少ないため、2004 年の漁獲を管理しない限り達成困難である。そこで、当面の資源管理目標の達成年を 2005 年から 2006 年へと変更した。ABC の算定は以下のように行った。2004 年の加入量を 5 月の黒潮統流域表中層トロール調査結果に基づき 10 億尾、2005 年の加入量を、近年の RPS の中央値と SSB から仮定し、これらの加入量の下で管理目標を達成する漁獲量を ABClimit とした。2004 年級群の加入量が比較的多かった理由の一つに 2004 年 7 月の SSB が約 7 万トンへと上昇したことが考えられる。従って、2004 年級群を獲り控えて SSB を増加させることが資源回復に必要である。

	2005 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	33 千トン	Frec	0.20	15%
ABCtarget	30 千トン	0.8 Frec	0.16	14%

F 値は各年齢の単純平均である。

漁獲割合は ABC / 資源重量で、資源量は TAC 算定年の 7 月と前年の 7 月の平均値を用いた。

2003年11月から資源回復計画が漁獲努力量の10%削減を目標として開始された。これが2004年漁期も継続された結果、Fが10%削減される仮定するとABClimitは44千トン（F=0.29，漁獲割合19%）、ABCtargetは38千トン（F=0.24，漁獲割合17%）、Fが5%削減されるとABClimitは38千トン（F=0.25，漁獲割合17%）、ABCtargetは34千トン（F=0.20，漁獲割合15%）となる。

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	Flimit	ABClimit 33千トン	RPSの変動を考慮したシミュレーションによる管理目標達成率は45%、過去最低のSSB(3.5万トン)を2009年~2013年に下回る確率は0.5%、2006年~2013年の平均漁獲量は26万トン。
漁獲圧を減らし て資源の回復を 図る。予防的措 置をとる	Ftarget	ABCtarget 30千トン	上記シミュレーションによる管理目標達成率は100%、過去最低のSSBを2009年~2013年に下回る確率は0.0%、2006年~2013年の平均漁獲量は28万トン。

参考値

管理の考え方	管理基準	2005年漁獲量	評価
最近の再生産成 功率のもとで、5 年後にも現状 (2003年)の親 魚量を維持する	Fsus	51千トン	上記シミュレーションによる管理目標達成率は0%、過去最低のSSB(3.5万トン)を2009年~2013年に下回る確率は23%、2006年~2013年の平均漁獲量は20万トン。
現状(2003年) の漁獲圧を維持 する	Fcurrent	68千トン	上記シミュレーションによる管理目標達成率は0%、過去最低のSSBを2009年~2013年に下回る確率は81%、2006年~2013年の平均漁獲量は10万トン。

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F値	漁獲割合
2002	197	52	0.54	26
2003	172	70	1.00	41
2004	231			

年は漁期年(7月~6月)である。F値は各年齢の単純平均である。

	指 標	値	設 定 理 由
Ban	未設定		
Blimit (SSBlimit)	親魚量	45万トン	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
2003年	親魚量	4万1千トン	

水準：低位 動向：減少

## 1. まえがき

マサバ太平洋系群はまき網漁業における主要対象資源の1つであり、最大の漁獲量は1978年の147万トン（内ロシアによる22万トン）であった。その後、加入量の減少と強い漁獲圧により資源は減少し、漁獲量は1990年に2万トン程度に落ち込んだ。近年の漁獲量は5万～10万トンである。伊豆諸島海域で産卵親魚を対象とするたもすくい網漁業の漁獲量も1978年の18万トンをピークに急減し、近年ではほとんど漁獲されない。なお、以上の漁獲量は漁期年（7月～翌年6月）の値であり、この評価報告書では特に断りのない限り漁期年を用いる。

1992年と1996年には少ない親魚量から28億尾と43億尾の卓越年級群の出現がみられ、資源回復の予兆と考えられる。しかし、これら卓越年級群はいずれも未成魚段階（0、1歳）で多獲され、漁獲量が30万トンを超えた年も見られたが、親魚量の増加には至っていない。松田ほか(2002)は1992年級群と1996年級群の漁獲を適切に管理していたならば、マサバ資源は高水準に回復していたと論じた。平成13年度に行った資源評価において、2000年級群は1996年級群には及ばないものの1992年級群程度の卓越年級群と判断されたため、資源管理目標は2000年級群の保護により産卵親魚量を2006年に45万トンに回復することとした。しかし、その後の漁獲経過や調査により2000年級群は1999年級群程度であり卓越ではないことが明らかとなった。現在までに得られている情報によると2001年級群～2003年級群は卓越（1992および1996年級程度の意味、以下同様）とは考えられない。ただし、2002年級群の加入量は約11億尾と推定され、再生産成功率（産卵親魚量当たり加入尾数）は1992年級群並みに高かった。

2004年7月の産卵親魚量は、近年では加入量が多い2002年級群が成熟を開始したため過去最低（2002年の3.5万トン）から約7万トンへと増加したと推定される。2004年級群の加入量は5月の黒潮続流域表中層トロール調査結果から2002年級並みの加入量が期待されるが、7月の産卵親魚量が1～6月の産卵期を代表するとすると、この要因の一つに産卵親魚量の増加が考えられる。

平成15年度の資源評価報告書において2002年級群の保護を提言した（具体的には2003年漁期に対する2002年の漁獲圧の下での予想漁獲量7万7千トンを5万8千トンに減少させる）。しかし、資源回復計画が2003年11月より実施されたものの、2003年漁期の漁獲量は約7万トンであった。上記のように加入量の増加と安定を図るためには、少しでも産卵親魚量を増加させることが望ましい。幸い、2004年級群はある程度の加入量が期待できるので、2004年から未成魚の保護を検討すべきである。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

マサバ太平洋系群の分布は、我が国太平洋南部沿岸から千島列島南部に及び、その東限は幼魚成魚とも東経170度を超える（図1、西田ほか、2001b）。但し、稚魚は近年の低水準期でも東経170度付近まで分布するが、成魚の分布は東経155度以東ではほとんど見られな

い。

成魚は冬～春季（1～6月）に伊豆諸島周辺海域などで産卵したのち北上し、夏～秋季には三陸～北海道沖を索餌域とする（目黒ほか、2002）。稚魚は春季を中心に太平洋南岸から黒潮統流域および黒潮親潮移行域に広く分布し、秋季には北海道・三陸海域に接岸するが（図3）、沖合に留まる群もある（川崎、1968）。未成魚（0歳、1歳と2歳の一部）も春～秋季には三陸～北海道沖へ北上回遊を行い、主に房総～常磐海域で越冬するが三陸で越冬する群もある（川崎、1968；西田ほか、2001b）。未成魚と成魚の一部は瀬戸内海や豊後水道および紀伊水道へ回遊する。紀南、室戸岬沖などに産卵場をもつ地方群の存在

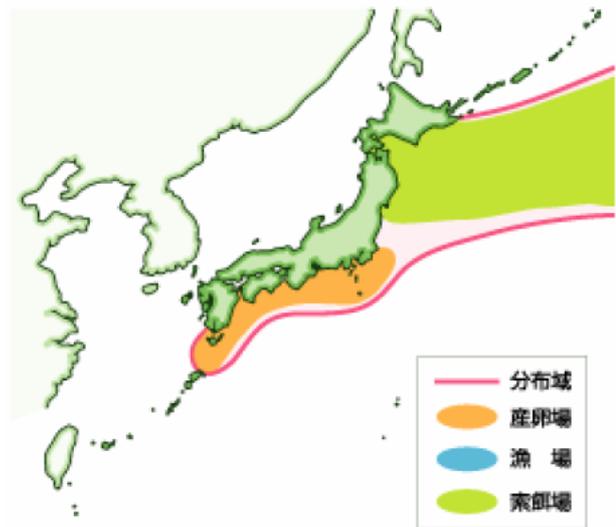


図1. マサバの分布模式図

も想定されているが、①伊豆諸島海域には明らかに黒潮上流に由来する稚魚が出現すること（小泉、1992）、②サバ類卵と稚仔の分布から見た産卵場は太平洋南部から東北海域まで連続していること（黒田、1992）、などから我が国太平洋側に分布するマサバは同一系群と考えられる。

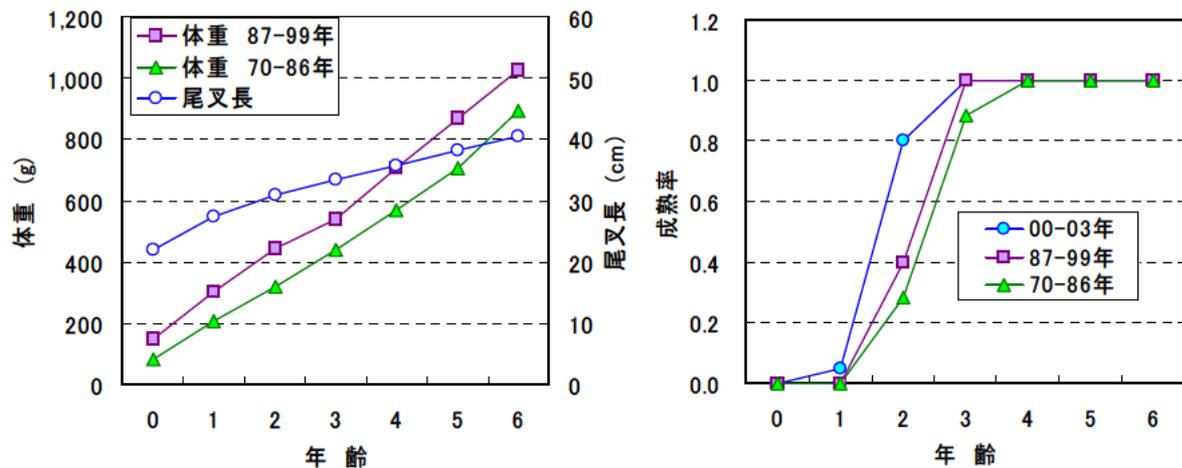


図2. 年齢と成長の関係（左）および年齢と成熟率の関係（右）

尾叉長、体重、成熟率は表示期間の平均的な値である

## (2) 年齢・成長

1970～1999年の9～12月のまき網漁獲物による年齢別平均尾叉長（渡邊ほか、2002）と、資源水準別年齢別の体重を図2にまとめた。成長に雌雄差は見られず、資源の高水準期には成長成熟共に遅れる傾向にあった。寿命は7歳以上であるが、近年の漁獲物においては6歳以上は極めて少ない。

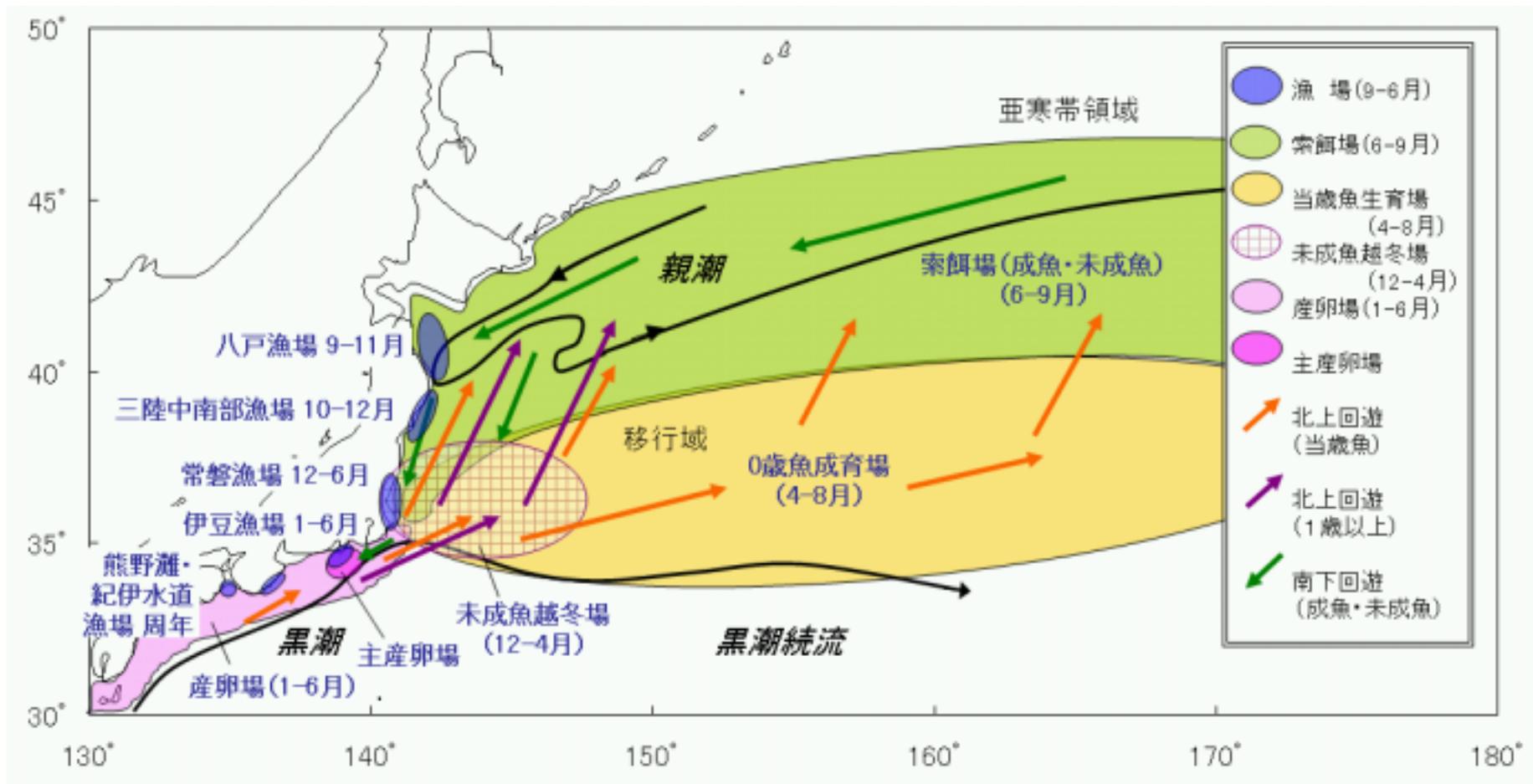


図3．マサバ太平洋系群の生活史と漁場形成模式図

### (3) 成熟・産卵

コホート解析に用いた資源水準別年齢別の成熟率は図2のとおりである。資源の高水準期には成長成熟共に遅れる傾向にあった。1尾の雌は産卵期間に数回の産卵を行い、バッチ産卵数(1回の産卵数)は5万~9万粒である(加藤・渡邊, 2002)。15年度の資源評価から2000年以降の成熟率を1歳5%、2歳80%に引き上げた。

### (4) 被捕食関係

マサバは仔魚期にはカイアシ類の卵とノープリウス、稚魚期には小型カイアシ類、夜光虫、尾虫類、サルパなどの小型動物プランクトンを捕食する(加藤・渡邊, 2002)。幼魚と成魚の食性は海域や生活年周期により異なるが、魚類(カタクチイワシ、ハダカイワシ、マイワシ)、甲殻類(オキアミ類、カイアシ類など)、サルパが中心である。とりわけ、近年ではカタクチイワシの稚仔(シラス、カエリ)から成魚までをマサバの幼魚と成魚が捕食しており、重要な餌生物となっている(加藤・渡邊, 2002)。

マサバの被食は、マサバの資源水準が高かった1980年代にはネズミザメ、ヨシキリザメ、シマガツオ、ピンナガ、カツオなどの大型魚類(川崎, 1965; 長沢, 1999)とミンククジラにより見られている(Kasamatsu and Tanaka, 1992)が、ミンククジラの近年の食性はサンマやカタクチイワシへと小型浮魚類の卓越種に依拠して変化している(Tamura et al., 1998)。

### (5) 生活史・漁場形成

生活史と漁場形成を表す模式図を図3に示した。

## 3. 漁業の状況

### (1) 主要漁業の概要

マサバ太平洋系群の主要漁業はまき網、たもすくい、定置網である。まき網漁業のうち漁獲量の大部分を占める北部まき網漁業は、南下期(秋季)に三陸から常磐海域で未成魚と成魚、越冬期に未成魚、北上期(春季)に常磐から三陸で未成魚と成魚を対象に漁獲を行う。たもすくいは産卵成魚を対象として冬季~春季にかけて伊豆諸島北部を中心に漁獲するが、近年は漁場形成がほとんど見られない。定置網では三陸から九州南部の太平洋沿岸を中心に漁獲している。

### (2) 漁獲量の推移

マサバ太平洋系群は1951年に津軽・八戸沖で釣りにより開発され、1954年に本格化した(宮沢, 1994)。その後1958年に伊豆諸島の銭洲漁場などが開発された。1964年にはまき網漁業が参入し、釣り漁業は衰退した。1975年には伊豆諸島海域でのたもすくい漁業が開始された。ロシアは1966~1988年に本系群を漁獲し、ピーク時(1972~1979年)の漁獲量は12万~24万トンに達した(付表1、図4)。1989年以降、本系群に対する我が国排他的経済水域(EEZ)内の外国船による漁獲はない。

1970年代以降、三陸から常磐海域の大中型まき網漁業は、9~12月に本種の索餌群を対象に操業している。熊野灘や豊後水道、日向灘の大中型および中型まき網漁業は本種を対象に周年操業している。伊豆諸島周辺海域のたもすくい漁業は1~6月に産卵群を主対象に操業していたが、最近数年ではマサバの漁獲はほとんど見られず、ゴマサバを対象としている。これらの他、各地先の定置網漁業でも漁獲される。漁獲統計では、サバ類として計上されており、市場銘柄や

市場での生物測定時の判別によって、ゴマサバと本種を判別し、漁獲量を推定している。

近年の特徴は以下のとおりである：①三陸から常磐海域の大中型まき網漁業は未成魚を主体に漁獲している、②太平洋南区（和歌山～宮崎県）や熊野灘で操業するまき網漁業の漁獲物のサバ類に占めるマサバの割合はかなり小さい、③ゴマサバの漁獲量が南区のみならず中区と北区でも増加している。

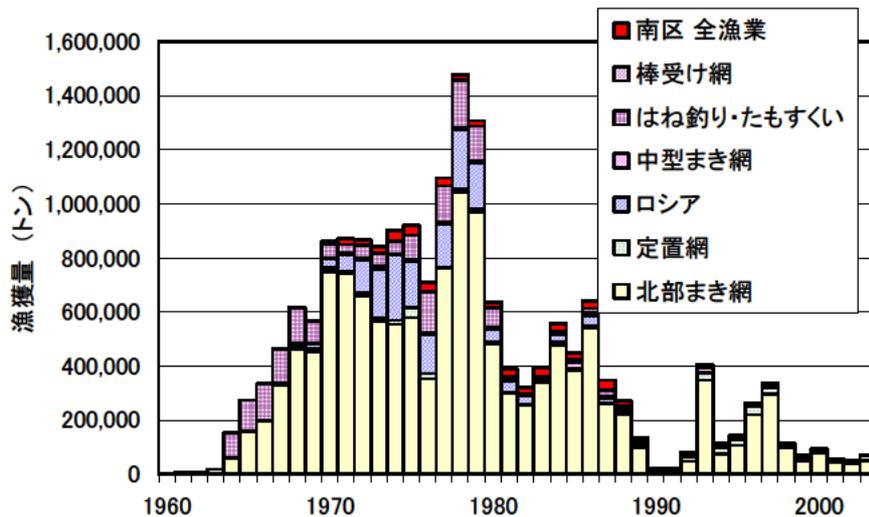


図4. マサバ太平洋系群の国別・漁業種別漁獲量の推移

### (3) 主要漁業の漁獲努力量

主要漁業である北部まき網漁業について漁業情報サービスセンターが集計した有効努力量と投網回数の経年変動を図5と補足資料1に示す。この有効努力量はマサバとゴマサバに対するものである。2002年からは漁業情報サービスセンターにより、マサバとゴマサバ別の有漁投網回数や資源量指数の集計が開始された。それによると2002年漁期のマサバの有漁投網回数は1072回、ゴマサバのそれは125回、2003年漁期のマサバの有漁投網回数は1136回、ゴマサバのそれは29回であった。

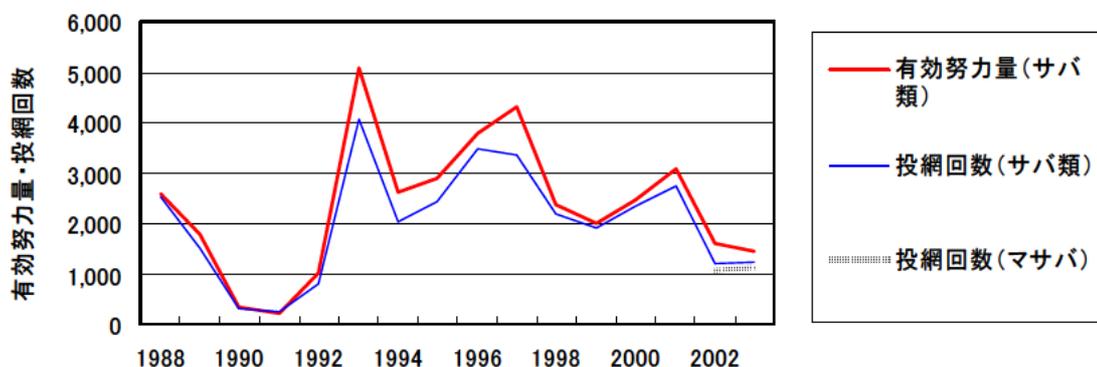


図5. 北部まき網漁業のサバ類に対する有効努力量の推移 (JAFIC 資料)

#### 4. 資源状態

##### (1) 資源評価の方法

コホート解析（7月～翌年6月を1漁期、Pope(1972)の近似式を用いたチューニングVPA）により資源量を推定した。チューニング指数としては、春季の黒潮親潮移行域における0歳魚および1歳魚の資源量指数、道東の流し網調査における0歳魚CPUE、秋季の東北水研調査におけるマサバ0歳魚有漁点割合、未成魚越冬群指数、及び北部まき網漁業の有効漁獲努力量を用い、2003年のFを決定した。自然死亡係数Mは年当たり0.4とした。詳細は補足資料2を参照されたい。

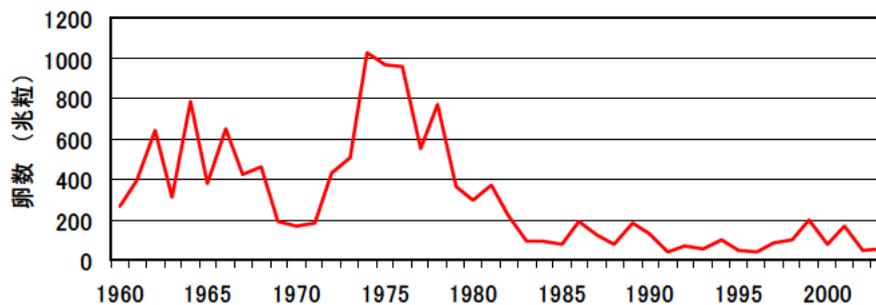


図6. 産卵調査によるサバ類（マサバとゴマサバ）産卵量の経年変化

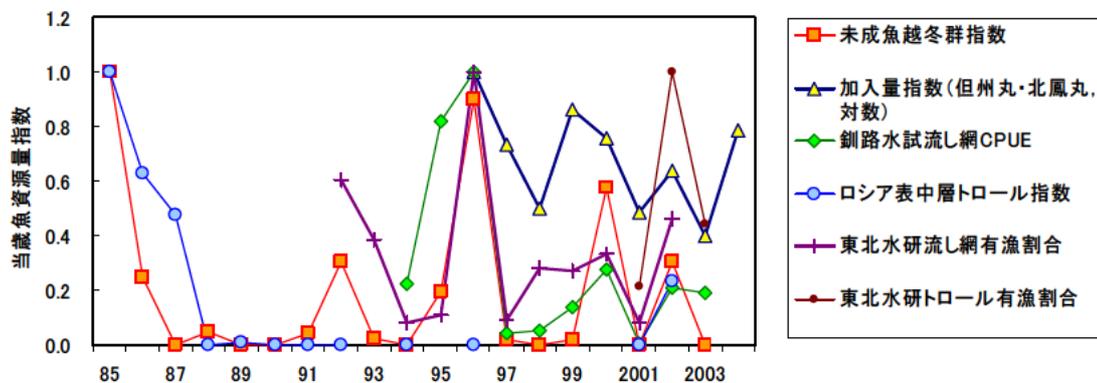


図7. マサバ未成魚越冬群指数およびマサバ当歳魚の資源量指数の推移  
(各データ系列の最大値を1として標準化)

##### (2) 資源量指標値の推移

産卵調査によるサバ類の産卵量の推移を図6、各種調査によるマサバ太平洋系群の資源量指数を図7に示した。調査の詳細については補足資料3を参照されたい。

産卵量は1960年代と1970年代中期にピークを持ち、1980年代後半から低水準にある。近年のサバ類の産卵量は1990年代中期より若干増加したが、ゴマサバの増加による可能性が大きい。2002年のサバ類産卵量は46兆粒と過去5年間では最低であったが、2003年には51兆粒に微増し、2004年1月～6月の総産卵量は78.6兆粒で前年同期（34.4兆粒）の2.3倍であった。

当歳魚の資源量指数は年変動が著しい（図7）。卓越年級群である1992年級群と1996年級群はいずれの指数も高い値を示した。2000年級群も比較的高い値を示す指数が多かったが、茨城水試による北部まき網漁業のCPUEに基づく未成魚越冬群指数は2000年級群については過大評価と考えられている。2002年6～11月の釧路水試による流し網調査の当歳魚CPUE、未成魚越冬群指数、秋季の東北水研調査での当歳魚有漁点割合およびロシアによる表中層トロール調査のいずれも、2002年級群が比較的高い豊度であることを示している。2003年5月の表中層トロールによる加入量指数は低く、2004年5月の加入量指数は比較的高い（図7）。

明け1歳以上のマサバを対象とした越冬期と北上期の表中層トロール調査は夫々2002年と2001年に開始された。各年のCPUEは表1のとおりである。両調査から2002年級群の残存資源量は比較的多いと判断され、この傾向は既存の知見と整合したため本年度から曳網回数の多い北上期のCPUEをチューニングに用いた。

表1. 開洋丸による表中層トロール調査におけるマサバ1歳魚のCPUE

マサバ1歳魚	2001年	2002年	2003年	2004年
越冬期CPUE(kg/曳網)	調査無し	0.00	9.59	0.66
北上期CPUE(kg/曳網)	0.47	0.00	11.07	0.07

### (3) 漁獲物の年齢組成

1990年代以降は未成魚（0歳、1歳）が漁獲の主体となっており（図8、付表2）、資源利用の面からは後述するように不合理な状態が続いている。

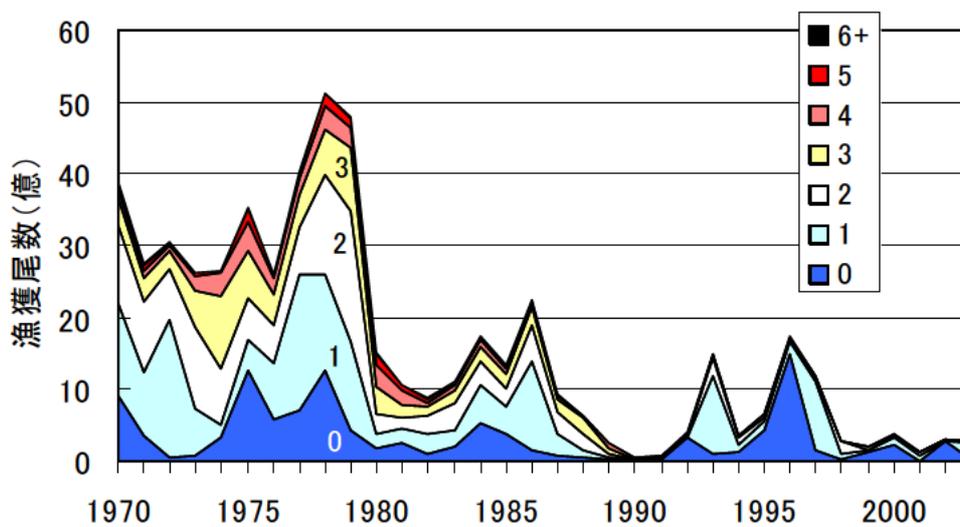


図8. マサバの年齢別漁獲尾数の推移

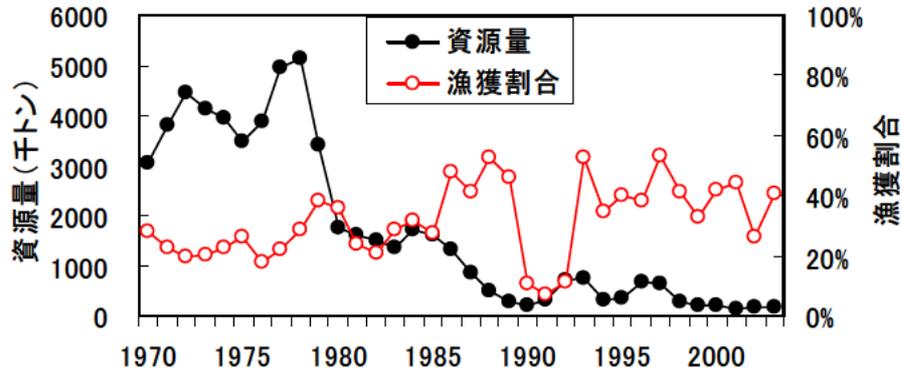


図9. マサバの資源量と漁獲割合の推移 (漁獲割合=漁獲量/資源量)

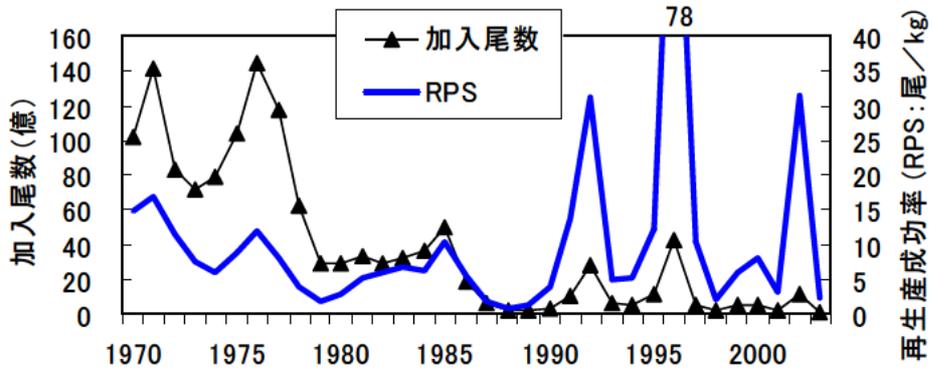


図10. マサバの加入尾数と再生産成功率の推移  
(再生産成功率 RPS=加入尾数/産卵親魚量)

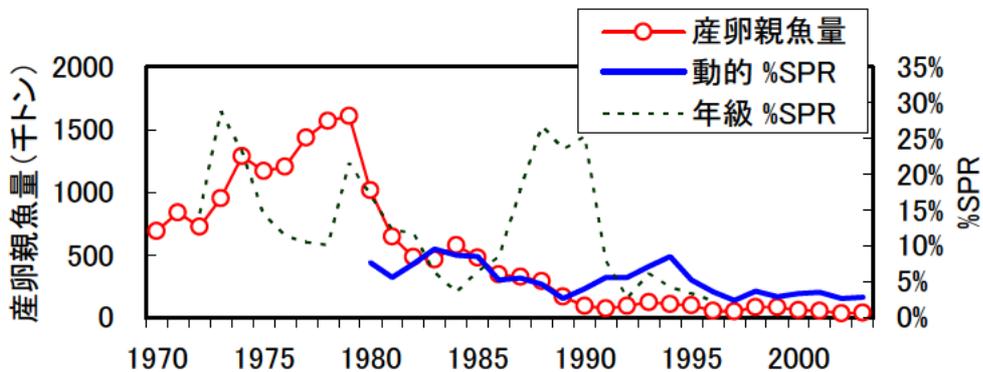


図11. マサバの産卵親魚量、動的%SPR および年級%SPR の推移

#### (4) 資源量の推移

資源量は1970年代中頃には高水準であったが、1970年代末に減少し、1980年代後半にさらに減少した(図9)。後述のように資源量減少の原因は再生産成功率(RPS)の低下(図10)に加え、漁獲圧(漁獲割合および漁獲係数F)が上昇したことによるSPRの減少である(図11)。近年、1992年と1996年に少ない産卵親魚量(SSB)から卓越年級群が発生し、一時的に資源量が増加した。しかし、1990年代以降は未成年魚中心の漁獲が続き資源量は回復していない。

自然死亡係数Mに対する資源量の感度解析結果を図12に示す。標準値として採用したM=0.4に対してM=0.3とM=0.5での資源量はそれぞれ91%と111%、産卵親魚量は93%と108%であった。SSBとFの関係には特に傾向は見られない(図13)。

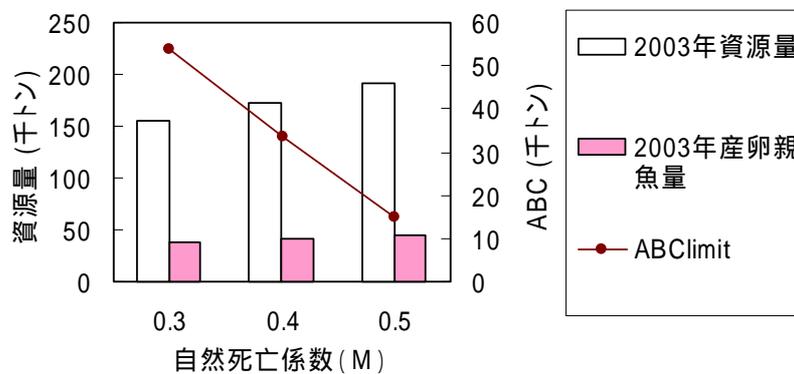


図12. 資源量、産卵親魚量およびABClimitに対するMの感度解析  
(管理目標とBlimitは全てのMで同じとした)

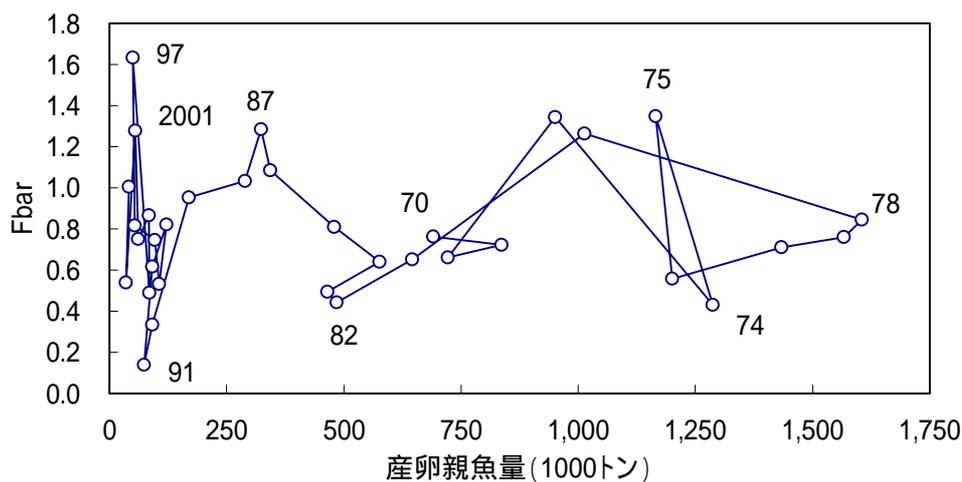


図13. 産卵親魚量と漁獲係数(年齢別Fの単純平均)の関係

#### (5) 資源水準・動向の判断

過去20年間の資源量、産卵親魚量、漁獲量の推移から、資源水準は低位、動向は過去5年間の資源量から減少と判断した。

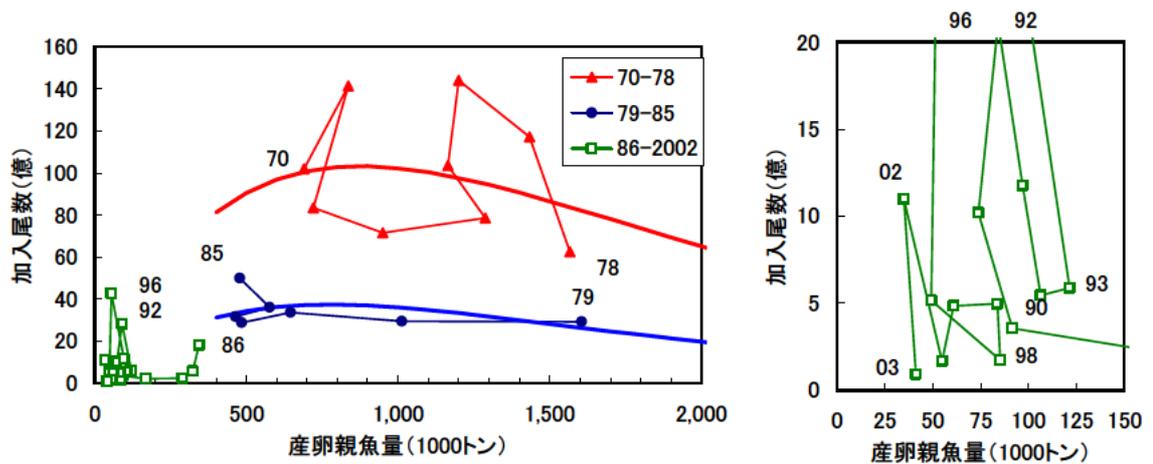


図 1 4. マサバの再生産関係 (右は 1990 年以降の拡大図)  
 左図の曲線は年代別に当てはめたリッカー型再生産曲線

## 5. 資源管理の方策

### (1) 再生産関係

コホート解析により求めたマサバ太平洋系群の再生産関係を図 1 4 に示した。1970～1978 年と 1979～1985 年はそれぞれ別のリッカー型の関係式が当てはめられ、1970 年代は同程度の親魚量から 1980 年代前半の約 2 倍の良好な加入が見られた。これは自然要因による再生産成功率 (RPS) の水準変動である。リッカー型曲線  $R = \alpha S \exp(-\beta S)$  のパラメーターは、 $\alpha = 321$ 、 $\beta = 0.0011$  (1970～1978 年)、 $\alpha = 131$ 、 $\beta = 0.0013$  (1979～1985 年) であった。1986 年以降はリッカー型曲線への当てはまりが悪い。1986 年以降は親魚量 (S=SSB) も加入量 (R) も低水準となる中で、1992 年、1996 年に 28 億尾と 43 億尾の卓越年級群が発生した。しかし、これら卓越年級群はいずれも未成魚段階 (0、1 歳) で多獲され親魚量の増加には至っていない。その後、2002 年には 1992 年級群並みの高い RPS が見られたが、SSB が 3 万 5 千トンと 1970 年以來最低水準を更新したため、加入尾数 (11 億尾) は 1992 年級 (28 億尾) にははるかに及ばない。2003 年の SSB は 4 万 1 千トンとやや回復したが、2003 年級群の加入量は約 1 億尾と過去最低である。このため、資源水準は低位、動向は減少と判断した。

このように、SSB が 45 万トン程度を下回ると急激に加入量が減少し不安定になった。そのため、SSB45 万トン Blimit とし、資源回復の目標とする。なお、2003 年の SSB は Blimit の 11% に相当する。禁漁水準については検討中である。

### (2) 今後の加入量の見積もり

再生産成功率 (RPS) は 1970 年代でやや高く、1980 年代前半は中程度であったが、1980 年代後半に激減した (図 1 0)。その後、1992 年、1996 年、2002 年に著しく高い RPS が観測された。

再生産関係はリッカー型曲線  $R = aS \exp(-bS)$  で表現される場合が多いが (a, b は定数、R は加入量、S は親魚量)、マサバ太平洋系群での当てはまりは良くない (図 1 4)。そこで、(1) 実際の加入尾数とリッカー曲線 (1970～2000 年を込みにして求めた理論値) との差 (残差) と (2)

我が国周辺の緯度経度 1 度区画別季節別の表面水温の時系列データ（気象庁提供）の相関関係を検討した。その結果、マサバの主産卵場である冬季の北部伊豆諸島海域を中心とした海域の水温と負の相関関係が見られた（図 1 5）。

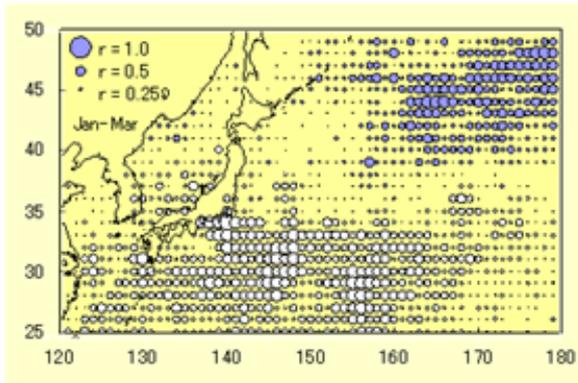


図 1 5 . 加入尾数の観測値と理論値の差（対数）と緯度経度 1 度升目別の冬季表面水温の相関関係（○：正相関、●：負相関）

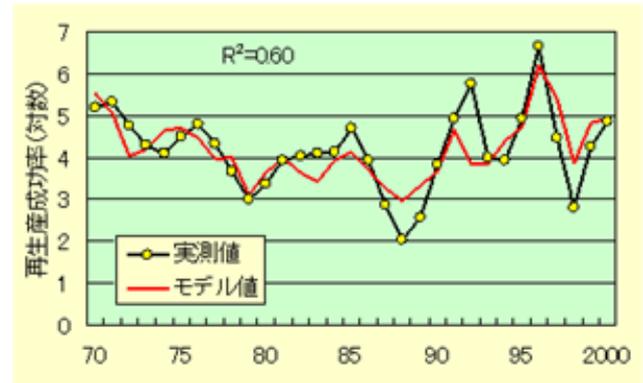


図 1 6 . 再生産成功率の実測値と拡張リッカーモデルによる値

リッカー型を含む再生産式は一般に親魚量（SSB）による再生産成功率（RPS）への密度効果だけを考慮している。ここではマサバ太平洋系群に対して、自種の SSB、伊豆諸島北部海域の表面水温、および競合種と考えられるマイワシ太平洋系群の資源量を変数とした拡張リッカーモデルを適用した。その結果、現実の RPS の経年変動をある程度説明できた（図 1 6；谷津ほか、2003）。このことから、マサバ太平洋系群の RPS は、自種の密度効果、水温に代表される産卵場環境および餌を巡る競合により変動すると考えられる。しかし、卓越である 1996 年の RPS はモデルによりほぼ一致した値が得られたが、1992 年級はモデルは観測値と異なっていた。この原因は検討中であるが、カツオなどによる捕食者の影響も考えられる。例えば、1992、1996、2002 年は東北海域へのカツオの来遊量が比較的少なく、このような年にマサバの再生産成功率が高い可能性がある（補足資料 4）。

ABC 算定および将来予測における加入量は以下のように扱った。2004 年級群の加入量については 2004 年 5 月の北鳳丸による加入量指数が高かったことから 2002 年級並みの 10 億尾と仮定した。2005 年以降の加入量は、(1)SSB45 万トン未満では 1990 年～2002 年の RPS の中央値（メジアン）を用い、(2)SSB45 万トン以上では 1970 年代のリッカー型再生産曲線に従う。

### （3）加入量当たり漁獲量

近年の選択率（年齢別 F を当該年の最大の F で序した値）を用いた YPR 曲線と SPR 曲線を図 1 7 に示す。2003 年の F (F<sub>current</sub>) は F<sub>msy</sub> の代替値と考えられる F<sub>0.1</sub> や F<sub>med</sub> のみならず、成長乱獲の閾値である F<sub>max</sub> をも上回っており、%SPR の面からも産卵親魚量の減少に応じた F の大幅な引き下げが望まれる。

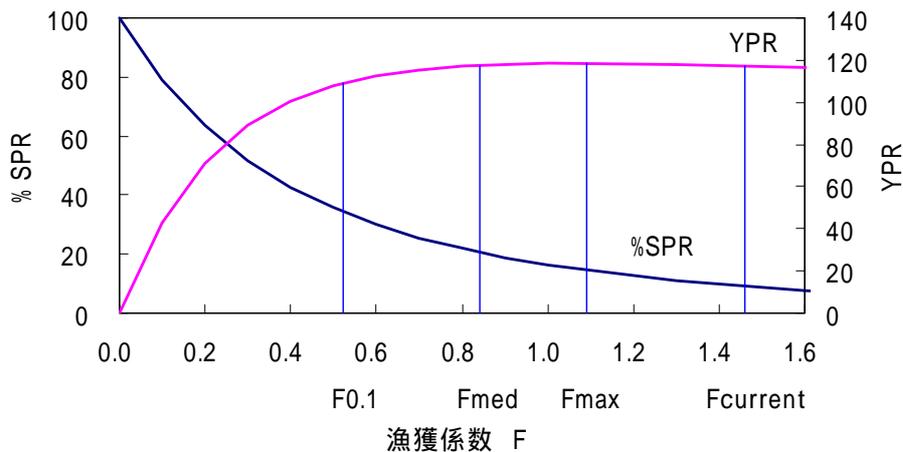


図 17 . 漁獲係数 F と SPR および YPR の関係 (  $F_{current}$  = 現状の F )  
 ( ここでの F は選択率 1 の年齢の F である )

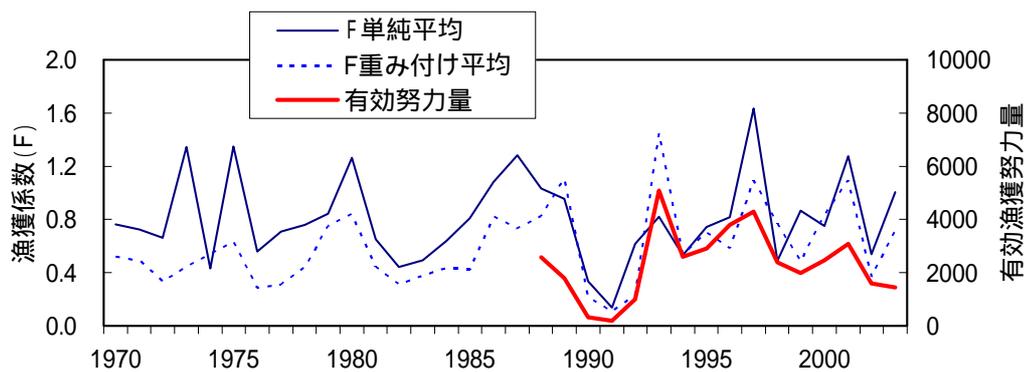


図 18 . 漁獲係数 F と北部まき網のサバ類に対する有効努力量の推移  
 ( F は年齢別 F の単純平均と年齢別 F を漁獲尾数で重みづけた値である )

#### ( 4 ) 漁獲圧と資源動向

1970 年代～1980 年代前半には F および漁獲割合は比較的低かったが、1980 年代後半に上昇した ( 図 9 )。また、漁獲がないときに比した加入量あたり産卵量 ( 動的 %SPR、補足資料 2 参照 ) もほぼ一貫して減少し 1996 年以降は 2～4% と極めて低くなった ( 図 11 )。年級群ごとに計算した %SPR は 1980 年代後半に発生した年級群は 18～25% と比較的高い %SPR が確保されたが、1991 年級群以降は 2～8% に低下した。なお、1998 年級以降は寿命に達していないので図 11 には掲載されていない。

漁獲係数 F と本系群に対する主要漁業である北部まき網漁業の有効努力量は 1990 年と 1991 年に低く、その後卓越年級群が見られた翌年の 1993 年と 1997 年で共通して高かった ( 図 18 )。2002 年と 2003 年のサバ類に対する有効努力量は 1993 年以降で最低であり、2002 年の F は比較的低かったが 2003 年の F はやや高かった ( 図 18 )。北部まき網漁業におけるマサバに対する投網回数は 2003 年と 2002 年は同様な水準にあった ( 図 5 )。このように F と有効努力量

の関係は 2002 年と 2003 年で整合しないが、その原因は不明である。

再生産関係（図 1 4）および再生産成功率の推移（図 1 0）から見ると 1970 年代末と 1980 年代後半に再生産が悪化しており、丁度このころに前述の F や漁獲割合が増加した。そのため、1970 年代末と 1980 年代後半の資源量の減少は自然環境と漁獲の両方に原因があると考えられる。1990 年代に入ると 1992 年と 1996 年および 2002 年に高い RPS が観測された。しかしながら、1992 年級群と 1996 年級群は、未成魚段階で多獲されたため SSB の回復には至らなかった。また、2002 年級群は SSB が 3 万 5 千トンへと低下したため、加入尾数は 11 億尾程度と 1992 年級の半分以下であった。

現状の F を変化させた場合の 2009 年までの決定論的な資源動向を表 2 と図 1 9 で検討した。計算条件は、加入量の見積もりは上記のとおりで、F は次のようにした。2004 年の F を 2003 年と同様とし、2005 年～2009 年の間では Fcurrent（2003 年の F）を一定の割合で増減した。なお漁獲制御概念図にあるように、毎年の SSB と SSBlimit の比で F を調整していない。

表 2. F 値（年齢別 F の単純平均）による 2005～2009 年漁期の漁獲量と産卵親魚量の推移

F bar	基準値	漁獲量(千トン; 漁期年)					産卵親魚量(SSB, 千トン)				
		2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
0.20	0.2 Fcurrent	21	32	46	69	100	41	100	129	194	281
	ほぼ Flimit										
0.40	0.4 Fcurrent	40	52	64	83	104	41	87	96	125	156
0.60	0.6 Fcurrent	56	63	67	75	81	41	75	71	81	87
0.80	0.8 Fcurrent	70	69	63	61	57	41	65	52	53	49
	ほぼ Fsus										
1.00	Fcurrent	82	70	56	47	38	41	56	39	34	27
1.20	1.2 Fcurrent	92	68	47	34	24	41	49	29	23	15

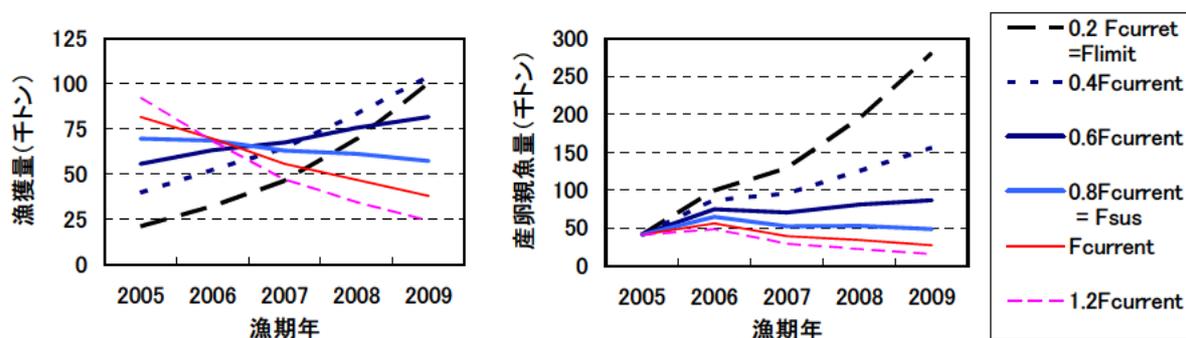


図 1 9. F 値による 2005～2009 年漁期の漁獲量（上）と産卵親魚量（下）の推移

#### (5) 漁獲制御方法

上記のように資源減少の原因は、1970年代末と1980年代後半に生じた再生産の悪化に加え、高い漁獲圧が続いたことにある。特に、1990年代以降は未成魚(0歳、1歳)が漁獲の主体となっており(図8)、資源利用の面からは後述するように不合理な状態が続いている。しかしながら、少ない親魚資源量から1992年と1996年に卓越年級群が発生し、2002年には高いRPSが観測された。マイワシなどでは資源回復は卓越年級群の連続した発生によることが知られており、卓越年級群を利用してマサバ太平洋系資源の回復を計ることが可能である(松田ほか、2002; Yatsu et al., 2002)。資源の回復目標としては、加入量が29億尾を下回ることにはなかった産卵親魚量45万トン $\text{Blimit}$ とし、資源の回復目標とする(図14)。

しかし、現時点では卓越年級群の発生年と規模の予測は困難である。また、1996年級程度の卓越年級群が1回発生しただけでは短期間にSSB45万トンの達成は不可能である。そこで、平成14年度と15年度の資源評価報告書では、当面の管理目標として2005年にSSBを10万トンに引き上げ加入動向を見守るとされた。これは、再生産関係の検討により、1990年代にはSSBが10万トンを上回ったことが少ない(1993年と1994年のみ)ためである。本年度のABC算定においてもこの管理目標を継続することを当初検討したが、2003年級群の加入量が非常に低い $\text{Flimit}$ のため2004年の漁獲管理を行わない限り達成困難である。そこで本年度は達成年を2006年と1年繰り延べた。

$\text{Flimit}$ は管理目標を達成するFであり、毎年のSSBとSSB $\text{limit}$ の比で調整することとした。 $\text{Ftarget}$ として標準的な安全率0.8を $\text{Flimit}$ に乗じた値を用いた。

#### (6) 不確実性を考慮した検討

##### 1) 加入量の変化に応じた将来予測の検討

2004年には10億尾の加入量を与え、2005年以降の再生産成功率RPSとして、1989~2003年のRPSを重複を許してランダムに抽出した場合について、 $\text{Flimit}$ (毎年のSSBとSSB $\text{limit}$ の比で調整)で漁獲したシミュレーションを行った。すなわち2004年以降は平均的に見て16年間に4回の高いRPSが生じるというシナリオである。1000回試行した結果を図20に示す。管理目標(2006年にSSB10万トン)の達成率は45%、過去最低のSSBを2009年~2013年に下回る確率は0.5%、2006年~2013年の平均漁獲量は26万トンであった。SSBの平均値は2009年以降は17万~19万トン程度、それに対応する漁獲量は26万~33万トンである。ただし、シミュレーション結果の90%の範囲は非常に広い。

同様なシミュレーションを2003年のF( $\text{Fcurrent}$ )を全期間に適用して1000回行った結果を図21に示した(SSBによる調整は行わなかった)。管理目標達成率は0%、過去最低のSSBを2009年~2013年に下回る確率は81%、2006年~2013年の平均漁獲量は10万トンであった。SSBの平均値は2009年以降は5万6千トン程度である。2013年の下側90%はSSBで6千トン、漁獲量で8千トンと資源減少のリスクが非常に大きい。

$\text{Fcurrent}$ において未成魚(0歳と1歳)のFを段階的に減じた場合の効果を1000回のシミュレーションの平均値として図22に示す。未成魚のFを $\text{Fcurrent}$ から引き下げるほどSSBも漁獲量も増加する。このように未成魚の漁獲抑制は管理効果が高い。

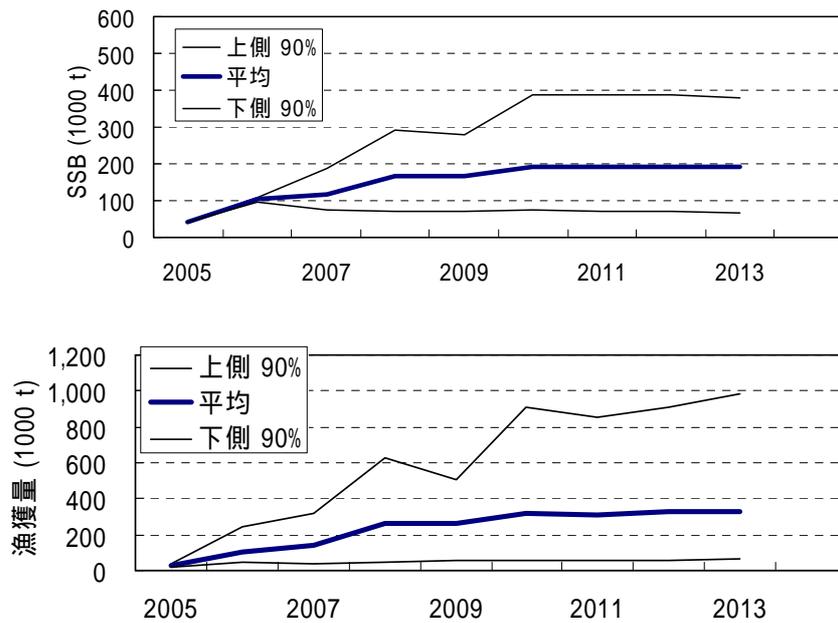


図 2 0 .過去の RPS をランダムに抽出した場合について、Flimit で漁獲したシミュレーション結果(上：産卵親魚量 SSB、下：漁獲量) 平均：1000 回のシミュレーションの各年の平均値、上側 90%:1000 回のうち多い方から 100 個目の値、下側 90%:1000 回のうち少ない方から 100 個目の値。

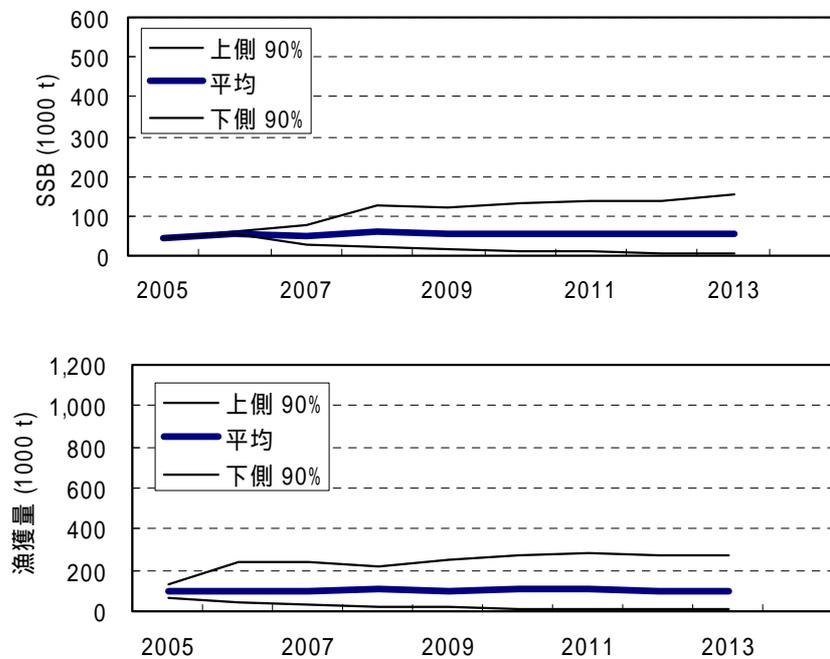


図 2 1 .過去の RPS をランダムに抽出した場合に Fcurrent で漁獲したシミュレーション結果 (上：産卵親魚量 SSB、下：漁獲量)

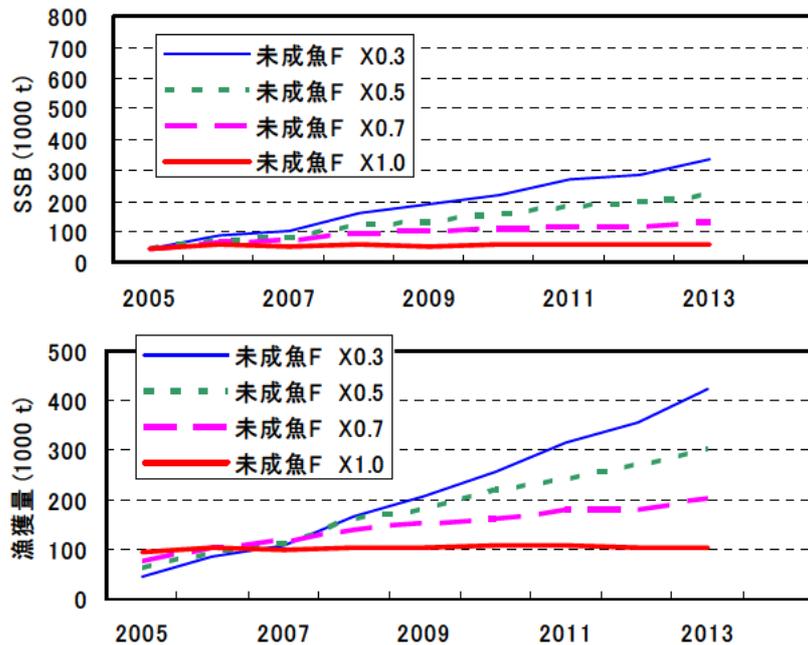


図 2.2. 過去の RPS をランダムに抽出した場合に成魚（2 歳以上）を  $F_{current}$  で、未成魚を  $F_{current}$  から減少させて漁獲したシミュレーション結果（平均値のみ示す）

### 3) オペレーティングモデルによる検討

#### A. オペレーティングモデルの概要

オペレーティングモデルは「現実の資源動態を反映し、かつ現実の資源評価と管理方策決定の手順を再現できる仮想モデル」をさす。水産資源の評価と管理における不確実性を考慮したモデルを作成し、コンピュータ上での管理の「実験」を行うことにより、管理方策の妥当性を検討することを目的とする。

前節における将来予測のシミュレーションの概念を図 2.3 に、オペレーティングモデルの概念を図 2 に示した。オペレーティングモデルでは資源の評価→予測→ABC の算定→ABC に従った漁獲という現実に即した過程をとる。資源評価と予測において誤差がある場合、ABC が過大に設定されて資源を取りつくす、というようなリスクをより現実的に再現できる。本モデルでは不確実性として加入量の変動以外に、資源量と加入量の指数の観測誤差を考慮している。このほかに、年齢別漁獲尾数の観測誤差、および ABC の実行における過程誤差も取り込めるようになっているが（図 2.4）これらは今回考慮していない。また資源評価によって定められる ABC は 2 年後の管理に適用されるという、時間遅れを考慮している。コンピュータ上で再現する仮想現実には年齢構成のあるモデルとし、加入量は冬季伊豆諸島北部海域の表面水温の影響を取り入れた拡張リッカー型再生産モデルを用いた（5-(2)ならびに図 16 に示されるモデル）。水温とモデル全体の誤差項にランダムな変動を与えることにより、確率的に変化する加入量を発生させた。

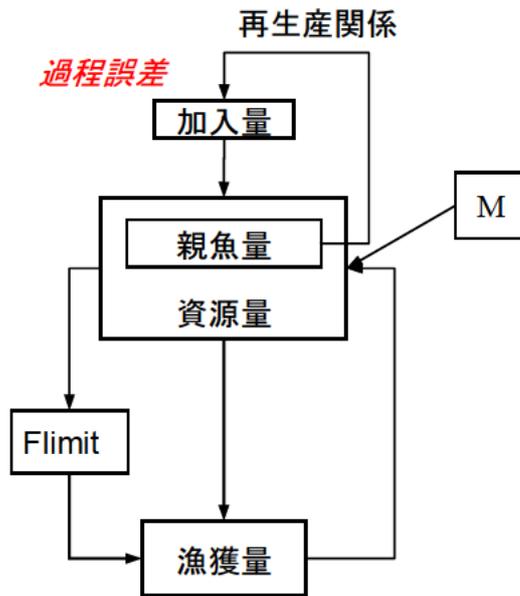


図 2.3. 前節における将来予測のシミュレーションの概念図

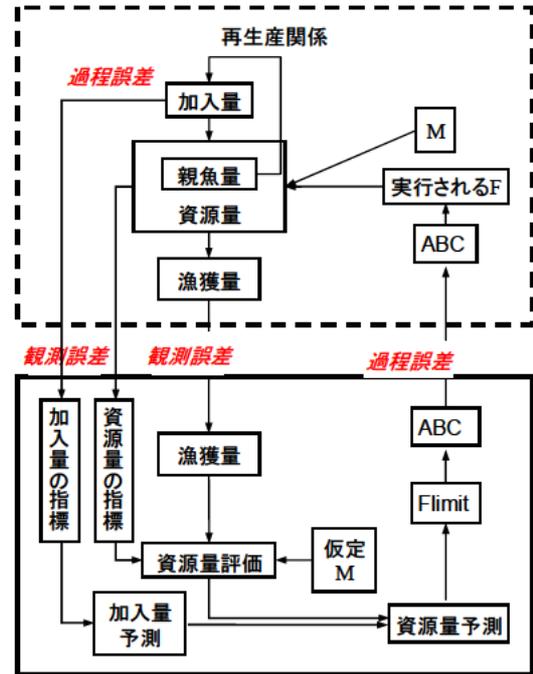


図 2.4. オペレーティングモデルの概念図 上段破線で囲んだ部分がコンピュータ上に再現したマサバの仮想資源。仮想資源から得られるデータに基づき資源の評価と管理の実験を行う。

## B. 検討内容

### B-1 管理効果について

2005年に定めた Flimit の管理効果を見るため、1) のシミュレーションで設定した仮定に従い、Flimit, Ftarget, Fsus, Fcurrent の4つの管理基準について20年後(2025年)までのシミュレーションを行った。ここで、

**Flimit** : 当面の管理目標(2006年のSSBを10万トンにする)を達成するようなFの基準値を定め、これを管理規則1にしたがってSSBとBlimit(=45万トン)の比で調整した値、**Ftarget** : Flimitに安全率 $\alpha$ (=0.8)をかけて同様に調整した値

**Fsus** : 2009年のSSBを4.8万トン以上に維持するような2005年のFで、SSBによる調整をしない。

**Fcurrent** : 2003年の現状のFで、SSBによる調整をしない。

なお資源評価誤差として、資源量の推定値と加入量の予測値にそれぞれ平均0、分散0.2の対数正規分布に従う誤差を与えた。

### B-2 Blimit と Flimit の検討

図2.5のように、ABCはBlimit、Fの基準値ならびに該当年の資源量で決定される。そ

ここで Blimit と F の基準値のさまざまな組み合わせについて、50 年後までの管理のシミュレーションを行った。Blimit は 20～150 万トンまでの 10 万トンごとに、F の基準値は 0.1～1.5 までの 0.1 ごとに变化させ、すべての Blimit と F の基準値の組み合わせで 100 の異なる加入量系列について ABC と SSB の計算を行いその変動をみた。加入量は前述の方法に従って確率的に変化させた。資源評価誤差は考慮しなかった。なお、上記いずれの場合も ABC が該当する年の資源量と同等またはそれ以上に設定された場合と、ABC が 1 千トンを下回る場合を管理の失敗と定義した。

## C. 結果

### C-1. 管理効果

Flimit は当面の管理目標（2006 年に SSB を 10 万トンにする）を 36%の割合で達成した（表 3）。2006～2013 年までの平均 SSB は 15.8 万トン、それに対応する ABC は 16.4 万トンであった（表 3、図 2 5）。資源評価誤差と時間遅れを考慮しているため、当面の管理目標達成率は前節のシミュレーションより低くなった。また当面の管理目標達成を念頭においた Flimit であるため、SSB10 万トンの達成後は F が過大になる傾向があり、そのため 2025 年までの失敗率は 80%と高くなった。Ftarget では管理目標の達成率は 56%と高くなり、2025 年までの失敗率も 72%とやや低くなった。同期間平均 SSB は 18.7 万トン、対応する ABC は 22.2 万トンと Flimit にくらべ良好な結果となった。

2005 年の  $F_{sus} = 0.9$  に F を固定して漁獲した場合 SSB はゆるやかに増加するものの、管理目標達成率は低い（表 3、図 2 5）。2006～2013 年までの平均 SSB は 11.5 万トン、対応する ABC は 12.8 万トンと、Flimit または Ftarget と比較してやや低い値となった。2025 年における失敗率はもっとも低く 36%であった。

$F_{current} = 1.46$  で漁獲した場合は、2006～2013 年の平均 SSB は 6.2 万トン、対応する ABC は 10.7 万トンともっとも低くなった（表 3）。管理目標の達成率は 0%、失敗率は 2010 年前後には 50%を上回り、2025 年には 98%となった。

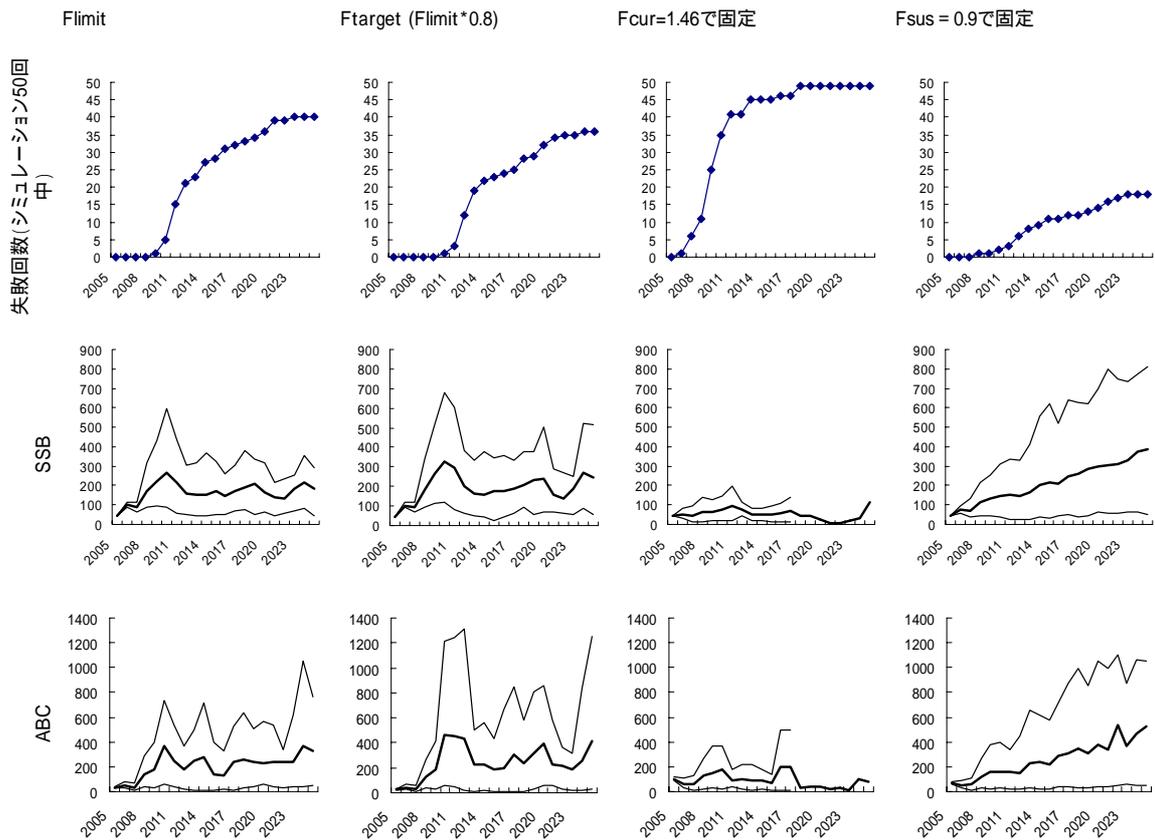


図 25 . Fcurrent、Fsus、Flimit、Ftarget で管理を行ったときの成功回数（上段）、平均 SSB（中段）、平均 ABC（下段）の推移。中・下段グラフ中の太線は平均値、細線は上下 10 パーセントを示す。

表 3. 管理効果の検討結果

	Flimit	Ftarget	Fcurrent	Fsus
管理目標達成率	36%	56%	0%	4%
2025年の失敗率	80%	72%	98%	36%
2005～2013年の平均SSB(千トン)	158	187	62	115
2005～2013年の平均ABC(千トン)	164	222	107	128

### C-2. Blimit と Flimit の検討

予備的に、ひとつの加入量系列についてシミュレーションを行ったところ、たとえば Blimit が 20 万トンなら  $F=0.3$ 、Blimit = 500 万トンなら 1.5 というように、Blimit を大きくとれば  $F$  も大きくとるといように組み合わせを変えることにより、最大値に近い漁獲が得られることがわかった（図 26）。ABC の最大値は組み合わせにかかわらず 50 万トン程度であった（図 26）。

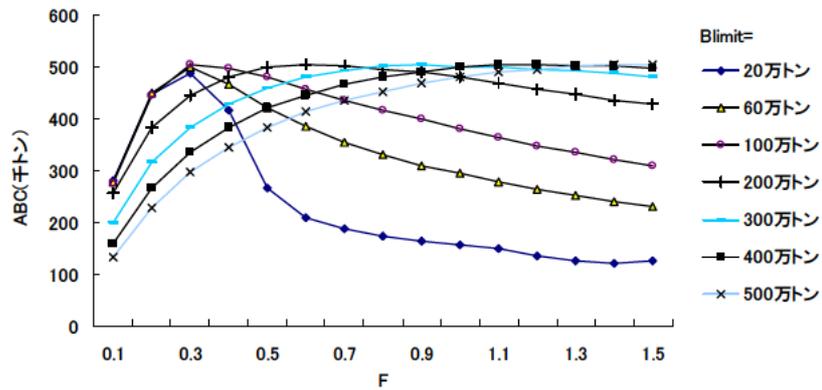


図 2.6. ひとつの加入量系列について Blimit と F の基準値の組み合わせを変えた時の ABC の変化。ABC の最大値 (約 50 万トン) は、Blimit20 万トンなら F=0.3 のとき、Blimit=500 万トンなら F=1.5 のときに得られることがわかる。

マサバ太平洋系群の過去の最大の SSB が約 140 万トンであることを考慮し、Blimit の上限を 150 万トンとして 100 個の加入量系列についてシミュレーションを行った。100 個の加入量系列の結果からも予備的な検討 (図 2.6) と同様に、ABC を最大にする Blimit と F の基準値の組み合わせは一意に決まらず、Blimit を大きくとれば F の基準値も大きくなるというように変化することがわかった (表 4)。この中で、定める管理目標に応じた最適な Blimit と F の基準値の組み合わせを決めることができる。ただし ABC を最大にするような  $F \times SSB / Blimit$  の値 (平均的な  $F_{limit}$  に近い値) は、Blimit と F の基準値の組み合わせにかかわらず 0.3~0.4 であった (表 4 左列下段)。現在定めている Blimit (=45 万トン) 付近で ABC を最大にする F は 0.3 である。この組み合わせは平均 SSB と SSB の最小値は高く、ABC の変動係数は相対的に低いことから、検討した組み合わせのなかでは妥当な Blimit であるといえる。

表4 . 100の加入量系列についてのシミュレーション結果。太字で網掛けをしているセルは、同じ Blimit で F を変化させたときに、ABC の最大値が得られる組み合わせを示す。

平均ABC		基準F						
Blim		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
200	290	460	<b>498</b>	439	355	290	248	
300	290	462	<b>509</b>	466	399	343	304	
400	289	463	<b>516</b>	485	429	381	345	
500	288	464	<b>521</b>	499	455	412	379	
600	288	464	<b>525</b>	510	474	438	408	
700	287	463	<b>527</b>	519	490	460	432	
800	286	462	<b>528</b>	526	504	477	452	
900	285	461	529	<b>532</b>	514	492	469	
1000	283	458	528	<b>536</b>	523	504	483	
1100	282	455	526	<b>538</b>	529	513	496	
1200	280	452	523	<b>539</b>	533	521	506	
1300	278	447	520	<b>539</b>	537	527	514	
1400	275	442	515	537	<b>539</b>	532	520	
1500	272	437	510	535	<b>540</b>	535	525	

平均SSB		基準F						
Blim		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
200	1867	1303	<b>848</b>	524	333	236	184	
300	1876	1320	<b>879</b>	575	398	301	247	
400	1883	1334	<b>906</b>	618	451	357	301	
500	1888	1347	<b>929</b>	656	501	409	351	
600	1894	1359	<b>953</b>	693	547	458	399	
700	1899	1370	<b>977</b>	731	592	505	444	
800	1904	1382	<b>1003</b>	770	637	550	487	
900	1909	1396	1031	<b>810</b>	681	593	528	
1000	1914	1412	1061	<b>852</b>	723	634	567	
1100	1920	1428	1092	<b>892</b>	763	673	604	
1200	1926	1446	1125	<b>930</b>	802	711	640	
1300	1933	1465	1158	<b>967</b>	840	746	674	
1400	1940	1485	1189	1003	<b>875</b>	780	706	
1500	1948	1507	1220	1036	<b>909</b>	813	737	

ABCのCV		基準F						
Blim		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
200	0.48	0.51	<b>0.58</b>	0.66	0.74	0.82	0.87	
300	0.49	0.52	<b>0.57</b>	0.65	0.72	0.80	0.86	
400	0.49	0.52	<b>0.57</b>	0.64	0.72	0.80	0.86	
500	0.50	0.52	<b>0.57</b>	0.65	0.72	0.79	0.85	
600	0.50	0.53	<b>0.58</b>	0.65	0.72	0.78	0.84	
700	0.51	0.53	<b>0.59</b>	0.66	0.72	0.78	0.83	
800	0.51	0.54	<b>0.59</b>	0.66	0.72	0.78	0.82	
900	0.52	0.55	0.60	<b>0.66</b>	0.72	0.77	0.81	
1000	0.53	0.55	0.61	<b>0.67</b>	0.72	0.76	0.80	
1100	0.53	0.56	0.61	<b>0.67</b>	0.72	0.76	0.79	
1200	0.54	0.57	0.62	<b>0.67</b>	0.72	0.75	0.78	
1300	0.54	0.58	0.63	<b>0.68</b>	0.72	0.75	0.78	
1400	0.55	0.58	0.63	0.68	<b>0.72</b>	0.75	0.77	
1500	0.56	0.59	0.64	0.68	<b>0.72</b>	0.74	0.77	

SSBのCV		基準F						
Blim		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
200	0.44	0.46	<b>0.49</b>	0.52	0.55	0.55	0.53	
300	0.44	0.44	<b>0.46</b>	0.48	0.49	0.49	0.49	
400	0.43	0.43	<b>0.44</b>	0.45	0.46	0.46	0.46	
500	0.43	0.43	<b>0.43</b>	0.43	0.43	0.44	0.45	
600	0.43	0.42	<b>0.42</b>	0.41	0.42	0.43	0.44	
700	0.43	0.42	<b>0.41</b>	0.40	0.40	0.42	0.43	
800	0.42	0.41	<b>0.40</b>	0.39	0.39	0.41	0.42	
900	0.42	0.41	0.40	<b>0.39</b>	0.39	0.40	0.41	
1000	0.42	0.41	0.39	<b>0.38</b>	0.38	0.39	0.41	
1100	0.42	0.40	0.39	<b>0.38</b>	0.38	0.39	0.40	
1200	0.42	0.40	0.39	<b>0.38</b>	0.38	0.38	0.39	
1300	0.42	0.40	0.38	<b>0.38</b>	0.38	0.38	0.39	
1400	0.42	0.40	0.38	0.38	<b>0.38</b>	0.38	0.39	
1500	0.42	0.40	0.38	0.38	<b>0.38</b>	0.38	0.38	

Flimit		基準F						
Blim		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
200	0.10	0.20	<b>0.30</b>	0.40	0.50	0.60	0.64	
300	0.10	0.20	<b>0.30</b>	0.40	0.50	0.60	0.58	
400	0.10	0.20	<b>0.30</b>	0.40	0.50	0.54	0.53	
500	0.10	0.20	<b>0.30</b>	0.40	0.50	0.49	0.49	
600	0.10	0.20	<b>0.30</b>	0.40	0.46	0.46	0.47	
700	0.10	0.20	<b>0.30</b>	0.40	0.42	0.43	0.44	
800	0.10	0.20	<b>0.30</b>	0.38	0.40	0.41	0.43	
900	0.10	0.20	0.30	<b>0.36</b>	0.38	0.40	0.41	
1000	0.10	0.20	0.30	<b>0.34</b>	0.36	0.38	0.40	
1100	0.10	0.20	0.30	<b>0.32</b>	0.35	0.37	0.38	
1200	0.10	0.20	0.28	<b>0.31</b>	0.33	0.36	0.37	
1300	0.10	0.20	0.27	<b>0.30</b>	0.32	0.34	0.36	
1400	0.10	0.20	0.25	0.29	<b>0.31</b>	0.33	0.35	
1500	0.10	0.20	0.24	0.28	<b>0.30</b>	0.33	0.34	

SSBの最大値		基準F						
Blim		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
200	7399	5986	<b>4562</b>	3167	2124	1315	863	
300	7398	5986	<b>4570</b>	3264	2191	1483	1007	
400	7398	5986	<b>4656</b>	3289	2281	1546	1181	
500	7399	5988	<b>4659</b>	3295	2296	1805	1409	
600	7400	5991	<b>4661</b>	3319	2409	1974	1651	
700	7400	5990	<b>4661</b>	3333	2575	2136	1816	
800	7399	5990	<b>4662</b>	3462	2719	2267	1929	
900	7399	5989	4663	<b>3573</b>	2949	2382	2067	
1000	7399	5989	4664	<b>3652</b>	3057	2512	2261	
1100	7400	5989	4734	<b>3773</b>	3149	2657	2434	
1200	7402	5986	4793	<b>3865</b>	3233	2738	2550	
1300	7394	5982	4828	<b>3945</b>	3304	2840	2659	
1400	7395	5983	4852	4018	<b>3394</b>	2945	2728	
1500	7393	5988	4891	4130	<b>3445</b>	3046	2824	

SSBの最小値		基準F						
Blim		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
200	401	353	<b>272</b>	172	113	85	67	
300	411	373	<b>301</b>	203	145	115	96	
400	416	383	<b>321</b>	231	174	140	119	
500	419	390	<b>336</b>	258	198	164	139	
600	421	395	<b>347</b>	281	224	186	158	
700	423	400	<b>356</b>	303	249	209	177	
800	424	404	<b>364</b>	319	272	232	197	
900	425	407	372	<b>333</b>	291	253	219	
1000	426	409	379	<b>345</b>	307	272	238	
1100	427	411	385	<b>355</b>	321	288	257	
1200	427	413	390	<b>364</b>	335	303	274	
1300	428	415	395	<b>373</b>	345	315	288	
1400	428	417	399	379	<b>353</b>	327	300	
1500	429	419	403	383	<b>361</b>	336	311	

## 6 . 2005 年 ABC の設定

### ( 1 ) 資源評価のまとめ

近年の産卵親魚量(SSB)は、1993年の12万トンピークに減少し続け、2002年のSSBは過去最低の約3万5千トンを経て2003年には約5万トンと推定される。また、1990年代以降、高い再生産成功率(RPS)が時折見られ、1992年(28億尾、SSB9万トン)と1996年(43億尾、SSB6万トン)には卓越年級群が出現した。しかし、資源回復が未成魚の多獲により阻まれている。2002年級群の加入尾数は11億尾程度と推定され、再生産成功率(RPS)は1992年級群並みであったと見積もられるが、SSBが少なかったため1992年級群の加入尾数の半分以下であった。2004年7月の産卵親魚量は、2002年級群が2歳となり成熟を開始したため約7万トンへと増加したと推定される。5月の表中層トロール調査により2004年級群の加入量が比較的いと想定されるが、この要因の一つにSSBの増加が考えられる。

### ( 2 ) ABC の算定

コホート解析の前進法により資源量と漁獲量を予測し2005年のABCを算定した(詳細は補足資料2)。前提条件として、1)2004年以降の年齢別体重と成熟率は資源尾数が60億未満なら2000年以降の値、60億尾以上なら1970~1986年の値、2)2004年のFは2003年と同じ、2004年の加入量は5月の表中層トロール調査結果から10億尾と仮定、2005年以降の加入量は、(1)SSB45万トン未満では1990年~2002年(昨年度の評価と同様の年の範囲)のRPSの中央値(メジアン)を用い、(2)SSB45万トン以上では1970年代のリッカー型再生産曲線に従う、とした。ただし、SSB45万トン未満での加入尾数の最大を120億尾とした。

ABC算定ルールは1-1)-(2)を適用した。すなわち、再生産関係のプロットが利用可能で、 $B < B_{limit}$ の場合に相当する。資源管理基準は $F_{msy}$ の代替値( $F_{30\%SPR}$ など伝統的なもの)は使用せず、当面の管理目標に到達可能なFを探索的に求め、 $F_{limit}$ とした。但し、 $SSB < SS_{limit}$ の場合、Fは当該年(2004年以降)のSSB/ $SS_{limit}$ の比で低減させ、 $F_{target}$ は $F_{limit}$ の20%減とした。資源量推定は漁期年で行い、ABCは暦年で算定する必要があるため、半年単位のコホート解析を行い、漁期後半と次年の漁期前半の漁獲量の合計をABCとした。

2003年11月から資源回復計画が漁獲努力量の10%削減を目標として開始された(補足資料5)。これが2004年漁期も継続された結果、Fが10%削減される仮定すると $ABC_{limit}$ は44千トン( $F=0.29$ , 漁獲割合19%)、 $ABC_{target}$ は38千トン( $F=0.24$ , 漁獲割合17%)、Fが5%削減されると $ABC_{limit}$ は38千トン( $F=0.25$ , 漁獲割合17%)、 $ABC_{target}$ は34千トン( $F=0.20$ , 漁獲割合15%)となる。

	2005年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
$ABC_{limit}$	33千トン	$F_{rec}$	0.20	15%
$ABC_{target}$	30千トン	0.8 $F_{rec}$	0.16	14%

F値は各年齢の単純平均である。

漁獲割合はABC/資源重量で、資源量はTAC算定年の7月と前年の7月の平均値を用いた。

ABC に対する M の感度解析の結果、M=0.3 の ABC は M=0.4 の 160% に相当する 5 万 3 千トン、M=0.5 の場合は 58% に相当する 1 万 9 千トンであった( 図 1 3 )。なお、全ての M で Blimit は 45 万トン、管理目標は同様とした。本来は M に応じた Blimit と管理目標を設定すべきであるが、M=0.4 の時の当面の管理目標が 10 万トンと任意の値であるため、変更しなかった。

### ( 3 ) 管理の考え方と許容漁獲量

5 -( 6 )で行ったのと同様のシミュレーションを F<sub>sus</sub>( 2005 年の値、毎年の SSB と SSBlimit の比で調整せず) について行った結果の比較を下表にまとめた。2005 年漁獲量を抑制すれば将来の漁獲量は増加し、過去最低の SSB を下回るリスクは軽減させる。

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 <sub>limit</sub>	ABC <sub>limit</sub> 33 千トン	RPS の変動を考慮したシミュレーションによる管理目標達成率は 45%、過去最低の SSB ( 3.5 万トン ) を 2009 年 ~ 2013 年に下回る確率は 0.5%、2006 年 ~ 2013 年の平均漁獲量は 26 万トン。
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 <sub>target</sub>	ABC <sub>target</sub> 30 千トン	上記シミュレーションによる管理目標達成率は 100%、過去最低の SSB を 2009 年 ~ 2013 年に下回る確率は 0.0%、2006 年 ~ 2013 年の平均漁獲量は 28 万トン。
最近の再生産成 功率のもとで、5 年後にも現状の 親魚量を維持す る	F <sub>sus</sub>	51 千トン	上記シミュレーションによる管理目標達成率は 0%、過去最低の SSB を 2009 年 ~ 2013 年に下回る確率は 23%、2006 年 ~ 2013 年の平均漁獲量は 20 万トン。
現状の漁獲圧を 維持する	F <sub>current</sub>	68 千トン	上記シミュレーションによる管理目標達成率は 0%、過去最低の SSB を 2009 年 ~ 2013 年に下回る確率は 81%、2006 年 ~ 2013 年の平均漁獲量は 10 万トン。

#### (4) ABC の再評価

2003 年と 2004 年に対する当初（評価対象年の前年 8 月時点）の ABC と関連情報および、その再評価結果は以下のとおりである。

評価対象年 (当初・再評価)	管理 <sup>1</sup> 基準	資源量 <sup>2</sup> (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)
2003 年(当初)	Frec	216	41 <sup>4</sup>	36 <sup>4</sup>
2003 年(2003 年再評価)	Frec	211	30	26
2003 年(2004 年再評価)*	Frec	226	41 (0)	34 (0)
2004 年(当初)	Frec	225	34	29
2004 年(2004 年再評価)*	Frec	153	53 (0)	45 (0)

1: 管理目標 2005 年に SSB10 万トン、2004 年再評価\*のみ目標達成年は 2006 年

\* 2003 年級が非常に少ないため ABC=0 でも 2005 年の管理目標達成は不可能

2: 評価対象年の 7 月と評価対象前年の 7 月の平均資源量

#### 7. ABC 以外の管理方策への提言

上記のようにマサバ資源の回復は未成魚の多獲により阻まれてきた。未成魚漁獲抑制シミュレーションの結果は既に前節で述べた。ここでは社会経済的な要素は考慮せず、生物学的側面のみから見た理想的漁獲年齢を松田(1996)に準じて検討した(図 27)。

初期成長については松田(1996)の値を飯塚(1967)と渡部(1970)を参考に改訂した。再生産を考慮せずに最大の漁獲量を揚げる漁獲方策は、ある個体の現在価値(体重)が将来価値(収穫価<sup>1</sup>)を上回った時に「取り尽くす」もので(実際には非常に高い F を与える)、図 26 では生後 1 歳半ごろに相当する。この観点からは 0 歳魚の漁獲は不合理であるが、1 歳魚の漁獲は合理的である。しかし、これは再生産を考慮していない。そこで、現在の加入量が維持されるといいう制限条件を加えると、生物学的に理想的な漁獲戦略は、現在価値が「収穫価<sup>1</sup>+繁殖価<sup>2</sup>」を上回る時に全力で漁獲することになる。この場合の漁獲開始年齢は 3 歳半ごろ(全個体が成熟を開始する時期)となった。従って、未成魚のみならず 2 歳魚の漁獲も極力避けるべきでという結論になる。これを実行する場合には、未成魚と成魚の分布や獲り分けの技術開発(例えば計量魚探による漁獲前の体長組成の把握)が重要となろう。

15 年度の資源評価報告書において 2002 年級群の保護を提言した(具体的には 2003 年漁期の予想漁獲量 7 万 7 千トンを 5 万 8 千トン)。2003 年 11 月からは、マサバ太平洋系群に対する資源回復計画が水産庁主導のもとに漁獲努力量の 10%削減を目指して開始された。しかし、2003 年漁期の漁獲量は 7 万トンで、満 1 歳時に約 5 億尾が残存した 2002 年級群は 2003 年～2004 年前半に約 2 億尾が漁獲され、2004 年の 7 月時点での残存資源尾数は 1 億 7 千万尾と推

<sup>1</sup> 収穫価：ある個体がある年齢以降に成長して漁獲されるとき漁獲量の期待値

<sup>2</sup> 繁殖価：ある個体がある年齢以降に産卵する量の期待値

定される。なお、他の親魚は極めて少ないので 2004 年 7 月の SSB (7 万トン) の大半は 2002 年級である。2004 年の RPS は 2002 年級群の約半分であるが近年では比較的高いので、2003 年に漁獲が控えられたら、2004 年には高い加入量があったと見込まれる。しかし、それでも 2004 年の加入量は比較的多いので、資源評価結果や ABC を考慮した実効性のある管理計画の実施が望まれる (補足資料 5 参照)。

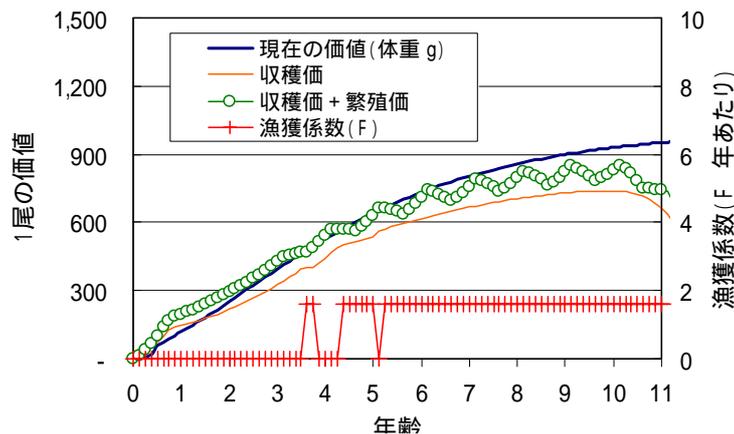


図 27 . マサバにおける年齢と現在価値、収穫価  
および繁殖価の関係

## 8 . 引用文献 (補足資料分も合わせて掲載)

中央ブロック卵稚仔プランクトン調査研究担当者協議会 (2003) 2001 年～2002 年春季の我が国太平洋側の主要魚種の卵仔稚の分布についての総括 . 中央ブロック卵・稚仔、プランクトン調査研究担当者協議会研究報告 23 (未定稿) .

遠洋水産研究所 (2002) 平成 14 年度カツオ資源会議報告 .

花輪公雄・安中さやか (2003) 過去 100 年の北半球海面水温場に出現したレジームシフト . 月刊海洋, 35(2): 80-85.

平松一彦 (1999) VPA の入門と実際 水産資源管理談話会報, 20、9-28.

本間 操・佐藤祐二・宇佐美修造 (1987) コホート解析によるマサバ太平洋系群の資源量推定 . 東海水研報, 121, 1-11.

イワノフ A,N. (2003) 2002 年における太平洋西部亜寒帯前線水域でのマサバ資源量とバイオマス評価 . 第 16 回日口漁業専門家・科学者会議議事録 . 水産庁増殖推進部: 125-134.

Kasamatsu, F., and S. Tanaka. (1992) Annual changes in prey species of minke whales taken off Japan 1948-87. Nippon Suisan Gakkaishi, 54, 637-651.

加藤充宏・渡邊千夏子 (2002) マサバとゴマサバの成熟・産卵および食性 月刊海洋, 382: 266-272.

Kawai, H., A. Yatsu, C. Watanabe, T. Mitani, T. Katsukawa and H. Matsuda (2002) Recovery policy for chub mackerel stock using recruitment-per-spawning. Fish. Sci., 68: 963-971.

- 川崎 健 (1965) カツオの生態と資源 (I) 水産研究叢書 8(1) 148.
- 川崎 健 (1968) マサバ太平洋系群未成魚の生態について 東海水研報, 55, 59-113.
- 小泉正行 (1992) 伊豆諸島海域で採集したサバ卵・仔稚魚・幼魚の一考察 水産海洋研究, 56, 57-64.
- 黒田一紀 (1992) 日本の太平洋沿岸域におけるさば属魚類の産卵期、産卵場及び産卵量水準の動向 水産海洋研究, 56, 65-72.
- 松田裕之 (1996) 魚はいつ、何歳から獲るべきか . 海洋と生物, 104, 210-215.
- 松田裕之・河合裕朗・勝川俊雄・谷津明彦・渡邊千夏子・三谷卓美 (2002) マサバ資源管理方針の検討 月刊海洋, 382: 288-292.
- 目黒清美・梨田一也・三谷卓美・西田 宏・川端 淳 (2002) マサバとゴマサバの分布と回遊 - 成魚 月刊海洋, 382: 256-260.
- 宮沢公雄 (1994) マサバ資源の変動とさば漁業の変遷 水産海洋研究, 58, 48-49.
- 長沢和也 (1999) 黒潮・親潮移行域における魚食性魚類の分布と生態 月刊海洋, 346, 245-250.
- 西田 宏・渡邊千夏子・谷津明彦 (2001) 黒潮親潮移行域における稚魚採集結果に基づくマイワシ・マサバの加入量水準予測 黒潮の資源・海洋研究, 2, 77-82.
- 西田 宏・川端 淳・目黒清美・梨田一也・三谷卓美 (2001b) マサバとゴマサバの分布と回遊 - 幼魚 水産海洋シンポジウム「マサバとゴマサバ太平洋系群の漁業、資源、管理の現状と将来展望」講演要旨集, 18.
- Tamura, T., Y. Fujise, and K. Shimazaki. (1998) Diet of minke whales *Balaenoptera auctorostrata* in the Northwestern part of the North Pacific in summer, 1994 and 1995. Fish. Sci., 64, 71-76.
- 渡邊千夏子・小林憲一・川端淳・梨田一也 (2002) マサバとゴマサバの年齢と成長 月刊海洋, 382: 261-265.
- 渡邊千夏子・川端 淳・和田時夫 (1999) 黒潮親潮移行域におけるサバ類当歳魚の分布 . 月刊海洋, 346: 236-240.
- Yatsu, A., T. Mitani, C. Watanabe, H. Nishida, A. Kawabata, and H. Matsuda. (2002) Current stock status and management of chub mackerel, *Scomber japonicus*, along the Pacific coast of Japan - an example of allowable biological catch determination . Fish, Sci., 68 (Suppl.): 93-96.
- 谷津明彦・渡邊千夏子・杉崎宏哉・渡邊朝生 (2003) 小型浮魚類の魚種交替：再生産関係，成長，レジームシフト 月刊海洋, 35: 95-992.

### 補足資料1：漁獲努力量

主要漁業である北部まき網漁業について漁業情報サービスセンターが集計した資源量の指標値と有効努力量などの経年変動を補足表1 - 1に示す。有効努力量とは、漁獲量を資源密度指数で除したもので、資源量密度指数は海区ごとに積算したCPUEを海区数で除したものである。2002年漁期から漁業情報サービスセンターにより、マサバとゴマサバ別の有漁投網回数や資源量指数の集計が開始された。それによると2002年漁期のマサバの有漁投網回数は999回、ゴマサバのそれは118回であった。

補足表1 - 1 . 北部まき網漁業のサバ類に対する資源量の指標値と有効努力量 (JAFIC 資料)

漁期年	月	緯度経度30 分マス目数	投網回数	漁獲量 (トン)	資源量 指数	資源密度 指数	有効努力量
1988	7~6	73	2,535	134,376	3,515	48	2,587
1989	7~6	48	1,496	65,967	1,731	36	1,796
1990	7~6	12	293	2,022	79	7	335
1991	7~6	14	259	2,167	258	18	201
1992	7~6	45	807	26,410	1,072	24	1,007
1993	7~6	118	4,062	272,636	7,205	61	5,079
1994	7~6	62	2,016	59,710	1,518	24	2,610
1995	7~6	69	2,428	75,292	1,985	29	2,905
1996	7~6	107	3,462	147,859	4,266	40	3,791
1997	7~6	90	3,349	226,096	4,859	54	4,303
1998	7~6	81	2,183	72,535	3,123	39	2,380
1999	7~6	63	1,905	40,157	1,229	20	1,986
2000	7~6	92	2,349	65,920	2,698	29	2,460
2001	7~6	79	2,739	57,091	1,606	20	3,090
2002	7~6	51	1,214	26,710	628	143	1,594
2003	7~(6)	66	1,246	31,201	1,551	269	1,444

## 補足資料 2 : 資源量推定法、ABC 算定法、%SPR

コホート解析により年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数を推定した。コホート解析ではマサバの生活史と漁獲の季節性に基づき、簡略化した生活年周期を仮定した。すなわち、7月～翌年の6月を1年とし、ある年の6月に一斉に産卵し、7月に一斉に加入し、漁期の中央(12月)にパルス的に漁獲されるものとした。使用した生物学的パラメーターは図2の通りである。自然死亡係数  $M$  は本間ほか(1987)に基づき 0.4/年を基本とし、0.3 と 0.5 の場合も計算した。年齢別漁獲尾数は宮崎県から北海道太平洋側における主要漁業(まき網、たもすくい、定置網等)および外国(ロシア)による 0 歳～6+歳(6 歳以上をまとめて 6+ (プラスグループ) と表記する)別に求めた(付表2)。年齢別資源尾数  $N$  の計算には Pope の近似式を用い、プラスグループの資源尾数については平松(1999)の方法を用いた。具体的な計算式は以下のとおりである。コホート解析の考え方と実際については平松(1999)を参照されたい。

### ステップ 1

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

ここで、 $N_{a,y}$  は  $y$  年における  $a$  歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$  は  $y$  年  $a$  歳魚の漁獲尾数である。

ただし、最近年、最高齢(プラスグループ、添え字  $p$ )、最高齢 - 1 歳 ( $p-1$ ) は(2)～(4)式によった。

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

$$N_{p,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \exp(M) + C_{p,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (3)$$

$$N_{p-1,y} = \frac{C_{p-1,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \exp(M) + C_{p-1,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (4)$$

漁獲死亡係数  $F$  の計算は、ターミナル  $F$  ( $F_t$ ) 以外は(5)式によった。

$$F_{a,y} = -\ln \left( 1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right) \quad (5)$$

$F_t$  の内、最近年の  $F_t$  は過去 5 年間の  $F$  の平均、プラスグループの  $F$  は最高齢-1 歳の  $F$  と等しいとした(プラスグループは定常状態が仮定できない場合における  $=1$  法(プラスグループの  $F$  と最高齢-1 歳の  $F$  が等しい)によった(平松(1999))。すなわち、(6)、(7)式である。

$$F_{a,y} = \frac{(F_{a,y-5} + F_{a,y-4} + F_{a,y-3} + F_{a,y-2} + F_{a,y-1})}{5} \quad (6)$$

$$F_{p,y} = F_{p-1,y} \quad (7)$$

## ステップ2

ステップ1で得た年別年齢別  $F$  から各年における選択率  $S_{a,y}$  (ある年の最高の年齢別  $F$  で、その年の各年齢の  $F$  を除した値) を求めた。選択率は近年の傾向が続いていると推察されるため、最近年の選択率は過去5年間の平均とした。この選択率の下で、最近年の  $F$  (選択率=1の  $F_t$ ) を調整し、コホート解析の結果が資源量指数(黒潮続流域における表中層トロール調査の幼魚指数(2004年計算方式)、釧路水試の流し網0歳魚CPUE、秋季の東北水研による表中層トロール調査のマサバ0歳魚有漁点割合、未成魚越冬群指数、春季の開洋丸による表中層トロール調査の1歳魚CPUE)と漁獲努力量(データが得られる全期間、但し本文で記した理由により2000年の未成魚越冬群指数を除く)に最も良く適合するようにした。

資源量指数では

(資源量指数 - 比例係数  $\times$  ある  $F_t$  の下でコホート解析から計算された資源尾数) の対数の2乗の和を最小にするような  $F_t$  の値を求める。すなわち、目的関数

$$\sum_y (\ln(I_y) - \ln(qN_y))^2 \quad (8)$$

を最小にする  $F_t$  を推定した。ここで  $I$  は資源量指数、 $N$  は資源尾数、 $q$  は漁具能率(比例係数)である。同様に(有効)漁獲努力量では

(漁獲努力量 - 比例係数  $\times$  ある  $F_t$  の下でコホート解析から計算された全年齢の  $F$  の平均値) の対数の2乗の和を最小にするような  $F_t$  の値を求めた。目的関数

$$\sum_y (\ln(X_y) - \ln(Q\bar{F}_y))^2 \quad (9)$$

を最小にする  $F_t$  を推定した。ここで  $X$  は漁獲努力量、 $\bar{F}$  は年齢別の  $F$  から単純平均した全年齢の平均  $F$ 、 $Q$  は比例係数である。

これら2つの目的関数の合計  $SSQ$  を最小化するように  $F_t$  を推定した。

$$SSQ = \sum_{i,y} (\ln(I_{i,y}) - \ln(q_i N_y))^2 + 5 \sum_y (\ln(X_y) - \ln(Q\bar{F}_y))^2 \quad (10)$$

ここで資源量指数  $I$  の添え字は、 $y$  年における上記4個の0歳魚資源量指数、 $N_y$  は  $y$  年における0歳の資源尾数である。漁具能率  $q_i$  は(11)式を用いた。比例定数  $Q$  の場合は(11)式の  $I$  に替えて  $X$ 、 $N$  に替えて  $F$  を用いた。資源量指数(5個)の項と漁獲努力量(1個)の項をほぼ等ウエイトとするため努力量の項を10式のように5倍した。

$$\hat{q}_i = \exp\left(\frac{\sum_{y=1}^n \ln\left(\frac{I_{i,y}}{N_{i,y}}\right)}{n}\right) \quad (11)$$

なお、産卵量はゴマサバとマサバの種判別が行われていないこと、北大の流し網調査データは近年マサバが採集されないこと、水戸丸の流し網調査データは採集位置に年変動が大きいこと、により使用しなかった。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（12式）に加え加入量を仮定した。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (12)$$

漁獲尾数は(13)式によった。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (13)$$

これに年齢別の平均体重（高水準期と低水準期で区別した表1の値）を乗じて漁獲量が計算でき、この漁獲量がABCとなる。今回のコホート解析が7月を起点とし、ABCは歴年であるため、ある年の後半（1～6月）と次年の前半（7～12月）を合わせた値とした。

半年後（0.5年後）の資源尾数の予測には、14式を用いた。ここでhは年間のFの半年分のFへの配分率であり、漁獲量の年後半と次年前半の平均的な比率から年後半は0.8年前半は0.2とした。ただし、卓越年級群出現時には同様な漁獲量比は年の前半後半とも0.5とした。

$$N_{a+0.5,y+0.5} = N_{a,y} \exp\left(-hF_{a,y} - \frac{M}{2}\right) \quad (14)$$

漁獲尾数は(15)式によった。

$$C_{a,0.5y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-hF_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M}{4}\right) \quad (15)$$

なお、漁獲尾数をVPAの式で推定してもほとんど変化がなかった。

重み付き動的%SPR(%SPR<sub>d</sub>)とは、(14)式のように漁獲が現実どおりであった時と漁獲がなかった場合のある年における産卵親魚量の比によって定義され、前述の静的%SPRよりも漁業が資源に与えた影響を良く反映している（松田ほか、2002）。

$$\%SPR_t = \frac{\sum_{a=0}^{a_{\max}} N_{0,t-a} W_{a,t} m_{a,t} s_{a,t}}{\sum_{a=0}^{a_{\max}} N_{0,t-a} W_{a,t} m_{a,t} s_{a,t}^*} \quad (16)$$

ここで、 $m_{a,t}$ は a 歳 t 年の成熟率、 $N_{0,t-a}$ は t-a 年の加入尾数、 $s_{a,t}$ は a 歳 t 年までの生残率 (\*は漁獲が無かった場合)、 $W_{a,t}$ は a 歳 t 年の体重である。また、年級群%SPR(%SPR<sub>y</sub>)とは、(15)式のように、ある年級群について漁獲が現状どおりであった時と漁獲がなかった場合の産卵親魚量の比によって定義した。その年級に加わった漁獲の大きさをSSBの減少の大きさを示したものである。

$$\%SPR_y = \frac{\sum_{a=0}^{a_{\max}} W_{a,y} m_{a,y} s_{a,y}}{\sum_{a=0}^{a_{\max}} W_{a,y} m_{a,y} s_{a,y}^*} \quad (17)$$

ここで、 $m_{a,y}$ は y 年級群の a 歳の成熟率、 $s_{a,y}$ は y 年級群の a 歳までの生残率 (\*は漁獲が無かった場合)、 $W_{a,y}$ は y 年級群の a 歳における体重である。

### 補足資料3：資源量調査の経過及び結果

マサバ、マイワシなどの小型浮魚類を対象とした資源量調査の概要を補足表3-1に示した。補足図2にはロシアが広範囲な海域で浮魚類に対して行っている表中層トロール調査結果(イワノフ, 2003)も合わせて示した。

補足表3-1. 太平洋における浮魚類の資源量調査の概要

機 関	期 間	月	海 域	対 象	漁 具	調査船
中央ブ ック水 研 水試		周年	我が国太平洋中 部・南部沿岸沖合	卵、稚仔	改良ノル パックネ ット	蒼鷹丸など
北大水産 学部	1979年～	6～8 月	35-50° N, 155° E、 170° E, 175° E	浮魚群集	流し網	北星丸
東北水研 八戸支所	1984年～	9～ 11月	道東・三陸沖、 37-43° N, 140-148° E	浮魚類	流し網・ (2001年 から表層 トロール)	北鳳丸
北海道釧 路水試	1994年～	6～ 11月	道東・三陸沖、 38-42° N, 143-148° E	浮魚類	流し網	北辰丸
茨城水試	1996年～	6月	常磐・三陸沖	浮魚類	流し網	水戸丸
中央水研 黒潮研究 部	2000年～	3～4 月	熊野灘～薩南海域 の沿岸・沖合	浮魚類	方形枠稚 魚ネット	とりしま
中央水研 生物生態 部	1996年～	5～6 月	黒潮続流域、黒潮親 潮移行域、38-40° N, 141-170° E	浮魚類幼 魚	表中層ト ロール	但州丸・北 鳳丸(02年)
中央水 研・東北水 研	2000年～	5～6 月	黒潮親潮および移 行域	浮魚類成 魚、スル メイカ	表中層ト ロール	開洋丸・俊 鷹丸
中央水 研・東北水 研	2002年～	1月	三陸南部～鹿島灘 沖合	浮魚類成 魚	表中層ト ロール	開洋丸

(1) 産卵状況調査結果：卵においてマサバ、ゴマサバの判別は卵径の差により技術的に可能であり、近年の標本を対象に現在測定が進められているが、現状ではサバ属卵として同定しているため、マサバのみの産卵量を推定することはできない。太平洋側におけるサバ属の産卵状況の調査結果(中央ブロッコ卵稚仔プランクトン調査研究担当者協議会, 2003)によると、産卵

量は 1960 年代と 1970 年代中期にピークを持ち、1980 年代後半から低水準にある。

補足表 3 - 2 . 各種資源量指数

暦年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
未成魚越冬群指数	790	64	0	506	2,350	49	0	51	1,496	0	798	0	
但州丸・北鳳丸加入量指数 2003年型					16,144	9,134	23	2,578	804	9	183	23	
但州丸・北鳳丸加入量指数 2004年型(対数)					17	12	8	14	13	8	11	7	13
釧路水試流し網0歳魚 CPUE			5.5	20.4	25.0	1.1	1.3	3.4	6.8	0.1	5.2	4.7	
釧路水試流し網1歳以上 CPUE			16.2	1.9	0.1	18.6	2.9	0.0	0.3	0.5	0.0	2.0	
東北水研南下期0歳魚有漁点割合(流し網)	28.1	17.9	3.8	5.0	46.4	4.2	13.0	12.5	15.4	3.8	21.4		
東北水研南下期0歳魚有漁点割合(トロール)										12.0	56.3	25	
東北水研南下期0歳魚 CPUE	4.1	8.1	0.0	0.0	1.8	0.1	0.0	0.8	8.5	0.6	1.1		
開洋丸越冬期CPUE(明け1歳以上)											0.0	9.6	0.66
開洋丸北上期CPUE(明け1歳以上)										0.5	0.0	11.1	0.07
サバ類産卵量	71	56	100	43	36	86	96	194	75	165	39	36	46
ロシア表中層トロール0歳魚指数	0		0		0					38	31,600		

## (2) 流し網調査

北大水産学部の流し網調査では 1990 年以降マサバはほとんど漁獲されていない。東北水研の流し網調査ではマサバ有漁地点割合は 1980 年代後半から 1990 年代にかけて減少し、1992 年と 1996 年には当歳魚の出現率が高かったが、平均漁獲尾数は後述のコホート解析による結果とあまり一致していなかった(補足表 3 - 2)。釧路水試の流し網調査では主に当歳魚が漁獲され、1995 年、1996 年、2002 年級群で高い CPUE を示したが、2000 年級群は中程度の値であった(図 4、付表 5)。2001 年級群は CPUE が極めて低かった。水戸丸の流し網調査データは採集位置に年変動が大きいことによりここでは示さない。

## (3) 表中層トロール調査

黒潮続流域で表中層トロールにより採集されたマサバ幼稚魚の分布密度を表面水温で補正した 0 歳魚資源量指数は、1996 年～1999 年はコホート解析で得た 0 歳魚資源尾数と良い対応が知られている(西田ほか, 2001a)。しかし、2000 年級群の指数は 1996 年級群の 2 倍程度の値であったにもかかわらず、実際の資源量はかなり小さく 1999 年級程度と考えられる。この原因として、1996 年の調査が他の年より半月ほど遅い時期(6 月を中心)に行われたこと、および 2000 年級の体長組成が小さかったことが考えられた。そのため、平成 14 年の資源評価では、(1)各年の体長組成および初期成長(約 1mm/日)から推定した全減少係数  $Z$  を用いて観測された漁獲尾数から尾叉長 50mm に相当する漁獲尾数を推定し、(2)さらに各年の調査期間の中日を 6 月 1 日に標準化して、加入量指数とした。平成 15 年度の黒潮続流域表中層トロール結果を 14 年度の手法で計算すると、全減少係数  $Z$  の値が高いため極めて不自然な指数が算出された。そのため、今年度は全年の平均  $Z$  を全年に対して適用して他は平成 14 年度と同様の方法で加入

量指数を計算した。2003年の加入量指数は調査を開始した1996年以降最低であった。2004年の加入量指数は、1999年、1997年、2000年、2002年程度の比較的高い値であった。

2003年6～11月の釧路水試による流し網調査の当歳魚CPUEは2002年程度の比較的高い値を示したが、コホート解析の結果は2003年級の加入量は約1億尾と1970年のコホート解析の中で最低であった。

越冬期の明け1歳以上のマサバを対象とした表中層トロール調査（開洋丸）は2002年に開始された。2002年には沿岸でまき網漁獲が見られたのに対して沖合に位置した調査海域ではサバ類の漁獲は極めて少なかった。2003年の調査では2002年級群が比較的多く見られた。2004年調査では極めて少なかった。明け1歳以上のマサバを対象とした北上期の表中層トロール調査は2000年から開始された（2000年は俊鷹丸による予備的調査、2001年以降は開洋丸）。2002年の調査ではサバ類の漁獲は皆無であり、前2年より資源量は少ないものと考えられた。2003年の調査ではマサバが比較的多く漁獲されたが、2004年には少なかった。

ロシアのTINROは1980年代から大型の表中層トロールを用いて亜寒帯水域の調査を行っている（イワノフ、2003）。この調査で得られたマサバ当歳魚の資源量指数は、概ねコホート解析や他の指数と同様な傾向を示している。

#### （4）未成魚越冬群指数

茨城県水産試験場により1985年級群から継続して算定されている。その定義は以下のとおりである。年明け後の冬春季に、未成魚（尾叉長24cm以下）がまき網漁獲物（標本）の50%（尾数比）を越えている期間の越冬場（35～37°N、142°E以西のまき網漁場域（房総～常磐南部海域））における緯度・経度10分升目毎のまき網1日1投網平均漁獲量の総和。この指数は1980年代後期に急減し、1990年代は極めて低いが、1992年級群、1996年級群、2000年級群では高かった。但し、2000年級群を対象とした冬季の常磐海域のまき網漁獲は断続的であり、14年度の評価においても2000年級に対する指数は過大評価の可能性が指摘されていた、後述のように15年の資源評価の結果2000年級群は卓越でなかった。そのため2000年の指数はチューニングには用いなかった。2001年級群の指数は1999年級群並みで低い。2002年級群の指数は1992年級並みに高いが、1996年級にははるかに及ばない。2003年級群の指数はゼロであったが、チューニングには0.1として扱った。

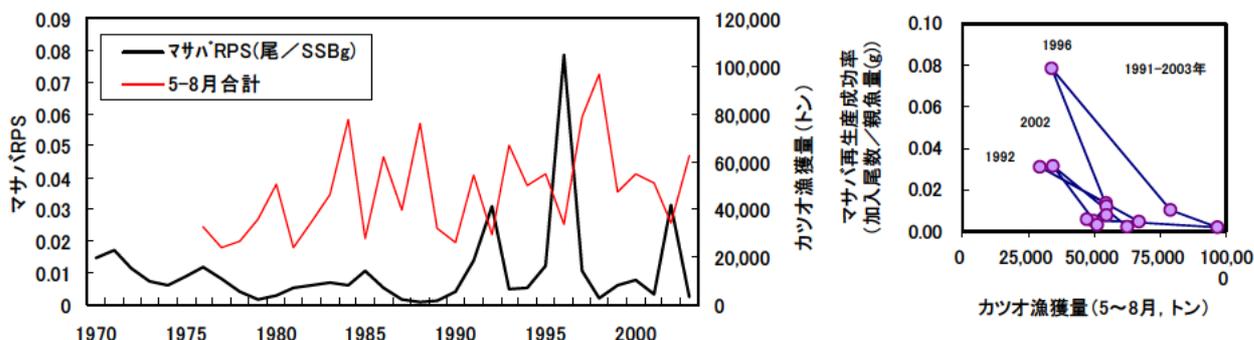
#### （5）方形枠網調査

浮魚類稚魚を対象として、中央水産研究所黒潮研究部により2000年から春季に調査が開始された。2000年のサバ類（全長8～15mm主体）の採集尾数は594尾（出現した定点数32）、2001年は478尾（出現した定点数37）であった。2002年は804尾（出現した定点数32）であった。2003年は調査船が利用できなかった。今後データの蓄積を計り、熊野灘以西の新規加入量予測の検討に資する予定である。

**補足資料4：東北海域カツオ竿釣り漁獲量とマサバ太平洋系群の再生産の関係**

マサバの捕食者の1種としてカツオが知られる(川崎, 1965)。カツオは初夏に黒潮流路あるいは房総半島の東沖を北上する(遠洋水産研究所, 2002)。この北上回遊においてマサバ稚魚を捕食する可能性が高い。常磐・三陸沖で操業する近海竿釣り船はカツオをほとんど唯一の対象としており、10年程度のスパンで考えた場合、この漁業によるカツオ漁獲量がこの海域へのカツオ来遊量のある程度反映すると考えられる(遠洋水産研究所、小倉未紀室長の私信)。そこで、マサバの再生産成功率 RPS とカツオ竿釣り漁獲量の関係を検討したところ相関は低かった。まき網のカツオ漁獲量とも相関は低かったが、竿釣りともまき網の合計漁獲量は負の関係が示唆された(補足図4-1)。

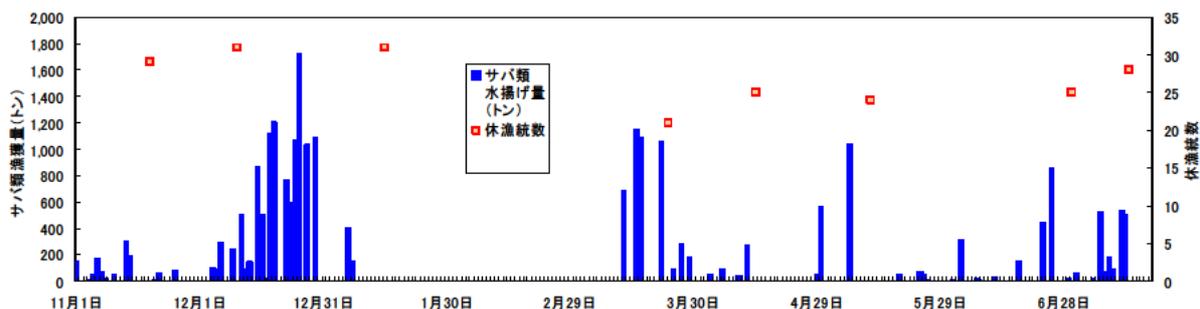
マサバの高いRPSが得られた年にはカツオの漁獲量が少ないと考えられた(2004年もこの例に当てはまる可能性がある)。しかし、カツオが少ない年に必ずRPSが高いわけではないし、まき網と竿釣りの合計カツオ漁獲量が意味することは今後検討する必要がある。



補足図4-1. カツオの東北海域における竿釣りともまき網漁獲量(遠洋水産研究所資料)とマサバ太平洋系群の再生産成功率RPSの推移(右図は1991年以降)

**補足資料5：北部太平洋におけるサバ類の毎日の漁獲量と資源回復計画によるまき網の休漁統数**

北部太平洋におけるサバ類の毎日の漁獲量と資源回復計画によるまき網の休漁統数(共に北部太平洋まき網漁業協同組合連合会提供)は下図の通りである。休漁は各月の第1火曜日から第2週の月曜日までのサバ類の漁獲量が500トン程度を超えた場合に発動され、第2火曜日正午から水曜日正午までが原則的に休漁となる。



付表1 . マサバ太平洋系群の漁業種および海区別漁獲量 ( t ) ( 漁期年は7月～6月 )

漁期年	合計		中区・北区					南区
	太平洋全体	北部まき網	定置網	ロシア	中型まき網	り・たも すくい	棒受け網	全漁業
1960	1,313	1,313	0	0	0	0	0	0
1961	8,614	8,614	0	0	0	0	0	0
1962	6,685	6,685	0	0	0	0	0	0
1963	17,626	17,268	358	0	0	0	0	0
1964	151,365	57,424	2,326	0	0	91,615	0	0
1965	274,376	157,719	835	0	0	115,822	0	0
1966	334,962	195,306	3,766	9	0	135,881	0	0
1967	462,310	327,541	2,213	5,991	0	126,565	0	0
1968	616,790	462,277	6,318	15,002	0	133,193	0	0
1969	566,746	455,652	9,553	15,998	650	84,893	0	0
1970	862,537	749,335	14,178	32,000	4,072	52,219	0	10,733
1971	870,326	741,119	8,168	62,000	7,253	31,847	0	19,939
1972	867,226	661,298	6,747	122,604	7,414	47,833	0	21,330
1973	842,794	565,590	11,485	182,996	7,308	49,011	0	26,404
1974	902,798	554,472	15,579	240,000	4,535	47,065	0	41,147
1975	918,917	579,950	34,242	173,806	6,370	90,332	0	34,218
1976	707,857	352,460	19,515	144,643	5,468	154,374	0	31,397
1977	1,095,830	761,810	4,400	158,034	9,250	132,210	0	30,125
1978	1,474,434	1,045,072	9,662	220,350	3,942	177,396	0	18,012
1979	1,307,310	969,568	11,783	171,028	4,347	130,915	0	19,668
1980	636,825	482,153	8,323	47,616	3,342	73,076	0	22,316
1981	390,202	298,344	6,134	42,348	3,973	9,651	0	29,753
1982	321,948	254,320	5,614	29,954	5,778	298	0	25,984
1983	391,425	338,760	3,255	13,502	4,569	762	0	30,577
1984	557,085	479,173	9,180	29,517	7,425	4,567	0	27,223
1985	448,438	384,355	3,616	2,708	20,518	14,653	0	22,588
1986	640,622	541,248	3,856	41,902	10,767	15,882	422	26,545
1987	348,747	259,765	2,910	20,914	5,605	21,458	46	38,048
1988	271,709	223,576	3,975	7,703	9,214	6,463	62	20,718
1989	133,945	101,051	1,138	0	7,055	8,176	449	16,077
1990	23,966	7,933	1,421	0	4,578	1,513	599	7,922
1991	23,359	5,967	1,207	0	3,753	4,920	174	7,338
1992	83,778	46,761	19,344	0	4,765	1,839	180	10,889
1993	404,467	347,968	28,043	0	14,725	965	213	12,554
1994	117,237	74,801	22,769	0	10,850	1,571	48	7,198
1995	144,985	105,883	24,122	0	4,006	1,573	24	9,377
1996	264,119	219,303	32,697	0	3,244	9	5	8,861
1997	339,140	295,935	27,333	0	7,180	1,445	0	7,247
1998	113,748	97,725	9,513	0	2,445	274	0	3,791
1999	73,065	50,384	14,206	0	2,794	35	2	5,643
2000	93,040	76,232	12,046	0	1,939	0	0	2,822
2001	57,059	44,104	6,777	0	1,250	0	4	4,924
2002	51,656	37,487	10,849	0	1,205	35	0	2,080
2003	69,860	49,364	17,238	0	620	38	0	2,600

付表2 . 年齢別漁獲尾数(x10<sup>5</sup> 尾)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
0	9,004	3,461	559	865	3,340	12,637	5,832	6,947	12,658	4,403	1,662	2,526	955	2,029	5,259	3,690	1,579
1	12,820	8,776	18,983	6,337	1,687	4,156	7,863	18,933	13,330	12,358	2,159	1,935	2,795	2,367	5,267	3,922	12,360
2	10,891	9,920	7,101	11,361	7,835	5,883	5,179	6,680	13,944	17,934	2,755	1,561	2,472	3,658	3,435	2,469	5,048
3	3,853	3,253	2,539	5,225	10,055	6,536	4,266	4,420	6,247	8,982	3,808	1,857	1,319	1,867	2,007	1,897	2,483
4	1,366	1,162	767	1,839	3,219	4,169	2,372	2,299	3,308	2,835	3,031	1,922	624	629	865	758	730
5	529	631	370	503	273	1,600	407	818	1,702	1,184	1,402	790	518	360	442	390	255
6+	445	184	190	113	4	319	35	132	109	275	369	33	112	192	170	212	84
<b>合計</b>	38,909	27,386	30,508	26,243	26,412	35,300	25,954	40,229	51,299	47,970	15,186	10,624	8,796	11,103	17,445	13,338	22,540

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0	675	515	321	50	278	3,256	1,077	1,259	4,260	14,801	1,564	331	1,271	2,308	97	2,734	351
1	3,104	956	211	145	191	117	10,694	963	1,357	1,917	9,438	664	158	1,021	764	158	2,086
2	3,136	2,258	482	50	101	145	2,675	1,003	558	226	658	1,737	206	172	381	53	272
3	1,682	2,270	697	91	67	133	438	289	309	190	142	135	353	116	34	59	63
4	413	234	769	54	39	72	58	49	95	93	67	12	95	148	41	33	33
5	188	36	42	35	17	113	18	17	37	42	40	4	13	8	47	48	20
6+	53	16	6	7	2	83	14	18	16	24	24	1	5	2	6	1	18
<b>合計</b>	9,251	6,284	2,527	432	696	3,920	14,974	3,598	6,633	17,293	11,934	2,883	2,101	3,774	1,369	3,086	2,844

付表3 . 年齢別資源尾数(x10<sup>5</sup> 尾)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
0	101,988	141,382	83,423	71,540	78,541	103,535	144,018	117,007	62,493	29,308	29,522	33,743	28,835	31,754	36,045	49,981	18,329
1	52,704	60,993	91,937	55,463	47,246	49,913	59,055	91,763	72,744	31,526	16,041	18,428	20,550	18,546	19,624	19,856	30,482
2	23,405	24,832	33,700	46,086	31,989	30,289	30,055	33,148	46,009	37,849	11,015	8,985	10,768	11,487	10,494	8,842	10,099
3	8,139	6,772	8,524	16,776	21,591	15,029	15,487	15,906	16,750	19,424	10,687	5,128	4,745	5,195	4,705	4,222	3,905
4	3,340	2,301	1,876	3,635	6,968	6,241	4,723	6,889	7,044	6,114	5,667	4,047	1,917	2,100	1,953	1,511	1,277
5	912	1,121	591	630	931	2,035	770	1,224	2,735	2,013	1,777	1,317	1,139	774	893	601	392
6+	766	328	303	142	12	406	65	198	175	468	469	55	246	413	343	328	130
計	191,255	237,728	220,355	194,270	187,279	207,447	254,173	266,134	207,951	126,702	75,179	71,703	68,200	70,268	74,057	85,340	64,614
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0	5,831	2,360	2,186	3,558	10,173	28,389	5,874	5,440	11,744	42,763	5,147	1,732	4,976	4,833	1,688	10,975	940
1	10,994	3,356	1,161	1,203	2,344	6,591	16,363	3,055	2,616	4,384	16,547	2,169	891	2,295	1,350	1,053	5,119
2	10,313	4,828	1,467	605	687	1,414	4,322	2,213	1,259	642	1,369	3,365	910	468	702	279	576
3	2,637	4,345	1,387	589	365	378	830	707	662	387	245	379	834	441	173	159	144
4	585	391	1,054	359	320	190	145	198	237	191	104	48	144	270	201	88	59
5	258	54	71	77	197	183	68	50	92	81	51	14	22	18	60	101	32
6+	72	24	10	15	27	134	51	54	41	46	31	3	8	5	7	2	29
計	30,689	15,357	7,335	6,406	14,114	37,280	27,654	11,717	16,652	48,495	23,495	7,711	7,784	8,331	4,182	12,657	6,898

付表4 . 年齢別漁獲係数(F)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<b>0</b>	0.11	0.03	0.01	0.01	0.05	0.16	0.05	0.08	0.28	0.20	0.07	0.10	0.04	0.08	0.20	0.09	0.11
<b>1</b>	0.35	0.19	0.29	0.15	0.04	0.11	0.18	0.29	0.25	0.65	0.18	0.14	0.18	0.17	0.40	0.28	0.68
<b>2</b>	0.84	0.67	0.30	0.36	0.36	0.27	0.24	0.28	0.46	0.86	0.36	0.24	0.33	0.49	0.51	0.42	0.94
<b>3</b>	0.86	0.88	0.45	0.48	0.84	0.76	0.41	0.41	0.61	0.83	0.57	0.58	0.41	0.58	0.74	0.80	1.50
<b>4</b>	0.69	0.96	0.69	0.96	0.83	1.69	0.95	0.52	0.85	0.84	1.06	0.87	0.51	0.46	0.78	0.95	1.20
<b>5</b>	1.23	1.16	1.44	3.72	0.44	3.22	1.04	1.69	1.43	1.27	3.30	1.32	0.81	0.84	0.93	1.57	1.58
<b>6+</b>	1.23	1.16	1.44	3.72	0.44	3.22	1.04	1.69	1.43	1.27	3.30	1.32	0.81	0.84	0.93	1.57	1.58
<b>Fba</b>	0.76	0.72	0.66	1.34	0.43	1.35	0.56	0.71	0.76	0.85	1.26	0.65	0.44	0.49	0.64	0.81	1.08
<b>r</b>																	
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>0</b>	0.15	0.31	0.20	0.02	0.03	0.15	0.25	0.33	0.59	0.55	0.46	0.27	0.37	0.88	0.07	0.36	0.61
<b>1</b>	0.42	0.43	0.25	0.16	0.11	0.02	1.60	0.49	1.00	0.76	1.19	0.47	0.24	0.78	1.18	0.20	0.69
<b>2</b>	0.46	0.85	0.51	0.11	0.20	0.13	1.41	0.81	0.78	0.56	0.88	1.00	0.32	0.60	1.08	0.27	0.86
<b>3</b>	1.51	1.02	0.95	0.21	0.25	0.56	1.03	0.69	0.85	0.91	1.23	0.57	0.73	0.39	0.28	0.60	0.77
<b>4</b>	1.98	1.31	2.22	0.20	0.16	0.63	0.67	0.36	0.67	0.91	1.57	0.37	1.66	1.11	0.29	0.60	1.19
<b>5</b>	2.23	1.66	1.27	0.82	0.11	1.42	0.39	0.53	0.66	1.01	3.04	0.37	1.36	0.75	3.02	0.87	1.46
<b>6+</b>	2.23	1.66	1.27	0.82	0.11	1.42	0.39	0.53	0.66	1.01	3.04	0.37	1.36	0.75	3.02	0.87	1.46
<b>Fba</b>	1.28	1.03	0.95	0.33	0.14	0.62	0.82	0.53	0.74	0.82	1.63	0.49	0.87	0.75	1.28	0.54	1.00
<b>r</b>																	

付表5. 資源量(1000トン)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
<b>0</b>	771	907	649	720	555	471	1,093	1,051	605	206	183	360	325	245	433	407	180
<b>1</b>	992	1,239	2,077	1,305	1,115	913	907	1,708	1,898	690	262	389	479	371	438	479	607
<b>2</b>	674	956	1,141	1,316	1,056	1,006	871	1,011	1,417	1,201	366	289	297	353	380	332	284
<b>3</b>	329	373	392	594	841	644	701	716	666	837	479	225	208	209	257	206	159
<b>4</b>	178	187	111	161	337	302	250	388	363	328	308	254	112	100	128	112	73
<b>5</b>	60	119	44	38	65	115	53	82	164	130	120	96	78	45	69	51	30
<b>6+</b>	56	41	26	13	1	31	6	17	16	35	45	6	19	27	34	31	12
<b>合計</b>	3,059	3,821	4,439	4,147	3,970	3,482	3,881	4,972	5,128	3,426	1,762	1,620	1,517	1,348	1,739	1,619	1,345
<b>SSB</b>	691	837	722	951	1,287	1,165	1,201	1,434	1,567	1,606	1,014	646	484	465	576	480	343
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<b>0</b>	50	40	45	60	172	407	84	79	124	505	78	29	84	76	23	124	12
<b>1</b>	268	85	38	44	72	190	465	90	106	114	476	70	27	84	47	37	121
<b>2</b>	346	165	62	35	34	60	159	105	60	29	59	150	47	20	31	13	22
<b>3</b>	118	191	74	39	21	20	36	41	41	21	13	20	51	23	10	9	8
<b>4</b>	38	26	63	30	21	14	10	13	19	12	7	4	12	16	13	6	4
<b>5</b>	22	5	6	7	16	18	6	4	8	6	4	1	2	2	4	8	3
<b>6+</b>	8	3	1	2	3	15	6	6	4	4	3	0	1	1	1	0	3
<b>合計</b>	849	514	290	217	338	724	766	339	363	691	638	274	223	221	129	197	172
<b>SSB</b>	324	290	169	92	74	91	122	107	97	55	49	85	84	61	55	35	41

付表 6 . 年齢別漁獲重量 ( 1000 トン )

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
0	68	22	4	9	24	57	44	62	123	31	10	27	11	16	63	30	15
1	241	178	429	149	40	76	121	352	348	271	35	41	65	47	118	95	246
2	314	382	241	324	259	195	150	204	429	569	91	50	68	112	124	93	142
3	156	179	117	185	392	280	193	199	248	387	171	82	58	75	110	93	101
4	73	94	45	82	156	202	126	129	170	152	165	121	36	30	57	56	42
5	35	67	27	31	19	91	28	55	102	77	95	58	35	21	34	33	19
6+	33	23	16	10	0	24	3	11	10	20	35	4	8	12	17	20	8
計	919	946	879	790	889	926	665	1,013	1,430	1,506	602	382	282	313	523	420	574

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0	6	9	7	1	5	47	15	18	45	175	24	5	21	36	1	31	4
1	76	24	7	5	6	3	304	28	55	50	271	22	5	37	27	6	49
2	105	77	21	3	5	6	98	48	26	10	28	78	11	7	17	2	10
3	75	100	37	6	4	7	19	17	19	10	8	7	21	6	2	3	3
4	27	15	46	4	3	5	4	3	8	6	4	1	8	9	3	2	3
5	16	3	3	3	1	11	2	1	3	3	3	0	1	1	3	4	2
6+	6	2	1	1	0	9	2	2	2	2	2	0	1	0	1	0	2
計	310	230	121	24	24	89	444	118	159	256	340	113	68	97	53	48	73

付表 7. 将来予測に用いた Flimit (上) と Fsus (下)

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0	0.61	0.61	0.12	0.29	0.30	0.37	0.39	0.42	0.43	0.43	0.44
1	0.69	0.69	0.14	0.33	0.34	0.42	0.44	0.47	0.48	0.49	0.49
2	0.86	0.86	0.17	0.42	0.43	0.53	0.55	0.59	0.60	0.61	0.62
3	0.77	0.77	0.15	0.37	0.38	0.47	0.49	0.53	0.54	0.55	0.55
4	1.19	1.19	0.24	0.57	0.59	0.72	0.76	0.81	0.83	0.84	0.85
5	1.46	1.46	0.29	0.71	0.72	0.89	0.94	1.00	1.02	1.04	1.04
6+	1.46	1.46	0.29	0.71	0.72	0.89	0.94	1.00	1.02	1.04	1.04
Fbar	1.00	1.00	0.201	0.49	0.50	0.61	0.65	0.69	0.70	0.71	0.72

年齢	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0	0.61	0.61	0.38	0.67	0.42	0.48	0.44	0.45	0.44	0.44	0.44
1	0.69	0.69	0.43	0.76	0.48	0.54	0.49	0.51	0.50	0.50	0.50
2	0.86	0.86	0.53	0.95	0.60	0.68	0.62	0.63	0.62	0.62	0.62
3	0.77	0.77	0.47	0.85	0.53	0.60	0.55	0.56	0.55	0.56	0.55
4	1.19	1.19	0.73	1.31	0.82	0.93	0.85	0.87	0.85	0.86	0.85
5	1.46	1.46	0.90	1.61	1.01	1.15	1.05	1.07	1.05	1.06	1.05
6+	1.46	1.46	0.90	1.61	1.01	1.15	1.05	1.07	1.05	1.06	1.05
Fbar	1.00	1.00	0.621	1.11	0.70	0.79	0.72	0.74	0.72	0.73	0.72

付表 8 . ABC limit の計算 (左は漁期年単位の計算, 右は半年単位の計算)

(A)使用したパラメータ		年齢別漁獲係数(F)					
M=	0.4	年齢	2003	2004	2005	2006	
		<b>0</b>	0.61	0.61	0.12	0.29	
		<b>1</b>	0.69	0.69	0.14	0.33	
F	3.174	<b>2</b>	0.86	0.86	0.17	0.42	
		<b>3</b>	0.77	0.77	0.15	0.37	
		<b>4</b>	1.19	1.19	0.24	0.57	
	Blimit	<b>5</b>	1.46	1.46	0.29	0.71	
	450	<b>6+</b>	1.46	1.46	0.29	0.71	
<b>(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	10,975	940	10,000	3,282	7,931	8,107	
1	1,053	5,119	343	3,646	1,948	3,961	
2	279	576	1,723	115	2,129	936	
3	159	144	163	488	65	941	
4	88	59	45	51	281	30	
5	101	32	12	9	27	106	
6+	2	29	10	3	6	11	
Total	12,657	6,898	12,295	7,595	12,387	14,093	
RPS	0.031	0.002	0.014	0.008	0.008	0.008	
SSB	35	41	73	41	100	102	
<b>(D)年齢別資源量(x1,000t)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	124	12	133	44	105	108	
1	37	121	11	119	64	129	
2	13	22	73	5	90	40	
3	9	8	9	27	4	52	
4	6	4	3	3	18	2	
5	8	3	1	1	2	9	
6+	0	3	1	0	1	1	
Biomass	197	172	231	199	284	341	
<b>(E)年齢別漁獲尾数(x100,000Indivs.)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	2,734	351	3,734	308	1,656	1,724	
1	158	2,086	140	384	451	935	
2	53	272	815	15	594	266	
3	59	63	72	57	17	243	
4	33	33	25	9	100	11	
5	48	20	8	2	11	45	
6+	1	18	6	1	3	5	
Total	3,086	2,844	4,799	776	2,831	3,229	
<b>(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	36	5	50	4	22	23	
1	5	68	5	13	15	31	
2	2	12	34	1	25	11	
3	3	4	4	3	1	14	
4	2	2	2	1	7	1	
5	4	2	1	0	1	4	
6+	0	2	1	0	0	0	
Catch	53	94	95	21	70	83	
漁獲割合	27%	54%	41%	11%	25%	24%	

付表 9 . ABC target の計算 (左は漁期年単位の計算, 右は半年単位の計算)

(A)使用したパラメータ		年齢別漁獲係数(F)					
M=	0.4	年齢	2003	2004	2005	2006	
		<b>0</b>	0.61	0.61	0.10	0.24	
		<b>1</b>	0.69	0.69	0.11	0.27	
F=Flimit*0.8	2.539	<b>2</b>	0.86	0.86	0.14	0.34	
		<b>3</b>	0.77	0.77	0.12	0.31	
		<b>4</b>	1.19	1.19	0.19	0.47	
	Blimit	<b>5</b>	1.46	1.46	0.23	0.58	
	450	<b>6+</b>	1.46	1.46	0.23	0.58	
<b>(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	10,975	940	10,000	3,282	8,164	8,940	
1	1,053	5,119	343	3,646	1,996	4,295	
2	279	576	1,723	115	2,189	1,017	
3	159	144	163	488	67	1,041	
4	88	59	45	51	289	33	
5	101	32	12	9	28	121	
6+	2	29	10	3	7	13	
Total	12,657	6,898	12,295	7,595	12,740	15,460	
RPS	0.031	0.002	0.014	0.008	0.008	0.008	
SSB	35	41	73	41	103	113	
<b>(D)年齢別資源量(x1,000t)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	124	12	133	44	108	119	
1	37	121	11	119	65	140	
2	13	22	73	5	92	43	
3	9	8	9	27	4	58	
4	6	4	3	3	19	2	
5	8	3	1	1	2	10	
6+	0	3	1	0	1	1	
Biomass	197	172	231	199	292	373	
<b>(E)年齢別漁獲尾数(x100,000Indivs.)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	2,734	351	3,734	250	1,439	1,706	
1	158	2,086	140	311	392	912	
2	53	272	815	12	520	261	
3	59	63	72	46	15	243	
4	33	33	25	7	89	11	
5	48	20	8	2	10	47	
6+	1	18	6	1	2	5	
Total	3,086	2,844	4,799	629	2,467	3,184	
<b>(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)</b>							
Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
0	36	5	50	3	19	23	
1	5	68	5	10	13	30	
2	2	12	34	1	22	11	
3	3	4	4	3	1	13	
4	2	2	2	0	6	1	
5	4	2	1	0	1	4	
6+	0	2	1	0	0	1	
Catch	53	94	95	17	62	82	
漁獲割合	27%	54%	41%	9%	21%	22%	

(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)							
Age/Year	0	940	Jan-04	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06
1	5,119	473	343	5,030	3,646	2,486	8,164
2	576	2,416	1,723	162	115	2,733	2,189
3	144	237	163	708	488	362	67
4	59	64	45	72	51	362	289
5	32	19	12	14	9	36	28
6+	29	8	10	3	9	6	7
Total	6,898	3,223	12,295	5,992	7,595	5,710	12,740
<b>(C)漁獲資源量(x1,000t)</b>							
Age/Year	0	12	Jan-04	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06
1	181	7	12	77	41	38	102
2	26	77	12	5	5	87	71
3	8	10	28	4	29	3	4
4	4	4	4	3	3	21	18
5	2	1	1	0	1	3	2
6+	3	1	1	0	0	1	1
Total	236	100	229	116	208	153	296
<b>(E)年齢別漁獲尾数(x100,000Indivs.)</b>							
Age/Year	0	328	Jan-04	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06
1	1,962	49	154	522	278	43	356
2	260	281	777	19	11	54	475
3	60	34	68	101	3	2	13
4	32	8	25	9	6	8	82
5	20	4	7	3	1	1	9
6+	18	2	6	1	1	0	2
Total	2,680	379	4,526	655	562	109	2,240
<b>(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)</b>							
Age/Year	0	4	Jan-04	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06
1	69	1	5	8	10	1	13
2	12	9	35	1	0	2	21
3	4	1	4	1	0	0	1
4	2	0	2	1	0	0	5
5	1	0	1	0	0	0	1
6+	2	0	1	0	0	0	0
Total	94	12	91	13	16	3	57

付表 10 . F<sub>sus</sub> による管理 ( 左は漁期年単位の計算 , 右は半年単位の計算 ) 付表 11 . F<sub>current</sub> による管理 ( 左は漁期年単位の計算 , 右は半年単位の計算 )

(A)使用したパラメータ		年齢別漁獲係数(F)					
M=	0.4	年齢	2003	2004	2005	2006	
		0	0.61	0.61	0.38	0.67	
		1	0.69	0.69	0.43	0.76	
F	9.806	2	0.86	0.86	0.53	0.95	
		3	0.77	0.77	0.47	0.85	
Blimit	450	4	1.19	1.19	0.73	1.31	
		5	1.46	1.46	0.90	1.61	
		6+	1.46	1.46	0.90	1.61	
(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006
		0	10,975	940	10,000	3,282	5,868
		1	1,053	5,119	343	3,646	1,510
		2	279	576	1,723	115	1,597
		3	159	144	163	488	2124
		4	88	59	45	51	203
		5	101	32	12	9	23
		6+	2	29	8	10	16
Total			12,657	6,898	12,295	7,595	9,243
RPS			0.031	0.002	0.014	0.008	0.008
SSB			35	41	73	41	46
(D)年齢別資源量(x1,000t)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006
		0	124	12	133	44	78
		1	37	121	11	119	49
		2	13	22	73	5	67
		3	9	8	9	27	3
		4	6	4	3	13	1
		5	8	3	1	1	3
		6+	0	3	1	0	0
Biomass			197	172	231	199	212
(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indivs.)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006
		0	2,734	351	3,734	843	2,352
		1	158	2,086	140	1,035	659
		2	53	272	815	39	803
		3	59	63	72	151	21
		4	33	33	25	22	122
		5	48	20	8	4	11
		6+	1	18	6	2	2
Total			3,086	2,844	4,799	2,095	3,970
Catch			53	94	95	57	97
漁獲割合			27%	54%	41%	29%	46%

(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)		年齢別漁獲係数(F)										
Age/Year	0	Jul-03	Jan-04	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07	Jul-07	Jan-08	Jul-08
	1	5,119	473	343	5,030	3,282	1,989	1,510				
	2	576	2,416	1,723	162	3,646	2,124	1,597				
	3	144	237	708	115	62	488	45				
	4	59	64	163	72	51	273	203				
	5	32	19	12	14	9	23	16				
	6+	29	8	10	3	3	4	3				
Total		6,898	7	12,295	5,992	7,595	4,475	9,243				
(C)産卵資源量(x1,000t)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007				
		0	124	12	133	44	78	49				
		1	37	121	11	119	49	66				
		2	13	22	73	5	67	20				
		3	9	8	9	27	3	23				
		4	6	4	3	13	1	1				
		5	8	3	1	1	3	3				
		6+	0	3	1	0	0	0				
Biomass			197	172	231	199	212	161				
(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indivs.)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007				
		0	2,734	351	3,734	843	2,352	1,036				
		1	158	2,086	140	1,035	659	623				
		2	53	272	815	39	803	174				
		3	59	63	72	151	21	140				
		4	33	33	25	22	122	6				
		5	48	20	8	4	11	19				
		6+	1	18	6	2	2	1				
Total			3,086	2,844	4,799	2,095	3,970	1,999				
Catch			53	94	95	57	97	51				
漁獲割合			27%	54%	41%	29%	46%	32%				

(A)使用したパラメータ		年齢別漁獲係数(F)					
M=	0.4	年齢	2003	2004	2005	2006	
		0	0.61	0.61	0.61	0.61	
		1	0.69	0.69	0.69	0.69	
F <sub>curr</sub> x	1.00	2	0.86	0.86	0.86	0.86	
		3	0.77	0.77	0.77	0.77	
F <sub>target</sub> Blimit	450	4	1.19	1.19	1.19	1.19	
		5	1.46	1.46	1.46	1.46	
		6+	1.46	1.46	1.46	1.46	
(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006
		0	10,975	940	10,000	3,282	5,868
		1	1,053	5,119	343	3,646	1,510
		2	279	576	1,723	115	1,228
		3	159	144	163	488	33
		4	88	59	45	51	152
		5	101	32	12	9	10
		6+	2	29	10	3	2
Total			12,657	6,898	12,295	7,595	7,082
RPS			0.031	0.002	0.014	0.008	0.008
SSB			35	41	73	41	56
(D)年齢別資源量(x1,000t)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006
		0	124	12	133	44	59
		1	37	121	11	119	39
		2	13	22	73	5	52
		3	9	8	9	27	2
		4	6	4	3	3	10
		5	8	3	1	1	1
		6+	0	3	1	0	0
Biomass			197	172	231	199	163
(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indivs.)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006
		0	2,734	351	3,734	1,226	1,666
		1	158	2,086	140	1,486	488
		2	53	272	815	55	580
		3	59	63	72	214	14
		4	33	33	25	29	86
		5	48	20	8	6	7
		6+	1	18	6	2	1
Total			3,086	2,844	4,799	3,017	2,842
Catch			53	94	95	82	70
漁獲割合			27%	54%	41%	41%	43%

(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)		年齢別漁獲係数(F)										
Age/Year	0	Jul-03	Jan-04	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07	Jul-07	Jan-08	Jul-08
	1	5,119	473	343	5,030	3,282	1,989	1,510				
	2	576	2,416	1,723	162	3,646	2,124	1,597				
	3	144	237	708	115	62	488	45				
	4	59	64	163	72	51	273	203				
	5	32	19	12	14	9	23	16				
	6+	29	8	10	3	3	4	3				
Total		6,898	7	12,295	5,992	7,595	4,475	9,243				
(C)産卵資源量(x1,000t)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007				
		0	124	12	133	44	78	49				
		1	37	121	11	119	49	66				
		2	13	22	73	5	67	20				
		3	9	8	9	27	3	23				
		4	6	4	3	13	1	1				
		5	8	3	1	1	3	3				
		6+	0	3	1	0	0	0				
Biomass			197	172	231	199	212	161				
(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indivs.)		Age/Year	2002	2003	2004	2005	2006	2007				
		0	2,734	351	3,734	1,226	1,666	1,155				
		1	158	2,086	140	1,486	488	663				
		2	53	272	815	55	580	191				
		3	59	63	72	214	14	153				
		4	33	33	25	29	86	6				
		5	48	20	8	6	7	20				
		6+	1	18	6	2	1	1				
Total			3,086	2,844	4,799	3,017	2,842	2,187				
Catch			53	94	95	82	70	56				
漁獲割合			27%	54%	41%	41%	43%	42%				