

平成27（2015）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（渡邊千夏子、由上龍嗣、上村泰洋、赤嶺達郎、亘真吾）

参画機関：地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所、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、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、宮崎県水産試験場

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。資源量は1980年代に増加し、1990年代半ばは14万トンから16万トンで推移し高位水準であったが、1997年からは減少に転じ、2006年以降は10万トンを下回る水準となった。2014年の資源量は58千トンである。親魚量は35千トンでB_{limit}（1986年の親魚量24千トン）を上回っていることから資源水準は中位、最近5年間（2010～2014年）の資源量の推移から動向は横ばいと判断した。2016年のABCは、親魚量をB_{limit}以上に維持することを目標とし、今後、再生産成功率（RPS=加入量／親魚量）が過去10年間（2004～2013年）の中央値で継続した場合に、親魚量の増大（F30% SPR）、現状の漁獲圧の維持（F_{current}）および親魚量の維持（F_{med}）の各漁獲シナリオで期待される漁獲量として算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Limit/ Target	F値 (Fcurrent との比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価(%)		2016年 ABC (千トン)
				5年後	5年 平均	2014年親 魚量を維持 (5年後)	Blimitを 維持 (5年後)	
親魚量の 増大* (F30%SPR)	Limit	0.47 (0.62 Fcurrent)	26	49.7～ 74.6	39.3	100	100	17.3
	Target	0.38 (0.49 Fcurrent)	22	49.1～ 71.8	36.6	100	100	14.4
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Limit	0.76 (1.00 Fcurrent)	37	32.4～ 67.4	36.0	98	100	24.8
	Target	0.61 (0.80 Fcurrent)	32	44.9～ 73.6	39.5	100	100	21.1
親魚量の 維持* (Fmed)	Limit	0.98 (1.29 Fcurrent)	44	18.9～ 44.6	29.2	25	69	29.2
	Target	0.78 (1.03 Fcurrent)	38	30.7～ 65.5	35.2	96	100	25.3

- ・本系群のABC算定には規則1-1)-(1)を用いた。
- ・現状の漁獲圧はBlimitを維持できる可能性が高く、持続的に利用可能な水準である。
- ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第3に記載されている本系群の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ものとする」とされており、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下の漁獲係数であれば資源水準は維持され则认为られる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。
- ・2013年および2014年のRPSの低下が懸念される。確率評価は直近年を除く10年間(2004～2013年)のRPSを参照して今後の加入量が見積られており、今後も低いRPSが続くようであれば、確率評価はより低くなることを考慮し、安全を見込んだシナリオが選択されることが望ましい。
- ・「親魚量の維持」シナリオでの2014年親魚量を維持する確率は25%と低いが、これは中長期的に安定する親魚量水準が2014年親魚量より低いためである。決定論的予測では親魚量は2014年親魚量(35千トン)より低い29千トンで安定する。

Limitは、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値0.8を用いた。Fcurrentは2012～2014年のFの平均値、漁獲割合は2016年の漁獲量／資源量、F値は各年齢の単純平均値である。将来漁獲量の幅は80%区間を示す。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量での維持を指す。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F値	漁獲割合
2013	69	28	0.76	40%
2014	58	24	0.79	41%
2015	59			

F値（漁獲係数）は各年齢の単純平均値。2015年の資源量は加入量を仮定した値。

	指 標	水 準	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 があまり期待できなくなる。
2014年	親魚量	1986年水準以上（35千トン）	

水準：中位 動向：横ばい

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（17）県） 生物情報収集調査（水研セ、宮崎～青森（17）県）
資源量指標値 ・加入量の指数値	宮崎県南部定置網アジ仔CPUE（宮崎県） 宇和島港まき網ゼンゴCPUE（愛媛県） 宿毛湾中型まき網ゼンゴ資源量指数（高知県） 串本棒受網0歳魚漁獲量（和歌山県） 伊勢湾まめ板漁業0歳魚漁獲量（愛知県） 伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量（静岡県）
自然死亡係数（M）	全年齢に対して0.5 （田中1960）

1. まえがき

マアジ太平洋系群の漁獲はまき網漁業が大半を占めるが、定置網等の沿岸漁業にとっても重要な漁獲対象種である。漁獲量は1980年代に増加し、1990年代半ばは高水準であったが、1997年からは減少に転じた。現在の水準は中位にあり、横ばいで推移している。持続的な資源利用のために親魚量を一定以上に維持することが有効と考えられる。

2. 生態

(1) 分布・回遊

マアジ太平洋系群の分布域を図1に、主な漁場形成の模式図を図2に示した。日本近海のうち太平洋および隣接海域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分布す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本系群と対馬暖流系群共通の産卵場があると考えられるため、両系群あわせて評価することも想定されるが、本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

1年で尾叉長18cm、2年で24cm程度に成長する(図3)。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(木幡 1972、澤田 1974)である。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(三谷ほか2001)。本種は大型の魚類等により捕食される(三谷ほか2001)。

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

太平洋北区～太平洋南区(北海道太平洋北部～宮崎県)における漁獲量の推移を表1、図5に示した。漁獲量は1982～1985年までは20千トン以下であったが、1986年に急増して37千トンとなり、1990年以降に再び増加して1994～1997年は70千～80千トンと高い水準で推移した。1997年以降は減少に転じ、2009年以降は30千トン以下で推移している。2014年の漁獲量は24千トンであった。本系群の外国漁船による漁獲はない。

図5および表1に示した漁獲量は漁業・養殖業生産統計年報に記載された数値に基づき、太平洋各県に計上されている漁獲量から、大中型まき網漁業漁獲成績報告書により東シナ海で漁獲されたと判定された分(水産庁提供、西水研集計)を差し引いた値を用いた。1989～2001年にかけては、混獲魚(主にサバ類)の漁獲量が漁業・養殖業生産統計年報においてマアジの漁獲量に計上された分を差し引いた。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

年齢別漁獲尾数(図6、表2)に基づいて、コホート解析により年齢別資源尾数(表2)、

資源量（図7、表1、2）、漁獲係数F（図8、表1、2）を計算した（補足資料1、2）。本年度は2013年の漁獲量に修正があったことから2013年の年齢別漁獲尾数を修正した。コホート解析では加入量指数によるチューニングを行った（補足資料2）。チューニング対象年は2005～2014年としたが、静岡県伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量のみ2006～2013年とした（補足資料2）。自然死亡係数Mは、寿命（本資源では5歳前後）との関係から0.5とした（田中 1960）。

（2）資源量指標値の推移

加入量水準の指標値には、各県の0歳魚の漁獲状況を示す以下の6種類のデータを用いた（図9、補足資料2）。

- ① 宮崎県南部定置網アジ仔CPUE：宮崎県南郷漁協の定置網に4～6月に入網するアジ仔銘柄（0歳魚）の漁獲量を、対応する定置網の延べ水揚げ日数で除した値
- ② 宇和島港ゼンゴCPUE：愛媛県宇和島港に中型まき網により水揚げされるゼンゴ銘柄（0歳魚）CPUE（月当たり漁獲量／水揚げ統数）の4月～翌年3月の合計
- ③ 宿毛湾ゼンゴ資源量指数：高知県宿毛湾において中型まき網により漁獲されるゼンゴ銘柄（0歳魚）の日別漁獲量／出漁隻数を4月～翌年3月まで累積した値
- ④ 串本棒受網0歳魚漁獲量：和歌山県串本においてマアジ0歳魚を対象とする棒受網による5月～6月漁獲量
- ⑤ 伊勢湾まめ板漁業0歳魚漁獲量：伊勢湾の愛知県小型びき網漁業（まめ板漁業）による4月～翌年3月の0歳魚漁獲量
- ⑥ 伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量：静岡県伊豆東岸定置網による4月～翌年3月0歳魚漁獲量

これら6種類の指標値の傾向をみると、2008年に①、③および④で高い値がみられ、2009年以降は増減を繰り返しつつ全体では横ばいで推移している。2014年はすべての指数で前年を下回った（図9、補足資料2）。

（3）漁獲物の年齢組成

漁獲の主体は0歳魚と1歳魚である。2014年は0歳魚の漁獲尾数が少なかった（図6、表2）。

（4）資源量と漁獲割合の推移

資源量は1982年から1990年代始めにかけて増加し、1990年には高位水準になったが、1996年の162千トンと頂点として減少した（図7、表1）。その後、2000年と2001年は増加したものの、2004年以降は再び減少した。2014年の資源量は58千トンと推定された。親魚量は1984年以降増加し1992年に最高の64千トンとなった。1993～2000年まで50千トン前後で推移した後、2001～2010年にかけて減少し、2011年以降は25千～28千トンと横ばいで推移したが、2013、2014年はそれぞれ36千トン、35千トンと増加した。加入量は1993年に24億尾と最大になった後は減少傾向にある（図10、表1）。2014年の加入量は3.6億尾であった。RPSは1993年に61.3尾/kgと最高になった後は低下し、以後緩やかに減少した。近年では2010年および2013年に20尾/kg以下の低い値が見られ、2014年のRPSも10.4尾/kgと極めて低い水準であった（図10、表1）。自然死亡係数を0.4、0.6とした場合の資源量、親魚量について図11に示した。Mの値が高いほどいずれの推定値も増加した。

漁獲割合は35～52%の範囲で推移している（図7、表1）。各年齢を単純平均した漁獲係数 F (F_{bar}) は0.66～1.60で推移している。0歳に対する F は総じて1歳以上より相対的に低く、1歳以上に対する F が下がる年にやや上昇する傾向を示している（図8、表2）。2014年の F_{bar} (F の全年齢平均値) は0.79と推定された（表1）。資源量と F の間には弱い正の関係がみられる（図12）。

(5) 再生産関係

親魚量と加入量に正の相関関係が認められ ($p < 0.01$ 、図13)、持続的な資源利用のために親魚量を一定以上に維持することは有効と考えられる。親魚の回遊経路などに不明な点が多いが、太平洋各地先での親魚量を十分確保する観点から、本系群ではこの再生産関係の仮定のもとに、親魚量を指標とした管理を提案する。

(6) B_{limit} の設定

図13に示した親魚量と加入量の関係に基づき、それ未満では資源の回復措置をとる閾値 (B_{limit}) は、少ない親魚量から比較的高い加入量が発生した1986年水準の親魚量 (24千トン) とした。

(7) 資源の水準・動向

2014年の推定資源量は58千トン、親魚量は35千トンであった。資源水準の基準として、中位と低位の境界は、 B_{limit} との対応から親魚量24千トン (B_{limit} 、1986年の親魚量) とする。中位と高位の境界は、親魚量の最低～最高値の三等分により47千トンとする。2014年の親魚量は35千トンと推定され、 B_{limit} を上回ったことから、2014年の資源水準は中位にあると判断した。動向は過去5年間 (2010～2014年) の資源量の推移から横ばいと判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

加入量は減少傾向にあるが将来の見通しは不確実であることから、本評価では、今後の加入量は近年のRPS中央値 (RPS_{med}) と親魚量の積とし、近年の RPS_{med} には最近年を除く10年間 (2004～2013年) の RPS_{med} (23.2尾/kg) を用いた。親魚量とRPSには特に関係はみられない（図14）。ただし加入量およびRPSに低下傾向がみられており、今後の動向を注視する必要がある。

(9) 生物学的管理基準と現状の漁獲圧の関係

前項で設定した RPS_{med} に対応する F (F_{med}) は0.98 (各年齢の単純平均) と推定された。現状での漁獲係数 (F_{current} 、2012～2014年の平均、 $F_{\text{ave3-yr}}$) は0.76であり、 F_{med} より低く、現状の漁獲圧を維持した場合、資源量は増加すると考えられる。%SPR並びにYPRの関係（図15）から検討すると、 F_{current} は $F_{0.1}$ および加入量当たり漁獲量を最大化する漁獲係数 (F_{max}) より大きく、漁獲係数の削減はYPR管理の観点からは望ましい。

5. 2016年のABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

2014年の資源量は58千トン、親魚量は35千トンで B_{limit} (24千トン) を上回っており、水準は中位、動向は横ばいと判断した。現状の漁獲係数 ($F_{current}$) は親魚量を維持する漁獲係数 (F_{med}) より低い。

(2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

ABCの算定にあたっては、2014年親魚量が B_{limit} を上回っていることから、平成27年度ABC算定のための基本規則1-1)-(1)に従い、親魚量を安定的に維持することを目標として、①親魚量の増大： $F_{30\%SPR}$ 、②現状の漁獲圧の維持： $F_{current}$ 、③親魚量の維持： F_{med} の3つの漁獲シナリオで2016年以降の F を設定した。

平成23年に設定され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、管理を行うものとする」とされている。 F_{med} は、現在の資源の利用形態の下で中長期的に安定する親魚量水準を維持する F である。 $F_{current}$ および $F_{30\%SPR}$ は F_{med} より低く、親魚量の増加が期待できる。したがって、すべての管理基準は中期的管理方針に合致する。

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た。2015年および2016年以降の1歳魚以上の資源量は、それぞれ2014年および2015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た。0歳魚の資源尾数は2004～2013年の RPS_{med} (23.2尾/kg) に親魚量を乗じて求めた。2015の漁獲係数は $F_{current}$ (2012～2014年の漁獲係数の平均) とした。 F_{med} 、 $F_{current}$ および $F_{30\%SPR}$ の下での2014～2020年の漁獲量と資源量の将来予測について、図16および表3に示した。

漁獲シナリオ(管理基準)		F値	漁獲量(千トン)						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
親魚量の増大 (F30%SPR)	Limit	0.47	23.8	21.8	17.3	26.3	38.8	52.1	62.0
	Target	0.38	23.8	21.8	14.4	23.7	36.3	49.4	59.3
現状の漁獲圧の 維持(Fcurrent)	Limit	0.76	23.8	21.8	24.8	29.5	35.0	41.5	49.2
	Target	0.61	23.8	21.8	21.1	28.5	38.1	49.7	59.9
親魚量の維持 (Fmed)	Limit	0.98	23.8	21.8	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2
	Target	0.78	23.8	21.8	25.3	29.6	34.5	40.1	46.7
			資源量(千トン)						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
親魚量の増大 (F30%SPR)	Limit	0.47	57.9	58.8	66.9	101.3	149.3	191.3	220.2
	Target	0.38	57.9	58.8	66.9	109.5	164.0	212.2	246.4
現状の漁獲圧の 維持(Fcurrent)	Limit	0.76	57.9	58.8	66.9	79.8	94.6	112.1	132.9
	Target	0.61	57.9	58.8	66.9	90.3	120.7	155.6	182.0
親魚量の維持 (Fmed)	Limit	0.98	57.9	58.8	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9
	Target	0.78	57.9	58.8	66.9	78.3	91.2	106.1	123.5

Limitは、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。Ftarget=αFlimitとし、係数αには標準値0.8を用いた。Fcurrentは2012～2014年のFの平均値とした。

(3) 2016年ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

前項で設定した漁獲シナリオについて管理効果を判断するため、加入量の不確実性を考慮した資源量、親魚量、漁獲量の将来予測シミュレーションを行い、5年後（2021年当初）親魚量がBlimitを維持する確率、2014年親魚量を維持する確率の2点で評価した。将来の加入量は、直近年である2014年を除く全期間（1982～2013年）のRPSの平均値に対する各年のRPSの比を計算し、それらから重複を許してランダムに抽出した値に仮定値2004～2013年のRPSmed 23.2尾/kgと年々の親魚量を乗じたものとした。親魚量が過去最高の64千トンを超える場合、加入量を計算する際の親魚量は64千トンで一定とした。コホート解析の前進法を用い、それぞれの漁獲シナリオで漁獲した場合の資源量や漁獲量の動向を予測した。シミュレーションは1,000回行い、その結果を図17に示した。Fmedでは5年後に親魚量は29千トンに維持され（表3）、Blimitを維持する確率は69%であった。FcurrentおよびF30% SPRでは漁獲量・親魚量とも増加し、Blimitの維持確率は100%であった。ただし前述のとおり近年の加入量とRPSは減少傾向にあり、今後もこのような状況が継続した場合、確率評価はより低くなることが考えられ、動向を注視する必要がある。

漁獲シナリオ (管理基準)	Limit/ Target	F値 (Fcurrent との比較)	漁獲 割合 (%)	将来漁獲量 (千トン)		確率評価(%)		2016年 ABC (千トン)
				5年後	5年 平均	2014年親 魚量を維持 (5年後)	Blimitを 維持 (5年後)	
親魚量の 増大* (F30%SPR)	Limit	0.47 (0.62 Fcurrent)	26	49.7～ 74.6	39.3	100	100	17.3
	Target	0.38 (0.49 Fcurrent)	22	49.1～ 71.8	36.6	100	100	14.4
現状の漁獲圧 の維持* (Fcurrent)	Limit	0.76 (1.00 Fcurrent)	37	32.4～ 67.4	36.0	98	100	24.8
	Target	0.61 (0.80 Fcurrent)	32	44.9～ 73.6	39.5	100	100	21.1
親魚量の 維持* (Fmed)	Limit	0.98 (1.29 Fcurrent)	44	18.9～ 44.6	29.2	25	69	29.2
	Target	0.78 (1.03 Fcurrent)	38	30.7～ 65.5	35.2	96	100	25.3

- ・本系群のABC算定には規則1-1)-(1)を用いた。
- ・現状の漁獲圧はBlimitを維持できる可能性が高く、持続的に利用可能な水準である。
- ・海洋生物資源の保存及び管理に関する基本計画第3に記載されている本系群の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ものとする」とされており、親魚量の維持シナリオから得られる漁獲係数以下の漁獲係数であれば資源水準は維持され则认为られる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。
- ・2013年および2014年のRPSの低下が懸念される。確率評価は直近年を除く10年間(2004～2013年)のRPSを参照して今後の加入量が見積られており、今後も低いRPSが続くようであれば、確率評価はより低くなることを考慮し、安全を見込んだシナリオが選択されることが望ましい。
- ・「親魚量の維持」シナリオでの2014年親魚量を維持する確率は25%と低いが、これは中長期的に安定する親魚量水準が2014年親魚量より低いためである。決定論的予測では親魚量は2014年親魚量(35千トン)より低い29千トンで安定する。

Limitは、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルのF値による漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性や誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待されるF値による漁獲量である。Ftarget=αFlimitとし、係数αには標準値0.8を用いた。Fcurrentは2012～2014年のFの平均値、漁獲割合は2016年の漁獲量/資源量、F値は各年齢の単純平均値である。将来漁獲量の幅は80%区間を示す。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量での維持を指す。

(4) ABCの再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2013年漁獲量確定値、2014年漁獲量概算値 2014年月別体長組成 各加入量指標の2014年の値	2013年、2014年年齢別漁獲尾数 水準・動向判断 資源尾数、資源量、親魚量

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F値	資源量 (千トン)	ABCLimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2014年(当初)	Frec2	0.93	43	18	16	
2014年(2014年再評価)	Fmed	1.01	59	26	23	
2014年(2015年再評価)	Fmed	0.98	58	27	24	24
2015年(当初)	Fmed	1.01	62	27	24	
2015年(2015年再評価)	Fmed	0.98	59	26	22	
2014年の評価で2014年の親魚量がBlimitを越えたことから、ABC算定規則1-1)-(1)を適用し、Fmedについての再評価を示した。2015年についてはTAC設定の基礎数値となった管理基準Fmedについて再評価を示した。						

2014年および2015年のABCについて本評価による推定結果により再評価を行った。F値は年齢別Fの単純平均である。

2014年については、2015年再評価において加入量は2014年当初評価より下方修正されたが、1歳以上の資源量が上方修正されたことにより2014年ABCは上方修正された。これは2014年2歳および3+歳魚の漁獲尾数が2014年当初の見込みより高く、これらの年齢の資源量が上方修正されたことによる。2015年については、2015年再評価において2014年級群の加入量水準が2014年評価より下方修正されたため、2015年1歳魚の資源尾数が下方修正された。このため資源量が下方修正されたことにより2015年ABCは下方修正された。

6. ABC以外の管理方策への提言

現状のF (Fcurrent) はYPR管理の観点から過大である。図18に示したように未成魚である0歳魚を保護することも有効ではあるが、本資源は幼魚期から主に食用に利用され、さらに体サイズにより流通・消費形態も異なるので、それぞれへの需要量と資源状況との関係から、適切な漁獲量を検討していく必要がある。

7. 引用文献

三谷卓美・上原伸二・石田 実・阪地英男(2001) 平成13年マアジ太平洋系群の資源評価。

我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価) 第一分冊, 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター, 東京, 11-22.

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.

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.

横田滝雄・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.

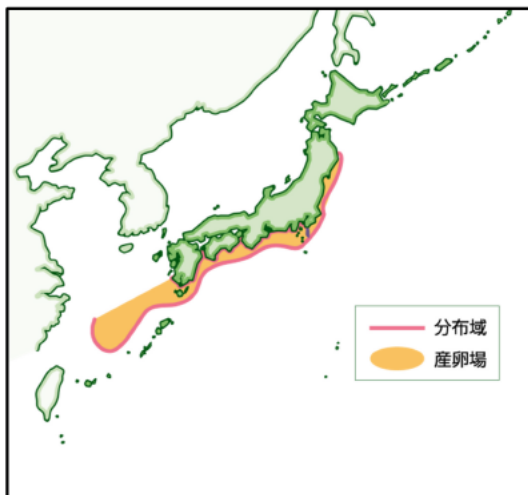


図1. マアジ太平洋系群の分布・回遊図

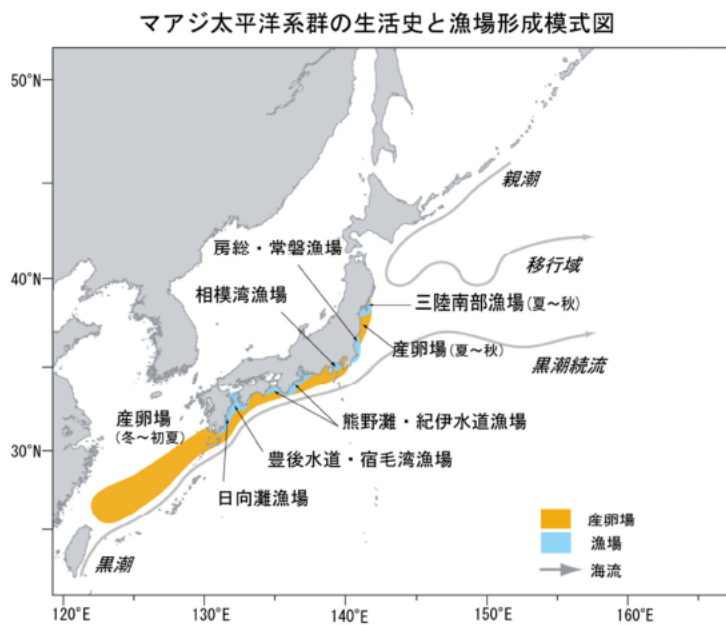


図2. 生活史と漁場形成模式図

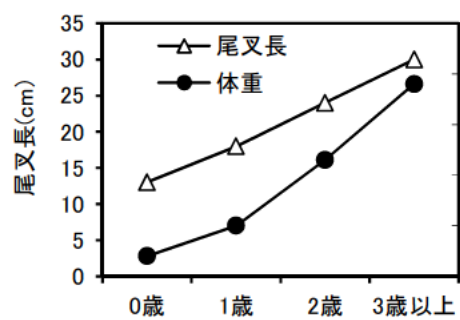


図3. 年齢と成長の関係

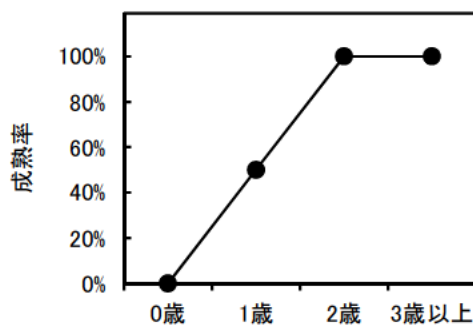


図4. 年齢と成熟率の関係

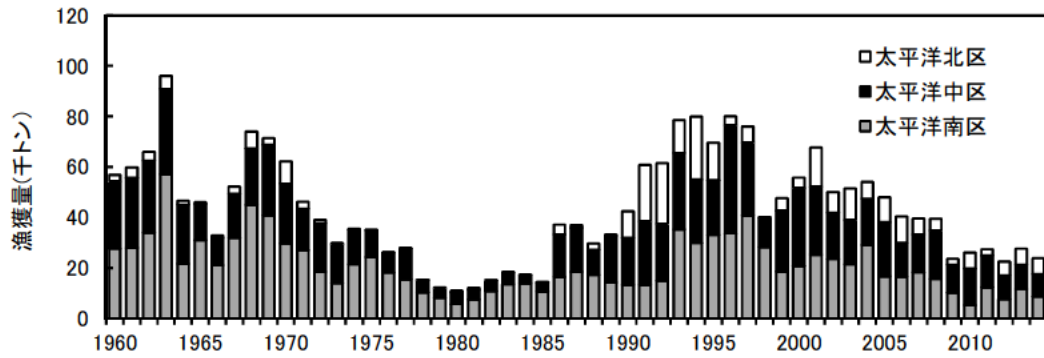


図5. 漁獲量の経年変化（漁業・養殖業生産統計年報）

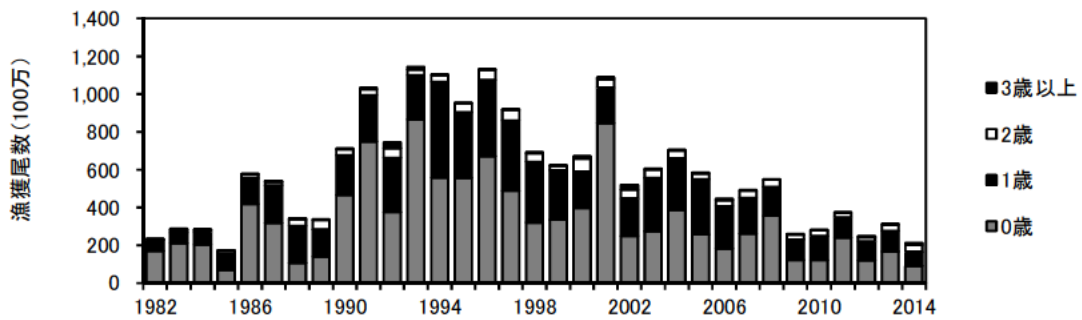


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

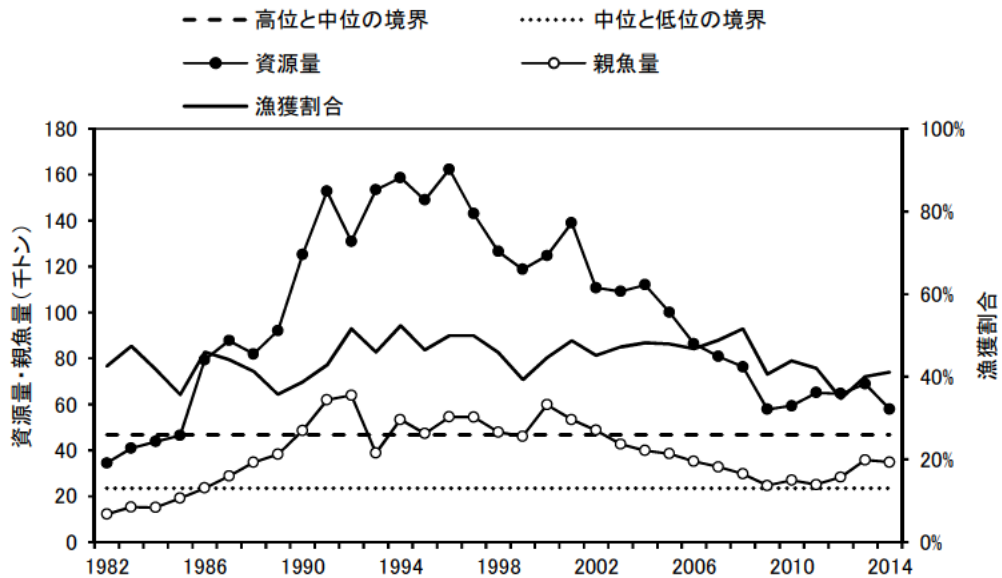


図7. 資源量、親魚量、漁獲割合の経年変化 水準判断の境界（親魚量を指標とする）を点線で記入。

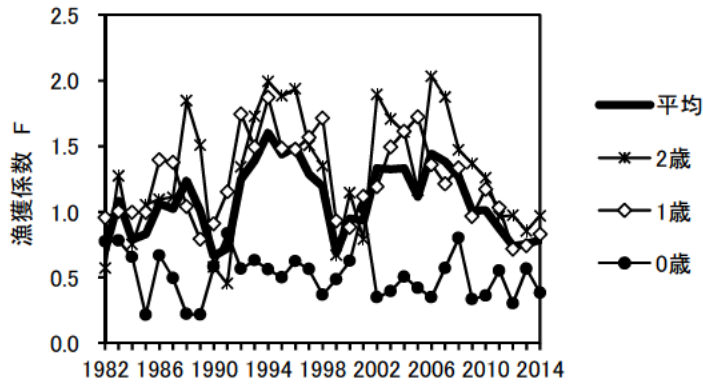


図8. 年齢別漁獲係数と各年齢の単純平均値 (Fbar) の経年変化

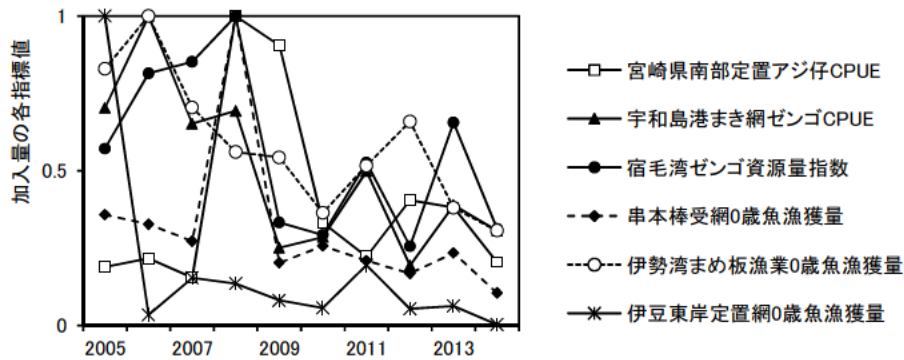


図9. 資源量指標値の経年変化 すべての指数は2005年～2014年の最大値に対する相対値で示した。

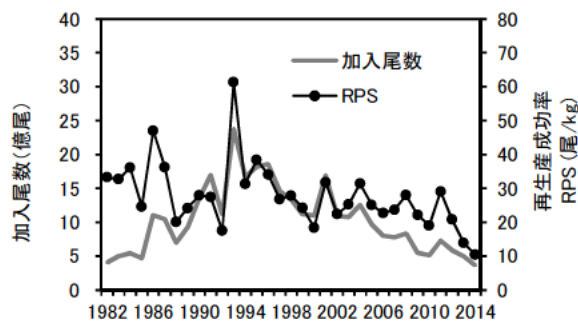


図10. 加入尾数と再生産成功率 (RPS) の経年変化

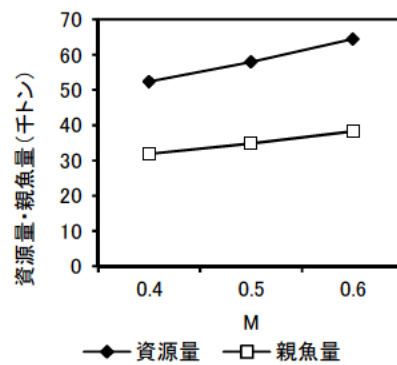


図11. 自然死亡係数を0.4並びに0.6とした場合の資源量・親魚量 本評価では0.5を用いた。

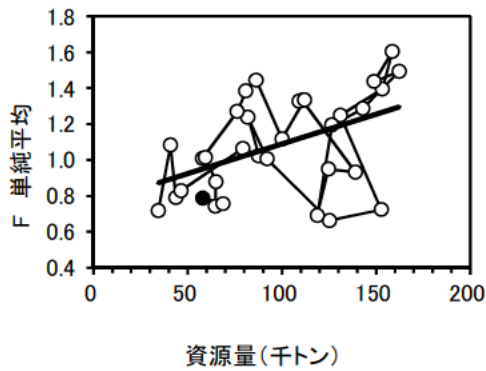


図12. 資源量と漁獲係数（各年齢のF値の単純平均）の関係 白丸は1982～2013年、黒丸は2014年。

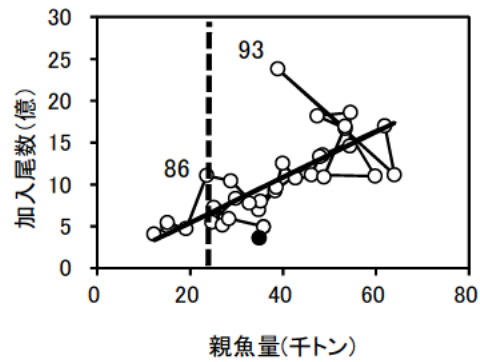


図13. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 白丸は1982～2013年、黒丸は2014年、破線はBlimitの親魚量（1986年親魚量）。実線は2004年～2013年のRPSmedと親魚量から予測される加入量。

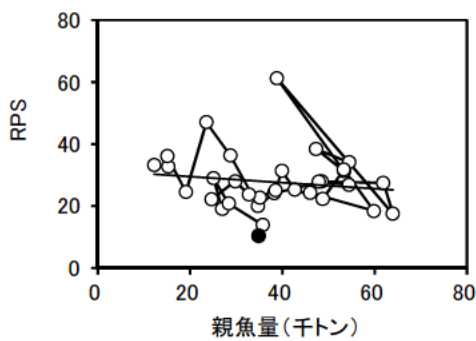


図14. 親魚量と再生産成功率（RPS=加入量／親魚量）の関係 白丸は1982～2013年、黒丸は2014年。

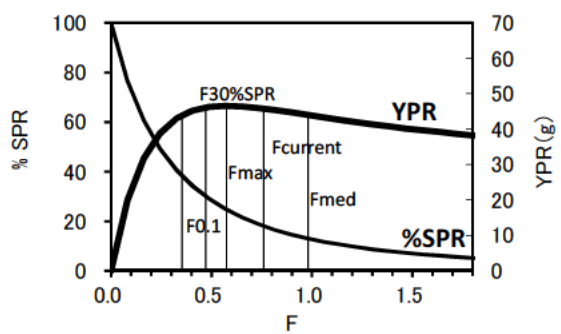


図15. 完全加入年齢における漁獲係数FとYPRおよび%SPRの関係

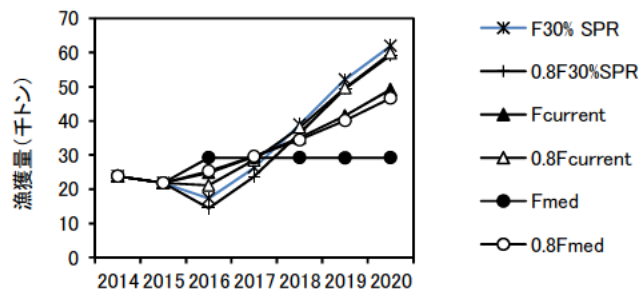
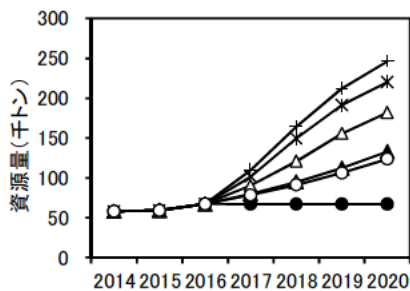
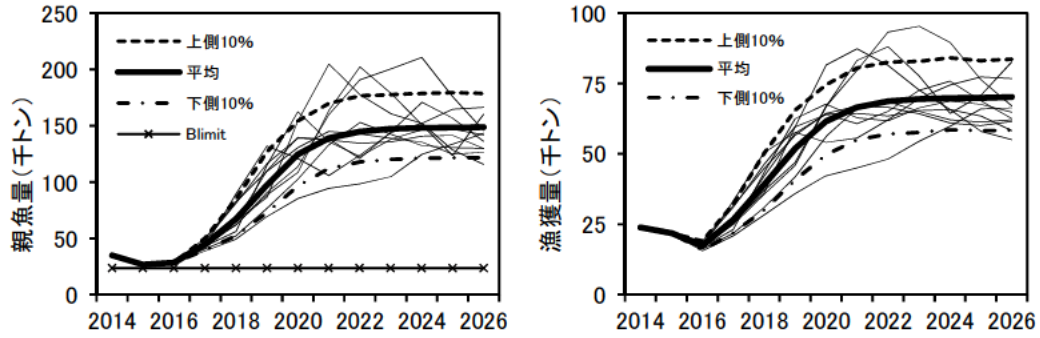
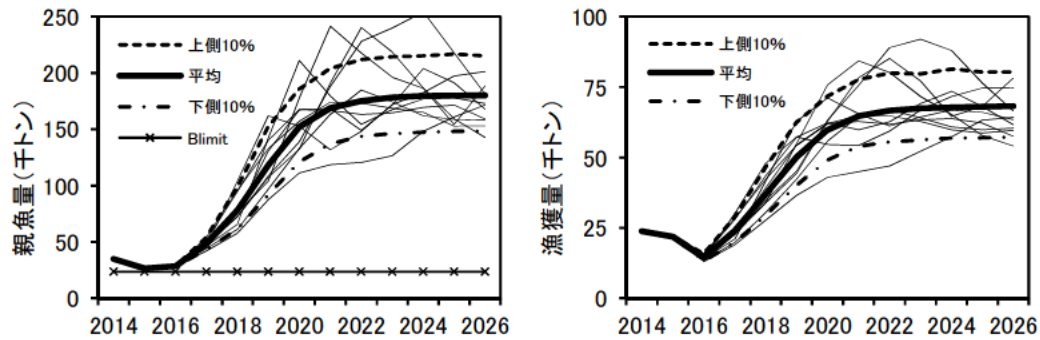


図16. さまざまなFによる資源量（左図）と漁獲量（右図）の将来予測

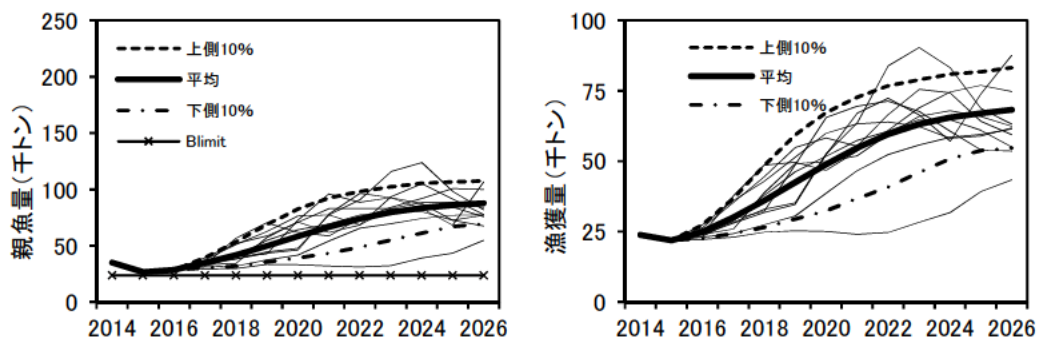
F30%SPR



0.8F30%SPR



Fcurrent



0.8Fcurrent

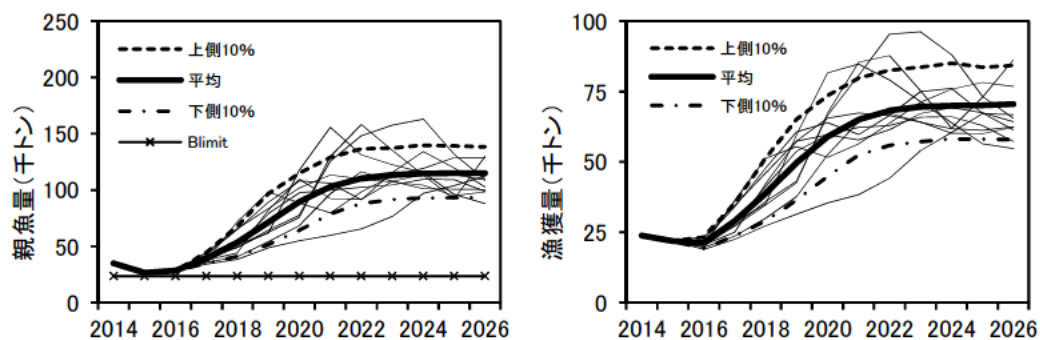
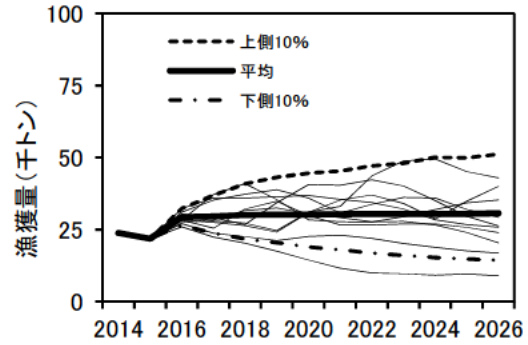
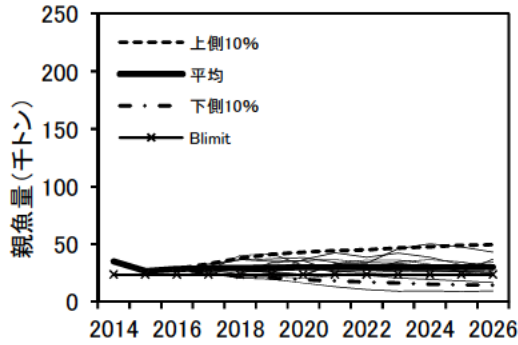


図17. 各漁獲シナリオでの、加入変動を考慮した1,000回のシミュレーションによる親魚量（左列）と漁獲量（右列）の将来予測
太い実線は平均値、破線は上下側10%（80%区間）、細い実線は1,000回中任意の10回の試行例。

Fmed



0.8Fmed

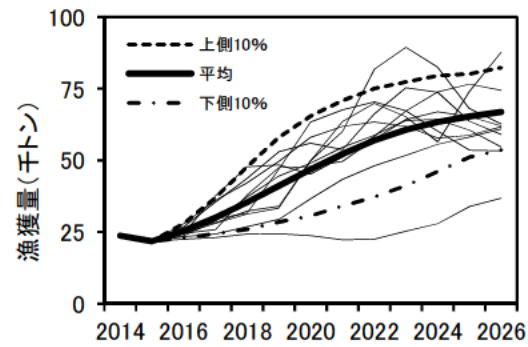
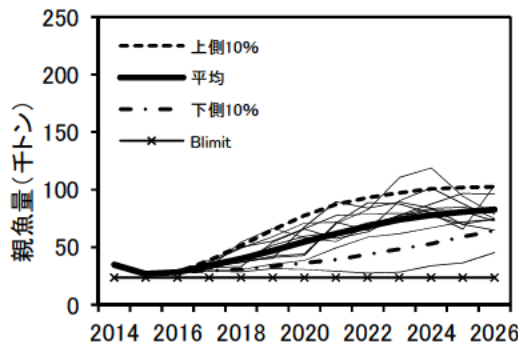


図17. 各漁獲シナリオでの、加入変動を考慮した1,000回のシミュレーションによる親魚量（左列）と漁獲量（右列）の将来予測
太い実線は平均値、破線は上下側10%（80%区間）、細い実線は1,000回中任意の10回の試行例（前ページからの続き）。

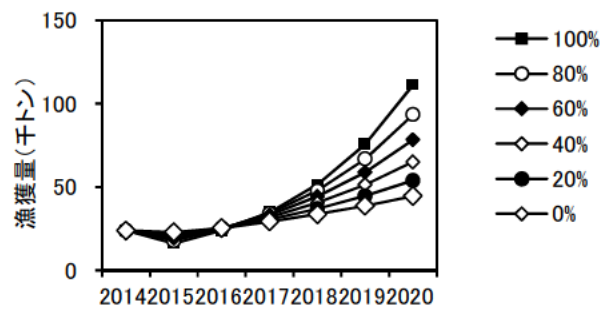
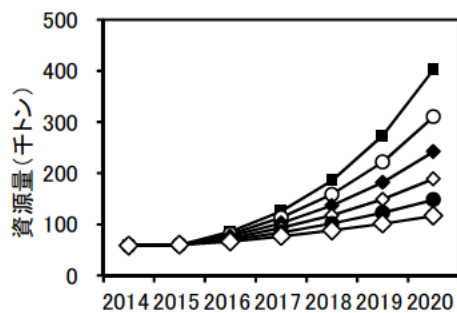


図18. 0歳魚Fの削減率と資源量（左図）および漁獲量（右図）の変化

表1. 漁獲量とコホート計算結果

年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産 成功率 (尾/kg)	F単純平均
1982	13	34	12	406	43	33.3	0.72
1983	18	41	15	499	47	32.7	1.08
1984	17	44	15	544	42	36.1	0.79
1985	14	46	19	470	36	24.6	0.83
1986	37	79	24	1,107	46	47.0	1.06
1987	37	88	29	1,043	44	36.3	1.02
1988	30	82	35	697	41	20.0	1.24
1989	33	92	38	924	36	24.2	1.01
1990	42	125	49	1,353	39	27.9	0.66
1991	61	153	62	1,699	43	27.4	0.72
1992	62	131	64	1,118	52	17.5	1.25
1993	79	153	39	2,381	46	61.3	1.39
1994	80	159	53	1,669	52	31.3	1.60
1995	70	149	47	1,818	46	38.4	1.44
1996	80	162	54	1,858	50	34.1	1.49
1997	76	143	54	1,459	50	26.8	1.29
1998	40	127	48	1,335	46	27.9	1.19
1999	48	119	46	1,117	39	24.2	0.69
2000	56	125	60	1,100	45	18.4	0.95
2001	68	139	53	1,694	49	31.7	0.93
2002	50	111	49	1,090	45	22.3	1.33
2003	51	109	43	1,078	47	25.3	1.33
2004	54	112	40	1,253	48	31.4	1.33
2005	48	100	39	966	48	25.1	1.12
2006	40	86	35	799	47	22.7	1.44
2007	40	81	33	776	49	23.7	1.38
2008	39	76	30	833	52	28.0	1.27
2009	24	58	25	547	41	22.2	1.01
2010	26	59	27	514	44	19.0	1.01
2011	27	65	25	728	42	29.0	0.88
2012	22	65	28	590	35	20.8	0.74
2013	28	69	36	497	40	13.9	0.76
2014	24	58	35	363	41	10.4	0.79

表2. コホート解析結果の詳細

年齢別漁獲尾数 (百万尾)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	170	211	204	70	420	317	108	140	466	750	375
1歳	57	56	68	84	135	200	194	144	210	244	287
2歳	7	16	10	16	20	18	35	50	32	31	51
3歳以上	1	5	3	5	4	5	6	4	4	10	32
計	236	287	285	175	579	541	342	338	712	1,035	746

年齢別漁獲量 (千トン)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	7	8	8	3	17	13	4	6	19	30	15
1歳	6	6	7	8	13	20	19	14	21	24	29
2歳	2	4	2	4	5	4	8	12	7	7	12
3歳以上	1	2	1	2	2	2	2	1	2	4	12
計	15	19	18	17	37	39	34	33	48	65	68

年齢別資源尾数 (百万尾)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	406	499	544	470	1,107	1,043	697	924	1,353	1,699	1,118
1歳	120	114	139	172	230	344	386	339	452	458	447
2歳	20	28	25	31	38	35	53	83	93	110	88
3歳以上	4	8	6	9	8	9	9	6	12	36	56
計	550	649	714	681	1,384	1,432	1,144	1,351	1,910	2,303	1,708

年齢別漁獲係数と漁獲割合

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	0.77	0.78	0.65	0.21	0.67	0.49	0.22	0.22	0.58	0.84	0.56
1歳	0.95	1.00	1.00	1.00	1.40	1.38	1.04	0.79	0.91	1.15	1.74
2歳	0.57	1.28	0.75	1.05	1.10	1.11	1.85	1.51	0.58	0.45	1.34
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
平均	0.72	1.08	0.79	0.83	1.06	1.02	1.24	1.01	0.66	0.72	1.25
漁獲割合	43%	47%	42%	36%	46%	44%	41%	36%	39%	43%	52%

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, 尾/kg)

年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
0歳	16.2	20.0	21.8	18.8	44.3	41.7	27.9	37.0	54.1	68.0	44.7
1歳	12.0	11.4	13.9	17.2	23.0	34.4	38.6	33.9	45.2	45.8	44.7
2歳	4.5	6.4	5.8	7.1	8.8	7.9	12.1	19.0	21.4	25.4	20.2
3歳以上	1.7	3.1	2.3	3.4	3.2	3.6	3.3	2.2	4.5	13.6	21.4
資源量	34.4	40.9	43.8	46.5	79.3	87.7	81.9	92.1	125.2	152.7	131.0
親魚量	12.2	15.3	15.1	19.1	23.5	28.8	34.8	38.2	48.5	61.9	64.0
RPS	33.3	32.7	36.1	24.6	47.0	36.3	20.0	24.2	27.9	27.4	17.5

* 年齢別平均体重は各年とも0歳魚40g、1歳魚100g、2歳魚230g、3歳魚以上380gとして計算した。1982～2000年については実際の平均体重との差を補正せずに漁獲尾数を算定しているため、漁獲尾数と上述の平均体重を掛けて得られる漁獲量の合計は表1に示した漁獲量に一致しない。

表2. コホート解析結果の詳細（続き）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	867	558	556	672	489	320	335	398	847	249	274
1歳	233	507	348	403	372	322	264	190	187	200	282
2歳	30	35	47	53	56	44	21	71	45	47	43
3歳以上	15	5	3	5	5	8	5	11	13	25	6
計	1,145	1,105	955	1,132	921	694	625	671	1,091	520	606

年齢別漁獲量（千トン）

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	35	22	22	27	20	13	13	16	34	10	11
1歳	23	51	35	40	37	32	26	19	19	20	28
2歳	7	8	11	12	13	10	5	16	10	11	10
3歳以上	6	2	1	2	2	3	2	4	5	9	2
計	70	83	69	81	71	58	47	56	68	50	51

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	2,381	1,669	1,818	1,858	1,459	1,335	1,117	1,100	1,694	1,090	1,078
1歳	385	769	578	670	603	504	560	417	357	368	467
2歳	47	52	72	80	93	76	55	134	105	71	68
3歳以上	23	8	5	7	8	13	14	22	30	37	10
計	2,837	2,498	2,473	2,614	2,163	1,929	1,747	1,673	2,186	1,566	1,622

年齢別漁獲係数と漁獲割合

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	0.63	0.56	0.50	0.62	0.56	0.37	0.49	0.63	1.03	0.35	0.40
1歳	1.49	1.87	1.48	1.48	1.57	1.71	0.93	0.88	1.12	1.19	1.49
2歳	1.73	1.99	1.88	1.94	1.51	1.35	0.67	1.14	0.79	1.89	1.71
3歳以上	1.73	1.99	1.88	1.94	1.51	1.35	0.67	1.14	0.79	1.89	1.71
平均	1.39	1.60	1.44	1.49	1.29	1.19	0.69	0.95	0.93	1.33	1.33
漁獲割合	46%	52%	46%	50%	50%	46%	39%	45%	49%	45%	47%

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，尾/kg）

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
0歳	95.2	66.8	72.7	74.3	58.4	53.4	44.7	44.0	67.8	43.6	43.1
1歳	38.5	76.9	57.8	67.0	60.3	50.4	56.0	41.7	35.7	36.8	46.7
2歳	10.9	12.1	16.5	18.3	21.3	17.6	12.7	30.8	24.1	16.3	15.6
3歳以上	8.7	2.9	1.9	2.7	2.9	5.1	5.4	8.2	11.4	14.1	3.7
資源量	153.4	158.6	149.0	162.3	142.9	126.5	118.8	124.7	139.0	110.8	109.1
親魚量	38.8	53.4	47.3	54.5	54.4	47.9	46.1	59.8	53.4	48.8	42.7
RPS	61.3	31.3	38.4	34.1	26.8	27.9	24.2	18.4	31.7	22.3	25.3

* 年齢別平均体重は各年とも0歳魚40g、1歳魚100g、2歳魚230g、3歳魚以上380gとして計算した。1982～2000年については実際の平均体重との差を補正せずに漁獲尾数を算定しているため、漁獲尾数と上述の平均体重を掛けて得られる漁獲量の合計は表1に示した漁獲量に一致しない。

表2. コホート解析結果の詳細（続き）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	387	257	183	263	357	121	121	240	120	167	90
1歳	274	293	223	187	153	109	128	109	101	108	75
2歳	40	29	34	40	37	25	29	22	23	34	37
3歳以上	5	5	8	3	4	5	4	5	6	6	11
計	706	584	448	492	550	261	283	375	250	315	213

年齢別漁獲量（千トン）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	15	10	7	11	14	5	5	10	5	7	4
1歳	27	29	22	19	15	11	13	11	10	11	8
2歳	9	7	8	9	9	6	7	5	5	8	8
3歳以上	2	2	3	1	1	2	2	2	2	2	4
計	54	48	40	40	39	24	26	27	22	28	24

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	1,253	966	799	776	833	547	514	728	590	497	363
1歳	440	459	385	342	266	227	238	217	254	264	171
2歳	64	53	50	60	62	42	52	45	47	75	76
3歳以上	9	9	12	5	6	9	8	10	13	14	23
計	1,765	1,486	1,245	1,182	1,166	826	812	1,000	904	851	634

年齢別漁獲係数と漁獲割合

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	0.50	0.42	0.35	0.57	0.80	0.33	0.36	0.55	0.30	0.57	0.38
1歳	1.61	1.72	1.36	1.21	1.34	0.97	1.17	1.03	0.72	0.74	0.83
2歳	1.61	1.16	2.03	1.87	1.47	1.37	1.26	0.97	0.97	0.86	0.97
3歳以上	1.61	1.16	2.03	1.87	1.47	1.37	1.26	0.97	0.97	0.86	0.97
平均	1.33	1.12	1.44	1.38	1.27	1.01	1.01	0.88	0.74	0.76	0.79
漁獲割合	48%	48%	47%	49%	52%	41%	44%	42%	35%	40%	41%

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，尾/kg）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
0歳	50.1	38.6	31.9	31.0	33.3	21.9	20.5	29.1	23.6	19.9	14.5
1歳	44.0	45.9	38.5	34.2	26.6	22.7	23.8	21.7	25.4	26.4	17.1
2歳	14.6	12.3	11.4	13.8	14.2	9.8	12.0	10.3	10.8	17.4	17.6
3歳以上	3.2	3.3	4.5	1.9	2.3	3.6	3.0	3.9	4.8	5.2	8.7
資源量	112.0	100.1	86.4	80.9	76.4	57.9	59.4	65.0	64.7	68.9	57.9
親魚量	39.9	38.5	35.2	32.7	29.8	24.7	27.0	25.1	28.4	35.8	34.8
RPS	31.4	25.1	22.7	23.7	28.0	22.2	19.0	29.0	20.8	13.9	10.4

* 年齢別平均体重は各年とも0歳魚40g、1歳魚100g、2歳魚230g、3歳魚以上380gとして計算した。

表3. 2015年以降の資源尾数等

F30%SPR

年齢別漁獲尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	90	164	116	183	262	262	262
1歳	75	62	72	90	142	204	204
2歳	37	21	15	32	40	63	90
3歳以上	11	11	6	7	13	18	27
計	213	259	209	312	457	547	583

年齢別漁獲量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	3.6	6.6	4.6	7.3	10.5	10.5	10.5
1歳	7.5	6.2	7.2	9.0	14.2	20.4	20.4
2歳	8.5	4.9	3.3	7.3	9.2	14.4	20.7
3歳以上	4.2	4.1	2.1	2.6	5.0	6.9	10.4
計	23.8	21.8	17.3	26.3	38.8	52.1	62.0

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	363	618	657	1,033	1,484	1,484	1,484
1歳	171	150	247	308	484	696	696
2歳	76	45	43	94	117	183	264
3歳以上	23	23	16	20	39	53	81
計	634	836	963	1,455	2,124	2,416	2,524

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.38	0.42	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
1歳	0.83	0.76	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
2歳	0.97	0.93	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
3歳以上	0.97	0.93	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
平均	0.79	0.76	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
漁獲割合(%)	41	37	26	26	26	27	28

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	14.5	24.7	26.3	41.3	59.4	59.4	59.4
1歳	17.1	15.0	24.7	30.8	48.4	69.6	69.6
2歳	17.6	10.4	9.8	21.5	26.8	42.2	60.6
3歳以上	8.7	8.7	6.2	7.6	14.7	20.1	30.6
計	57.9	58.8	66.9	101.3	149.3	191.3	220.2
親魚量	34.8	26.6	28.3	44.5	65.8	97.1	126.0

0.8F30%SPR

年齢別漁獲尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	90	164	95	163	215	215	215
1歳	75	62	60	79	136	179	179
2歳	37	21	12	30	39	66	88
3歳以上	11	11	5	6	14	20	33
計	213	259	173	278	403	481	515

年齢別漁獲量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	3.6	6.6	3.8	6.5	8.6	8.6	8.6
1歳	7.5	6.2	6.0	7.9	13.6	17.9	17.9
2歳	8.5	4.9	2.8	6.8	8.9	15.3	20.2
3歳以上	4.2	4.1	1.8	2.5	5.2	7.6	12.6
計	23.8	21.8	14.4	23.7	36.3	49.4	59.3

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	363	618	657	1,123	1,484	1,484	1,484
1歳	171	150	247	324	554	733	733
2歳	76	45	43	103	135	231	305
3歳以上	23	23	16	22	48	70	115
計	634	836	963	1,573	2,221	2,517	2,637

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.38	0.42	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
1歳	0.83	0.76	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
2歳	0.97	0.93	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
3歳以上	0.97	0.93	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
平均	0.79	0.76	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
漁獲割合(%)	41	37	22	22	22	23	24

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	14.5	24.7	26.3	44.9	59.4	59.4	59.4
1歳	17.1	15.0	24.7	32.4	55.4	73.3	73.3
2歳	17.6	10.4	9.8	23.6	31.0	53.1	70.1
3歳以上	8.7	8.7	6.2	8.5	18.2	26.6	43.7
計	57.9	58.8	66.9	109.5	164.0	212.2	246.4
親魚量	34.8	26.6	28.3	48.4	77.0	116.2	150.4

表3. 2015年以降の資源尾数等（続き）

Fcurrent

年齢別漁獲尾数(百万尾)							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	90	164	174	213	251	298	353
1歳	75	62	103	109	133	157	186
2歳	37	21	20	33	35	43	51
3歳以上	11	11	8	7	9	11	13
計	213	259	305	362	429	508	602

年齢別漁獲量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	3.6	6.6	7.0	8.5	10.0	11.9	14.1
1歳	7.5	6.2	10.3	10.9	13.3	15.7	18.6
2歳	8.5	4.9	4.6	7.6	8.1	9.9	11.6
3歳以上	4.2	4.1	2.9	2.5	3.6	4.0	4.9
計	23.8	21.8	24.8	29.5	35.0	41.5	49.2

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	363	618	657	802	945	1,121	1,330
1歳	171	150	247	263	321	378	448
2歳	76	45	43	70	74	91	107
3歳以上	23	23	16	14	20	23	27
計	634	836	963	1,148	1,360	1,613	1,912

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.38	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
1歳	0.83	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
2歳	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
3歳以上	0.97	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
平均	0.79	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
漁獲割合(%)	41	37	37	37	37	37	37

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	14.5	24.7	26.3	32.1	37.8	44.9	53.2
1歳	17.1	15.0	24.7	26.3	32.1	37.8	44.8
2歳	17.6	10.4	9.8	16.1	17.1	20.9	24.6
3歳以上	8.7	8.7	6.2	5.3	7.6	8.6	10.3
計	57.9	58.8	66.9	79.8	94.6	112.1	132.9
親魚量	34.8	26.6	28.3	34.6	40.7	48.3	57.3

0.8Fcurrent

年齢別漁獲尾数(百万尾)							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	90	164	145	202	268	328	328
1歳	75	62	88	101	141	187	229
2歳	37	21	17	33	39	54	71
3歳以上	11	11	7	7	12	14	20
計	213	259	257	344	459	583	648

年齢別漁獲量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	3.6	6.6	5.8	8.1	10.7	13.1	13.1
1歳	7.5	6.2	8.8	10.1	14.1	18.7	22.9
2歳	8.5	4.9	4.0	7.7	8.9	12.4	16.4
3歳以上	4.2	4.1	2.5	2.6	4.4	5.5	7.4
計	23.8	21.8	21.1	28.5	38.1	49.7	59.9

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	363	618	657	915	1,213	1,484	1,484
1歳	171	150	247	286	398	527	645
2歳	76	45	43	81	94	131	174
3歳以上	23	23	16	17	28	35	48
計	634	836	963	1,299	1,733	2,178	2,351

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.38	0.42	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
1歳	0.83	0.76	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
2歳	0.97	0.93	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
3歳以上	0.97	0.93	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
平均	0.79	0.76	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
漁獲割合(%)	41	37	32	32	32	32	33

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	14.5	24.7	26.3	36.6	48.5	59.4	59.4
1歳	17.1	15.0	24.7	28.6	39.8	52.7	64.5
2歳	17.6	10.4	9.8	18.7	21.7	30.2	40.0
3歳以上	8.7	8.7	6.2	6.4	10.7	13.4	18.2
計	57.9	58.8	66.9	90.3	120.7	155.6	182.0
親魚量	34.8	26.6	28.3	39.4	52.3	69.9	90.4

表3. 2015年以降の資源尾数等（続き）

Fmed

年齢別漁獲尾数(百万尾)							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	90	164	213	215	215	215	215
1歳	75	62	120	113	115	115	115
2歳	37	21	23	31	29	29	29
3歳以上	11	11	9	6	7	6	6
計	213	259	365	365	365	365	365

年齢別漁獲量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	3.6	6.6	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6
1歳	7.5	6.2	12.0	11.3	11.5	11.5	11.5
2歳	8.5	4.9	5.3	7.0	6.6	6.7	6.7
3歳以上	4.2	4.1	3.4	2.2	2.5	2.5	2.5
計	23.8	21.8	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	363	618	657	664	663	664	664
1歳	171	150	247	233	236	235	235
2歳	76	45	43	56	53	54	53
3歳以上	23	23	16	11	12	12	12
計	634	836	963	964	964	964	964

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.38	0.42	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
1歳	0.83	0.76	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
2歳	0.97	0.93	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
3歳以上	0.97	0.93	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
平均	0.79	0.76	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
漁獲割合(%)	41	37	44	44	44	44	44

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	14.5	24.7	26.3	26.6	26.5	26.5	26.5
1歳	17.1	15.0	24.7	23.3	23.6	23.5	23.5
2歳	17.6	10.4	9.8	12.9	12.2	12.3	12.3
3歳以上	8.7	8.7	6.2	4.1	4.6	4.5	4.5
計	57.9	58.8	66.9	66.9	66.9	66.9	66.9
親魚量	34.8	26.6	28.3	28.6	28.6	28.6	28.6

0.8Fmed

年齢別漁獲尾数(百万尾)							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	90	164	179	214	248	288	336
1歳	75	62	105	110	131	152	177
2歳	37	21	20	33	35	41	48
3歳以上	11	11	8	7	9	10	12
計	213	259	312	363	423	492	573

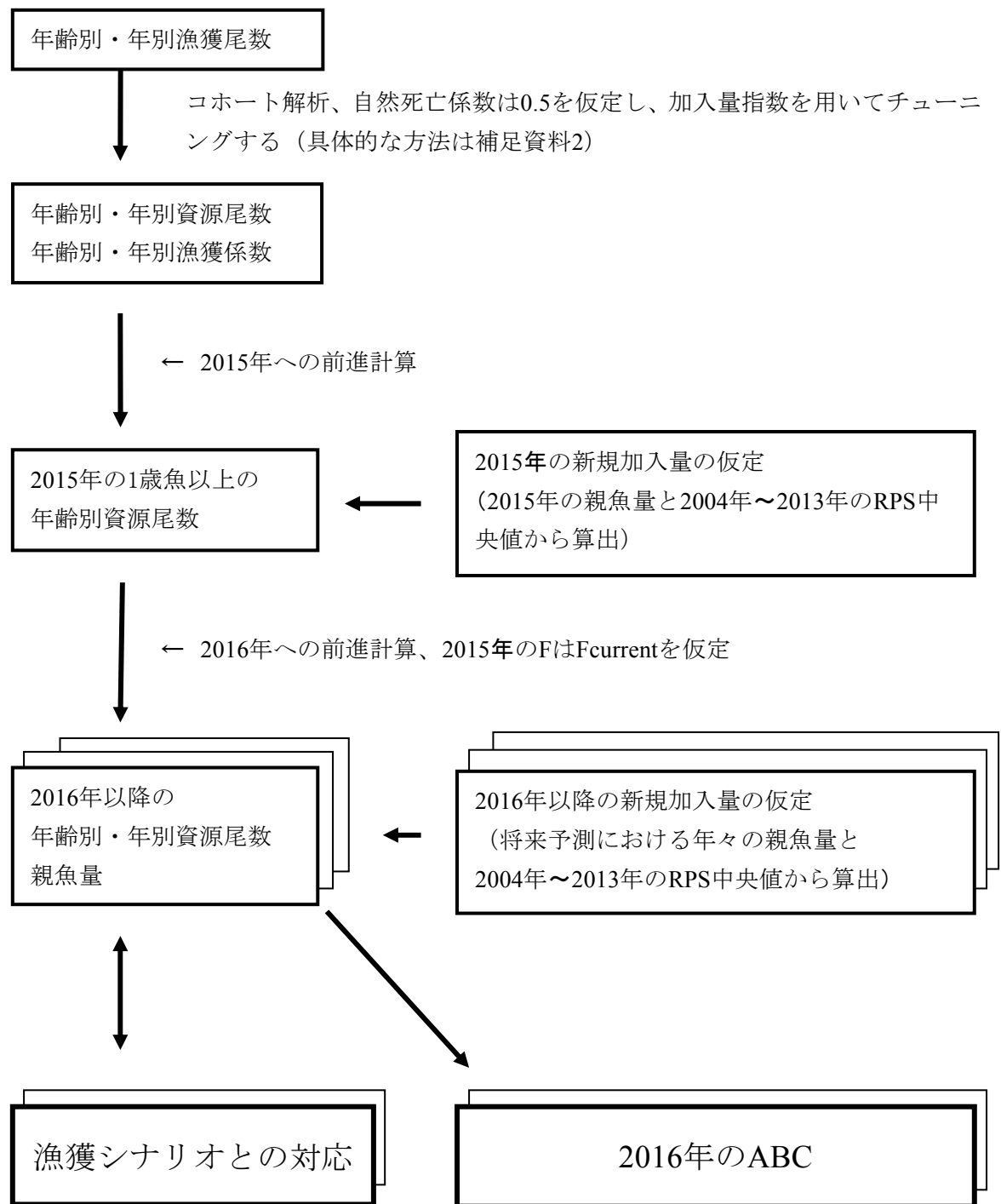
年齢別漁獲量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	3.6	6.6	7.1	8.5	9.9	11.5	13.4
1歳	7.5	6.2	10.5	11.0	13.1	15.2	17.7
2歳	8.5	4.9	4.7	7.6	7.9	9.5	11.0
3歳以上	4.2	4.1	3.0	2.5	3.5	3.8	4.5
計	23.8	21.8	25.3	29.6	34.5	40.1	46.7

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	363	618	657	786	910	1,060	1,235
1歳	171	150	247	259	310	359	419
2歳	76	45	43	68	72	86	99
3歳以上	23	23	16	14	19	21	25
計	634	836	963	1,127	1,311	1,527	1,777

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.38	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
1歳	0.83	0.76	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
2歳	0.97	0.93	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
3歳以上	0.97	0.93	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
平均	0.79	0.76	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
漁獲割合(%)	41	37	38	38	38	38	38

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	14.5	24.7	26.3	31.4	36.4	42.4	49.4
1歳	17.1	15.0	24.7	25.9	31.0	35.9	41.9
2歳	17.6	10.4	9.8	15.7	16.5	19.7	22.9
3歳以上	8.7	8.7	6.2	5.2	7.2	8.0	9.4
計	57.9	58.8	66.9	78.3	91.2	106.1	123.5
親魚量	34.8	26.6	28.3	33.9	39.2	45.7	53.2

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料2 資源量計算方法

太平洋側の各都県試験研究機関が調査した太平洋側各都県主要港の水揚げ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6）。なお、年齢分解困難な3歳以上は一括して取り扱った。

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。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は図3、図4および表2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（表2）。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、田中（1960）に従い $M=2.5$ ／寿命（寿命5歳）より0.5とした。

1) ステップ1

(1) 式により年齢別年別資源尾数を計算した。

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

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）式～（4）式によった。

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

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

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

漁獲係数 F は、最近年の F （ターミナル F ）以外は（5）式によった。

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

ここで $F_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲係数である。

最近年（2014年）のFは前年度評価まで過去3年の平均に等しいとしてきたが、本年度は過去5年の平均に等しいとした。本系群の0歳魚の漁獲尾数と選択率の近年の関係をみると、漁獲尾数が多い年に選択率が高く、漁獲尾数が少ない年には選択率が低くなる傾向がみられた（補足図2-1）。2014年のFを過去3年（2011～2013年）平均とすると、2014年の0歳魚の選択率は0.51となり、漁獲尾数が多かった2008、2011年と同等になるが、過去5年（2009～2013年）平均とすると2014年の0歳魚選択率が0.39となり、漁獲尾数の少なかった2012年の水準に近くなる。2014年の0歳魚の漁獲尾数が少なかったことを勘案し、本年度はターミナル年のFを過去5年（2009～2013年）平均とした（（6）式）。

$$F_{a,2014} = \frac{1}{5} \sum_{y=2009}^{2013} F_{a,y} \quad (6)$$

プラスグループのFはすべての年について最高齢-1歳のFと等しいとした（平松 1999、（7）式）。

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

ここで得られた最近年（2014年）のFから、選択率（2014年の年齢別Fの最大値で各年齢のFを除した値）を計算し、これをステップ2で用いる選択率の初期値とした。

2) ステップ2

ステップ1で求めた選択率の下で、補足表2-1に示した各指標値を用いて最近年最高齢のFをチューニングした。チューニング期間は2005～2014年とした。しかし、2005年および2014年の伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量の値は、チューニング期間中の他の年から大きく外れており（2005年は2006年の29倍、2014年は2013年の1/25）、これらの指標から得られる加入量の予測値とVPAによる加入量推定値の残差が大きい（補足図2-2）。この値を含めてチューニングを行うと、近年の加入量は低く推定され、漁獲割合が60%と非常に高く現実的でない結果になるなど、資源推定結果に対する影響が大きいことから、伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量に限りチューニング期間を2006年～2013年とした。

補足表2-1に示した2005年以降の各指標値（伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量のみ2006年～2013年）をチューニング指数として用い、それぞれの指数について（8）式のように目的関数をおいた。

$$\sum_{y=t}^x (\ln(I_y) - \ln(qN_y))^2 \quad (8)$$

ここでtはチューニング期間の最初の年、xはチューニング期間の最後の年、 I_y はy年の加入量指数、 N_y はy年の0歳魚資源尾数である。

qは比例係数であり、（9）式によって計算した。

$$\hat{q} = \exp \left(\frac{1}{n} \ln \left(\sum_{y=t}^x \frac{I_y}{N_y} \right) \right) \quad (9)$$

ここで t はチューニング期間の最初の年、 n はチューニング期間の年数である。

これら6つの指数の目的関数の合計を最小化するような最近年の年齢別最大 F を探索的に推定した。

3) 将来予測

F_{current} は過去3年（2012年～2014年）の F の平均値とし、2015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} の選択率を用いた。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（（10）式）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (10)$$

将来予測における加入量はRPSと親魚量の積とし、RPSには2004年～2013年のRPS中央値23.2尾/kgを仮定した。将来予測における親魚量が過去最高の64千トンを超える場合、加入量を計算する際の親魚量は64千トンで一定とした。

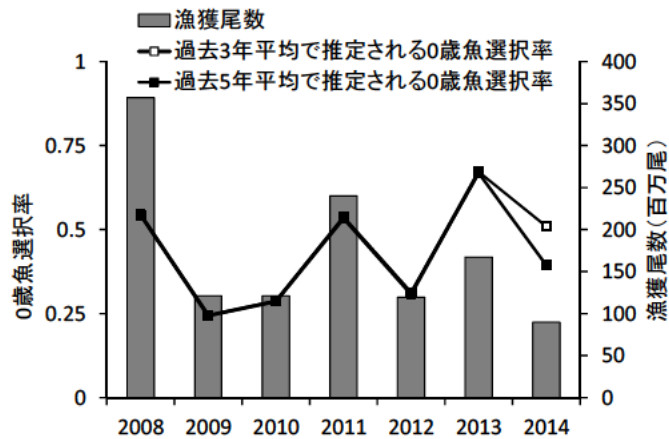
漁獲尾数は（11）式によった。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y}) \right) \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (11)$$

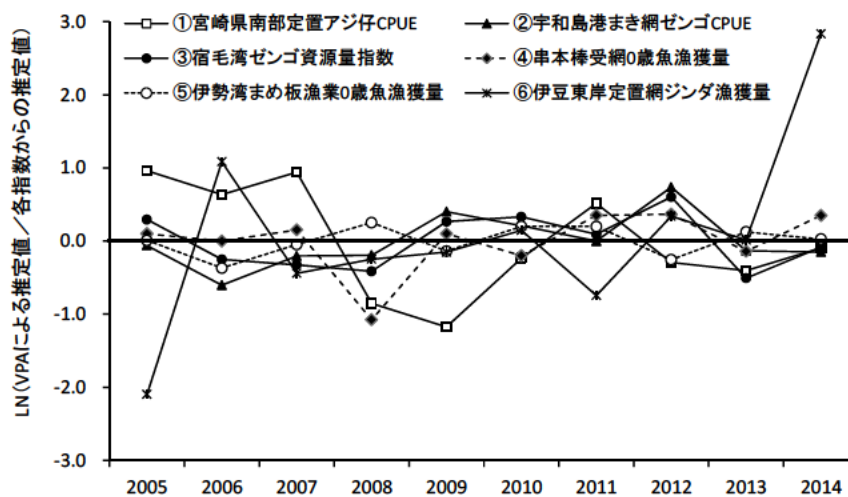
以上のすべての計算はMS-Excelおよび統計言語RのパッケージRVPA（市野川・岡村2014）を用いて行った。

引用文献

- 市野川桃子・岡村寛(2014) VPAを用いた我が国水産資源評価の統計言語Rによる統一的検討. 水産海洋研究, 78, 1-10.
- 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.
- 中山洋輔・平松一彦(2010) TAC対象種の資源評価に用いられるVPAの信頼性の検討. 日水誌, 76, 1043-1047.
- 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.
- 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.



補足図2-1. 2008～2014年の漁獲尾数、ステップ1においてターミナル年Fの設定を変えたときの2014年選択率の変化



補足図2-2. 各指標値から予測される加入量とVPAで推定された加入量の残差（対数の差）
2005年、2014年の伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量から得られた予測値は大きく外れたため、当指標値に限り2005、2014年の数値をチューニングから除外した。

補足表2-1. 加入量指数の計算に用いた各指標値

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
①宮崎県南部定置アジ仔CPUE	8.5	9.8	7.0	45.2	40.9	15.0	10.1	18.3	17.2	9.2
②宇和島港まき網ゼンゴCPUE	4.5	6.5	4.2	4.5	1.6	1.8	3.2	1.2	2.5	1.9
③宿毛湾ゼンゴ資源量指数	76.0	108.4	113.4	133.1	44.3	39.0	70.0	34.1	87.3	40.7
④串本棒受網0歳魚漁獲量	9.2	8.4	7.0	25.7	5.2	6.6	5.4	4.3	6.0	2.7
⑤伊勢湾まめ板漁業0歳魚漁獲量	32.8	39.5	27.9	22.2	21.5	14.4	20.4	26.1	15.0	12.1
⑥伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量*	100.3	3.4	15.4	13.6	8.1	5.7	19.5	5.4	6.3	0.3

*伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量の2005年、2014年はチューニングから除外した。