

平成 15 年マサバ太平洋系群の資源評価

責任担当水研：中央水産研所（谷津明彦、渡邊千夏子、西田 宏）

参 画 機 関：北海道区水産研究所、東北区水産研究所、中央水産研究所黒潮研究部、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（下表）。産卵親魚量（SSB）は 1980 年代初期の 50～60 万トンから 1990 年代には 5～12 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。現在の SSB は 3 万トン程度（過去最低）と推定される。そこで、当面の資源管理目標は 2005 年に SSB を 10 万トンとした。ABC の算定は以下のように行った。近年の非卓越群における SSB と加入量の間に見られた原点を通る直線関係から 2003 年と 2004 年の加入量を仮定し、この加入量の下で管理目標を達成する漁獲量を ABClimit とした。2003 年漁期の F を 30% 程度削減すると、2003 年漁期・2004 年漁期の漁獲量は 5 万トン程度で安定する（2004 年の ABC は 5 万 2 千トン）。

	2004 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	34 千トン	Frec	0.20	15%
ABCtarget	29 千トン	0.8 Frec	0.16	13%

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。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F 値	漁獲割合
2001	114	55	1.33	47 %
2002	174	51	0.60	28 %
2003	238			

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。

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。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年級群と2002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年級群の再生産成功率（産卵親魚量当たり加入尾数）は1992および1996年級群並みに高かったと推測される。

現状の産卵親魚量は過去最低である。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く、2005年に産卵親魚量10万トンを当面の管理目標とした。

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続流域および黒潮親

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

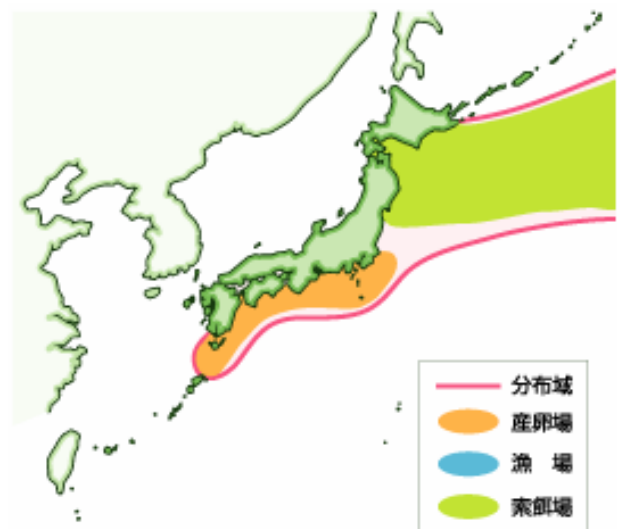


図1. マサバの分布模式図

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。

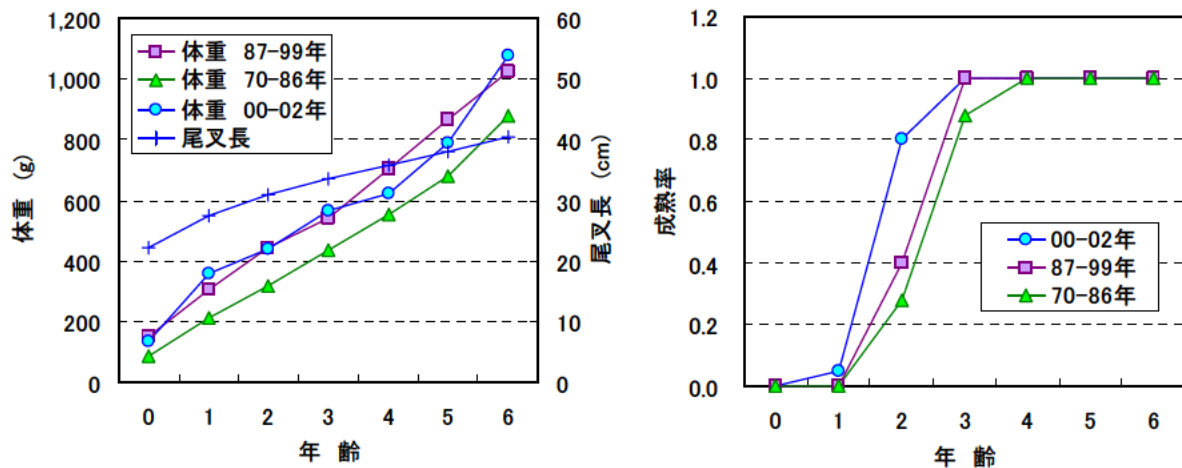


図2. 年齢と成長の関係（左）および年齢と成熟率の関係（右）
尾叉長、体重、成熟率は表示期間の平均的な値である

（2）年齢・成長

1970～1997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。

（3）成熟・産卵生態

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5～9万粒である（加藤・渡邊, 2002）。今年度から2000年以降の成熟率を1歳5%、2歳80%に引き上げた。

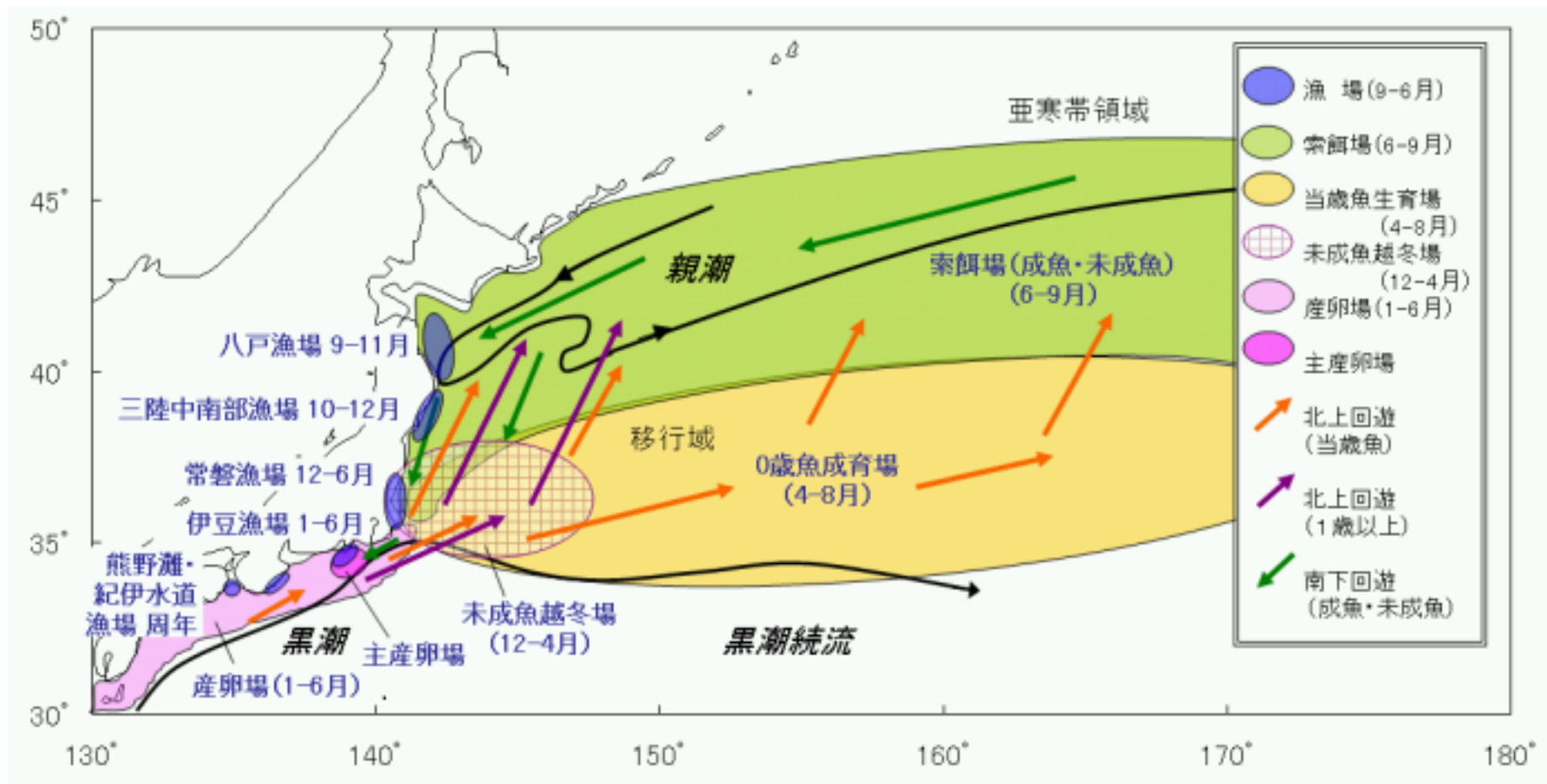


図3. マサバ太平洋系群の生活史と漁場形成模式図

(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、シマカツオ、ビンナガ、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応じて変化している（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。

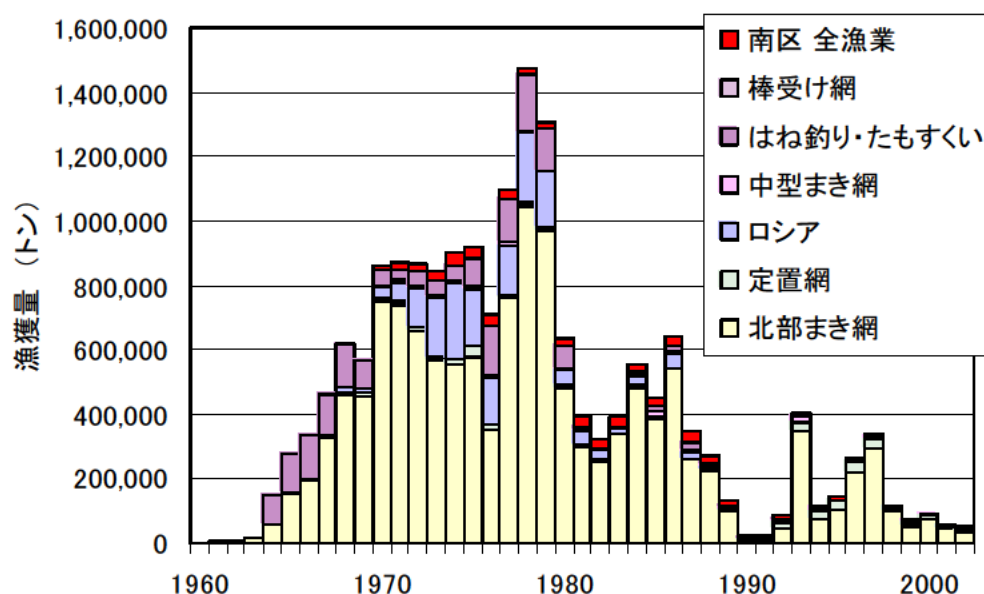


図 4. マサバ太平洋系群の国別・漁業種別漁獲量の推移

（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 12～24 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）内で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、さば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さば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。

（３）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 999 回、ゴマサバのそれは 118 回であった。

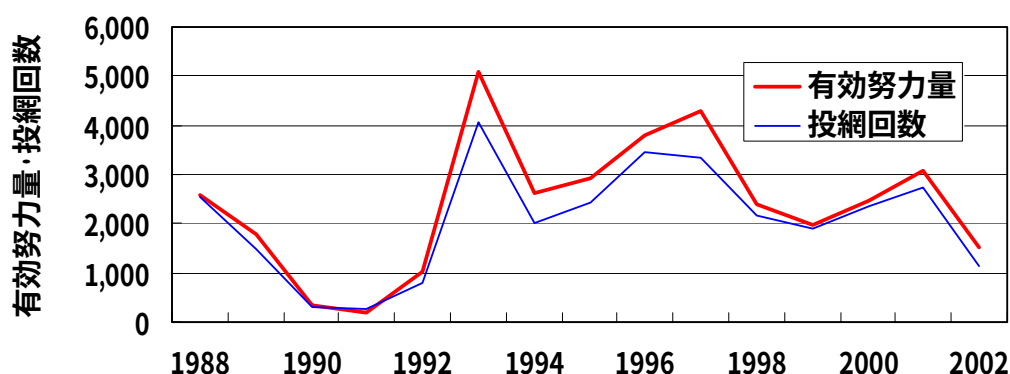


図 5. 北部まき網漁業のサバ類に対する有効努力量の推移（JAFIC 資料）

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、最近年の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。

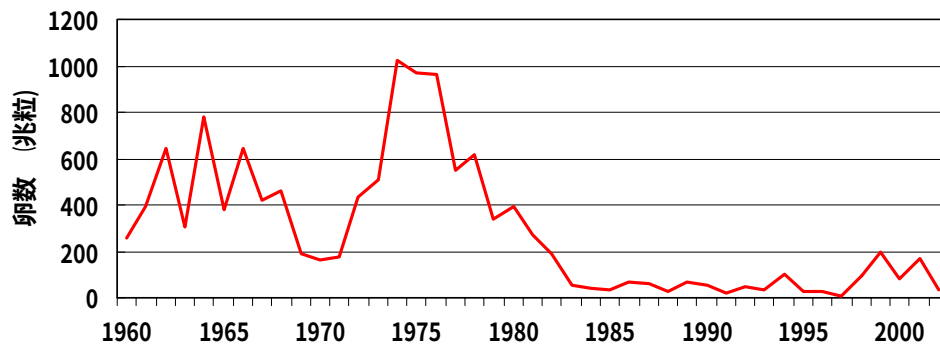


図6. 産卵調査によるサバ類（マサバとゴマサバ）産卵量の経年変化

(2) CPUE・資源量指数

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36兆粒と過去5年間では最低であった。

当歳魚の資源量指数は年変動が著しい（図7）。卓越年級群と判断されている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5月に北鳳丸により黒潮続流域で行われた幼魚調査での資源量指数は低い、産卵量のピークが産卵期末の6月に見られたため（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）、調査結果は実際の年級豊度を過小評価していると考えられる。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月の幼魚調査結果によると、2003年級群は2002年級群より大きな指数を示したが、採集地点数が少なく、産卵調査の結果も得られていないため、現時点では評価が困難である。

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。2001年と2003年に比べて2002年の調査CPUEは極めて小さかった。

2003 年の調査により 2002 年級群の残存資源量は比較的多いと判断されたが、調査位置により大きく CPUE が異なりチューニングに用いるには至らなかった。

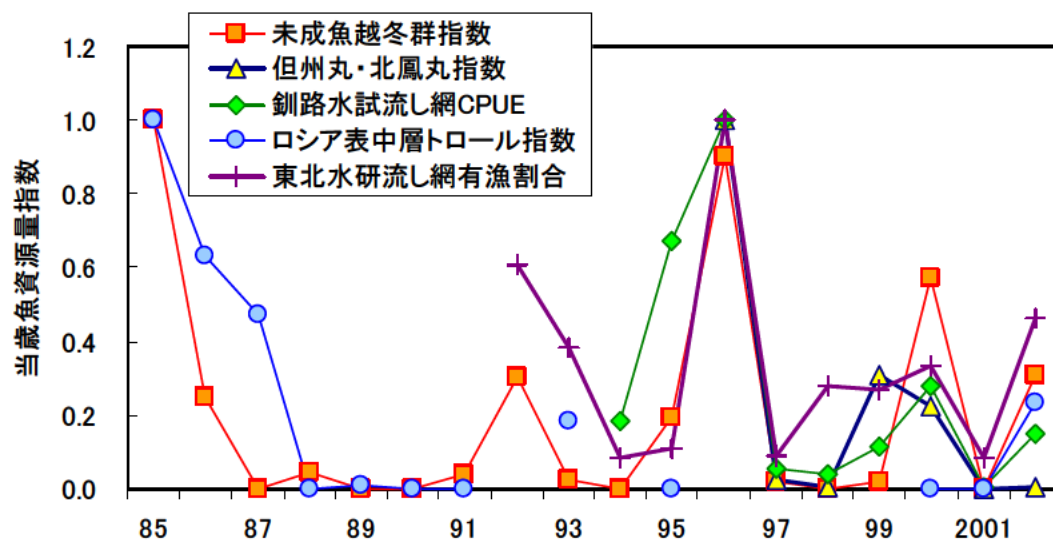


図 7. マサバ未成魚越冬群指数およびマサバ当歳魚の資源量指数の推移
(各データ系列の最大値を 1 として標準化)

(3) 漁獲物の年齢組成の推移

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。

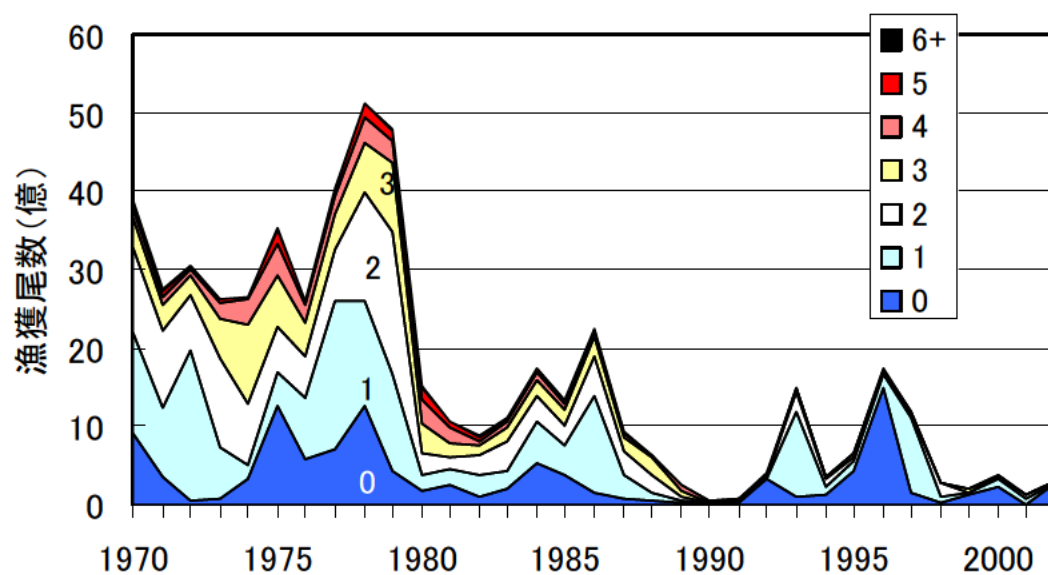


図 8. マサバの年齢別漁獲尾数の推移

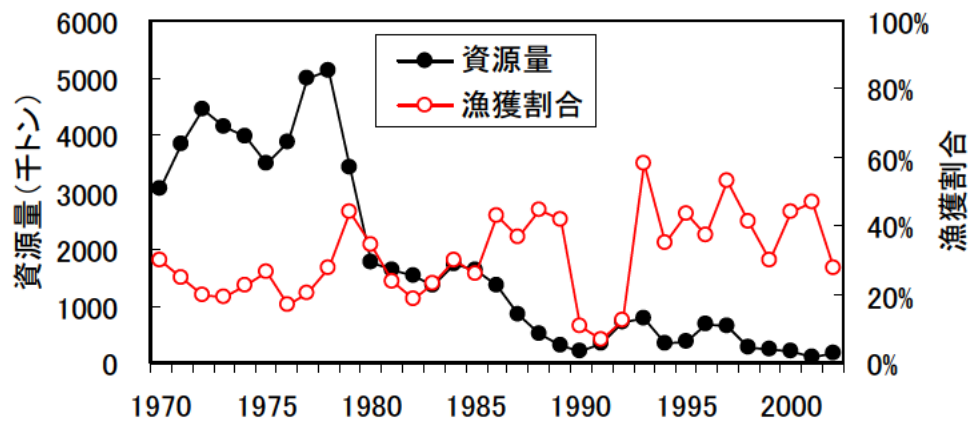


図9. マサバの資源量と漁獲割合の推移 (漁獲割合=漁獲量/資源量)

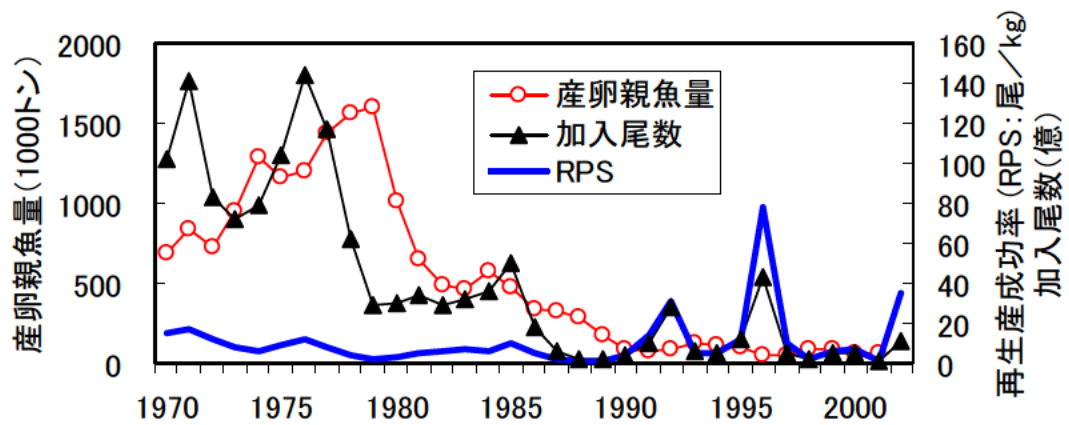


図10. マサバの産卵親魚量、加入尾数と再生産成功率の推移
(再生産成功率 RPS=加入尾数/産卵親魚量)

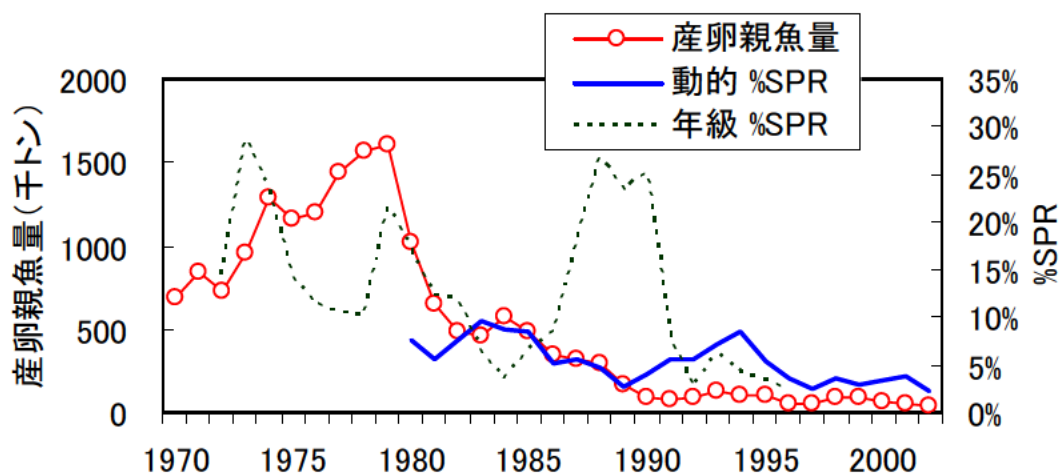


図11. マサバの産卵親魚量、動的%SPR および年級%SPR の推移

(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）。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た。その後、2002 年には 1992 年級群なみの高い RPS が見られたが、SSB が 3 万 2 千トンと 1970 年以来最低水準を更新したため加入尾数は 1992 年級にははるかに及ばないと現時点では考えられる。このため、資源水準は低位、動向は減少と判断した。

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 12 に示した。1970～78 年と 1979～85 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。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 年に卓越年級群が発生した。これも自然要因によるものである。リッカー型曲線 $R = \alpha S \exp(-\beta S)$ のパラメーターは、 $\alpha = 321$ 、 $\beta = 0.0011$ （1970～78 年）、 $\alpha = 131$ 、 $\beta = 0.0013$ （1979～85 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。ABC 算定および将来予測においては、1990 年以降の RPS の中央値（メジアン）を用いた。

再生産関係からは SSB が 45 万トン程度を下回ると急激に加入量が減少した。そのため、SSB45 万トンを B_{limit} とした。2002 年の SSB は約 3 万トンと推定され、 B_{limit} の 7%に相当する。

自然死亡係数 M に対する資源量の感度解析結果を図 13 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 88%と 115%、産卵親魚量は 90%と 112%であった。

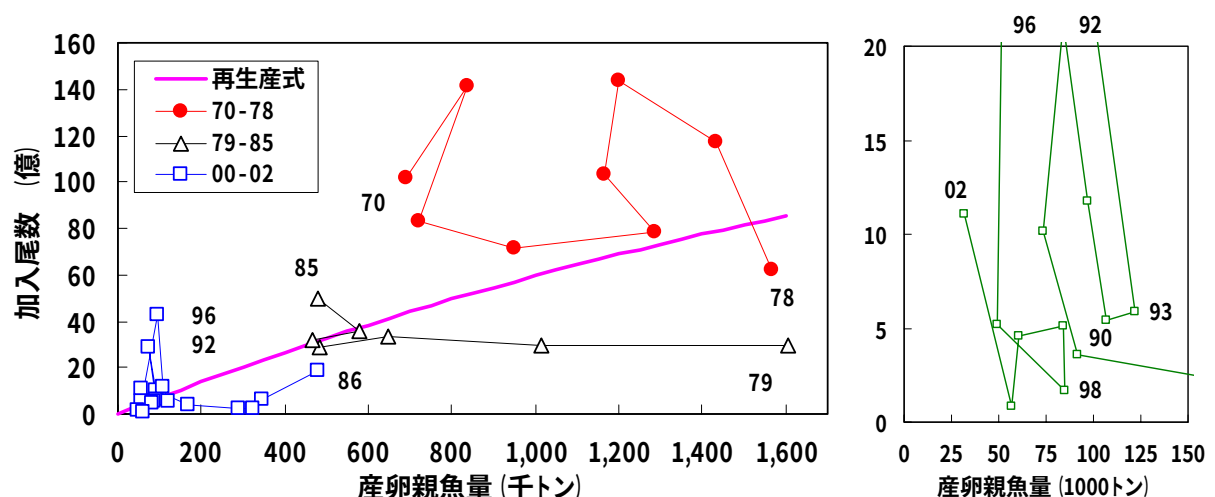


図 12. マサバの再生産関係（右は 1990 年以降の拡大図）

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

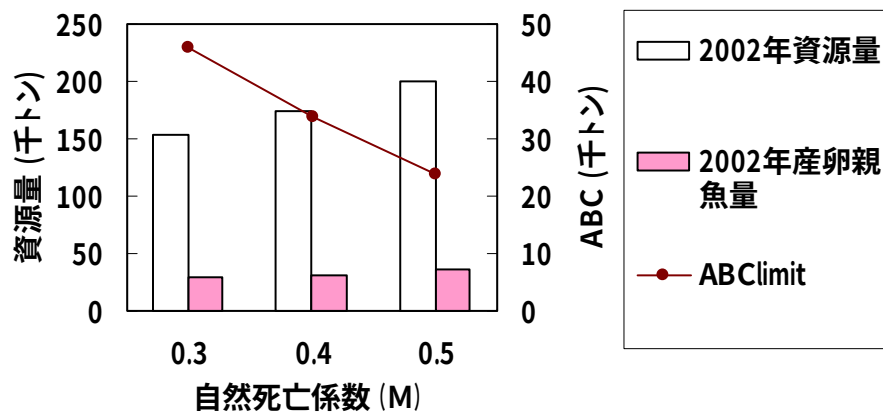


図1 3. 資源量、産卵親魚量および ABClimit に対する M の感度解析
(管理目標と Blimit は全ての M で同じとした)

(5) 資源水準・動向

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。

5. 資源の変動要因

(1) 資源と漁獲の関係

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 1 4)。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%と極めて低い(図 1 1)。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、1997 年級以降は寿命に達していないので図 1 1 には掲載されていない。

一方、再生産関係(図 1 2) および再生産成功率(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(図 1 0)。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 万トン程度と低下したため、加入尾数は現状では 11 億尾程度と見積もられるが、コホート解析の特性から最近年の資源量は不確実性が大きい。

資源の早期の回復のためには、 F_{msy} (または代替値) を B_{limit} (本系群では SSB45 万トン) と現状の SSB の比に応じて引き下げることが標準とされる(ABC 算定のための基本規則)。2002 年では年齢平均の漁獲係数は $F=0.60$ であり、年齢別の最大の F は 5 歳と 6+歳にあった。現状の F は F_{msy} の代替値と考えられる $F_{0.1}$ や F_{med} を上回っており(図 1 5)、%SPR の

面からも SSB の減少に応じた F の大幅な引き下げが望まれる（図 1 6）。

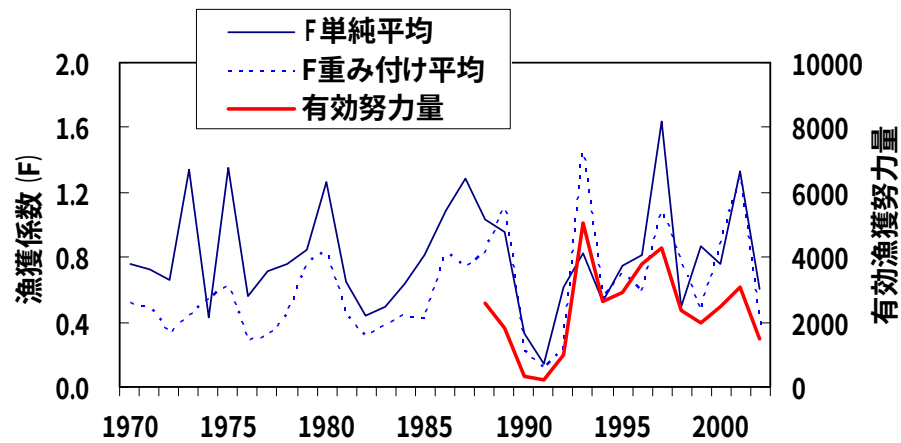


図 1 4．漁獲係数 F と北部まき網のサバ類に対する有効努力量の推移

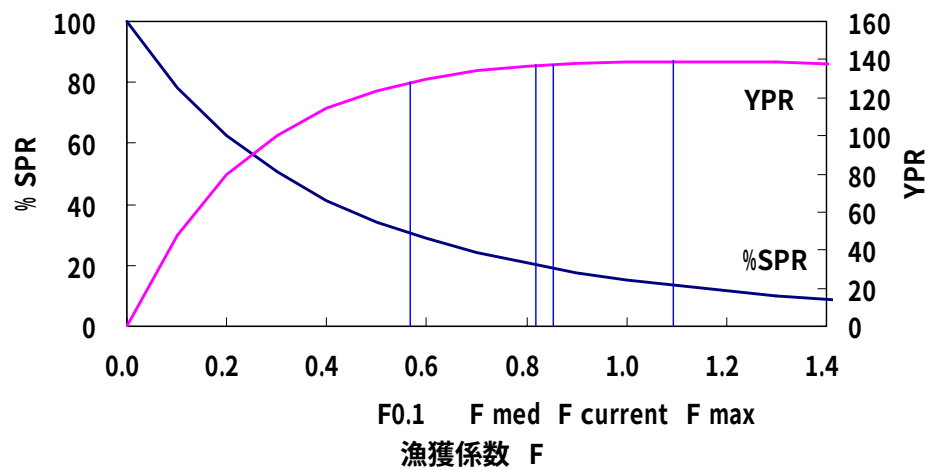


図 1 5．漁獲係数 F と SPR および YPR の関係（Fcurrent=現状の F）
（ここでの F は選択率 1 の年齢の F である）

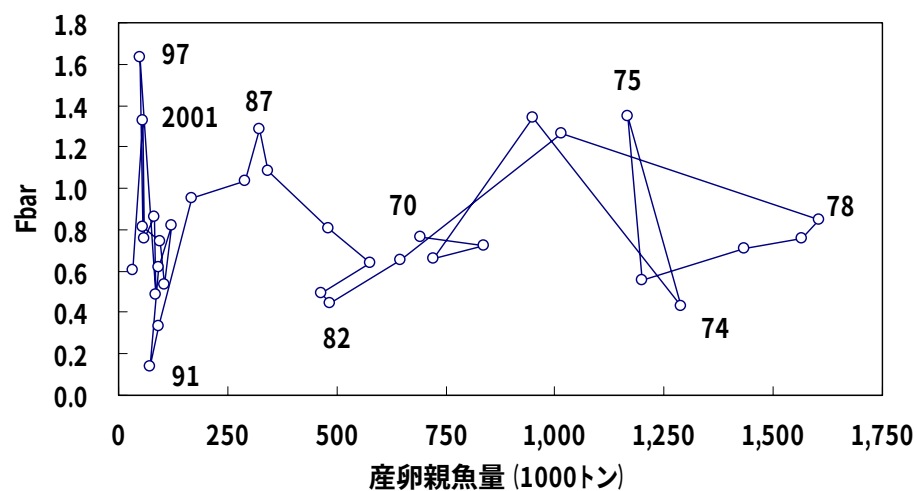


図 1 6．産卵親魚量と漁獲係数（年齢別 F の単純平均）の関係

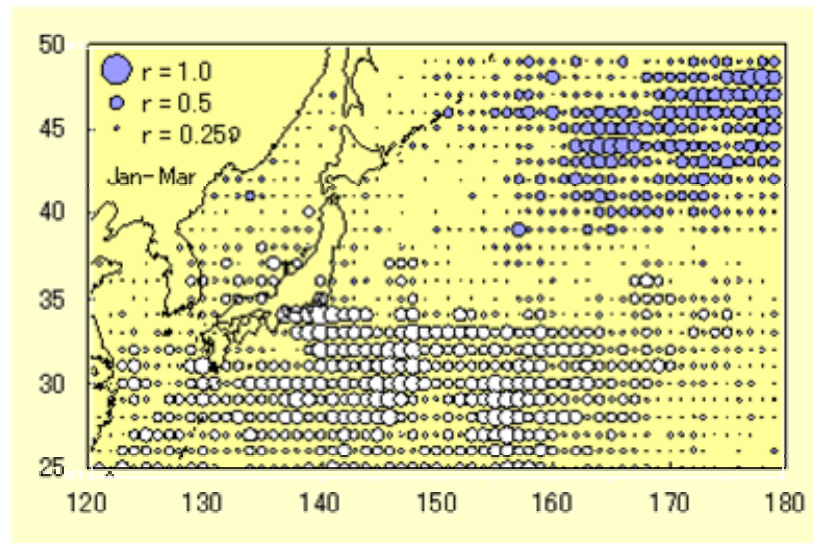


図17. 加入尾数の観測値と理論値の差（対数）と緯度経度1度昇目別の冬季表面水温の相関関係（●：正相関、○：負相関）

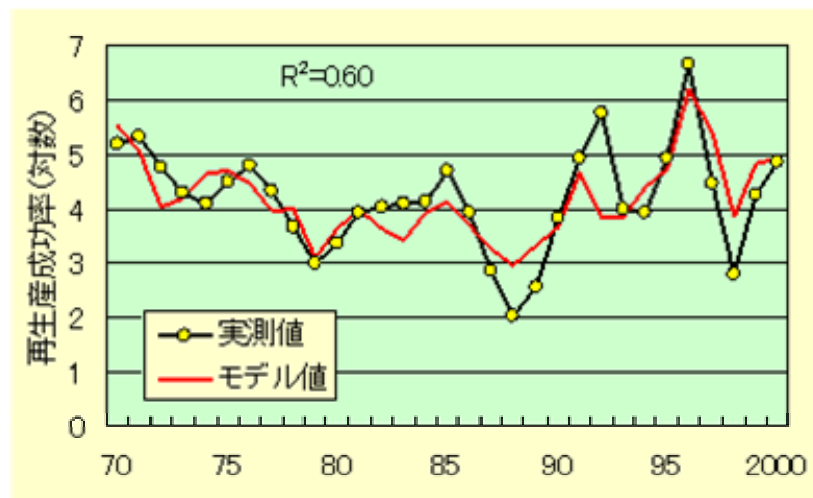


図18. 再生産成功率の実測値と拡張リッカーモデルによる値

（2）資源と海洋環境の関係

再生産関係（親魚量 S と加入尾数 R の関係）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）、マサバ太平洋系群での当てはまりは良くない（図12）。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17）。なお、この解析で用いたデータは昨年度に行った資源評価結果である。

リッカー型を含む再生算式は一般に $S (=SSB)$ による 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、現実の再生産成功率の経年変動をある程度説明できた（図18；谷津ほか, 2003）。このことから、マサバ太平洋系群の再生産成功率は、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）。

6. 管理目標・管理基準値・2004年の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3万トンと推定される。また、1990年代以降、高い再生産成功率が時折見られ、1992年（28億尾、 SSB 9万トン）と1996年（43億尾、 SSB 6万トン）には卓越年級群が出現した。チューニングしたコホート解析から加入尾数は11億尾程度と推定され、2002年級群の再生産成功率は上記卓越年級群並みであったと見積もられる。これらのことから、資源回復の兆候があるものの、資源回復が未成魚の多獲により阻まれていると判断される。

（2）管理目標

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45万トンを B_{limit} とし、資源の回復目標とする（図12）。

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 SSB 45万トンの達成は不可能である。そこで、平成14年度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とした。

(3) 2004 年 ABC の設定

コホート解析の前進法により資源量と漁獲量を予測し 2004 年の ABC を算定した（詳細は補足資料 2）。前提条件として、1)2003 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)2003 年の F は 2002 年と同じ、2003 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、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。RPS の変動による管理目標の達成状況などは「ABClimit の検証」の節で検討する。なお、昨年度の ABC 設定の前提と異なる点は、ABC 算定前年の F の与え方（昨年度は ABC を達成する F）と将来予測における加入量の与え方（昨年度は SSB に関わらず 5 億 7 千万尾）である。RPS としてメジアンを採用する理由は、平均値より外れ値の影響を受けにくいからである。

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、 $B < B_{limit}$ の場合、F は当該年（2003 年以降）の B/B_{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。

	2004 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	34 千トン	Frec	0.20	15%
ABCtarget	29 千トン	0.8 Frec	0.16	13%

F 値は各年齢の単純平均である。

漁獲割合は $ABC / \text{資源重量}$ 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 算定における大きな仮定（2003 年漁期の F を 2002 年漁期と同じ）により 2003 年漁期の予測漁獲量は 7 万 7 千トンとなる（表 1）。もし、2003 年漁期の F を 2002 年漁期の 30% 減とすると、2003 年漁期と 2004 年漁期の予測漁獲量は 5 万 8 千トンと 5 万 3 千トン（2003 年と 2004 年の ABClimit はそれぞれ 6 万 4 千トンと 5 万 2 千トン）となる。2003 年漁期の F を 2002 年漁期の 15% 減とすると、2003 年漁期と 2004 年漁期の予測漁獲量は 6 万 8 千トンと 3 万 9 千トン（2003 年と 2004 年の ABClimit はそれぞれ 7 万 3 千トンと 4 万 0 千トン）となる。以上をまとめると、2002 年級群の残存資源量が多いことから、2003 年漁期から実質的な管理を行い、当面の管理目標の下でより変動の少ない漁獲量を得ることが出来る。また、仮に複数年 ABC を提案すると 2003 年と 2004 年で 11 万トン程度である。

なお、2003 年級群の加入水準については以下の理由により比較的低いと想定している。5 月の黒潮続流域の幼魚調査の指数が 1996 年以来最低の 2001 年に次いで低い（マサバ産卵期は 2～6 月と推定、2002 年の盛期は 6 月）、釧路水試の 6 月の流し網調査で 0 歳は皆無（1 歳以上は 53 尾、26～39cm、27cm モード）、茨城水試の 5 月の流し網調査で漁獲低調、房総半島の春季の定置網への混獲が 2002 年より少ない。ただし、加入が多いとする地域もある。

表 1. 2003 年漁期の F を変えた場合の資源動向

漁期	2002	2003	2004	2005	2006
加入尾数(100,000)	11,051	2,275	6,339	7,484	10,798
Fbar (F2003=F2002)	0.60	0.60	0.195	0.23	0.33
SSB (千トン)	32	30	85	100	144
漁獲量 (千トン)	54	77	26	44	87
漁獲割合	31%	32%	12%	13%	19%
Fbar (F2003=0.85F2002)	0.60	0.51	0.278	0.30	0.42
SSB (千トン)	32	30	92	100	138
漁獲量 (千トン)	54	68	39	57	101
漁獲割合	31%	28%	16%	17%	23%
Fbar (F2003=0.7F2002)	0.60	0.42	0.360	0.36	0.48
SSB (千トン)	32	30	99	100	133
漁獲量 (千トン)	54	58	53	68	110
漁獲割合	31%	24%	20%	20%	26%

(4) F 値の変化による資源量（産卵親魚量）及び漁獲量の推移

計算方法と前提は ABC の設定と同様とし、F を段階的に変化させた場合の資源量と漁獲量の推移を表 2 と図 19 に示した。Fsus は 2005 年の SSB を 2002 年の SSB と同じとする F を探索的に求めた（ABClimit の計算と同様に B/Blimit の比で調整した、付表 6）。Fsus を 0.1～0.8 の範囲で調整した場合は、単純に Fsus の各年・年齢の F を 0.1～0.8 倍した。このため、0.1～0.8Fsus の年別の F は B/Blimit の比で決められる Flimit や Fcurrent とは異なる。従って、これらによる漁獲量や SSB の将来動向の傾向がかなり異なる。なお、若齢魚規制の資源量と漁獲量の増加効果については次節において検討する。

表 2. F 値（年齢別 F の単純平均）による 2004～2008 年漁期の漁獲量と産卵親魚量の推移

F bar		漁獲量 (千トン)					産卵親魚量 (SSB、千トン)				
2004年	基準値	2004	2005	2006	2007	2008	2004	2005	2006	2007	2008
0.00	0.0 Fsus	0	0	0	0	0	85	119	202	340	564
0.15	0.1 Fsus	20	12	26	35	58	85	104	172	271	429
0.30	0.2 Fsus	38	21	43	54	86	85	91	147	216	326
0.60	0.4 Fsus	69	32	58	67	95	85	70	108	138	190
0.90	0.6 Fsus	92	37	60	62	79	85	54	79	88	111
1.19	0.8 Fsus	111	37	55	51	59	85	42	58	57	65
1.49	1.0 Fsus	126	36	48	40	42	85	32	43	36	38
0.20	Flimit	26	44	87	137	189	85	100	144	183	218
0.60	Fcurrent	69	74	78	81	84	85	70	79	80	83

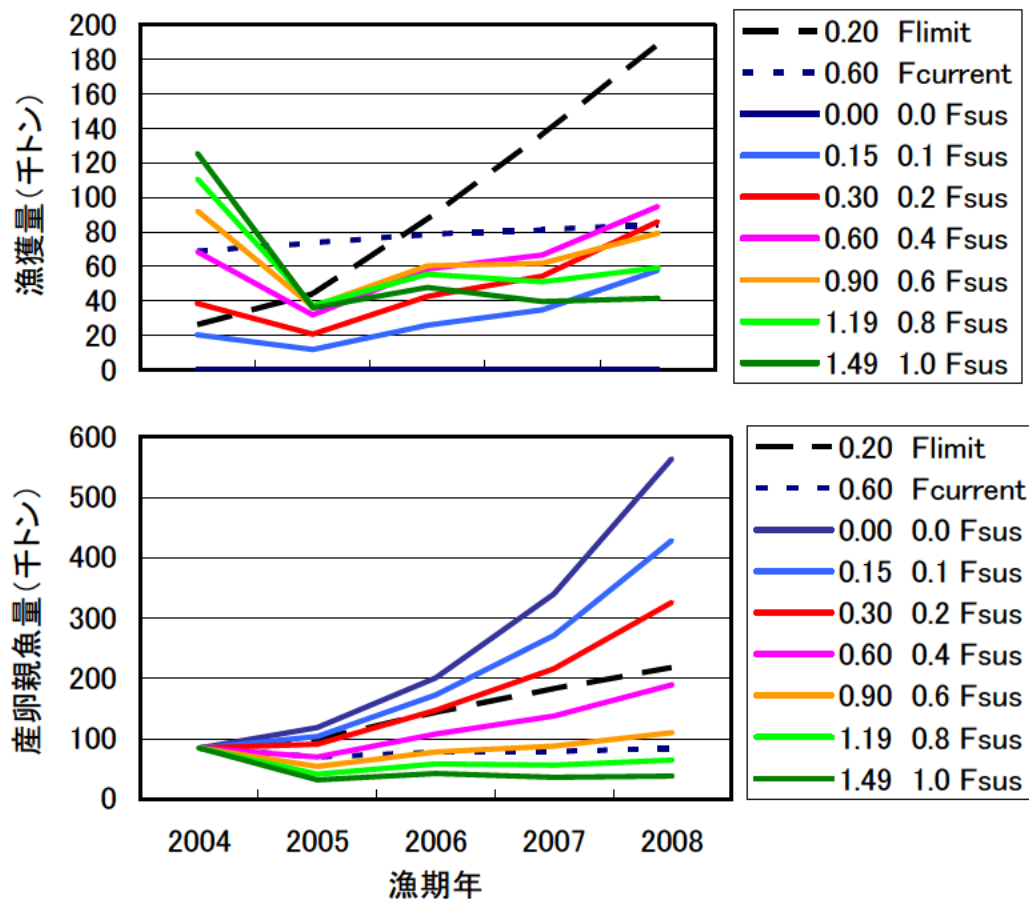


図 19. F 値による 2004～2008 年漁期の漁獲量（上）と産卵親魚量（下）の推移

(5) ABC_{limit} の検証

1) ABC と資源量に対する M の感度解析

M=0.3 の ABC は M=0.4 の 141%に相当する 3 万 9 千トン、M=0.5 の場合は 69%に相当する 1 万 9 千トンであった（図 13）。なお、 B_{limit} は全ての M で 45 万トンとした。

2) 加入量の変化に応じた ABC の幅と将来予測

2003 年以降の再生産成功率 RPS として、1991～2002 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、ABC_{limit} を与える F で漁獲したシミュレーション結果(1000 回試行)を図 20 に示す。管理目標(2005 年の SSB10 万トン)の達成率は 1000 回中 586 回であった。

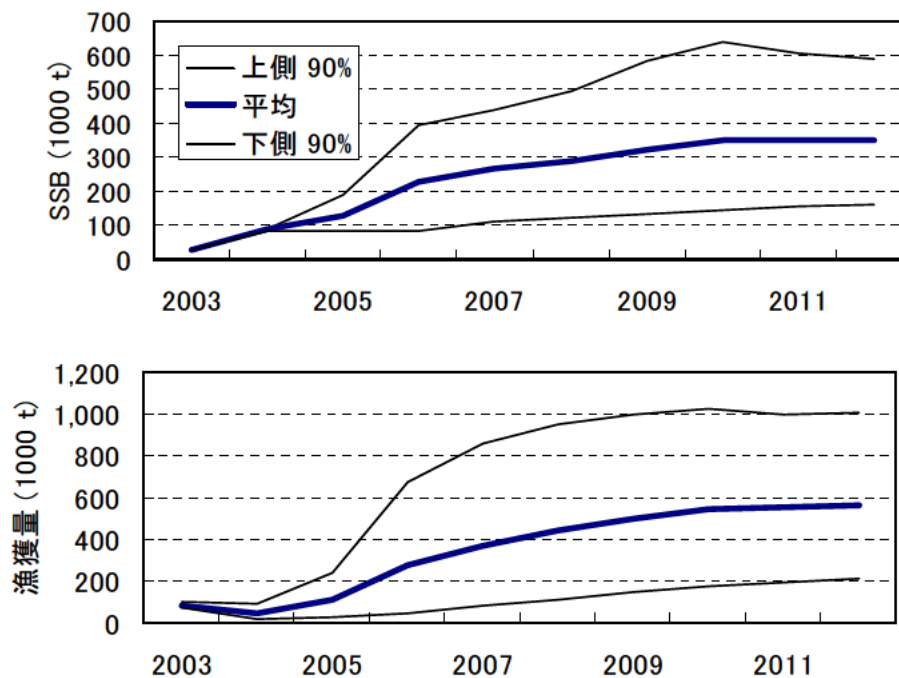


図 20. 2003 年以降の RPS として、1991～2002 年の RPS をランダムに抽出した場合について、ABClimit を与える F で漁獲したシミュレーション結果（上：産卵親魚量 SSB、下：漁獲量）平均：1000 回のシミュレーションの各年の平均値、上側 90%：1000 回のうち多い方から 10 個目の値、下側 90%：1000 回のうち少ない方から 10 個目の値。

同様なシミュレーションを 2002 年の現状の F ($F_{current}$) について 1000 回行った結果を図 21 に、 $F_{current}$ の未成魚（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。 $F_{current}$ で漁獲した場合、徐々に SSB は増加するが、SSB の平均値は 2012 年までに B_{limit} （45 万トン）に達しなかった。しかし、未成魚の F を $F_{current}$ の 0.7 倍にすると SSB の平均値は 2012 年にほぼ B_{limit} に達した。平均 SSB から見た B_{limit} の達成年は未成魚の F を $F_{current}$ の 0.5 倍とすると 2010 年、0.3 倍とすると 2009 年であった。 $F_{current}$ で漁獲した場合の当面の管理目標（2005 年に SSB10 万トン）の達成率は 22%であった。さらに、成魚（2 歳以上）を $F_{current}$ 、未成魚を $F_{current}$ の 0.7 倍で漁獲した場合の達成率は 23%、0.5 倍とした場合の達成率は 27%、未成魚の F を $F_{current}$ の 0.3 倍とした場合は達成率は 29%と、この程度の未成魚の抑制では当面の管理目標の達成率は顕著な改善が見られなかった。

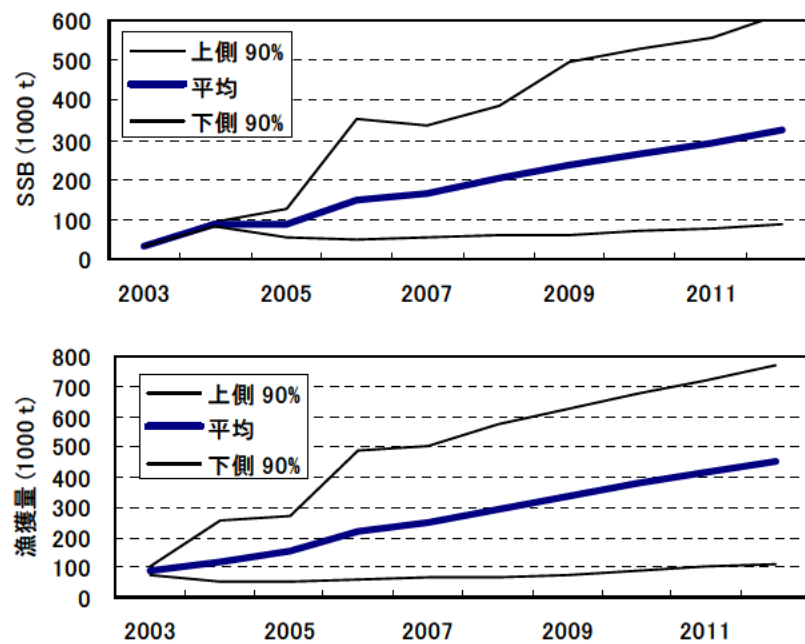


図 2 1 . 2003 年以降の RPS として、1991～2002 年の RPS をランダムに抽出した場合に
現状の F で漁獲したシミュレーション結果（上：産卵親魚量 SSB、下：漁獲量）

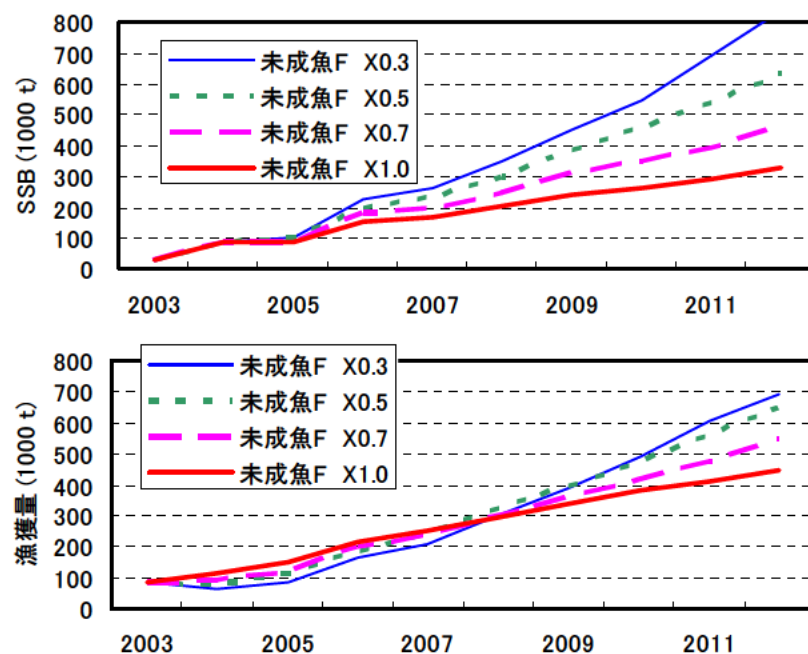


図 2 2 . 2003 年以降の RPS として、1991～2002 年の RPS をランダムに抽出した場合に
成魚（2 歳以上）を現状の F で、未成魚を現状の F から減少させて漁獲した
シミュレーション結果（平均値のみ示す）

3) オペレーティングモデルによる検証

資源評価および管理における不確実性を考慮したモデルを作成し、将来動向を検討した。6-(5)-2)で行ったシミュレーションでは、不確実性は加入量の変動のみ考慮されているが、ここでは現実の管理手法に則り5段階の不確実性が考慮されている。現行の制度ではABCの算定には2年の時間遅れがある。2年後のABCの算定にはいくつもの重要な値（加入量など）の仮定が必要となり、暫定的な検討の結果、このモデルでは実行開始後数年のうちに適正な資源評価が不可能に陥った。したがって本年度は、時間遅れは考慮せずに検討を行った。加入割合として資源水準に応じた3つの場合を仮定した（表3）。第3の場合は6-(5)-2)で用いた加入割合に等しい。これらの加入割合に応じて、ABCおよびSSBの2019年までの動向と、管理目標の達成率（2005年でSSB10万トン）、10年後および15年後の管理の失敗確率をみた。

管理目標達成率は加入割合1で42%と、6-(5)-2)の結果より低くなった。これは、より多くの不確実性をモデルに取り込んだためと考えられる。若齢魚への漁獲を抑えるほど達成率は高くなった。ABCの年々の変動幅は加入割合1で大きかった。これは若齢魚への依存度が高く、ABCが加入量の変動に強く影響されるためと考えられた。本年の管理目標は、最低水準にあるSSBをある程度のABCを維持しながら回復させることが可能である。しかし長期的には、ABCが過大になる傾向があり、SSBが10万トン程度に回復した後は改めて適正な管理目標を設定する必要がある。

表3. 資源水準に応じて設定した加入割合と夫々でシミュレーションを行ったときの目標達成割合と管理の失敗割合

		年齢							目標達成割合	管理の失敗割合**	
		0	1	2	3	4	5	6+		10年後	15年後
加入割合1	1997-2001年*	42%	61%	65%	51%	78%	100%	100%	42%	23%	40%
加入割合2	1978-1992年	14%	24%	44%	72%	76%	100%	100%	47%	5%	6%
加入割合3	1970-1977年	5%	17%	31%	46%	60%	100%	100%	59%	0%	0%

*本文6-(5)-2)で用いた加入割合にあわせた

**管理の失敗は、ABCが資源量を上回った場合とした

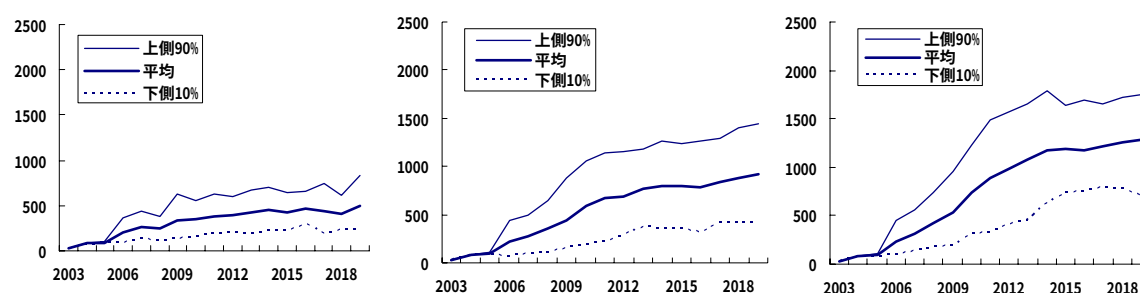


図2.3. オペレーティングモデルによるSSBの動向 左から、1) 加入割合1、2) 加入割合2、3) 加入割合3のそれぞれでシミュレーションを行ったときのSSBの動向。若齢魚の漁獲を抑えるほど将来のSSBは増加する。

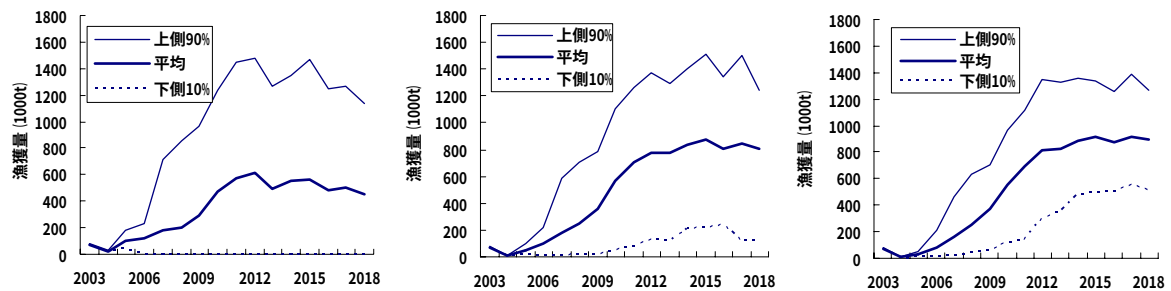


図 2 4. オペレーティングモデルによる ABC の動向 図 2 3 同様、1～3の加入割合でシミュレーションを行ったときの ABC の動向。加入割合 1 の変動幅が大きく、長期的には減少する。下側 10%の範囲は 0 に達しており、管理が失敗するケースも多いことを示す。若齢魚の漁獲を抑えた加入割合 2 および 3 の場合は、平均的な ABC はあまり変わらないが、加入割合 3 のほうが変動幅は小さい。

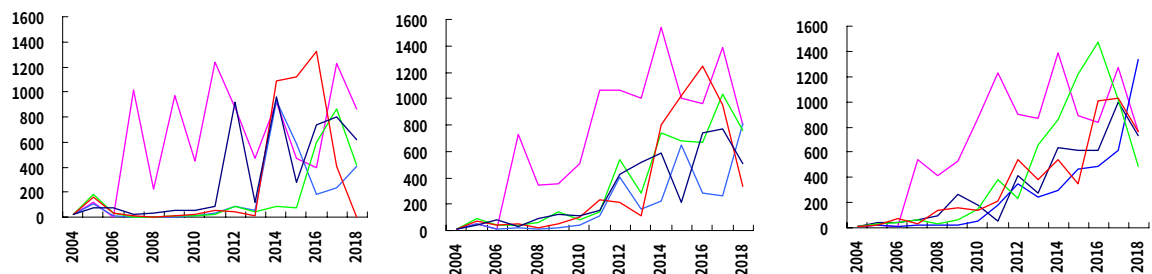


図 2 5. オペレーティングモデルによる ABC の動向例 それぞれの加入割合について、5 つの乱数系列に従った 5 回の試行による、ABC の動向を示した。それぞれの加入割合において、同じ色の系列は同じ乱数系列を用いたことを示す。加入割合 1 では、同じ乱数系列を用いても ABC の年間変動が著しいことがわかる。

(6) 過去の管理目標・基準値、ABC (当初・再評価) のレビュー

当初：評価対象年の前年 8 月時点、再評価：評価対象年の 8 月時点、

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準 ¹	資源量 ² (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)	管理目標
2002 年(当 初)	Frec	763	92	80	—	2006 年 SSB45 万トン ³
2002 年(再評価)	Frec	176	35	32	51	2005 年 SSB10 万トン
2002 年(再評価)	Frec	144	計算不能	計算不能	51	2005 年 SSB10 万トン
2003 年(当 初)	Frec	216	41 ⁴	36 ⁴	—	2005 年 SSB10 万トン
2003 年(再評価)	Frec	211	30 ⁵	26 ⁵	—	2005 年 SSB10 万トン

¹: ABClimit に対する資源管理基準 (略号と) それに相当する F 値 (年あたり)

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

- 3: 2000 年級群が卓越という仮定によった
- 4: 2002 年の F が ABC 算定ルール (B/Blimit で引き下げ) に従うとした
- 5: 2002 年の F はコホート解析による推定値

2001 年（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。2001 年級群は極めて劣勢という平成 14 年度に行った資源評価は変更がない。2002 年級群以降については平成 14 年度に行った評価では 5 億 7 千万尾（近年の非卓越年級群の平均的加入尾数）と仮定していた。本年度のコホート解析の結果では 2002 年級は 11 億尾と倍増したが、2003 年級以降は一定の RPS（1991 年～2002 年の RPS の中央値）を仮定した。本系群を対象とする漁業は 0 歳魚や 1 歳魚を主対象とする。また、ABC 算定のためには加入量を ABC 算定年とその前年について仮定する必要があるが、加入量は毎年大きく変動し予想は困難である。従って ABC は加入量の仮定に大きく依存するので注意が必要である。

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 2 6）。

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（収穫価値¹）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 2 3 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、これで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「収穫価値＋繁殖価値²」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。

現在、資源回復計画が水産庁主導のもとに検討されている。現状の産卵親魚量が増加した場合にどの程度加入量が増加するかを監視しつつ、卓越年級群の兆候が現れたら直ちに資源回復措置が図られるように現段階から準備が必要であろう。そのため、実行可能で有効な管理方策と施策の検討が漁業者・行政官・資源評価担当者間で十分になされるべきと考える。但し、卓越年級群の加入量推定値は、コホート解析の特性により発生年に最も信頼性が低いため、漁獲努

¹ 収穫価値：ある個体がある年齢以降に成長して漁獲されときの漁獲量の期待値

² 繁殖価値：ある個体がある年齢以降に産卵する量の期待値

力量の削減効果の評価は即時的には困難である。

本報告書で提案する ABC には卓越年級群の出現頻度も織り込まれている。また、前節で述べたように ABC と管理目標の達成率にはトレードオフ（相反する）関係がある。これを考慮して、ABC を資源回復計画の基礎とすることも検討されるべきであろう。特に、2002 年級群の残存資源量がかなり多いことから、2003 年漁期から実質的な管理が望まれる。

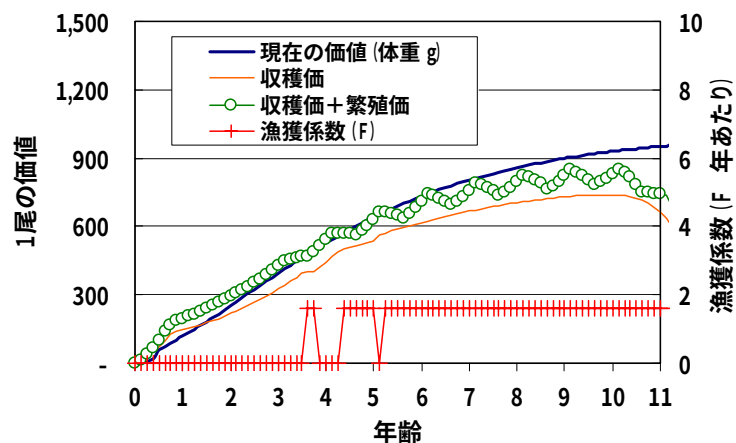


図 26. マサバにおける年齢と現在価値、収穫価および繁殖価の関係

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さば卵・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一成魚 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一幼魚 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	(7～5)	48	1,134	25,790	597	132	1,506

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、①最近年の F_t は過去 5 年間の F の平均、②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 $\alpha=1$ 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、釧路水試の流し網 0 歳魚 CPUE、秋季の東北水研調査のマサバ 0 歳魚有漁点割合、未成魚越冬群指数) 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と 2002 年の幼魚調査指数を除く) 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×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×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。

$$SSQ = \sum_{i,y} (\ln(I_{i,y}) - \ln(q_i N_y))^2 + 4 \sum_y (\ln(X_y) - \ln(Q\bar{F}_y))^2 \quad (10)$$

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 (4 個) の項と漁獲努力量 (1 個) の項をほぼ等ウェイトとするため努力量の項を 10 式のように 4 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_t)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 $\%SPR(\%SPR_y)$ 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 と流し網)	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	黒潮統流域、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（中央ブロック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。また、最近の結果は以下のとおりである。2000 年は 3 月に薩南、豊後水道、徳島沿岸、遠州灘沖、伊豆諸島近海で産卵が始まった。4 月は日向灘南部、四国南岸、熊野灘～常磐沖、5 月～6 月は紀伊水道外域～常磐沖に産卵場が形成され、伊予灘にも卵が出現した。7 月は紀伊水道外域と伊豆諸島近海～鹿島灘にかけて小規模な産卵場が継続した。2001 年は 2 月に土佐湾西部、3 月に薩南、紀伊水道外域、伊豆諸島近海で卵が出現した。2000 年の総産卵量は 79 兆粒、2001 年は 172 兆粒、2002 年は 36 兆粒であった。2003 年（3 月まで）の産卵量は 14 兆粒で前年同期の 3.5 倍であった。

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
未成魚越冬群指数	790	64	0	506	2,350	49	0	51	1,496	0	798	
但州丸・北鳳丸幼魚 指数 2003年型					16,144	9,134	23	2,578	804	9	183	23
釧路水試流し網0歳 魚CPUE			5.8	21.4	31.9	1.7	1.3	3.6	8.9	0.1	4.8	
釧路水試流し網1歳 以上CPUE			16.3	2.2	0.1	18.7	2.8	0.0	0.4	0.5	0.0	
東北水研南下期0歳 魚有漁点割合	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	82.9
開洋丸北上期CPUE (明け1歳以上)										2.3	0.0	12.4
サバ類産卵量	46.9	33.7	102.3	30.2	28.7	8.7	96	193.67	79	172	36	
ロシア表中層トロール 0歳魚指数		25,000		50					43	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

黒潮統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)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。これによると、2000 年級群は 1996 年級群の約 1/2 の豊度であり、2001 年級群と 2002 年級群は低水準と判断された。しかし、2002 年には産卵量のピークが産卵期末の 6 月に見られたため（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）、2002 年級群に対する調査結果は実際の年級豊度を過小評価していると考えられる。このため、2002 年の指数はコホート解析のチューニングには用いなかった。

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 月の幼魚調査結果は、2002 年級群より大きな指数であるが、採集地点数が少なく、産卵調査の結果も得られていないため、現時点では評価が困難である。

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。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）。データの蓄積が少ないが、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。これらにより、2002 年級群の残存資源量は比較的多いと判断されたが、調査位置により大きく CPUE が異なりチューニングに用いるには至らなかった。

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、後述のように本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。

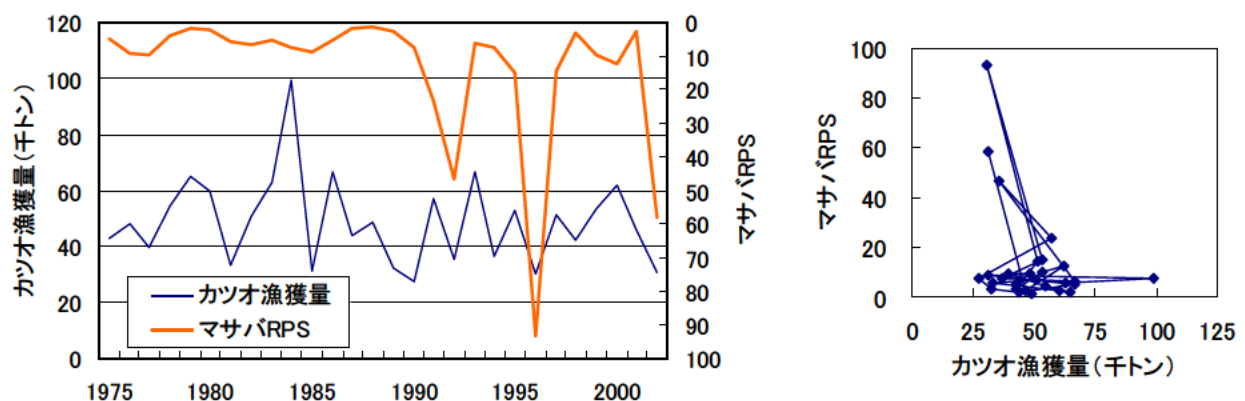
(5) 方形枠網調査

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。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をある程度反映すると考えられる（遠洋水産研究所、小倉末紀室長の私信）。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補足図 4-1 で検討した。

マサバの高い RPS が得られた年にはカツオの来遊量が少ないと考えられた。しかし、カツオが少ない年に必ず RPS が高いわけではない。

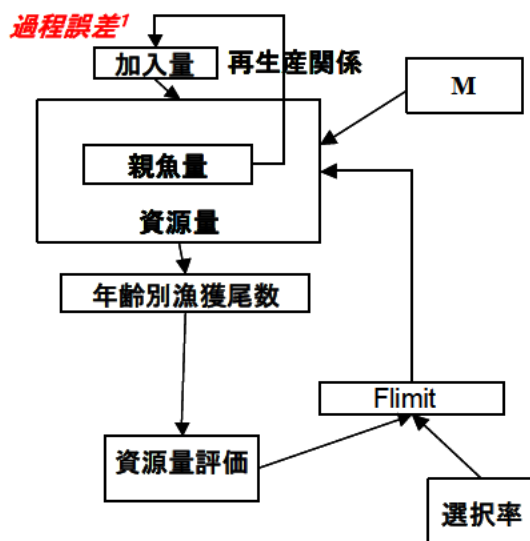


補足図 4-1. カツオの東北海域における竿釣り漁獲量（遠洋水産研究所資料）とマサバ太平洋系群の再生産成功率 RPS の推移

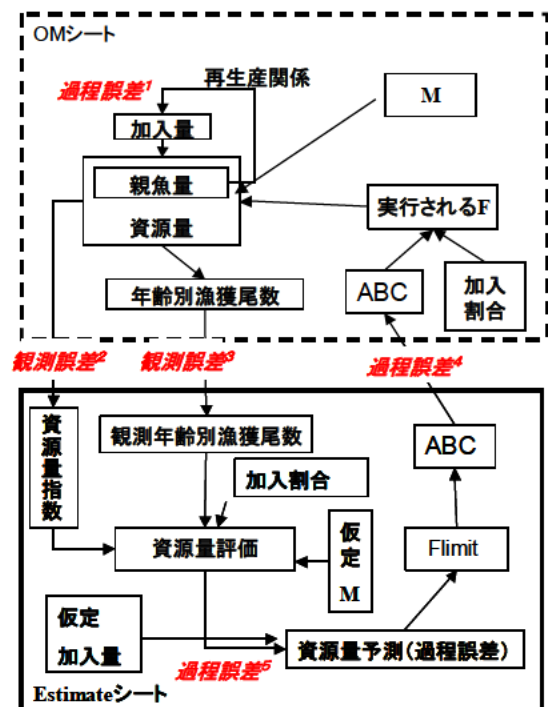
補足資料5：オペレーティングモデルによる検討法

1) はじめに

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。ここでは、6－(5)・2)で加入量の変化に応じた将来予測のシミュレーションと同様の仮定をおき、漁獲量⇒資源量評価⇒資源量と加入量の予測⇒ABCの決定⇒ABCに従った漁獲量⇒資源量評価、という現実の評価と管理に即した流れのなかで、考えられる不確実性を取り込んだ場合の将来の動向をみる。本文 6－(5)・2)で行ったシミュレーションの概念図を図1に、オペレーティングモデルの概念図を図2に示した。6－(5)・2)で行ったシミュレーションでは、考慮されている不確実性は加入量変動のみである(図1)。これに対し、オペレーティングモデルでは、1) 加入量の変動、2) 資源量指数の観測誤差、3) 年齢別漁獲尾数の観測誤差、5) ABCの実行における過程誤差(定められたABCが正しく実現されない) 4) 資源量を予測する際の過程誤差(おもに加入量の仮定)、の5段階の不確実性が考慮されている(図2)。



補足図5－1．将来予測のシミュレーションの概念図



補足図5－2 オペレーティングモデルの概念図

2) オペレーティングモデルでの計算過程

図2の実践で囲まれた目に見える資源の状態(Estimateシート)と、破線で囲まれた真の

資源動態の(OMシート)を、エクセル上の2枚のシートに再現した。以下に計算過程を示す。

1. 2004年から管理を開始する。
2. Estimateシートで、管理開始年(2004年)の前年(2003年)までの資源量を計算する。
現実には2002年までの資源量しか得られていない。そのため、2002年の資源量とFから2003年1歳以上の資源量を計算し、2003年の加入量は卓越ではないことを前提に1997-2001年のRPSを与えて計算を行った。2003年にかかるターミナルFは2002年のFを与えた。このような仮定をおいて、現実に行われている「時間遅れ」を考慮しないモデルとした(後述)。
3. Estimateシートで、2003年までの資源評価結果に基づき、管理年(2004年)の資源量を予測する。このときの加入量は、本文6-(2)と同様に、(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った。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
4. 本文6-(2)で定めた管理基準値(Frec)に基づき、これに2004年のSSBとBlimit(=SSB45万トン)に比で減じた値をFlimitとしてEstimateシートでABCを決定する。
5. ABCをOMシートに渡し、2004年の現実の資源量、ABCおよび定められた選択率にしたがって、年齢別の漁獲尾数とFを推定する。この際2004年に与えられる加入量は、以下のように仮定した。①親魚量45万トン以下では1991年から2002年の各年RPSからランダムに抽出し、これを親魚量にかけたもの、②45万トン以上では、1970-1978年のR-S関係を用い、1970-1978年各年のRPSの再生産曲線からの残差をランダムに抽出し、この誤差を加えて加入量を発生させる。③親魚量45万トン以下では加入量の最大値を120億尾とする。
6. 得られた年齢別漁獲尾数をEstimateシートに返して管理開始後の資源量を推定する。与えるターミナルFは当該年について定められたFrecに「Estimateシートで予測されたSSB」と「OMシートで計算される真のSSB」の比をかけた値をターミナルFとして与えた(後述)
7. 以後同様の過程を繰り返して管理開始から15年度の2019年までの動向をみた。

3) 管理開始後の資源評価におけるターミナルFについて

Estimateシートで最新年の資源量を評価する場合に与えるターミナルFは、管理開始後は何らかの補正が必要である。得られる漁獲量は、ABCに抑えているため、なにも補正しないと「資源の減少のため、漁獲量が減少した」と判断され、資源評価の値は年々過少に評価され、数年後には見かけ上絶滅してしまうからである。そこで、定められたFlimitに「Estimateシートで予測されたSSB」と「OMシートで計算される真のSSB」の比をかけた値をターミナルFとして与えた。これにより、Estimateシートで与えられるターミナルFは、OMシートにおける真のFに近づき、資源量を適正に評価することが可能となった。この操作は現実の資源評価で行っているチューニングと同様の操作と考え、またOMシートにおける真のSSBは、

産卵調査などである程度把握できると考えると、現実に行な可能な範囲の補正と考えられる。ただし、この補正のための比（「Estimate シートにおける予測 SSB」と「OM シートにおける真の SSB」）には、分散 0.2 の対数正規分布にしたがう誤差を加えた。

4) 時間遅れについて

現実の ABC の算定には 2 年の時間遅れがある。すなわち、現行制度での ABC 算定は、「ある年の資源評価⇒翌年の資源量予測⇒翌年の F の予測⇒翌々年の資源量予測⇒翌々年の ABC の決定」という過程をとる。この「時間遅れ」はまだ再現できていない。現在まで検討したところでは、資源評価のための仮の F 値を一回、仮の加入量を二回、モデルに与えなくてはならず、数年のうちに、Estimate シートにおいて評価される資源量と、OM シートにおける真の資源量が大きくかけ離れてしまい、ABC の計算が不可能になった。したがって本年度は時間遅れを考慮しない暫定的なモデルで検討を行った。

5) 計算方法の詳細

1. OM シートおよび Estimate シートでのコホート前方計算

(1) 資源量：1970 年の既往の推定資源量を初期値とし、以下の式で計算

$$N_{a+1} = N_a \exp(-F_a - M)$$

資源管理開始年以降は、2) -5 で述べた仮定に基づいて加入量を与える。

(2) 漁獲尾数：すべて以下の式で計算される。

$$C_a = N_a (1 - \exp(-F_a)) \exp(-\frac{M}{2})$$

(3) F_a ：1970 年から 2000 年までは、管理が行われない場合は実測の F が選択される。ルール適用後は、Estimate で定められた ABC を実現する F を、ソルバーで探索的に求める。

(4) 加入割合：資源水準に合わせて 3 種類を設定：1) 1997-2001 年（最近年）、2) 1978-1992 年（資源中～低水準期）、3) 1970-1977 年（資源高水準期）、の平均値。

(5) 年齢別体重と成熟割合：資源水準に応じて 2 段階を設定し、前年の資源水準によってそれぞれの値が与えられる。

2. Estimate シートにおける資源評価

管理開始後（2004 年以後）の最近年の資源量推定

$$N_a = \frac{C_a \exp(\frac{M}{2})}{(1 - \exp(F_{rec} BI))}$$

ここで $BI = (\text{Estimate シートで予測される SSB}) / (\text{OM シートの真の SSB})$

これ以外の資源量と F の推定方法は、現実の資源評価（補足資料 2、ステップ 1）にしたがった。

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	73,074	50,384	14,206	0	2,794	45	2	5,643	
2000	93,040	76,232	12,046	0	1,939	0	0	2,822	
2001	55,491	44,203	6,462	0	1,048	0	0	3,777	
2002	51,026	37,282	9,984	0	1,353	45	0	2,362	

付表2. 年齢別漁獲尾数(x10⁵ 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
合計	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
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
1	3,104	956	211	145	191	117	10,694	963	1,357	1,917	9,438	664	158	1,021	764	158
2	3,136	2,258	482	50	101	145	2,675	1,003	558	226	658	1,737	206	172	381	53
3	1,682	2,270	697	91	67	133	438	289	309	190	142	135	353	116	34	59
4	413	234	769	54	39	72	58	49	95	93	67	12	95	148	41	33
5	188	36	42	35	17	113	18	17	37	42	40	4	13	8	47	48
6+	53	16	6	7	2	83	14	18	16	24	24	1	5	2	6	1
合計	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

付表3. 年齢別資源尾数(x10⁵ 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
合計	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
0	5,831	2,360	2,186	3,558	10,173	28,389	5,874	5,440	11,744	42,764	5,158	1,703	5,130	4,555	836	11,051
1	10,994	3,356	1,161	1,203	2,344	6,591	16,363	3,055	2,616	4,384	16,548	2,177	871	2,398	1,164	481
2	10,313	4,828	1,467	605	687	1,414	4,322	2,213	1,259	642	1,369	3,365	916	455	772	155
3	2,637	4,345	1,387	589	365	378	830	707	662	387	245	379	834	445	164	206
4	585	391	1,054	359	320	190	145	198	237	191	104	48	144	270	203	82
5	258	54	71	77	197	183	68	50	92	81	51	14	22	18	60	103
6+	72	24	10	15	27	134	51	54	41	46	31	3	8	5	7	2
合計	30,689	15,357	7,335	6,406	14,114	37,280	27,654	11,717	16,652	48,495	23,507	7,689	7,924	8,147	3,206	12,080

12/16/2003

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
0	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
1	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
2	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
3	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
4	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
5	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
6+	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
Fbar	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
		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
0		0.15	0.31	0.20	0.02	0.03	0.15	0.25	0.33	0.59	0.55	0.46	0.27	0.36	0.96	0.15	0.36
1		0.42	0.43	0.25	0.16	0.11	0.02	1.60	0.49	1.00	0.76	1.19	0.47	0.25	0.73	1.62	0.51
2		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	0.62	0.92	0.55
3		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	0.38	0.29	0.43
4		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	0.28	0.66
5		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	3.01	0.85
6+		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	3.01	0.85
Fbar		1.28	1.03	0.95	0.33	0.14	0.62	0.82	0.53	0.74	0.82	1.63	0.49	0.86	0.76	1.33	0.60

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
0	771	907	649	720	555	471	1,093	1,051	605	206	183	360	325	245	433	407	180
1	992	1,239	2,077	1,305	1,115	913	907	1,708	1,898	690	262	389	479	371	438	479	607
2	674	956	1,141	1,316	1,056	1,006	871	1,011	1,417	1,201	366	289	297	353	380	332	284
3	329	373	392	594	841	644	701	716	666	837	479	225	208	209	257	206	159
4	178	187	111	161	337	302	250	388	363	328	308	254	112	100	128	112	73
5	60	119	44	38	65	115	53	82	164	130	120	96	78	45	69	51	30
6+	56	41	26	13	1	31	6	17	16	35	45	6	19	27	34	31	12
合計	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
産卵期	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
0		50	40	45	60	172	407	84	79	124	505	78	28	87	72	11	125
1		268	85	38	44	72	190	465	90	106	114	476	71	27	88	41	17
2		346	165	62	35	34	60	159	105	60	29	59	150	47	19	34	7
3		118	191	74	39	21	20	36	41	41	21	13	20	51	23	10	12
4		38	26	63	30	21	14	10	13	19	12	7	4	12	16	13	5
5		22	5	6	7	16	18	6	4	8	6	4	1	2	2	4	8
6+		8	3	1	2	3	15	6	6	4	4	3	0	1	1	1	0
合計		849	514	290	217	338	724	766	339	363	691	639	274	226	220	114	174
産卵期魚量		324	290	169	92	74	91	122	107	97	55	49	85	84	61	57	32

付表 6. 将来予測に用いた Flimit と Fsus

Flimit

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0	0.36	0.36	0.12	0.14	0.20	0.25	0.30	0.33	0.36	0.37	0.38
1	0.51	0.51	0.17	0.20	0.28	0.36	0.43	0.48	0.51	0.53	0.54
2	0.55	0.55	0.18	0.21	0.30	0.38	0.46	0.51	0.54	0.57	0.58
3	0.43	0.43	0.14	0.16	0.24	0.30	0.36	0.40	0.43	0.44	0.45
4	0.66	0.66	0.21	0.25	0.36	0.46	0.55	0.61	0.66	0.68	0.70
5	0.85	0.85	0.28	0.33	0.47	0.60	0.71	0.79	0.85	0.88	0.90
6+	0.85	0.85	0.28	0.33	0.47	0.60	0.71	0.79	0.85	0.88	0.90
Fbar	0.60	0.60	0.195	0.23	0.33	0.42	0.50	0.56	0.60	0.62	0.63

Fsus

年齢	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0	0.36	0.36	0.09	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
1	0.51	0.51	0.13	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
2	0.55	0.55	0.14	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
3	0.43	0.43	0.11	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.66	0.66	0.16	0.06	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
5	0.85	0.85	0.21	0.08	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
6+	0.85	0.85	0.21	0.08	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Fbar			0.15	0.06	0.08	0.06	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07