

平成20年度マアジ太平洋系群の資源評価

責任担当水研：中央水産研究所（山下夕帆、赤嶺達郎、西田 宏、石田 実）

参画機関：東北区水産研究所、青森県水産総合研究センター、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、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、静岡県水産技術研究所、愛知県水産試験場、三重県水産研究所、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、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所、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

マアジ太平洋系群の資源量は1986年以降顕著に増大し、1990年代半ばは15万トンから16万トンと高位水準であったが1997年からは減少に転じ、2001年に増加したものの2005年以降は減少が続いている。2007年の資源量は約8万5千トンと中位水準であり、近年の資源動向は減少傾向である。2007年の親魚量は3万6千トンであり B_{limit} （1986年水準の親魚量2万4千トン）を上回っている一方、2007年の加入量は約9億尾、再生産成功率RPS（加入尾数/親魚量）は24.3尾/kgであり高い値とは言えない。また2006年の加入も尾数で約7億尾、RPSで17.8尾/kgと非常に低かったことが示され、現状の漁獲圧を削減することが望ましいと考えられる。これらから、2009年のABCとして親魚量を維持する漁獲シナリオ（Fmed）、および漁獲圧を現状から2割程度低減し資源の増加を図る漁獲シナリオ（F15%SPR）による漁獲量をそれぞれ算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	F値 ($F_{current}$ との 比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2009年 ABC
			5年後	5年 平均	現状親魚 量を維持 (5年後)	Blimitを 維持 (5年後)	
漁獲圧を低減し 資源の増加を図 る($F_{15\%SPR}$)	1.01 ($0.83F_{current}$)	42%	30千トン ～ 59千トン	37千トン	94%	99%	32千トン
現状の親魚量 の維持(F_{med})*	1.12 ($0.93F_{current}$)	45%	23千トン ～ 45千トン	34千トン	47%	77%	34千トン
							2009年 算定 漁獲量
現状の漁獲圧 の維持 ($F_{current}$)	1.21 ($1.00F_{current}$)	47%	19千トン ～ 37千トン	31千トン	9%	35%	35千トン
コメント ・ 当該資源に対する漁獲割合は安定しているが、現状の漁獲圧はやや高いと考えられる。 ・ $F_{current}$ は 2003 年～2007 年の F の平均値($F_{ave5-yr}$)。F 値(漁獲係数)は各年齢の単純平均値。漁獲割合は漁獲量/資源量。将来漁獲量(80%区間)および評価は加入量変動を考慮した 10,000 回のシミュレーションから算出した。 ・ *中期的管理方針では、「資源水準の維持を基本方向として管理を行う」とされており、現状の親魚量の維持(F_{med})のシナリオはこの方針に合致する。							

年	資源量(千トン)	漁獲量(千トン)	F値	漁獲割合
2006	87	40	1.18	46%
2007	85	39	1.19	46%
2008	80			

F値(漁獲係数)は各年齢の単純平均値。2008年の資源量は、1歳以上については2007年における年齢別の資源尾数、自然死亡係数および現状の漁獲係数($F_{current}$)から計算し、0歳については再生産成功率を1997～2007年の中央値(25.3尾/Kg)として求めた。

	指 標	値	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	1986年水準(24千トン)	これ以下の親魚量だと良好な加入量あまり期待できなくなる。
2007年	親魚量	1986年水準以上(36千トン)	

水準：中位 動向：減少

水準は1982年以降の資源量の推移から、動向は近年5年間の資源量の推移から判断した。

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 主要港水揚量(宮崎～青森(16)県) 生物情報収集調査(水研セ、宮崎～青森(16)県)
資源量指数 ・ 加入量指数	宮崎県南部定置網 幼魚入網指数(宮崎県) マアジ等黒潮重要浮魚類幼魚加入調査(水研セ) ・稚魚ネット 黒潮親潮移行域における幼稚魚分布調査(水研セ) ・表中層トロール
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.5$ を仮定
漁獲努力量指数	北部太平洋まき網の有効努力量(JAFIC)

1. まえがき

マアジ太平洋系群の漁獲はまき網が大半を占め、定置網がこれに次ぐ。漁獲量と資源量は1986年に顕著に増加し始め、1990年から高位水準となった。しかし1997年から減少に転じ、2000年と2001年に一時回復したものの現在は中位水準で減少傾向となっている。

2. 生態

(1) 分布・回遊(図1、2)

日本近海に分布するマアジには、東シナ海を主産卵場とする群と本州中部以南で産卵する地先群とがあると考えられている。太平洋沿岸の中部以東の海域では加入時期の異なる群が見られ、2～4月に東シナ海で生まれたものと5月以降に太平洋沿岸域で生まれたものが主体になると考えられている(木幡 1972)。また、東シナ海からの加入群(横田・三田 1958)の多寡が資源水準を左右するとも考えられている(古藤 1990)。我が国近海のマアジ資源は東シナ海に共通の産卵場があると考えられるため対馬暖流系群とあわせて評価することも想定されるが、太平洋系群の親魚が東シナ海に産卵回遊する情報もないため結論は得られていない。

(2) 年齢・成長(図3)

1年で尾叉長18cm、2年で24cm程度に成長する。寿命は5歳前後と考えられるが、4歳魚以上の漁獲は少ない。

(3) 成熟・産卵

産卵期は南部ほど早く豊後水道、紀伊水道外域などでは冬から初夏であり(阪本ほか 1986, 薬師寺 2001, 阪地 2001)、相模湾では春から初夏である(木幡 1972, 澤田 1974)。1歳で50%、2歳以上で100%が成熟する(図4)。

(4) 被捕食関係

仔稚魚は成長するにつれて大型の動物プランクトンを摂餌し、幼魚以降では魚食性が強くなる。稚幼魚は大型の魚類等により捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

まき網漁業による漁獲が約70～80%を占め、定置網による漁獲が約20%でこれに次いでいる。日向灘、豊後水道、紀伊水道から熊野灘では春から秋までの漁獲が多く、相模湾では春が主体である。これらの海域では春から0歳魚が、年初から1歳魚が漁獲される。千葉県以北の海域では1歳魚以上の漁獲が多い。

(2) 漁獲量の推移(図5)

1986年に急増して3万トンを超え、1990年以降に再び急増して1994年に8万3千トンと最高に達した。しかし、1997年以降は減少に転じ1999年には4万7千トンとなった。2000年と2001年に再び増加したが2002年以降は5万トン前後を推移したのち、2006年は4万トン、2007年は3万9千トンと減少傾向が続いている。外国漁船による漁獲はない。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法(補足資料-1、補足資料-2、付表1)

年齢別漁獲尾数(図6)に基づいて、コホート解析により年齢別資源尾数(付表1)、資源量(図7)、漁獲係数 F (図8)を計算した。ただし最近年の0歳魚尾数についてはコホート解析から除外し、資源量指数(最近5年間の宮崎県南部定置網入網幼魚量(図9)の対数値)を用いて推定した。自然死亡係数 M は寿命と M の経験的な関係から0.5とした。

(2) 資源量指標値の推移(図9、補足資料-3)

九州南東岸における方形稚魚網による曳網当たり仔稚魚の採集数は2000年、2001年は多かったが2002年に大幅に減少し2001年の半分以下の値となった。さらに2005年から2007年間の採集数は極めて少なかったが、2008年はやや増加して2002年に近い値となっている(中央水産研究所)。宮崎県南部の定置網に3～9月に入網する幼魚の量は、2000年と2001年には比較的多かったが2002年と2003年は減少した。その後、2004年は過去最大を記録したが2005年は過去最低を示し、2006年と2007年も低水準であった。2008年は九州南東岸での調査と同じくやや増加し、7月上旬までの集計で2003年に近い値となっている(宮崎県水産試験場)。黒潮続流域における表中層トロールによる曳網当たりの幼魚採集数は2000年にかけて増加したのち2004年にかけて減少した。2005年は例外的に高い値を示したものの2006年以降は再び低い値で推移している(中央水産研究所)。北部太平洋大中型まき網漁業への来遊資源量指数は、2000年生まれまでは高水準であったが2001年以降生まれは低水準となっている(漁業情報サービスセンター)。

(3) 漁獲物の年齢組成

漁獲の主体は0歳魚と1歳魚であり、年齢組成には大きな変化は見られない(図6)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

1982年から1990年代はじめまで資源量は増加し高位水準になったが、1996年の16万トンで頂点に減少した(図7)。2000年と2001年はやや増加したものの2004年以降は減少傾向にあり、2007年は8万5千トンとなっている。親魚量は1984年以降増加し、1992年に最大の6万4千トンとなった後に5万トン前後を推移したが、2000年以降は減少を続けており2007年は3万6千トンとなっている。加入尾数と再生産成功率(RPS)は似た傾向で推移しており(図10)、1993年にそれぞれ最大の24億尾、61.3(尾/kg)となった後は減少傾向となっている。近年では2001年と2004年に比較的良好な加入が見られているが、2006年は1988年以来の約7億尾と極めて低く1982年～1985年に次ぐ少ない値となった。2007年の加入も約9億尾であり2006年、1988年に次いで低い水準である。

自然死亡係数 M を標準値である0.5から0.4へ変更してコホート解析を行った場合の資源量、加入量と産卵親魚量の推定値は若干減少し、0.6とした場合は若干増加する(図11)。

各年齢を単純平均した漁獲係数 F ($\bar{F}$)は0.66から1.60の間を推移し、コホート解析を行った期間を通じて目立った傾向は見られない(図8)。漁獲係数と資源量には弱い正の相関が見られる(図12)。2007年の $\bar{F}$ は1.19と推定され、資源量に対してやや強めの値となっている。なお、1977年級～1983年級に対する漁獲圧は低位水準にある資源をさらに悪化させるほど強いものではなかったと考えられている(古藤 1990)。

(5) 資源の水準・動向

2007年の推定資源量は8万5千トンで、水準は1982年以降における最低の3万4千トンから最高の16万2千トンの範囲を三分した中で中位である。動向は過去5年の資源量と漁獲量の推移から減少していると考えられる。

(6) 再生産関係

親魚の回遊経路など生活史に不明な点が多いが、親魚量と加入量に正の相関関係が認められる(図13)。再生産関係がないことを前提とすると、親魚が東シナ海に産卵回遊している場合や、地先の発生群が資源の維持に重要な役割を果たしている場合には、管理に失敗する危険性がある。そこで資源管理の方策としては、親魚量を維持し加入量の確保を目指す。なお、親魚量と再生産成功率には弱い負の相関関係が見られる(図14)。

(7) B_{limit} の設定

図13の關係に基づいて資源の回復措置が必要な親魚量の下限(B_{limit})をいくつか検討した結果、加入量が急増した1986年水準の親魚量(2万4千トン)とした。これ以下の親魚量である1982年～1985年の期間では加入量は低い値となっているため、親魚量が B_{limit} を下回った場合には資源の回復が必要と考えられる。

(8) 今後の加入量の見積もり

今後の加入量は再生産成功率($RPS=0$ 歳魚尾数/親魚量)と親魚量の積として見積もった。但し、親魚量とRPSに弱い負の相関が見られることから、将来予測における加入量は過去最高の24億尾を超えないものとした。1996年以降、資源量は減少傾向にあり(図7)RPSも低い傾向にあるため(図10)、将来予測におけるRPSの値(尾/kg)には1997年から2007年のRPSの中央値(メジアン)である25.3を用いた。なお1997年～2007年のRPSの範囲は17.8～31.7で平均値は25.1、1982年～2007年のRPSの範囲は17.5～61.3で中央値は27.7、平均値は29.6であった。

(9) 生物学的管理基準(漁獲係数)と現状の漁獲圧の関係

RPSを一定と仮定したコホート解析の前進法においては、過去のRPSの中央値(RPS_{med})に対応する漁獲係数(F_{med})で漁獲を行った場合、翌年の親魚量は前年の親魚量と等しくなると計算される。ここから、将来におけるRPSが過去年と同様の傾向を示すという仮定のもとに将来のRPSを RPS_{med} とおくと、 F_{med} により資源量が中長期的に維持されると期待される。マアジ太平洋系群における RPS_{med} は25.3(尾/kg)であることから、1歳魚に対する F_{med} は1.37(各年齢の単純平均は1.12)と計算される。1歳魚に対する現状の漁獲係数($F_{current}$ 、2003年～2007年の平均、 $F_{ave5-yr}$)は1.48(各年齢の単純平均は1.21)であり、 F_{med} よりやや高い値となっている(図15)。このため、現状の漁獲を維持した場合には資源量は緩やかに減少すると考えられる。 $F_{current}$ を2割程度削減すると、加入群あたり産卵親魚量が漁獲のない場合に対して15%となる漁獲係数($F_{15\%SPR}=1.23$ 、各年齢の単純平均は1.01)に近い値となる。また、 $F_{current}$ は加入量当たり漁獲量を最大化する漁獲係数(F_{max})より大きいいため、漁獲係数の削減はYPR管理においても望ましい。

5. 2009年のABCの設定

(1) 資源評価のまとめ

マアジ太平洋系群の2007年の資源量は8万5千トン、親魚量は3万6千トンであり動向は減少、水準は中位で親魚量は B_{limit} (2万4千トン)を上回っていると推定された。しかし近年の漁獲圧はやや高めの値であり、現状の漁獲係数($F_{current}$)は親魚量を維持する漁獲係数(F_{med})を上回っている。また2007年の加入尾数は約9億尾と推定され、親魚量が B_{limit} を上回る中では1988年、2006年に次いで3番目に低い値となっている。

(2) 漁獲シナリオに対応した2009年ABC並びに推定漁獲量の算定

ABC算定規則に基づく中期的管理方針では、「資源水準の維持を基本方向として管理を行う」こととされている。 F_{med} は現在の資源の利用形態(選択率)を変えないという前提の下で管理開始年である2009年の親魚量を維持する F である。ここで、 $F_{current}$ は F_{med} を上回っているため、現時点での資源の回復措置は不要ではあるものの漁獲努力量の削減が望ましいと考えられる。

これらから、親魚量の維持のシナリオ(F_{med})、漁獲圧を低減し資源の増加を図ることで親魚量のより十分な確保を目指すシナリオ($F_{15\%SPR}$)、および現状の漁獲圧を維持するシナ

リオ ($F_{current}$) をもとに平成20年度ABC算定のための基本規則の1-1)-(1)に従い生物学的許容漁獲量(ABC)を算定した。

将来予測における資源量の推定にはコホート解析の前進法を用い、2008年および2009年以降の1歳魚以上についてはそれぞれ2007年および2008年以降における年齢別の資源尾数、漁獲係数、自然死亡係数から求め、0歳魚の資源尾数は再生産成功率RPSが1997年から2007年のRPSの中央値(25.3尾/kg)であるとして求めた。2008年の漁獲圧は2003年～2007年の漁獲係数の平均($F_{current}$ 、 $F_{ave5-yr}$)であるとした。

この将来予測において F_{med} 、 $F_{15\%SPR}$ および $F_{current}$ で漁獲を行った場合の結果を付表2に示す。このうち漁獲量と資源量は次表のとおりである。漁獲量と資源量は $F_{15\%SPR}$ で漁獲を継続した場合はゆるやかに増加し、 F_{med} で漁獲した場合は2009年の水準にほぼ安定する。 $F_{current}$ で漁獲を継続した場合では漁獲量と資源量は共に減少するが、これは中期的な管理方針に合致しないため $F_{current}$ での漁獲量はABCではなく参考値として扱う。

漁獲シナリオ 管理基準		漁獲量(千トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
漁獲圧を低減し資源の増加を図る	$F_{15\%SPR}$ ($F=1.01$)	39	37	32	34	37	40	44
産卵親魚の維持	F_{med} ($F=1.12$)	39	37	34	34	34	34	34
現状の漁獲の継続	$F_{current}$ ($F=1.21$)	39	37	35	33	31	29	28
漁獲シナリオ 管理基準		資源量(千トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
漁獲圧を低減し資源の増加を図る	$F_{15\%SPR}$ ($F=1.01$)	85	80	75	81	88	96	104
産卵親魚の維持	F_{med} ($F=1.12$)	85	80	75	75	75	75	75
現状の漁獲の継続	$F_{current}$ ($F=1.21$)	85	80	75	71	66	63	59

現状の漁獲係数($F_{current}$)を2009年以降制御した場合の2013年までの予測漁獲量と資源量を図16と付表3に示す。漁獲係数を $F_{current}$ から削減した場合、2010年以降の資源量と漁獲量は増加する。

(3) 加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

本系群の再生産成功率RPSは海洋環境の影響などで大きく変化する。このRPSの変動の不確実性を検討するためシミュレーションを行った。ここで将来の加入量は、2008年以降のRPSを分布を仮定してランダムに与え、各年の親魚量と予測されたRPSの積から算出した。このRPSの確率分布については型をいくつか検討した結果、平均と分散が1977年～2007年のRPSの中央値(RPS_{med})および分散とそれぞれ等しくなるように仮定した正規分布に従うと

した。また親魚量とRPSに弱い負の相関が見られることから、将来予測における加入量は過去最高の24億尾を超えないものとした。この加入量とコホート解析の前進法を用いて将来の資源量を推定し、漁獲量と親魚量についてFmed、F15%SPRおよびFcurrentで漁獲した場合の動向を予測した。また資源評価の不確実性に対する予防的措置として、FmedおよびF15%SPRに安全率0.8をかけたものについても同様に予測を行った。

このシミュレーションを10,000回行ったところ、5年後の親魚量の平均値が2009年の親魚量(平均2万9千トン)を上回る確率はFmedで47%、F15%SPRで94%、これらの予防的措置を講じた場合では100%、Fcurrentで9%となり、Blimit(2万4千トン)を上回る確率はそれぞれFmedで77%、F15%SPRで99%、これらの予防的措置を講じた場合で100%、Fcurrentでは35%となった(図18、付表5)。マアジ太平洋系群のRPSの変動幅は比較的小さいため将来においても急激な加入の変化は少ないと考えられるが、親魚量を十分に維持するためには予防的措置を講じることが必要であると言える。

漁獲シナリオ (管理基準)	F値 (Fcurrentとの 比較)	漁獲 割合	将来漁獲量		評価		2009年 ABC
			5年後	5年 平均	現状親魚 量を維持 (5年後)	Blimitを 維持 (5年後)	
漁獲圧を低減し 資源の増加を図 る(F15%SPR)	1.01 (0.83Fcurrent)	42%	30千トン ～ 59千トン	37千トン	94%	99%	32千トン
漁獲圧を低減し 資源の増加を図 る(0.8F15%SPR)	0.80 (0.66Fcurrent)	37%	47千トン ～ 87千トン	45千トン	100%	100%	28千トン
現状の親魚量 の維持(Fmed)*	1.12 (0.93Fcurrent)	45%	23千トン ～ 45千トン	34千トン	47%	77%	34千トン
現状の親魚量 の維持の予防 的措置 (0.8Fmed)	0.90 (0.74Fcurrent)	40%	38千トン ～ 73千トン	41千トン	100%	100%	30千トン
							2009年 算定漁 獲量
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	1.21 (1.00Fcurrent)	47%	19千トン ～ 37千トン	31千トン	9%	35%	35千トン
コメント ・ 当該資源に対する漁獲割合は安定しているが、現状の漁獲圧はやや高いと考えられる。 ・ Fcurrent は 2003 年～2007 年の F の平均値(Fave5-yr)。F 値(漁獲係数)は各年齢の単純平均値。漁獲割合は漁獲量/資源量。将来漁獲量(80%区間)および評価は加入量変動を考慮した 10,000 回のシミュレーションから算出した。 ・ * 中期的管理方針では、「資源水準の維持を基本方向として管理を行う」とされており、現状の親魚量の維持(Fmed)のシナリオはこの方針に合致する。							

(4)ABCの再評価

2007年及び2008年のABCについて、最新の情報と今年度の算定方法で再計算を行った。両年における管理基準は、再生産成功率が過去年の中央値である条件下で親魚量を維持するF(Fmed)であり、この基準に変更はない。2006年の加入尾数が当初の推定より少なかったため、2007年および2008年のABCは減少した。

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2007年(当初)	Fmed	93	43	38	-
2007年(2007年再評価)	Fmed	100	46	40	-
2007年(2008年再評価)	Fmed	85	38	33	39
2008年(当初)	Fmed	99	45	40	-
2008年(2008年再評価)	Fmed	80	36	32	-

6. ABC以外の管理方策への提言

FをFmedよりも引き下げFmaxとするとYPRは増加する(図16)。0歳魚の漁獲を削減すると資源量と漁獲量の予測値は増加する(図17、付表4)。

7. 引用文献

- 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.
- 木幡 孜 (1972) 相模湾重要魚種の生態II. マアジ*Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel) について. 神奈川県水産試験場相模湾支所報告昭和46年度事業報告: 55-72.
- 古藤 力 (1990) 太平洋岸におけるマアジ資源の動向について. 水産海洋研究会報, 54: 47-49.
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish., (9): 65-74.
- 阪地英男 (2001) 高知県宿毛湾におけるマアジ(「きあじ」タイプ)の産卵期と成熟年齢. 黒潮の資源海洋研究, (2): 39-44.
- 阪本俊雄・武田保幸・竹内淳一 (1986) 沿岸重要資源の管理に関する研究(概報). 昭和59年度和歌山県水産試験場事業報告: 43-52.
- 澤田貴義 (1974) 伊豆近海におけるマアジの成長と成熟について. 静岡県水産試験場研究報告, (7): 25-31.
- 田中昌一 (1960) 水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理. 東海水研報, 28: 1-200.
- 薬師寺房憲 (2001) 豊後水道におけるマアジ*Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel) の成熟と相対成長. 黒潮の資源海洋研究, (2): 17-21.
- 横田淹雄・三田典子 (1958) 太平洋南区のアジ、サバ類の研究に関する諸説. 南海区水産研究所研究報告, (9): 1-59.

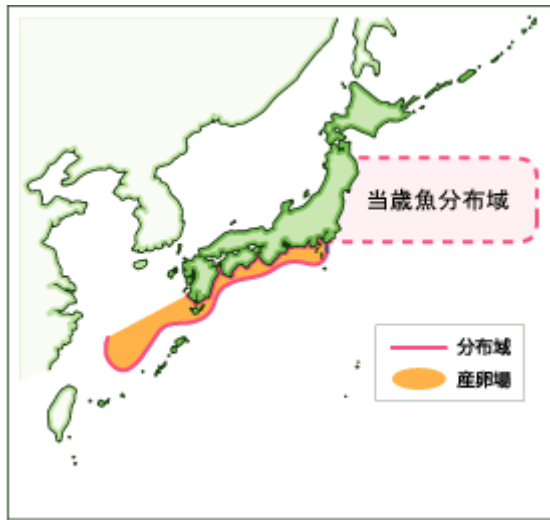


図1. マアジ太平洋系群の分布・回遊図

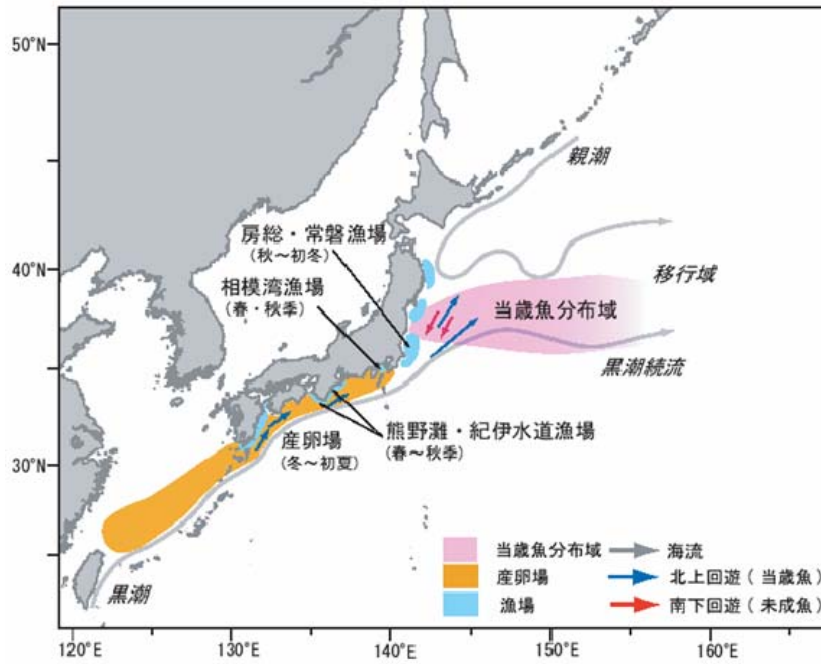


図2. 生活史と漁場形成模式図

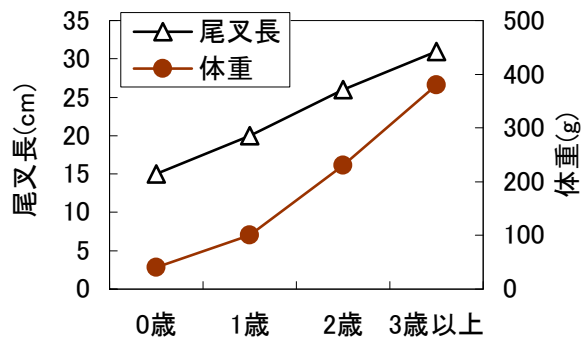


図3. 年齢と成長の関係

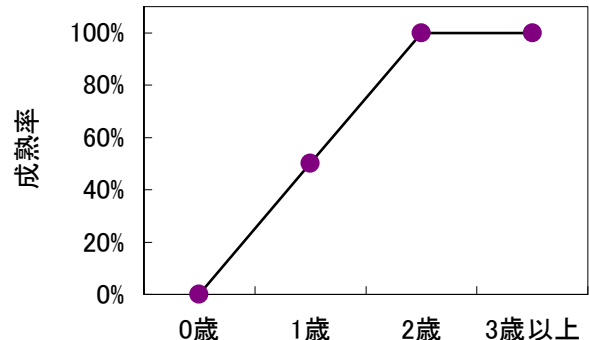


図4. 年齢と成熟割合の関係

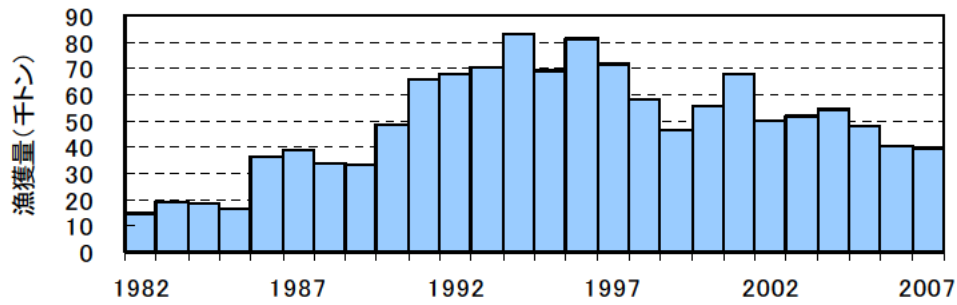


図5. マアジ太平洋系群の漁獲量の経年変化

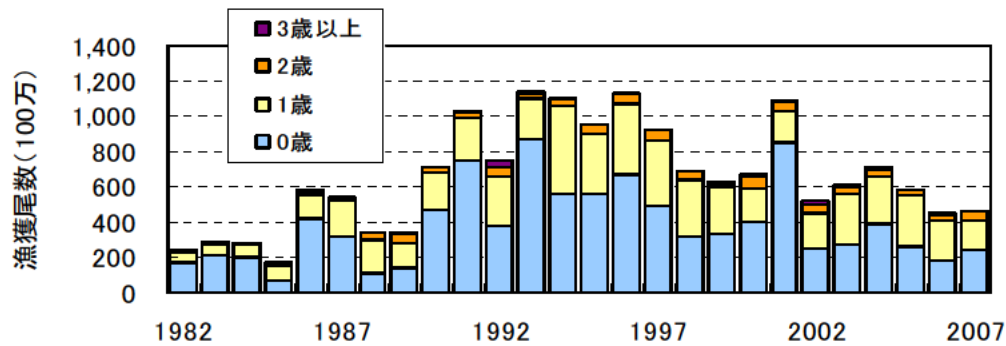


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

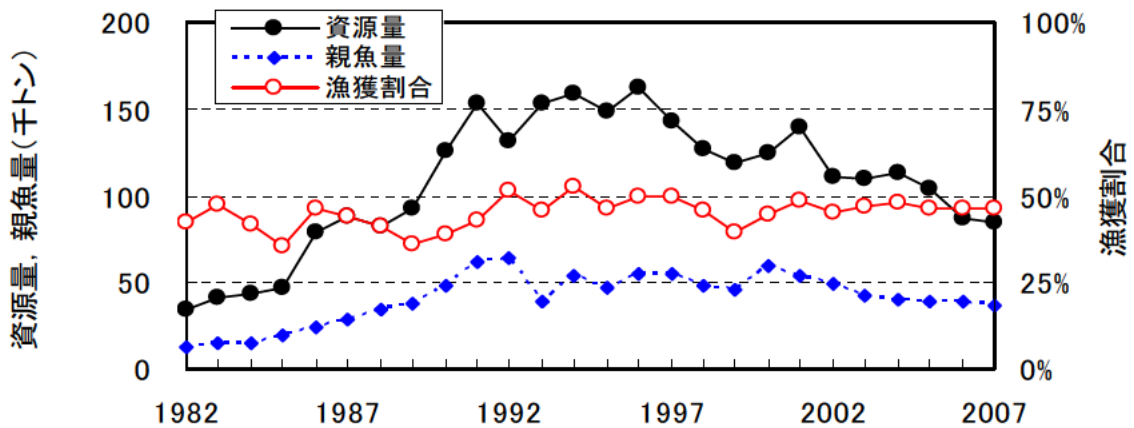


図7. 資源量、親魚量と漁獲割合(=漁獲量/資源量)の経年変化

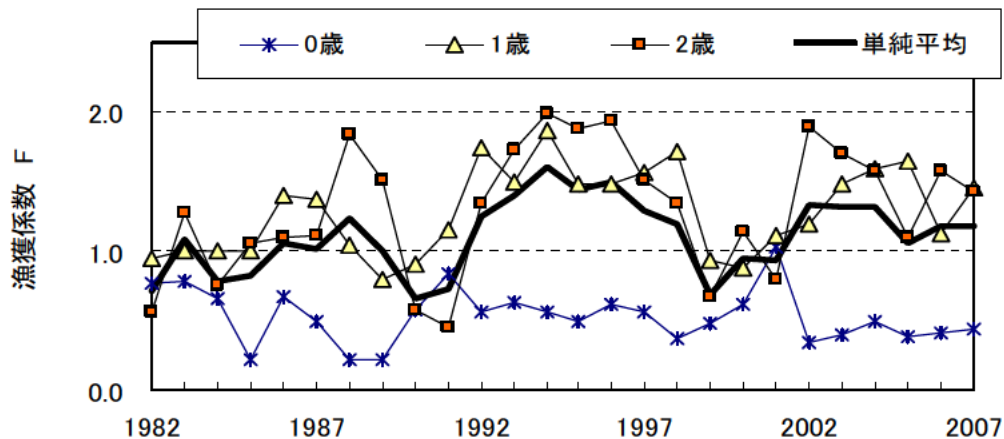


図8. 年齢別漁獲係数Fとその単純平均値(Fbar)の経年変化

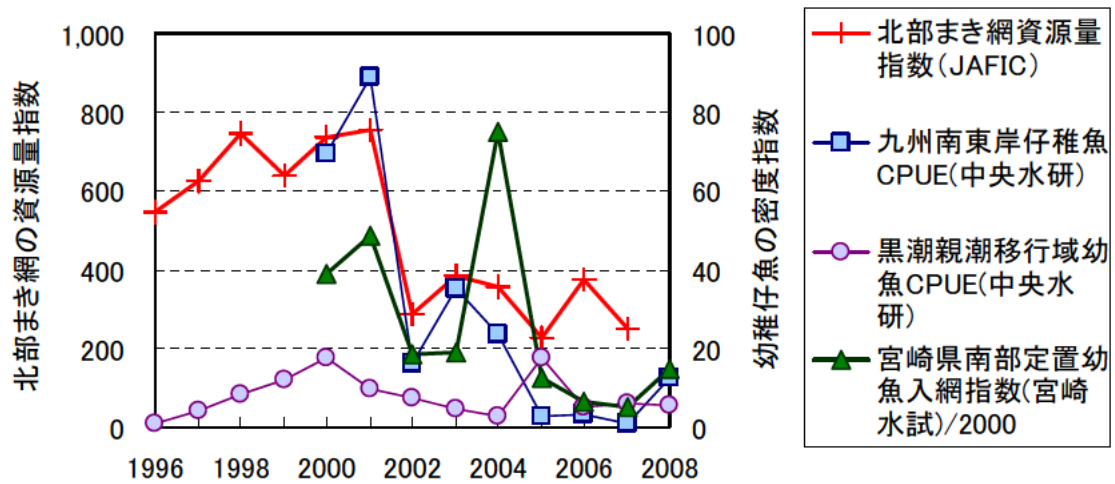


図9. マアジ太平洋系群の資源量指標値の経年変化

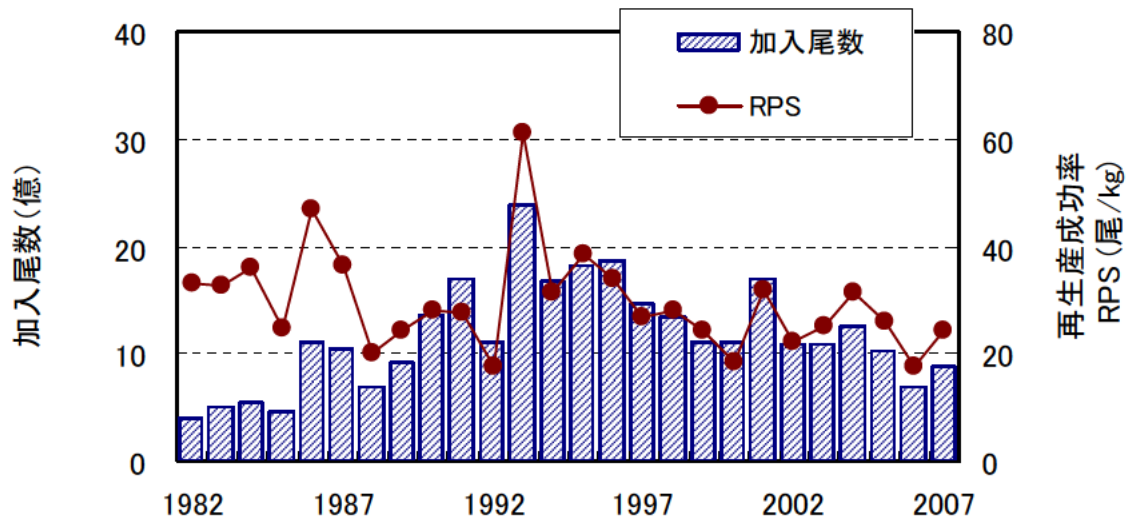


図10. 再生産成功率RPSと加入量(=0歳魚尾数)の経年変化

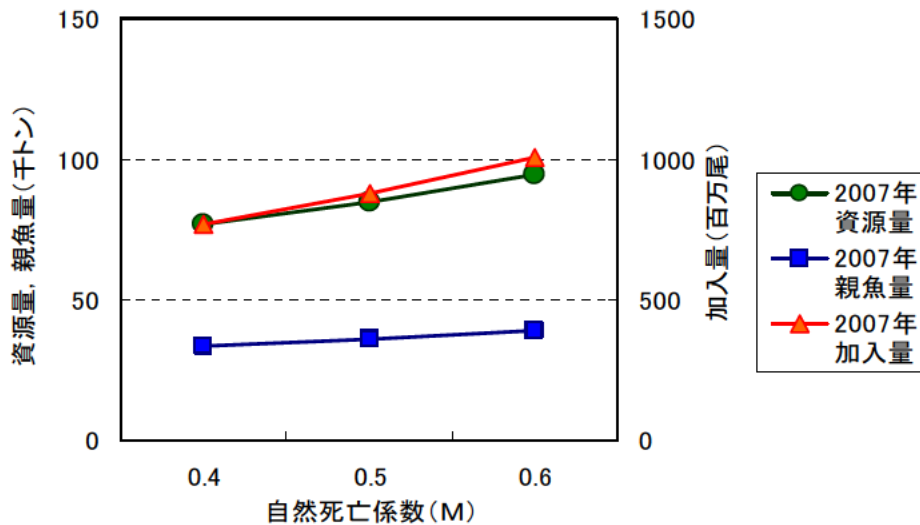


図11. 自然死亡係数Mの違いによる資源量と親魚量および加入量の変化

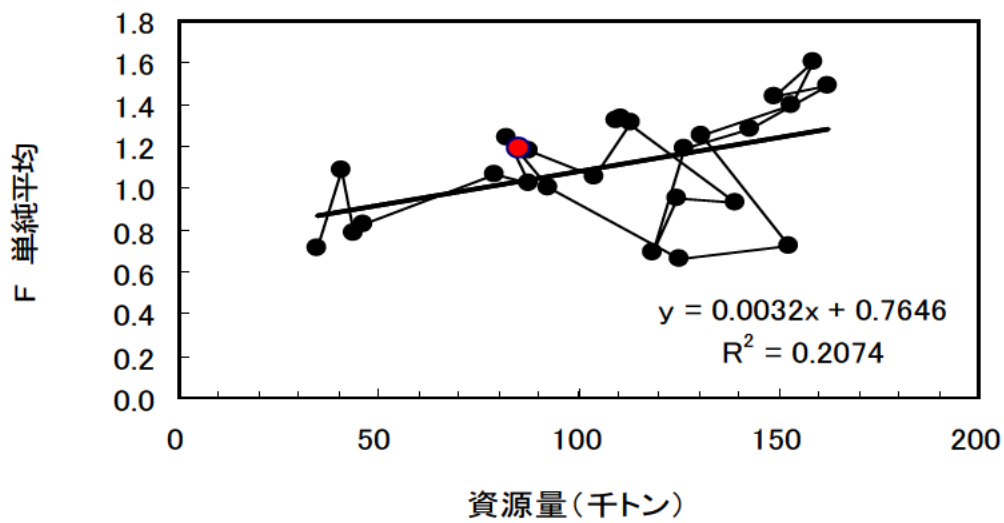


図12. マアジ太平洋系群の資源量と漁獲係数の関係

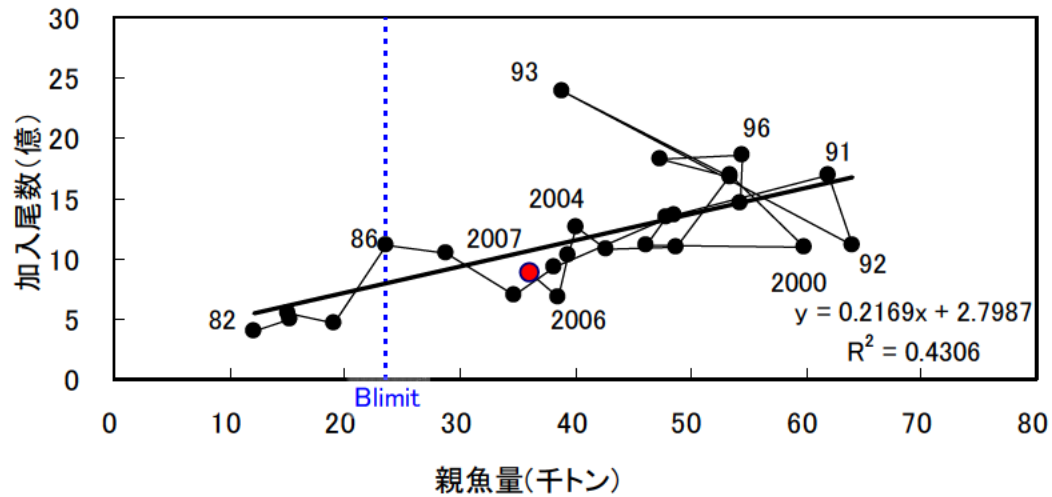


図13. 親魚量と加入量(=0歳魚尾数)の関係(再生産関係)

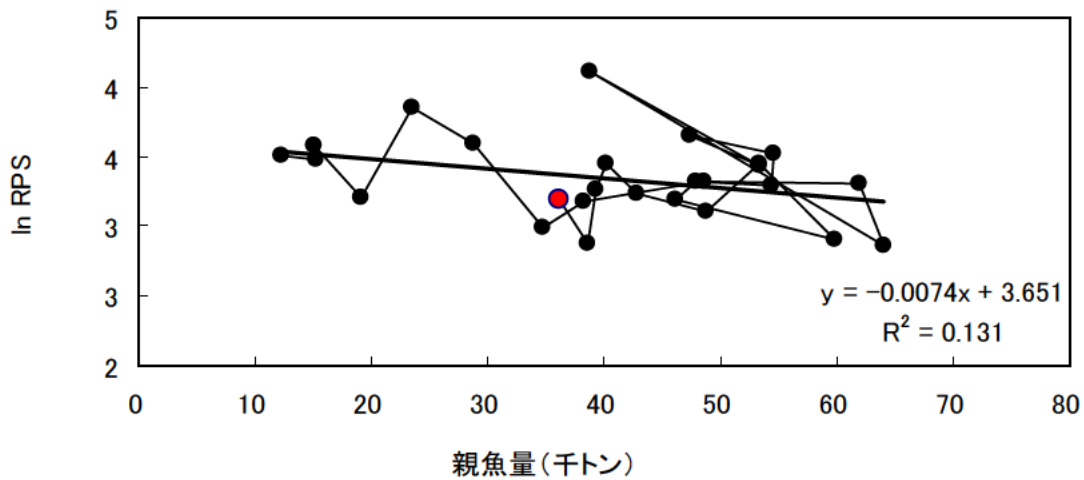


図14. 親魚量と再生産成功率(RPS、対数)の関係

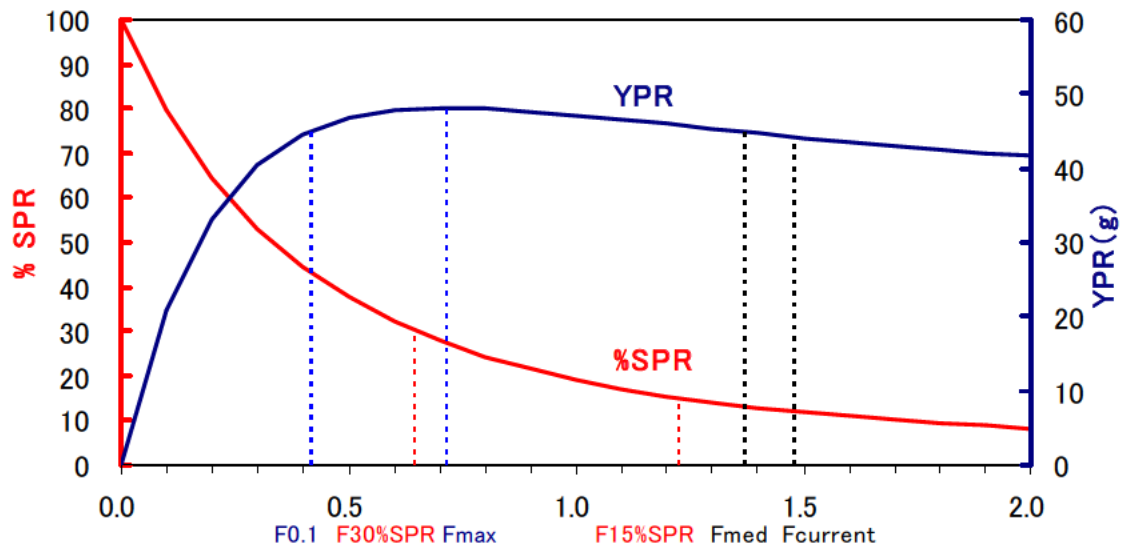


図15. 完全加入年齢(1歳)における漁獲係数FとYPRおよび%SPRの関係

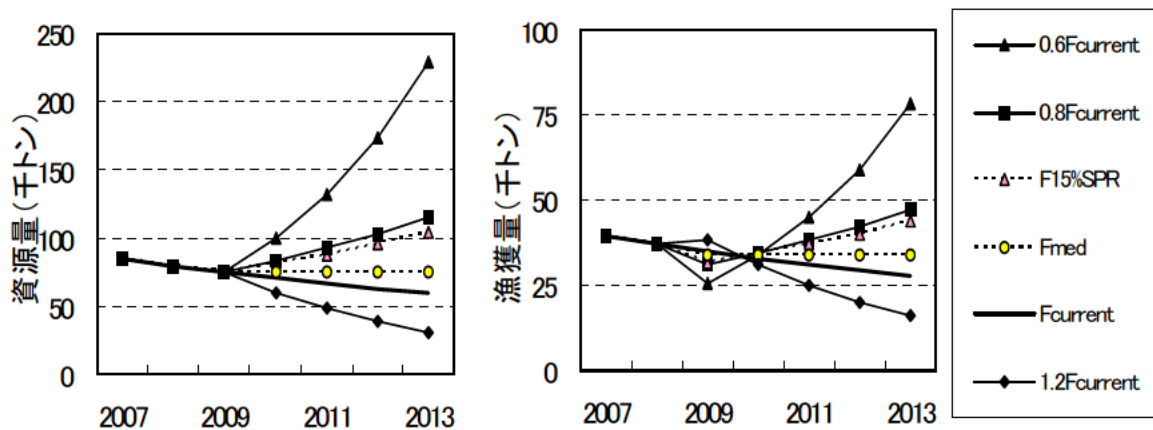


図16. 漁獲係数を現状の60～120%およびF基準値とした場合の資源量と漁獲量の将来予測

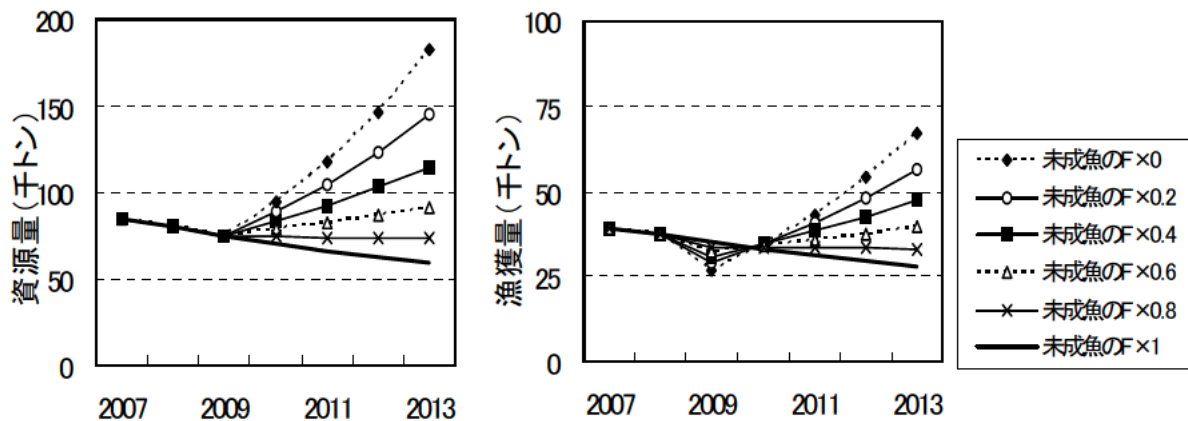


図17. 未成魚(0歳)に対する漁獲係数を現状の0%～100%とした場合の資源量と漁獲量の将来予測

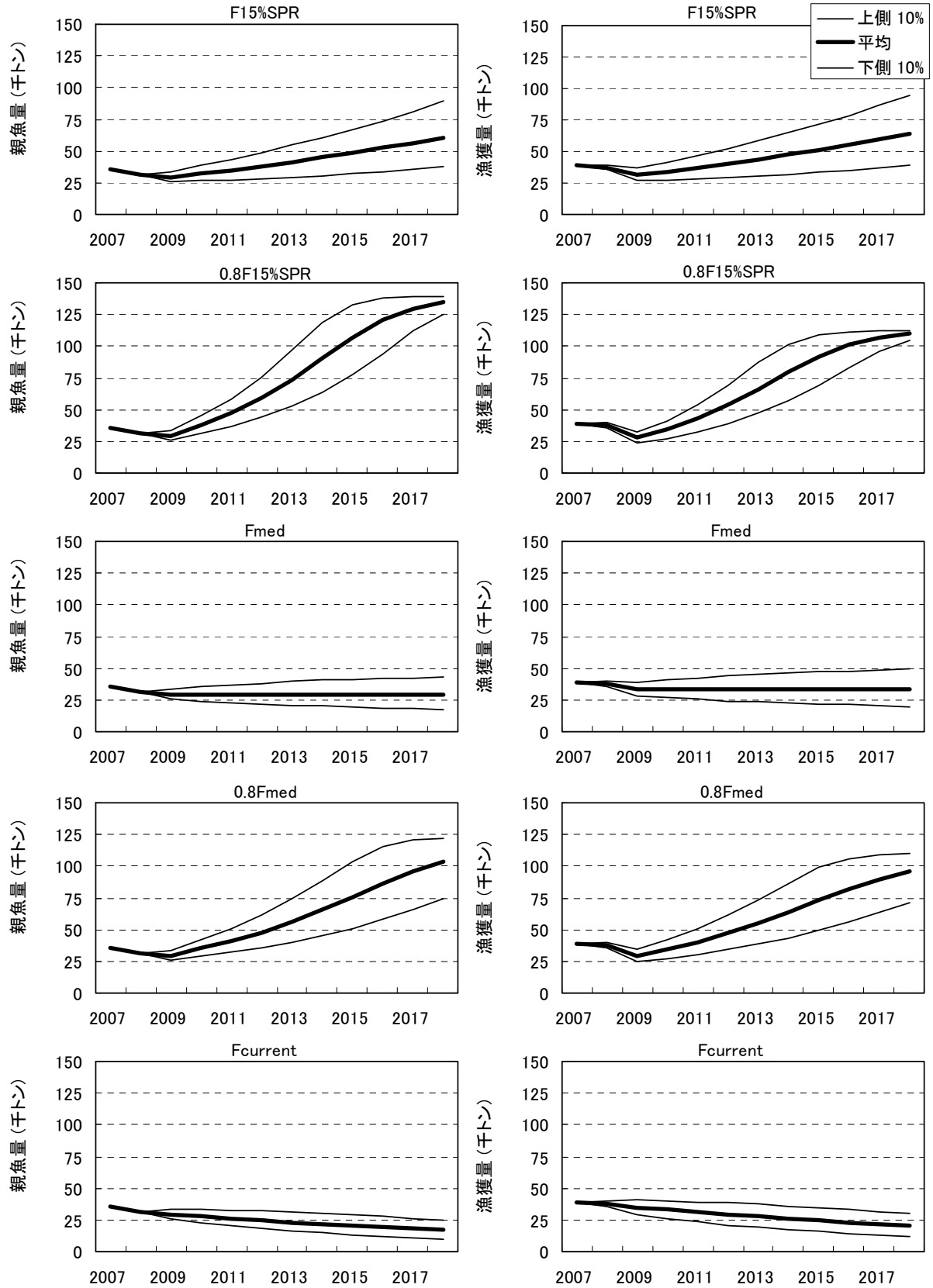
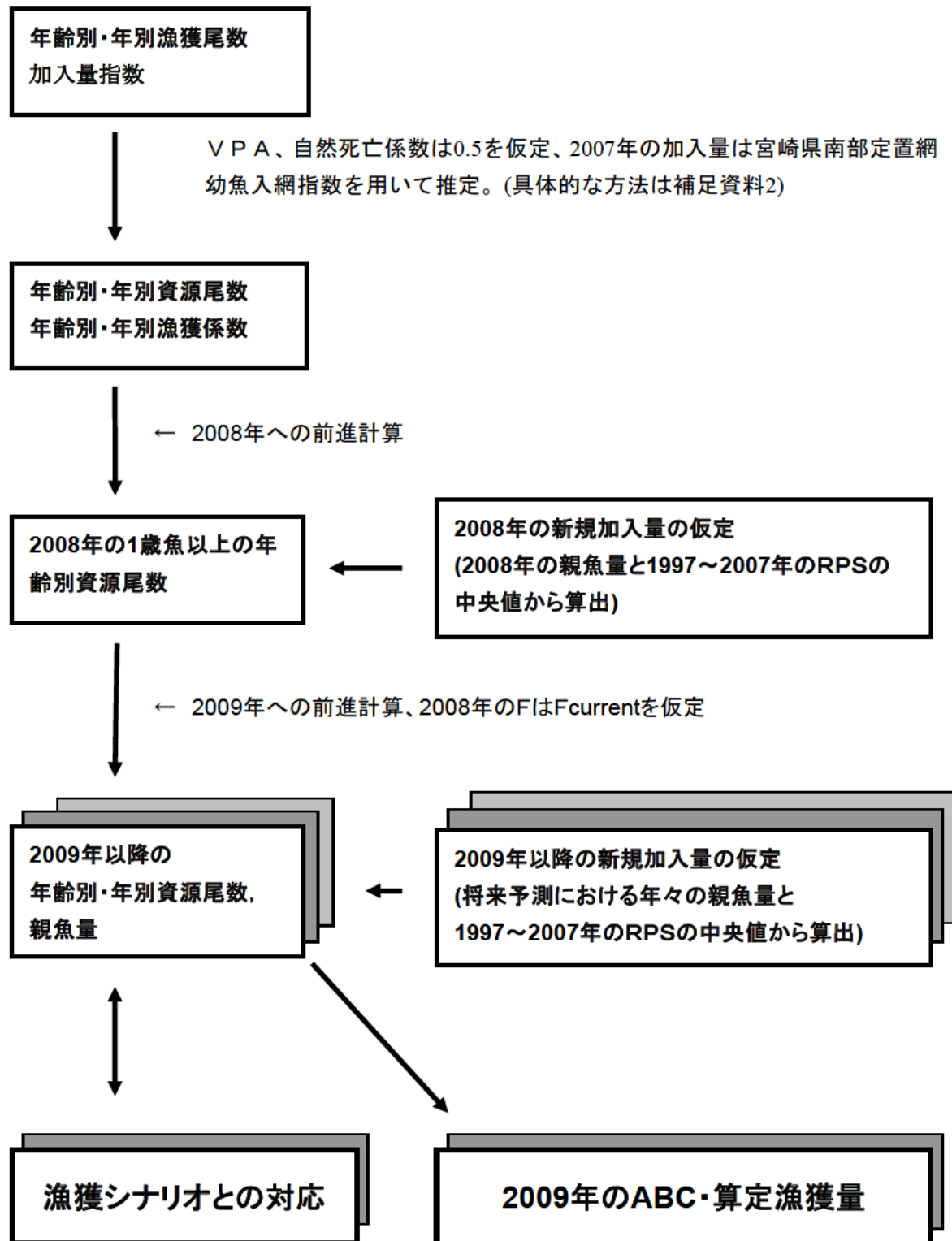


図18. F15%SPR、0.8F15%SPR、Fmed、0.8Fmed、Fcurrentで漁獲した場合の、加入変動を考慮した10,000回のシミュレーションによる親魚量と漁獲量の将来予測。加入量はRPSの仮定値と親魚量との積とし、かつ過去最高値の24億尾を超えないものとした。

補足資料1 資源評価の流れ

使用したデータと、資源評価の関係を以下のフローを参考に簡潔に記す。



補足資料2 資源量計算方法

主要港の水揚量と体長組成、成熟度などは太平洋側の各都県試験研究機関が把握した。太平洋側各都県主要港の水揚量と体長組成から月毎に体長階級別漁獲尾数を求め、体長と年(月)齢の関係に基づいて主要港における年齢別漁獲尾数を計算した。この年齢別の尾数比を漁業養殖業生産統計年報の太平洋南区、中区、北区の合計の漁獲量(属人統計)から東シナ海での漁獲量を差し引いた値に合うように引き延ばして系群全体の年齢別漁獲尾数を求めた(図7)。なお、年齢分解困難な3歳以上は一括した。

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。ただし、最近年の加入量についてはコホート解析からは外して資源量指標値から推定した。コホート解析ではマアジの生活史に基づき1月を起点とした。使用した生物学的パラメーターは図3と4および付表1の通りである。解析結果は0歳～3歳(3歳以上をまとめて3+(プラスグループ)と表記する)の年齢別に求めた(付表1)。年齢別資源尾数 N の計算にはPope(1972)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。自然死亡係数は、 $M=2.5/\text{寿命(田中 1960)}$ より0.5とした。

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。

1) 資源量と漁獲係数の推定(コホート解析)

資源量は(1)式により計算した。

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

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。

ただし最高齢(プラスグループ、添え字 p)、最高齢-1歳($p-1$)および最近年の1歳魚以上の資源尾数はそれぞれ(2)～(4)式により求めた。

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

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

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

漁獲死亡係数 F の計算は、プラスグループの F および最近年の F 以外は(5)式によった。

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

プラスグループの F は、定常状態が仮定できない場合における $\alpha=1$ 法（平松 1999）により最高齢-1歳の F と等しいとした。またここで得られた年別年齢別 F から年別年齢別の選択率 $S_{a,y}$ （ある年における年齢別年別 F の最高値で、その年の各年齢の F を除いた値）を求めた。

2) 最近年の資源量と漁獲係数の推定

最近年（2007年）の F のうち1歳魚以上については、選択率 $S_{a,2007}$ が過去3年間の $S_{a,y}$ の平均値と等しく、かつ F の各年齢単純平均値 $\bar{F}_{2007}$ が過去3年間の $\bar{F}_y$ の平均値と等しくなるよう求めた。すなわち(6)、(7)式である。

$$S_{a,2007} = \frac{(S_{a,2004} + S_{a,2005} + S_{a,2006})}{3} \quad (6)$$

$$\bar{F}_{2007} = \frac{(\bar{F}_{2004} + \bar{F}_{2005} + \bar{F}_{2006})}{3} \quad (7)$$

ここで S の各年齢単純平均値を $\bar{S}_y$ と表すと、(8)式より2007年の F が算出される。

$$F_{a,2007} = \frac{S_{a,2007} \bar{F}_{2007}}{\bar{S}_{2007}} \quad (8)$$

なお、ここで求めた $F_{a,2007}$ から過去年の資源量を再計算すると過去年の F の値も更新されるため、反復計算を3回行い F の値を収束させた。

2007年の加入量(0歳魚尾数)については資源量指標値から直接の推定を行い、資源量指数の動向に0歳魚資源尾数が最も良く適合するよう求めた。資源量指数には、図6の4つの資源量指標値についてそれぞれ検討した結果、過去年の加入量の動向に最もよく適合しているものとして宮崎県南部の定置網に3～9月に入網する幼魚量(図9)の対数値を用いた。なお、宮崎県南部の定置網に入網する幼魚の量は東シナ海からの加入と地先群からの加入の両方

を反映していると考えられ、この資源量指数は太平洋系群全体の加入状況を比較的良好に代表していると推察される。

計算としては、2007年の0歳魚資源尾数 $N_{0,2007}$ が2007年の資源量指数 I_{2007} と比例関係にあるとして(9)式により推定した。

$$N_{0,2007} = \frac{I_{2007}}{q} \quad (9)$$

比例係数 q は(10)式を用いて求めた。

$$\hat{q} = \exp \left(\frac{\sum_{y=2003}^{2006} \ln \left(\frac{I_y}{N_{0,y}} \right)}{4} \right) \quad (10)$$

$F_{0,2007}$ は(9)式で得た $N_{0,2007}$ から(5)式を用いて求めた。

3) 将来予測

$F_{current}$ は過去5年の F の平均値とし、2008年の F は $F_{current}$ であるとした。また将来予測における選択率には $F_{current}$ の選択率を続けて用いた。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法((11)式)に加え加入量を仮定した。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (11)$$

将来予測における加入量は再生産成功率($RPS=0$ 歳魚尾数/親魚量)と親魚量の積として見積もった。但し、親魚量と RPS に弱い負の相関が見られることから、将来予測における加入量は過去最高の24億尾を超えないものとした。

漁獲尾数は(12)式より求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y}) \right) \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (12)$$

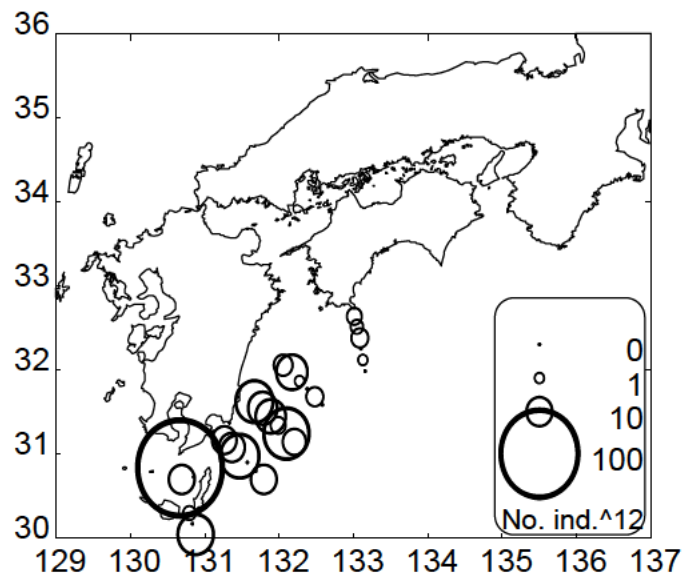
補足資料3 調査船調査の経過及び結果

担当機関	時期	海域・港等	データの種類
中央水研高知黒潮研究拠点	周年	土佐湾調査船調査試料	体長組成、生物測定、成熟状況、年齢査定

新規加入量調査

担当機関	時期	海域等	データの種類	手法等	船名
中央水研高知黒潮研究拠点	4月4日～18日	日向灘・熊野灘	稚幼魚分布量 プランクトン CTD観測結果	方形枠稚魚ネット、ニューストンネット	第七開洋丸
中央水研高知黒潮研究拠点	産卵期 毎月1日	土佐湾	仔稚魚分布量	IKMT、ニューストンネット	こたか丸
中央水研	5月8日～29日	黒潮統流域・黒潮親潮移行域	稚幼魚分布量	表中層トロール	北鳳丸

第七開洋丸により2008年4月4日から18日にかけて実施した「マアジ等黒潮重要浮魚類幼魚加入調査」の中で、九州南東海域で方形枠稚魚ネットの20分間表層曳きを行った。採集されたマアジ仔稚魚の分布を右図に示す。2008年の平均分布密度は極めて低水準であった2005～2007年を上回り、特に種子島西方でややまとまって採集された。



付表1. マアジ太平洋系群のコホート解析(後退法)

年齢別漁獲尾数(百万尾)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	170	211	204	70	420	317	108	140	466	750	375	867	558	556	672	489	320	335	398	847	249	274	387	257	183	244
1歳	57	56	68	84	135	200	194	144	210	244	287	233	507	348	403	372	322	264	190	187	200	282	274	293	223	163
2歳	7	16	10	16	20	18	35	50	32	31	51	30	35	47	53	56	44	21	71	45	47	43	40	29	34	49
3歳以上	1	5	3	5	4	5	6	4	4	10	32	15	5	3	5	5	8	5	11	13	25	6	5	5	8	5
計	236	287	285	175	579	541	342	338	712	1,035	746	1,145	1,105	955	1,132	921	694	625	671	1,091	520	606	706	584	448	461

年齢別漁獲量(千トン)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	7	8	8	3	17	13	4	6	19	30	15	35	22	22	27	20	13	13	16	34	10	11	15	10	7	10
1歳	6	6	7	8	13	20	19	14	21	24	29	23	51	35	40	37	32	26	19	19	20	28	27	29	22	16
2歳	2	4	2	4	5	4	8	12	7	7	12	7	8	11	12	13	10	5	16	10	11	10	9	7	8	11
3歳以上	1	2	1	2	2	2	2	1	2	4	12	6	2	1	2	2	3	2	4	5	9	2	2	2	3	2
計	15	19	18	17	37	39	34	33	48	65	68	70	83	69	81	71	58	47	56	68	50	51	54	48	40	39

年齢別資源尾数(百万尾)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	406	499	544	470	1,107	1,043	697	924	1,353	1,699	1,118	2,381	1,669	1,818	1,858	1,459	1,335	1,117	1,100	1,694	1,091	1,082	1,266	1,030	687	876
1歳	120	114	139	172	230	344	386	339	452	458	447	385	769	578	670	603	504	560	417	357	368	468	443	466	424	274
2歳	20	28	25	31	38	35	53	83	93	110	88	47	52	72	80	93	76	55	134	105	71	68	64	55	54	83
3歳以上	4	8	6	9	8	9	9	6	12	36	56	23	8	5	7	8	13	14	22	30	37	10	9	9	13	8
計	550	649	714	681	1,384	1,432	1,144	1,351	1,910	2,303	1,708	2,837	2,498	2,473	2,614	2,163	1,929	1,747	1,673	2,186	1,567	1,627	1,781	1,560	1,178	1,242

年齢別漁獲係数と漁獲割合

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	0.77	0.78	0.65	0.21	0.67	0.49	0.22	0.22	0.58	0.84	0.56	0.63	0.56	0.50	0.62	0.56	0.37	0.49	0.62	1.03	0.35	0.39	0.50	0.39	0.42	0.44
1歳	0.95	1.00	1.00	1.00	1.40	1.38	1.04	0.79	0.91	1.15	1.74	1.49	1.87	1.48	1.48	1.57	1.71	0.93	0.88	1.12	1.19	1.49	1.59	1.65	1.13	1.45
2歳	0.57	1.28	0.75	1.05	1.10	1.11	1.85	1.51	0.58	0.45	1.34	1.73	1.99	1.88	1.94	1.51	1.35	0.67	1.14	0.79	1.89	1.70	1.58	1.10	1.58	1.43
3歳以上	0.57	1.28	0.75	1.05	1.10	1.11	1.85	1.51	0.58	0.45	1.34	1.73	1.99	1.88	1.94	1.51	1.35	0.67	1.14	0.79	1.89	1.70	1.58	1.10	1.58	1.43
平均	0.72	1.08	0.79	0.83	1.06	1.02	1.24	1.01	0.66	0.72	1.25	1.39	1.60	1.44	1.49	1.29	1.19	0.69	0.95	0.93	1.33	1.32	1.31	1.06	1.18	1.19
漁獲割合	43%	47%	42%	36%	46%	44%	41%	36%	39%	43%	52%	46%	52%	46%	50%	50%	46%	39%	45%	49%	45%	47%	48%	46%	46%	46.3%

年齢別資源量と親魚量(千トン)および再生産成功率RPS(0歳魚尾数/親魚量)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	16	20	22	19	44	42	28	37	54	68	45	95	67	73	74	58	53	45	44	68	44	43	51	41	27	35
1歳	12	11	14	17	23	34	39	34	45	46	45	39	77	58	67	60	50	56	42	36	37	47	44	47	42	27
2歳	5	6	6	7	9	8	12	19	21	25	20	11	12	17	18	21	18	13	31	24	16	16	15	13	12	19
3歳以上	2	3	2	3	3	4	3	2	5	14	21	9	3	2	3	3	5	5	8	11	14	4	3	3	5	3
計	34	41	44	46	79	88	82	92	125	153	131	153	159	149	162	143	127	119	125	139	111	109	113	104	87	85
親魚量	12	15	15	19	24	29	35	38	49	62	64	39	53	47	54	54	48	46	60	53	49	43	40	39	39	36
RPS	33	33	36	25	47	36	20	24	28	27	17	61	31	38	34	27	28	24	18	32	22	25	32	26	18	24

* 年齢別平均体重は各年とも0歳魚が40g、1歳魚が100g、2歳魚が230g、3歳魚以上が380gとして計算した。なお2007年の0歳魚尾数は資源量指標値から推定した。

付表2-2. コホート解析の前進法によるABC算定 (上: 0.8Fmed, 下: 0.8F15%SPR)

0.8Fmed	0.90	年齢	選択率	平均体重(g)	成熟割合
M	0.5	0	0.29	40	0
		1	0.99	100	0.5
RPSmed	25.3	2	1.00	230	1.0
Rmax	2,381	3+	1.00	380	1.0

年齢別漁獲尾数(百万尾)												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	244	214	158	190	221	258	301	352	411	479	504	504
1歳	163	204	161	169	204	237	277	323	378	441	515	542
2歳	49	23	25	33	35	42	49	57	67	78	91	106
3歳以上	5	8	4	6	8	9	10	12	14	16	19	22
計	461	450	347	399	468	546	637	744	869	1,015	1,130	1,175

年齢別漁獲量(千トン)												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	10	9	6	8	9	10	12	14	16	19	20	20
1歳	16	20	16	17	20	24	28	32	38	44	51	54
2歳	11	5	6	8	8	10	11	13	15	18	21	24
3歳以上	2	3	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8
計	39	37	30	34	40	47	55	64	75	87	100	107

年齢別資源尾数(百万尾) R=RPSmed×SSB 但し SSB>89 では24億尾												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	876	789	745	897	1,041	1,217	1,421	1,660	1,938	2,263	2,381	2,381
1歳	274	342	312	329	396	460	537	628	733	856	999	1,051
2歳	83	39	48	64	67	81	94	110	129	150	176	205
3歳以上	8	13	7	11	15	17	20	23	27	32	37	43
計	1,242	1,183	1,112	1,301	1,520	1,775	2,073	2,420	2,827	3,301	3,593	3,681

年齢別漁獲係数と漁獲割合												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	0.44	0.43	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
1歳	1.45	1.46	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
2歳	1.43	1.48	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
3歳以上	1.43	1.48	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
平均	1.19	1.21	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
漁獲割合(%)	46	47	40	39	39	39	39	39	39	39	40	41

2003-2007年の平均												
年齢別資源量と親魚量(千トン)												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	35	32	30	36	42	49	57	66	78	91	95	95
1歳	27	34	31	33	40	46	54	63	73	86	100	105
2歳	19	9	11	15	16	19	22	25	30	35	40	47
3歳以上	3	5	3	4	6	6	8	9	10	12	14	16
計	85	80	75	88	103	120	140	163	191	223	250	264
親魚量	36	31	29	35	41	48	56	66	77	89	104	116

0.8F15%SPR	0.80	年齢	選択率	平均体重(g)	成熟割合
M	0.5	0	0.29	40	0.0
		1	0.99	100	0.5
RPSmed	25.3	2	1.00	230	1.0
Rmax	2381.1	3+	1.00	380	1.0

年齢別漁獲尾数(百万尾)												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	244	214	143	187	231	289	360	450	459	459	459	459
1歳	163	204	151	164	214	265	331	413	515	526	526	526
2歳	49	23	23	35	38	50	61	77	96	119	122	122
3歳以上	5	8	4	6	9	11	14	17	21	27	33	35
計	461	450	321	392	493	614	766	956	1,091	1,130	1,139	1,141

年齢別漁獲量(千トン)												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	10	9	6	7	9	12	14	18	18	18	18	18
1歳	16	20	15	16	21	26	33	41	52	53	53	53
2歳	11	5	5	8	9	11	14	18	22	27	28	28
3歳以上	2	3	1	2	4	4	5	6	8	10	13	13
計	39	37	28	34	43	54	67	83	100	108	112	112

年齢別資源尾数(百万尾) R=RPSmed×SSB 但し SSB>89 では24億尾												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	876	789	745	969	1,200	1,499	1,871	2,335	2,381	2,381	2,381	2,381
1歳	274	342	312	340	442	548	684	854	1,066	1,087	1,087	1,087
2歳	83	39	48	72	78	102	126	157	196	245	250	250
3歳以上	8	13	7	13	19	22	28	35	44	55	68	72
計	1,242	1,183	1,112	1,394	1,740	2,171	2,709	3,381	3,687	3,768	3,786	3,790

年齢別漁獲係数と漁獲割合												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	0.44	0.43	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
1歳	1.45	1.46	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
2歳	1.43	1.48	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
3歳以上	1.43	1.48	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
平均	1.19	1.21	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
漁獲割合(%)	46	47	37	36	37	37	37	37	37	38	39	39

2003-2007年の平均												
年齢別資源量と親魚量(千トン)												
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	35	32	30	39	48	60	75	93	95	95	95	95
1歳	27	34	31	34	44	55	68	85	107	109	109	109
2歳	19	9	11	16	18	23	29	36	45	56	57	57
3歳以上	3	5	3	5	7	8	11	13	17	21	26	27
計	85	80	75	94	117	147	183	228	264	281	287	289
親魚量	36	31	29	38	47	59	74	92	115	131	138	139

付表2-3. コホート解析の前進法による参考値算定 (Fcurrent)

Fcurrent (=Fave5-yr)	1.21
M	0.5
RPSmed	25.3
Rmax	2,381

年齢	選択率	平均体重(g)	成熟割合
0	0.29	40	0
1	0.99	100	0.5
2	1.00	230	1.0
3+	1.00	380	1.0

年齢別漁獲尾数(百万尾)													
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
0歳	244	214	202	190	179	169	159	150	142	133	126	118	
1歳	163	204	187	176	166	156	147	139	131	123	116	110	
2歳	49	23	29	26	25	24	22	21	20	19	17	16	
3歳以上	5	8	4	5	4	4	4	4	3	3	3	3	
計	461	450	422	398	375	353	333	314	296	279	263	247	

年齢別漁獲量(千トン)													
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
0歳	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	
1歳	16	20	19	18	17	16	15	14	13	12	12	11	
2歳	11	5	7	6	6	5	5	5	5	4	4	4	
3歳以上	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
計	39	37	35	33	31	29	28	26	25	23	22	21	

年齢別資源尾数(百万尾) R=RPSmed×SSB 但し SSB>89 では24億尾													
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
0歳	876	789	745	702	662	624	588	554	522	492	464	437	
1歳	274	342	312	295	278	262	247	232	219	206	195	183	
2歳	83	39	48	44	41	39	37	35	33	31	29	27	
3歳以上	8	13	7	8	7	7	6	6	6	5	5	5	
計	1,242	1,183	1,112	1,048	988	931	878	827	779	735	692	652	

年齢別漁獲係数と漁獲割合													
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
0歳	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	
1歳	1.45	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	1.46	
2歳	1.43	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	
3歳以上	1.43	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	1.48	
平均	1.19	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	
漁獲割合(%)	46	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	

2003-2007年の平均													
年齢別資源量と親魚量(千トン)													
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
0歳	35	32	30	28	26	25	24	22	21	20	19	17	
1歳	27	34	31	29	28	26	25	23	22	21	19	18	
2歳	19	9	11	10	10	9	8	8	8	7	7	6	
3歳以上	3	5	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
計	85	80	75	71	66	63	59	56	52	49	47	44	
親魚量	36	31	29	28	26	25	23	22	21	19	18	17	

付表3. 漁獲係数を現状の60~120%、Fmed、F15%SPRとした場合の資源量と漁獲量の将来予測

F bar	基準値	資源量(千トン)							漁獲量(千トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0.73	0.6Fcurrent	85	80	75	100	132	174	229	39	37	26	34	45	59	78
0.97	0.8Fcurrent	85	80	75	83	93	103	115	39	37	31	34	38	42	47
1.01	F15%SPR	85	80	75	81	88	96	104	39	37	32	34	37	40	44
1.12	Fmed	85	80	75	75	75	75	75	39	37	34	34	34	34	34
1.21	Fcurrent	85	80	75	71	66	63	59	39	37	35	33	31	29	28
1.45	1.2Fcurrent	85	80	75	60	48	39	31	39	37	38	31	25	20	16

付表4. 未成魚(0歳)に対する漁獲係数を削減した場合の資源量と漁獲量の将来予測

F bar	基準値	資源量(千トン)							漁獲量(千トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1.10	未成魚のF×0	85	80	75	94	117	147	183	39	37	27	35	43	54	67
1.13	未成魚のF×0.2	85	80	75	89	104	123	145	39	37	29	35	41	48	57
1.15	未成魚のF×0.4	85	80	75	84	93	103	115	39	37	31	35	38	43	47
1.17	未成魚のF×0.6	85	80	75	79	83	87	92	39	37	32	34	36	38	40
1.19	未成魚のF×0.8	85	80	75	75	74	74	73	39	37	34	34	33	33	33
1.21	未成魚のF×1	85	80	75	71	66	63	59	39	37	35	33	31	29	28

付表5. 各漁獲シナリオによる親魚量(SSB, 上)と漁獲量(下)の予測幅

		SSB (千トン)										2009-14年	SSB > SSB2009	SSB > Blimit
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均		
F15%SPR	平均	29	32	35	38	41	45	49	52	57	61	37	9,428	9,864
	上側 10%	33	39	44	49	55	61	67	74	81	89			
	下側 10%	26	26	27	28	29	31	32	34	36	37			
0.8F15%SPR	平均	29	38	47	59	74	90	107	121	130	135	56	10,000	10,000
	上側 10%	33	45	58	75	97	119	133	138	139	140			
	下側 10%	26	31	37	44	53	64	77	94	112	126			
Fmed	平均	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	4,702	7,696
	上側 10%	33	35	37	38	40	41	41	42	42	43			
	下側 10%	26	24	23	22	21	20	19	19	18	18			
0.8Fmed	平均	29	35	41	48	56	65	76	86	96	104	46	9,987	9,997
	上側 10%	33	42	51	61	74	89	104	115	120	122			
	下側 10%	26	29	32	36	40	45	51	58	66	74			
F current =Fave5-yr	平均	29	28	26	25	23	22	21	19	18	17	25	918	3,471
	上側 10%	33	33	33	32	31	30	29	28	26	25			
	下側 10%	26	22	20	18	16	15	13	12	11	10			

		漁獲量 (千トン)										2009-13年
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	平均
F15%SPR	平均	32	34	37	40	44	47	51	55	60	64	37
	上側 10%	37	41	47	53	59	65	71	79	86	94	
	下側 10%	27	27	28	29	30	32	33	35	37	39	
0.8F15%SPR	平均	28	34	43	53	66	80	92	101	107	110	45
	上側 10%	32	41	54	69	87	102	109	112	112	112	
	下側 10%	23	27	33	39	47	57	69	83	96	105	
Fmed	平均	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	上側 10%	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50	
	下側 10%	28	27	25	24	23	23	22	21	20	20	
0.8Fmed	平均	30	34	40	47	55	64	73	82	90	97	41
	上側 10%	34	42	50	61	73	87	99	106	109	111	
	下側 10%	25	27	31	34	38	44	49	56	63	72	
F current =Fave5-yr	平均	35	33	31	29	28	26	25	23	22	21	31
	上側 10%	41	40	39	39	37	36	35	33	32	30	
	下側 10%	30	26	23	21	19	17	16	14	13	12	

SSB>SSB2009 : 10,000回の試算で2014年のSSBが2009年SSBを上回る回数

SSB>Blimit : 10,000回の試算で2014年のSSBがBlimitを上回る回数