

平成 29（2017）年度ゴマサバ東シナ海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（黒田啓行、依田真里、林 晃、竹垣草世香、佐々千由紀、高橋素光）

参画機関：福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター

要 約

本系群の資源量を資源量指標値を考慮したコホート解析によって計算した。解析対象とした 1992～2016 年における資源量は比較的安定しており、100 千～200 千トン程度で推移していた。近年では、資源量は 2005 年に高い値を示した後、緩やかに減少と増加を繰り返し、2016 年は 131 千トンと推定された。2016 年における親魚量は B_{limit} （33 千トン）を上回る 47 千トンと推定された。資源水準は中位、動向は最近 5 年間（2012～2016 年）の資源量の推移から横ばいと判断した。今後、再生産成功率（加入量/親魚量）が、不確実性の高い直近年を除く過去 24 年間（1992～2015 年）の中央値で継続した場合に、親魚量の増大（ $F_{30\%SPR}$ ）、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を 2018 年漁期（2018 年 7 月～2019 年 6 月）ABC として算定した。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018 年漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%) 増減%)	2023 年の 親魚量 (千トン) (80%区 間)	確率評価 (%)	
						2023 年に 2016 年 親魚量を 維持	2023 年に Blimit を 維持
親魚量の増大* (F30%SPR)	Target	27	23	0.37 (- 47%)	157 (90~204)	100	100
	Limit	31	27	0.46 (- 34%)	111 (57~160)	97	100
親魚量の維持* (Fmed)	Target	35	32	0.55 (- 22%)	75 (41~116)	80	97
	Limit	41	38	0.69 (- 2%)	42 (22~68)	30	64
		2018 年漁期 算定漁獲量 (千トン)					
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	36	32	0.56 (- 20%)	72 (38~115)	76	96
	Limit	41	38	0.70 (±0%)	39 (20~64)	24	55

コメント

- ・本系群の ABC 算定には、規則 1-1) - (1) を用いた。
- ・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、「大韓民国及び中華人民共和国等と我が国の水域にまたがって分布し、大韓民国及び中華人民共和国等においても採捕が行われていることから、関係国との協調した管理に向けて取り組みつつ、資源の維持若しくは増大することを基本に、我が国水域への来遊量の年変動も配慮しながら、管理を行う」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を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。
- ・韓国による漁獲は考慮したが、中国による漁獲は考慮していない。
- ・親魚量増大には若齢魚の漁獲回避が有効と考えられる。

Target は、資源変動の可能性やデータ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 による漁獲量とした。Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F による漁獲量とした。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2014～2016 年の F の平均、漁獲割合は 2018 年漁期漁獲量/資源量（資源量は 2018 年 1 月と 2019 年 1 月時点推定値の平均）、F は各年齢の平均値とした。2018 年漁期は 2018 年 7 月～2019 年 6 月とした。「親魚量の

維持」は、親魚量の中長期的に安定する値に維持する漁獲シナリオである。2016 年の親魚量は 47 千トン。

年*	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2013	124	45	51	0.66	41
2014	103	46	35	0.60	34
2015	125	45	40	0.67	34
2016	131	47	57	0.84	44
2017	109	42	42	0.70	38
2018	109	42	—	—	—

*年は暦年（1～12 月）。2017、2018 年の資源量は加入量と漁獲量を仮定した値。F は各年齢の平均値。漁獲量は日本と韓国の合計値。

	指標	水準	設定理由
Bban	未設定		
Blimit	親魚量	2009 年水準（33 千トン）	1992～2016 年の最低水準。比較的安定しているゴマサバ資源において、この水準を下回った場合には漁獲圧を下げるのが妥当。
2016 年	親魚量	2009 年水準以上（47 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（福岡～鹿児島（5）県） 九州主要港入り数別水揚量（水研） 大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 月別体長組成調査（水研、福岡～鹿児島（5）県） ・市場測定 水産統計（韓国海洋水産部）（ http://www.fips.go.kr 、2017 年 3 月）
資源量指標値	大中型まき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）* 枕崎港中小型まき網水揚量（鹿児島県）* 幼稚魚分布調査（2～6 月、水研、長崎県、鹿児島県） ・ニューストーンネット 計量魚探による浮魚類魚群量調査（7～9 月、水研） ・計量魚探、中層トロール 資源量直接推定調査（5～6 月、水研） ・着底トロール
自然死亡係数（M）	年当たり $M=0.4$ を仮定

*はコホート解析におけるチューニング指数。

1. まえがき

ゴマサバはマサバよりやや南方域に分布する。マサバの資源水準が低い近年、ゴマサバ資源の重要度は増している。ゴマサバ東シナ海系群は、東シナ海中・南部、九州南部沿岸域で主にまき網漁業により漁獲されている。これまで本資源の管理は大中型まき網漁業の漁場（海区制）における操業許可隻数を制限するなど、漁獲努力量管理の形で行われてきた。これに加えて、平成 9（1997）年からマサバと合わせて「さば類」とした TAC（漁獲可能量）による資源管理が実施されている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

ゴマサバはマサバに比べて高温（南方）域に分布する（Collette and Nauen 1983、山田ほか 2007、図 1）。東シナ海のゴマサバは魚釣島からクチミノセに亘る海域で 1～4 月に産卵し、その後成長した個体は東シナ海南部海域から九州西岸域に現れ、一部は日本海にまで到達する。また、薩南海域では 1～5 月に産卵が行われ、春期には幼魚が九州西岸域～太平洋岸域に出現する。春夏には索餌のために北上回遊し、秋冬には越冬・産卵のため南下回遊する（辻田・近藤 1957、Tanoue 1966）。

(2) 年齢・成長

詳細な成長様式は不明であるが、本報告では 1 歳で尾叉長 28 cm、2 歳で 32 cm、3 歳で 36 cm、4 歳で 38 cm、5 歳で 39 cm まで成長するとした（図 2）。寿命は 6 歳程度と考えられる。

(3) 成熟・産卵

産卵は 1～4 月には東シナ海中・南部から九州南部沿岸、5 月には東シナ海中部から九州西岸で行われる（Yukami et al., 2009、Sassa and Tsukamoto 2010）。正確な成熟年齢は不明であるが、本報告ではマサバでの研究結果（Shiraishi et al., 2008）からの類推と生物測定結果から、1 歳で 60%、2 歳で 85%、3 歳以上で 100%の個体が成熟すると仮定した（図 3）。

(4) 被捕食関係

仔魚期には橈脚類や尾虫類、幼稚魚期にはイワシ類などの仔稚魚、成魚期には浮遊性甲殻類や小型魚類を主に捕食する（辻田・近藤 1957、Sassa et al., 2008）。幼稚魚は魚食性魚類に捕食されると考えられる（Tanoue 1966）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

ゴマサバのほとんどは、大中型まき網および中・小型まき網漁業によって漁獲されている。主漁場は東シナ海から九州南部沿岸域である。

(2) 漁獲量の推移

マサバとゴマサバは漁獲統計上区別されず、さば類として一括されることが多いので、

本報告では統計資料から独自の方法で算定した漁獲量を使用する（補足資料2-1-補注1、表1）。東シナ海と日本海における我が国のゴマサバ漁獲量は、年変動はあるものの、1970年代以降およそ50千トン前後で推移している（図4、表2）。近年では、2011年の49千トンをピークに減少傾向にあったが、2016年の漁獲量は2015年よりやや増加し、35千トンであった。

韓国のゴマサバ漁獲量は、2015年より急増し、2016年の漁獲量は1973年以降で最大の22千トンだった（韓国のさば類漁獲量におけるマサバとゴマサバの割合については補足資料2-1）。特に、10月から12月にかけての漁獲が多かった。中国のさば類漁獲量は、1995年以降、400千トン前後で推移し、2011年以降は500千トンを超えていたが、2015年は471千トンであった（FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2015（Release date: March 2017）、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2017年3月）。中国のマサバとゴマサバの魚種別の漁獲量は不明である。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果と併せて年齢別・年別漁獲尾数による資源解析を行った（補足資料1、2-1）。計算は1992～2016年の日本と韓国の年齢別漁獲尾数に基づき、2003年以降の大中型まき網の年齢別資源量指標値及び枕崎港に水揚げする中小型まき網の資源量指標値の変動と、それぞれの指標値に対応する資源量の変動が合うようにFを推定した。ただし、直近年のFに顕著な過大推定の傾向があることが明らかになったため、Fの大きさに応じてペナルティを課す推定方法（リッジVPA; Okamura et al., 2017）を2017年度の資源評価では適用した。中国の漁獲量は、マサバとゴマサバが魚種別に計上されていないことや、直近年（2016年）の値が得られないことなどから使用していない。

調査は、新規加入量（0歳魚）を主対象として、2～6月にニューストーンネット等を用いた幼稚魚分布調査、5～6月に着底トロール網による現存量推定調査、7～9月にトロール網と計量魚探による魚群量調査を行った（補足資料3）。ただし、現時点ではこれらの調査結果から信頼できるゴマサバの加入量指標値が得られていないため、定性的な参考情報として用いた。引き続き、データの蓄積を継続し、調査・解析手法の改善に取り組む予定である。

(2) 資源量指標値の推移

1973年以降の中長期的な資源変動を概観する資源量指標値として、東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網の統計値から資源密度指数（トン/網）を求めた。指数は1970・80年代には平均6トン/網と低水準であったが、1990年代後半から継続して上昇し、2005年に17トン/網となった（図5）。しかし、資源密度指数は以後、減少傾向にある。2016年は少し増加し、9トン/網だった。有効漁獲努力量は、1995～2001年に増加傾向を示し、2002～2010年には概ね減少傾向を示したが、2011年に増加した後はほぼ横ばいである（図5）。なお、資源密度指数は、経緯度30分間隔に区分された漁区のうち、2016年に操業があった漁区について、漁区毎の一網当りの漁獲量を漁区間で平均した値とした。有効漁獲

努力量は、2016 年に操業が行われた漁区の漁獲量を資源密度指数で除して求めた。

また、2003 年以降の年齢毎の資源変動をより詳細に表す指標値として、東シナ海・日本海で操業する大中型まき網の銘柄別漁獲量から年齢別の資源量指標値を計算し、コホート解析に用いた（図 6、補足資料 2-1-補注 3）。2016 年の年齢別指標値は、0 歳魚では過去 5 年間の中で比較的高かったが、2 歳魚は低かった。また、九州南部沿岸域での資源変動を表す指標として、枕崎港に水揚げする中小型まき網の漁獲量と入港隻数から資源量指標値を算定し、コホート解析に用いた（補足資料 2-1-補注 3）。中小型まき網の指標値は 2003 年以降緩やかな変動を繰り返し、2016 年は比較的低かった。なお、コホート解析ではこの指標値は全資源量の変動を表す指標値として扱った。コホート解析における両まき網の指標値とモデル予測との当てはまりから、指標間に多少差はあるものの、各指標値は各年齢の資源量もしくは全資源量の動態をよく表していると考えられた。

（3）漁獲物の年齢組成

2016 年も例年通り、0 歳魚と 1 歳魚が主に漁獲された（図 7、補足資料 4）。

（4）資源量と漁獲割合の推移

コホート解析により求めた資源量は、解析対象とした 1992 年以降は比較的安定しており、100 千～200 千トン程度で推移している（図 8、表 2）。近年では、2012 年から 2014 年まで減少が続いたが、2015 年から増加に転じ、2016 年の資源量は 131 千トンと推定された。漁獲割合は 1992 年以降 40%前後の値で推移しており、2016 年の値は 44%だった。

加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）は、1992 年以降において多少の変動はあるものの、概ね 2～4 億尾の水準で推移している。近年では、2009 年から 2016 年までは、2.5 億尾前後で安定している（図 9、表 2）。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は、資源量と同様に、比較的安定している。近年では、2012 年以降、45～50 千トンの範囲でほぼ横ばいであり、2016 年は 47 千トンだった（図 9、表 2）。

コホート解析に用いた自然死亡係数（ M ）に対する感度解析として、 M を仮定値（0.4）に対して 0.3 および 0.5 とした条件のもと資源評価を行った。2016 年の資源量、親魚量、加入量は M の上昇とともに多くなり、 M が 0.1 変化すると、各推定値に対して 10%前後の影響があった（図 10）。

漁獲係数 F （各年齢の F の単純平均）は、およそ 0.5～1 の範囲で、増減を繰り返している（図 11、有効漁獲努力量を併せて図示）。近年では、2012～2014 年にかけて減少した後、増加に転じ、2016 年は 0.84 と比較的高い水準だった。

資源量と F との間に明瞭な関係は見られない（図 12）。

（5）再生産関係

親魚量と加入量との間には正の相関が見られる（図 13）。1992～2016 年において、親魚量は比較的安定しており、親魚量が当該期間における最低値を下回らなければ、資源の維持に問題はないと考えられる。

(6) Blimit の設定

資源変動が比較的安定している本系群において、高加入を得るためには、親魚量が 1992～2016 年における最低水準を下回らないことが望ましい（図 9）。この期間における最低水準である 2009 年の親魚量（33 千トン）を資源回復の閾値（Blimit; 図 13）とし、親魚量がこれ以下となった場合には漁獲圧を低下させ、親魚量の回復を図ることが妥当である。

(7) 資源の水準・動向

資源水準について、資源量を計算した過去 25 年間（1992～2016 年）における資源量の上位 3 分の 1 までを「高位」とした（図 8）。また、1992 年以降の多くの年において、資源密度指数は 1970・80 年代と比較して高いため（図 5）、1992 年以降は低位と判断される年はないとし、Blimit を中位と低位の境界とした（図 9）。

2016 年の資源量は上位の 3 分の 1 以下で、親魚量（47 千トン）は Blimit を上回っていることから、2016 年の資源水準を中位とした。また最近 5 年間（2012～2016 年）の資源量の推移から、動向を横ばいと判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

親魚量と産卵量に比例関係があるとすれば、再生産成功率（加入量÷親魚量）は、発生初期における生残率の指標になると考えられる。再生産成功率は、1993 年と 2004 年に高い値を示した他は、概ね 4～8 尾/kg で比較的安定している（図 14、表 2）。2016 年における再生産成功率は 5.2 尾/kg と平均的だった。再生産成功率と親魚量との間には相関は見られない（図 15）。

再生産成功率の変動には、海洋環境が深く関わっていると考えられる。再生産成功率の対数と親魚量に直線関係を当てはめ、直線からの残差を 1 月における東シナ海（北緯 30 度 30 分、東経 125 度 30 分）の海面水温（気象庁保有データ）と比較した結果を図 16 に示した。残差と海面水温には正の相関があることから（1%有意水準）、水温に代表される海洋環境が初期生残等に大きな影響を与えると想定される。

本系群の再生産成功率は比較的安定しているため、今後の加入量の見積もりに特定の傾向を仮定する必要はないと考えられる。親魚量と加入量との間には正の相関が見られるが、加入量計算値は直近年（2016 年）において特に不確実性が高いため、ABC の算定等において、2017 年以降の再生産成功率を、直近年を除く過去 24 年間（1992～2015 年）の中央値である 5.0 尾/kg とした（図 13）。ただし、今後の見積もりでは、加入量が 1992 年以降の最大値（5.5 億尾、1998 年）を超えないこととした。つまり、再生産成功率の変動を考慮しない場合、加入量 5.5 億尾を与える親魚量 111 千トン以上では、加入量は 5.5 億尾で一定とした。

(9) 生物学的な漁獲係数の基準値と現状の漁獲圧の関係

漁獲係数 F の年齢別選択率は年変動が大きく、その変動には一定の傾向が見られないことから、2017 年以降、現状の F (F_{current}) の参照期間である過去 3 年（2014～2016 年）より長い過去 5 年（2012～2016 年）の平均（0 歳＝0.76、1 歳＝1、2 歳＝3 歳＝1.30）とした。なお、 F_{current} は過去 3 年間における各年齢の F （0 歳＝0.49、1 歳＝0.65、2 歳＝3 歳＝0.84）

の単純平均値（0.70）とした。年齢別選択率を一定として F を変化させた場合の加入量当りの漁獲量（YPR）と親魚量（SPR）を図 17 に示した。 $F_{current}$ は F_{med} とほぼ同一水準で、 $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ よりかなり高い。

5. 2018 年 ABC の算定

（1）資源評価のまとめ

資源量は解析対象とした 1992～2016 年において比較的安定しており、100 千～200 千トン程度で推移している。近年の資源量は 2005 年に高い値を示した後、緩やかな減少と増加を繰り返し、2016 年は 131 千トンと推定された（図 8）。2016 年の親魚量は B_{limit} （33 千トン）を上回る 47 千トンと推定され（図 9）、資源水準は中位、動向は最近 5 年間（2012～2016 年）の資源量の推移から横ばいと判断した。2016 年における加入量及び再生産成功率は、最近 5 年間では平均的な水準だった（図 9、図 14）。

（2）漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

2016 年の親魚量が B_{limit} を上回っていることから、ABC 算定規則 1-1)-(1)を適用し、親魚量の維持もしくは増大に向けた方策として漁獲シナリオの提案を行った。検討する漁獲シナリオとして、 $F_{30\%SPR}$ 、 F_{med} 、 $F_{current}$ を選択した。7 月～翌年 6 月とする漁期年に対して ABC を計算するため、将来予測においては、1～6 月と 7～12 月の半年を単位とするコホート解析を行った（補足資料 2-2）。設定した加入量の条件（再生産成功率＝1992～2015 年の中央値 5.0 尾/kg、親魚量が 111 千トンを超えた場合、加入量は 5.5 億尾で一定）の下で、 F を 2017 年漁期の終わり（2018 年 6 月）までは $F_{current}$ とし、2018 年漁期の始め（2018 年 7 月）からそれぞれの漁獲シナリオに合わせて変化させた場合の推定漁獲量と資源量を計算した（図 18、19）。SPR が RPS の逆数（ $1 \div 0.0050$ 尾/g = 200g）と等しくなる F を F_{med} （0 歳＝0.48、1 歳＝0.63、2 歳＝3 歳＝0.82）とし、また親魚量の増大が期待できるシナリオとして、漁獲がない場合の 30%に相当する加入量当たり親魚量（SSB/R）を達成する F を $F_{30\%SPR}$ （0 歳＝0.32、1 歳＝0.42、2 歳＝3 歳＝0.55）とした。 $F_{30\%SPR}$ では、2018 年に漁獲量が他のシナリオに比べて大きく減少するものの、その後の資源量の増加に伴い、漁獲量も増加に転じた。 F_{med} では資源量、漁獲量とも 2018 年以降ほぼ一定であった。 $F_{current}$ では資源量、漁獲量ともわずかに減少傾向であった。なお、後述する加入量の不確実性を考慮した検討や、表 3 に記載した将来予測においては、計算を暦年単位で実施した。この方法と不確実性を考慮しない半年単位の将来予測とでは、管理開始時期に半年の差が生じるため、推定される漁獲量や資源量には若干の差異が生じる。

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	漁獲量（千トン；漁期年）							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.37	48	42	27	34	45	59	77	87
	Limit	0.46	48	42	31	37	45	55	67	81
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.55	48	42	35	39	44	50	56	63
	Limit	0.69	48	42	41	41	41	41	41	41
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.56	48	42	36	39	44	49	55	61
	Limit	0.70	48	42	41	41	40	40	40	39
			資源量（千トン；漁期年）							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.37	120	109	116	144	190	249	307	346
	Limit	0.46	120	109	114	132	161	195	237	281
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.55	120	109	112	122	137	154	173	195
	Limit	0.69	120	109	108	108	108	108	108	108
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.56	120	109	111	121	135	150	167	186
	Limit	0.70	120	109	108	107	106	105	103	102
			親魚量（千トン；漁期年）							
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (F30%SPR)	Target	0.37	44	42	44	55	73	96	126	157
	Limit	0.46	44	42	44	51	62	75	91	111
親魚量の維持 (Fmed)	Target	0.55	44	42	43	47	53	59	67	75
	Limit	0.69	44	42	42	42	42	42	42	42
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	0.56	44	42	43	46	52	58	64	72
	Limit	0.70	44	42	42	41	41	40	40	39

Target は、資源変動の可能性やデータ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 による漁獲量とした。

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F による漁獲量とした。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。資源量は当該年 1 月と翌年 1 月時点推定値の平均とした。

(3) 2018 年 ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

再生産成功率の年変動が親魚量と漁獲量の動向に与える影響を見るために、2017～2027 年の再生産成功率を仮定値の周りで変化させ、 $F_{30\%SPR}$ 、 F_{med} 、 $F_{current}$ 、 $0.8F_{30\%SPR}$ 、 $0.8F_{med}$ 、 $0.8F_{current}$ で漁獲を続けた場合の親魚量と漁獲量を暦年単位で計算した（0.8 の頭文字は F_{target} であることを意味する）。2017 年以降の加入量は、1992～2015 年の再生産成功率について、平均値に対する各年の値の比を計算し、これらの値から重複を許してランダム抽出された値に、仮定値 5.0 尾/kg と年々の親魚量を乗じて求めた。親魚量が 111 千トンを超えた場合には、加入量の計算に用いる親魚量を 111 千トンで一定とした。

漁獲量および親魚量を 1,000 回シミュレーションした結果を図 20 に示した。 $F_{30\%SPR}$ を採用した場合には、漁獲量は管理を開始する 2018 年に減少するものの、その後増加に転じ、2020 年以降は 2017 年の値を上回ることが予測された。親魚量は、平均値および下側 10% ともに増加傾向を示した。 F_{med} を採用した場合には、漁獲量、親魚量ともに平均値は横ばい傾向にあったが、下側 10% では減少傾向を示した。 $F_{current}$ の場合も F_{med} とほぼ同様の結果であったが、平均値がわずかに減少傾向を示した。 F_{target} である $0.8F_{med}$ や $0.8F_{current}$ を採用した場合には、長期的には漁獲量・親魚量において、ともに下側 10% も含めて増加がみられた。

このシミュレーションに基づき、管理開始から 5 年後にあたる 2023 年の親魚量の予測区間（上下 10% の値を除いた 80% 区間）、親魚量が 2023 年に 2016 年の値と B_{limit} を上回る確率を次の表に示した。全てのシナリオにおいて、2023 年の予測親魚量の幅は、再生産成功率の変動の大きさを反映して増大した。予測の下限に注目すれば、 F が低いほど親魚量の下限が高くなる傾向が見られた。また、親魚量が 5 年後に 2016 年の値と B_{limit} を上回る確率は、 F を低くするほど高くなった。親魚量が B_{limit} を上回る確率は F_{med} を採用した場合には 64% だったが、 $F_{current}$ を採用した場合には 55% だった。一方、 $0.8F_{med}$ や $0.8F_{current}$ を採用した場合には、親魚量が B_{limit} や 2016 年の値を上回る確率は 100% 近かった。ちなみに、 F_{med} を採用した場合、2023 年に 2016 年の親魚量を維持できる確率は 30% と低かった。これは 2016 年の F が比較的高いため、2017 年の加入量及び資源量がやや減少し、それ以降、その水準で親魚量が維持される確率が高いためである。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2018 年漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%) 増減%)	2023 年の 親魚量 (千トン) (80%区 間)	確率評価 (%)	
						2023 年に 2016 年 親魚量を 維持	2023 年に Blimit を 維持
親魚量の増大* (F30%SPR)	Target	27	23	0.37 (- 47%)	157 (90~204)	100	100
	Limit	31	27	0.46 (- 34%)	111 (57~160)	97	100
親魚量の維持* (Fmed)	Target	35	32	0.55 (- 22%)	75 (41~116)	80	97
	Limit	41	38	0.69 (- 2%)	42 (22~68)	30	64
		2018 年漁期 算定漁獲量 (千トン)					
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	36	32	0.56 (- 20%)	72 (38~115)	76	96
	Limit	41	38	0.70 (±0%)	39 (20~64)	24	55

コメント

- ・本系群の ABC 算定には、規則 1-1) - (1) を用いた。
- ・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、「大韓民国及び中華人民共和国等と我が国の水域にまたがって分布し、大韓民国及び中華人民共和国等においても採捕が行われていることから、関係国との協調した管理に向けて取り組みつつ、資源の維持若しくは増大することを基本に、我が国水域への来遊量の年変動も配慮しながら、管理を行う」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を維持または増大させることができると考えられる。同方針に合致する漁獲シナリオには*を付した。
- ・韓国による漁獲は考慮したが、中国による漁獲は考慮していない。
- ・親魚量増大には若齢魚の漁獲回避が有効と考えられる。

Target は、資源変動の可能性やデータ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 による漁獲量とした。Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F による漁獲量とした。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。Fcurrent は 2014～2016 年の F の平均、漁獲割合は 2018 年漁期漁獲量/資源量（資源量は 2018 年 1 月と 2019 年 1 月時点推定値の平均）、F は各年齢の平均値とした。2018 年漁期は 2018 年 7 月～2019 年 6 月とした。「親魚量の

維持」は、親魚量を中長期的に安定する値に維持する漁獲シナリオである。2016 年の親魚量は 47 千トン。

(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
2015 年漁獲量確定値 2016 年漁獲量暫定値 2016 年月別体長組成	2015、2016 年年齢別漁獲尾数
2016 年大中型まき網 漁業漁獲成績報告書	2016 年までの資源量指標値、2016 年までの年齢別資源尾数（再生産関係）、漁獲係数（年齢別選択率）

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) (実際の F 値)
2016 年漁期(当初)	Fmed	0.68	126	47*	41	
2016 年漁期 (2016 年再評価)	Fmed	0.75	103	40	35	
2016 年漁期 (2017 年再評価)	Fmed	0.69	123	46	40	48 (0.74)
2017 年漁期(当初)	Fmed	0.75	99	38*	33	
2017 年漁期 (2017 年再評価)	Fmed	0.69	109	41	36	
2016、2017 年とも、TAC 設定の根拠となったシナリオについて行った。 *は TAC 設定の根拠である。 資源量、漁獲量は漁期年に基づく。2016 年漁期の漁獲量及び F 値は推定値。						

昨年度評価時の予測に比べて、2016 年の 2 歳魚の漁獲は少なかったものの、0 歳魚と 1 歳魚の漁獲が多く、資源量指標値も総じて低くなかったため、2016 年の資源量および ABC はやや上方修正された。しかし、実際の 2016 年の F も高かったため、2017 年の資源量はわずかに上方修正されるにとどまり、2017 年の ABC は大きな変更はなかった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

若齢魚に対する漁獲圧緩和の効果を見るために、0 歳魚の F のみを 2018 年から低下させ、他年齢の F は $F_{current}$ と同一とした場合の、2018～2023 年の漁獲量および親魚量の予測値を求めた（表 4）。漁獲量は管理を開始する 2018 年には 0 歳魚の F が低いほど減少するが、2020 年以降には 0 歳魚の F に関わらず同程度となり、2023 年には 0 歳魚の F を低くするほど増加した（図 21）。2023 年の親魚量も、0 歳魚の F を低くするほど増加した。若齢魚に対する漁獲圧の緩和は本種の資源量を増大させ、CPUE の増加などにつながる事が期待される。

東シナ海に分布するゴマサバ資源は、韓国、中国、台湾漁船によっても漁獲されているため、資源評価、資源管理に当たっては、漁獲量、漁獲努力量等の情報を各国間で共有することが必要である。しかし、中国の漁獲量および漁獲努力量の具体的な数値が得られて

いないため、資源評価ではそれらの影響を考慮できていない。そのため、東シナ海における外国漁船による漁獲努力量を調査することを目的に、平成 26 年度から人工衛星夜間可視データを用いて外国漁船の動向を把握する取組みを開始した（平成 29 年度 マサバ対馬暖流系群の資源評価報告書 補足資料 5 参照）。いくつか課題はあるが、将来的に努力量の変化などが定量化できる可能性がある。

7. 引用文献

- Collette, B.B. and C.E. Nauen (1983) FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the World. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., **125**, 1-137.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., doi:10.1093/icesjms/fsx089.
- Sassa, C., Y. Tsukamoto and Y. Konishi (2008) Diet composition and feeding habits of *Trachurus japonicus* and *Scomber* spp. larvae in the shelf break region of the East China Sea. Bull. Mar. Sci., **82**, 137-153.
- Sassa, C. and Y. Tsukamoto (2010) Distribution and growth of *Scomber japonicus* and *S. australasicus* larvae in the southern East China Sea in response to oceanographic conditions. Mar. Ecol. Prog. Ser., **419**, 185-199.
- Shiraishi, T., K. Okamoto, M. Yoneda, T. Sakai, S. Ohshimo, S. Onoe, A. Yamaguchi and M. Matsuyama (2008) Age validation, growth and annual reproductive cycle of chub mackerel *Scomber japonicus* off the waters of northern Kyushu and in the East China Sea. Fish. Sci., **74**, 947-954.
- Tanoue, T. (1966) Studies on the seasonal migration and reproduction of the spotted mackerel, *Pneumatophorus tapeinocephalus* (BLEEKER). Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ., **15**, 91-175.
- 辻田時美・近藤正人 (1957) 東支那海のサバの生態と漁場の海洋学的研究 (1). 西水研研報, **14**, 7-47.
- 山田梅芳・堀川博史・中坊徹次・時村宗春 (2007) ゴマサバ. 東シナ海・黄海の魚類誌, 東海大学出版会, 神奈川, 979-983.
- Yukami, R., S. Ohshimo, M. Yoda and Y. Hiyama (2009) Estimation of the spawning grounds of chub mackerel *Scomber japonicus* and spotted mackerel *Scomber australasicus* in the East China Sea based on catch statistics and biometric data. Fish. Sci., **75**, 167-174.

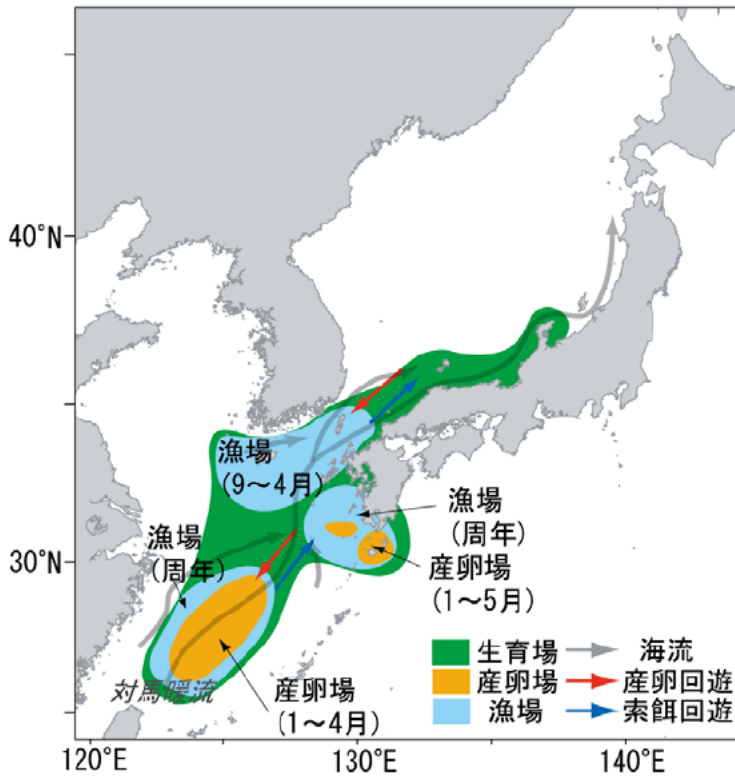


図1. ゴマサバ東シナ海系群の分布・回遊
および生活史と漁場形成模式図

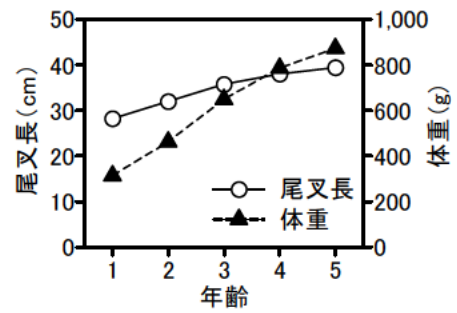


図2. 年齢と成長

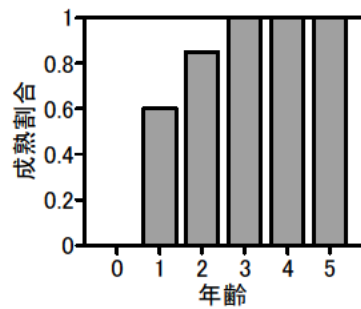


図3. 年齢と成熟割合

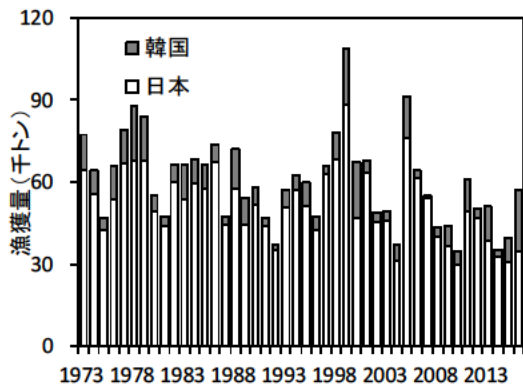


図4. 漁獲量

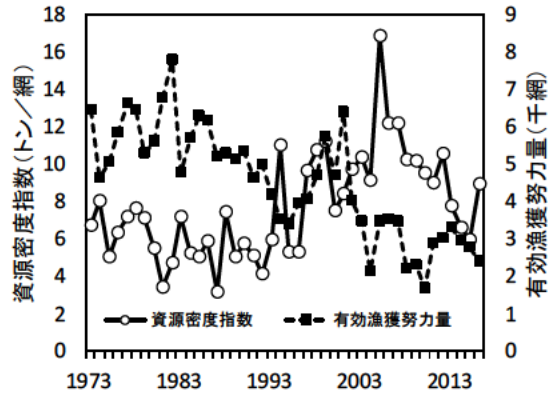


図5. 資源密度指数と
大中型まき網の有効漁獲努力量

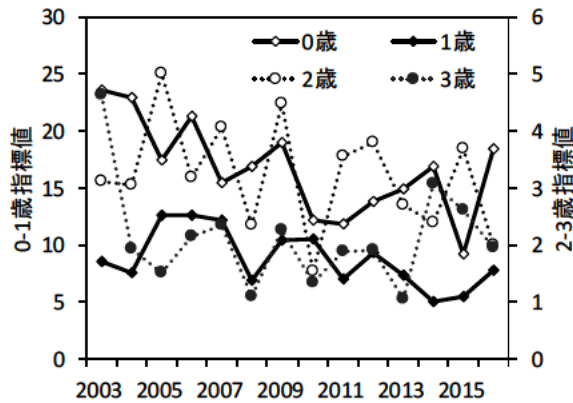


図6. 各年齢の資源量指標値

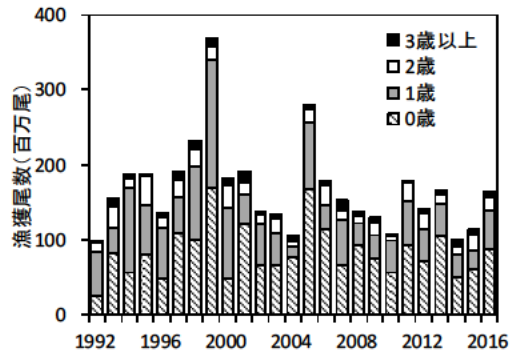


図7. 年齢別・年別漁獲尾数

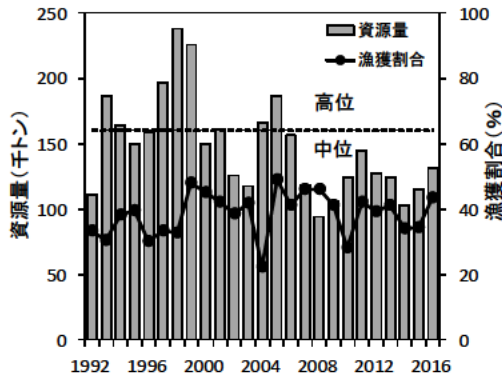


図 8. 資源量と漁獲割合（破線は高位水準と中位水準の境界）

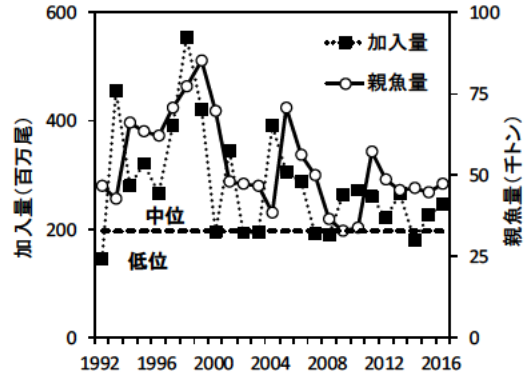


図 9. 加入量と親魚量（破線は中位水準と低位水準の境界）

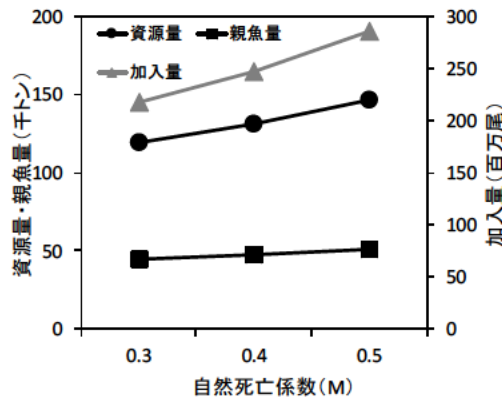


図 10. 自然死亡係数 (M) と 2016 年資源量、親魚量、加入量の関係

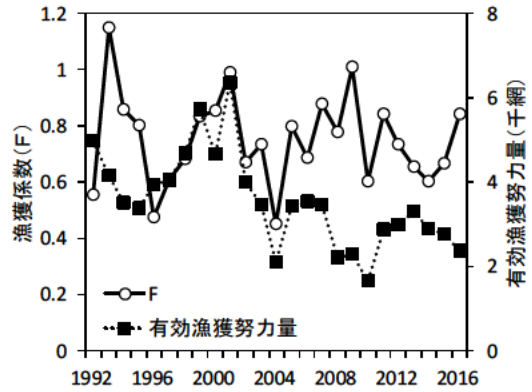


図 11. 漁獲係数 (F) と大中型まき網の有効漁獲努力量

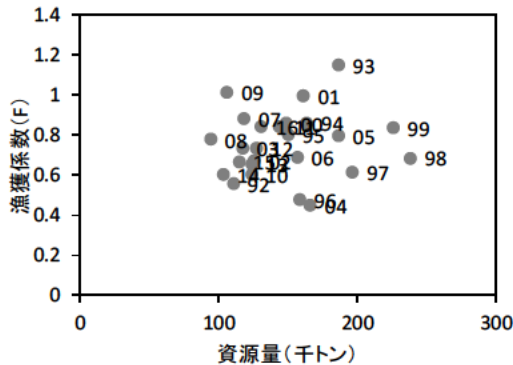


図 12. 資源量と漁獲係数 (F) の関係

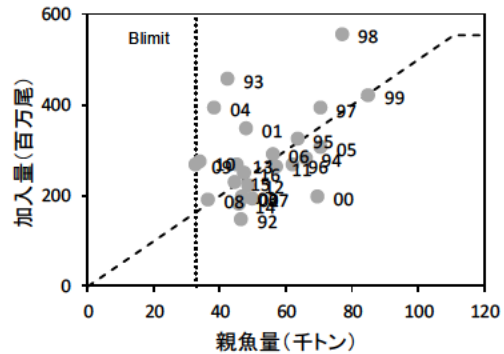


図 13. 親魚量と加入量の関係（点線は Blimit（2009 年親魚量）、破線は将来予測での再生産関係を示す）

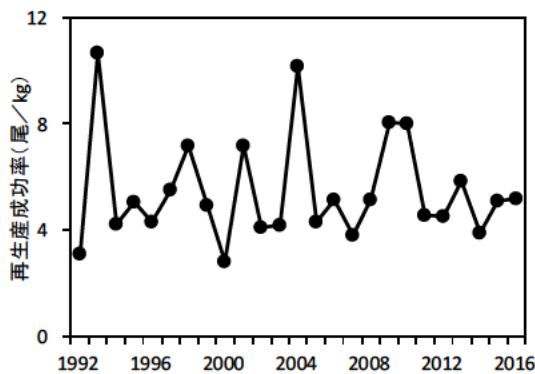


図 14. 再生産成功率

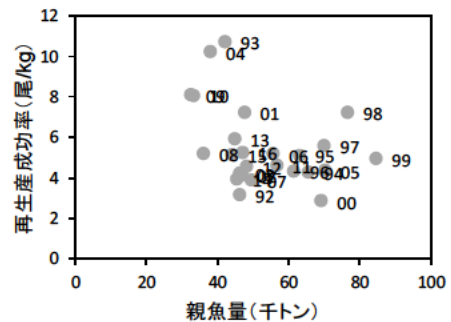


図 15. 親魚量と再生産成功率の関係

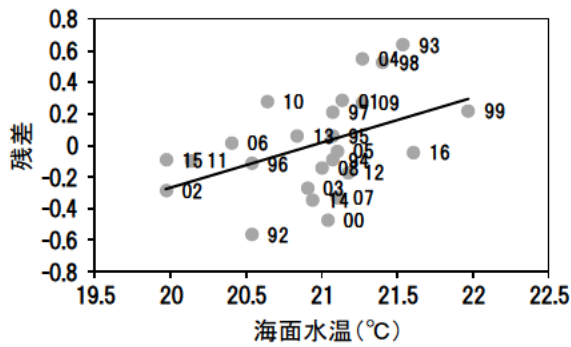


図 16. 海面水温と親魚量 - 再生産成功率 (対数) の残差の関係

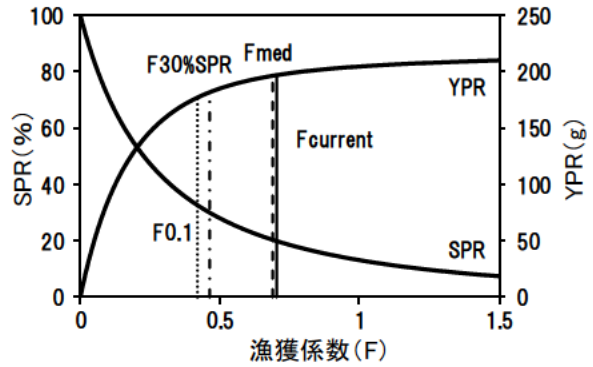


図 17. YPR、SPR と漁獲係数 (F) の関係 (F は各年齢平均)

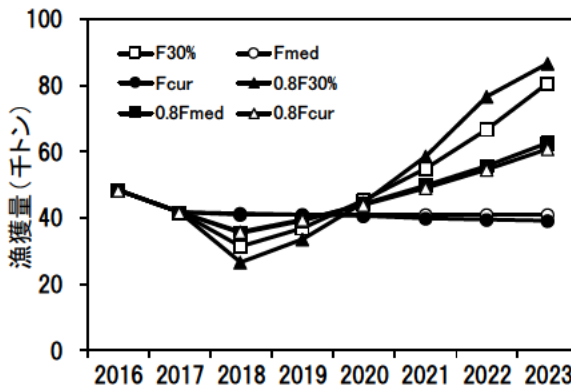


図 18. 各漁獲シナリオにおける漁獲量の予測値 (漁期年)

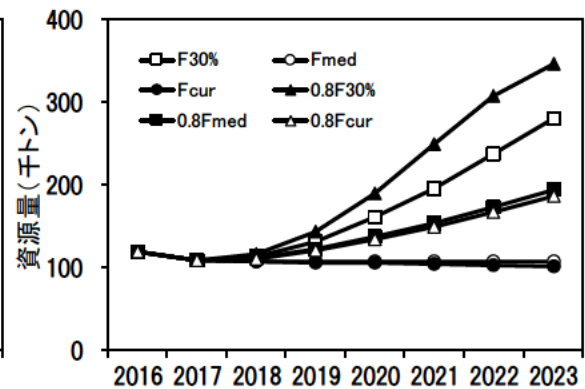


図 19. 各漁獲シナリオにおける資源量の予測値 (漁期年)

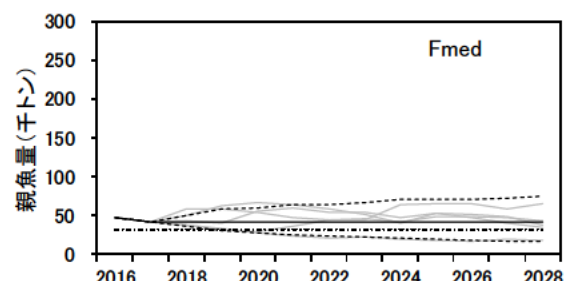
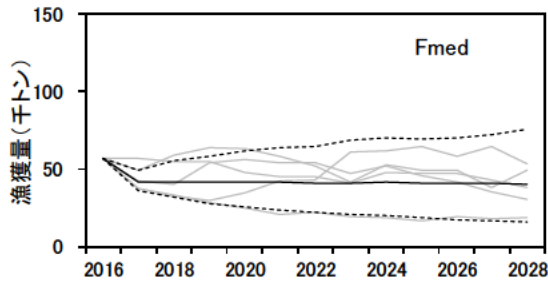
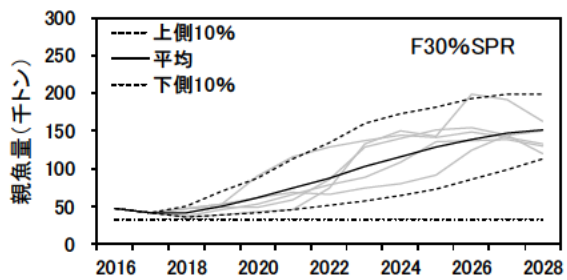
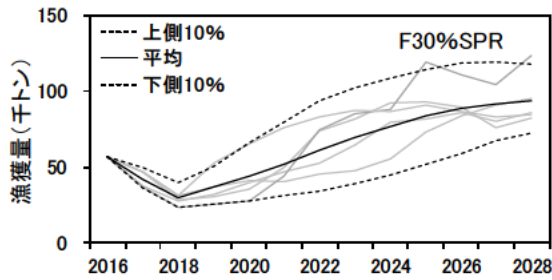


図 20. 再生産成功率 (RPS) の変動を考慮したシミュレーション結果 (暦年、左図：漁獲量、右図：親魚量。各図の点線は上下 10%値、実線は平均値、細線は 5 試行分の結果、右図の破線は Blimit を示す)

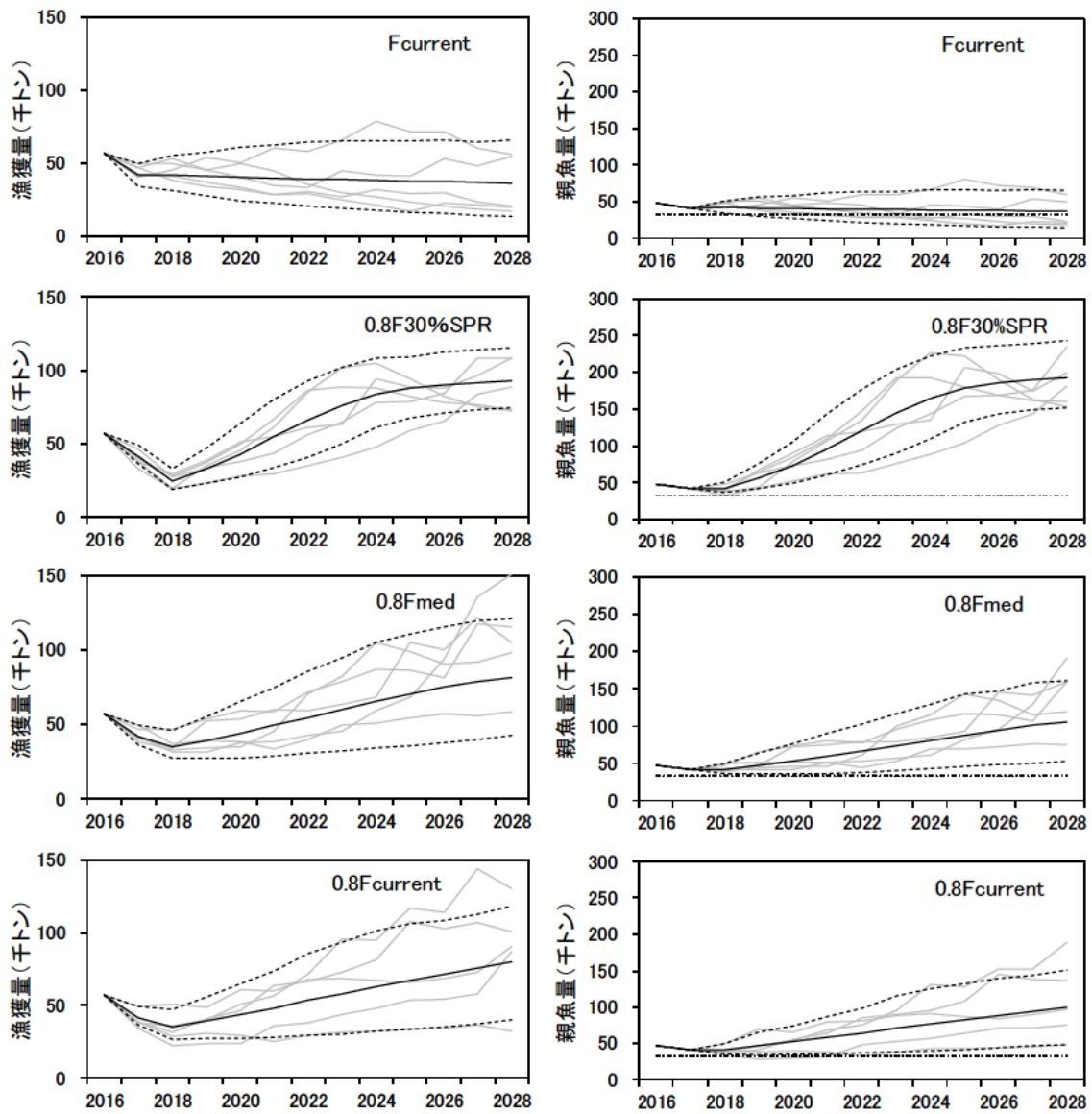


図 20. 再生産成功率 (RPS) の変動を考慮したシミュレーション結果の続き (暦年、左図：漁獲量、右図：親魚量。各図の点線は上下 10%値、実線は平均値、細線は 5 試行分の結果、右図の破線は Blimit を示す)

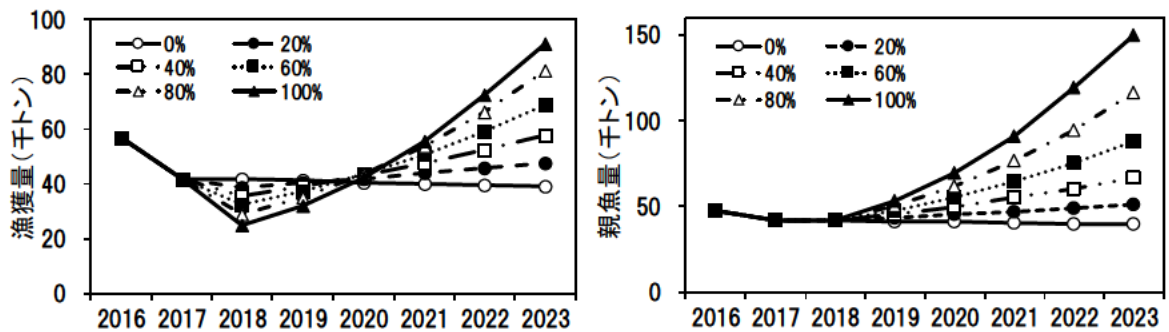


図 21. 0 歳の漁獲係数 (F) のみ削減した場合の漁獲量と親魚量の予測値 (暦年)

表 1. 大中型まき網のゴマサバ漁獲量と、大中型まき網以外の漁業種の府県別ゴマサバ漁獲量（トン）

暦年	大中 まき	鹿児島	熊本	長崎	佐賀	福岡	山口	島根	鳥取	兵庫	京都	福井	合計
1973	57,192	3,864	235	604	4	85	101	2,031	0	18	65	119	64,317
1974	49,834	2,982	144	429	2	75	148	1,759	26	78	25	133	55,635
1975	33,398	5,443	207	533	2	74	85	2,023	11	15	7	102	41,899
1976	43,359	7,158	222	535	3	37	41	1,932	46	36	9	109	53,485
1977	57,289	6,996	216	912	5	75	70	1,118	13	91	4	78	66,867
1978	59,660	3,838	299	2,405	6	72	31	974	14	88	3	52	67,441
1979	52,904	10,166	273	1,775	12	78	56	2,020	6	20	26	65	67,403
1980	37,683	8,401	156	1,149	9	69	73	1,336	9	2	16	47	48,949
1981	29,291	10,962	527	1,774	16	61	78	1,050	14	34	8	48	43,861
1982	44,429	11,391	721	1,688	20	113	110	1,325	33	93	5	42	59,971
1983	38,489	11,452	317	1,397	30	160	118	1,271	20	50	5	108	53,417
1984	43,969	11,810	327	1,266	9	88	113	1,496	1	29	6	79	59,192
1985	36,636	15,413	696	3,201	5	83	156	1,115	12	21	18	116	57,470
1986	55,556	8,329	138	1,225	12	118	94	1,588	47	20	5	61	67,192
1987	26,050	9,230	590	6,472	41	180	151	1,316	14	38	5	104	44,191
1988	44,182	7,126	262	2,728	35	157	197	2,751	13	19	7	115	57,593
1989	33,059	6,094	255	1,928	68	181	78	2,521	1	25	36	71	44,316
1990	46,700	2,782	63	873	8	89	212	766	1	10	16	26	51,546
1991	37,276	3,470	364	1,057	7	63	352	1,324	0	4	8	21	43,944
1992	27,314	4,833	310	1,212	18	98	192	941	0	4	6	10	34,938
1993	35,957	8,960	364	2,514	54	391	169	1,757	0	4	24	44	50,237
1994	46,907	4,573	152	2,185	50	273	284	2,328	0	39	33	70	56,895
1995	42,228	4,203	483	2,367	21	165	299	1,513	0	20	20	25	51,344
1996	30,352	6,969	527	2,308	17	202	276	1,381	0	15	16	27	42,088
1997	49,220	9,188	687	2,822	31	87	205	642	1	3	22	21	62,928
1998	60,130	4,548	118	1,830	17	133	329	987	1	1	25	10	68,128
1999	79,261	5,487	168	2,186	17	153	143	556	1	9	15	22	88,012
2000	38,723	5,600	72	1,512	8	58	245	410	0	6	22	14	46,668
2001	55,736	4,627	13	1,895	16	127	190	412	0	0	11	8	63,034
2002	41,201	1,382	19	1,955	3	110	177	520	0	0	15	8	45,389
2003	38,619	4,540	2	2,012	1	131	49	413	0	1	19	9	45,796
2004	23,234	3,834	33	3,563	4	106	17	350	0	0	9	3	31,153
2005	63,055	9,325	29	2,711	2	98	49	540	0	4	5	8	75,825
2006	47,746	9,305	31	3,450	26	107	83	628	1	2	74	32	61,483
2007	42,644	7,082	71	3,016	6	261	91	708	0	1	18	14	53,912
2008	24,338	11,174	78	3,370	16	83	85	864	0	3	15	10	40,034
2009	24,690	6,974	15	3,604	1	64	106	901	0	1	16	7	36,380
2010	16,036	9,906	31	2,917	10	94	75	474	0	1	5	10	29,557
2011	26,265	16,358	73	4,950	2	142	80	825	0	1	14	9	49,020
2012	32,063	10,060	27	3,508	8	96	43	777	4	1	3	9	46,598
2013	26,829	8,687	29	2,266	5	8	29	359	6	0	8	7	38,233
2014	20,124	7,786	48	3,684	2	22	45	794	0	0	27	2	32,533
2015	16,695	9,558	75	3,622	2	68	93	522	0	3	14	14	30,667
2016	21,418	8,536	69	3,330	6	12	136	1,244	0	0	11	13	34,776

表 2. 漁獲量とコホート解析結果

歴年	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)
	日本	韓国	計					
1992	35	2	37	111	47	145	33	3.112
1993	50	7	57	187	43	454	30	10.687
1994	57	6	62	164	66	279	38	4.232
1995	51	8	60	150	63	321	40	5.059
1996	42	5	48	159	62	266	30	4.294
1997	63	3	66	197	70	390	33	5.531
1998	68	10	78	238	77	553	33	7.182
1999	88	21	109	226	85	419	48	4.925
2000	47	20	67	149	70	195	45	2.804
2001	63	5	68	161	48	344	42	7.169
2002	45	3	48	126	47	192	38	4.085
2003	46	3	49	117	47	195	42	4.178
2004	31	6	37	166	38	390	22	10.161
2005	76	16	91	186	71	305	49	4.320
2006	61	3	64	157	56	287	41	5.122
2007	54	1	55	119	50	191	46	3.817
2008	40	3	43	94	36	188	46	5.163
2009	36	7	44	106	33	264	41	8.072
2010	30	5	35	124	34	271	28	8.021
2011	49	12	61	144	57	260	42	4.558
2012	47	3	50	128	49	220	39	4.530
2013	38	13	51	124	45	265	41	5.870
2014	33	2	35	103	46	178	34	3.884
2015	31	9	40	115	45	226	34	5.081
2016	35	22	57	131	47	246	44	5.203

表 3. 2017 年以降の資源尾数等（暦年）

F30%SPR、Fmed、Fcurrent で漁獲した場合の年齢別漁獲係数、資源尾数、資源量、親魚量、漁獲尾数、漁獲量。体重（g）は、0 歳＝250、1 歳＝356、2 歳＝549、3 歳以上＝697（2014～2016 年平均体重）。

F30%SPR

年齢別漁獲係数

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	0.49	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
1 歳	0.65	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
2 歳	0.84	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
3 歳以上	0.84	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
平均	0.70	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	207	208	255	309	375	455	552
1 歳	95	85	101	124	150	182	221
2 歳	27	33	37	44	54	66	80
3 歳以上	12	11	17	21	25	31	37
計	342	339	411	499	605	734	891

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	52	52	64	77	94	114	138
1 歳	34	30	36	44	54	65	79
2 歳	15	18	21	24	30	36	44
3 歳以上	9	8	12	15	18	21	26
資源量	109	109	132	161	195	236	287
親魚量	42	42	51	62	75	91	111

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	67	48	58	71	86	104	126
1 歳	38	25	29	36	43	53	64
2 歳	13	12	13	16	19	24	29
3 歳以上	6	4	6	8	9	11	13
計	124	88	107	130	158	191	232

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	17	12	15	18	21	26	32
1 歳	14	9	10	13	15	19	23
2 歳	7	7	7	9	11	13	16
3 歳以上	4	3	4	5	6	8	9
計	42	30	37	44	54	65	79

表 3. 2017 年以降の資源尾数等（暦年）の続き

Fmed

年齢別漁獲係数

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	0.49	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
1 歳	0.65	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
2 歳	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
3 歳以上	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
平均	0.70	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	207	208	209	209	209	209	210
1 歳	95	85	87	87	87	87	87
2 歳	27	33	30	31	31	31	31
3 歳以上	12	11	13	13	13	13	13
計	342	339	339	339	339	339	339

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	52	52	52	52	52	52	52
1 歳	34	30	31	31	31	31	31
2 歳	15	18	17	17	17	17	17
3 歳以上	9	8	9	9	9	9	9
資源量	109	109	109	109	109	109	109
親魚量	42	42	42	42	42	42	42

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	67	66	66	66	66	66	66
1 歳	38	34	34	34	34	34	34
2 歳	13	16	14	15	15	15	15
3 歳以上	6	5	6	6	6	6	6
計	124	121	121	121	121	121	121

年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	17	17	17	17	17	17	17
1 歳	14	12	12	12	12	12	12
2 歳	7	9	8	8	8	8	8
3 歳以上	4	4	4	4	4	4	4
計	42	41	41	41	41	41	41

表 3. 2017 年以降の資源尾数等（暦年）の続き

Fcurrent

年齢別漁獲係数

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
1 歳	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
2 歳	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
3 歳以上	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
平均	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	207	208	206	204	202	199	197
1 歳	95	85	86	85	84	83	82
2 歳	27	33	30	30	30	29	29
3 歳以上	12	11	13	12	12	12	12
計	342	339	335	331	328	324	320

年齢別資源量（千トン）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	52	52	52	51	50	50	49
1 歳	34	30	31	30	30	30	29
2 歳	15	18	16	17	16	16	16
3 歳以上	9	8	9	9	9	8	8
資源量	109	109	108	106	105	104	103
親魚量	42	42	41	41	40	40	40

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	67	67	67	66	65	64	64
1 歳	38	34	34	34	34	33	33
2 歳	13	16	14	15	14	14	14
3 歳以上	6	5	6	6	6	6	6
計	124	123	122	120	119	118	116

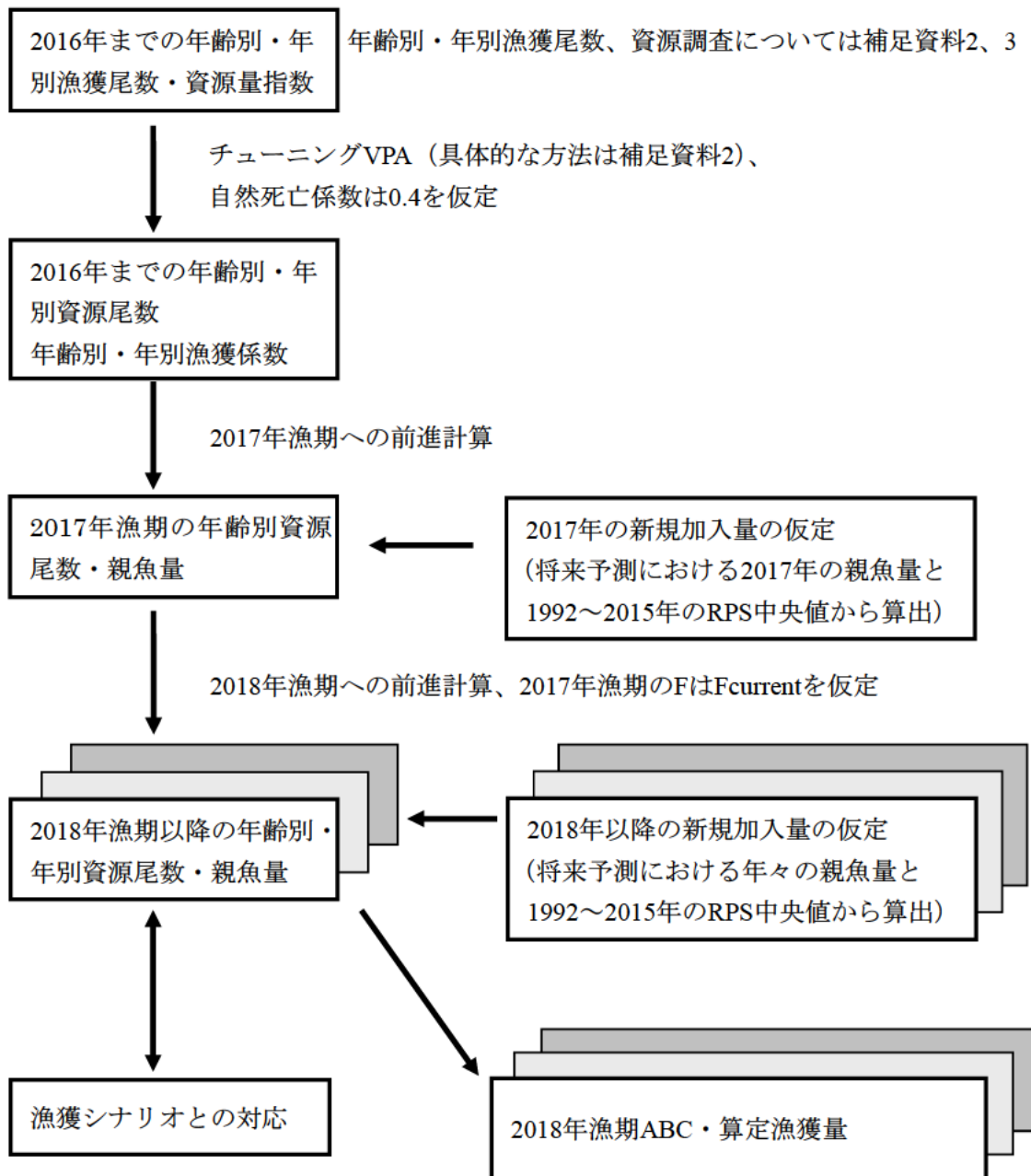
年齢別漁獲量（千トン）

年齢\年	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0 歳	17	17	17	16	16	16	16
1 歳	14	12	12	12	12	12	12
2 歳	7	9	8	8	8	8	8
3 歳以上	4	4	4	4	4	4	4
計	42	42	41	41	40	40	39

表 4. 0 歳魚の漁獲係数削減の効果（暦年）

削減率		0%	20%	40%	60%	80%	100%
漁獲係数 F	0 歳	0.49	0.39	0.29	0.20	0.10	0.00
	1 歳	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
	2 歳	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
	3 歳以上	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
2023 年漁獲量（千トン）		39	48	58	69	81	91
2023 年親魚量（千トン）		40	51	67	88	116	150

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

1. コホート計算

ゴマサバの年齢別・年別漁獲尾数を推定し、コホート計算によって資源尾数を計算した。2016 年の漁獲物平均尾叉長と体重、及び資源計算に用いた成熟割合は以下のとおり。年齢 3+は 3 歳以上を表す。自然死亡係数 M は田内・田中の式（田中 1960）により、最高年齢を 6 歳として 0.4 ($M=2.5 \div \text{最高年齢 } 6 \text{ 歳} \div 0.4$) と仮定した。

年齢	0	1	2	3+
尾叉長 (cm)	26.8	29.4	33.6	36.7
体重 (g)	270	356	539	709
成熟割合 (%)	0	60	85	100

年齢別・年別漁獲尾数は九州主要港における入り数別漁獲量及び沿岸域で漁獲されたゴマサバの体長組成から推定した（補注 2）。1992～2016 年の年齢別・年別漁獲尾数（1 月～12 月を 1 年とする）を日本の漁獲量について推定し、日本と韓国の漁獲量の合計値で引き伸ばした。韓国のさば類漁獲量のうちゴマサバが占める割合は、2007 年以前については、韓国水域内で操業した日本の大中型まき網漁船によるデータからゴマサバの割合を算出し、これと同一とした。2008 年以降については、韓国の漁獲量がマサバ・ゴマサバそれぞれについて公表されるようになったので、韓国のゴマサバ漁獲量を用いた。ただし 2009 年については、韓国のゴマサバの漁獲量の値が異常に高く、値の信頼性が低いことから、2007 年以前と同一の方法で算出した。中国の漁獲量については考慮していない。

年齢別資源尾数の計算は、生残の式（式 1）と漁獲方程式（式 2）に基づくコホート解析を用いた。

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

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

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 a は年齢（0～3+歳）、 y は年である。 F の計算は石岡・岸田（1985）の反復式を使い、プラスグループの資源尾数の扱いについては、平松（2000；非定常な場合のプラスグループ扱い方）に従った。また、最高年齢群 3 歳以上（3+）と 2 歳の各年の漁獲係数 F は同一とした。

$$F_{3+,y} = F_{2,y} \quad (3)$$

最近年（2016 年）における 0、1、2 歳魚の F を、リッジ VPA（Okamura et al., 2017）の手法に基づき推定した。リッジ VPA は F の大きさに応じてペナルティを課すことで、 F の推定に関する不安定性を軽減させる手法である。2016 年の資源評価で使われた手法で、 F を推定した場合、2016 年の 1 歳魚と 2 歳（3 歳以上）魚の F が非常に高くなることが明らかになった。またレトロスペクティブ解析により、最近年の F が過大推定される傾向（レトロスペクティブバイアス）があることがわかった。そのため、このバイアスをなくすよ

うにペナルティの大きさを決め、F を推定した。具体的には、資源量指標値への適合度を示した尤度 L（負の対数尤度 $-\ln L$ として定義）と F の 2 乗値へのペナルティを重み付けした目的関数（式 4）を定義し、これを最小化するように F を推定した。その時、重み λ （ $0 \leq \lambda \leq 1$ ）は F のレトロスペクティブバイアス ρ （式 5）が 0 になるような λ とした。

$$\text{最小} \quad -(1-\lambda)\ln L + \lambda \sum_{a=0}^2 F_{a,y}^2 \quad (4)$$

$$\rho = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{F'_{Y-i} - F'_{Y-i}}{F'_{Y-i}} \quad (5)$$

$$F'_y = \sum_{a=0}^3 F_{a,y} \quad (6)$$

尤度は（式 7）のように（1）大中型まき網漁業の年齢別 CPUE（漁獲量/網；補注 3）と年齢別資源量の変動傾向及び（2）枕崎港に水揚げする中小型まき網の CPUE（水揚量/入港隻；補注 3）と全資源量の変動傾向とのフィットの度合いを評価した。対象期間は、漁船数など操業形態が現在に近く、漁獲効率が同じとみなせる 2003～2016 年とした。最小化させる負の対数尤度を以下のように定義した（山川 未発表）。

$$\begin{aligned} -\ln L = & \sum_a \sum_y \left[\frac{\left[\ln I_{a,y} - (b_a \ln B_{a,y} + \ln q_a) \right]^2}{2\sigma_a^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \right) \right] \\ & + \sum_y \left[\frac{\left[\ln J_y - \left(b' \ln \left(\sum_{a=0}^{3+} s_{a,y} B_{a,y} \right) + \ln q' \right) \right]^2}{2\sigma'^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'} \right) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $I_{a,y}$ は y 年における a 歳の大中型まき網 CPUE、 J_y は y 年における中小型まき網 CPUE、 $B_{a,y}$ は y 年における a 歳の資源量、 $s_{a,y}$ は y 年における a 歳魚に対する中小型まき網の年齢別漁獲選択率、 q_a 、 b_a 、 σ_a 、 q' 、 b' 、 σ' は推定パラメータ（ターミナル F と同時推定）である。年齢別・年別の資源量は、年齢別・年別の資源尾数に年齢別・年別の漁獲物平均体重 $w_{a,y}$ を掛け合わせて求めた。

$$B_{a,y} = N_{a,y} w_{a,y} \quad (8)$$

また、 $I_{a,y}$ や J_y と $B_{a,y}$ との間には、以下のべき乗式で表される関係があることを仮定している。

$$I_{a,y} = q_a B_{a,y}^{b_a} \quad (9)$$

$$J_y = q' \left(\sum_{a=0}^{3+} s_{a,y} B_{a,y} \right)^{b'} \quad (10)$$

ただし、本資源評価では b_a および b' は 1 に固定した。また現状のモデルでは、漁業別の漁獲死亡係数や選択率の推定が難しいため、中小型まき網の漁獲選択率 $s_{a,y}$ はどの年齢で

も 1 と仮定し、中小型まき網の資源量指標値は各年の全資源量を反映する指標値とみなした。

F のレトロスペクティブバイアス ρ は、最新の資源評価の最終年 Y (2016 年) までのフルデータに対する各年の F と、最新データを i 年分落とした場合の最終年 (Y-i 年) の F の推定値 F^R との相対値 (Mohn 1999) の平均値である。データを遡る年数 P は 5 年とした。

2016 年の F の推定値は、 $F_{0,2016}=0.55$ 、 $F_{1,2016}=0.93$ 、 $F_{2,2016}=F_{3+,2016}=0.94$ と推定された。また推定された λ は 0.64 であった。その他のパラメータは $q_0=0.25$ 、 $q_1=0.25$ 、 $q_2=0.18$ 、 $q_3=0.21$ 、 $q'=0.11$ 、 $\sigma_0=0.30$ 、 $\sigma_1=0.38$ 、 $\sigma_2=0.37$ 、 $\sigma_3=0.48$ 、 $\sigma'=0.31$ であった。リッジ VPA では、F のレトロスペクティブバイアスの解消に加えて、資源量と親魚量のレトロスペクティブバイアスもそれぞれ-6%から 2%に、-14%から 2%に改善した。ちなみに、 λ が 0 のとき (通常のチューニング VPA に相当)、F のバイアス ρ は 46%と大きく (すなわち F は過大推定)、また $F_{0,2016}=0.63$ 、 $F_{1,2016}=1.90$ 、 $F_{2,2016}=F_{3+,2016}=1.68$ と、1 歳以上の F が非常に高く推定された。

年齢別資源量指標値 (トン/網もしくはトン/隻)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0 歳	23.61	22.93	17.42	21.27	15.49	16.93	19.01	12.16	11.83	13.81
1 歳	8.51	7.56	12.64	12.60	12.22	6.91	10.37	10.50	7.01	9.36
2 歳	3.11	3.05	4.99	3.18	4.06	2.34	4.47	1.54	3.55	3.80
3 歳以上	4.62	1.93	1.51	2.15	2.36	1.09	2.25	1.35	1.88	1.91
枕崎	12.26	8.51	24.59	24.27	12.27	15.16	10.92	16.34	21.10	15.94

	2013	2014	2015	2016
0 歳	14.91	16.87	9.25	18.48
1 歳	7.37	5.05	5.53	7.79
2 歳	2.70	2.39	3.69	1.99
3 歳以上	1.06	3.08	2.61	1.95
枕崎	11.23	11.63	16.20	9.31

補注 1. ゴマサバ東シナ海系群の漁獲量は、以下のように算出した。大中型まき網の漁獲物についてはマサバとゴマサバの比率が報告されるので、東シナ海と日本海で漁獲されたゴマサバの漁獲量を合計した。これに鹿児島～秋田県の農林統計 (属人) の漁業種類別漁獲量のうち、大中型まき網以外の漁業種類によるゴマサバ漁獲量を加算した。この漁獲量は、ゴマサバがさば類漁獲量に占める割合を府県ごとに定め (鹿児島県 80%、熊本・長崎県 20%、佐賀・福岡県 10%、山口～福井県 5%、石川県以北 0%)、各府県のさば類漁獲量に乗じて算出した。

補注 2. 年齢別・年別漁獲尾数を以下のように推定した。九州主要港に水揚げされる大中型まき網の漁獲物については、月ごとに定めた各年齢の入り数範囲を用い、入り数別漁獲量から年齢別漁獲尾数を推定した。また九州の沿岸漁業及び日本海の漁獲物については、月ごとに定めた各年齢の体長範囲を用いて、体長測定データと漁獲量から年齢別漁獲尾数

を推定した。銘柄の年齢への振り分けは、7～12月の豆銘柄を0歳、1～6月の豆銘柄と7～12月の小銘柄を1歳、1～6月の小銘柄と7～12月の中銘柄を2歳、1～6月の中銘柄と全ての大銘柄を3+歳とした。

補注 3. 東シナ海・日本海で操業する大中型まき網漁業の年齢別資源量指標値は、主漁期である1～5月と8～12月のゴマサバを対象とした操業について、各年齢に相当する銘柄（補注2）の一網当り漁獲量（CPUE）として以下のように求めた。なお、2017年度資源評価より、より広域のCPUEを算定するために、東シナ海・日本海西部に加えて、日本海北中部の漁獲データを使うことにした。まず、日別・船別の漁獲成績報告書に基づき、ゴマサバの漁獲量が全魚種の総漁獲量の10%より大きい操業日を抽出し、日別・船別・年齢別のCPUEを計算した。10%という狙い種を特定するには比較的低い閾値は、資源の減少を的確に捉えるため、なるべく多くの操業データを取り込み、明らかに混獲とみなせる操業のみを除外するという方針が反映されている。次に、各年齢におけるCPUEの算術平均を求め、年齢別資源量指標値とした。また、枕崎港の中小型まき網漁業の資源量指標値は、1～12月の一入港隻当たりのゴマサバ水揚量として求めた。なお、枕崎港の水揚量は銘柄別に集計されているが、銘柄と年齢の関係についての検討が十分ではないため、全銘柄込みの指標値を計算した。

2. ABC 算定方法

2017年以降の資源尾数の将来予測にはコホート解析の前進法を用いた。

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

$$N_{3+,y+1} = N_{3+,y} \exp(-F_{3+,y} - M) + N_{2,y} \exp(-F_{2,y} - M) \quad (12)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} (1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \quad (13)$$

将来予測における加入量は、再生産成功率と親魚量の積とし、再生産成功率は1992～2015年の中央値である5.0尾/kgとした。ただし、今後の見積もりでは、加入量が1992年以降の最大値（5.5億尾、1998年）を超えないこととした。2017年のFはF_{current}（2014～2016年の平均）と仮定し、2018年よりそれぞれの漁獲シナリオに基づいたFを適用した。2017年以降の年齢別選択率は2012～2016年の平均とした。

漁期年（7月～翌年6月）ABCを計算するために、2016年以降は資源尾数と漁獲尾数を半年（0.5年）ごとに求め、2018年漁期（2018年7月～2019年6月）のABCを算定した（平成29年度 マサバ対馬暖流系群の資源評価報告書 補足資料2-2 参照）。

引用文献

- 平松一彦 (2000) VPA. 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源評価教科書－, 104-127.
- 石岡清英・岸田 達 (1985) コホート解析に用いる漁獲方程式の解法とその精度の検討.

南西水研報, **19**, 111-120.

Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 473-488.

Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES J. Mar. Sci.*, doi:10.1093/icesjms/fsx089.

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.

補足資料3 調査船調査の結果

(1) 夏季(8～9月)に九州西岸と対馬東海域で行った計量魚探による浮魚類魚群量調査から得られた現存量指標値を以下に示した。本データにはマサバとゴマサバの区別がないため、「さば類」として示した。

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
さば類	0.2	2.2	1.6	0.9	0.3	0.3	0.05	1.0	2.7
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
さば類	1.7	0.9	8.3	0.8	0.4	0.8	7.8	1.6	1.7
年	2015	2016							
さば類	1.3	2.3							

(2) 5～6月に東シナ海陸棚縁辺部で行った着底トロールを用いた資源量直接推定調査から得られた0歳魚を主体とする現存量推定値(トン)を以下に示した(調査海域面積を138千km²、漁獲効率を1とした)。なお、本調査は底魚類を対象としており、ゴマサバの分布水深を網羅していないため、本推定値は参考値として取り扱った。

年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ゴマサバ	31,300	67,230	6,417	4,515	873	501	11,063	251
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ゴマサバ	3,694	78	327	11,479	11,813	141	604	9,065
年	2016	2017						
ゴマサバ	18,568	10,165						

(3) 2000年からニューストンネット等を用いた新規加入量調査(幼稚魚分布調査)を2～6月の東シナ海及び九州沿岸海域で行っている。結果は平成29年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価報告書補足資料3(4)を参照。

補足資料 4 ゴマサバ東シナ海系群のコホート解析結果（暦年）

年齢 年＼	漁獲尾数（百万尾）				漁獲重量（千トン）				漁獲係数 F			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1992	27	57	12	3	8	21	6	2	0.25	0.77	0.60	0.60
1993	82	34	29	11	24	12	14	8	0.24	0.76	1.80	1.80
1994	56	112	14	4	12	41	7	2	0.28	0.81	1.17	1.17
1995	80	65	39	3	15	24	18	2	0.36	0.78	1.03	1.03
1996	48	69	13	5	13	25	6	4	0.25	0.77	0.44	0.44
1997	110	48	21	12	29	18	11	9	0.41	0.53	0.75	0.75
1998	100	98	23	10	24	36	12	7	0.25	1.09	0.70	0.70
1999	169	170	18	12	42	51	9	8	0.65	1.16	0.76	0.76
2000	48	94	30	10	13	32	14	7	0.35	1.38	0.85	0.85
2001	120	40	16	15	34	14	8	11	0.54	0.71	1.36	1.36
2002	66	55	13	4	20	20	6	3	0.53	0.66	0.75	0.75
2003	67	42	20	5	19	16	10	4	0.53	1.04	0.69	0.69
2004	77	14	7	8	23	5	4	5	0.27	0.26	0.64	0.64
2005	167	90	17	6	46	33	9	4	1.03	0.76	0.70	0.70
2006	114	32	26	7	34	12	14	5	0.64	0.72	0.69	0.69
2007	67	60	12	14	18	21	6	9	0.54	1.16	0.91	0.91
2008	93	29	10	6	23	10	6	5	0.87	0.61	0.81	0.81
2009	75	31	16	6	18	12	9	5	0.42	1.19	1.22	1.22
2010	57	42	5	3	16	14	3	3	0.29	0.57	0.78	0.78
2011	93	58	25	3	22	24	13	2	0.55	0.71	1.05	1.05
2012	71	42	22	6	20	15	11	4	0.49	0.69	0.88	0.88
2013	105	43	12	6	25	15	7	4	0.64	0.83	0.58	0.58
2014	50	30	12	8	12	11	7	6	0.41	0.47	0.76	0.76
2015	61	25	20	7	15	9	11	5	0.39	0.47	0.90	0.90
2016	88	53	17	8	24	19	9	5	0.55	0.93	0.94	0.94

補足資料 4 ゴマサバ東シナ海系群のコホート解析結果（暦年）の続き

年齢 年＼	平均体重 (g)				資源尾数 (百万尾)				資源量 (千トン)			
	0	1	2	3+	0	1	2	3+	0	1	2	3+
1992	296	373	462	692	145	126	32	8	43	47	15	6
1993	287	357	474	703	454	76	39	15	130	27	19	10
1994	219	365	487	659	279	238	24	6	61	87	12	4
1995	188	374	454	687	321	142	71	6	61	53	32	4
1996	270	361	474	641	266	151	43	18	72	54	21	12
1997	262	370	505	731	390	139	47	27	102	52	24	20
1998	238	365	508	667	553	173	55	23	132	63	28	15
1999	247	298	489	655	419	290	39	26	103	86	19	17
2000	280	343	487	700	195	146	61	20	55	50	30	14
2001	285	362	519	729	344	92	25	23	98	33	13	17
2002	299	360	475	690	192	135	30	8	57	49	14	6
2003	284	388	508	721	195	76	47	12	55	29	24	9
2004	295	362	520	693	390	77	18	20	115	28	9	14
2005	274	366	505	710	305	200	40	13	84	73	20	10
2006	296	367	524	685	287	73	62	18	85	27	33	12
2007	276	345	534	672	191	102	24	27	53	35	13	18
2008	243	342	597	754	188	74	21	14	46	25	13	10
2009	240	376	567	749	264	53	27	10	63	20	15	8
2010	272	327	581	755	271	117	11	7	74	38	6	6
2011	237	404	533	712	260	136	44	6	62	55	24	4
2012	280	347	519	688	220	100	45	12	62	35	23	8
2013	239	345	557	668	265	91	34	16	64	31	19	11
2014	233	359	560	701	178	94	27	18	42	34	15	13
2015	247	352	546	680	226	79	39	14	56	28	21	10
2016	270	356	539	709	246	102	33	15	66	36	18	10