

令和元（2019）年度ゴマサバ東シナ海系群の資源評価

担当水研：中央水産研究所、西海区水産研究所

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

本系群の資源量は 1992 年以来、概ね 100 千～200 千トン程度の範囲で比較的安定的に増減しており、2018 年の値は 204 千トンと推定された。2018 年の親魚量は 87 千トンの過去最高値となった。本系群の再生産関係には、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」においてホッケースティック型関係（HS）が適用されており、最大持続生産量（MSY）を実現することのできる水準の親魚量（SB_{msy}）は 109 千トンと推定されている（林ほか 2019）。この基準に従うと、本系群の 2018 年の親魚量は MSY を実現する水準を下回る。また本系群に対する漁獲圧は近年低下傾向にあったが、2018 年に急上昇して MSY を実現する水準（F_{msy}）を上回った。親魚量の動向は近年 5 年間（2014～2018 年）の推移から「増加」と判断された。本系群は韓国、中国等によっても漁獲され、特に東シナ海において操業する数百隻の中国漁船は当該資源に大きな影響を与えていると想定されるが、本資源評価では中国漁船による漁獲を考慮できていない。

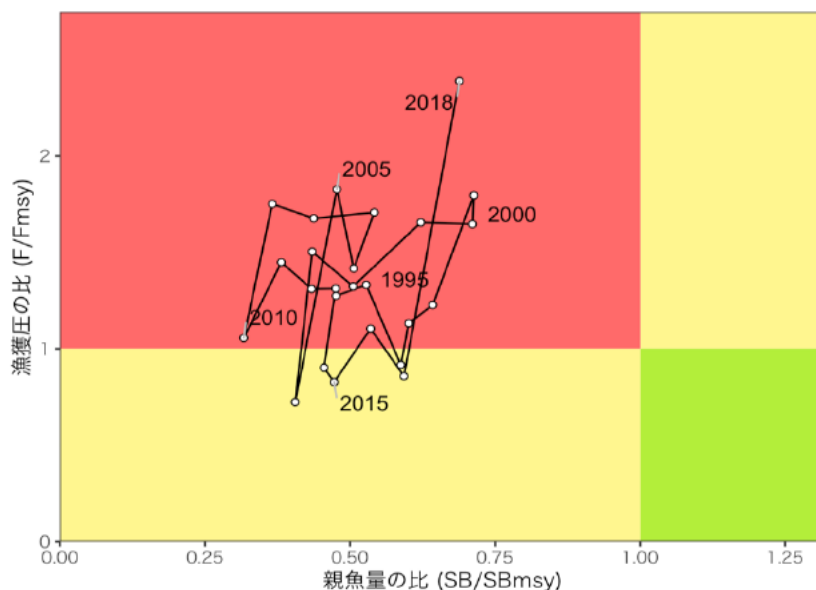
（本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて作成される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した）

項目	値	備考
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.36, 0.47, 0.66, 0.66)	
%SPR (Fmsy)	26.4%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY
2018 年の親魚量と漁獲圧		
SB2018	87 千トン	2018 年の親魚量
F2018	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.88, 1.05, 1.62, 1.62)	
%SPR (F2018)	9.3%	2018 年の%SPR
%SPR (F2016-2018)	18.4%	2016~2018 年の平均漁獲圧に対応する%SPR
MSY を実現する水準に対する比率 (神戸プロットの値は 3 年間の移動平均値)		
SB2018/ SBmsy	0.80	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2018 年の親魚量の比
F2018/ Fmsy	2.40	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2018 年の漁獲圧の比*

*2018 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

再生産関係：ホッケースティック型（自己相関なし）

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
親魚量の動向	増加



1. データセット

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）府県） ・市場測定 水産統計（韓国海洋水産部）（ http://www.fips.go.kr 、2019 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）* 枕崎港中型まき網銘柄別水揚量（鹿児島県）* 新規加入量調査「ニューストーンネットを用いた新規加入量調査」（2～6 月、水研、長崎県、鹿児島県） ・ニューストーンネット 魚群分布調査「計量魚探などを用いた浮魚類魚群量調査」（8～9 月、水研） ・計量魚探、中層トロール 資源量直接推定調査「底魚類現存量調査（東シナ海）」（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である。

本系群の年齢の起算日は 1 月 1 日とした。

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 2-1）。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 2-2）。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2-3)。

(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) 漁獲量の推移と漁獲物の年齢組成

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した(補足資料2-補注1、表3-1)。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3-1、表3-1)。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、2018年の漁獲量は前年よりやや増加して41千トンであった。

韓国のゴマサバ漁獲量は、2017年には11千トンと平年並みの水準であったが、2018年には74千トンと過去最高であった(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)。中国のさば類漁獲量は2010年以降、50万トン前後に増加し、2017年も44万トンと同水準であった(FAO Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950-2017 (Release date: March 2019)、<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>、2019年3月)。ただし、中国におけるマサバとゴマサバの魚種別漁獲量は不明である。

2018年も例年通り、0歳魚と1歳魚が主に漁獲された(図3-2、補足資料4)。

(3) 漁獲努力量

東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網の網数を図3-3に示す。網数は、1980年代後半に過去最多となったが、1990年以降、減少が続いている。2018年の網数は過去最少(4,710網)を記録した。これは秋を中心とした太平洋での操業増加が主な理由である。

4. 資源の状況

(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 および 2）。計算は 1992～2018 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）を平成 29 年度資源評価より採用している。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（2018）年の値が得られないことなどから使用していない。

本資源評価に関連して、新規加入量（0 歳魚）を主対象とした調査を複数実施しており、2018 年には、2～6 月にニューストーンネットを用いた新規加入量調査、5～6 月に着底トロール網による資源量直接推定調査、8～9 月にトロール網と計量魚探による魚群分布調査を行った（補足資料 3）。ただし、現時点では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、これらの調査結果は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、マサバ、ゴマサバの判別など調査・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 18 トン/網となった（図 4-1）。しかし、資源密度指数は以後、減少傾向にあり、2018 年は 9 トン/網であった。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 4-1）。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、2018 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ゴマサバの漁獲があった漁区間で平均した値とした。有効漁獲努力量は、2018 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。

コホート解析には、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用いた（図 4-2、補足資料 2-補注 3）。2018 年の年齢別指標値は、0～1 歳魚では過去 15 年と比べて低かったが、2～3 歳魚は平年並みだった。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型まき網の銘柄別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（図 4-3、補足資料 2-補注 3）。平成 30 年度資源評価より、年級豊度をより精確に評価するために、銘柄を出来る限り細かく年齢群に変換し、豆銘柄と小銘柄を 0～1 歳、中銘柄（中小を含む）と大銘柄を 2 歳以上の指標とした。どちらの年齢群の指標値も 2003 年以降緩やかな変動を繰り返している。2018 年の資源量指標値は 0～1 歳、2 歳以上ともに、過去 16 年間にわたる平均的な値であった。

（3）資源量と漁獲割合の推移

コホート解析により求めた本系群の資源量は、1992 年以降、100 千～200 千トン程度の範囲で比較的安定的に推移している（図 4-4、表 4-1）。2018 年の資源量は 204 千トンであった。漁獲割合は 2012 年までは 40%前後の値で推移し、その後継続的に 40%を下回っていた。

が、2018年に急増して57%となった。

加入量（資源計算の0歳魚資源尾数）は、1992年以降において概ね2億～4億尾前後で変動しており、2018年には3.9億尾となった（図4-5、表4-1）。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は2014年までは30千～80千トンの間で増減を繰り返してきたが、その後連続的に増加し、2018年には87千トンの過去最高値となった（図4-5、表4-1）。

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として資源評価を行った。2018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4-6）。

漁獲係数F（各年齢のFの単純平均）は、1992～2017年においておよそ0.5～1の範囲で上下を繰り返してきた（図4-7）。2012年以降、Fは緩やかな低下傾向を示し、2017年には0.47となったが、2018年には急上昇して1.29となった。

項目	値	備考
SB2018	87千トン	2018年の親魚量
F2018	(0歳, 1歳, 2歳, 3歳以上) = (0.88, 1.05, 1.62, 1.62)	
U2018	57%	2018年の漁獲割合

(4) 加入量当たり漁獲量（YPR）、加入量あたり親魚量（SPR）、現状の漁獲圧

選択率の影響を加味して漁獲圧を比較するため、各年のF値を%SPR（年ごとに漁獲がなかったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合）に換算した値を図4-8に示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きい値をとる。%SPRは増減を繰り返しながら推移し、2000年代後半からは増加傾向にあったものの、2018年の値は9.3%と低かった。

近年5年間（2014～2018年）の選択率における平均漁獲圧に対する%SPRの関係を図4-9に示す。現状の漁獲圧（F2016-2018）は、F0.1やF30%SPR、Fmedのいずれよりも高い。図4-9には、平成31年4月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」においてMSYを算出した際の条件下での平均漁獲圧に対する%SPRの関係も示した。「管理基準値等に関する研究機関会議」と同条件下において、現状の漁獲圧（F2016-2018）とF2018はいずれもFmsyより高い。

項目	値	備考
%SPR（F2018）	9.3%	2018年の%SPR
%SPR（F2016-2018）	18.4%	現状の漁獲圧（F2016-2018）に対応する%SPR

(5) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図4-10に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」により、本系群の再生産関係にはホッケースティック型関係式が適用されている（林ほか2019）。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用するデ

ータは、平成 30（2018）年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産式の各パラメータは下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッケ－・スティック型	最小絶対値法	無	0.00493	84,935	0.33

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/kg）、b は HS の折れ点となる親魚量（トン）である。

（6）現在の環境下において MSY を実現する水準

現在（1992 年以降）の環境下において最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）として、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値（林ほか 2019）を下表に示す。

項目	推定値	備考
SBmsy	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.36, 0.47, 0.66, 0.66)	
%SPR (Fmsy)	26%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY

（7）資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-11 に示す。また漁獲割合を基準にした神戸プロットを補足資料 8 に示す。なお、漁獲圧の比（F/Fmsy）は、各年の選択率下において %SPR 値が Fmsy に対応する値となる場合の F 値と、各年の F 値との比、親魚量と漁獲割合は 3 年移動平均値である。近年における本系群に対する漁獲圧は MSY を実現する水準を上回っていると判断される。2018 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の 2.40 倍である。本系群の親魚量は 1992 年以降、継続的に MSY を実現する水準を下回っている。2018 年の親魚量は MSY を実現する親魚量の 0.80 倍であった。親魚量の動向は、近年 5 年間（2014～2018 年）の推移から増加と判断される。

項目	値	備考
SB2018/ SBmsy	0.80	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2018 年の親魚量の比
F2018/ Fmsy	2.40	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2018 年の漁獲圧の比*

*2018 年の選択率の下で F_{msy} の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して算出し求めた比率

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
親魚量の動向	増加

5. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は 1992 年以来、概ね 100 千～200 千トン程度の範囲で比較的安定的に増減しており、2018 年の値は 204 千トンと推定された（図4-4、表4-1）。親魚量（資源計算の成熟魚資源量）は2014年までは30千～80千トンの間で増減を繰り返してきたが、その後連続的に増加し、2018年には87千トンの過去最高値となった（図4-5、表4-1）。2018 年の親魚量は MSY を実現する水準を下回っていた。親魚量の動向は近年 5 年間（2014～2018 年）の推移から「増加」と判断された。漁獲圧は 1992～2013 年にはほとんどの年で MSY を実現する水準（年齢別 F の単純平均値で 0.54）よりも高かったが、2014～2017 年には MSY を実現する水準前後で推移するようになった。しかし、2018 年の F 平均値は前年から急上昇して 1.29 となり、MSY を実現する水準を上回っている。加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）は、1992 年以降において概ね 2 億～4 億尾前後で変動しており、2018 年には 3.9 億尾となった（図 4-5、表 4-1）。

6. その他

本資源評価では、2018 年における韓国のゴマサバ漁獲量の急増に関する解釈及び資源評価手法の違いが、資源評価結果に不確実性をもたらす可能性がある。2018 年の韓国の漁獲量は過去の最大値を大きく更新したが、そのような急増は我が国の漁獲量及び資源量指標値（図 4-2、図 4-3）には見られなかった。本年度評価において、昨年度の手法（黒田ほか 2019a）を踏襲して資源計算を実施すると、近年の資源量推定値は韓国の漁獲量急増の影響を受けて過去の最大値を大きく更新することとなる（補足資料 9-14）。また、2018 年の漁獲量の増加が緩やかだったと仮定した場合、2018 年の資源量推定値は本年度の評価結果と比べて 30%程度少なかった（補足資料 15-20）。

本系群の資源評価結果に不確実性をもたらすその他の要因として、中国漁船による漁獲を考慮していない点が挙げられる（黒田ほか 2019b）。また本系群に対する中国と韓国の管理措置には不明な点が多く、両国の漁業管理を将来予測の漁獲シナリオに反映させることは難しい。日本においては、現在はマサバとゴマサバをまとめた「さば類」として TAC 管理を行っているため、種別の漁獲管理規則には実行上の課題がある。上記の不確実性は、本報告書の将来予測では考慮されていないことに注意を要する。

7. 参考文献

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.

- 林 晃・安田十也・黒田啓行 (2019) 平成 31 (2019) 年度ゴマサバ東シナ海系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_gomasaba_e.pdf (last accessed 11 November 2019).
- 黒田啓行・依田真里・林 晃・竹垣草世香・佐々千由紀・高橋素光 (2019a) 平成 30 (2018) 年度ゴマサバ東シナ海の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 209-247, <http://abchan.fra.go.jp/>.
- 黒田啓行・北島 聡・後藤常夫・佐々千由紀・田中秀一・平松一彦・向草世香・安田十也・山田明徳・山田東也・由上龍嗣・依田真里 (2019b) マサバ対馬暖流系群の生態と資源, 水産海洋研究, 84(4), 237-251.
- 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., **74**, 2424-2436.
- 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.

(執筆: 林 晃・安田十也・黒田啓行・由上龍嗣)

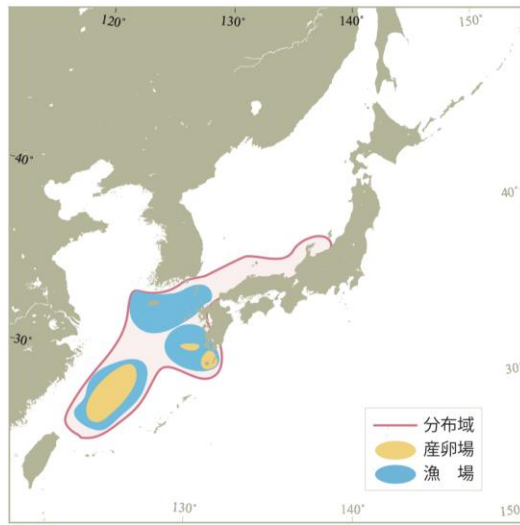


図 2-1. ゴマサバ東シナ海系群の分布域と産卵場

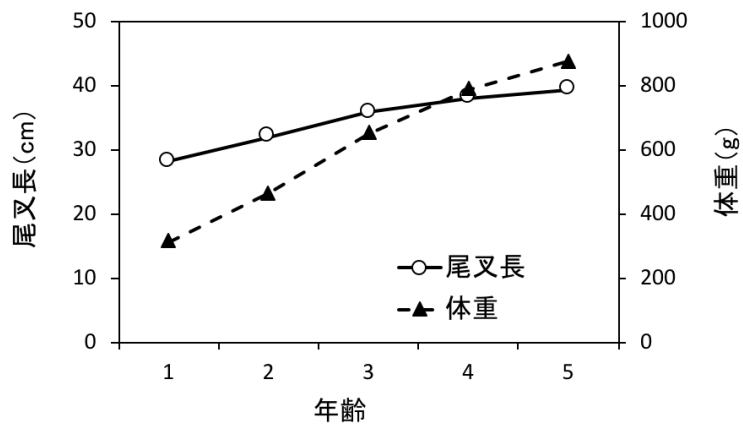


図 2-2. 年齢と成長

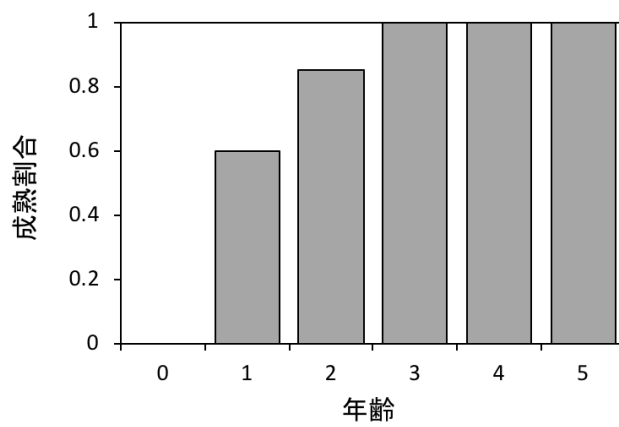


図 2-3. 年齢と成熟割合

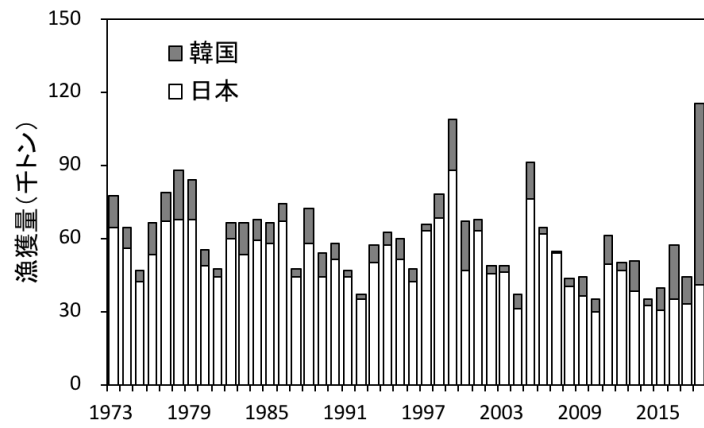


図 3-1. 漁獲量の推移

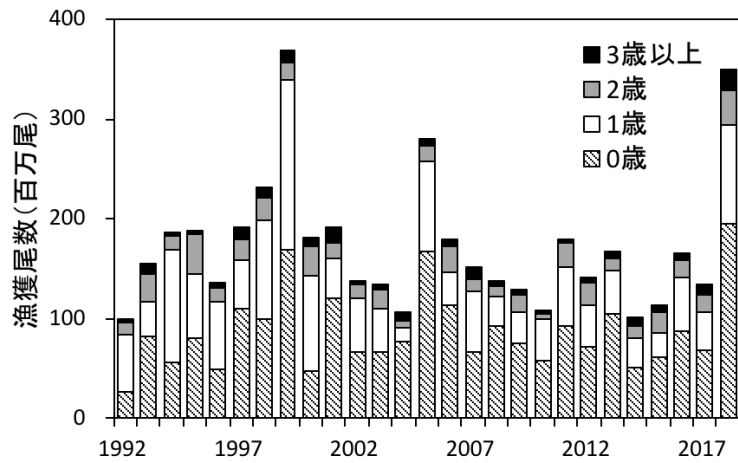


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

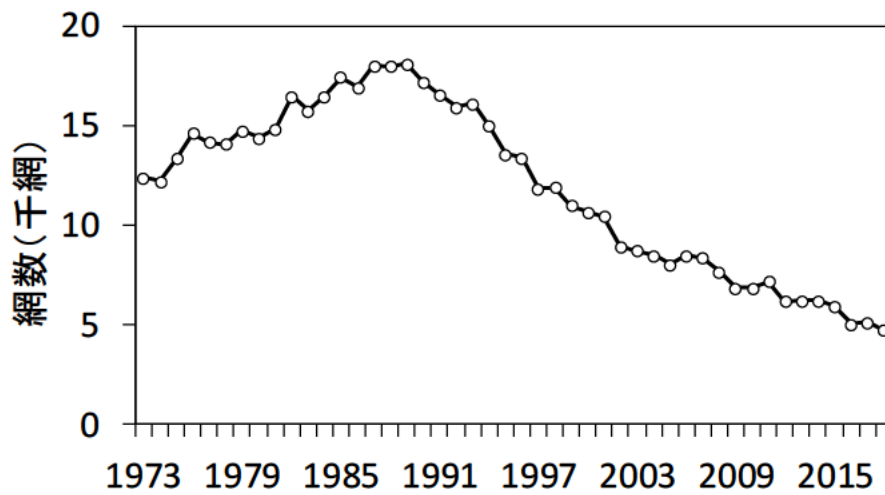


図 3-3. 東シナ海・日本海西部で操業する大中型まき網漁業の網数の推移

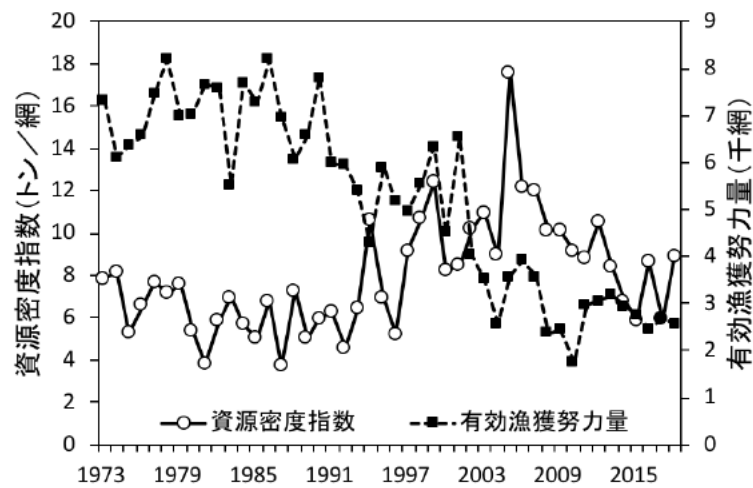


図4-1. 資源密度指数と大中型まき網の有効漁獲努力量

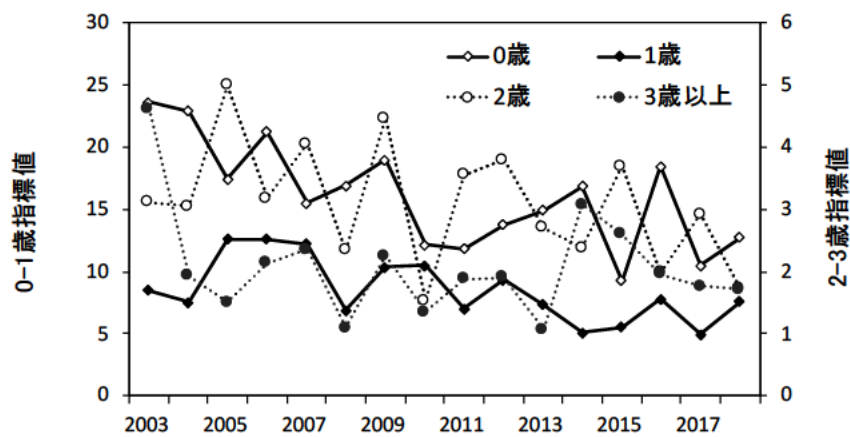


図4-2. 大中型まき網の資源量指標値

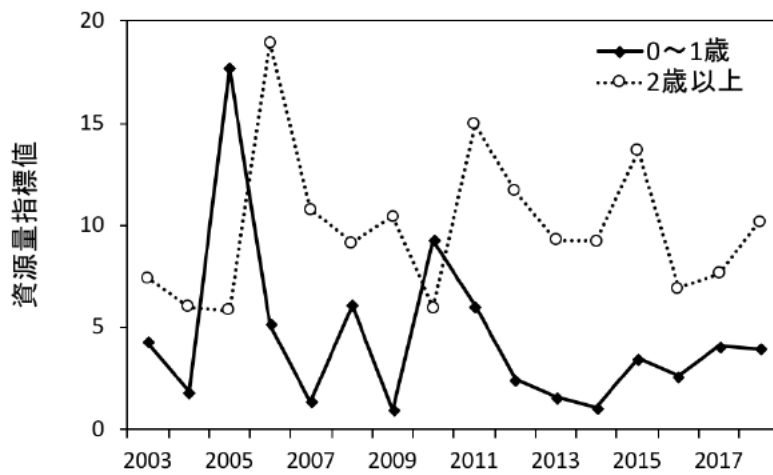


図 4-3. 枕崎港の中型まき網の資源量指標値

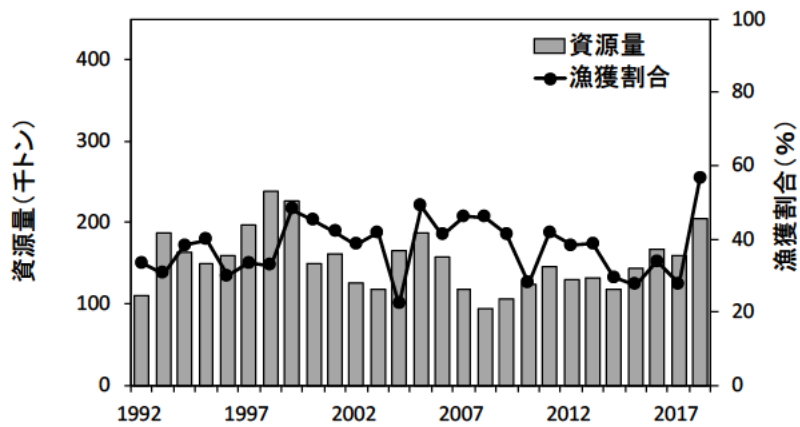


図 4-4. 資源量と漁獲割合の推移

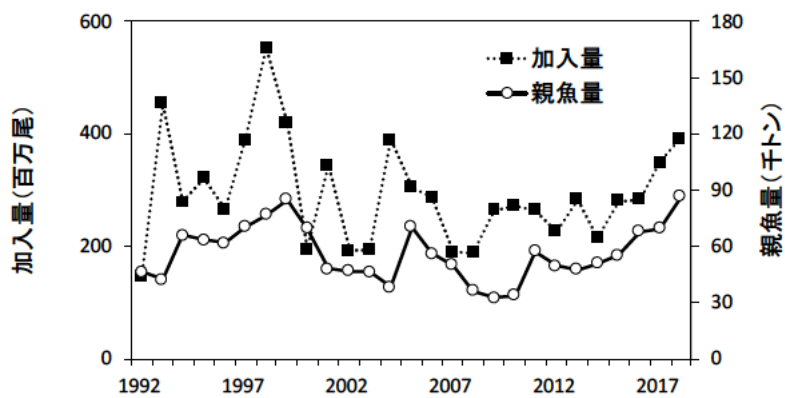


図 4-5. 加入量と親魚量の推移

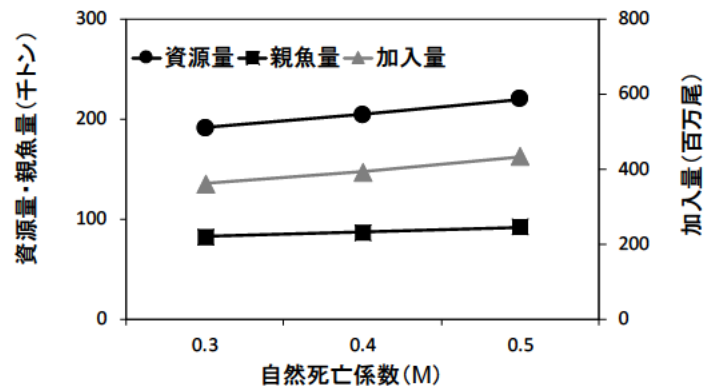


図 4-6. M の値を変化させた場合の 2018 年の資源量、親魚量と加入量の変化

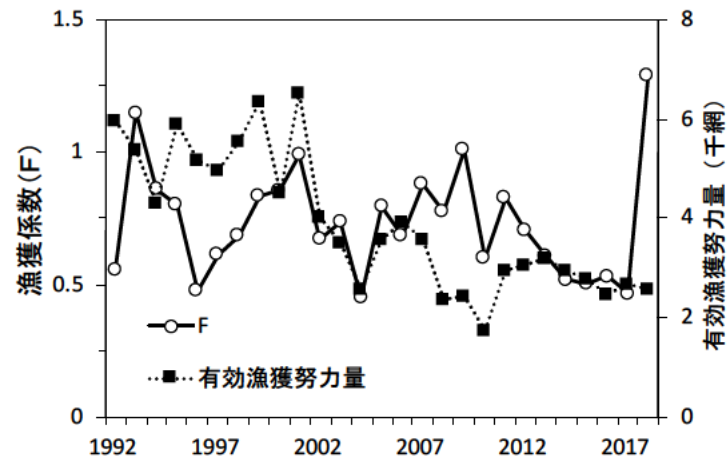


図 4-7. 各年齢の F の単純平均および有効漁獲努力量

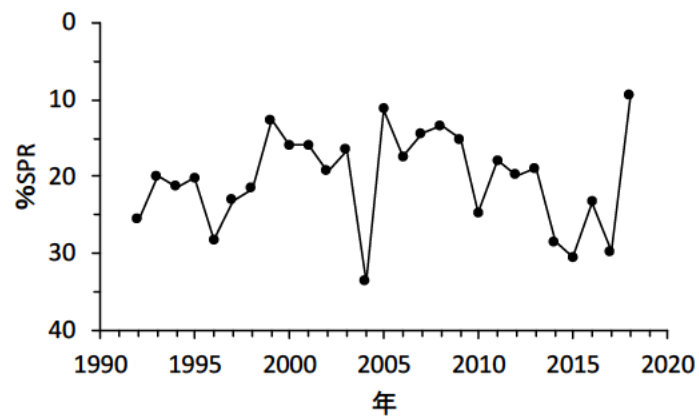


図 4-8. %SPR 値の推移

%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と %SPR は小さく（大きく）なる

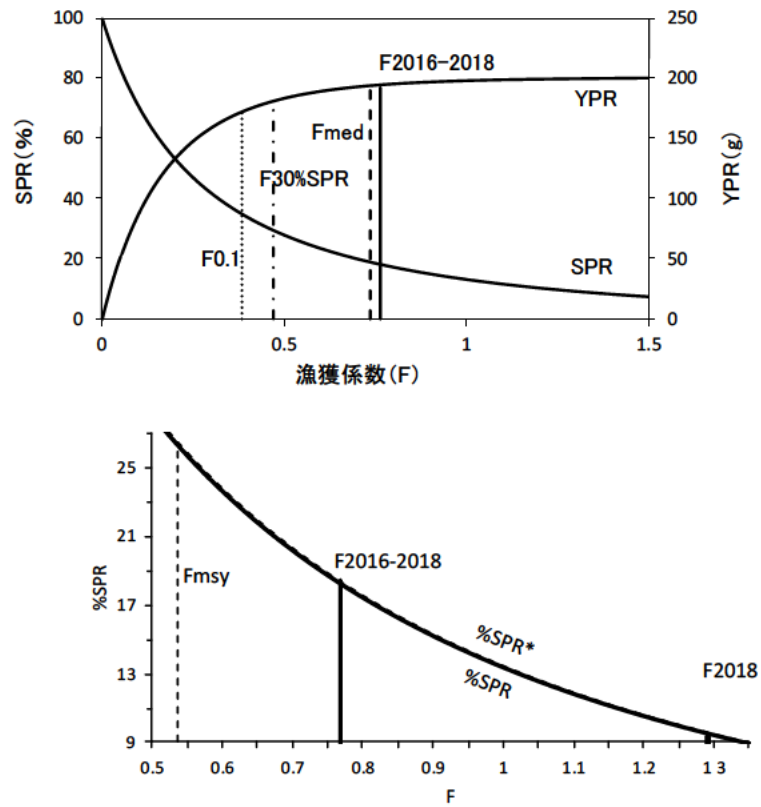


図 4-9. 現状の漁獲圧 (F2016-2018) に対する YPR と %SPR の関係

下図の SPR* (破線曲線) は MSY を算出した際の条件下での平均漁獲圧に対する %SPR の関係

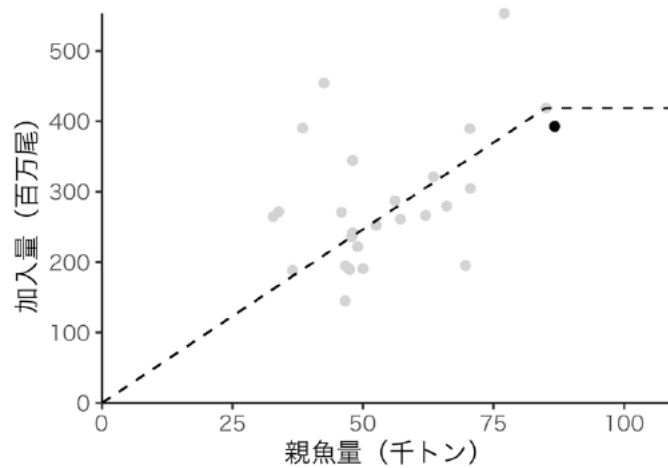


図 4-10. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係)

破線は平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」(林ほか 2019) で提案された再生産関係式。2018 年の値は●で示す

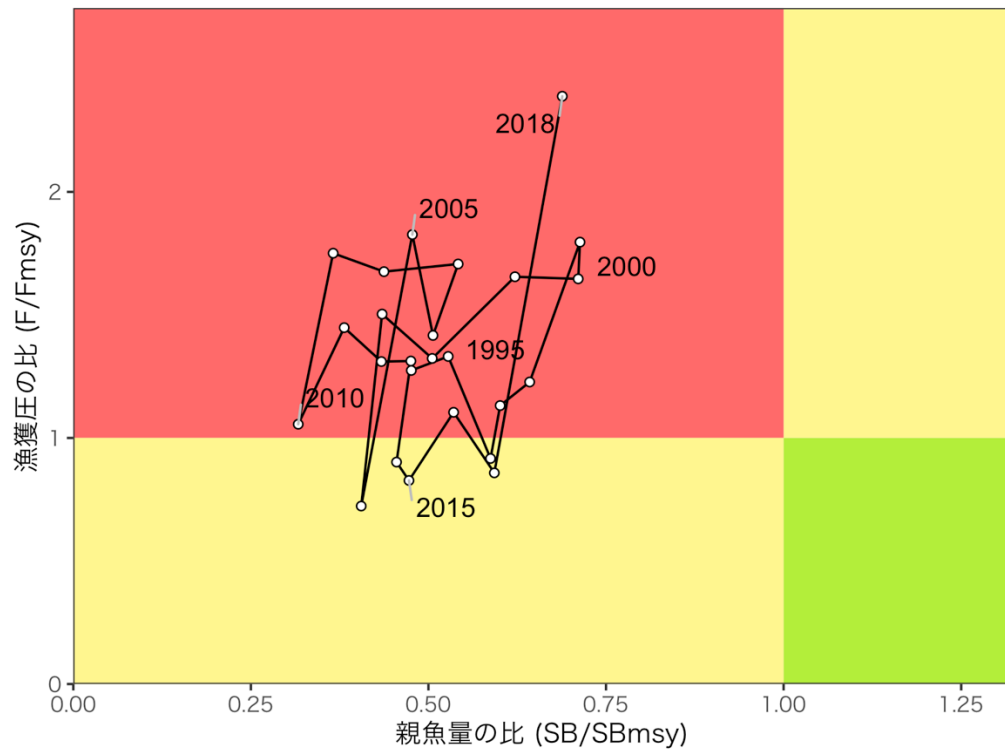


図4-11. 最大持続生産量MSYを実現する親魚量 (SB_{msy}) と漁獲圧 (F_{msy}) に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)
親魚量と漁獲圧には3年移動平均値を用いた

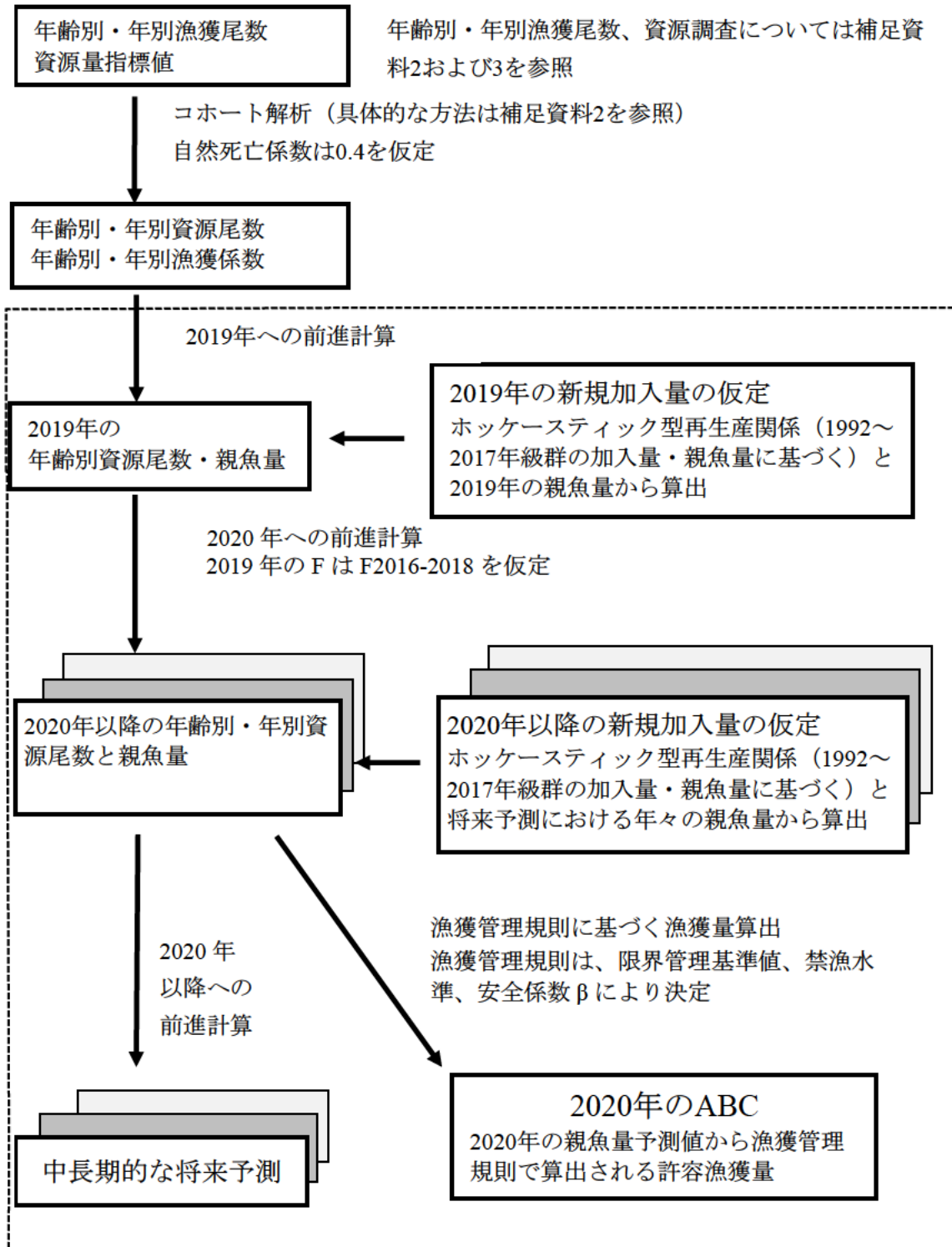
表 3-1. 大中型まき網のゴマサバ漁獲量および大中型まき網以外の漁業種の府県別ゴマサバ漁獲量（トン）

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	64,318
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	41,900
1976	43,359	7,158	222	535	3	37	41	1,932	46	36	9	109	53,487
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	67,442
1979	52,904	10,166	273	1,775	12	78	56	2,020	6	20	26	65	67,401
1980	37,683	8,401	156	1,149	9	69	73	1,336	9	2	16	47	48,950
1981	29,291	10,962	527	1,774	16	61	78	1,050	14	34	8	48	43,863
1982	44,429	11,391	721	1,688	20	113	110	1,325	33	93	5	42	59,970
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	59,193
1985	36,636	15,413	696	3,201	5	83	156	1,115	12	21	18	116	57,472
1986	55,556	8,329	138	1,225	12	118	94	1,588	47	20	5	61	67,193
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	57,592
1989	33,059	6,094	255	1,928	68	181	78	2,521	1	25	36	71	44,317
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	43,946
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	50,238
1994	46,907	4,573	152	2,185	50	273	284	2,328	0	39	33	70	56,894
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	42,090
1997	49,220	9,188	687	2,822	31	87	205	642	1	3	22	21	62,929
1998	60,130	4,548	118	1,830	17	133	329	987	1	1	25	10	68,129
1999	79,261	5,487	168	2,186	17	153	143	556	1	9	15	22	88,018
2000	38,723	5,600	72	1,512	8	58	245	410	0	6	22	14	46,670
2001	55,736	4,627	13	1,895	16	127	190	412	0	0	11	8	63,035
2002	41,201	1,382	19	1,955	3	110	177	520	0	0	15	8	45,390
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	75,826
2006	47,746	9,305	31	3,450	26	107	83	628	1	2	74	32	61,485
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	40,036
2009	24,690	6,974	15	3,604	1	64	106	901	0	1	16	7	36,379
2010	16,036	9,906	31	2,917	10	94	75	474	0	1	5	10	29,559
2011	26,265	16,358	73	4,950	2	142	80	825	0	1	14	9	48,719
2012	32,063	10,060	27	3,508	8	96	43	777	4	1	3	9	46,599
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	32,534
2015	16,695	9,558	75	3,622	2	68	93	522	0	3	14	14	30,666
2016	21,418	8,536	69	3332	6	21	136	1244	0	0	11	13	34,786
2017	15,976	10,331	137	5323	4	50	79	1019	0	0	14	10	32,944
2018	22,958	9,805	70	6528	9	85	114	1379	0	1	7	10	40,966

表 4-1. 漁獲量とコホート解析結果

	漁獲量 (千トン)			資源量	親魚量	加入量	漁獲割合	再生産成功率
年	日本	韓国	計	(千トン)	(千トン)	(100万尾)	(%)	(尾/kg)
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	3.818
2008	40	3	43	94	36	188	46	5.163
2009	36	7	44	107	33	265	41	8.089
2010	30	5	35	125	34	273	28	8.055
2011	49	12	61	146	58	264	42	4.584
2012	47	3	50	131	50	226	38	4.537
2013	38	13	51	131	47	284	39	5.975
2014	33	2	35	119	51	215	29	4.224
2015	31	9	40	144	56	281	28	5.065
2016	35	22	57	168	68	283	34	4.165
2017	33	11	44	160	70	350	28	5.015
2018	41	74	115	204	87	393	57	4.530

補足資料1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における再生産関係や管理基準値（赤字）の議論をふまえて作成される。（<http://www.jfa.maff.go.jp/j/press/sigen/190612.html>）

補足資料 2 資源量計算方法

コホート計算

ゴマサバの年齢別・年別漁獲尾数を推定し（補注 1）、コホート計算によって資源尾数を計算した。2018 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)	25.2	29.6	34.2	37.8
体重 (g)	222	363	571	772
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）。1992～2018 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 Y （2018 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 の大きさに対する罰則項を設けることによって、 F の推定に関する不安定性を軽減させる手法である。罰則項の大きさは、資源量のレトロスペクティブバイアス（最近年の B が過大推定される傾向）が最小となるように求めた。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 の罰則項をそれぞれ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。

$$\text{最小} \quad -(1-\lambda)\ln L + \lambda \sum_{a=0}^2 (\hat{F}_{a,(Y-5,Y-1)} - F_{a,Y})^2 \quad (4)$$

最近（2018）年の F を推定する際に利用する罰則項については、昨年度までの評価では F の二乗としていたが、今年度評価では最近年を含まない過去 5 年間の平均値 $\hat{F}_{a,(Y-5,Y-1)}$ に対する残差平方和とした。今年度評価において昨年度の方法を踏襲した場合、2018 年の韓国の漁獲量急増の影響を大きく受け、近年の推定資源量は急増し、2018 年の資源量が過去の最大値を大きく上回ることとなる（補足資料 9）。しかし、2019 年の漁獲状況（2019 年 9 月時点で日韓の漁獲量の速報値は約 3.7 万トン）はむしろ低調に推移しており、大きな資源回復を支持するデータは存在しない。また過去年についても、資源の推移を大きく見直す根拠が無い。これらの状況を鑑み、本年度は資源評価の一貫性及び安定性を確保する目的で、リッジ VPA の罰則項を式（4）のように定義した。

F 推定時における重み係数 λ ($0 \leq \lambda \leq 1$) は、B（資源量）のレトロスペクティブバイアス ρ （式 5）が最小となるような値とした。

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

$$B'_Y = \sum_{a=0}^{3+} B_{a,Y} \quad (6)$$

B 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（2018 年）までのフルデータに対する各年の B と、最新データを i 年分落とした場合の最終年（Y - i 年）の B の推定値 B^R との相対値（Mohn 1999）の平均値である。データを遡る年数 P について、昨年度までの評価では 5 としていたが、今年度評価では 7 とした。これは、本年度評価において 5 年を踏襲すると λ が 0.10 となり、F の推定値が 4×10^7 を超える非現実的な値となったためである。

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型まき網の 0～1 歳と 2 歳以上 CPUE（水揚量/入港隻；補注 3）と各年齢範囲の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 2003～2018 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（Hashimoto et al., 2018）。

$$-\ln L = \sum_a \sum_y \frac{[\ln I_{a,y} - (b_a \ln B_{a,y} + \ln q_a)]^2}{2\sigma_a^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \right)$$

$$+ \sum_g \sum_y \frac{[\ln J_{g,y} - (b'_g \ln B'_{g,y} + \ln q'_g)]^2}{2\sigma'^2_g} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'_g} \right) \quad (7)$$

ここで、 $I_{a,y}$ は y 年における a 歳の大中型まき網CPUE、 $J_{g,y}$ は y 年における年齢群 g （0～1歳、2+歳）の中小型まき網CPUE、 $B_{a,y}$ は y 年における a 歳の資源量、 $B'_{g,y}$ は y 年における年齢群 g 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'_g 、 b'_g 、 σ'_g 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、 $I_{a,y}$ と $B_{a,y}$ 、 $J_{g,y}$ と $B'_{g,y}$ 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。

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

$$J_{0-1,y} = q'_{0-1} \left(\sum_{a=0}^1 s_{a,y} B_{a,y} \right)^{b'_{0-1}} \quad (10)$$

$$J_{2+,y} = q'_{2+} \left(\sum_{a=2}^{3+} s_{a,y} B_{a,y} \right)^{b'_{2+}} \quad (11)$$

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 $s_{a,y}$ は同じ年齢群では等しいと仮定し、中小型まき網の資源量指標値は各年の0～1歳と2歳以上の資源量を反映する指標値とみなした。

2018年における年齢別の F は、それぞれ $F_{0,2018} = 0.88$ 、 $F_{1,2018} = 1.05$ 、 $F_{2,2018} = F_{3+,2018} = 1.62$ と推定された。また推定された λ は0.76であった。その他のパラメータは $q_0 = 0.23$ 、 $q_1 = 0.22$ 、 $q_2 = 0.16$ 、 $q_3 = 0.17$ 、 $q'_{0-1} = 0.03$ 、 $q'_{2+} = 0.30$ 、 $\sigma_0 = 0.33$ 、 $\sigma_1 = 0.47$ 、 $\sigma_2 = 0.49$ 、 $\sigma_3 = 0.55$ 、 $\sigma'_{0-1} = 0.71$ 、 $\sigma'_{2+} = 0.38$ であった。 λ を0として通常のチューニングVPAを実施した場合、 F の推定値は 4×10^7 を超える非現実的な高い値となった。

コホート解析により得られた資源量をもとに漁獲管理規則案に従う将来予測を行った。管理基準値案については補足資料5に、漁獲管理規則案と将来漁獲量の算定については補足資料6に、将来予測の方法については補足資料7にそれぞれ詳細を示した。

年齢別資源量指標値（トン/網）

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

大中まき											
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	
枕崎中まき											
0～1 歳	4.29	1.87	17.71	5.17	1.37	6.11	0.95	9.28	6.08	2.43	
2 歳以上	7.42	6.03	5.83	18.94	10.78	9.17	10.43	5.99	14.94	11.67	

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
大中まき						
0 歳	14.91	16.87	9.25	18.48	10.49	12.72
1 歳	7.37	5.05	5.53	7.79	4.93	7.60
2 歳	2.70	2.39	3.69	1.99	2.93	1.72
3 歳以上	1.06	3.08	2.61	1.95	1.76	1.71
枕崎中まき						
0～1 歳	1.60	1.10	3.48	2.61	4.10	3.95
2 歳以上	9.27	9.23	13.66	6.91	7.65	10.19

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。なお、2017 年と 2018 年の鹿児島県のゴマサバ割合は、主要港（枕崎、阿久根）における中小型まき網のマサバ、ゴマサバ水揚げ量に基づき算定した。

補注 2. 年齢別・年別漁獲尾数は漁業別または県別に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（1 箱 18 kg 当たりの尾数）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。ただし、ローソク銘柄以下の小型魚（0～1 歳）については、想定した 1 尾当たりの体重と漁獲重量から漁獲尾数を推定した。また沿岸漁業（主に中型まき網及び定置網）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、各県での体長測定データ（2018 年の総測定尾数は 6606 尾）と月別漁獲量から年齢別漁獲尾数を県別に推定した。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。銘柄と体長の関係より、豆、小銘柄を0～1歳、中(中小を含む)、大銘柄を2歳以上の指標とみなした。

引用文献

- Hashimoto, M., H. Okamura, M. Ichinokawa, K. Hiramatsu and T. Yamakawa (2018) Impact s of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual popul ation analysis. *Fish. Sci.* **84**(2), 335-347.
- 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 r educe the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES J. Mar. Sci.*, **74**, 2424-2436.
- 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魚群分布調査「計量魚探などを用いた浮魚類魚群量調査」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。現在、種別の現存量推定法について再検討を行っている。

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	2017	2018					
さば類	1.3	2.3	4.8	4.6					

(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「底魚類現存量調査（東シナ海）」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	2018	2019				
ゴマサバ	18,568	10,165	13,632	419				

(3) 2000年から新規加入量調査「ニューストンネットを用いた新規加入量調査」を2～6月の東シナ海及び九州沿岸海域で行っている。結果は令和元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5（黒田ほか 2020）を参照されたい。

引用文献

黒田啓行・高橋素光・依田真里（2020）令和元（2019）年度カタクチイワシ対馬暖流系群の資源評価. 令和元（2019）年度我が国周辺水域の漁業資源評価（魚種別系群別資源評価）（印刷中）

補足資料 4 コホート解析結果の詳細（1992～2018 年）

年＼年齢	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	0.56	0.77	0.77
2011	93	58	25	3	22	24	13	2	0.54	0.70	1.03	1.03
2012	71	42	22	6	20	15	11	4	0.47	0.67	0.85	0.85
2013	105	43	12	6	25	15	7	4	0.58	0.77	0.54	0.54
2014	50	30	12	8	12	11	7	6	0.33	0.41	0.67	0.67
2015	61	25	20	7	15	9	11	5	0.30	0.34	0.68	0.68
2016	88	53	17	8	24	19	9	5	0.46	0.60	0.53	0.53
2017	68	38	18	10	13	13	10	7	0.27	0.48	0.56	0.56
2018	195	100	35	21	43	36	20	16	0.88	1.05	1.62	1.62

補足資料 4（続き）コホート解析結果の詳細（1992～2018 年）

年\年齢	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	265	53	27	10	64	20	15	8
2010	272	327	581	755	273	117	11	7	74	38	6	6
2011	237	404	533	712	264	137	45	6	63	55	24	4
2012	280	347	519	688	226	103	46	12	63	36	24	8
2013	239	345	557	668	284	95	35	17	68	33	20	11
2014	233	359	560	701	215	106	29	20	50	38	16	14
2015	247	352	546	680	281	104	47	17	70	37	26	12
2016	270	356	539	709	283	139	50	22	76	50	27	15
2017	198	354	540	738	350	119	51	28	69	42	28	21
2018	222	363	571	772	393	180	50	30	87	65	28	23

補足資料 5 管理基準値案と禁漁水準案

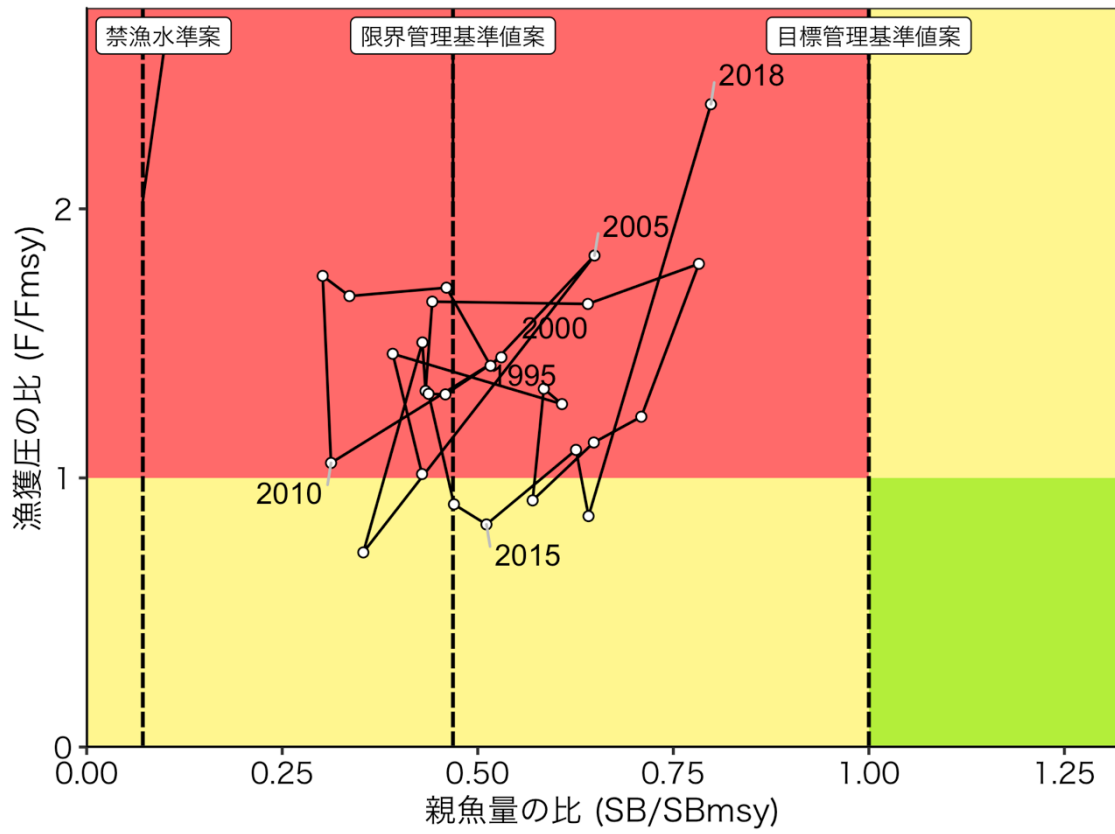
本系群の管理基準値案と、コホート解析により得られた資源の現状について以下に示す。

項目	値	備考
SBtarget 案	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	51 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	8 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Umsy	31%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY
β	—	漁獲管理規則の漁獲圧の上限の設定のため、Fmsy に掛ける安全係数。
SB2018	87 千トン	2018 年の親魚量
U2018	57%	2018 年の漁獲割合
F2018/ Fmsy	2.40	2018 年の漁獲圧の、最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧に対する比

平成 31 年 4 月に開催された研究機関会議により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 109 千トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60%が得られる親魚量 (SB0.6msy : 51 千トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10%が得られる親魚量 (SB0.1msy : 8 千トン) を用いることが提案されている。詳細は「平成 31 (2019) 年度ゴマサバ東シナ海系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書」を参照されたい。

コホート解析により得られた 2018 年の親魚量 (SB2018 : 87 千トン) は、限界管理基準値案と禁漁水準案を上回っているが目標管理基準値案を下回っている。また、2018 年の漁獲圧 (F2018) は MSY を実現する漁獲圧を上回り (F2018/Fmsy は 2.40)、2018 年の漁獲割合 (U2018) も MSY を実現する漁獲割合 (Umsy) を上回っている。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 5 -1 に示す。



補足図 5-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）
親魚量と漁獲圧には単年の値を用いた

補足資料 6 漁獲管理規則案に対応した漁獲量の算定

漁獲管理規則案（HCR）は、目標管理基準値案以上の親魚量を維持・管理する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）を定める漁獲シナリオ案である。親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げる。漁獲圧の上限となる F_{msy} には安全係数となるチューニングパラメータ β を乗じる。補足図 6-1 に平成 31 年 4 月に開催された研究機関会議により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として安全係数 β を 0.8 とした場合を示した。

漁獲管理規則案を用いた将来予測に従い、2020 年漁獲量を試算した。将来予測はコホート解析の前進法に加え、親魚量から予測される加入量を再生産関係から与えて実施した（補足資料 7）。加入量の不確実性として対数正規分布に従う誤差を仮定し、5,000 回の繰り返し計算を行った。2019 年の漁獲圧は $F_{2016-2018}$ とした。将来予測により予測された 2020 年の親魚量をもとに漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を、2020 年漁獲量試算のための漁獲圧とした。

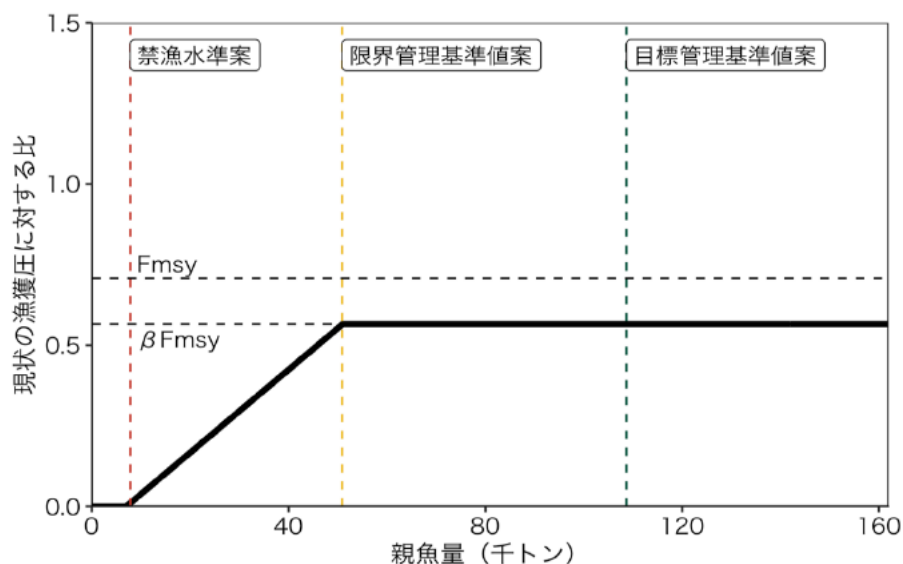
将来予測の結果、漁獲管理規則案に従い試算された 2020 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 29 千トン、 β を 1.0 とした場合には 35 千トンであった。2020 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を上回り、平均 48 千トンと見込まれた。

2020 年の親魚量（予測平均値）：48 千トン			
項目	2020 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 ($F/F_{2016-2018}$)	2020 年の 漁獲割合 (%)
10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る β の最大値に基づく方策			
$\beta \leq 0.9$	≤ 32	≤ 0.64	≤ 26
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	35	0.71	28
$\beta=0.8$	29	0.57	24
$\beta=0.6$	23	0.42	18
$\beta=0.4$	16	0.28	13
$\beta=0.2$	8	0.14	7
$\beta=0.0$	0	0.00	0
$F_{2016-2018}$	46	1	40

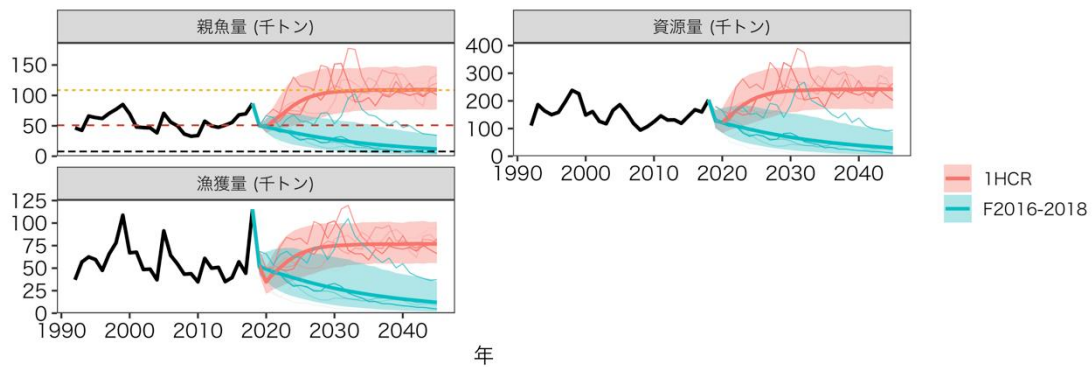
漁獲管理規則案（補足図 6-1）に基づく中長期的な将来予測の結果を補足図 6-2 および補足表 6-1 および 6-2 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2030 年の親魚量の予測値は β を 1.0 とした場合には平均 106 千トン（80%信頼区間は 77 千トン～1

35 千トン)、 β を 0.8 とした場合には平均 133 千トン (80%信頼区間は 104 千トン～166 千トン) である。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下で 50%を上回る。親魚量の予測値が限界管理基準値案を上回る確率および禁漁水準案を上回る確率は全ての方策において 99%以上となった。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030 年 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030 年に親魚量が以下の 管理基準値案と禁漁水準案を上回 る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る β の最大値に基づく方策					
$\beta \leq 0.9$	≥ 120	≥ 92 - ≥ 150	≥ 67	100	100
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$	106	77 - 135	43	99	100
$\beta=0.8$	133	104 - 166	85	100	100
$\beta=0.6$	167	132 - 204	99	100	100
$\beta=0.4$	214	172 - 259	100	100	100
$\beta=0.2$	287	234 - 343	100	100	100
$\beta=0.0$	405	339 - 476	100	100	100
F2016-2018	27	11 - 49	0	9	97



補足図 6-1. 漁獲管理規則案
現状の漁獲圧は F2016-2018



補足図 6-2. 漁獲管理規則案（補足図 6-1）に基づく中長期的な将来予測の結果
5,000 回の平均値（太線）、5 回の試行結果（細線）および 80%信頼区間（網掛け）を示す。年は暦年であり、親魚量の図の黄破線は目標管理基準値案、赤点線は限界管理基準値案、黒点線は禁漁水準案である。漁獲管理規則案の β は 0.8 のものを示す。

補足表 6-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案（a）および限界管理基準値案（b）を上回る確率 2019 年は F2016-2018 による漁獲とした

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	0	0	0	3	8	16	24	30	34	38	41	43	47	46
0.9	0	0	0	4	15	30	43	53	59	64	66	67	69	69
0.8	0	0	0	8	27	49	65	76	82	84	85	85	86	87
0.7	0	0	1	14	43	70	85	92	95	96	96	96	96	96
0.6	0	0	1	23	61	86	96	98	99	99	99	99	99	100
0.5	0	0	2	33	77	95	99	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	4	46	89	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	5	60	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	7	73	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	11	83	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	15	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

補足資料 7 資源の将来予測の方法

得られた資源量をもとに漁獲管理規則案に従う将来予測を行った。将来の加入量の推定には、令和元年度に開催された資源管理方針に関する検討会において合意されたホッケースティック型関係式 ($a=0.0049$ 、 $b=84,935$ 、 $SD=0.33$) から推定される値を用いた。なお、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。詳細は「平成 31 (2019) 年度ゴマサバ東シナ海系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書」を参照されたい。

将来予測における漁獲係数 F は、「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測に用いたパラメータは補足表 7-1 に示す。選択率や漁獲物平均体重等の値には、令和元年度に開催された資源管理方針に関する検討会において合意された各種管理基準値の推定に用いた値を引き続き用いた。これらは再生産関係と同じく平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく値であり、選択率および漁獲物平均体重はこの評価における将来予測で設定した値を使用した。現状の漁獲圧 ($F_{2016-2018}$) は、この選択率において推定される %SPR が 2016～2018 年漁期の平均 F 値から推定される %SPR と等しくなる値とした。2019 年の漁獲量は現状の漁獲圧 ($F_{2016-2018}$) から予測される 51 千トンとした。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法 ((1-3) 式) を用いた。

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

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

$$C_{a,y} = N_{a,y} \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M} (1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \quad (3)$$

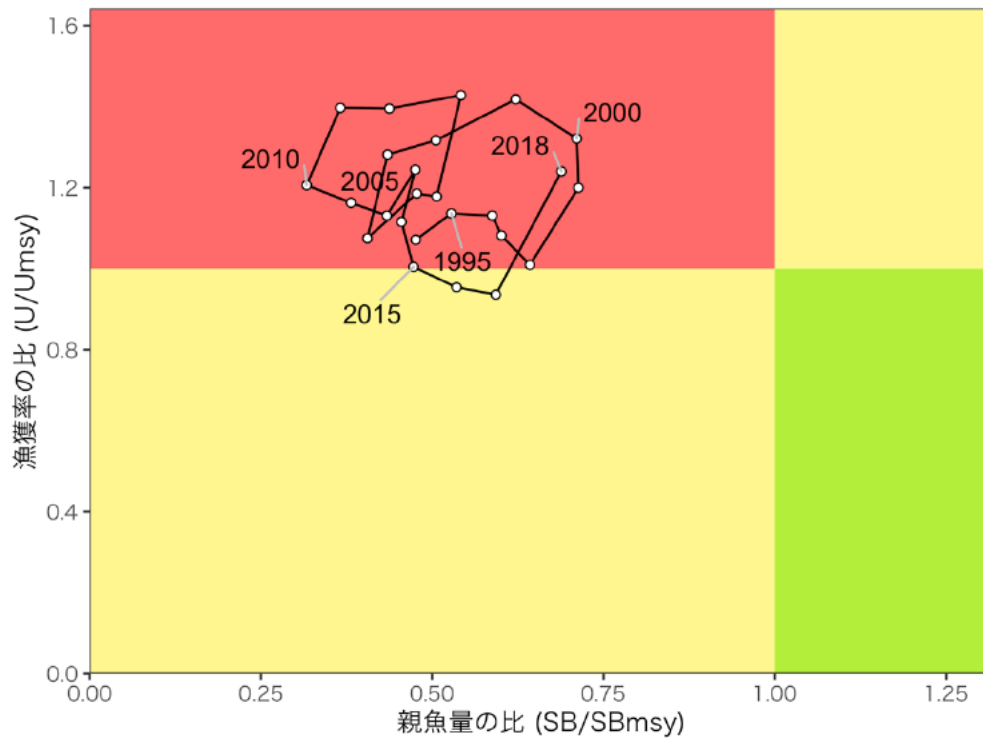
補足表 7-1. 将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率	Fmsy	F2016-2018	平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.54	0.36	0.51	238	0.4	0.00
1 歳	0.71	0.47	0.67	354	0.4	0.60
2 歳	1.00	0.66	0.94	542	0.4	0.85
3 歳以上	1.00	0.66	0.94	709	0.4	1.00

補足資料 8 漁獲割合に基づく神戸プロット

親魚量とその時の漁獲割合（U）を基準にした神戸プロットを補足図 8-1 に示した。本系群における親魚量は 1992～2018 年において MSY を実現する水準を下回っている。漁獲割合の比（ U/U_{msy} ）は、1992～2014 年には多くの年で MSY を実現する水準より高かったが、近年低下している。2018 年の漁獲割合の比（ U_{2018}/U_{msy} ）は 1.78 であった。

項目	値	備考
SBmsy	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Umsy	32%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
U2018	57%	2018 年の漁獲割合
U_{2018}/U_{msy}	1.78	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合に対する 2018 年の漁獲割合の比



補足図 8-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）と漁獲割合（Umsy）に対する、過去の親魚量および漁獲割合の関係（神戸プロット）
親魚量と漁獲割合には 3 年移動平均値を用いた

補足資料 9 リッジ VPA における F の罰則項を F の二乗とした場合の評価結果

補足資料 2 における式 (4) の F の罰則項の違いにより、資源評価結果がどの程度変化するかを調べるために、罰則項を F の二乗とした条件で資源評価を行った。この条件は 2018 年度資源評価で用いられたものである。ただし、レトロスペクティブバイアスは 2018 年度資源評価で用いられた F ではなく、本評価と同様に資源量を基準に評価した。

(1) 資源量と漁獲割合の推移

F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された資源量は、1992～2014 年には、100 千～200 千トン程度の範囲で比較的安定していたが、2015 年以降に継続的に増加し、2018 年には 347 千トンまで急増した（補足図 9-1、補足資料 10）。F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された漁獲割合は 2000 年代までは 40%前後の値で推移していたが、2014 年に低下し、2018 年には 33%となった。

F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された加入量（資源計算の 0 歳魚資源尾数）は、1992 年以降において概ね 2 億～4 億尾前後で変動してきたが、2015 年以降は継続的に増加し、2018 年には 7.0 億尾となった（補足図 9-2、補足資料 10）。F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された親魚量（資源計算の成熟魚資源量）の変動履歴は資源量と類似しており、2013 年までは 30 千～80 千トンの間で変動してきたが、その後継続的に増加し、2018 年には 141 千トンの過去最高値となった（補足図 9-2、補足資料 10）。

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 として資源評価を行った。F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された 2018 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 5%前後の影響があった（補足図 9-3）。

F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された漁獲係数 F（各年齢の F の単純平均）はおおよそ 0.5～1 の範囲で上下を繰り返している（補足図 9-4、補足資料 11）。2012 年以降、F は継続的に低下し、2017 年には 0.33 となったが、2018 年には急上昇して 0.61 となった。

項目	値	備考
SB2018	141 千トン	2018 年の親魚量
F2018	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.41, 0.47, 0.78, 0.78)	
U2018	33%	2018 年の漁獲割合

(2) 加入量当たり漁獲量（YPR）、加入量あたり親魚量（SPR）、現状の漁獲圧

選択率の影響を加味して漁獲圧を比較するため、各年の F 値を %SPR（年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合）に換算した値を補足図 9-5 に示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きい値をとる。F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された %SPR は増減を繰り返しながら推移し、2000 年代後半からは増加傾向にあったものの、2018 年の値は 23.5%と低かった。

近年 5 年間（2014～2018 年）の選択率における平均漁獲圧に対する %SPR の関係を補足

図 9-6 に示す。F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された現状の漁獲圧 (F 2016-2018) は、F30%SPR と近似しており、Fmed よりも低く F0.1 よりも高い。補足図 9-6 には、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において MSY を算出した際の条件下での平均漁獲圧に対する %SPR の関係も示した。「管理基準値等に関する研究機関会議」と同条件下において、F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された現状の漁獲圧 (F2016-2018) は Fmsy より低い、F2018 は Fmsy より高い。

項目	値	備考
%SPR (F2018)	23.5%	2018 年の %SPR
%SPR (F2016-2018)	30.9%	現状の漁獲圧 (F2016-2018) に対応する %SPR

(3) 再生産関係

F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された親魚量 (重量) と加入量 (尾数) の関係 (再生産関係) を補足図 9-7 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」により、本系群の再生産関係にはホッケースティック型関係式を適用している (林ほか 2019)。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産式の各パラメータは下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッキー・スティック型	最小絶対値法	無	0.00493	84,935	0.33

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き (尾/kg)、b は HS の折れ点となる親魚量 (トン) である。

(4) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在 (1992 年以降) の環境下において最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) および MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) として、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」で提案された値 (林ほか 2019) を下表に示す。

項目	値	備考
SBmsy	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.36, 0.47, 0.66, 0.66)	
%SPR (Fmsy)	26%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY

(5) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

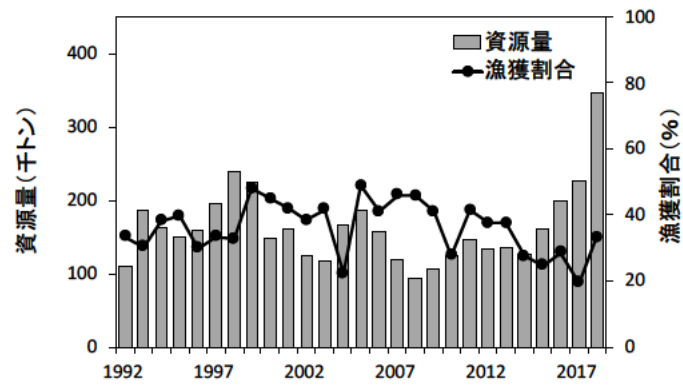
F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された親魚量と漁獲圧の推移を表した神戸プロットを補足図 9-8 に示す。なお、漁獲圧の比 (F/F_{msy}) は、各年の選択率下において %SPR 値が F_{msy} に対応する値となる場合の F 値と、各年の F 値との比、親魚量と漁獲割合には 3 年移動平均値である。近年における本系群における漁獲圧は MSY を実現する水準を上回っていると判断される。F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された 2018 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の 1.13 倍である。本系群における親魚量は 1992～2017 年においては MSY を実現する水準を下回っていたが、2018 年に上回り、MSY を実現する親魚量の 1.30 倍となった。

項目	値	備考
SB2018/ SB $_{msy}$	1.30	最大持続生産量を実現する親魚量に対する、F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された 2018 年の親魚量の比
F2018/ F_{msy}	1.13	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する、F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された 2018 年の漁獲圧の比*

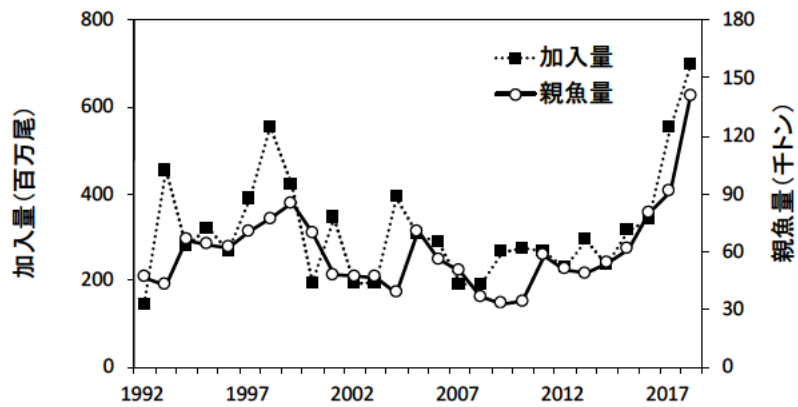
*2018 年の選択率の下で F_{msy} の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して算出し求めた比率

親魚量*の水準	MSY を実現する水準を上回る
漁獲圧*の水準	MSY を実現する水準を上回る
親魚量*の動向	増加

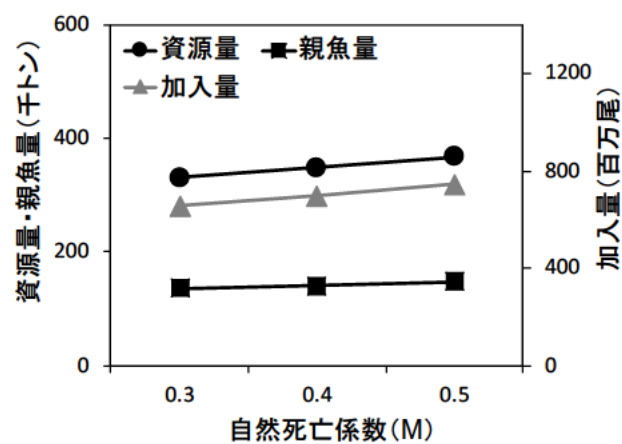
*F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された値



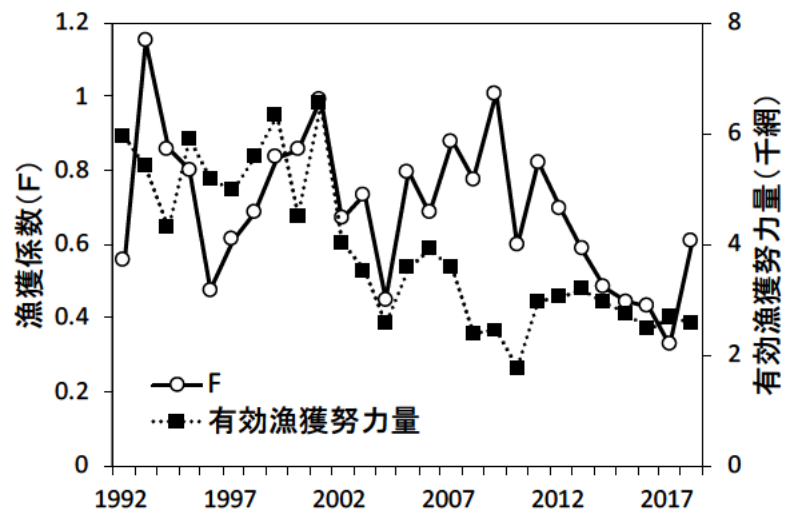
補足図 9-1. F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された資源量と漁獲割合の推移



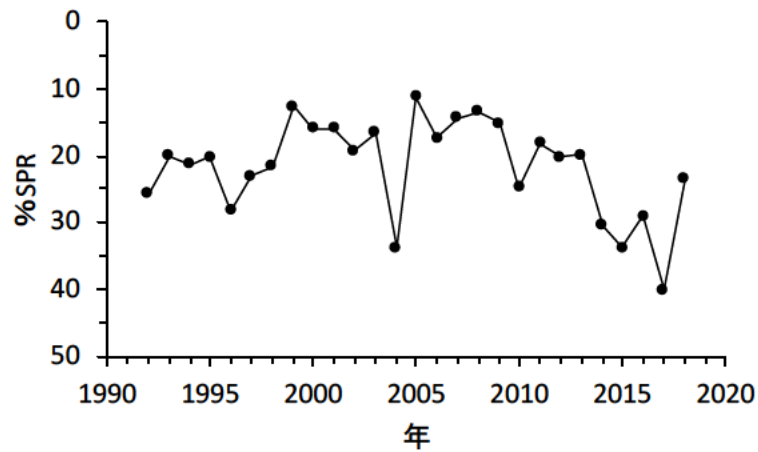
補足図 9-2. F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された加入量と親魚量の推移



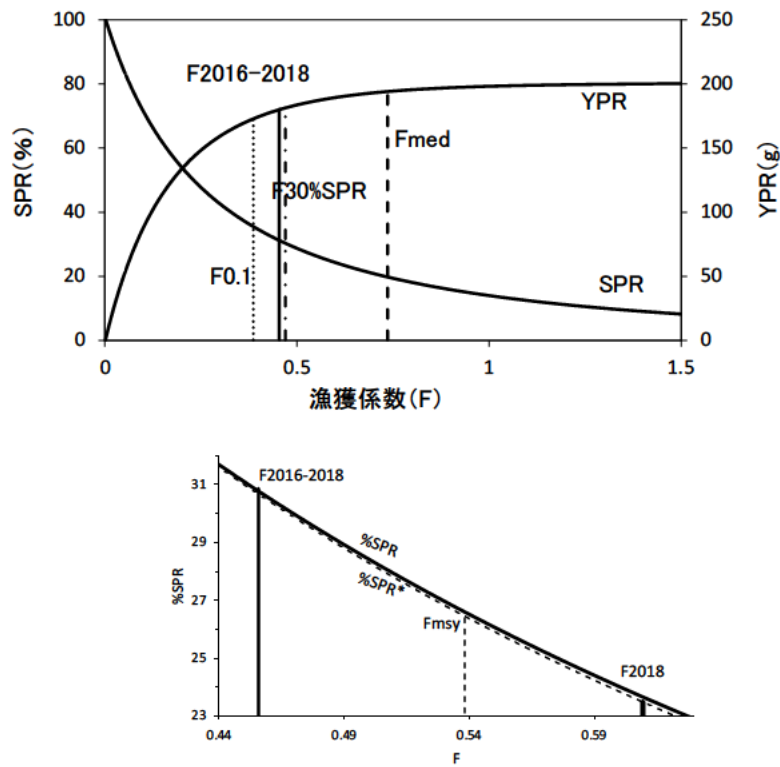
補足図 9-3. M の値を変化させた場合における F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された 2018 年の資源量、親魚量と加入量の変化



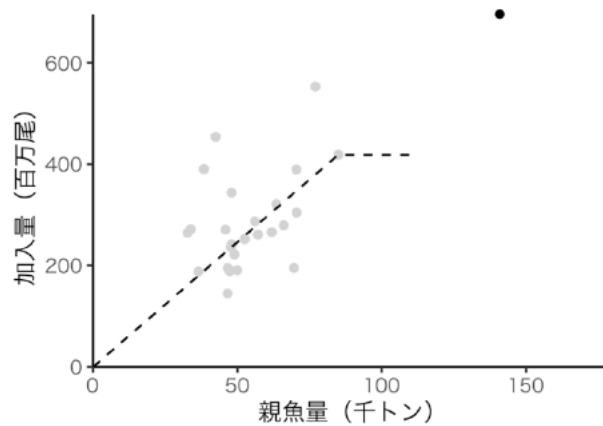
補足図 9-4. F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された各年齢の F の単純平均および有効漁獲努力量



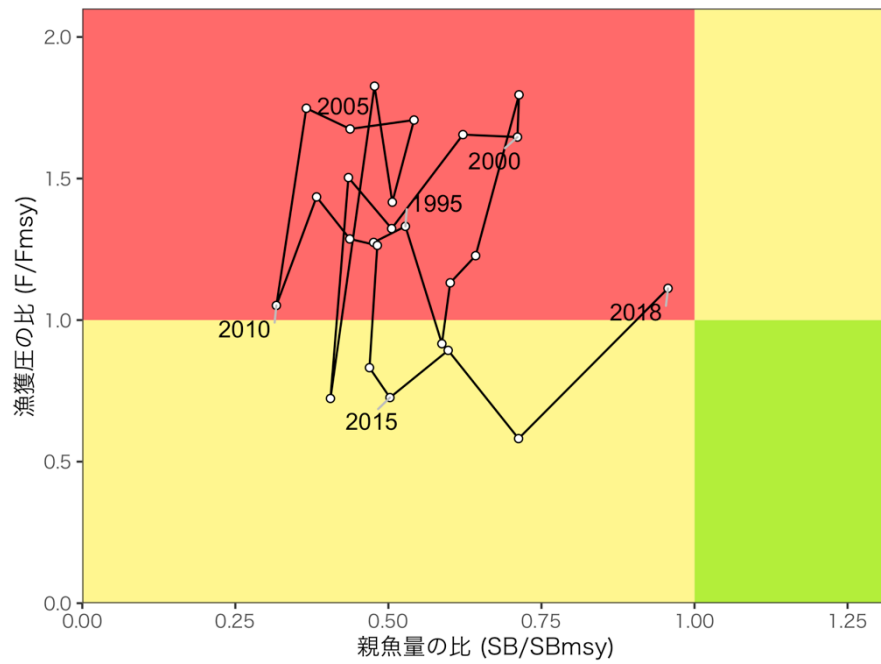
補足図 9-5. F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された %SPR 値の推移
%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い (低い) と %SPR は小さく (大きく) なる



補足図 9-6. F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された現状の漁獲圧 (F2016-2018) に対する YPR と %SPR の関係
下図の SPR* (破線曲線) は MSY を算出した際の条件下での平均漁獲圧に 対する %SPR の関係



補足図 9-7. F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された親魚量と加入 量の関係 (再生産関係)
破線は平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会 議」(林ほか 2019) で適用された再生産関係式。2018 年の値は●で示す



補足図9-8. 最大持続生産量MSYを実現する親魚量 (SBmsy) と漁獲圧 (Fmsy) に対する、Fの罰則項をFの二乗としたリッジVPAにより推定された過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)
親魚量と漁獲圧には3年移動平均値を用いた

補足資料 10 F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された漁獲量とコホート解析結果

	漁獲量 (千トン)			資源量	親魚量	加入量	漁獲割合	再生産成功率
年	日本	韓国	計	(千トン)	(千トン)	(100 万尾)	(%)	(尾/kg)
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	3.818
2008	40	3	43	94	37	188	46	5.162
2009	36	7	44	107	33	266	41	8.097
2010	30	5	35	125	34	275	28	8.072
2011	49	12	61	147	58	266	41	4.598
2012	47	3	50	133	50	229	38	4.541
2013	38	13	51	135	49	293	38	6.026
2014	33	2	35	127	54	235	28	4.379
2015	31	9	40	160	61	316	25	5.145
2016	35	22	57	200	80	341	29	4.281
2017	33	11	44	228	91	552	19	6.050
2018	41	74	115	347	141	696	33	4.941

補足資料 11 F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定されたコホート解析結果の詳細 (1992～2018 年)

年\年齢	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	1.18	1.22	1.22
2010	57	42	5	3	16	14	3	3	0.29	0.56	0.77	0.77
2011	93	58	25	3	22	24	13	2	0.54	0.70	1.03	1.03
2012	71	42	22	6	20	15	11	4	0.46	0.65	0.83	0.83
2013	105	43	12	6	25	15	7	4	0.56	0.75	0.52	0.52
2014	50	30	12	8	12	11	7	6	0.30	0.38	0.63	0.63
2015	61	25	20	7	15	9	11	5	0.27	0.29	0.61	0.61
2016	88	53	17	8	24	19	9	5	0.37	0.49	0.43	0.43
2017	68	38	18	10	13	13	10	7	0.16	0.34	0.40	0.40
2018	195	100	35	21	43	36	20	16	0.41	0.47	0.78	0.78

補足資料 11（続き）F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定されたコホート解析結果の詳細（1992～2018 年）

年＼年齢	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	266	53	27	10	64	20	15	8
2010	272	327	581	755	275	118	11	7	75	38	6	6
2011	237	404	533	712	266	138	45	6	63	56	24	4
2012	280	347	519	688	229	104	46	12	64	36	24	8
2013	239	345	557	668	293	97	36	17	70	33	20	11
2014	233	359	560	701	235	113	31	21	55	40	17	15
2015	247	352	546	680	316	117	52	19	78	41	28	13
2016	270	356	539	709	341	162	59	26	92	58	32	18
2017	198	354	540	738	552	158	66	37	109	56	36	27
2018	222	363	571	772	696	315	75	46	154	114	43	36

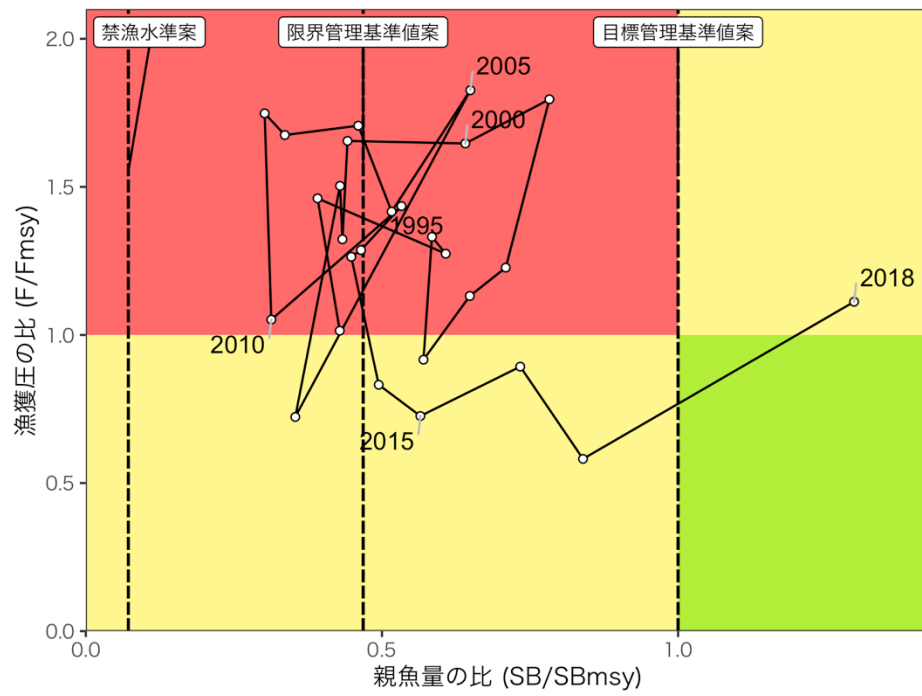
補足資料 12 管理基準値案と F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された資源の水準・動向および漁獲圧の水準

平成 31 年 4 月に開催された研究機関会議により提案された管理基準値を再掲し、F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された資源の現状について以下に示す。

項目	値	備考
SBtarget 案	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	51 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	8 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Umsy	31%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY
β	—	漁獲管理規則の漁獲圧の上限の設定のため、Fmsy に掛ける安全係数。
SB2018	141 千トン	2018 年の親魚量
U2018	33%	2018 年の漁獲割合
F2018/ Fmsy	1.13	2018 年の漁獲圧の、最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧に対する比

F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された 2018 年の親魚量 (SB2018 : 141 千トン) は、目標管理基準値案、限界管理基準値案、禁漁水準案のいずれをも上回っている。また、2018 年の漁獲圧 (F2018) は MSY を実現する漁獲圧を上回り (F2018/Fmsy は 1.13)、2018 年の漁獲割合 (U2018) も MSY を実現する漁獲割合 (Umsy) を上回っている。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 12-1 に示す。本系群における 2018 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧を上回っていたと判断される。また、2018 年の親魚量は目標管理基準値案を上回っている。



補足図 12-1. 管理基準値案と F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）
親魚量と漁獲圧には単年の値を用いた

補足資料 13 漁獲管理規則案に対応した F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA に基づく漁獲量の算定

2020 年漁獲量を、補足資料 12 に示した F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA の結果と補足表 13-1 に示したパラメータに基づき、補足資料 7 と同様の手順で試算した。

補足表 13-1. 将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率	F _{msy}	F2016-2018	平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.54	0.36	0.30	238	0.4	0.00
1 歳	0.71	0.47	0.40	354	0.4	0.60
2 歳	1.00	0.66	0.56	542	0.4	0.85
3 歳以上	1.00	0.66	0.56	709	0.4	1.00

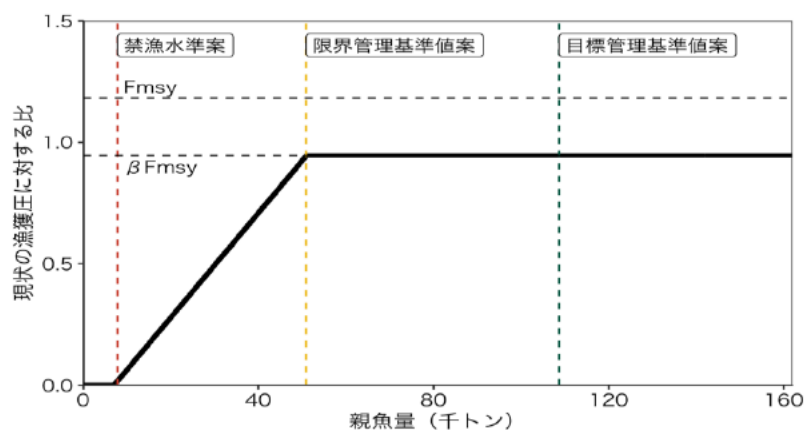
F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA に基づく将来予測の結果、漁獲管理規則案に従い試算された 2020 年の平均漁獲量は β を 0.8 とした場合には 82 千トン、 β を 1.0 とした場合には 98 千トンであった。F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA に基づいた場合に 2020 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を上回り、平均 153 千トンと見込まれた。

2020 年の親魚量（予測平均値）：153 千トン			
項目	2020 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2016-2018)	2020 年の 漁獲割合 (%)
10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る β の最大値に基づく方策			
$\beta \leq 0.9$	≤ 90	≤ 1.07	≤ 31
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	97	1.18	33
$\beta=0.8$	81	0.95	28
$\beta=0.6$	64	0.71	22
$\beta=0.4$	45	0.47	15
$\beta=0.2$	23	0.24	8
$\beta=0.0$	0	0.00	0
F2016-2018	79	1	29

リッジ VPA における F の罰則項を F の二乗とした場合における漁獲管理規則案（補足図 13-1）に基づく中長期的な将来予測の結果を補足図 13-2 および補足表 13-2 および 13-3 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2030 年の親魚量の予測値は β を

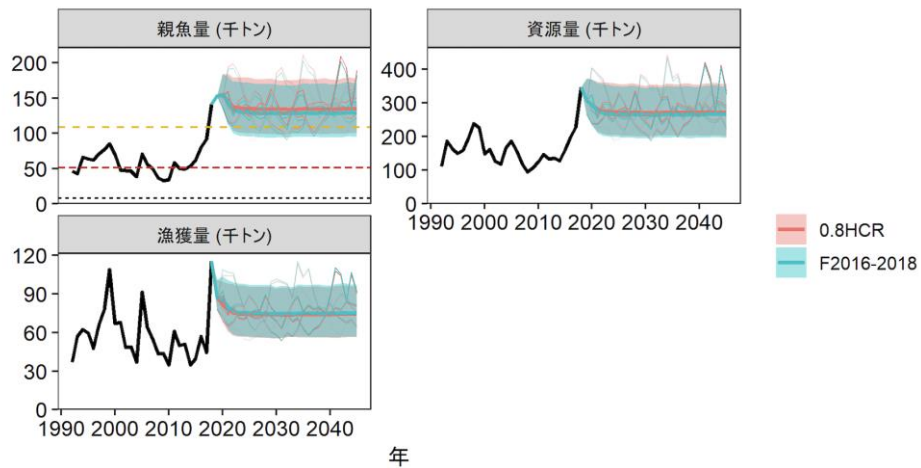
1.0 とした場合には平均 109 千トン（80%信頼区間は 83 千トン～137 千トン）、 β を 0.8 とした場合には平均 134 千トン（80%信頼区間は 105 千トン～166 千トン）である。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下で 50%を上回る。親魚量の予測値が限界管理基準値案を上回る確率および禁漁水準案を上回る確率は全ての方策において 100%となった。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030 年 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030 年に親魚量が以下の 管理基準値案と禁漁水準案を上回 る確率 (%)		
			Sbtar get 案	SBlimit 案	SBban 案
10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る β の最大値に基づく方策					
$\beta \leq 0.9$	≥ 121	≥ 93 - ≥ 151	≥ 68	100	100
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$	109	83 - 137	48	100	100
$\beta=0.8$	134	105 - 166	86	100	100
$\beta=0.6$	167	132 - 205	99	100	100
$\beta=0.4$	215	173 - 260	100	100	100
$\beta=0.2$	288	236 - 344	100	100	100
$\beta=0.0$	411	345 - 482	100	100	100
F2016-2018	125	100 - 159	80	100	100



補足図 13-1. 漁獲管理規則案

現状の漁獲圧は F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された F2016-2018



補足図 13-2. 漁獲管理規則案（補足図 13-1）に基づく中長期的な将来予測の結果

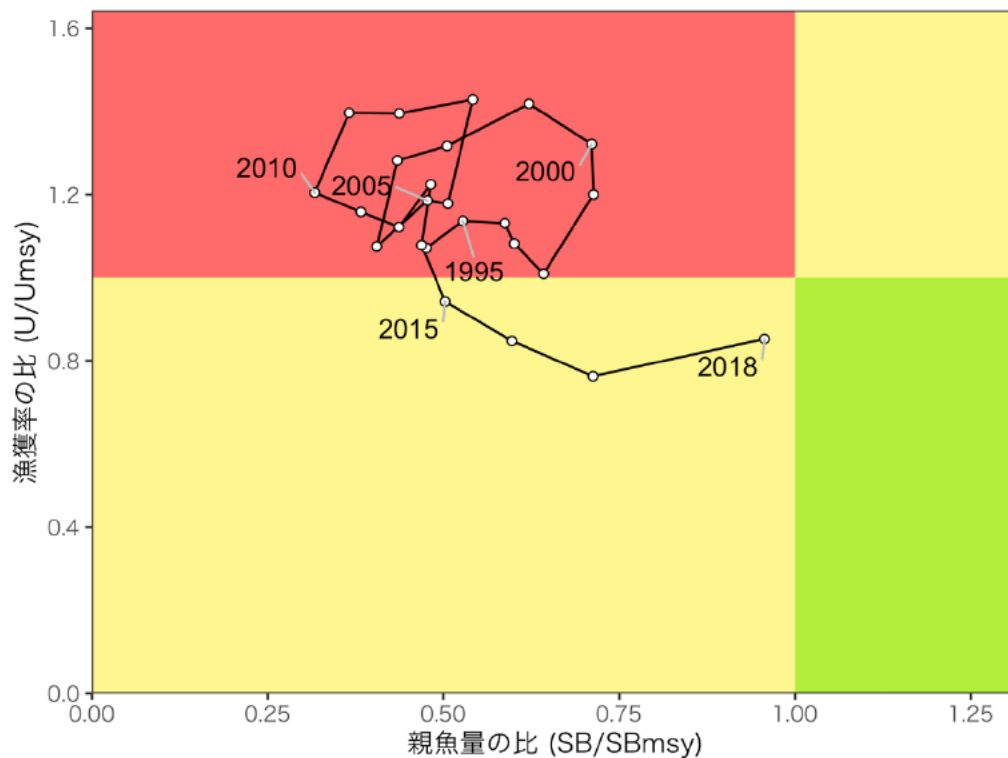
5,000 回の平均値（太線）、5 回の試行結果（細線）および 80%信頼区間（網掛け）を示す。資源計算の結果は F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA に基づく。年は暦年であり、親魚量の図の黄破線は目標管理基準値案、赤点線は限界管理基準値案、黒点線は禁漁水準案である。漁獲管理規則案の β は 0.8 のものを示す。

[illegible]

補足資料 14 F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された漁獲割合に基づく神戸プロット

F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された親魚量とその時の漁獲割合 (U) を基準にした神戸プロットを補足図 14-1 に示した。本系群における親魚量は 1992～2017 年において MSY を実現する水準を下回っている。漁獲割合の比 (U/Umsy) は、1992～2014 年には多くの年で MSY を実現する水準より高かったが、近年低下している。MSY を実現する水準に対する 2018 年の漁獲割合の比 (U2018/Umsy) は 1.05 であった。

項目	値	備考
SBmsy	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Umsy	32%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
U2018	33%	2018 年の漁獲割合
U2018/ Umsy	1.05	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合に対する 2018 年の漁獲割合の比



補足図 14-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と漁獲割合 (Umsy) に対する、F の罰則項を F の二乗としたリッジ VPA により推定された過去の親魚量および漁獲割合の関係 (神戸プロット)

親魚量と漁獲割合には 3 年移動平均値を用いた

補足資料 15 ゴマサバ・マサバ漁獲比率を用いた韓国漁獲量の調整

韓国において公表された 2018 年の本系群の漁獲量は 74 千トンであり、過去の最大値を大幅に上回った（補足図 15-1）。一方、日本における本系群の漁獲量は前年よりやや増加した程度に留まった（図 3-1）。さば類漁獲量に対するゴマサバ漁獲量の比は、これまで韓国より日本の方が高かったが、2018 年のみ韓国が日本を大きく上回った（補足図 15-2）。2018 年のようなさば類の漁獲状況は過去に例がない。そこで、2018 年の韓国において、さば類漁獲量に占めるゴマサバの漁獲量比が過去 3 年（2015～2017 年）と同程度であったと仮定した場合に得られる漁獲量（以後「算定値」、補足図 15-3）を用いて資源量を試算した。算定値に基づく、2018 年における F ($F_{2018'}$) は 0.82 となり、年齢別にはそれぞれ $F_{0,2018'}=0.52$ 、 $F_{1,2018'}=0.62$ 、 $F_{2,2018'}=F_{3+,2018'}=1.07$ と推定された。また推定された λ は 0.80 であった。その他のパラメータは $q_0=0.24$ 、 $q_1=0.23$ 、 $q_2=0.17$ 、 $q_3=0.18$ 、 $q'_{0-1}=0.03$ 、 $q'_{2+}=0.32$ 、 $\sigma_0=0.30$ 、 $\sigma_1=0.42$ 、 $\sigma_2=0.42$ 、 $\sigma_3=0.50$ 、 $\sigma'_{0-1}=0.71$ 、 $\sigma'_{2+}=0.33$ であった。2018 年の日本と韓国を合わせたゴマサバ漁獲量は 63 千トンとなった（補足資料 16）。この値を用いて推定された年齢別漁獲尾数は、0 歳魚で 1.1 億、1 歳魚で 0.5 億、2 歳魚で 0.2 億、3 歳魚以上で 0.1 億尾となり（補足図 15-4、補足資料 17）、過去 10 年間に於いて比較的高い値となったものの、1992 年からの観測範囲内に収まった。

(1) 資源量と漁獲割合の推移

韓国の 2018 年ゴマサバ漁獲量算定値に基づくコホート解析（算定値計算）の結果を補足図 15-5 と補足資料 16 に示した。算定値計算によって推定された 2018 年の漁獲割合 ($U_{2018'}$) は 41%であった（補足図 15-5）。

算定値計算により推定された加入量と親魚量の推移を補足図 15-6 に示した。算定値計算により推定された 2018 年における加入量と親魚量 ($SB_{2018'}$) は、それぞれ 3.1 億尾と 63 千トンであった。

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 とした条件のもとで算定値計算を行った。算定値計算の結果得られた資源量、親魚量および加入量は、 M が 0.1 変化すると 10%程度変化した（補足図 15-7）。

算定値計算により推定された 2018 年の F ($F_{2018'}$) は 0.82 と解析対象期間において中程度の値となった（補足図 15-8）。

項目	値	備考
$SB_{2018'}$	63 千トン	算定値計算により推定された2018年の親魚量
$F_{2018'}$	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳以上) = (0.52, 0.62, 1.07, 1.07)	
$U_{2018'}$	41%	算定値計算により推定された2018年の漁獲割合

(2) 加入量当たり漁獲量 (YPR)、加入量あたり親魚量 (SPR)、現状の漁獲圧
算定値計算の結果推定された%SPR を補足図 15-9 に示した。

算定値計算の結果推定された、近年 5 年間 (2014~2018 年) の選択率における平均漁獲圧に対する%SPR の関係を補足図 15-10 上に示した。算定値計算の結果推定された現状の漁獲圧 (F2016-2018') は F30%SPR よりも Fmed に近似した。算定値計算により推定された F 2018 および現状の漁獲圧 (F2016-2018') は、「管理基準値等に関する研究機関会議」と同条件下において Fmsy より高い。

項目	値	備考
%SPR (F2018')	17.7%	算定値計算により推定された 2018 年の%SPR
%SPR (F2016-2018')	20.1%	算定値計算により推定された現状の漁獲圧 (F2016-2018) に対応する%SPR

(3) 再生産関係

算定値計算により推定された再生産関係を補足図 15-11 に示した。

(4) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

算定値計算により推定された親魚量とその時の漁獲圧を基準にした神戸プロットを補足図 15-12 に示した。算定値計算により推定された親魚量は MSY を実現する親魚量の 0.58 倍であるが、動向は増加傾向にあると判断された。算定値計算により推定された近年における本系群に対する漁獲圧は、MSY を与える漁獲圧の 1.52 倍である。

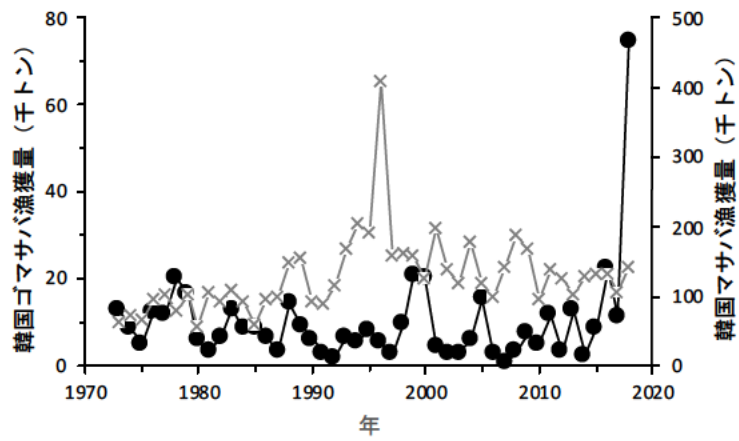
項目	値	備考
SB2018'/ SBmsy	0.58	最大持続生産量を実現する親魚量に対する算定値計算により推定された 2018 年の親魚量の比
F2018'/ Fmsy	1.52	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する算定値計算により推定された 2018 年の漁獲圧の比*

*2018 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

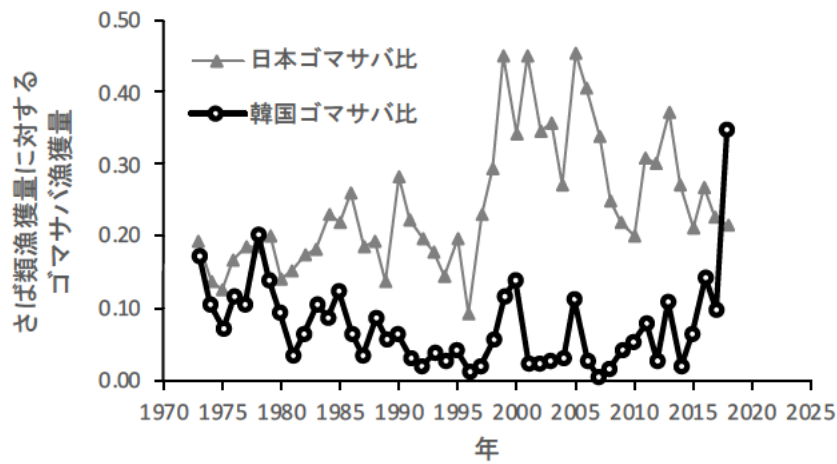
親魚量*の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧*の水準	MSY を実現する水準を上回る
親魚量*の動向	増加

*算定値計算により推定された値

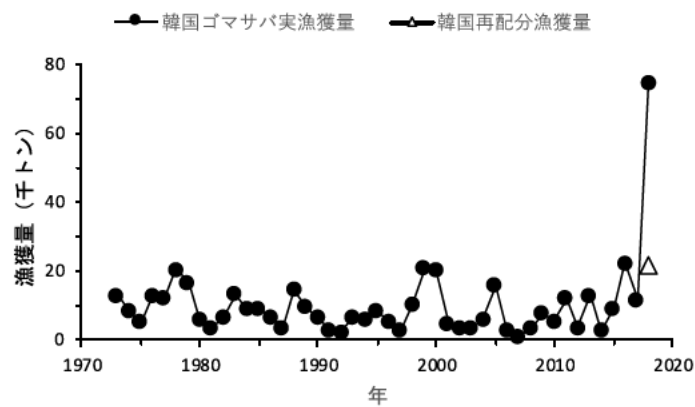
韓国における 2018 年のゴマサバ漁獲量急増の影響を評価する目的で算定値計算を実施した結果、近年の資源量、親魚量および加入量は、本年度の資源評価結果と比較して 30%程度少なく推定され、F の罰則項を F の二乗とした場合の計算結果 (補足資料 9) と比較しても 40%程度少なく推定された。このことから、韓国における 2018 年のゴマサバ漁獲量急増が本資源評価に与える影響は大きいと判断された。



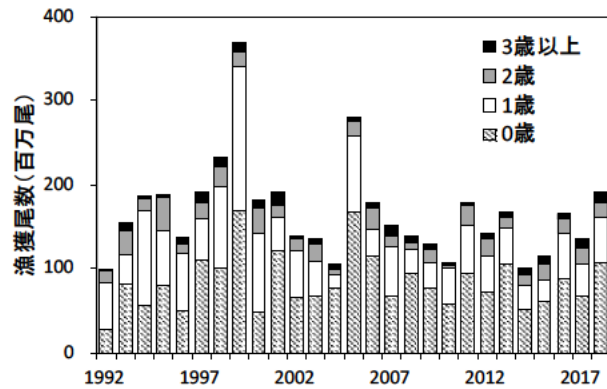
補足図 15-1. 韓国におけるゴマサバ（●）とマサバ（×）の漁獲量



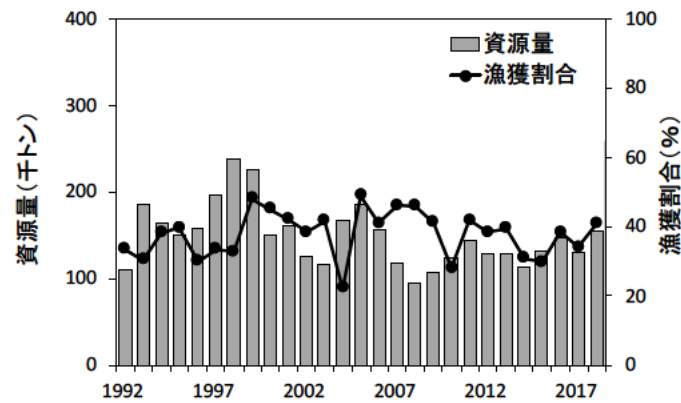
補足図 15-2. 日本（▲）と韓国（○）各国のさば類漁獲量に対するゴマサバの比



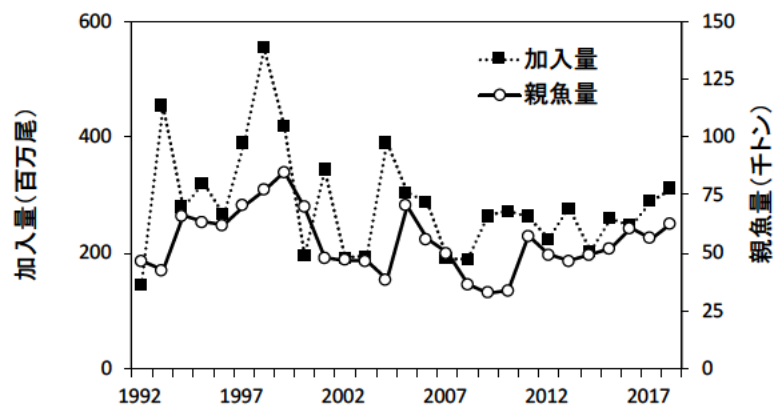
補足図 15-3. 韓国におけるゴマサバの実漁獲量（●）の推移と漁獲量比を用いて算定した2018年の漁獲量（△）



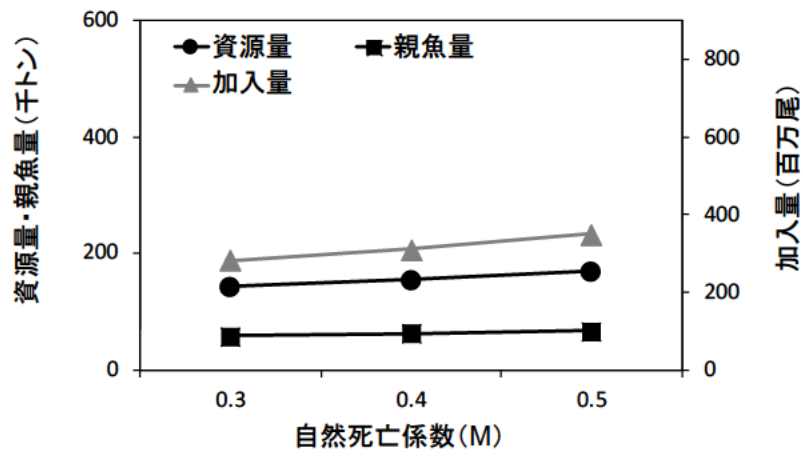
補足図 15-4. 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の年齢別漁獲尾数の推移



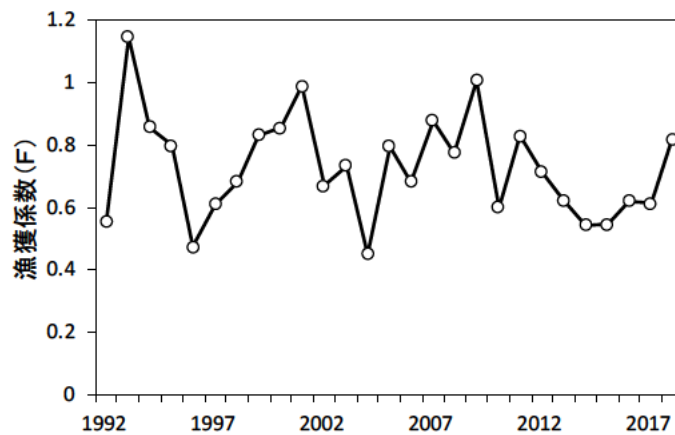
補足図 15-5. 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の資源量と漁獲割合の推移



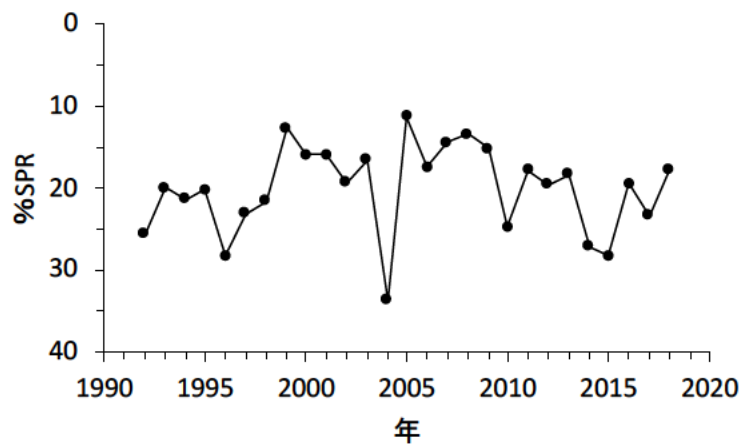
補足図 15-6. 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の加入量と親魚量の推移



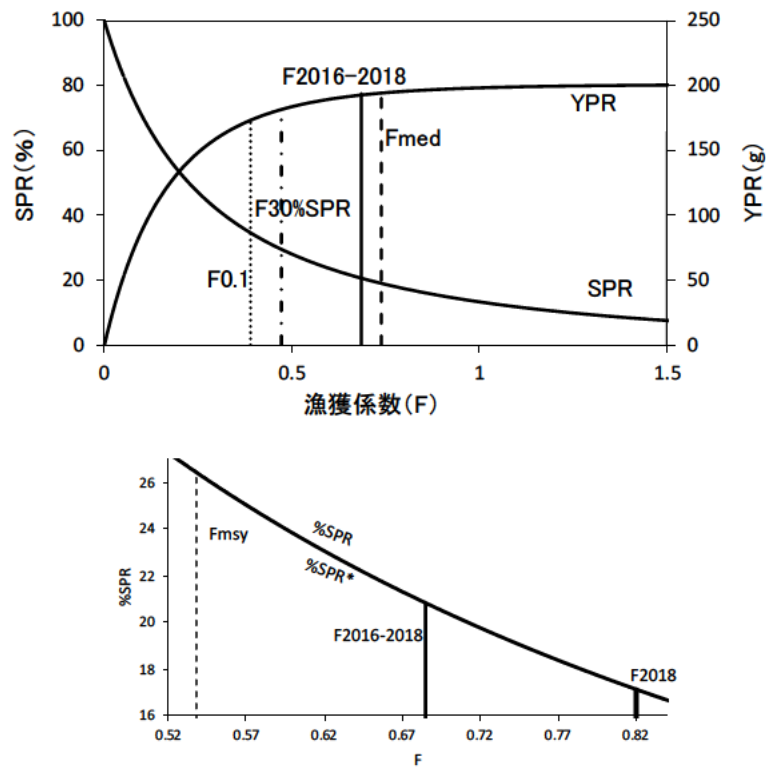
補足図 15-7. M の変化に伴う資源量・親魚量と加入量の変化
韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた計算に基づく結果



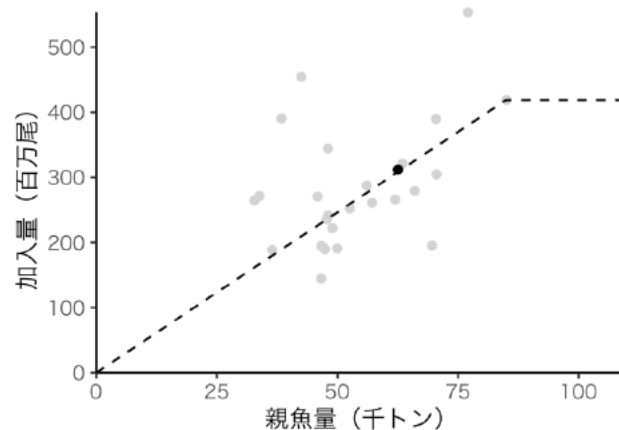
補足図 15-8. 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の F の推移



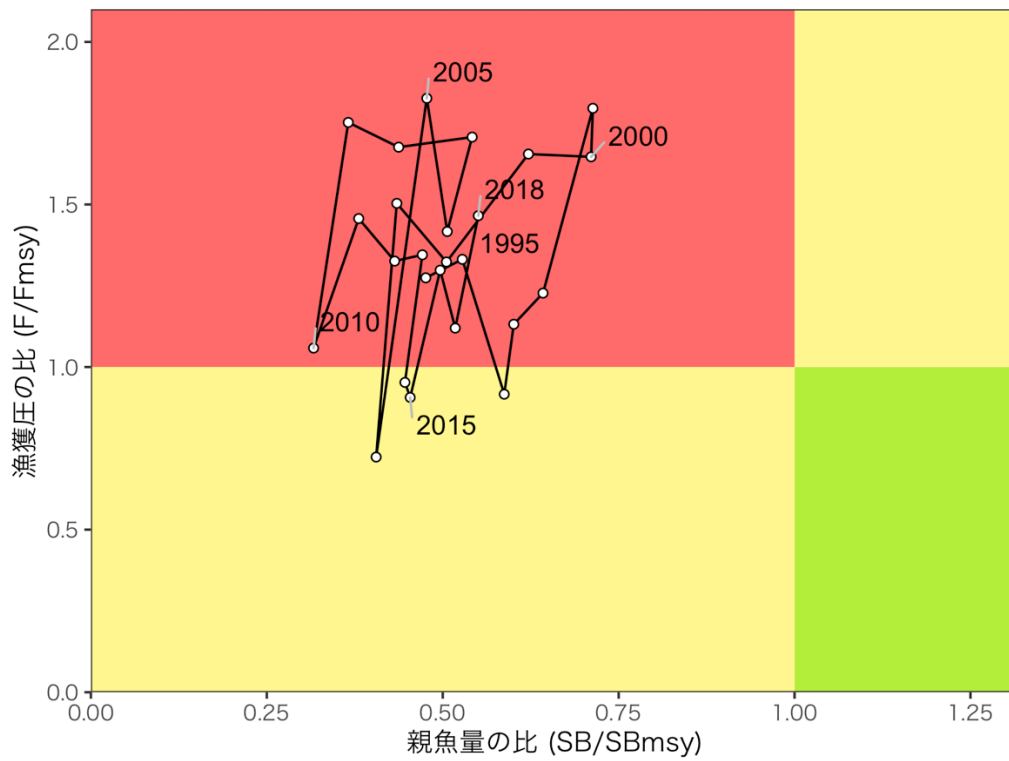
補足図 15-9. 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の %SPR 値の推移



補足図 15-10. 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の現状の漁獲圧 (F2016-2018) に対する YPR と %SPR の関係
 下図の SPR* (破線曲線) は MSY を算出した再の条件下での平均漁獲圧に対する %SPR の関係



補足図15-11. 韓国における2018年漁獲量を算定値で置き換えた場合の親魚量と加入量の関係 (再生産関係)
 破線は平成31年4月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」(林ほか2019) で適用された再生産関係式。2018年の値は●で示す



補足図 15-12. 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) と漁獲圧 (F_{msy}) に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)
親魚量と漁獲圧には 3 年移動平均値を用いた

補足資料 16 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合のコホート解析結果
(1992～2018 年)

年	漁獲量 (千トン)			資源量	親魚量	加入量	漁獲割合	再生産成功率
	日本	韓国	計	(千トン)	(千トン)	(100万尾)	(%)	(尾/kg)
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	265	41	8.083
2010	30	5	35	124	34	273	28	8.044
2011	49	12	61	145	57	263	42	4.576
2012	47	3	50	130	49	224	38	4.535
2013	38	13	51	129	47	278	39	5.941
2014	33	2	35	114	49	203	31	4.118
2015	31	9	40	133	52	260	30	5.006
2016	35	22	57	148	61	247	38	4.070
2017	33	11	44	130	56	289	34	5.138
2018	41	22	63	155	63	312	41	4.987

補足資料 17 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合のコホート解析結果
の詳細 (1992~2018 年)

年\年齢	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	0.56	0.77	0.77
2011	93	58	25	3	22	24	13	2	0.55	0.71	1.04	1.04
2012	71	42	22	6	20	15	11	4	0.47	0.68	0.86	0.86
2013	105	43	12	6	25	15	7	4	0.60	0.79	0.55	0.55
2014	50	30	12	8	12	11	7	6	0.35	0.43	0.70	0.70
2015	61	25	20	7	15	9	11	5	0.33	0.37	0.74	0.74
2016	88	53	17	8	24	19	9	5	0.55	0.70	0.62	0.62
2017	68	38	18	10	13	13	10	7	0.33	0.64	0.74	0.74
2018	106	54	19	12	24	20	11	9	0.52	0.62	1.07	1.07

補足資料 17（続き）韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合のコホート解析
結果の詳細（1992～2018 年）

年＼年齢	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	265	53	27	10	63	20	15	8
2010	272	327	581	755	273	117	11	7	74	38	6	6
2011	237	404	533	712	263	137	45	6	62	55	24	4
2012	280	347	519	688	224	102	45	12	63	35	23	8
2013	239	345	557	668	278	93	35	16	66	32	19	11
2014	233	359	560	701	203	102	28	20	47	37	16	14
2015	247	352	546	680	260	96	45	16	64	34	24	11
2016	270	356	539	709	247	125	44	19	67	44	24	14
2017	198	354	540	738	289	95	42	23	57	34	22	17
2018	222	363	571	772	312	139	34	21	69	51	19	16

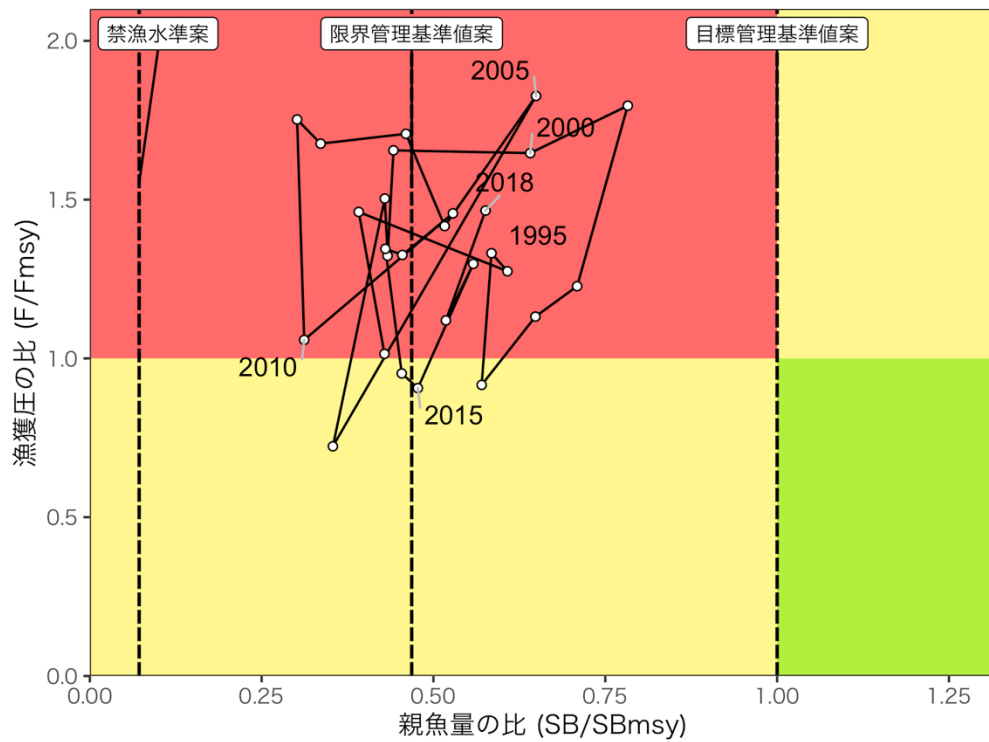
補足資料 18 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の資源および漁獲圧の水準

平成 31 年 4 月に開催された研究機関会議により提案された管理基準値案を再掲し、算定値計算により推定された資源の現状について以下に示す。

項目	値	備考
SBtarget 案	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	51 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	8 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Umsy	31%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
MSY	76 千トン	最大持続生産量 MSY
β	—	漁獲管理規則の漁獲圧の上限の設定のため、Fmsy に掛ける安全係数。
SB2018'	63 千トン	算定値計算により推定された 2018 年の親魚量
U2018'	41%	算定値計算により推定された 2018 年の漁獲割合
F2018'/ Fmsy	1.52	算定値計算により推定された 2018 年の漁獲圧の、最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧に対する比

算定値計算の結果得られたコホート解析により得られた 2018 年の親魚量 (SB2018': 63 千トン) は、限界管理基準値案と禁漁水準案を上回っているが、目標管理基準値案よりも低い。また、算定値計算の結果推定された 2018 年の漁獲圧 (F2018') は、MSY を実現する漁獲圧を上回り (F2018'/Fmsy は 1.52)、2018 年の漁獲割合 (U2018') も MSY を実現する漁獲割合 (Umsy) を上回っている。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 18-1 に示す



補足図 18-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と漁獲圧 (Fmsy) に対する、
 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の過去の親魚量および
 漁獲圧の関係 (神戸プロット)
 親魚量と漁獲圧には単年の値を用いた

補足資料 19 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の漁獲管理規則案に対応した漁獲量の算定

2020 年漁獲量を、補足資料 15 に示した算定値計算の結果と補足表 19-1 に示したパラメータに基づき、補足資料 7 と同様の手順で試算した。

補足表 19-1. 将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率	Fmsy	F2016-2018'	平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟率
0 歳	0.54	0.36	0.46	238	0.4	0.00
1 歳	0.71	0.47	0.60	354	0.4	0.60
2 歳	1.00	0.66	0.84	542	0.4	0.85
3 歳以上	1.00	0.66	0.84	709	0.4	1.00

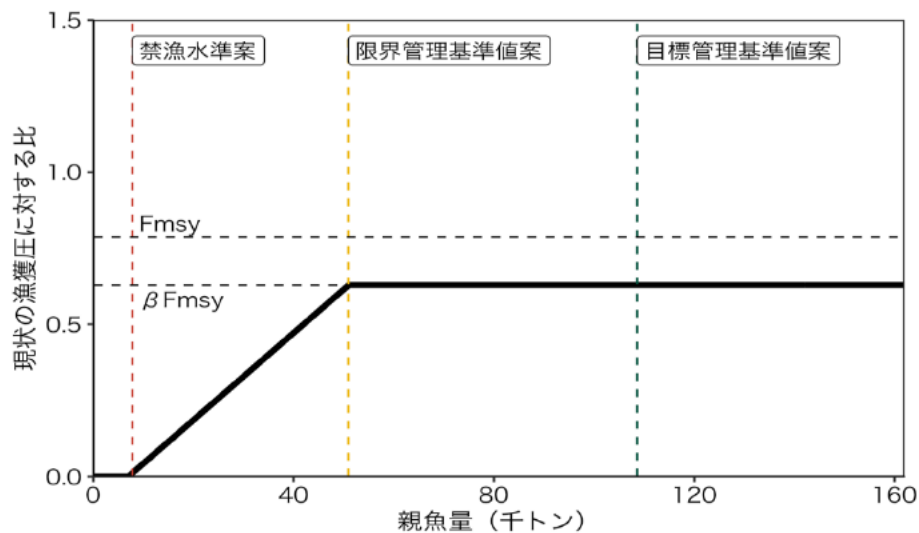
算定値計算および漁獲管理規則案に従い試算された 2020 年の平均漁獲量は、 β を 0.8 とした場合には 39 千トン、 β を 1.0 とした場合には 46 千トンであった。算定値計算に基づいた場合に 2020 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を上回り、平均 60 千トンと見込まれた。

2020 年の親魚量（予測平均値）：60 千トン			
項目	2020 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2016-2018')	2020 年の 漁獲割合 (%)
10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る β の最大値に基づく方策			
$\beta \leq 0.9$	≤ 43	≤ 0.70	≤ 28
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	46	0.79	31
$\beta=0.8$	38	0.63	26
$\beta=0.6$	30	0.47	20
$\beta=0.4$	21	0.31	14
$\beta=0.2$	11	0.16	7
$\beta=0.0$	0	0.00	0
F2016-2018'	55	1	38

算定値計算の結果を用いた資源計算について、漁獲管理規則案（補足図 19-1）に基づく中長期的な将来予測の結果を補足図 19-2 および補足表 19-2、補足表 19-3 に示した。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2030 年の親魚量の予測値は β を 1.0 とした場合には平均 107 千トン（80%信頼区間は 80 千～136 千トン）、 β を 0.8 とした場合には平均

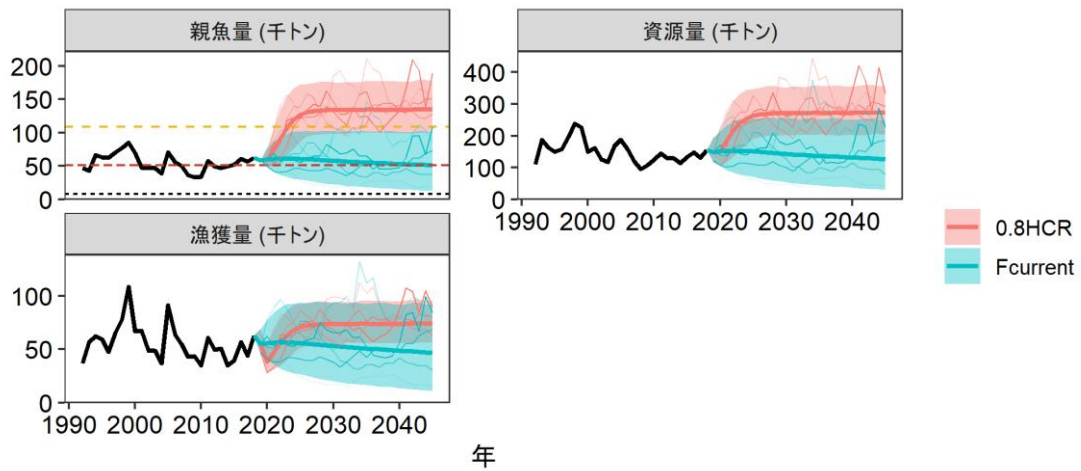
134 千トン（80%信頼区間は 104 千～166 千トン）である。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率および禁漁水準案を上回る確率は全ての方策において 100%となった。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030 年 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030 年に親魚量が以下の 管理基準値案と禁漁水準案を上回 る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る β の最大値に基づく方策					
$\beta \leq 0.9$	≥ 120	≥ 93 - ≥ 151	≥ 67	100	100
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$	107	80 - 136	45	100	100
$\beta=0.8$	134	104 - 166	86	100	100
$\beta=0.6$	167	132 - 205	99	100	100
$\beta=0.4$	214	173 - 259	100	100	100
$\beta=0.2$	287	235 - 343	100	100	100
$\beta=0.0$	407	340 - 478	100	100	100
F2016-2018'	58	27 - 92	3	56	100



補足図 19-1. 漁獲管理規則案

現状の漁獲圧は韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた資源計算から推定された F2016-2018'



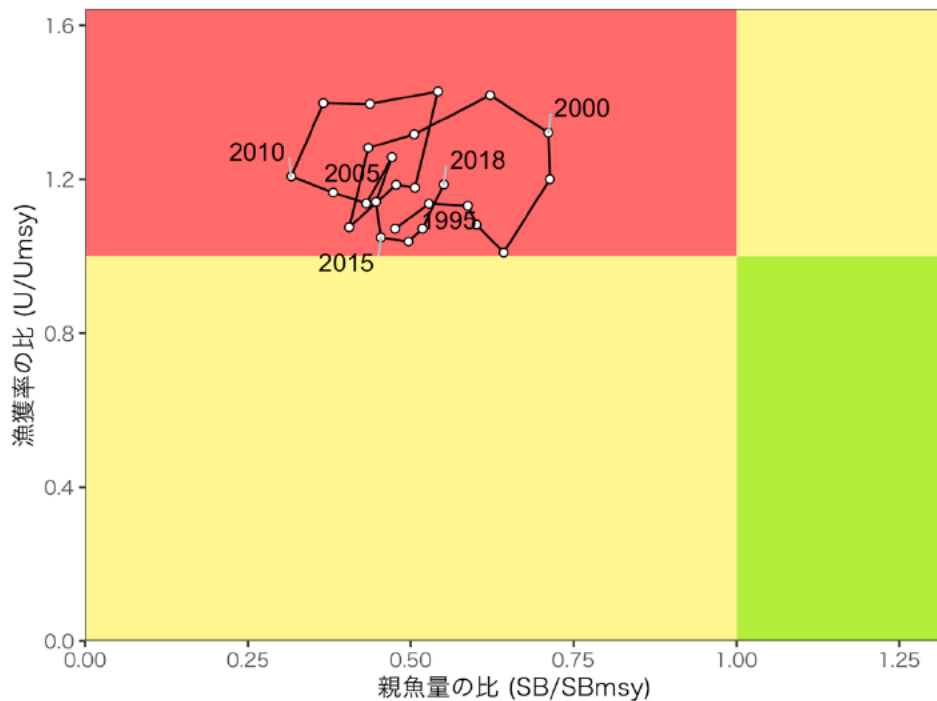
補足図 19-2. 漁獲管理規則案（補足図 19-1）に基づく中長期的な将来予測の結果
 5000 回の平均値（太線）、5 回の試行結果（細線）および 80%信頼区間（網掛け）を示す。資源計算は韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた値に基づく。年は暦年であり、親魚量の図の黄破線は目標管理基準値案、赤点線は限界管理基準値案、黒点線は禁漁水準案である。漁獲管理規則案の β は 0.8 のものを示す。

[illegible]

補足資料 20 韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の漁獲割合に基づく神戸プロット

補足資料 15 に示した算定値計算により推定された親魚量と、その時の漁獲割合（U）を基準にした神戸プロットを補足図 20-1 に示す。解析対象である 1992～2018 年の全期間において、算定値計算により推定された親魚量は MSY を実現する水準を下回っている。算定値計算により推定された漁獲割合の比（ U/U_{msy} ）は、多くの年で MSY を実現する水準より高くなっている。

項目	値	備考
SBmsy	109 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Umsy	32%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
U2018'	41%	2018 年の漁獲割合
U2018'/ Umsy	1.28	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合に対する 2018 年の漁獲割合の比



補足図 20-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）と漁獲割合（Umsy）に対する、韓国における 2018 年漁獲量を算定値で置き換えた場合の過去の親魚量および漁獲割合の関係（神戸プロット）
親魚量と漁獲割合には 3 年移動平均値を用いた