

平成 17 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（渡邊千夏子、谷津明彦、須田真木、西田 宏）

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、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産試験場、愛知県水産試験場漁場生産研究所、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支援センター水産研究所、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、大分県農林水産研究センター水産試験場、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 140 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。低水準の SSB から 1992 年と 1996 年に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。2004 年に加入した 2004 年級群は 1992 年級群に準ずる水準と判断され、2004 年 7 月の SSB は約 11 万トンと推定される。マサバ太平洋系群は Blimit を 45 万トンと設定しているが、短期間での Blimit への回復は難しいとの判断から 2001 年以降は当面の資源管理目標を設定してきた。2004 年度は「2006 年の SSB を 10 万トンとする」と設定した。今年度は 2006 年の ABC を定めるため新たな管理目標の設定が必要である。現在 SSB は回復傾向にあるがなお Blimit45 万トンを下回っていることから、今後も SSB の回復を図り、今後 10 年程度で Blimit に近づけることを目標とする。1990 年以降の再生産成功率（RPS）を参考にし、目標を達成できる F 値による漁獲量を 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は 2004 年 7 月の SSB が約 11 万トンへと上昇したことが考えられる。2005 年級群も比較的豊度が高いと考えられるので、今後とも若齢魚を獲り控え SSB を増加させることが資源回復に必要である。

	2006 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	82 千トン	Frec	0.29	20%
ABCTarget	60 千トン	0.7 Frec	0.20	14%

F 値は各年齢の単純平均、漁獲割合は ABC／資源量、資源量は ABC 算定年 7 月と前年 7 月の平均値。

許容漁獲量

管理の考え方	管理基準	2006 年漁獲量	評 価*
漁獲圧を減らして資源の回復を図る	Frec	ABClimit 82 千トン	A:5.6%, B:29 万 8 千トン、 C:30 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	0.7Frec	ABCtarget 60 千トン	A:0.1%、B:46 万 8 千トン、 C:29 万 8 千トン

*再生産成功率の変動と資源評価誤差を考慮した 1000 回のシミュレーションにおいて、A:過去最低の SSB (1997 年水準:5 万 1 千トン) を 2006~2014 年で下回る確率の最大値、B:2006 年~2014 年の平均 SSB (千トン)、C:2006~2014 年の平均漁獲量

参考値

管理の考え方	管理基準	2006 年漁獲量	評 価*
今後 10 年程度、産卵親魚量を現状の水準 (2004 年:約 11 万トン) に維持する	Fsus	137 千トン	A:51%、B:12 万 1 千トン、 C:21 万 1 千トン
現状 (2004 年) の漁獲圧を維持する	Fcurrent	161 千トン	A:71%、B:8 万 7 千トン、 C:18 万 8 千トン

* Flimit,Ftarget に同じ。Fcurrent は 2004 年の F。

年*	資源量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値**	漁獲割合
2003	242	74	0.41	31%
2004	446	189	0.69	42%
2005	435			

*年は漁期年 (7 月~6 月)。 **F 値は各年齢の単純平均である。

	指 標	値	設定理由
Bban	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
2004 年	親魚量	11 万 1 千トン	

水準*: 低位 動向**: 増加

*水準は過去 20 年以上にわたる資源量 (漁獲量) の推移から「高位・中位・低位」の 3 段階で区分した水準

**動向は資源量 (資源量指数、漁獲量) の過去 5 年間の推移から「増加・横ばい・減少」に区分したもの

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年には少ない産卵親魚量（SSB）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、SSBの増加には至らなかった。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。2001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（1992および1996年級群程度の意味、以下同様）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SSB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年級群も卓越とは考えられない。

2004年漁期は、親魚群が2004年8・10月の三陸沖定置網で近年になくまとまって入網したほか（8・10月の三陸定置網漁獲量約2万8千トン、前年同期約1万1千トン）、2004年級群が2004年11月以降多獲され、VPAによる資源量推定値（44万4千トン）は昨年時点での予測（21万9千トン）をおおきく上回った。2004年7月のSSBは、約11万トンへと増加したと推定され、2004年級群の加入量は資源評価結果から2000・2002年級群を上回り、1992年級群に準ずる水準と判断される。いずれの漁業においても海況条件が定置網への入網や漁場形成に有利であったと考えられ、資源量推定が過大評価である可能性もあり、今後の動向には注意が必要である。しかしながら2004年級群の加入量が高かったことの理由のひとつには、SSBの増加が考えられる。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い。現在資源回復計画に基づく未成魚の獲り控えが実行されている。幸い、2004年級群に続く2005年級群も5月の黒潮続流域表中層トロール調査結果からみてある程度の加入量が期待できるので、引き続き未成魚を保護してゆることが望まれる。

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。

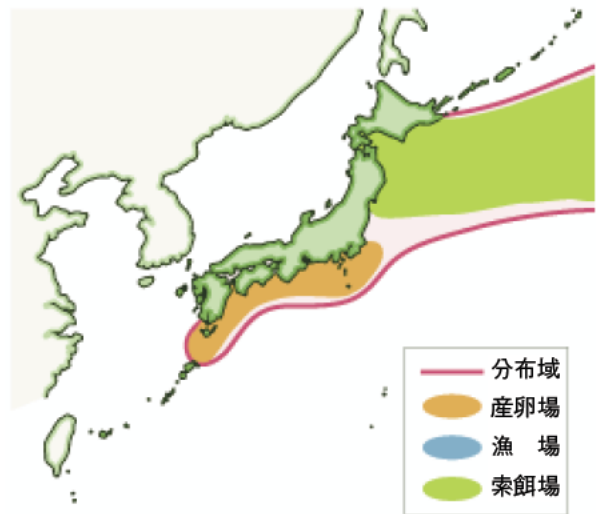


図1. マサバの分布模式図

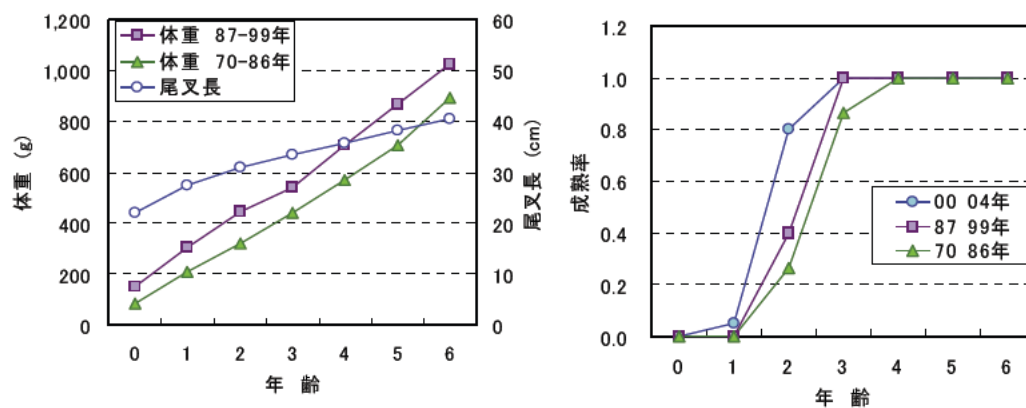


図2. 年齢と成長の関係（左）および年齢と成熟率の関係（右）
尾叉長、体重、成熟率は表示期間の平均的な値である

（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、近年の漁獲物における6歳魚以上の出現は少ない。

マサバ太平洋系群の生活史と漁場形成模式図

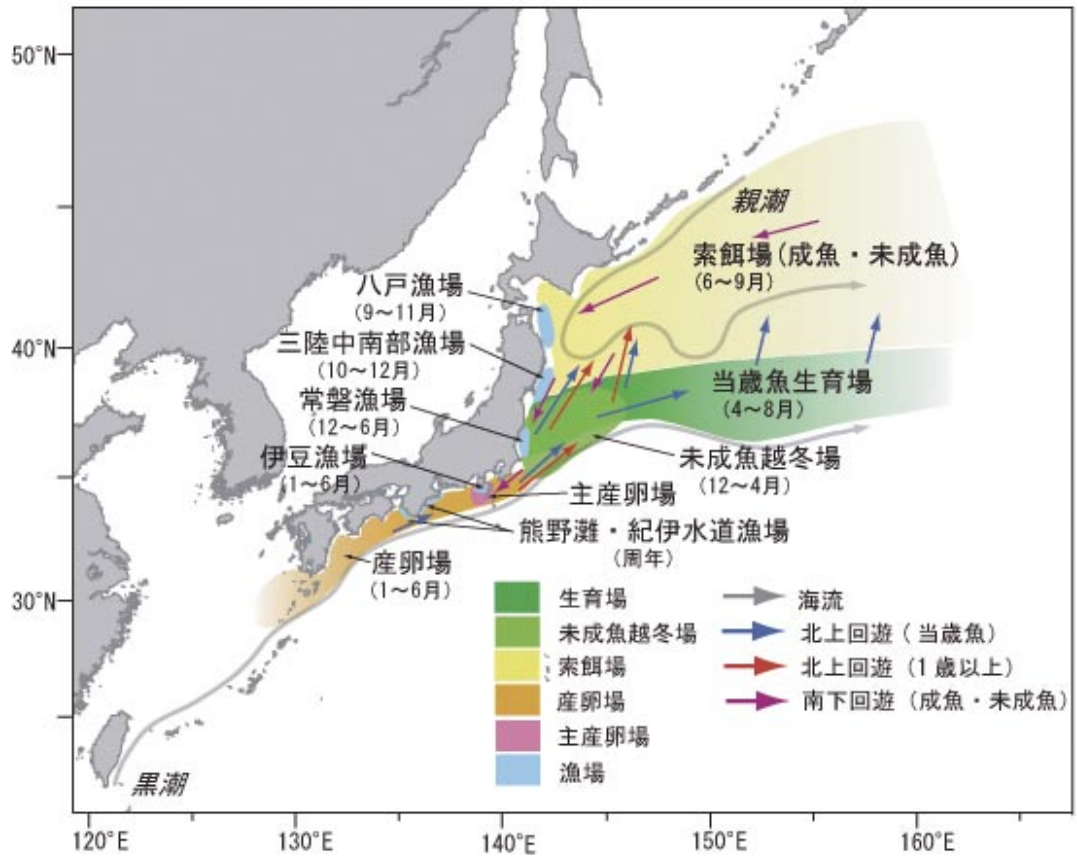


図3. マサバ太平洋系群の生活史と漁場形成模式図

（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）。平成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、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。

（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、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。

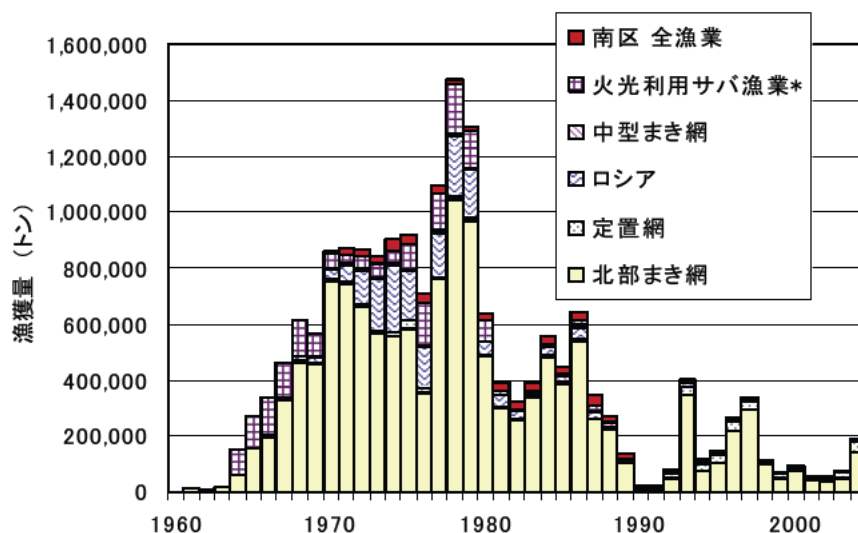


図 4. マサバ太平洋系群の国別・漁業種別漁獲量の推移

*火光利用サバ漁業＝たもすくい＋棒受け網

（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サバ類を対象と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。2002 2003 年はマサバ・ゴマサバ別の有漁投網回数や資源量指数の集計が行われた。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 回であり、多くはマサバを対象としていた。2004 年は魚種別の集計は行われなかったが、漁業の動向からみて努力量のほとんどはマサバに向けられたと考えられる。

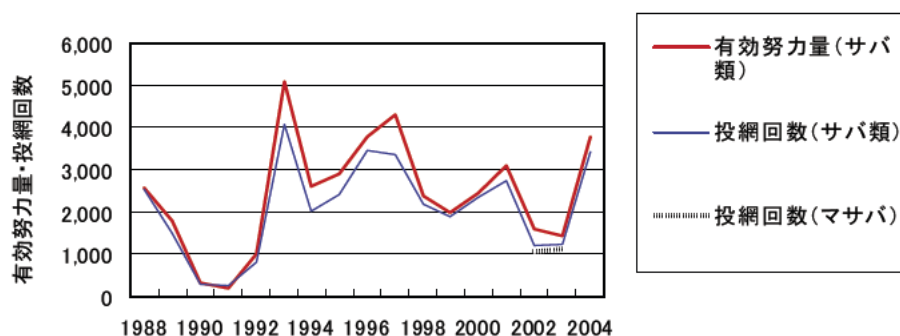


図 5. 北部まき網漁業のサバ類に対する有効努力量の推移（JAFIC 資料）

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、2004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）。

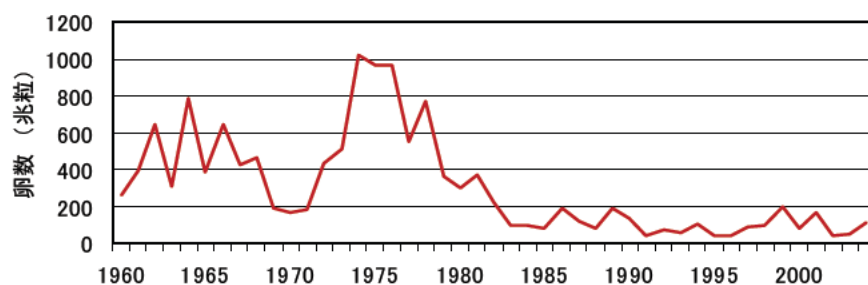


図6. 産卵調査によるサバ類（マサバとゴマサバ）産卵量の経年変化

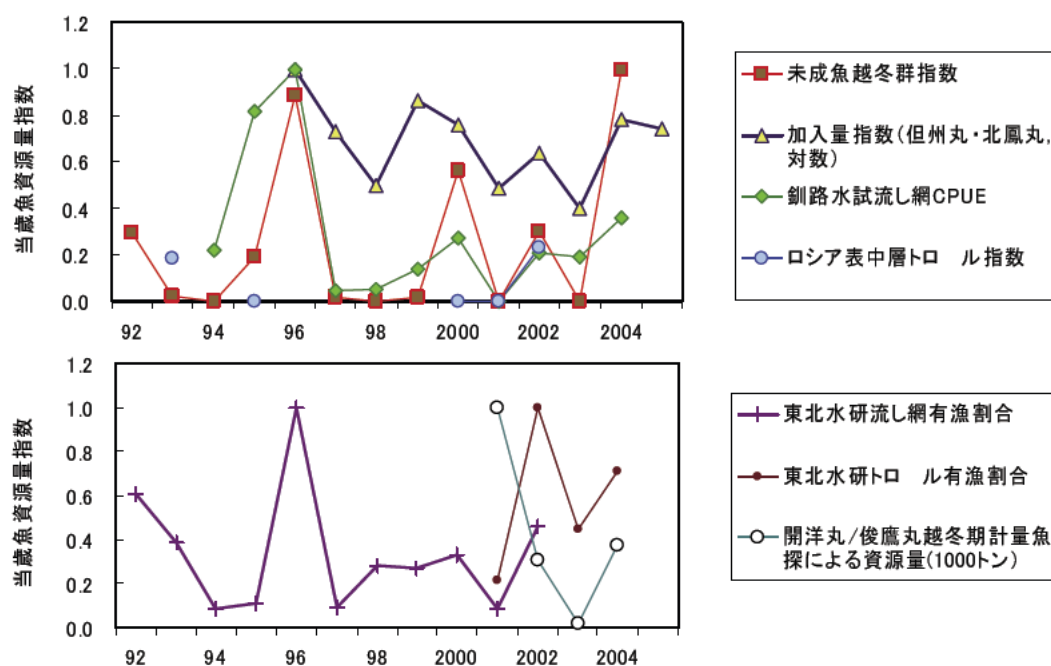


図7. マサバ未成魚越冬群指数およびマサバ当歳魚の資源量指数の推移
（各データ系列の最大値を1として標準化）

（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（調査の詳細は補足資料 3）。

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 63 兆粒、2004 年は 113 兆粒と増加した。2005 年 1 6 月の産卵量は約 47 兆粒（暫定値）である。

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、漁場形成が断続的であったこととその後の漁獲状況からみて過大評価であったと考えられた。2002 年級群もほとんどの調査で比較的高い値を示した。2004 年級群は、茨城水試による未成魚越冬群指数が 1996 年級群のそれを上回ったほか、5～6 月の表中層トロール調査による加入量指数、6～11 月の釧路水試による流し網調査の当歳魚 CPUE、秋季の東北水研調査での当歳魚有漁点割合のいずれも 2002 年級群を上回っており、2004 年級群の加入量水準が高いことを示している。2005 年 5 月の表中層トロール調査結果では、2005 年 5 月の加入量指数は 2004 年級群よりやや少ないものの、比較的高い値を示した（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それぞれ 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昨年度から曳網回数が多い北上期の CPUE をチューニングに用いた。なお 2005 年の越冬期については、調査船が開洋丸から俊鷹丸に代わり、調査漁具の規模が変わったため直接比較することは困難と判断し、今年度のチューニングには 2001 2004 年までのデータを用いた。

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。

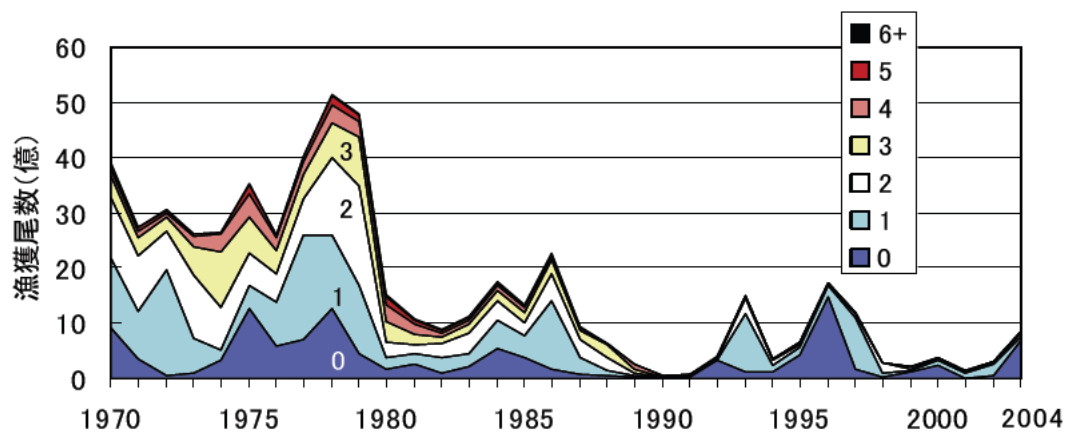


図 8. マサバの年齢別漁獲尾数の推移

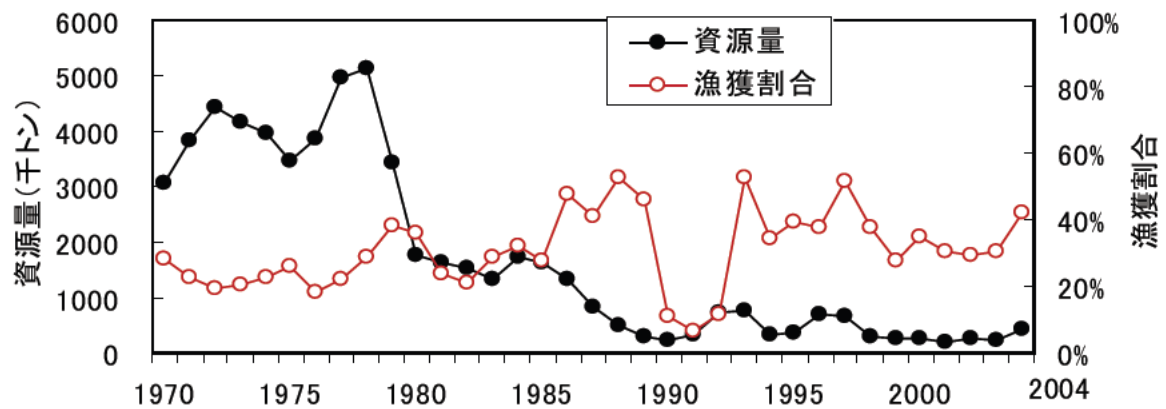


図 9. マサバの資源量と漁獲割合の推移 (漁獲割合=漁獲量/資源量)

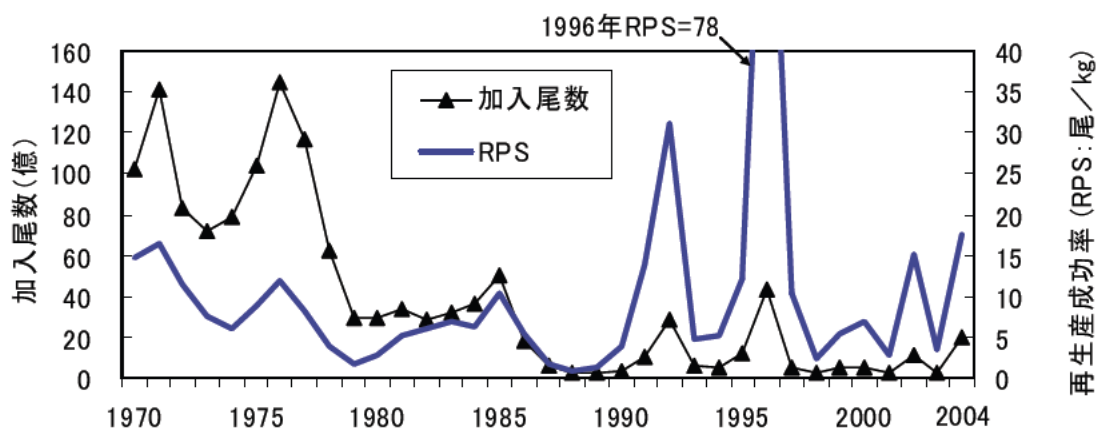


図 10. マサバの加入尾数と再生産成功率の推移
(再生産成功率 RPS=加入尾数/産卵親魚量)

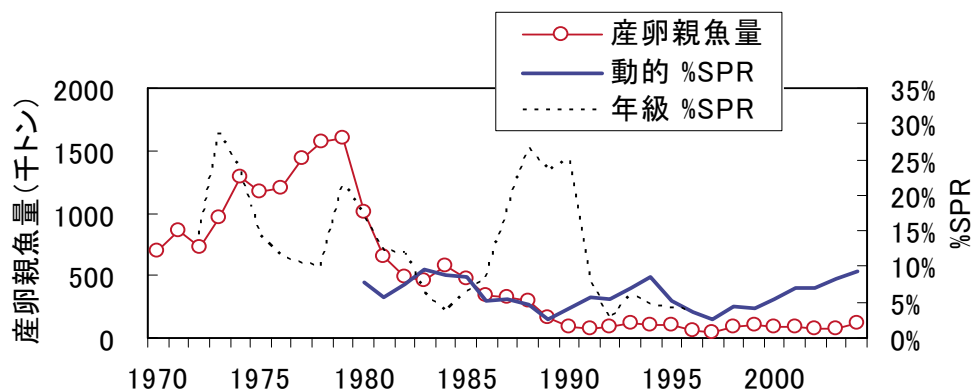


図 1 1. マサバの産卵親魚量、動的%SPR および年級%SPR の推移

(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 1 0）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加入量あたり産卵親魚量（SPR）の減少である（図 1 1）。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が、その後は未成魚中心の漁獲が続き SSB は低位で推移した。2004 年漁期は 2004 年 8 10 月の三陸沖定置網に産卵親魚群がまとまって入網し、新規加入群である 2004 年級群は主にまき網漁業で 2004 年 11 月から翌年 6 月にかけて多獲されて漁獲量がおおきく増加し、VPA による資源量推定値は昨年時点での予測を上回る結果となった。2004 年の SSB はやや回復して約 11 万トン、2004 年級群の加入量は 1992 年級群に準ずる水準と判断される。しかし海況条件が定置網への入網および未成魚の漁場形成に有利であったと考えられることから、資源量推定が過大評価である可能性もあり今後の動向に注意が必要である。

自然死亡係数 M に対する資源量の感度解析結果を図 1 2 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 98%と 107%、産卵親魚量は 99.7%と 104%であった。SSB と F の関係には特に傾向は見られない（図 1 3）。

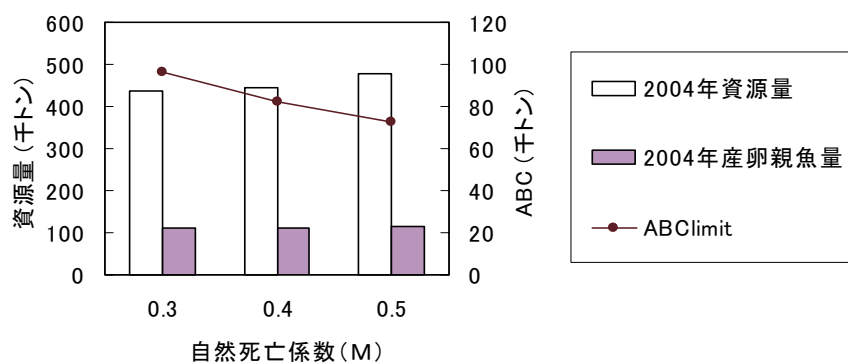


図 1 2. 資源量、産卵親魚量および ABC limit に対する M の感度解析
(管理目標と B limit は全ての M で同じとした)

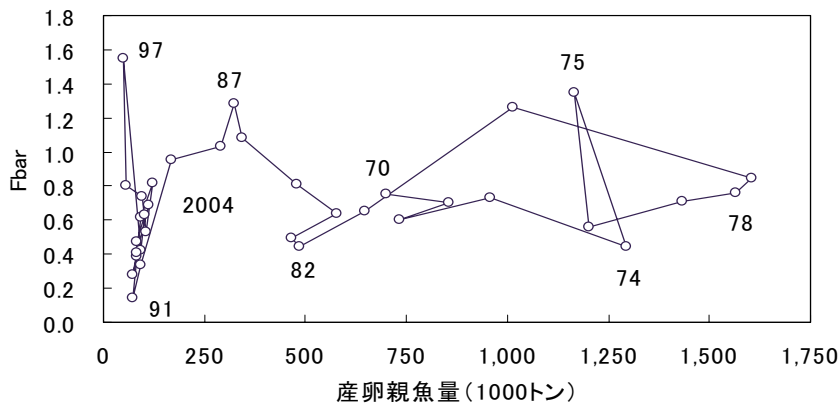


図 1 3. 産卵親魚量と漁獲係数（年齢別 F の単純平均）の関係

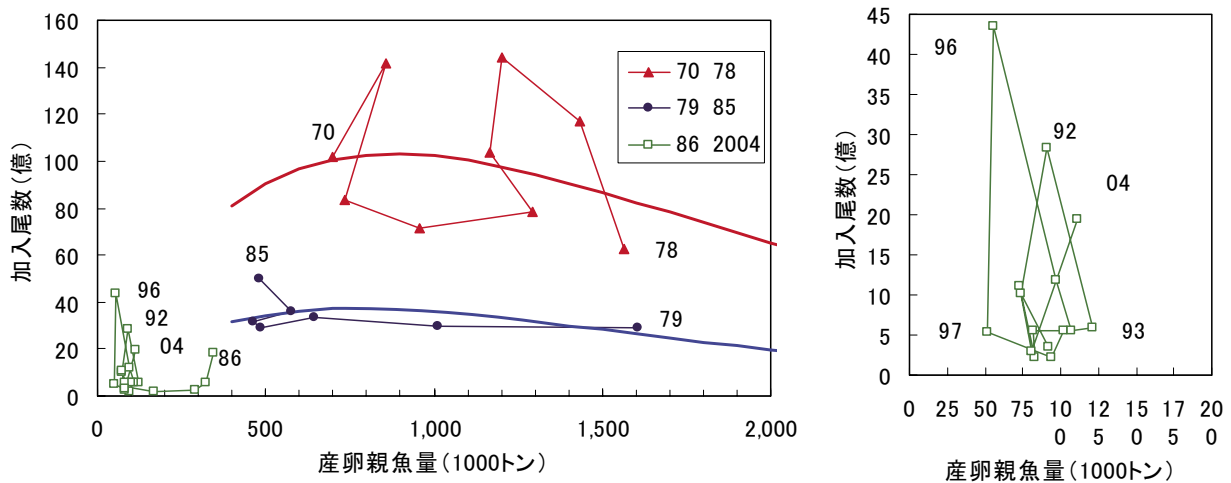


図 1 4. マサバの再生産関係（右は 1990 年以降の拡大図）

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）資源水準・動向の判断

1970 年以降の資源量、産卵親魚量および漁獲量の推移から資源水準は低位、動向は過去 5 年間の資源量から増加と判断した。

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、 $\alpha = 319$ 、 $\beta = 0.0011$ （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 ($S=SSB$) が 45 万トン以下になり加入量 (R) が急激に減少した。また 1992・1996・2004 年には高い RPS (25~78 尾/kg) が観測される一方、1998・2001・2003 年には 3 尾/kg 程度の非常に低い RPS が観測されるなど、RPS の年変動が大きくなった。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ことから、安定した加入のためには SSB を 45 万トン以上に保つことが望ましいと考え、Blimit は SSB45 万トンとした。2004 年の SSB は Blimit の約 25% 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 10)。その後、1992 年、1996 年に著しく高い RPS が、2002 年、2004 年にも比較的高い RPS が観測された。

再生産関係はリッカー型曲線 $R=aSexp(-bS)$ 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 14)。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 15)。

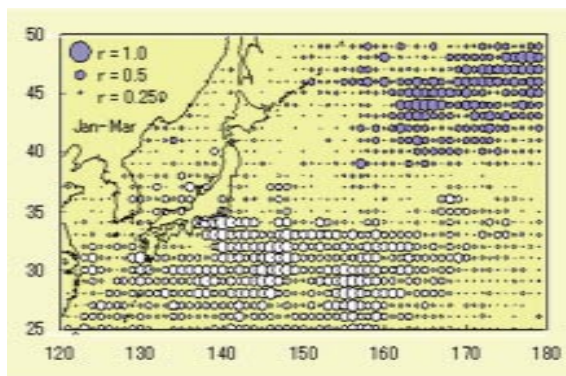


図 15. 加入尾数の観測値と理論値の差 (対数) と緯度経度 1 度昇目別の冬季表面水温の相関関係 (●: 正相関、○: 負相関)

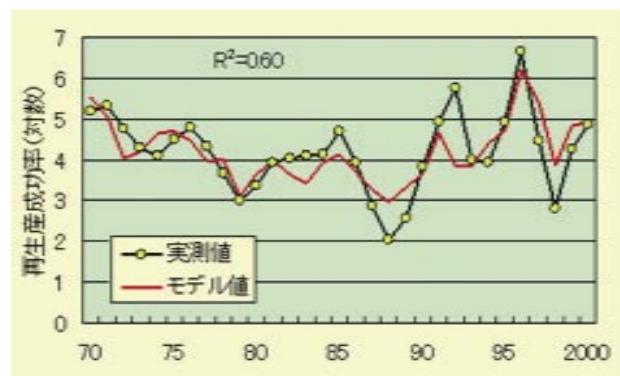


図 16. 再生産成功率の実測値と拡張リッカーモデルによる値

リッカー型を含む再生産式は一般に 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 RPS の経年変動をある程度説明できた (図 16; 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 年級群のそれは、モデルの推定値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。

2005 年級群の加入量については 2005 年 5 月の黒潮統流域幼稚魚調査（北鳳丸）による加入量指数と、1996 年以降得られている指数と加入量の関係から 9 億尾程度と判断される。しかし 2005 年級群の指数（12.4）と同程度の指数としては 1997 年（12.1）、1999 年（14.3）、2000 年（12.5）、そして 2004 年級群（13.0）があり、これらの加入量水準は 5 億～20 億尾と幅が広い。したがって 2005 年級群の加入量水準の見積もりは不確実である。ABC 算定における 2006 年以降の加入量は、(1)SSB45 万トン未満では 1990 年～2004 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仮定した。

（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 で除した値）を用いた YPR 曲線と SPR 曲線を図 17 に示す。2004 年の F (F_{current}) は F_{msy} の代替値と考えられる $F_{0.1}$ や F_{med} を上回り、成長乱獲の閾値である F_{max} をやや下回るレベルとなった。さらなる F の引き下げが望まれる。

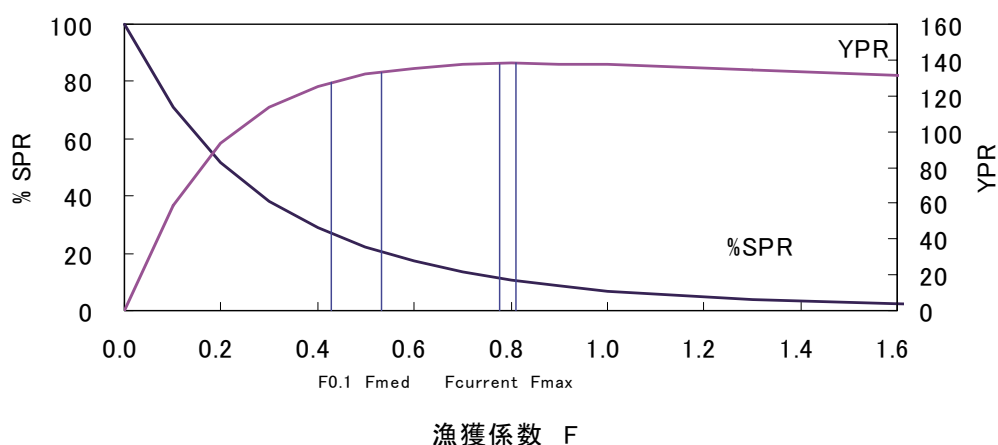


図 17. 漁獲係数 F と SPR および YPR の関係 (F_{current} =現状の F)
(ここでの F は選択率 1 の年齢の F である)

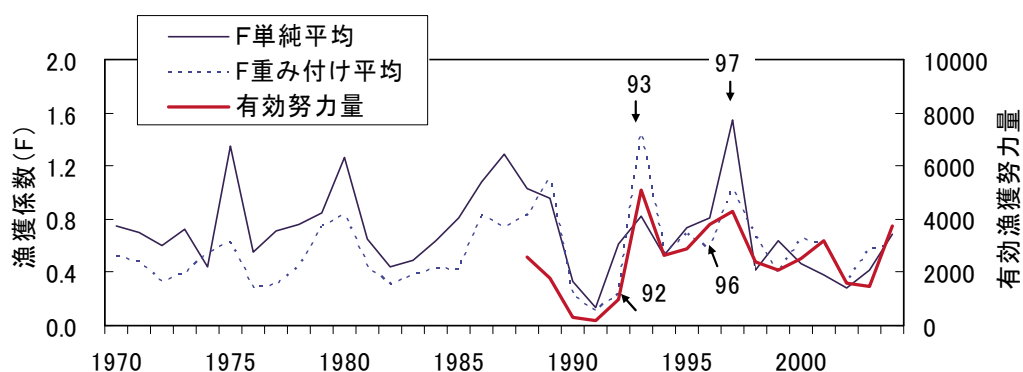


図 18. 漁獲係数 F と北部まき網のサバ類に対する有効努力量の推移
(F は年齢別 F の単純平均と年齢別 F を漁獲尾数で重みづけた値である)

(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べた加入量あたり産卵量(動的%SPR: 実際の加入尾数も考慮した年々のSPR、補足資料2参照)は1997年以降3%まで低下したが、近年は漸増傾向にある(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、1996年級群以降は寿命(計算上8歳を仮定)に達していないので図11には掲載していない。

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 2003年のサバ類に対する有効努力量は1993年以降で最低となり、2004年は1997年に次ぐ水準となった(図18)。2002年から2003年にかけて、Fの水準と北部まき網漁業における有効努力量や投網回数の動向には不一致がみられたが、2004年は一致して上昇傾向を示した(図5)。

再生産関係(図14)および再生産成功率の推移(図10)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が観測されたが、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。

現状のFを変化させた場合の2010年までの資源動向のシミュレーション結果を表2、図19および付表12で検討した。すべてのシミュレーションはオペレーティングモデルを用い、将来の資源量推定に含まれる資源評価誤差を考慮した(補足資料5)。

加入量は、1)SSBが45万トン未満では1990～2004年の実測のRPSをランダムに抽出し、計算されるSSBに掛けた値(ただし加入量の上限は120億尾とした)、2)SSBが45万トン以上では、1970 1978年のリッカー型再生産曲線から得られる推定値に、1970 1978年にみられた加入量と再生産曲線からの残差をランダムに抽出して加えた値とした。

資源評価誤差は2005年以降生じるものとし、1)年齢別漁獲尾数の観測誤差、2)資源量推定に用いる資源量の指標値の観測誤差、3)ABC算定時に用いる加入量の指標値の誤差を含み、全体として最大で2倍程度SSBの推定値を誤る程度の誤差を与えた。

2005年のFは2004年と同様とし、2006年～2010年の間ではF_{current}(2004年のF)を一定の割合で増減した。なおF_{sus}は、5～10年後(2010～2014年)の平均的なSSBが現状(2004年水準、11万1千トン)程度となるFとした(詳細は付表12)。

表 2. F 値（年齢別 F の単純平均）による 2006～2010 年漁期の漁獲量と産卵親魚量の推移

基準値×係数	Fbar	SSB(千トン)					漁獲量(千トン)				
		2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
F _{cur} × 0.1	0.07	124	194	318	480	647	21	39	77	115	180
F _{cur} × 0.2	0.14	124	180	281	405	513	40	71	137	184	276
F _{cur} × 0.3	0.21	124	167	249	332	416	58	99	182	225	309
F _{cur} × 0.4	0.28	124	157	225	272	325	75	121	211	251	334
F _{cur} × 0.5	0.34	124	146	197	229	260	91	139	236	266	333
F _{cur} × 0.6	0.41	124	135	171	194	207	106	146	225	258	309
F _{cur} × 0.7	0.48	124	124	153	163	170	120	169	258	239	282
F _{cur} × 0.8 =F _{sus}	0.55	124	117	137	141	132	133	170	257	246	244
F _{cur} × 0.9	0.62	124	109	123	119	107	146	184	272	232	231
F _{cur} × 1 =F _{current}	0.69	124	99	107	101	92	157	207	276	193	215
F _{cur} × 1.1	0.76	124	92	94	87	73	168	183	258	190	182
F _{cur} × 1.2	0.83	124	88	87	81	69	178	181	234	177	176

*詳細は付表 12

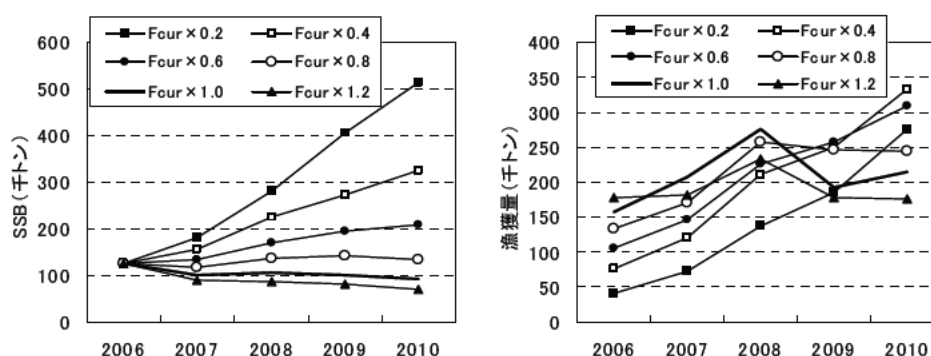


図 19. F 値による 2006～2010 年漁期の産卵親魚量（左）と漁獲量（右）の推移
（表 2 をグラフ表記。詳細は付表 12）

（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年代以降は未成年（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。しかし近年は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、2000年、2002年にも比較的高いRPSが観測された。2004年も1992年級に準ずる加入がみられた。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）。資源の回復目標であるB_{limit}は、5（1）に述べたように過去安定した加入量がみられたSSBの水準（45万トン）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年級群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、2002年度と2003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し、2004年にはこれを2006年と1年繰り延べた。本年度は2006年のABCを定めるため、新たな管理目標を設定する必要がある。これまで述べてきたように現在SSBは増加傾向にあるもののBlimitとする45万トンを下回っていることから、今後もSSBの回復を目指す必要がある。そこで本年は、SSBの回復が見込め、今後10年程度でBlimit45万トンの近傍に達することができ、かつ過去最低のSSB（1997年水準5万1千トン）を下回る確率を5%程度とすることを管理目標とし、このような目標を達成するFrecをシミュレーションにより求め、これをFlimitとした。Ftargetには、本年の資源評価の不確実性を考慮して、標準的な安全率0.8より引き下げた0.7をFlimitに乗じた値を用いた。

（6）不確実性を考慮した検討

1）オペレーティングモデルによる加入量の変化に応じた将来予測の検討

5 （4）で述べたように、シミュレーションはオペレーティングモデルを用いた（補足資料5）。加入量と資源評価誤差の設定は5 （4）に述べたとおりである。

5 （4）に述べた条件で、Flimitで漁獲した場合のシミュレーションを1000回試行した（図20）。過去最低のSSBを2006年～2014年に下回る確率は5.6%以下、2006年～2014年の平均漁獲量は30万トンであった。SSBの平均値は2006年～2014年で13万～49万トン程度（対応する漁獲量は8万～45万トン）である。ただし、シミュレーション結果の80%区間の幅は非常に広い。

同様のシミュレーションをFtargetについて行った結果を図21に示す。過去最低のSSBを2006年～2014年に下回る確率は0.1%以下、2006年～2014年の平均漁獲量は29万8千トン、SSBの平均値は2006年～2014年で13万～102万トン（対応漁獲量7万～53万）トンである。Ftargetは資源減少のリスクを小さくできる。

2004年のF（Fcurrent）を全期間に適用した結果を図22に、平均的なSSBが今後10年程度現状のSSB（11万1千トン）の水準で推移するF（Fsus）を適用した結果を図23に示す。Fcurrentでは、過去最低のSSBを2006年～2014年に下回る確率は70%以下、2006年～2014年の平均漁獲量は約9万トン、SSBは2006年～2014年で13万～3万8千トン（漁獲量16万～12万トン）と減少した。Fsusでは、過去最低のSSBを2006年～2014年に下回る確率は52%以下、2006年～2014年の平均漁獲量は22万トン、SSBは2006年～2014年で13万～144万トン（漁獲量14万～26万トン）と推移した。いずれも80%の範囲は広く、資源減少の危険性が高い。

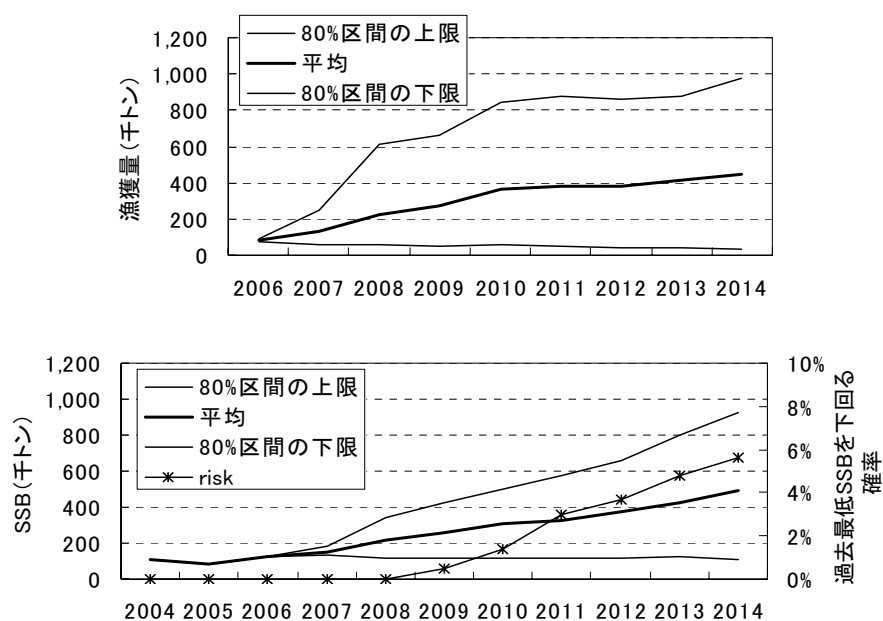


図20. 過去のRPSをランダムに抽出した場合について、Flimitで漁獲したシミュレーション結果（上：漁獲量、中：産卵親魚量SSBおよび過去最低SSBを下回る確率）。図中のriskは、過去最低SSB（1997年水準5万1千トン）を下回る確率をさす。

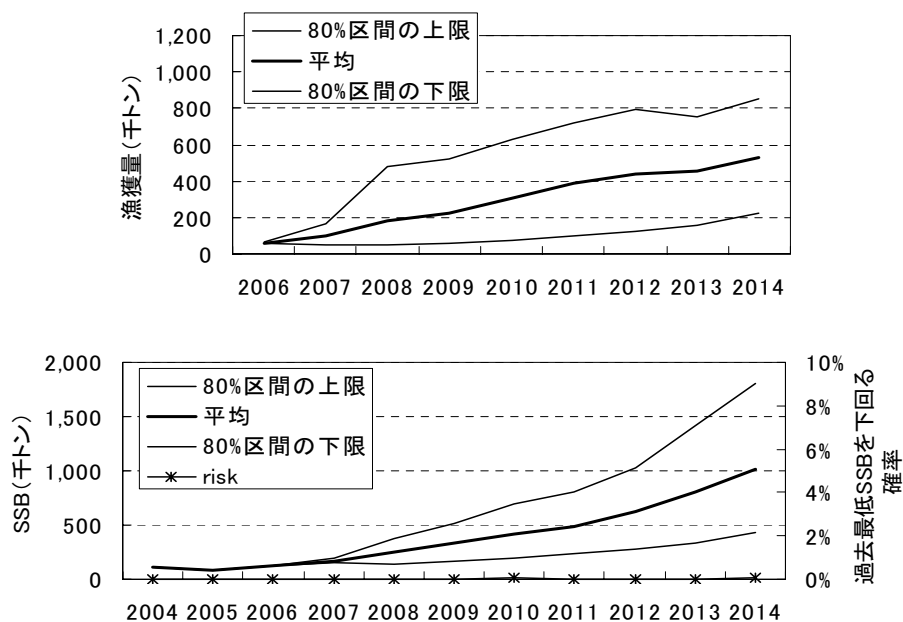


図21. 過去のRPSをランダムに抽出した場合について、Ftargertで漁獲したシミュレーション結果（上：漁獲量、中：産卵親魚量SSBおよび過去最低SSBを下回る確率）。図中のriskは、過去最低SSB（1997年水準5万1千トン）を下回る確率をさす。

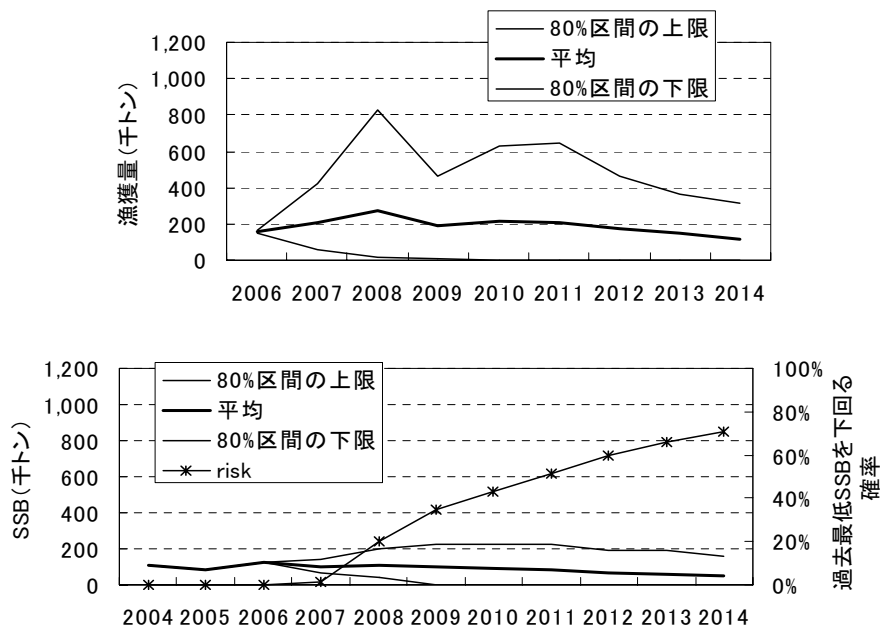


図 2 2. 過去の RPS をランダムに抽出した場合について、 $F_{current}$ で漁獲したシミュレーション結果（上：漁獲量、中：産卵親魚量 SSB および過去最低 SSB を下回る確率）。図中の risk は、過去最低 SSB（1997 年水準 5 万 1 千トン）を下回る確率をさす。

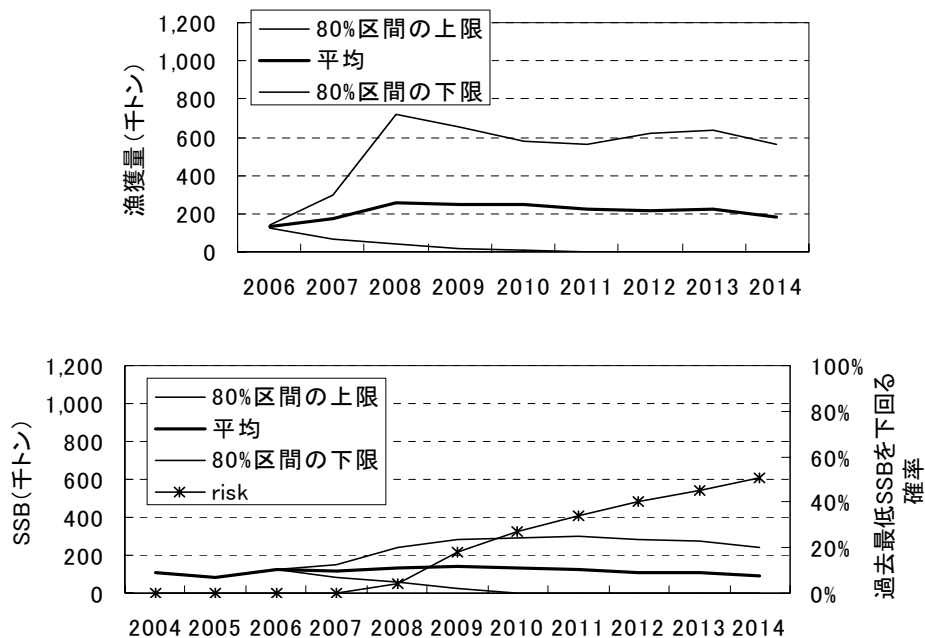


図 2 3. 過去の RPS をランダムに抽出した場合に F_{sus} で漁獲したシミュレーション結果（上：漁獲量、中：産卵親魚量 SSB および過去最低 SSB を下回る確率）。図中の risk は、過去最低 SSB（1997 年水準 5 万 1 千トン）を下回る確率をさす。

2004 年の F (F_{current}) 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 2 4 に示す。0 歳魚のみの F を減じた場合、
減少の度合いが大きいくほど SSB も漁獲量も増加するものの全体の減少傾向は変わらず、管理
効果はそれほど高くない。0 歳と 1 歳の F を減じると SSB の増加が見込め管理効果は高い。

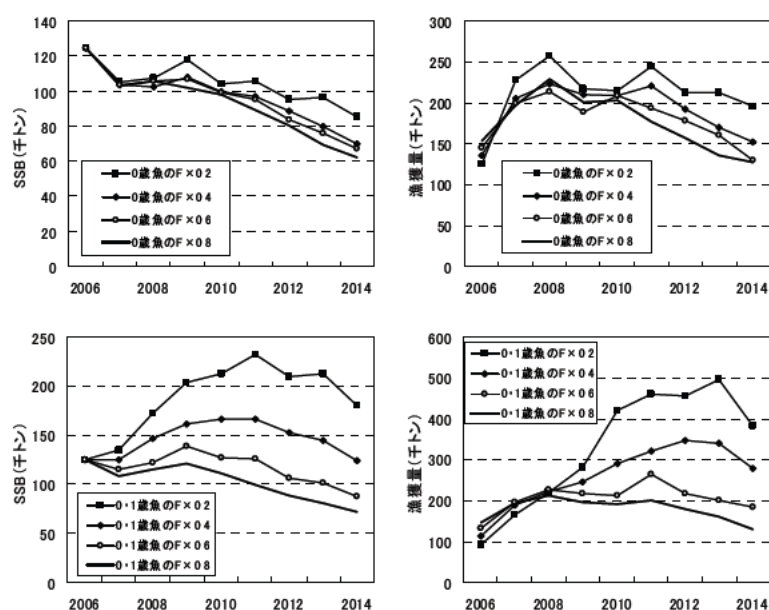


図 2 4. 上段 : 過去の RPS をランダムに抽出した場合に、0 歳魚の F を F_{current} から減少させ、2 歳以上を F_{current} で漁獲した場合のシミュレーション結果 (平均値のみ)。下段 : 同様に 0 歳及び 1 歳魚の F を減少させた場合。

6. 2006 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12万トン进行ピークに減少し、1997年の過去最低のSSBの約5万1千トンの後、2004年には約11万トンに回復したと推定される。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、SSB5万5千トン) には卓越年級群が出現した。しかしこれらの年級群による資源回復は未成魚の多獲により阻まれた。2004年の加入量は、やや回復したSSBに比較的高いRPSが重なって、19.5億尾と1992年に準ずる水準になった。

(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2006年のABCを算定した (詳細は補足資料2)。前提条件として、1)2005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年の値とした。2)2005年の F は2004年と同じとした。3)2005年の加入量は5月の表中層トロール調査結果から9億尾と仮定、2005年

以降の加入量は、(1)SSB45 万トン未満では 1989 年～2004 年の RPS の中央値を用い、
(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) (2)を適用した。資源管理基準はシミュレーションにより、SSB の回
復が見込め、今後 10 年で $B_{limit}45$ 万トンの近傍に達することができ、SSB が過去最低 (1997
年水準：5 万 1 千トン) を下回る確率を 5%程度にする $F=F_{rec}$ をもとめ、これを F_{limit} とし
た。 F_{target} は、本年度の資源評価の不確実性を考慮して、基準の安全率よりさらに引き下げて
 $0.7F_{limit}$ 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 cohorts 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。

	2006 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	82 千トン	F_{rec}	0.29	20%
ABCtarget	60 千トン	$0.7 F_{rec}$	0.20	14%

F 値は各年齢の単純平均である。

漁獲割合は $ABC/\text{資源量}$ 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 118%に相当する 9 万 6 千
トン、 $M=0.5$ の場合は 88%に相当する 7 万 2 千トンであった (図 1 3)。

(3) 管理の考え方と許容漁獲量

5 (6) で行ったシミュレーションと同様の設定で、 F_{sus} 、 $F_{current}$ について行った結果
の比較を下表にまとめた。2006 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れる。

管理の考え方	管理基準	2006 年漁獲量	評 価
漁獲圧を減らして資源 の回復を図る	F_{rec}	ABClimit 82 千トン	A:5.6%, B: 29 万 8 千トン、 C:30 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	$0.7F_{rec}$	ABCtarget 60 千トン	A: 0.1%, B:46 万 8 千トン、 C:29 万 8 千トン
今後 10 年程度、産卵親 魚量を現状の水準 (2004 年: 11 万 1 千ト ン) に維持する	F_{sus}	137 千トン	A:51%, B:12 万 1 千トン、 C:21 万 1 千トン
現状 (2004 年) の漁獲 圧を維持する	$F_{current}$	161 千トン	A:71%, B: 8 万 7 千トン、 C:18 万 8 千トン

*再生産成功率の変動と資源評価誤差を考慮した 1000 回のシミュレーションにおいて、A:過
去最低の SSB (1997 年水準: 5 万 1 千トン) を 2006～2014 年で下回る確率、B:2006 年～2014
年の平均 SSB (千トン)、C: 2006～2014 年の平均漁獲量

(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 ¹ 基準	資源量 ² (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2004 年（当初）	Frec ^a	225	34	29	
2004 年（2004 年再評価）	Frec ^b	153	53	45	
2004 年（2005 年再々評価）	Frec ^c	344	82	60	99
2005 年（当初）	Frec ^b	219	33	30	
2005 年（2005 年再評価）	Frec ^c	445	101	74	

1: Frec^a : 2005 年に SSB10 万トン、Frec^b : 2006 年に SSB10 万トン、Frec^c : SSB の回復（詳細は本文を参照）。

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

これまで述べてきた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 5）。

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 5 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¹＋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。

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、2004 年からは 25%削減を目標に実行されている。現在 SSB は漸増傾向にあり、2005 年級群も比較的高い加入が見込まれる。引き続き未成魚を中心とした漁獲努力の削減が望まれる（補足資料 4 参照）。

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るとき漁獲量の期待値

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

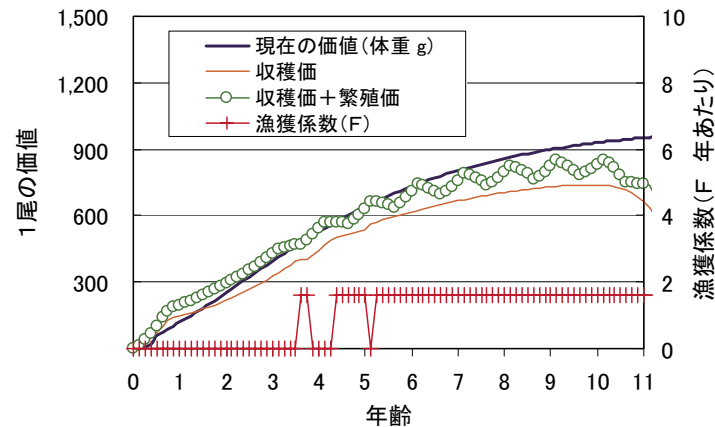


図 25. マサバにおける年齢と現在価値、収穫価および繁殖価の関係

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 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 回日ロ漁業専門家・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 考察 水産海洋研究, 56, 57-64.
- 黒田 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) マサバ資源管理方策の検討 月刊海洋, 382: 288-292.
- 目黒清美・梨田 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 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 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、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。

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	40	2,587
1989	7～6	48	1,496	65,967	1,731	25	1,796
1990	7～6	12	293	2,022	79	1	335
1991	7～6	14	259	2,167	258	7	201
1992	7～6	45	807	26,410	1,072	28	1,007
1993	7～6	118	4,062	272,636	7,205	59	5,079
1994	7～6	62	2,016	59,710	1,518	33	2,610
1995	7～6	69	2,428	75,292	1,985	33	2,905
1996	7～6	107	3,462	147,859	4,266	48	3,791
1997	7～6	90	3,349	226,096	4,859	52	4,303
1998	7～6	81	2,183	72,535	3,123	36	2,380
1999	7～6	63	1,905	40,157	1,447	27	2,055
2000	7～6	92	2,453	66,070	2,506	40	2,512
2001	7～6	79	2,957	57,266	1,508	16	3,220
2002	7～6	51	1,214	26,710	628	14	1,594
2003	7～6	68	1,266	31,743	1,604	28	1,469
2004	7～6	62	3,424	112,826	1,666	51	3,771

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 (黒潮統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 (2000 年以降、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。

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

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。

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

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。

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

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($\%SPR_d$)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 年 a 歳の加入尾数、 $s_{a,t}$ 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。その年級群に加わった漁獲の大きさを SSB の減少の大きさで示したものである。

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

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 ロック水 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 資源評価 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・ 第7開洋丸
中央水研 資源評価 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～ 2004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・計 量魚探	開洋丸・俊 鷹丸

(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。

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	2005
未成魚越冬群指数	790	64	0	506	2,350	49	0	51	1,496	0	798	0	2,655	
但州丸・北風丸加入量指数 2004年型（対数）					17	12	8	14	13	8	11	7	13	12
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	9.0	
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	0.1	
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	40	
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	
開洋丸/俊鷹丸越冬期平均 分布密度（トン/km2）											1.6	0.5	0.0	0.6
開洋丸/俊鷹丸越冬期資源 量(1000トン)											141.7	43.6	2.4	53.0
サバ類産卵量	71	56	100	43	36	86	96	194	75	165	46	51	105	(47)
ロシア表中層トロール0歳 魚指数	25,000			50					43	38	31,600			

*2005 年産卵量は 1 6 月の暫定値

（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。2004 年 6～11 月の釧路水試による流し網調査の当歳魚 CPUE は近年では比較的高く、1996 年級群には及ばないが、1992 年級並みの値を示した。

（図 4、付表 5）。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。

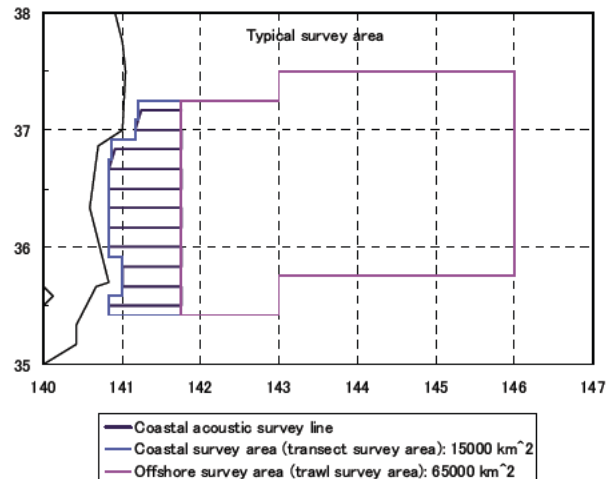
（3）黒潮統流域表中層トロール調査

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 年級群程度と考えられる。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 年級群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ため、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。本年も前年同様の方法で加入量指数を算出した。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り、2005年の加入量指数はこれをやや下回った。

(4) 開洋丸・俊鷹丸によるサバ類の現存量推定調査

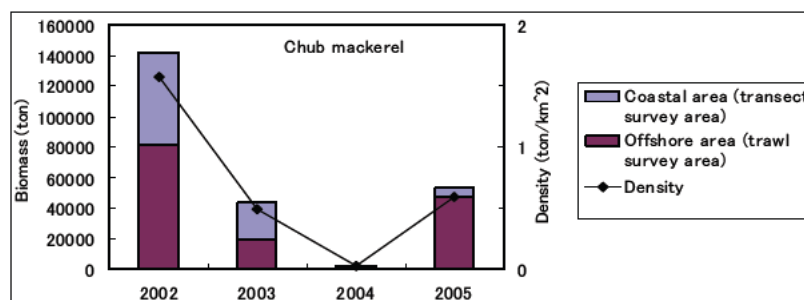
黒潮続流域から親潮系冷水域における浮魚類の現存量を表層トロールにより推定する方法を開発する目的で、イワシ類、サバ類、スルメイカ等に対する漁獲特性を明らかにする調査を2002年から1月（越冬期）と5月（北上期）に中央水産研究所資源評価部と東北区水産研究所八戸支所が水産庁開洋丸で実施してきた。2005年は2月に俊鷹丸による同様調査が行われたが、網口径が開洋丸の約50mに対して俊鷹丸は約28mと異なるため、直接的な比較することは難しい。本調査では表中層トロール曳網中（補足図1の矩形枠内）および常磐沿岸（補足図2の太線）で魚群探知機による現存量把握も行ってきた。



補足図1. 開洋丸・俊鷹丸による越冬期調査における主な調査範囲（年により若干異なる）

使用した機器は開洋丸ではカイジョー

製 KFC 3000（周波数 38kHz）、俊鷹丸では SIMRAD 製 EK60（周波数 38,70,120kHz）である。表中層トロールの漁獲物を参考に、魚群探知機による分布密度を東北区水産研究所八戸支所が試算した（補足図2）。これまでの結果は開洋丸による表中層トロールの CPUE と概ね一致した。2005年の指数は推定されているコホート解析の結果に比べ特に沿岸で低かった。これは海洋環境の影響によるサバ類の漁場が房総半島沖合に集中していたために過小評価になったと考えられる。



補足図2. 開洋丸・俊鷹丸の魚群探知機データから推定したマサバ分布量及び分布密度（2002～2005年1月）

(5) 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。

(6) 未成魚越冬群指数

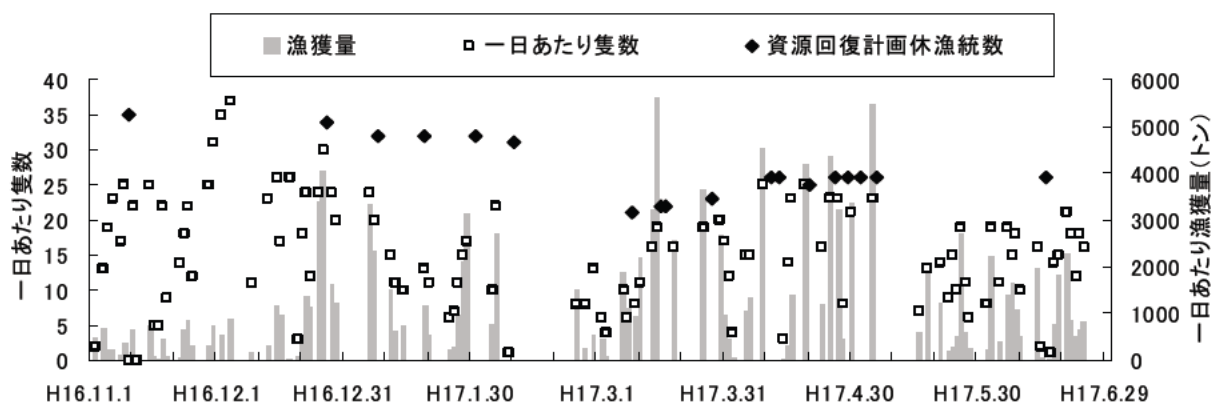
茨城県水産試験場により 1985 年級群から継続して算定されている。その定義は以下のとおりである。年明け後の冬春季に、未成魚（尾叉長 24cm 以下）がまき網漁獲物（標本）の 50%（尾数比）を越えている期間の越冬場（35～37° N、142° E 以西のまき網漁場域（房総～常磐南部海域））における緯度・経度 10 分升目毎のまき網 1 日 1 投網平均漁獲量の総和。この指数は 1980 年代後期に急減し、1990 年代は極めて低い、1992 年級群、1996 年級群、2000 年級群では高かった。但し、2000 年級群を対象とした冬季の常磐海域のまき網漁獲は断続的であり、14 年度の評価においても 2000 年級群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 年級群並みに高いが、1996 年級群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。2004 年級群の指数は 1996 年を上回ると算出されている。

(7) 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。2004 年は 353 尾（出現した定点数 24）であった。2004 年調査では資源動向要因分析調査においてマサバ、ゴマサバの判別を DNA による手法等で実施したところ、大半はゴマサバと判定された。

補足資料 4：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日数

JAFIC が提供する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休漁日を記載した。2004 年級群主体の漁獲が始まった 2004 年 11 月から 2005 年 6 月までに 18 日間、漁獲が最も多かった 3 5 月上旬にかけて 10 日間の休漁が実施された。2005 年度は努力量の 30%削減が計画されている。



補足図 3. 北部太平洋における日別漁獲量、一日あたり出漁隻数（ともに JAFIC 市況情報より）、および資源回復計画に基づく休漁日と休漁統数（東京都北部太平洋まき網漁業協同組合連合会提供）

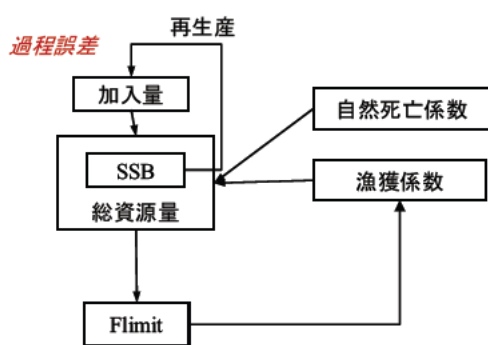
補足資料 5. オペレーティングモデルについて

管理効果を判断するための将来予測シミュレーションは、昨年までは補足図 4 に示したような過程で行っていた。この過程では資源評価が含まれないため、資源量は常に正しく推定され、ABC を設定しないため ABC が資源量を超過することはない。しかし、とくに VPA による資源評価では、最近年の資源量推定値は不確実で誤差を含むことは一般に知られている。これを補うためにチューニングを行っているが、チューニングに用いる指標もまた誤差を持つ。オペレーティングモデルを用いたシミュレーションは、このような「資源評価の過程で生じる誤差＝資源評価の不確実性」を考慮したうえで、頑健な管理方策を探ることを目的として発展してきた。

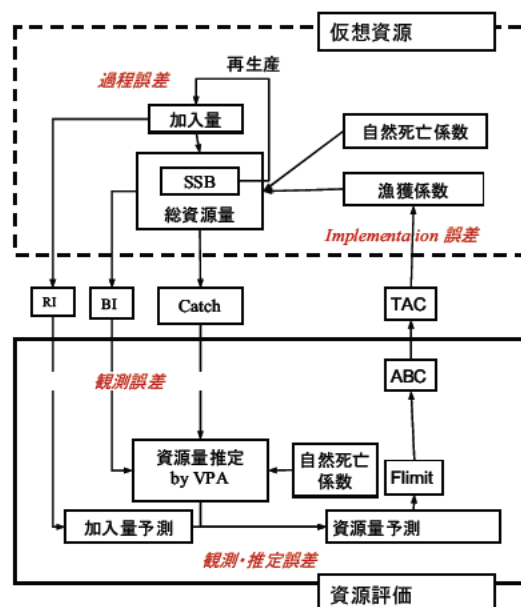
オペレーティングモデルを用いたシミュレーションの過程を補足図 5 に示す。オペレーティングモデルとはコンピュータ上に再現された仮想の水産資源をさす。仮想資源にはマサバの特性をなるべく反映させている。年齢構成をもち（寿命は 10 歳を仮定）、成長・成熟は資源水準に応じて変化させた。加入量は過去にみられた変動を考慮するため、1) SSB が 45 万トン未満では 1990～2004 年の実測 RPS をランダムに抽出し、計算される SSB に掛けた値、2) SSB が 45 万トン以上では、1970 1978 年のリッカー型再生産曲線から得られる推定値に、1970 1978 年にみられた加入量と再生産曲線からの差をランダムに抽出して加えた値とした。

資源評価は VPA で行い（最高齢は 6+ 歳）、チューニングに用いる資源量の指標 (BI) , 加入量の予測に用いる加入量の指標 (RI) 、年齢別漁獲尾数 (Catch) に、それぞれ対数正規分布に従う誤差を与え、全体では最大で 2 倍程度 SSB の推定を間違える程度の誤差を与えた。

このように資源評価の誤差を考慮することにより、より安全な管理方策を検討することができる。



補足図 4. 再生産の不確実性のみを考慮したシミュレーション



補足図 5. 再生産の不確実性と資源評価の不確実性を考慮したシミュレーション

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	火光利用 サバ漁業*	全漁業	
1960	1,313	1,313	0	0	0	0		
1961	8,614	8,614	0	0	0	0		
1962	6,685	6,685	0	0	0	0		
1963	17,626	17,268	358	0	0	0		
1964	151,420	57,479	2,326	0	0	91,615		
1965	274,321	157,664	835	0	0	115,822		
1966	334,962	195,306	3,766	9	0	135,881		
1967	462,310	327,541	2,213	5,991	0	126,565		
1968	616,805	462,292	6,318	15,002	0	133,193		
1969	566,731	455,637	9,553	15,998	650	84,893		
1970	862,536	749,335	14,178	32,000	4,072	52,219	10,733	
1971	870,326	741,119	8,168	62,000	7,253	31,847	19,939	
1972	867,232	661,304	6,747	122,604	7,414	47,833	21,330	
1973	842,788	565,584	11,485	182,996	7,308	49,011	26,404	
1974	902,798	554,472	15,579	240,000	4,535	47,065	41,147	
1975	918,917	579,950	34,242	173,806	6,370	90,332	34,218	
1976	707,857	352,460	19,515	144,643	5,468	154,374	31,397	
1977	1,095,830	761,810	4,400	158,034	9,250	132,210	30,125	
1978	1,474,413	1,045,072	9,662	220,350	3,942	177,396	18,012	
1979	1,307,312	969,568	11,783	171,028	4,347	130,915	19,668	
1980	636,828	482,153	8,323	47,616	3,342	73,076	22,316	
1981	390,197	298,344	6,134	42,348	3,973	9,651	29,753	
1982	321,963	254,320	5,614	29,954	5,778	298	25,984	
1983	391,432	338,760	3,255	13,502	4,569	762	30,577	
1984	557,086	479,173	9,180	29,517	7,425	4,567	27,223	
1985	448,438	384,355	3,616	2,708	20,518	14,653	22,588	
1986	640,622	541,248	3,856	41,902	10,767	16,304	26,545	
1987	348,776	259,765	2,940	20,914	5,605	21,504	38,048	
1988	271,916	223,576	3,975	7,703	9,214	6,524	20,718	
1989	133,976	101,051	1,138	0	7,055	8,625	16,077	
1990	23,973	7,933	1,421	0	4,578	2,112	7,922	
1991	23,371	5,967	1,207	0	3,753	5,094	7,338	
1992	83,897	46,761	19,344	0	4,765	2,019	10,889	
1993	404,641	347,968	28,043	0	14,725	1,178	12,554	
1994	116,814	74,801	22,769	0	10,850	1,619	7,198	
1995	145,098	105,883	24,122	0	4,006	1,597	9,377	
1996	264,642	219,303	32,697	0	3,244	14	8,861	
1997	339,336	295,935	27,333	0	7,180	1,445	7,247	
1998	113,811	97,725	9,513	0	2,503	274	3,791	
1999	72,302	50,384	14,206	0	2,794	37	5,643	
2000	93,834	76,232	12,046	0	1,939	0	3,344	
2001	56,703	44,383	3,777	0	1,250	4	3,530	
2002	52,198	37,281	11,498	0	1,205	55	2,159	
2003	74,315	51,565	19,247	0	702	155	2,646	
2004	188,918	142,618	39,139	0	5,230	291	1,639	

*火光利用サバ漁業：たもすくい+棒受け網

附表 2. 年齡別漁獲尾數($\times 10^5$ 尾)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
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	675
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	3,104
2	10,891	9,920	7,101	11,361	7,835	5,853	5,179	6,680	13,944	17,934	2,755	1,561	2,472	3,658	3,435	2,469	5,048	3,136
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	1,682
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	413
5	529	631	370	503	273	1,600	407	818	1,702	1,184	1,402	790	518	360	442	390	255	188
6+	445	184	190	113	44	319	35	132	109	275	369	33	112	192	170	212	84	53
合計	38,909	27,386	30,508	26,243	26,452	35,300	25,954	40,229	51,299	47,970	15,186	10,624	8,796	11,103	17,445	13,338	22,540	9,251

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0	515	321	50	278	3,256	1,077	1,259	4,260	14,801	1,564	331	1,271	2,308	97	2,571	436	6,804
1	956	211	145	191	117	10,694	963	1,357	1,917	9,438	664	158	1,021	764	160	2,107	693
2	2,258	482	50	101	145	2,675	1,003	558	226	658	1,737	206	172	381	55	317	721
3	2,270	697	91	67	133	438	289	309	190	142	135	353	116	34	61	90	105
4	234	769	54	39	72	58	49	95	93	67	12	95	148	41	35	39	76
5	36	42	35	17	113	18	17	37	42	40	4	13	8	47	34	22	33
6+	16	6	7	2	83	14	18	16	24	24	1	5	2	6	23	21	38
合計	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	2,938	3,032	8,469

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	1987
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	5,831
1	52,328	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	10,994
2	23,911	24,580	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	10,313
3	8,215	7,112	8,355	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	2,637
4	3,370	2,352	2,104	3,522	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	585
5	917	1,141	625	782	855	2,035	770	1,224	2,735	2,013	1,777	1,317	1,139	774	893	601	392	258
6+	770	333	321	176	138	406	65	198	175	468	469	55	246	413	343	328	130	72
合計	191,499	237,892	220,465	194,344	187,328	207,447	254,173	266,134	207,951	126,702	75,179	71,703	68,200	70,268	74,057	85,340	64,614	30,689

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0	2,360	2,186	3,559	10,175	28,391	5,889	5,475	11,855	43,536	5,288	2,190	5,474	5,593	2,307	11,043	2,883	19,506
1	3,356	1,161	1,203	2,345	6,592	16,365	3,066	2,639	4,459	17,066	2,264	1,198	2,629	1,860	1,468	5,298	1,575
2	4,828	1,467	605	687	1,415	4,323	2,214	1,266	658	1,419	3,712	974	674	926	621	853	1,826
3	4,345	1,387	589	365	379	830	707	663	392	256	413	1,067	484	311	309	371	312
4	391	1,054	359	320	190	145	198	238	191	107	55	166	426	230	180	157	175
5	54	71	77	197	183	68	50	92	81	52	17	27	33	164	120	92	74
6+	24	10	15	27	134	52	54	41	46	31	3	10	9	20	81	89	86
合計	15,357	7,335	6,407	14,116	37,284	27,672	11,764	16,795	49,363	24,218	8,654	8,914	9,849	5,819	13,823	9,743	23,555

附表 4. 年齡別漁獲係數(F)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
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	0.15
1	0.36	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	0.42
2	0.81	0.68	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	0.46
3	0.85	0.82	0.46	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	1.51
4	0.68	0.92	0.59	1.02	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	1.98
5	1.22	1.13	1.28	1.54	0.50	3.22	1.04	1.69	1.43	1.27	3.30	1.32	0.81	0.84	0.93	1.57	1.58	2.23
6+	1.22	1.13	1.28	1.54	0.50	3.22	1.04	1.69	1.43	1.27	3.30	1.32	0.81	0.84	0.93	1.57	1.58	2.23
Fbar	0.75	0.70	0.60	0.73	0.45	1.35	0.56	0.71	0.76	0.85	1.26	0.65	0.44	0.49	0.64	0.81	1.08	1.28

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0	0.31	0.20	0.02	0.03	0.15	0.25	0.33	0.58	0.54	0.45	0.20	0.33	0.70	0.05	0.33	0.20	0.56
1	0.43	0.25	0.16	0.11	0.02	1.60	0.48	0.99	0.74	1.13	0.44	0.18	0.64	0.70	0.14	0.67	0.77
2	0.85	0.51	0.11	0.20	0.13	1.41	0.81	0.77	0.54	0.83	0.85	0.30	0.37	0.70	0.11	0.60	0.66
3	1.02	0.95	0.21	0.25	0.56	1.03	0.69	0.84	0.90	1.14	0.51	0.52	0.35	0.14	0.28	0.35	0.53
4	1.31	2.22	0.20	0.16	0.63	0.67	0.36	0.67	0.91	1.47	0.32	1.21	0.55	0.25	0.27	0.36	0.75
5	1.66	1.27	0.82	0.11	1.42	0.39	0.52	0.66	1.00	2.91	0.32	0.96	0.34	0.42	0.42	0.35	0.78
6+	1.66	1.27	0.82	0.11	1.42	0.39	0.52	0.66	1.00	2.91	0.32	0.96	0.34	0.42	0.42	0.35	0.78
Fbar	1.03	0.95	0.33	0.14	0.62	0.82	0.53	0.74	0.80	1.55	0.42	0.63	0.47	0.38	0.28	0.41	0.69

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	1987
0	771	907	649	720	555	471	1,093	1,051	605	206	183	360	325	245	433	407	180	50
1	985	1,239	2,077	1,305	1,115	913	907	1,708	1,898	690	262	389	479	371	438	479	607	268
2	689	946	1,141	1,316	1,056	1,006	871	1,011	1,417	1,201	366	289	297	353	380	332	284	346
3	332	392	384	594	841	644	701	716	666	837	479	225	208	209	257	206	159	118
4	179	191	125	156	337	302	250	388	363	328	308	254	112	100	128	112	73	38
5	60	122	46	48	60	115	53	82	164	130	120	96	78	45	69	51	30	22
6+	56	41	27	16	13	31	6	17	16	35	45	6	19	27	34	31	12	8
合計	3,072	3,837	4,449	4,155	3,977	3,482	3,881	4,972	5,128	3,426	1,762	1,620	1,517	1,348	1,739	1,619	1,345	849
SSB	699	857	733	958	1,294	1,165	1,201	1,434	1,567	1,606	1,014	646	484	465	576	480	343	324

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0	40	45	60	172	407	84	80	125	514	80	36	92	88	32	124	36	271
1	85	38	44	72	190	465	90	107	116	490	73	37	96	65	52	125	50
2	165	62	35	34	60	159	105	60	30	61	166	50	28	41	28	32	80
3	191	74	39	21	20	36	41	41	21	14	22	65	25	19	18	20	17
4	26	63	30	21	14	10	13	19	12	7	4	13	25	14	12	12	12
5	5	6	7	16	18	6	4	8	6	4	1	3	3	11	9	8	6
6+	3	1	2	3	15	6	6	4	4	3	0	1	1	2	9	9	9
合計	514	290	217	338	724	767	340	365	703	658	303	261	267	184	253	242	446
SSB	290	169	92	74	91	122	107	97	55	51	94	102	82	82	73	81	111

附表 6.年齡別漁獲重量

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
0	68	22	4	9	24	57	44	62	123	31	10	27	11	16	63	30	15	6
1	241	178	429	149	40	76	121	352	348	271	35	41	65	47	118	95	246	76
2	314	382	241	324	259	195	150	204	429	569	91	50	68	112	124	93	142	105
3	156	179	117	185	392	280	193	199	248	387	171	82	58	75	110	93	101	75
4	73	94	45	82	156	202	126	129	170	152	165	121	36	30	57	56	42	27
5	35	67	27	31	19	91	28	55	102	77	95	58	35	21	34	33	19	16
6+	33	23	16	10	4	24	3	11	10	20	35	4	8	12	17	20	8	6
合計	919	946	879	790	893	926	665	1,013	1,430	1,506	602	382	282	313	523	420	574	310

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0	9	7	1	5	47	15	18	45	175	24	5	21	36	1	29	5	89
1	24	7	5	6	3	304	28	55	50	271	22	5	37	27	6	50	19
2	77	21	3	5	6	98	48	26	10	28	78	11	7	17	3	12	42
3	100	37	6	4	7	19	17	19	10	8	7	21	6	2	4	5	8
4	15	46	4	3	5	4	3	8	6	4	1	8	9	3	2	3	6
5	3	3	3	1	11	2	1	3	3	3	0	1	1	3	3	2	3
6+	2	1	1	0	9	2	2	2	2	2	0	1	0	1	3	2	4
合計	230	121	24	24	89	444	118	159	256	340	113	68	97	53	48	79	171

付表 7. 将来予測に用いた Flimit (上) と Fsus (下)

Flimitに用いたF

年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	0.56	0.56	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
1	0.77	0.77	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
2	0.66	0.66	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
3	0.53	0.53	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
4	0.75	0.75	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
5	0.78	0.78	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
6+	0.78	0.78	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

Fsusに用いたF

年齢	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0	0.56	0.56	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
1	0.77	0.77	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
2	0.66	0.66	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
3	0.53	0.53	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
4	0.75	0.75	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
5	0.78	0.78	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
6+	0.78	0.78	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62

付表 8.ABClimit の計算（左は漁期年単位、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)					(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)							
M=	0.4	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07
F	0.330	1	0.56	0.56	0.24	0.24	0.24		19,506		9,000		8,506	
		2	0.77	0.77	0.33	0.33	0.33			10,243		4,726		5,765
		3	0.66	0.66	0.28	0.28	0.28	1	1,575		7,505		3,691	
		4	0.53	0.53	0.22	0.22	0.22			697		3,319		2,325
		5	0.75	0.75	0.32	0.32	0.32	2	1,826		489		2,545	
		6+	0.78	0.78	0.33	0.33	0.33			883		236		1,666
(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)														
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009							
	2,883	19,506	9,000	8,506	10,865	13,288	16,528							
1	5,298	1,575	7,505	3,462	4,503	5,751	7,034							
2	853	1,826	489	2,329	1,673	2,176	2,779							
3	371	312	634	170	1,180	848	1,102							
4	157	175	123	251	91	632	454							
5	92	74	55	39	122	44	308							
6+	89	86	49	32	34	75	58							
Total	9,743	23,555	17,855	14,789	18,468	22,814	28,262							
RPS	0.004	0.018	0.010	0.007	0.007	0.007	0.007							
SSB	81	111	86	124	159	194	241							
(D)年齢別資源量(x1,000t)							(C)産卵資源量(x1,000t)							
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07
	36	271	119	113	144	176	219		244		112		106	
1	125	50	237	109	142	182	222	1	56	156	265	72	130	88
2	32	80	22	106	76	99	126			22		106		74
3	20	17	38	10	71	51	66	2	82		22		114	
4	12	12	8	17	6	43	31			35		10		67
5	8	6	5	3	10	4	26	3	18		37		11	
6+	9	9	5	3	4	8	6			10		20		7
Biomass	242	446	435	362	453	562	697	4	11		8		17	
(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indiv.)							(C)産卵資源量(x1,000t)							
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07
	436	6,804	3,139	1,465	1,871	2,288	2,846							
1	2,107	693	3,299	791	1,029	1,315	1,608	5	5		4		3	
2	317	721	193	466	334	435	555			3		2		2
3	90	105	213	28	194	140	182	6+	10		6		4	
4	39	76	53	56	20	142	102			4		2		3
5	22	33	24	9	28	10	71	Total	426	236	455	216	386	253
6+	21	38	22	7	8	17	13	(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indiv.)						
Total	3,032	8,469	6,944	2,822	3,485	4,346	5,376	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07
(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)							(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)							
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		6,330		2,921		1,325	
	6	90	42	19	25	30	38	1		974		197		241
1	67	22	104	25	33	42	51		656		3,123		769	
2	14	33	9	21	15	20	25	2		90		190		133
3	5	6	13	2	12	8	11		676		181		462	
4	3	5	4	4	1	10	7	3		99		12		82
5	2	3	2	1	2	1	6		97		198		27	
6+	2	4	2	1	1	2	1	4		15		14		5
Catch	99	163	175	73	89	112	139		72		50		54	
漁獲割合	41%	37%	40%	20%	20%	20%	20%	5		10		3		9
								6+	31		23		9	
										4		1		2
								Total	7,898	1,197	6,516	418	2,654	473
								(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)						
								Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07
									79		36		17	
								1	23	15	110	3	27	4
										3		6		4
								2	30		8		21	
										4		0		3
								3	6		12		2	
										1		1		0
								4	5		3		3	
										1		0		1
								5	2		2		1	
										0		0		0
								6+	4		2		1	
										1		0		0
								Total	149	24	174	11	71	12

付表 9.ABCtarget の計算（左は漁期年単位、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)					(B)年齢別資源尾数(×100,000尾)												
M=	0.4	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07						
F	0.231	1	0.56	0.56	0.17	0.17	0.17	1	19,506		9,000									
		2	0.77	0.77	0.23	0.23														
		3	0.66	0.66	0.20	0.20			10,243		4,726		6,102							
		4	0.53	0.53	0.16	0.16														
		5	0.75	0.75	0.22	0.22	1		1,575		7,505		3,743							
		6+	0.78	0.78	0.23	0.23	2			697		3,319		2,551						
(B)年齢別資源尾数(×100,000尾)	Blimit	1	0.69	0.688	0.205	0.20	0.20	2	1,826		489		2,595							
		2	0.78	0.78	0.23	0.23	0.23		3		883		236		1,817					
		3	0.69	0.688	0.205	0.20	0.20			4	312		634		186					
		4	2,883	19,506	9,000	8,506	11,880				15,737	21,315	5		168		340		134	
		5	5,298	1,575	7,505	3,462	4,833				6,750	8,942		6+	175		123		270	
		6+	853	1,826	489	2,329	1,846				2,576	3,598			Total	74		55		43
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	(C)産卵資源量(×1,000ト)				32					24		30	
1	371	312	634	170	1,284	1,017	1,420		Total		86					49		36		
2	157	175	123	251	97	735	583			Total		38					22		24	
3	92	74	55	39	134	52	394				Total	23,555	12,139			17,855	8,723	15,380	10,843	
4	89	86	49	32	38	92	76					(D)年齢別資源量(×1,000ト)	115			86		137		
Total	9,743	23,555	17,855	14,789	20,112	26,960	36,328						Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07	
RPS	0.004	0.018	0.010	0.007	0.007	0.007	0.007	1						244		112		106		
SSB	81	111	86	124	174	230	311		2						156		72		93	
(D)年齢別資源量(×1,000ト)										3				56		265		132		
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009				4			82		22		117		
1	36	271	119	113	157	208	282					5			35		10		73	
2	125	50	237	109	153	213	283						6+	18		37		11		
3	32	80	22	106	84	117	163	Total							10		20		8	
4	20	17	38	10	77	61	85		5					11		8		17		
5	12	12	8	17	7	51	40			6+					6		4		13	
6+	9	9	5	3	4	10	8				Total			5		4		3		
Biomass	242	446	435	362	493	664	895					6+		10		6		4		
(E)年齢別漁獲尾数(×100,000indivs.) =ホート解析に合わせた式とした													Total	426	236	455	216	391	274	
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	(E)年齢別漁獲尾数(×100,000indivs.)						Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07
1	436	6,804	3,139	1,061	1,482	1,963	2,659		1					6,330		2,921		953		
2	2,107	693	3,299	581	810	1,132	1,499			2					974		139		180	
3	317	721	193	339	269	375	524				3			656		3,123		567		
4	90	105	213	20	153	121	169					4			90		135		103	
5	39	76	53	41	16	121	96						5	676		181		341		
6+	22	33	24	7	23	9	67	6+							99		8		63	
Total	3,032	8,469	6,944	2,054	2,759	3,736	5,026		Total					97		198		20		
(F)年齢別漁獲量(×1,000tons)										Age/Year					15		10		4	
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009				1									
1	6	90	42	14	20	26	35					2		72		50		40		
2	67	22	104	18	26	36	47						3		10		2		7	
3	14	33	9	15	12	17	24	4						31		23		7		
4	5	6	13	1	9	7	10		5						4		1		1	
5	3	5	4	3	1	8	7			6+				36		21		5		
6+	2	3	2	1	2	1	6				Total				5		1		1	
Catch	99	163	175	53	70	97	130					Total		7,898	1,197	6,516	295	1,933	359	
漁獲割合	41%	37%	40%	15%	14%	15%	15%						(F)年齢別漁獲量(×1,000tons)	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07
								1						79		36		12		
									2						15		2		3	
										3				23		110		20		
											4				3		4		3	
												5		30		8		15		
													6+		4		0		3	
								Total						6		12		1		
									1						1		1		0	
										2										
											3									
												4								
													5							
								6+												
									Total											
										1										
											2									
												3								
													4							
								5												
									6+											
										Total										
											1									
												2								
													3							
								4												
									5											
										6+										
											Total									
												1								
													2							
								3												
									4											
										5										
											6+									
												Total								
													1							
								2												
									3											
										4										
											5									
												6+								
													Total							
								1												
									2											
										3										
											4									
												5								
													6+							
								Total												
									1											
										2										
											3									
												4								
													5							
								6+												
									Total											
										1										
											2									
												3								
													4							
								5												
									6+											
										Total										
											1									
												2								
													3							
								4												
									5											
										6+										
											Total									
												1								
													2							
								3												
									4											
										5										
											6+									
												Total								
													1							
								2												
									3											
										4										
											5									
												6+								
													Total							
								1												
									2											
										3										
											4									
												5								
													6+							
								Total												
									1											
										2										
											3									
												4								
													5							
								6+												
									Total											
										1										
											2									
												3								
													4							
								5												
									6+											
										Total										
											1									
												2								
													3							
								4												
									5											
										6+										
											Total									
												1								
													2							
								3												
									4											
										5										
											6+									
												Total								
													1							
								2												
									3											
										4										
											5									
												6+								
													Total							
								1												
									2											
										3										
											4									
												5								
													6+							
								Total												
									1											
										2										
											3									
												4								
													5							
								6+												
									Total											
										1										
											2									
												3								
													4							
								5												
									6+											
										Total										
											1									
												2								
													3							
								4												
									5											
										6+										
											Total									
												1								
													2							
								3												
</																				

付表 10.Fsus による計算（左は漁期年単位、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)						(B)年齢別資源												
M=	0.4	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07						
F	0.800	1	0.77	0.77	0.62	0.62	0.62	1	19,506		9,000		8,506							
		2	0.66	0.66	0.53	0.53			10,243		4,726		4,881							
		3	0.53	0.53	0.42	0.42														
		4	0.75	0.75	0.60	0.60			697		3,319		1,771							
		5	0.78	0.78	0.62	0.62			1,826		489		2,402							
		6+	0.78	0.78	0.62	0.62			883		236		1,291							
(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)			0.69	0.688	0.550	0.55	0.55	3	312		634		174							
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	4	175		123		256							
1	2,883	19,506	9,000	8,506	8,361	8,092	7,833	5	74		55		40							
2	5,298	1,575	7,505	3,462	3,657	3,594	3,479	6+	86		49		33							
3	853	1,826	489	2,329	1,254	1,324	1,301	Total	23,555	12,139	17,855	8,723	14,952	8,211						
4	371	312	634	170	922	496	524	(C)産卵資源量(x1,000t)												
5	157	175	123	251	75	405	218		115		86		128							
6+	92	74	55	39	92	27	149	(D)年齢別資源量(x1,000t)												
Total	89	86	49	32	26	42	25	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07						
RPS	0.004	0.018	0.010	0.007	0.007	0.007	0.007	1	244		112		106							
SSB	81	111	86	124	122	118	114	2	56	156		72		74						
(D)年齢別資源量(x1,000t)			Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	3	22		106						
				36	271	119	113	111	107	104	4	10		20						
1	125	50	237	109	116	114	110	5	18		37		10							
2	32	80	22	106	57	60	59	6+	11		8		16							
3	20	17	38	10	55	30	31	5	5		6		4							
4	12	12	8	17	5	28	15	6+	10		3		4							
5	8	6	5	3	8	2	13	Total	426	236	455	216	373	202						
6+	9	9	5	3	3	5	3	(E)年齢別漁獲	0.8	0.2	0.8	0.2	0.8	0.2						
Biomass	242	446	435	362	354	345	334	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07						
(E)年齢別漁獲尾数(x100)			Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	6,330		2,921		2,302					
				436	6,804	3,139	2,498	2,455	2,376	2,300			363		375					
1	2,107	693	3,299	1,304	1,377	1,353	1,310	1	656		974		3,123		1,246					
2	317	721	193	781	420	444	436	2		90			348		186					
3	90	105	213	48	260	140	148	3	676			181		747						
4	39	76	53	93	28	150	81	4	97		99		21		117					
5	22	33	24	15	35	10	56	5		15		198		45						
6+	21	38	22	12	10	16	10	6+	72		10		50		88					
Total	3,032	8,469	6,944	4,749	4,584	4,489	4,340	5		31		23		14						
(F)年齢別漁獲量(x1,000t)			Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	6+		4		3					
				6	90	42	33	32	31	30	Total	36		5		2				
1	67	22	104	41	44	43	41	(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)							7,898	1,197	6,516	768	4,455	702
2	14	33	9	35	19	20	20	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07						
3	5	6	13	3	16	8	9		79		36		29							
4	3	5	4	6	2	10	6	1	23		110		44							
5	2	3	2	1	3	1	5	2	30		3		11							
6+	2	4	2	1	1	2	1	3	6		4		1							
Catch	99	163	175	122	117	116	112	4			12		3							
漁獲割合	41%	37%	40%	34%	33%	33%	33%	5			21		6							

付表 11.Fcurrent による（左は漁期年単位、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)					(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)								
M=	0.4	年齢	2004	2005	2006	2007	2008	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07		
F	1.000	1	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56		19,506		9,000		8,506			
		2	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66			10,243		4,726		4,466		
		3	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	1	1,575		7,505		3,462			
		4	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75			697		3,319		1,531		
		5	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	2	1,826		489		2,329			
		6+	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78			883		236		1,127		
(B)年齢別資源尾数(x100,000尾)																
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009									
	2,883	19,506	9,000	8,506	7,272	6,213	5,260									
1	5,298	1,575	7,505	3,462	3,272	2,798	2,390									
2	853	1,826	489	2,329	1,075	1,016	868									
3	371	312	634	170	809	373	353									
4	157	175	123	251	67	320	147									
5	92	74	55	39	79	21	101									
6+	89	86	49	32	22	31	16									
Total	9,743	23,555	17,855	14,789	12,596	10,772	9,137									
RPS	0.004	0.018	0.010	0.007	0.007	0.007	0.007									
SSB	81	111	86	124	106	91	77									
(D)年齢別資源量(x1,000t)								(D)年齢別資源量(x1,000t)								
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07		
	36	271	119	113	96	82	70		244		112		106			
1	125	50	237	109	103	88	76	1	56	156	265	72	122	68		
2	32	80	22	106	49	46	39			22		106		49		
3	20	17	38	10	48	22	21	2	82		22		105			
4	12	12	8	17	5	22	10			35		10		45		
5	8	6	5	3	7	2	9	3	18		37		10			
6+	9	9	5	3	2	3	2			10		20		5		
Biomass	242	446	435	362	311	266	226	4	11		8		16			
(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indivs.)			コホート解析に合わせた式とした					(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indivs.)								
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07		
	436	6,804	3,139	2,967	2,537	2,167	1,835				6		4			
1	2,107	693	3,299	1,522	1,439	1,230	1,051	5	5		4		3			
2	317	721	193	920	424	401	343	6+	10		6		4			
3	90	105	213	57	272	125	118			4		2		2		
4	39	76	53	108	29	138	64	Total	426	236	455	216	366	179		
5	22	33	24	17	35	9	45	(E)年齢別漁獲尾数(x100,000indivs.)								
6+	21	38	22	14	10	14	7	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07		
Total	3,032	8,469	6,944	5,606	4,745	4,085	3,463		6,330		2,921		2,760			
(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)								(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)								
Age/Year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07		
	6	90	42	39	34	29	24			974		449		425		
1	67	22	104	48	45	39	33	1	656		3,123		1,441			
2	14	33	9	42	19	18	16			90		429		198		
3	5	6	13	3	16	7	7	2	676		181		863			
4	3	5	4	7	2	10	4			99		26		126		
5	2	3	2	1	3	1	4	3	97		198		53			
6+	2	4	2	2	1	1	1			15		31		8		
Catch	99	163	175	143	121	105	89	4	72		50		102			
漁獲割合	41%	37%	40%	40%	39%	39%	39%			10		7		14		
								5	31		23		16			
								6+	36		4		3			
								Total	7,898	1,197	6,516	948	5,249	775		
(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)								(F)年齢別漁獲量(x1,000tons)								
Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07	Age/Year	Jul-04	Jan-05	Jul-05	Jan-06	Jul-06	Jan-07			
	79		36		34											
1	23	15	110	7	51	6	1	23	3		14		6			
2	30		8		39		2	30	4		1		5			
3	6		12		3		3	6	1		2		0			
4	5		3		7		4	5			0		1			
5	2				1		5	2			0		1			
6+	4		2		2		6+	4			0		0			
Total	149	24	174	24	137	20	Total	149	24	174	24	137	20			
					161.1											
					Fcurrent											

付表 12. $F_{current}$ を基準とした漁獲動向(表 2 に抜粋) $risk$ はそれぞれの年において過去最低 SSB 5 万 1 千トンを下回る確率を示す

基礎値×係数Four		SSR(千トン)												熱重量(千トン)											
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
Four× 0.1	0.07	平均	111	86	124	194	318	480	647	957	1,409	1,945	2,439	2,931	21	39	77	115	180	227	243	266	281		
		80%区間の上限	111	86	124	216	476	807	1,187	1,565	2,295	3,121	4,047	5,073	80	137	225	304	385	352	365	375			
		80%区間の下限	111	86	124	187	186	250	318	429	622	955	1,490	2,215	19	21	37	61	111	139	173	199			
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.2	0.14	平均	111	86	124	180	281	405	513	683	943	1,286	1,665	2,044	40	71	137	184	276	352	381	419	460		
		80%区間の上限	111	86	124	205	426	654	887	1,091	1,566	2,093	2,502	2,911	43	118	347	392	496	620	603	610	650		
		80%区間の下限	111	86	124	169	165	206	259	326	409	579	809	1,039	38	36	44	56	82	120	174	233	285		
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.3	0.21	平均	111	86	124	167	249	332	416	487	624	802	1,021	1,240	58	99	182	225	309	387	438	455	528		
		80%区間の上限	111	86	124	194	378	516	693	806	1,034	1,422	1,816	2,210	63	165	479	520	625	716	794	752	849		
		80%区間の下限	111	86	124	151	143	161	196	243	283	340	440	540	55	48	53	60	76	96	127	161	222		
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.4	0.28	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	59	99	181	225	309	387	436	454	528		
		80%区間の上限	111	86	124	216	477	808	1,139	1,470	2,141	2,812	3,483	4,154	64	165	478	520	627	722	791	751	849		
		80%区間の下限	111	86	124	151	143	161	195	242	282	339	430	530	55	48	53	59	75	97	127	161	222		
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.5	0.34	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	75	121	211	251	334	377	403	413	447		
		80%区間の上限	111	86	124	184	341	461	553	601	709	832	1,088	1,365	81	213	522	571	747	836	886	853	887		
		80%区間の下限	111	86	124	135	121	121	135	131	128	141	141	141	70	56	54	53	53	53	48	50	51		
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	3%	3%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.6	0.41	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	82	133	224	274	361	384	411	447	477		
		80%区間の上限	111	86	124	184	343	424	502	574	655	801	927	1,088	89	230	610	664	842	880	862	876	973		
		80%区間の下限	111	86	124	131	116	113	119	113	117	125	107	107	76	59	59	53	59	51	43	44	37		
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	3%	4%	5%	5.6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.7	0.48	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	91	139	236	266	333	349	369	378	375		
		80%区間の上限	111	86	124	177	308	394	463	487	532	583	652	738	98	254	604	660	810	880	915	935	953		
		80%区間の下限	111	86	124	120	103	90	84	55	2	0	0	0	86	60	53	47	38	25	16	1	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	3%	5%	10%	13%	15%	17%	19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.8	0.55	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	106	146	225	258	309	330	325	311	278		
		80%区間の上限	111	86	124	184	341	461	553	601	709	832	1,088	1,365	114	247	550	644	785	894	863	887	799		
		80%区間の下限	111	86	124	107	86	68	57	12	0	0	0	0	99	62	47	38	29	18	4	0	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	9%	15%	21%	26%	29%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 0.9	0.62	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	120	169	258	289	322	284	291	275	240		
		80%区間の上限	111	86	124	184	343	424	502	574	655	801	927	1,088	129	293	725	562	777	785	855	883	735		
		80%区間の下限	111	86	124	91	73	45	14	0	0	0	0	0	112	64	43	29	12	4	0	0	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	1%	12%	18%	23%	28%	36%	44%	47%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 1.0	0.69	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	133	170	257	246	244	223	216	221	185		
		80%区間の上限	111	86	124	184	343	424	502	574	655	801	927	1,088	144	300	718	658	581	565	622	641	565		
		80%区間の下限	111	86	124	87	62	23	0	0	0	0	0	0	125	63	37	16	8	0	0	0	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	4%	18%	27%	34%	40%	45%	51%	54%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 1.1	0.76	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	146	184	272	232	231	229	185	163	153		
		80%区間の上限	111	86	124	194	378	516	693	806	1,034	1,422	1,816	2,210	157	374	716	587	657	619	531	470	420		
		80%区間の下限	111	86	124	76	49	8	0	0	0	0	0	0	136	60	32	14	4	0	0	0	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	11%	27%	37%	44%	51%	58%	63%	66%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 1.2	0.83	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	157	207	276	193	215	207	171	146	114		
		80%区間の上限	111	86	124	184	343	424	502	574	655	801	927	1,088	168	426	830	466	629	649	460	364	310		
		80%区間の下限	111	86	124	69	39	0	0	0	0	0	0	0	147	56	20	10	0	0	0	0	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	1%	20%	35%	43%	52%	60%	66%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 1.3	0.90	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	168	183	258	190	182	173	141	123	93		
		80%区間の上限	111	86	124	184	343	424	502	574	655	801	927	1,088	180	356	661	472	473	470	374	324	216		
		80%区間の下限	111	86	124	55	29	0	0	0	0	0	0	0	157	49	14	8	0	0	0	0	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	6%	32%	42%	53%	60%	67%	73%	79%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		
Four× 1.4	0.97	平均	111	86	124	167	249	332	415	486	623	799	1,020	1,241	178	181	234	177	176	159	126	104	78		
		80%区間の上限	111	86	124	184	343	424	502	574	655	801	927	1,088	191	366	644	454	454	446	329	263	179		
		80%区間の下限	111	86	124	48	23	0	0	0	0	0	0	0	167	46	10	7	0	0	0	0	0		
		risk	0%	0%	0%	0%	13%	38%	47%	57%	64%	72%	78%	82%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		