

平成26（2014）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、川端 淳、上村泰洋、赤嶺達郎、亘 真吾、水戸啓一）

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16万トンと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推定された。2013年の資源量は61千トンである。親魚量は29千トンでBlimit（1986年の親魚量24千トン）を上回っているため資源水準は中位で、最近5年間（2009～2013年）の資源量の推移から動向は横ばいと判断された。2015年のABCは親魚量をBlimit以上に維持することを目標とし、2003年以降の再生産成功率（RPS＝加入尾数／親魚量）を参考に、目標を達成できるF値による漁獲量を算定した。

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		2015年 ABC
			5年後	5年 平均	2013年 親魚量 を維持 (5年後)	Blimitを 維持 (5年後)	
親魚量の増大 (F20%SPR)*	0.75 (0.80 F _{current})	36%	33.1 千トン ～ 69.2 千トン	35.5 千 トン	99%	100%	22.6 千 トン
親魚量の増大 の予防的措置 (0.8F20%SPR)*	0.60 (0.64 F _{current})	31%	45.4 千トン ～ 76.4 千トン	38.9 千 トン	100%	100%	19.2 千 トン
現状の漁獲圧 の維持 (F _{current})*	0.93 (1.00 F _{current})	42%	21.0 千トン ～ 49.4 千トン	29.5 千 トン	57%	82%	26.2 千 トン
現状の漁獲圧 の維持の予防 的措置 (0.8F _{current})*	0.75 (0.80 F _{current})	36%	33.0 千トン ～ 69.1 千トン	35.5 千 トン	99%	100%	22.6 千 トン
親魚量の維持 (F _{med})*	1.01 (1.08 F _{current})	44%	17.3 千トン ～ 41.3 千トン	27.4 千 トン	29%	51%	27.4 千 トン
親魚量の維持 の予防的措置 (0.8F _{med})*	0.81 (0.86 F _{current})	38%	28.6 千トン ～ 64.2 千トン	33.5 千 トン	96%	100%	23.8 千 トン
・本系群のABC算定については規則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。中期的管理方針に対応する漁獲シナリオには*を付した。 ・「親魚量の維持」シナリオでの2013年親魚量を維持する確率は50%未満となったが、これは中長期的に安定する親魚量水準が2013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2013年親魚量（29千トン）より低い26千トンで安定する。							

F_{current}は2011～2013年のFの平均値。F値は各年齢の単純平均値。漁獲割合は2015年の漁獲量／資源量。将来漁獲量の幅は80%区間。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。

年	資源量（千トン）	漁獲量（千トン）	F値	漁獲割合
2012	57	22	0.86	39%
2013	61	28	1.02	45%
2014	59			

F値（漁獲係数）は各年齢の単純平均値。2014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。
2013年	親魚量	1986年水準以上（29千トン）	

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(16)県） 生物情報収集調査（水研セ、宮崎～青森(16)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は有効と考えられる。

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、太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年～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。2013年の漁獲量は28千トンであった。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）に基づいて、コホート解析により年齢別資源尾数（表1）、資源量（図7）、漁獲係数F（図8）を計算した（補足資料1、2）。本年度は2012年について漁獲量に修正があったことから2012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2005～2013年としたが、静岡県伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量のみ2006年以降とした（補足資料2）。自然死亡係数Mは、寿命（本資源では5歳前後）との関係についての田内・田中の式（田中 1960）から0.5とした。

（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月～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。2013年は①および⑤は前年を下回ったが、その他の指数は前年より増加している（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。2013年は2歳魚の漁獲尾数が比較的高かった（表1）。

(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162千トンを経点として減少した（図7）。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。2013年の資源量は61千トンと推定された。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年～2000年まで50千トン前後で推移した後、2001年～2010年にかけて減少し、2011年以降は横ばいで推移した。2013年は29千トンであった。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）。2013年の加入量は5.6億尾であった。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ている。近年では2010年および2012年に20尾/kg以下の低い値が見られており、2013年のRPSも19.4尾/kgと低い水準であった（図10）。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。

各年齢を単純平均した漁獲係数 F ($\bar{F}$) は0.66～1.60で推移した。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た（図8）。2013年の $\bar{F}$ (F の全年齢平均値) は1.02と推定された（図12）。資源量と F の間には弱い正の関係がみられる（図12）。

(5) 資源の水準・動向

2013年の推定資源量は61千トン、親魚量は29千トンであった。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。この基準に従い2013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（2009～2013年）の資源量の推移から横ばいと判断した。

(6) 再生産関係

親魚量と加入量に正の相関関係が認められ（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は多いが、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。

(7) 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。2013年の親魚量は29千トンと推定され、 B_{limit} を上回った。

(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（RPSmed）と親魚量の積とするとし、近年のRPSmedには最近年を除く10年間（2003～2012年）のRPSmed（24.4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）。

（9）生物学的管理基準と現状の漁獲圧の関係

Fmedは1.01（各年齢の単純平均）、現状での漁獲係数（Fcurrent、2011～2013年の平均、Fave3-yr）は0.93であり、Fmed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、FcurrentはF0.1、および加入量当たり漁獲量を最大化する漁獲係数（Fmax）よりも大きく、漁獲係数の削減はYPR管理の観点から望ましい。

5. 2015年のABCの算定

（1）資源評価のまとめ

本系群の2013年の資源量は61千トン、親魚量は29千トンでBlimit（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（Fcurrent）は親魚量を維持する漁獲係数（Fmed）より低い。

（2）漁獲シナリオに対応した2015年ABC並びに推定漁獲量の算定

ABCの算定にあたっては、2013年親魚量がBlimitを上回ったことから、平成26年度ABC算定のための基本規則1 - 1) - (1)を用い親魚量を安定的に維持することを目標とし、①親魚量の増大：F20％SPR、②現状の漁獲圧の維持：Fcurrent、③親魚量の維持：Fmedの3つの漁獲シナリオで2015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。Fmed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であり、FcurrentおよびF20％SPRはFmedより低い。このため親魚量が増加し、Blimit以上の水準を維持することが期待でき、これら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、2014年および2015年以降の1歳魚以上はそれぞれ2013年および2014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2003～2012年のRPSmed（24.4尾/kg）に親魚量を乗じて求めた。2014年の漁獲係数は2011～2013年の漁獲係数の平均（Fcurrent、Fave3-yr）とした。FmedおよびFcurrentの下での2013～2019年の漁獲量と資源量の将来予測について、図16に示した（表2に将来予測の詳細を掲載）。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量(千トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
親魚量の増大	F20%SPR (F=0.75)	27.6	24.8	22.6	27.8	34.1	41.9	51.4
上記の予防的措置	0.8F20%SPR (F=0.60)	27.6	24.8	19.2	26.8	36.9	49.9	61.7
現状の漁獲圧の維持	Fcurrent (F=0.93)	27.6	24.8	26.2	27.7	29.4	31.1	33.0
上記の予防的措置	0.8Fcurrent (F=0.75)	27.6	24.8	22.6	27.8	34.1	41.8	51.2
親魚量の維持	Fmed (F=1.01)	27.6	24.8	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4
上記の予防的措置	0.8Fmed (F=0.81)	27.6	24.8	23.8	27.9	32.7	38.2	44.7
漁獲シナリオ	管理基準	資源量(千トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
親魚量の増大	F20%SPR (F=0.75)	61.1	58.8	61.9	76.4	93.8	115.0	141.1
上記の予防的措置	0.8F20%SPR (F=0.60)	61.1	58.8	61.9	86.4	119.1	159.0	189.9
現状の漁獲圧の維持	Fcurrent (F=0.93)	61.1	58.8	61.9	65.7	69.6	73.7	78.1
上記の予防的措置	0.8Fcurrent (F=0.75)	61.1	58.8	61.9	76.3	93.5	114.6	140.4
親魚量の維持	Fmed (F=1.01)	61.1	58.8	61.9	61.9	61.9	61.9	61.9
上記の予防的措置	0.8Fmed (F=0.81)	61.1	58.8	61.9	72.7	85.0	99.4	116.3

(3) 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（2020年当初）親魚量がBlimitを維持する確率、2013年親魚量を維持する確率の2点で評価した（下表）。将来の加入量は、データの得られる全期間（1982～2012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（2003～2012年のRPSmed 24.4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26千トンに維持され、Blimitを維持する確率は51%であった。FcurrentおよびF20% SPRでは漁獲量・親魚量とも増加し、Blimitの維持確率はそれぞれ82%、100%であった。

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		2015年 ABC
			5年後	5年 平均	2013年親 魚量を維 持 (5年後)	Blimitを 維持 (5年後)	
親魚量の増大 (F20%SPR)*	0.75 (0.80 F _{current})	36%	33.1 千トン ～ 69.2 千トン	35.5 千ト ン	99%	100%	22.6千 トン
親魚量の増大 の予防的措置 (0.8F20%SPR)*	0.60 (0.64 F _{current})	31%	45.4 千トン ～ 76.4 千トン	38.9 千ト ン	100%	100%	19.2 千 トン
現状の漁獲圧 の維持 (F _{current})*	0.93 (1.00 F _{current})	42%	21.0 千トン ～ 49.4 千トン	29.5 千ト ン	57%	82%	26.2 千 トン
現状の漁獲圧 の維持の予防 的措置 (0.8F _{current})*	0.75 (0.80 F _{current})	36%	33.0 千トン ～ 69.1 千トン	35.5 千ト ン	99%	100%	22.6 千 トン
親魚量の維持 (F _{med})*	1.01 (1.08 F _{current})	44%	17.3 千トン ～ 41.3 千トン	27.4 千ト ン	29%	51%	27.4 千 トン
親魚量の維持 の予防的措置 (0.8F _{med})*	0.81 (0.86 F _{current})	38%	28.6 千トン ～ 64.2 千トン	33.5 千ト ン	96%	100%	23.8千 トン

本系群の ABC 算定については規則 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ると考えられる。中期的管理方針に対応する漁獲シナリオには*を付した。
- ・「親魚量の維持」シナリオでの 2013 年親魚量を維持する確率は 50%未満となったが、これは中長期的に安定する親魚量水準が 2013 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 2013 年親魚量（29 千トン）より低い 26 千トンで安定する。

F_{current}は2011～2013年のFの平均値。F値は各年齢の単純平均値。漁獲割合は2015年の漁獲量／資源量。将来漁獲量の幅は80%区間。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。

(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
2012年漁獲量確定値、2013年漁獲量暫定値 2013年月別体長組成	2012年～2013年年齢別漁獲尾数 水準・動向判断
宇和島港まき網ゼンゴCPUE	資源尾数、資源量、親魚量 水準・動向判断

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)
2013年(当初)	Frec	0.95	48	20	18	
2013年(2013年再評価)	Frec	0.93	44	19	16	
2013年(2014年再評価)	F20%SP R Fcurrent Fmed	0.75 0.93 1.01	61	23 27 28	20 23 24	28
2014年(当初)	Frec2	0.93	43	18	16	
2014年(2014年再評価)	F20%SP R Fcurrent Fmed	0.75 0.93 1.01	59	21 25 26	18 21 23	
本年の評価で2011、2012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、F20%SPR、FcurrentおよびFmedについての再評価を示した。2013年漁獲量は実績値。						

本年再評価によって2013年、2014年ともに資源量が上方修正されたことにより、両年のABCは上方修正された。2013年は千葉県以北の海域で1歳魚以上が多く漁獲されており、前年評価における1歳魚以上の見積もりは明らかに過少であった。このために2013年0歳魚も過少に見積もられた。2013年において資源尾数が上方修正されたことにより、2010～2012年0歳魚の加入尾数、資源量・親魚量も遡って上方修正された。

6. ABC以外の管理方策への提言

現状のF（Fcurrent）はYPR管理の観点から明らかに過大である。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.

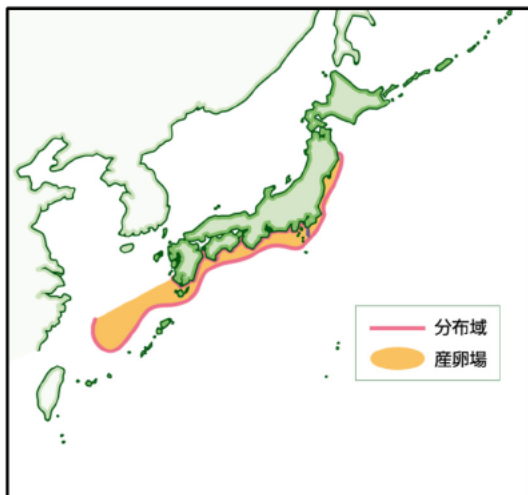


図1. マアジ太平洋系群の分布・回遊図

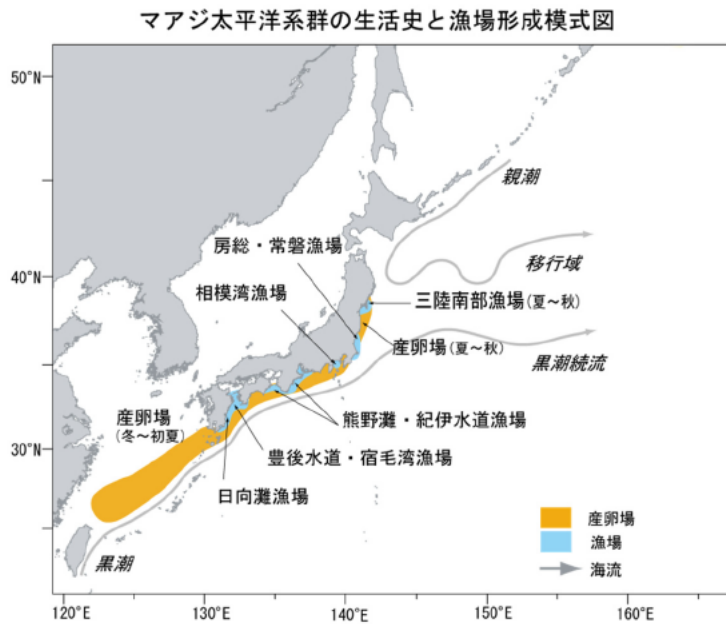


図2. 生活史と漁場形成模式図

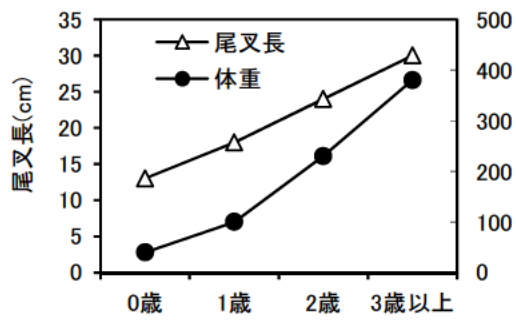


図3. 年齢と成長の関係

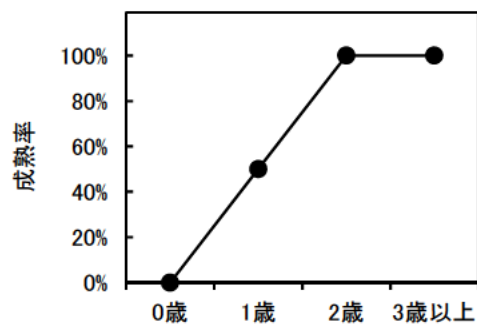


図4. 年齢と成熟率の関係

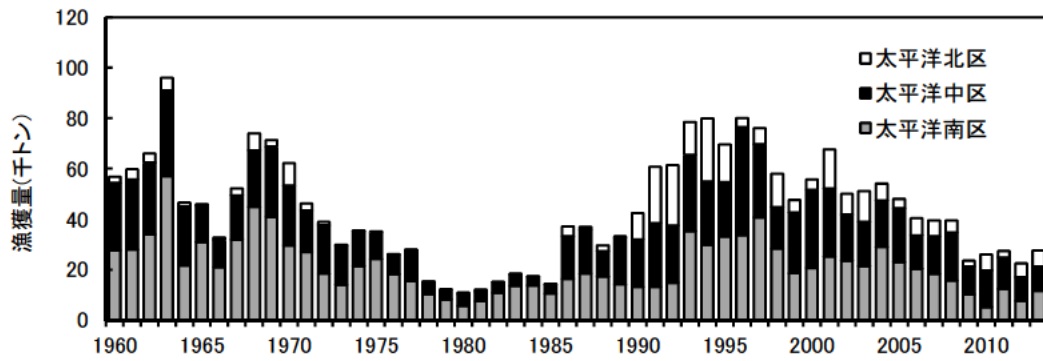


図5. 漁獲量の経年変化（漁業・養殖業生産統計年報）

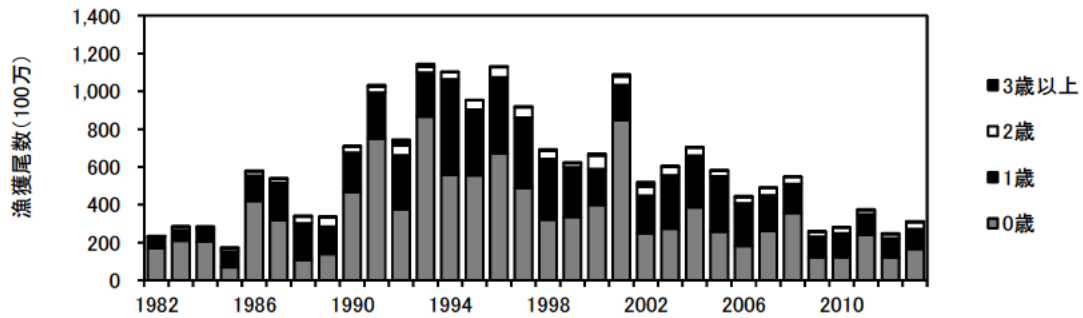


図6. 年齢別漁獲尾数の経年変化

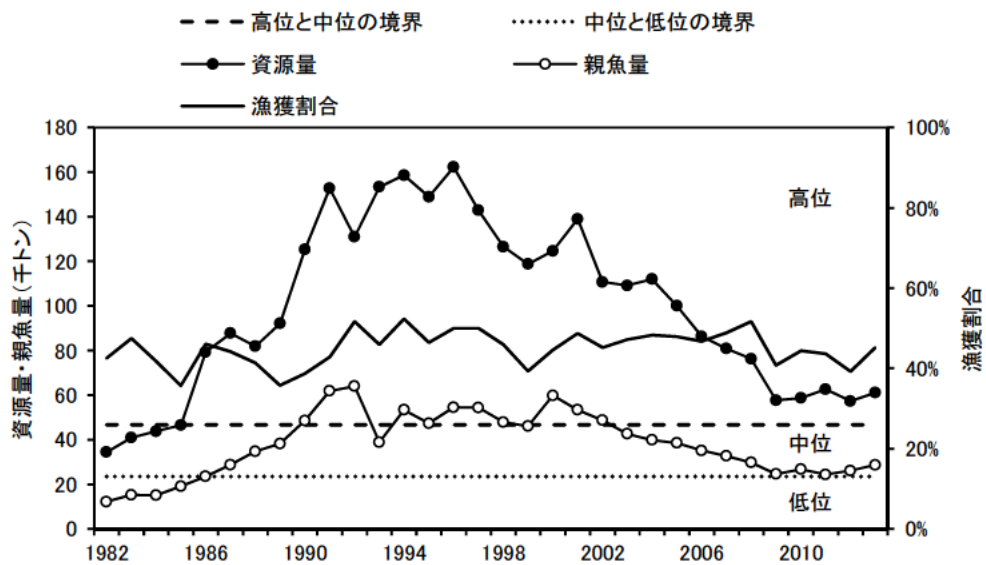


図7. 資源量、親魚量、漁獲割合の経年変化 水準判断の境界（親魚量を指標とする）を点線で記入。

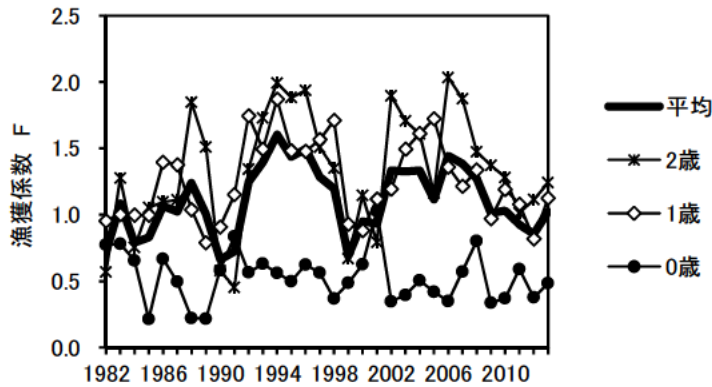


図8. 年齢別漁獲係数と各年齢の単純平均値 (Fbar) の経年変化

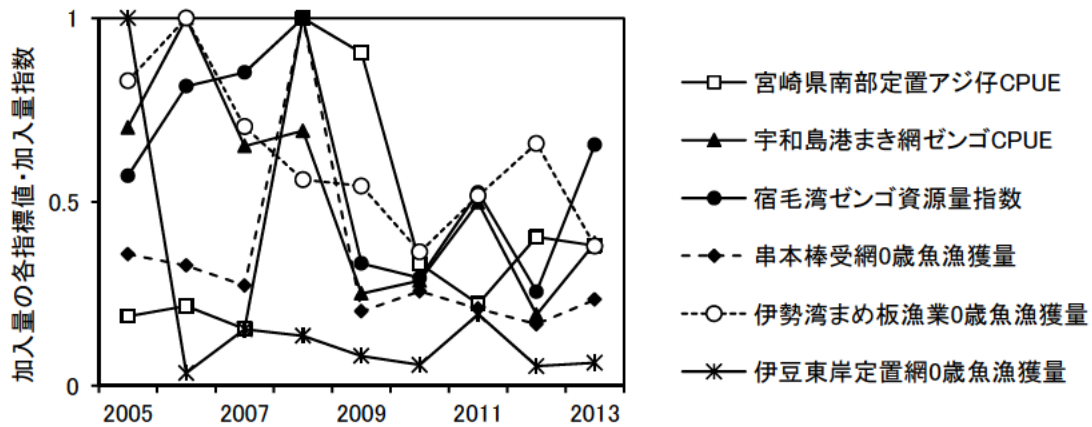


図9. 資源量指標値の経年変化 すべての指数は2005～2013年の最大値に対する相対値で示した。

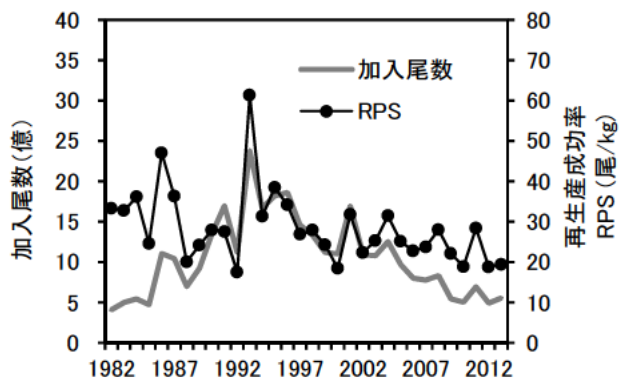


図10. 加入尾数と再生産成功率 (RPS) の経年変化

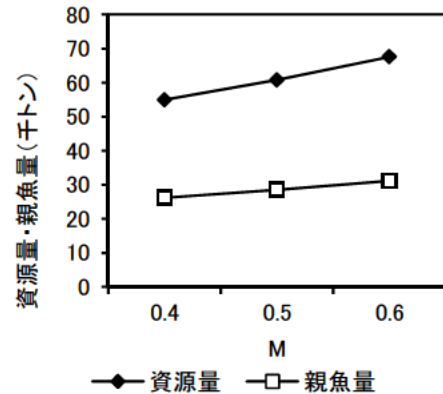


図11. 自然死亡係数を0.4並びに0.6とした場合の資源量・親魚量 本評価では0.5を用いた。

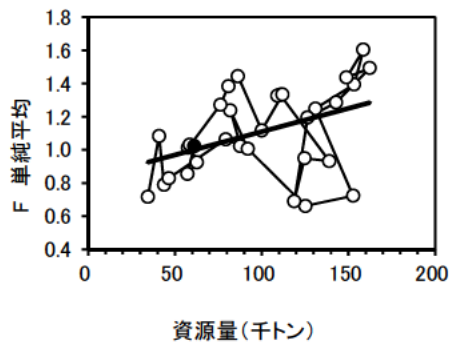


図12. 資源量と漁獲係数（各年齢のF値の単純平均）の関係 黒丸は2013年。

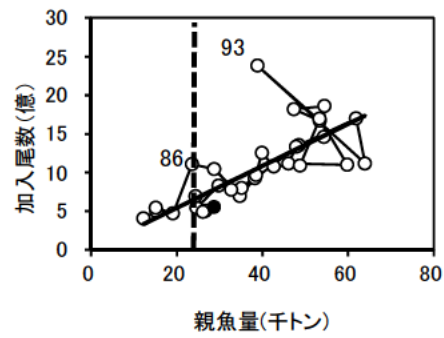


図13. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 黒丸は2013年、破線はBlimitの親魚量（1986年親魚量）。実線は2003～2012年のRPSmedと親魚量から予測される加入量

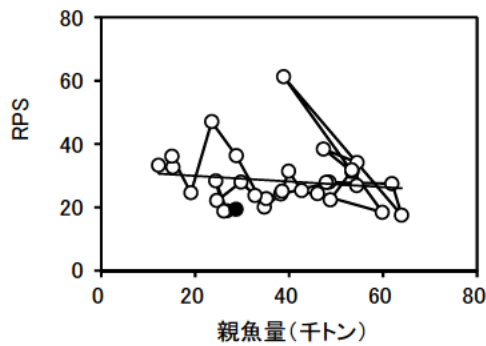


図14. 親魚量と再生産成功率（RPS=加入量／親魚量、対数）の関係 黒丸は2013年。

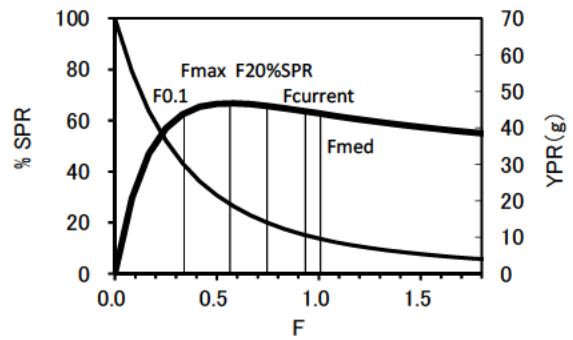


図15. 完全加入年齢における漁獲係数FとYPRおよび%SPRの関係

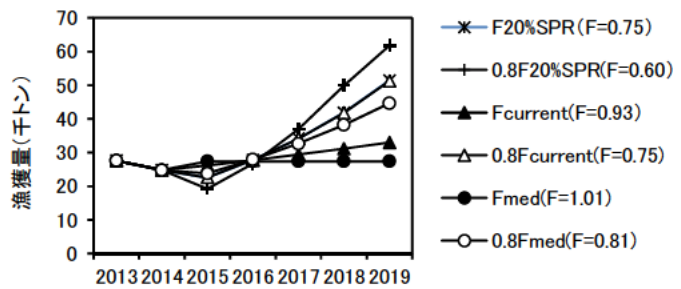
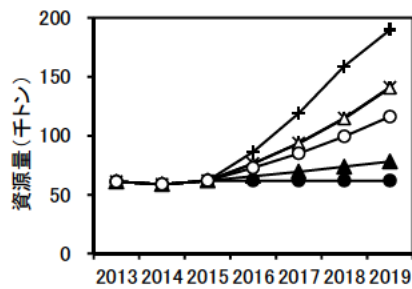
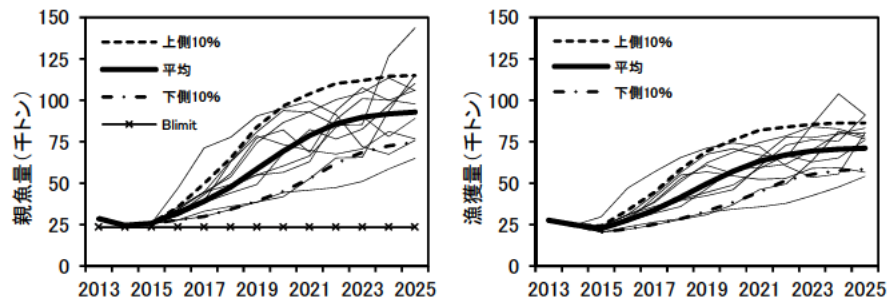
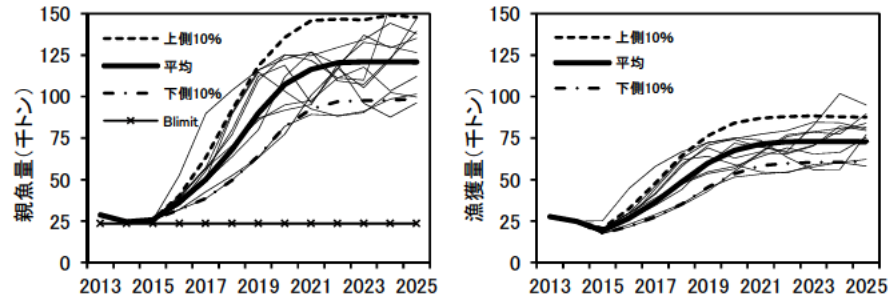


図16. さまざまなFによる資源量（左図）と漁獲量（右図）の将来予測

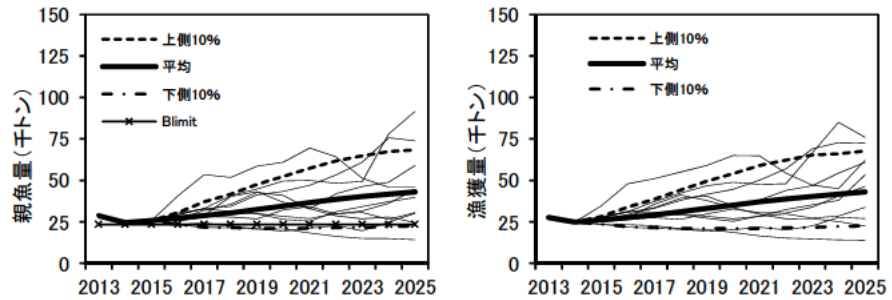
F20%SPR



0.8F20%SPR



Fcurrent



0.8Fcurrent

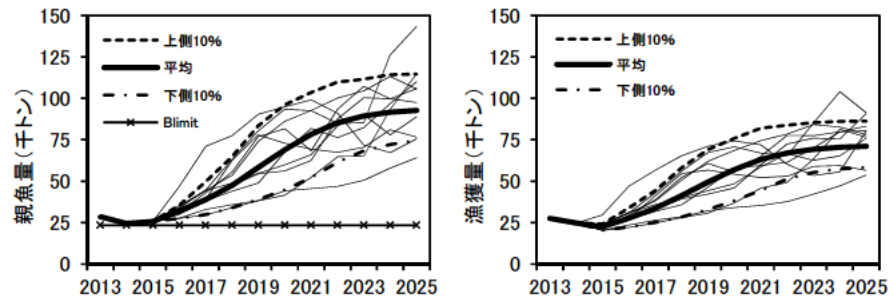
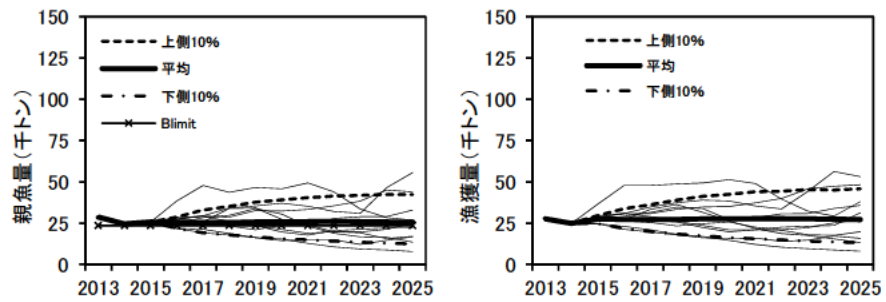


図17. 各漁獲シナリオでの、加入変動を考慮した1,000回のシミュレーションによる親魚量（左列）と漁獲量（右列）の将来予測 平均値、上下側10%（80%区間）に加え、細い実線で任意の10回の試行例を示した。

Fmed



0.8Fmed

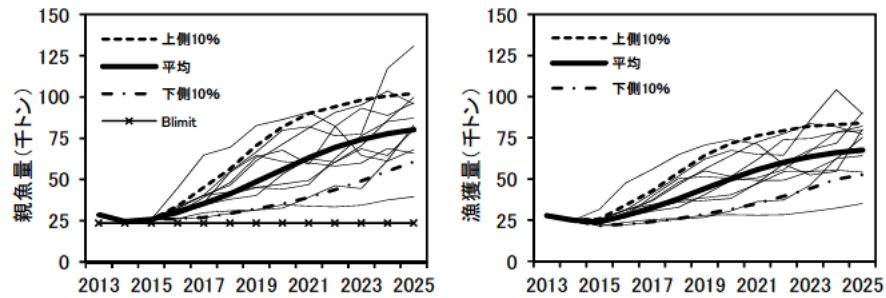


図17. 各漁獲シナリオでの、加入変動を考慮した1,000回のシミュレーションによる親魚量（左列）と漁獲量（右列）の将来予測 平均値、上下側10%（80%区間）に加え、細い実線で任意の10回の試行例を示した(前ページからの続き)。

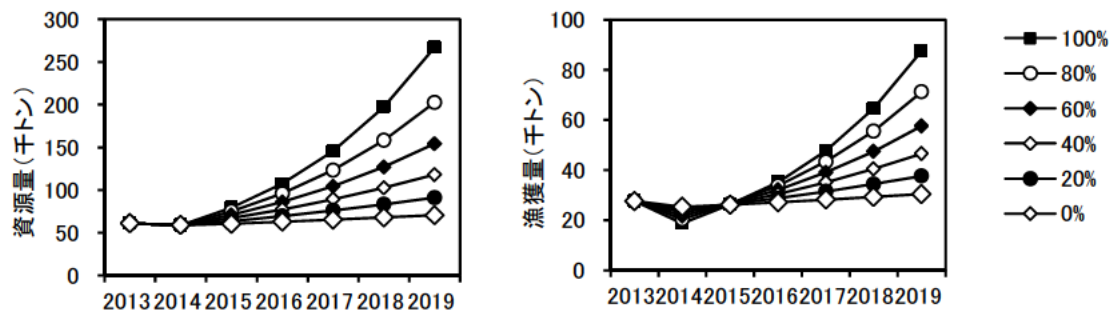


図18. 0歳魚Fの削減率と資源量（左図）および漁獲量（右図）の変化

表1. 年齢別漁獲量、資源量、親魚量等

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図5に示した漁獲量に一致しない。

表1. 年齢別漁獲量、資源量、親魚量等(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図5に示した漁獲量に一致しない。

表1. 年齢別漁獲量、資源量、親魚量等（続き）

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	387	257	183	263	357	121	121	240	120	166
1歳	274	293	223	187	153	109	128	109	101	107
2歳	40	29	34	40	37	25	29	22	23	34
3歳以上	5	5	8	3	4	5	4	5	6	6
計	706	584	448	492	550	261	283	375	250	314

年齢別漁獲量（千トン）

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

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	1,253	966	799	775	831	544	504	692	490	555
1歳	440	459	385	342	266	226	235	211	232	204
2歳	64	53	50	60	62	42	52	43	44	62
3歳以上	9	9	12	5	6	9	8	10	12	11
計	1,765	1,486	1,245	1,182	1,165	822	800	956	778	833

年齢別漁獲係数と漁獲割合

年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
0歳	0.50	0.42	0.35	0.57	0.80	0.34	0.37	0.59	0.38	0.48
1歳	1.61	1.72	1.36	1.21	1.34	0.97	1.19	1.08	0.82	1.13
2歳	1.61	1.16	2.03	1.87	1.47	1.37	1.28	1.01	1.11	1.24
3歳以上	1.61	1.16	2.03	1.87	1.47	1.37	1.28	1.01	1.11	1.24
平均	1.33	1.12	1.44	1.38	1.27	1.01	1.03	0.92	0.86	1.02
漁獲割合	48%	48%	47%	49%	52%	41%	44%	44%	39%	45%

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
0歳	50.1	38.6	31.9	31.0	33.3	21.8	20.2	27.7	19.6	22.2
1歳	44.0	45.9	38.5	34.2	26.6	22.6	23.5	21.1	23.2	20.4
2歳	14.6	12.3	11.4	13.8	14.2	9.7	12.0	10.0	10.0	14.3
3歳以上	3.2	3.3	4.5	1.9	2.3	3.6	3.0	3.8	4.5	4.2
資源量	112.0	100.1	86.4	80.8	76.3	57.7	58.7	62.6	57.3	61.1
親魚量	39.9	38.5	35.2	32.7	29.7	24.6	26.8	24.4	26.1	28.7
RPS	31.4	25.1	22.7	23.7	28.0	22.1	18.9	28.4	18.8	19.4

* 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2. ABC算定等に用いた各漁獲シナリオに基づく2013～2019年の年齢別漁獲量、資源量、親魚量等

F20%SPR

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	166	178	156	195	239	293	360
1歳	107	103	96	111	139	170	209
2歳	34	21	21	28	32	40	49
3歳以上	6	7	5	6	9	10	13
計	314	309	278	341	419	514	630

年齢別漁獲量（千トン）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	6.6	7.1	6.3	7.8	9.6	11.7	14.4
1歳	10.7	10.3	9.6	11.1	13.9	17.0	20.9
2歳	7.9	4.8	4.9	6.4	7.4	9.3	11.3
3歳以上	2.3	2.6	1.8	2.4	3.2	3.8	4.8
計	27.6	24.8	22.6	27.8	34.1	41.9	51.4

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	555	597	627	784	958	1,176	1,442
1歳	204	208	223	258	323	395	485
2歳	62	40	46	61	70	88	107
3歳以上	11	13	10	14	18	22	27
計	833	858	907	1,117	1,369	1,680	2,061

年齢別漁獲係数と漁獲割合

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.48	0.48	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
1歳	1.13	1.01	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
2歳	1.24	1.12	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
3歳以上	1.24	1.12	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
平均	1.02	0.93	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
漁獲割合	45	42	36	36	36	36	36

年齢別資源量と親魚量（千トン）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	22.2	23.9	25.1	31.4	38.3	47.0	57.7
1歳	20.4	20.8	22.3	25.8	32.3	39.5	48.5
2歳	14.3	9.2	10.6	13.9	16.1	20.2	24.6
3歳以上	4.2	4.9	4.0	5.3	7.0	8.3	10.3
計	61.1	58.8	61.9	76.4	93.8	115.0	141.1
親魚量	28.7	24.5	25.7	32.2	39.3	48.2	59.2

0.8F20%SPR

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	166	178	130	185	253	323	323
1歳	107	103	83	103	147	202	257
2歳	34	21	18	28	35	51	69
3歳以上	6	7	4	7	10	14	19
計	314	309	235	323	446	588	668

年齢別漁獲量（千トン）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	6.6	7.1	5.2	7.4	10.1	12.9	12.9
1歳	10.7	10.3	8.3	10.3	14.7	20.2	25.7
2歳	7.9	4.8	4.2	6.5	8.1	11.6	15.9
3歳以上	2.3	2.6	1.6	2.5	3.9	5.2	7.2
計	27.6	24.8	19.2	26.8	36.9	49.9	61.7

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	555	597	627	894	1,225	1,559	1,559
1歳	204	208	223	279	398	546	695
2歳	62	40	46	71	89	127	174
3歳以上	11	13	10	17	26	34	48
計	833	858	907	1,261	1,738	2,266	2,475

年齢別漁獲係数と漁獲割合

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.48	0.48	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
1歳	1.13	1.01	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
2歳	1.24	1.12	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
3歳以上	1.24	1.12	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
平均	1.02	0.93	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
漁獲割合	45	42	31	31	31	31	33

年齢別資源量と親魚量（千トン）

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	22.2	23.9	25.1	35.8	49.0	62.4	62.4
1歳	20.4	20.8	22.3	27.9	39.8	54.6	69.5
2歳	14.3	9.2	10.6	16.4	20.5	29.2	40.0
3歳以上	4.2	4.9	4.0	6.4	9.9	12.9	18.1
計	61.1	58.8	61.9	86.4	119.1	159.0	189.9
親魚量	28.7	24.5	25.7	36.7	50.2	69.4	92.8

表2. ABC算定等に用いた各漁獲シナリオに基づく2013～2019年の年齢別漁獲量、資源量、親魚量等（続き）

Fcurrent

年齢別漁獲尾数（百万尾）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	166	178	187	199	211	223	236
1歳	107	103	110	116	123	130	138
2歳	34	21	24	26	27	29	31
3歳以上	6	7	5	6	6	7	7
計	314	309	327	347	367	389	412

年齢別漁獲量（千トン）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	6.6	7.1	7.5	8.0	8.4	8.9	9.5
1歳	10.7	10.3	11.0	11.6	12.3	13.0	13.8
2歳	7.9	4.8	5.6	6.0	6.3	6.7	7.1
3歳以上	2.3	2.6	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7
計	27.6	24.8	26.2	27.7	29.4	31.1	33.0

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	555	597	627	666	705	747	792
1歳	204	208	223	234	249	264	280
2歳	62	40	46	49	52	55	58
3歳以上	11	13	10	11	12	13	13
計	833	858	907	961	1,018	1,079	1,143

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
1歳	1.13	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
2歳	1.24	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
3歳以上	1.24	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
平均	1.02	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
漁獲割合	45	42	42	42	42	42	42

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	22.2	23.9	25.1	26.6	28.2	29.9	31.7
1歳	20.4	20.8	22.3	23.4	24.9	26.4	28.0
2歳	14.3	9.2	10.6	11.4	11.9	12.7	13.4
3歳以上	4.2	4.9	4.0	4.2	4.5	4.8	5.1
計	61.1	58.8	61.9	65.7	69.6	73.7	78.1
親魚量	28.7	24.5	25.7	27.3	28.9	30.7	32.5

0.8Fcurrent

年齢別漁獲尾数（百万尾）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	166	178	157	196	239	293	359
1歳	107	103	96	111	139	170	208
2歳	34	21	21	28	32	40	49
3歳以上	6	7	5	6	8	10	12
計	314	309	279	341	418	513	628

年齢別漁獲量（千トン）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	6.6	7.1	6.3	7.8	9.5	11.7	14.3
1歳	10.7	10.3	9.6	11.1	13.9	17.0	20.8
2歳	7.9	4.8	4.9	6.4	7.4	9.3	11.3
3歳以上	2.3	2.6	1.8	2.4	3.2	3.8	4.7
計	27.6	24.8	22.6	27.8	34.1	41.8	51.2

年齢別資源尾数（百万尾）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	555	597	627	783	955	1,171	1,436
1歳	204	208	223	258	323	394	483
2歳	62	40	46	60	70	87	107
3歳以上	11	13	10	14	18	22	27
計	833	858	907	1,116	1,366	1,674	2,052

年齢別漁獲係数と漁獲割合							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.48	0.48	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
1歳	1.13	1.01	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
2歳	1.24	1.12	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
3歳以上	1.24	1.12	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
平均	1.02	0.93	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
漁獲割合	45	42	36	36	36	36	36

年齢別資源量と親魚量（千トン）							
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	22.2	23.9	25.1	31.3	38.2	46.9	57.4
1歳	20.4	20.8	22.3	25.8	32.3	39.4	48.3
2歳	14.3	9.2	10.6	13.9	16.1	20.1	24.5
3歳以上	4.2	4.9	4.0	5.3	7.0	8.3	10.2
計	61.1	58.8	61.9	76.3	93.5	114.6	140.4
親魚量	28.7	24.5	25.7	32.1	39.2	48.1	58.9

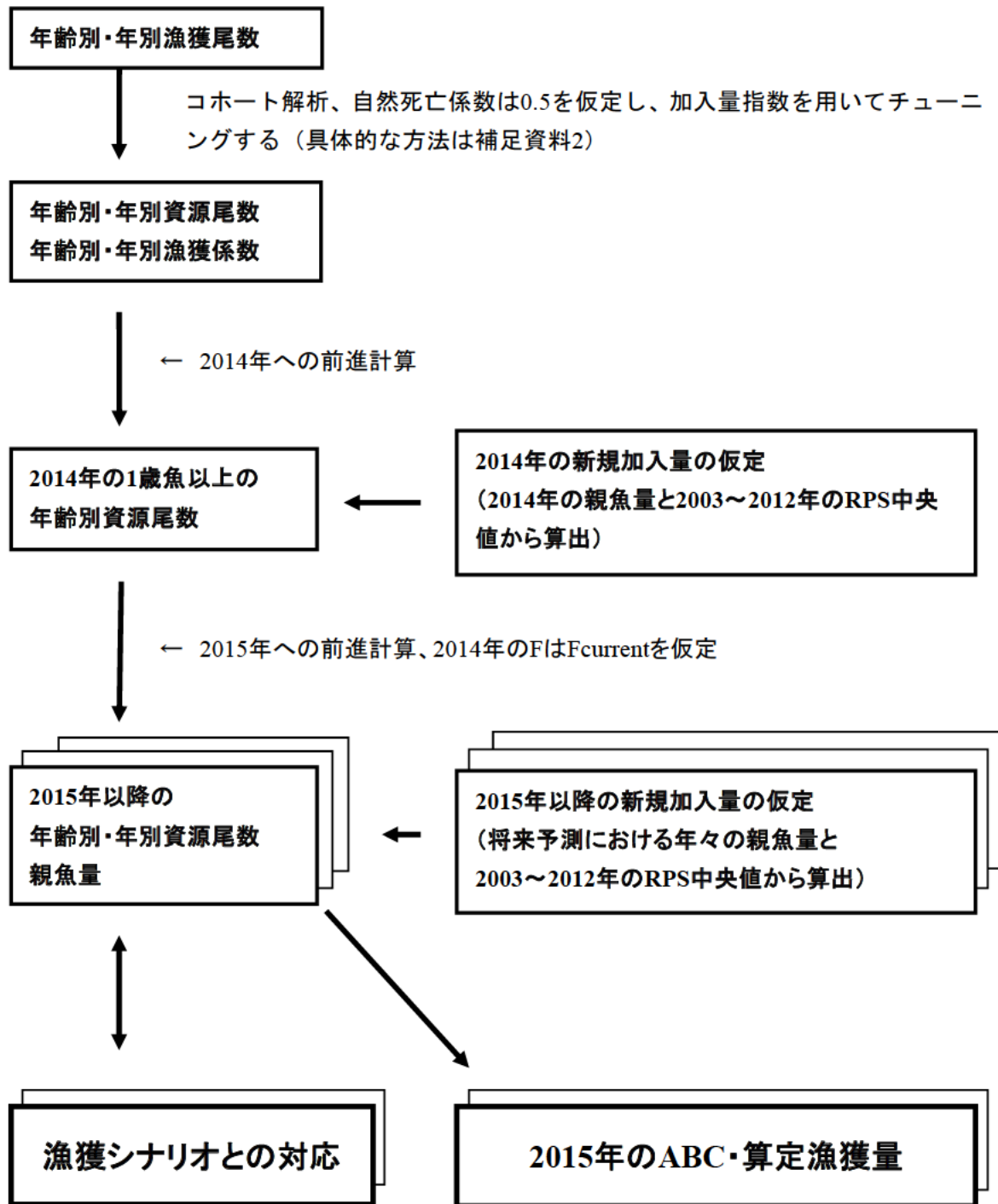
表2. ABC算定等に用いた各漁獲シナリオに基づく2013～2019年の年齢別漁獲量、資源量、親魚量等（続き）

Fmed

0.8Fmed

年齢別漁獲尾数（百万尾）									年齢別漁獲尾数（百万尾）								
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	166	178	199	198	198	198	198		0歳	166	178	167	198	230	270	315	
1歳	107	103	115	117	116	116	116		1歳	107	103	101	113	134	157	183	
2歳	34	21	25	25	25	25	25		2歳	34	21	22	27	31	36	42	
3歳以上	6	7	6	6	6	6	6		3歳以上	6	7	5	6	8	9	10	
計	314	309	345	345	345	345	345		計	314	309	295	345	403	472	551	
年齢別漁獲量（千トン）									年齢別漁獲量（千トン）								
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	6.6	7.1	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9		0歳	6.6	7.1	6.7	7.9	9.2	10.8	12.6	
1歳	10.7	10.3	11.5	11.7	11.6	11.6	11.6		1歳	10.7	10.3	10.1	11.3	13.4	15.7	18.3	
2歳	7.9	4.8	5.8	5.7	5.8	5.8	5.8		2歳	7.9	4.8	5.1	6.3	7.1	8.4	9.8	
3歳以上	2.3	2.6	2.2	2.1	2.1	2.1	2.1		3歳以上	2.3	2.6	1.9	2.4	2.9	3.4	4.0	
計	27.6	24.8	27.4	27.4	27.4	27.4	27.4		計	27.6	24.8	23.8	27.9	32.7	38.2	44.7	
	0.761	18.88															
年齢別資源尾数（百万尾）									年齢別資源尾数（百万尾）								
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	555	597	627	625	625	625	625		0歳	555	597	627	743	866	1,014	1,185	
1歳	204	208	223	226	225	225	225		1歳	204	208	223	250	297	346	405	
2歳	62	40	46	46	46	46	46		2歳	62	40	46	57	64	75	88	
3歳以上	11	13	10	10	10	10	10		3歳以上	11	13	10	13	16	18	22	
計	833	858	907	906	906	906	906		計	833	858	907	1,063	1,243	1,453	1,700	
年齢別漁獲係数と漁獲割合									年齢別漁獲係数と漁獲割合								
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	0.48	0.48	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52		0歳	0.48	0.48	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	
1歳	1.13	1.01	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09		1歳	1.13	1.01	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	
2歳	1.24	1.12	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21		2歳	1.24	1.12	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	
3歳以上	1.24	1.12	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21		3歳以上	1.24	1.12	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	
平均	1.02	0.93	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01		平均	1.02	0.93	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	
漁獲割合	45	42	44	44	44	44	44		漁獲割合	45	42	38	38	38	38	38	
年齢別資源量と親魚量（千トン）									年齢別資源量と親魚量（千トン）								
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
0歳	22.2	23.9	25.1	25.0	25.0	25.0	25.0		0歳	22.2	23.9	25.1	29.7	34.7	40.5	47.4	
1歳	20.4	20.8	22.3	22.6	22.5	22.5	22.5		1歳	20.4	20.8	22.3	25.0	29.7	34.6	40.5	
2歳	14.3	9.2	10.6	10.5	10.6	10.6	10.6		2歳	14.3	9.2	10.6	13.0	14.6	17.3	20.2	
3歳以上	4.2	4.9	4.0	3.9	3.8	3.8	3.8		3歳以上	4.2	4.9	4.0	4.9	6.1	7.0	8.2	
計	61.1	58.8	61.9	61.9	61.9	61.9	61.9		計	61.1	58.8	61.9	72.7	85.0	99.4	116.3	
親魚量	28.7	24.5	25.7	25.6	25.7	25.7	25.7		親魚量	28.7	24.5	25.7	30.5	35.5	41.6	48.6	

補足資料1 資源評価の流れ



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調査した。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（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、田内・田中の式 $M = 2.5 / \text{寿命}$ （田中 1960）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（2013年）のFは過去3年（2010～2012年）の平均に等しいとした（（6）式）。

$$F_{a,2013} = \frac{1}{3} \sum_{y=2010}^{2012} F_{a,y} \quad (6)$$

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（2013年）のFから、選択率（2013年の年齢別Fの最大値で各年齢のFを除いた値）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。

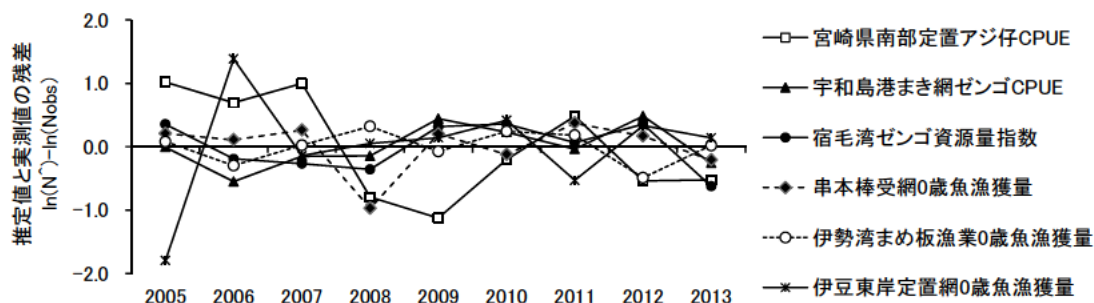
2)ステップ2

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2005～2013年とした。しかし、2005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の5～30倍であり、こ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2-1）。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、Fは高く推定され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2006～2013年とした。

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
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
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
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
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
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
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

*伊豆東岸定置網0歳魚漁獲量のみ2006年以降を使用



補足図2-1. 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2006～2013年の値を用いた。

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年以降）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。

$$\sum_{y=t}^{2013} (\ln(I_y) - \ln(qN_y))^2 \quad (8)$$

ここでtはチューニング期間の最初の年、 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。

$$\hat{q} = \exp\left(\frac{1}{n} \left(\sum_{y=t}^{2013} \frac{I_y}{N_y} \right)\right) \quad (9)$$

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

Fcurrentは過去3年（2011～2013年）のFの平均値とし、2014年のFはFcurrentであるとした。また将来予測における選択率にはFcurrent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2003～2012年のRPS中央値24.4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。

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

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RPVA（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.