

## 令和 3（2021）年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：北海道立総合研究機構釧路水産試験場・函館水産試験場、地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産・海洋技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所、和歌山県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、高知県水産試験場、愛媛県農林水産研究所、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、宮崎県水産試験場、漁業情報サービスセンター、海洋生物環境研究所

### 要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した。資源量は、1995～2003年漁期（7月～翌年6月）にかけて25.4万～37.8万トンの範囲で安定して推移していたが、2004年漁期および2009年漁期の高い加入量により、2009、2010年漁期は70万トンを超える極めて高い水準に達した。しかしながら2010年漁期以降は高い加入量が見られていないことから、2011年漁期以降、資源量は減少傾向を示し、2020年漁期は11.0万トンであった。親魚量は資源量と同様の変動傾向を示し、2006～2014年漁期は16.8万トン～34.0万トンの範囲の比較的高い値で推移したが、その後は減少傾向を示し、2020年漁期は6.0万トンであった。漁獲圧（年齢別漁獲係数の平均）は、1995～1997年漁期、2002、2003年漁期、2020年漁期に高い値を示した他は比較的安定した値を示している。

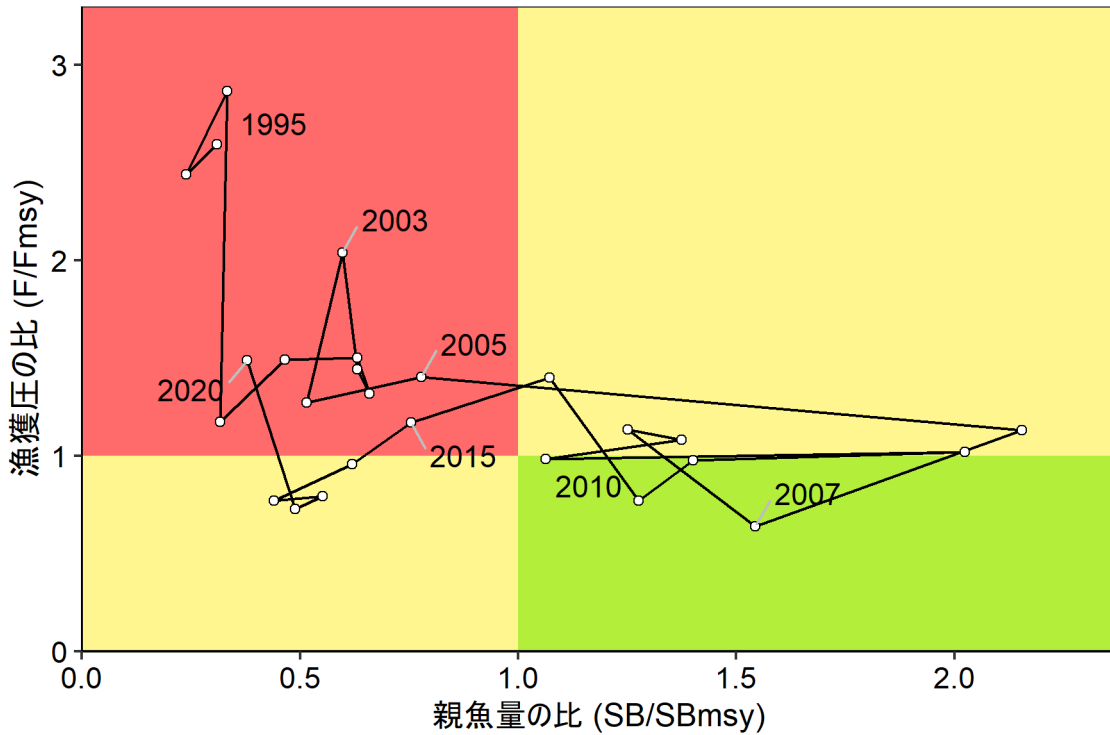
令和2年2月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および令和2年5月に開催された「水産政策審議会」を経て、本系群の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準、および漁獲管理規則が定められた。目標管理基準値は最大持続生産量MSYを実現する親魚量（15.8万トン）であり、本系群の2020年漁期の親魚量はこれを下回る。また、本系群の2020年漁期の漁獲圧は、MSYを実現する水準の漁獲圧（ $F_{msy}$ ）を上回る。親魚量の動向は近年5年間（2016～2020年漁期）の推移から「減少」と判断される。2022年漁期の親魚量および資源量の予測値と、漁獲管理規則に基づき算出された2022年漁期のABCは1.0万トンである。

項目	値	説明
管理基準値と MSY に関する値		
SBtarget	158 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	50 千トン	MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban	6 千トン	MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) = (0.22, 0.31, 0.48, 0.87, 0.87)	
%SPR (Fmsy)	27.4%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	105 千トン	最大持続生産量 MSY
2020 年漁期の親魚量と漁獲圧		
SB2020	60 千トン	2020 年漁期の親魚量
F2020	2020 年漁期の漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) = (0.39, 0.48, 0.77, 0.97, 0.97)	
%SPR (F2020)	17.4%	2020 年漁期の %SPR
%SPR (F2016-2020)	28.2%	現状 (2016~2020 年漁期) の漁獲圧に対応する %SPR
MSY を実現する水準に対する比率		
SB2020/ SBtarget	0.38	目標管理基準値 (MSY を実現する親魚量) に対する 2020 年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	1.49	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年漁期の漁獲圧の比*

\*2020 年漁期の選択率の下で 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：リッカー型（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	減少



漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	160	69	37	0.77	23
2018	168	87	35	0.79	21
2019	136	77	29	0.73	21
2020	110	60	44	1.49	40
2021	116	40	28	0.96	24
2022	142	30	—	—	—

2021年漁期、2022年漁期の値は、将来予測に基づく推定値である。

2022年漁期の ABC (千トン)	2022年漁期の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2016-2020)	2022年漁期の 漁獲割合 (%)
10	30	0.50	16

コメント:

- ABCの算定には、令和2年2月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取りまとめられ、令和2年5月に開催された「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。
- 直近の加入量の低下傾向を考慮した2021、2022年漁期の加入量によりABCを算定した。

## 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・漁期年別 漁獲尾数	主要港水揚量(北海道～宮崎(17)道県、JAFIC、北部まき網組合) 月別体長組成(水研、北海道～宮崎(17)道県、JAFIC):市場測定 月別体長・体重・年齢・成熟データ(水研、北海道～宮崎(17)道県、 JAFIC):市場測定、漁獲試験 月別漁業種別マサバ・ゴマサバ混獲比率(水研、北海道～宮崎(17)道 県):水揚げ情報、標本港混獲率、市場測定標本混獲率、漁獲試験
資源量指数 ・加入量指標値  ・資源密度指数* ・産卵量*	北西太平洋北上期浮魚類資源調査**(5～7月、水研):中層トロール 北西太平洋秋季浮魚類資源調査*** (9、10月、水研):中層トロール (2001年以降)、流し網(1995～2002年) 静岡県棒受網漁況(静岡県):CPUE、漁獲物年齢組成 卵稚仔調査(水研、青森～宮崎(17)都県):ノルパックネット
自然死亡係数 (M)	年当たり0.4を仮定(Mと寿命の統計的關係(田中 1960)による)

\*はコホート解析におけるチューニング指数である。

\*\*サンマ資源量直接推定調査(水産資源研究所、親潮～移行域(142°E～165°W)、2001年～  
継続中)、および北西太平洋北上期浮魚類資源調査(水産資源研究所、親潮～黒潮続流域(141°  
～150°E)、2001～2004年、2010年～継続中)

\*\*\*東北海区浮魚類分布調査(東北水研、親潮～移行域(141°～167°E)、1995～2007年)、  
北西太平洋秋季浮魚類資源調査(水産資源研究所、親潮～移行域(141°～175°E)、2008年  
～継続中)

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

ゴマサバは、同属のマサバに比べて暖水性、沖合性が強いとされ(落合・田中 1998)、  
太平洋側の成魚の主分布域は黒潮周辺域である。

分布、回遊を図2-1に示す。黒潮周辺域で発生した稚魚は、成長しながら黒潮に移送され  
て本邦南岸の沿岸域から東経165～170度付近までの黒潮-親潮移行域の表面水温17℃前  
後の海域にマサバ稚魚とほぼ同じ様に分布する(渡邊ほか 1999、西田ほか 2000、川端ほか  
2006a)。移行域に移送された尾叉長5～15cm程度の稚幼魚は成長とともに北上し、夏秋季  
は表面水温13℃前後の道東～千島列島の太平洋沿岸から沖合の東経165度付近までの亜寒  
帯水域で索餌期を過ごし(Savinykh et al. 2004、川端ほか 2006a、2007)、秋冬季には20～  
25cm程度になって南下し、常磐～房総半島の沿岸から沖合の黒潮続流周辺海域で越冬する  
(川端ほか 2009b)。加入量が多かった2004年級群は、東経171度の天皇海山周辺での越  
冬も確認された(川端ほか 2008、2009a)。越冬後の1歳以上は、1980年代までは索餌期に  
大きく北上回遊しないために三陸以北海域にはあまり出現しなかったが(飯塚 1978、曾ほ  
か 1980)、資源量の増大と東北～北海道海域の表面水温の上昇に伴い、2001年以降では越

冬後の1、2歳魚が夏秋季に三陸北部や道東海域まで索餌回遊して漁場形成するようになった(川端ほか 2006b、2008)。これらの群は秋冬季には越冬のために南下し、春季の伊豆諸島周辺海域への産卵回遊に移行する(目黒ほか 2002)。また、このように伊豆諸島周辺～黒潮統流域から東北～北海道海域を大規模に季節回遊する群とは異なり、本邦南岸の黒潮周辺の沿岸域に周年分布する群も多く、各地先漁業の対象となっている。3歳以上の高齢魚は、最近では三陸以北海域まで回遊するものもあるが多くはなく、伊豆諸島周辺海域や熊野灘では足摺岬周辺海域など西方の海域に比べて分布が少ないことや(花井 1999、山川 1999)、標識放流試験結果などから、加齢にともなって主分布域を足摺岬周辺などの西方海域へ移し、黒潮周辺域で比較的小規模な季節回遊をしたり、産卵場周辺に周年留まったりするようになり、さらに黒潮の上流の東シナ海へ移動するものもあると推定されている(梨田ほか 2006)。さらに、2008～2015年にかけて天皇海山海域に2008年級群を主体としたゴマサバの分布がみられたが、この現象は2008年に八丈島以南の海域で産卵量が多く、この海域で産卵された個体が天皇海山海域に輸送されたことによると考えられている(上村ほか 2017)。

## (2) 年齢・成長

稚幼魚期の成長は、耳石の日輪解析により、ふ化後、尾叉長5 cm程度までは平均で1日当たり1 mm程度成長するが(渡邊ほか 2002)、その後、成長が速くなり、ふ化後80日で15 cm程度、120日で20 cm以上になる(高橋ほか 2010)。未成魚期以降では、鱗の年輪解析による年齢査定が比較的簡便で調査上実的であり(近藤・黒田 1966、渡邊ほか 2002)、本調査で実施されている。耳石の年輪や日輪による年齢査定の有効性も示唆されている(樋田 1999、木村ほか 2002、梨田ほか 2003、片山・石井 2009)。近年の漁獲物の年齢査定結果による各年齢における体長は、0歳の秋季には尾叉長20～25 cm、1歳の夏季には28～31 cm、2歳は30～34 cm、3歳は33～36 cm、4歳は37 cm前後、最大体長は45 cm程度である。漁獲物の年齢構成からみて、寿命は6歳程度と推定され、最大11歳の報告がある。若齢時の成長速度は海域によって異なり、熊野灘以西海域では伊豆諸島以北海域よりも速い傾向がある。本評価の将来予測で用いた年齢別平均尾叉長、体重(2016～2020年漁期漁獲物の平均値)を図2-2に示す。

## (3) 成熟・産卵

卵巣組織の観察結果から尾叉長30 cm以上で成熟、産卵する(花井・目黒 1997)。年齢では2歳以上に該当することから、本評価では2歳以上は全て成熟、産卵する親魚とした(図2-2、2-3)。産卵場は、薩南、足摺岬周辺から伊豆諸島周辺の本邦南岸の黒潮周辺域である(Tanoue 1966、図2-1)。これらよりはるかに規模の大きい東シナ海の産卵場で発生した群も、黒潮流路に沿った仔稚魚の出現状況や高知県沿岸における幼魚の出現状況からみて太平洋側に加入すると推定される(Tanoue 1966、新谷 2007)。産卵期は、足摺岬周辺以西では12月～翌年6月の冬春季であり、東シナ海では1～3月、足摺岬周辺では2～3月が盛期である(Tanoue 1966、梨田ほか 2006)。マサバの主産卵場でもある伊豆諸島周辺海域では3～6月の春季であるが、卵巣組織観察から推定される個体当たりの産卵期間は短く、卵の分布量も少ないことから、産卵場として好適でないことが示唆されている(渡邊ほか

2000、橋本ほか 2005)。しかしながら、最近、移行域以北に出現する稚幼魚は、推定ふ化時期がマサバと同様に3~6月であり(高橋ほか 2010)、分布様式がマサバと同様であることからマサバと同じ伊豆諸島周辺海域で発生したものが主体となっている可能性がある。

#### (4) 被捕食関係

仔稚魚期では主に小型の浮遊性甲殻類やいわし類の仔魚(シラス)などを捕食する(落合・田中 1998)。幼魚期以降ではこれらの他に小型魚類やいか類も捕食する。熊野灘漁場ではカタクチイワシ、ワニギスやハダカイワシ科などの魚類、オキアミ類などの甲殻類、いか類などを、三陸北部漁場では主にツノナシオキアミとカタクチイワシを、常磐~三陸沖合の親潮~移行域ではカイアシ類やオキアミ類などの甲殻類、カタクチイワシやハダカイワシ科などの魚類、ホタルイカモドキ科などのいか類、サルパ類など様々な生物を捕食する。

稚幼魚期にカツオなど大型魚類によって大量に捕食される(堀田 1957、横田ほか 1961)。分布量の多い年にはヒゲクジラ類による捕食も見られる(Matsuoka et al. 2008)。

### 3. 漁業の状況

#### (1) 漁業の概要

主要漁業は、中型まき網漁業(主に太平洋中・南区)、大中型まき網漁業(主に太平洋北区)、たもすくい・棒受網の火光利用さば漁業(中区)、定置網漁業(北・中・南区)、および立て縄などの釣り漁業(主に南区)である(図 3-1)。漁場は、陸棚上から陸棚縁辺、および島しょ周辺や瀬などに形成される。漁獲物は、まき網漁業では主に2歳以下の若齢魚であり、40 cmを超えるような高齢魚は少ない。火光利用さば漁業では1、2歳魚を主対象とする。南区の釣り漁業では「瀬付き」と呼ばれる周年、産卵場周辺に留まる成魚を主対象とし、他の漁業に比べて高齢魚の割合が高い。定置網漁業では幼魚から高齢魚まで漁獲され、時期や海域によって漁獲物組成が大きく異なる。南区では「サバ仔(コ)」と呼ばれる幼魚が比較的多く漁獲される点の特徴である。また、北・中区の各種漁業では多くの場合マサバと混獲される。

#### (2) 漁獲量の推移

ゴマサバはマサバと外部形態および分布回遊生態が類似するために、漁業ではよく混獲されて、漁獲統計では多くの場合マサバとともにさば類として集計されることから、以下の方法でゴマサバの漁獲量を推定した。生物情報収集調査により得られた宮崎県~北海道太平洋側(東京都および徳島県、愛媛県、大分県の瀬戸内海側を除く)の標本港におけるサバ類の漁獲量を道県別・月別・漁業種別に集計した。漁業種の内訳はほとんどの道県でまき網、定置網、その他(底曳網・たもすくい・棒受網・釣りなど)である。混獲率(サバ類のゴマサバとマサバの割合)については、道県別・月別・漁業種別に収集した。ゴマサバとマサバの魚種別漁獲量が得られる標本港・漁業種についてはその値をそのまま使用し、それ以外の標本港・漁業種については抽出標本から混獲率を月別・漁業種別に推定した。混獲率が欠測した道県・月・漁業種については、担当者の判断で尤もらしいデータ(他漁業種、前後の月、隣県など)を参照した。以上の手法により道県別・月別・漁業種別に得られたサバ類の漁獲量と混獲率から、ゴマサバの漁獲量を推定した。なお、外部形態による本種の判別は、体側

中央に明瞭な黒点が並ぶこと、および第 1 背鰭棘の鰭底間隔がマサバより狭いこと（1～9 棘の鰭底長が尾叉長の 12%未満）で比較的容易に行える（水産庁 1999）。また、マサバとゴマサバの天然交雑が確認されているが、交雑種の出現頻度はさば類全体の 0.3%程度であり（谷口ほか 1989、斉藤 2001）、資源評価上問題はないと考えられる。

本評価は 7 月～翌年 6 月の漁期年単位で行い、漁獲量等は漁期年で集計した値、資源量等は漁期年当初（7 月）の値を用いる。1982 年漁期以降の海区・漁業種類別の我が国の年間漁獲量は、南区（宮崎～和歌山県）では 2,305（2020 年漁期、以下同じ）～5.6 万トン（1996）、中区まき網漁業（三重～静岡県）では 826（1982）～8.9 万トン（2006）、火光利用さば漁業では 1,655（2019）～6.2 万トン（1985）、中区・北区定置網では 692（1991）～3.2 万トン（2010）、北区まき網では 0（1994 など）～6.4 万トン（2009）の範囲でそれぞれ変動している（図 3-1、表 3-1）。特に北区まき網では、2014 年漁期には 4.1 万トンであったが、2015 年漁期に 1.6 万トン、2016 年漁期に 0.3 万トンと減少が著しく、2018 年漁期はわずか 599 トンであった。2020 年漁期は 5,173 トンに増加したものの、依然として低い水準にある。合計では、1995 年漁期に 10 万トンを上回ってから高い水準にあり、2004 年漁期の高い加入量によって 2006 年漁期に 19.3 万トンと過去最高値となった。その後も高い水準を維持し、2010 年漁期には引き続き高い資源水準によって 19.1 万トンと高い値を示した後、2011 年漁期以降は減少傾向を示し、2019 年漁期は 2.7 万トンで、資源量が推定可能な 1995 年漁期以降では最も低い値となった。2020 年漁期は 3.3 万トンで、前漁期年よりもやや増加したものの低い水準にある。

1981 年以前については、ゴマサバとしての漁獲量資料が揃っていないが、北区の北部まき網や定置網での漁獲はごく少なかった（曾ほか 1980、東北水研資料）。中区でもまき網での漁獲は少なく、主要漁業であるたもすくいでは 1970 年代までは漁獲物のほとんどがマサバであり、ゴマサバはマサバが急減した 1982 年以降に増加した（目黒 1999）。南区のさば類漁獲量から類推されるゴマサバ漁獲量は 1982 年以降と比べて多くなかった。以上から 1981 年以前のゴマサバの漁獲量は、5 万トン未満の水準であったと判断される（図 3-1）。

近年、中国およびロシアが北西太平洋公海域およびロシア 200 海里水域内でさば類を漁獲しており、北太平洋漁業委員会（NPFC）に 2014 年以降の漁獲量の報告がある（水産庁水産政策審議会第 82 回資源管理分科会配付資料（2017 年 4 月）：<http://www.jfa.maff.go.jp/j/council/seisaku/kanri/attach/pdf/170406-8.pdf>、および NPFC 資料：<https://www.npfc.int/summary-footprint-chub-mackerel-fisheries>）。この漁獲量にはマサバとゴマサバが含まれているため、それぞれの比率は、北部太平洋まき網漁業のそれぞれの年の 7～12 月の漁獲物のマサバとゴマサバの比率に等しいと仮定し、中国およびロシアのゴマサバの漁獲量を推定した（図 3-1、表 3-1）。その結果、ゴマサバの割合は 2014 年が 21.0%、2015 年が 9.2%、2016 年が 1.5%、2017 年が 1.1%、2018 年が 0.44%、2019 年が 0.79%、2020 年が 6.1%と推定された。また、NPFC への報告は暦年集計であるが、漁船の動向から主漁期は 7 月～11 月と考えられるため、暦年の値をそのまま漁期年としても問題ないと判断した。2016～2019 年まで外国漁船漁獲量のゴマサバの割合の仮定は 1%程度で推移していたが、2020 年には 6.1%に急増したため、2020 年漁期の中国とロシアの推定漁獲量は急増した（図 3-1、表 3-1）。日本のゴマサバの漁獲量が減少してきていることから、外国漁船漁獲量のゴマサバの割合の仮定が系群全体の漁獲量に与える影響は小さくない。外国漁船漁獲量のゴマサバの割合について情

報を収集し、漁獲量の精度を高めていく必要がある。

年齢別漁獲尾数は以下のように推定した。宮崎県～北海道太平洋側における主要港における体長測定データを道県別・月別・漁業種別に集計し、道県別・年別に集計した精密測定データから求めた体長・体重関係を用いて、道県別・月別・漁業種別漁獲量に一致するように引き延ばした。体長測定データが欠測した道県・月・漁業種については、担当者の判断で尤もらしいデータ（他漁業種、前後の月、隣県など）を参照した。一方で、年齢査定結果を静岡県以北と愛知県以西の2海域に分けて、4半期別に集計してAge-Length-Keyを作成し、先に求めた道県別・月別・漁業種別体長組成データに充てて年齢別漁獲尾数を求めた。年齢査定結果が欠測した海域・4半期については、近年の平均的な値を充てた。2014年漁期以降については中国およびロシアの漁獲を考慮し、これらの年齢組成は静岡県以北の7～12月と等しいと仮定した。以上の手法により推定した漁獲物の年齢組成は、年変化が大きいものの若齢魚を主対象とするまき網による漁獲量が多いために1、2歳魚が主体である（図3-2、補足表2-1）。また、加入が良好な年級群が出現すると、その年級群が0、1歳魚として大量に漁獲される特徴が見られる。0歳魚の割合は卓越年級群の出現年を除けば比較的低い。これは主に0歳魚の分布回遊特性によるものと考えられ、漁業は主に沿岸域で操業するのに対して、0歳魚の多くは沖合を広く回遊して漁獲対象になりにくいためと考えられる。

#### 4. 資源の状況

##### (1) 資源評価の方法

1995～2020年漁期の年齢別資源量を、7月を起点とする7月～翌年6月の漁期を年単位として4歳以上を最高齢グループとする年齢構成でPope（1972）の近似式を用いたチューニングVPA（コホート解析）によって推定した（補足資料1、2、3、表4-1、補足表2-1）。加入後の自然死亡係数(M)は寿命との統計的關係  $M=2.5/\text{寿命}$ （田内・田中の式、田中1960）により、寿命6歳から0.4とした。加入量の指標となると考えられる静岡県棒受網資源密度指数（図4-1、表4-2）と、親魚量の指標となると考えられる標準化産卵量（補足資料3、図4-2、表4-2）をチューニング指数として用いて、探索的に最近年（2020年漁期）の漁獲係数（ターミナルF）を求めた。

##### (2) 資源量指標値の推移

加入量の指標値の経年変化を図4-1および表4-2に示す。いずれの指標値も1996、2004、2009年級群などの豊度の高さや2006、2008年級群などの低さを反映し、加入量水準に対応した変動を示していると考えられる。しかし、2013、2016、2017、2018年級群はコホート解析結果からは高い加入量ではないとみられるが、北上期調査や秋季調査の各指標値が高い値を示すなど、近年は加入量と指標値の動向が一致しない傾向がみられている。

親魚量の指標となる産卵量の経年変化を図4-2および表4-2に示す。2005年以降の太平洋側のゴマサバの産卵量は、豊度が高い2004、2009年級群の成熟に伴う親魚量の増加を反映して、2007、2011年に高い値を示した。その後は2014年までおおむね25兆粒以上で推移していたが、2015年は8.9兆粒に減少した。2016、2017年は緩やかに増加し、2018年は109.6兆粒に急増したが、2019年は11.0兆粒に急減した。2021年（1～6月までの値）は3.7兆粒とさらに減少した。2018年の産卵量のうち102.2兆粒が3月に海区Ⅲ（日向灘～土佐



湾～潮岬)での産卵量となっていて、この海域で採集された卵径の頻度分布および親魚の漁獲状況から、2018年のゴマサバの産卵量は過大推定されている可能性が高いと判断された(由上ほか 2019b)。2019年以降も親魚の漁獲状況から2018年と同様の状況が継続していると考えられるため、産卵量の値をそのままチューニング指数として使用することは困難と判断し、産卵量の標準化を行った(補足資料3)。標準化産卵量は2008年をピークとしてその後は減少傾向を示し、2019年は2005年以降で最も低い値となり、2020年、2021年も低い値を示している(図4-2、表4-2)。

### (3) 資源量と漁獲圧の推移

1995～2020年漁期の資源量(7月時点)は、1995年漁期以降のおおむね安定した加入の継続と1996、2004年漁期の卓越した高い加入量によって、30万トン前後から2004年漁期以降は60万トン前後に増加し、さらに2009年漁期の高い加入量によって2009、2010年漁期は70万トン以上に達する高い水準にあった(図4-3、表4-1、補足表2-1)。2011年漁期以降2020年漁期まで著しい減少傾向を示し、2020年漁期は11万トンで、1995年漁期以降では最も低い値となった。親魚量は資源量と同様の傾向を示し、2006～2014年漁期は16.5万トン～34.0万トンの比較的高い値で推移したが、その後は減少傾向を示し、2020年漁期は6.0万トンであった(図4-3、表4-1、補足表2-1)。再生産成功率(RPS)は1996年漁期、2004年漁期に高い値を示した他は比較的安定した値を示していたが、2010年漁期以降はやや低い値で推移している(図4-4)。

自然死亡係数Mに対する感度解析として、本評価での設定値(0.4)に対して0.3と0.5にして直近(2020)年漁期の資源量、親魚量、加入量を推定した(図4-5)。資源量はそれぞれ86%および119%、親魚量は89%および114%、加入量は80%および127%となり、Mの値が大きくなると、いずれの値も大きくなった。

全年齢平均F(年齢別Fの単純平均)は0.30～1.15の範囲で変化し、1995～1997年漁期、2002、2003年漁期に高い値を示した他は比較的安定した値を示していたが、2020年漁期はやや高い値となった(図4-6、補足表2-1)。また、0歳魚のFは2歳以上のFよりも比較的低い値で推移している。漁獲割合は21～56%の範囲で変化し、1995～1997年漁期に高い値を示した他は、おおむね30%前後で推移している(図4-7、表4-1、補足表2-1)。

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」(由上ほか 2019a)、一昨年度評価(由上ほか 2020)および昨年度評価(由上ほか 2021)における各種推定値との比較を補足資料5にまとめた。

項目	値	説明
SB2020	60千トン	2020年漁期の親魚量
F2020	2020年漁期の漁獲圧(漁獲係数F) (0歳, 1歳, 2歳, 3歳, 4歳以上)=(0.39, 0.48, 0.77, 0.97, 0.97)	
U2020	40%	2020年漁期の漁獲割合

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

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量 (SPR) を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図 4-8 に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 (%SPR) の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR の値は 1995~1997 年漁期に低い値を示し、1998~2013 年漁期は 25%前後のやや高い値で推移していたが、2014 年漁期にやや低い値となった。2015 年漁期以降は緩やかな増加傾向を示し、2019 年漁期は 36.2%となったが、2020 年漁期は 17.4%に減少した。現状の漁獲圧として近年 5 年間 (2016~2020 年漁期) の平均 F 値から %SPR を算出すると 28.2%となった。

現状の漁獲圧に対する YPR と %SPR の関係を図 4-9 に示す。このとき、F の選択率としては、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」において最大持続生産量 MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた値 (由上ほか 2019a) を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は %SPR に換算すると 27.4%に相当する。現状の漁獲圧 (F2016-2020) は F0.1 を上回っているが、Fmsy および F30%SPR と同程度である。

項目	値	説明
%SPR (F2020)	17.4%	2020 年漁期の %SPR
%SPR (F2016-2020)	28.2%	現状 (2016~2020 年漁期) の漁獲圧に対応する %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式にはリッカー型再生産関係を用いることが提案されている (由上ほか 2019a)。再生産関係式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。再生産関係式の各パラメータを下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
リッカー型	最小絶対値法	無	13.5	0.00558	0.507	-

ここで a、b は下式のリッカー型再生産式のパラメータである。R は加入量 (百万尾)、E は親魚量 (千トン)。

$$R = aEe^{-bE}$$

「5. 将来予測」で詳述するように、ABC 計算のための 2021 年以降の将来予測については、本再生産関係からの予測値と観測値の最近年のずれの傾向を将来予測に反映した手法 (バックワード・リサンプリング) により実施した。

## (6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」では現在（1995 年漁期以降）の環境下における最大持続生産量 MSY は 10.5 万トンと推定された。令和 2 年 2 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および令和 2 年 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て、この MSY を実現する親魚量（SBmsy：15.8 万トン）を目標管理基準値とする資源管理目標が定められた。また、MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（5.0 万トン）が限界管理基準値、MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量が禁漁水準（0.6 万トン）とされた。MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）と共に諸数値を下表に示す。

項目	値	説明
SBtarget	158 千トン	目標管理基準値。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）。
SBlimit	50 千トン	限界管理基準値。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）。
SBban	6 千トン	禁漁水準。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）。
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F） (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上)=(0.22, 0.31, 0.48, 0.87, 0.87)	
%SPR (Fmsy)	27.4%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	105 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。本系群における 2020 年漁期の親魚量（6.0 万トン）は MSY を実現する親魚量（SBmsy すなわち目標管理基準値）を下回り、MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy すなわち限界管理基準値）をわずかに上回る。2020 年漁期の親魚量は SBmsy の 0.38 倍である。また、2020 年漁期の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を上回っており、2020 年漁期の漁獲圧は Fmsy の 1.49 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、近年 5 年間（2016～2020 年漁期）の推移から減少と判断される。本系群の親魚量は 2006～2014 年漁期には SBmsy を上回っていたが、2014 年漁期、2015 年漁期と漁獲圧が Fmsy を上回って推移し、2010 年漁期以降、低い加入量が継続したことにより、2015 年漁期以降の親魚量は SBmsy を下回る水準で推移している。

項目	値	説明
SB2020/ SBmsy (SBtarget)	0.38	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値)に対する 2020 年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	1.49	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年漁期の漁獲圧の比*

\* 2020 年漁期の選択率の下で 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	減少

## 5. 将来予測

### (1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2020 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2021～2051 年漁期までの将来予測計算を行った(補足資料 2)。2015～2020 年漁期の加入量は 2016 年漁期を除いて、再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲よりも下側にある(図 4-10)。2015 年漁期以降、親魚量が減少傾向を示している、さらに再生産成功の低い値が継続しているため、加入量が低い値となっている(図 4-3、4-4)。今後も短期的には加入量の低下傾向が継続することが十分に予測されることから、この加入量の低下傾向を取り入れた将来予測により 2022 年漁期の ABC を算定し、2023 年漁期以降も加入量の低下傾向が継続することを想定して将来予測を行い、2030 年漁期の親魚量や管理基準値を上回る確率を算定した。具体的には加入量の不確実性として、2021 年漁期以降の加入量を観測値と再生産関係式の残差のランダムなリサンプリングによって与え、この試行を 10,000 回繰り返し行った。直近の加入量の低下傾向を反映させるため、後ろ向きに時代を区切って残差のリサンプリングを行うバックワードリサンプリングを採用した。バックワードリサンプリングは以下のような手順で行われ、直近の加入量の低下傾向の影響が徐々に緩和されるような仮定となっている(図 5-1)。

- ・将来予測の 1～5 年目：資源評価の最新 5 年分(2016～2020 年漁期)の残差のみから重複を許したリサンプリングを行う。

- ・将来予測の 6～10 年目：最新 5 年分(2016～2020 年漁期)の残差、または、さらに過去に遡った 5 年分(2011～2015 年漁期)の残差のどちらかをランダムに選択し、選ばれた方の 5 年分の残差を、重複を許してリサンプリングを行う。

- ・将来予測の 11 年目～：上記の手順のように 5 年ずつリサンプリングする範囲を追加する。

2021 年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧(F2016-2020)から仮定した。2022 年漁期以降の漁獲圧には、(2)の漁獲管理規則を適用した。

なお、MSY を設定する際に使用した再生産関係では自己相関を考慮していないが、加入量の低下傾向を取り入れた将来予測では、自己相関を考慮していることになる。この将来の加入量の設定の変更により、中短期的な将来予測における平均加入量の予測に与える影響は大きい。しかし、長期的には広い範囲の残差をリサンプリングすることになるため、長期

的な将来予測における平均加入量の予測への影響は大きくない。本資源においては、中短期的にも再生産関係が海洋環境等から影響を受け、結果としてMSYもダイナミックに変動するような状況にあることに注意が必要である。

直近の加入量の低下傾向を考慮せず、2021年漁期以降の加入量が再生産関係に従う場合の将来予測についても計算を行い、補足資料4に示した。

(2) 漁獲管理規則

資源管理基本方針で定められた本系群の漁獲シナリオに則った漁獲管理規則を図5-2に示す。この漁獲管理規則は、親魚量が限界管理基準値以上にある場合にはFmsyに調整係数βを乗じた漁獲圧とし、限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する規則である。本系群の調整係数βは0.9が用いられる。

(3) 2022年漁期の予測値とABCの算定

本系群の漁獲管理規則から算定される予測漁獲量である1.0万トンをABCとして提示する。2022年漁期に予測される親魚量(3.0万トン)は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値および限界管理基準値を下回るため、ABC算定のための漁獲圧は親魚量に応じた係数を乗じて $\gamma(SB_t) \times \beta F_{msy}$ として求めた。ここで2022年漁期の $\gamma(SB_t)$ 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、下式により0.54と計算された。

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

2022年漁期のABC (千トン)	2022年漁期の親魚量予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に対する比 (F/F2016-2020)	2022年漁期の漁獲割合(%)
10	30	0.50	16

コメント:

- ABCの算定には、令和2年2月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取りまとめられ、令和2年5月に開催された「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。
- 直近の加入量の低下傾向を考慮した2021、2022年漁期の加入量によりABCを算定した。

(4) 2023年漁期以降の予測

2023年漁期以降も含めた将来予測の結果を図5-3および表5-1、5-2に示す。β=0.9とした漁獲シナリオに基づく管理を継続した場合、2030年漁期の親魚量の予測値は5.1万トン(80%予測区間は3.0万~8.4万トン)であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は0%、限界管理基準値を上回る確率は41%である。2030年漁期の親魚量の予測値が50%以上の確率で



目標管理基準値を上回るのは $\beta=0$ の場合であった。

$\beta=0.9$ とした漁獲シナリオに基づく管理を継続した場合、親魚量が目標管理基準値を50%以上の確率で上回る漁期年は、2051年漁期以降になると予測され、限界管理基準値を50%以上の確率で上回る漁期年は、2030年漁期と予測された。 $\beta=0$ の場合、2030年漁期に親魚量が50%以上の確率で目標管理基準値を上回ると予測された。

このように直近の加入量の低下傾向が中長期的に継続する場合、 $\beta=0.9$ とした漁獲シナリオに基づく管理を継続しても、親魚量が目標管理基準値まで回復しないことが示された。2023年漁期以降も加入量の低下傾向が続くことが想定されるのであれば、漁獲管理規則の見直しを検討する必要がある。ただし加入量の低下傾向が2023年漁期以降も中長期的に継続するかは不明であるため、2030年漁期における親魚量の予測値や管理基準値を上回る確率、管理基準値を上回る年の不確実性は高く、これらの値の取り扱いには注意を要する。このため、加入量の低下傾向が継続しない場合の将来予測を補足資料4に示した。

考慮している不確実性：加入量					
項目	2030年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2030年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する $\beta$					
$\beta=0.9$	51	30-84	0	41	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる $\beta$ を使用した場合等）					
$\beta=1.0$	46	28-75	0	38	100
$\beta=0.8$	56	32-93	0	44	100
$\beta=0.6$	70	38-118	1	57	100
$\beta=0.4$	94	49-159	10	89	100
$\beta=0.2$	137	76-225	37	100	100
$\beta=0$	206	124-320	59	100	100
F2016-2020	22	9-41	0	3	100

考慮している不確実性:加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する $\beta$			
$\beta=0.9$	2051 年漁期以降	2030 年漁期	2020 年漁期
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる $\beta$ を使用した場合等）			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2032 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.8$	2051 年漁期以降	2030 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.6$	2041 年漁期	2028 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.4$	2041 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.2$	2041 年漁期	2025 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0$	2030 年漁期	2024 年漁期	2020 年漁期
F2016-2020	2051 年漁期以降	2041 年漁期	2020 年漁期

## 6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1995～2003 年漁期にかけて 25.4 万～37.8 万トンで推移していたが、2004 年漁期および 2009 年漁期の高い加入量により、2009、2010 年漁期は 70 万トンを超える極めて高い水準に達した。しかしながら 2010 年漁期以降は高い加入量が見られていないことから、2011 年漁期以降、資源量は著しい減少傾向を示し、2020 年漁期は 11.0 万トンであった。親魚量は資源量と同様の変動傾向を示し、2006～2014 年漁期は 16.8 万トン～34.0 万トンの比較的高い値で推移したが、その後は減少傾向を示し、2020 年漁期は 6.0 万トンであった。漁獲圧（年齢別漁獲係数の平均）は、1995～1997 年漁期、2002、2003 年漁期に高い値を示した他は比較的安定した値を示している。

2020 年漁期の親魚量は MSY を実現する水準を下回っている。また本系群に対する 2020 年漁期の漁獲圧は MSY を与える水準 ( $F_{msy}$ ) を上回っている。親魚量の動向は近年 5 年間（2016～2020 年漁期）の推移から「減少」と判断される。

## 7. その他

本系群の 0 歳魚に対する漁獲圧は比較的低く、設定した再生産関係の下では親魚量の増加による比例的な加入量の増加も望めないため、0 歳魚漁獲規制による資源・漁獲量増加の効果は小さいと考えられる。しかしながら、1 歳以上では 0 歳魚に比べて価格が上昇することから、経済的効果の面から年齢別の漁獲方策を検討する意義はあると考えられる。

高豊度年級群の発生がマサバには近年見られるがゴマサバには見られないなど、資源状態は両種で異なっている。その一方で、本系群はマサバとともに漁獲される場合が多いため、マサバと合わせたさば類による TAC 設定で資源管理が行われている。そのため、今後、本系群の資源動向はマサバと併せて注視していく必要がある。

## 8. 引用文献

- 花井孝之 (1999) 伊豆諸島海域におけるゴマサバの資源特性について. 中央ブロック長期漁海況予報, **107**, 32-39.
- 花井孝之・目黒清美 (1997) ゴマサバの卵巣組織観察による成熟, 産卵についての基礎的研究. 関東近海のマサバについて, **30**, 92-99.
- 橋本 浩・池上直也・森 訓由・岡部 久 (2005) 2005年の関東近海におけるサバ属卵の分布. 2005年度水産海洋学会大会講演要旨集, 120.
- 堀田秀之 (1957) カツオの胃内容物中にみられたゴマサバの幼・稚魚 (薩南海区). 東北水研研報, **9**, 129-132.
- 飯塚景記 (1978) 東北海区北部海域におけるゴマサバについての二・三の生物学的観察. 東北水研研報, **39**, 11-20.
- 上村泰洋・川端 淳・米崎史郎・高橋正知・由上龍嗣・渡邊千夏子 (2017) 天皇海山海域におけるゴマサバの生物学的特性. 水産海洋研究, **81**, 18-28.
- 片山知史・石井光廣 (2009) サバ類の耳石による年齢査定を試み. 2009年度水産海洋学会研究発表大会講演要旨集, 89.
- 川端 淳・中神正康・巢山 哲・西田 宏・渡邊千夏子 (2007) 北西太平洋における近年のゴマサバ0歳魚の分布, 回遊と加入量. 2007年度水産海洋学会大会講演要旨集, 9.
- 川端 淳・中神正康・巢山 哲・西田 宏・渡邊千夏子 (2008) 北西太平洋における近年のゴマサバ資源の増加と1歳魚以上の分布, 回遊. 黒潮の資源海洋研究, **9**, 61-66.
- 川端 淳・中神正康・巢山 哲・上野康弘・谷津明彦 (2009a) 2001~2008年5~7月の北西太平洋におけるサバ類0歳魚の分布, 体長組成と加入豊度との関係. 2009年度水産海洋学会大会講演要旨集, 19.
- 川端 淳・中神正康・巢山 哲・谷津明彦・高木香織・建田夕帆 (2006a) 最近の広域な調査船調査から推定される北西太平洋におけるサバ, イワシ類の季節的分布回遊. 2006年度水産海洋学会大会講演要旨集, 94.
- 川端 淳・山口閑常・巢山 哲・中神正康 (2006b) 近年の東北~北海道海域における表層性魚類相とゴマサバの来遊動向. 月刊海洋, **38**, 175-180.
- 川端 淳・谷津明彦・西田 宏・小澤竜太・高木香織・山下紀生・山下夕帆・中神正康・高橋正知 (2009b) 北西太平洋におけるマサバ・ゴマサバ未成魚の越冬海域の年変化. 第57回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 東北水産研究所八戸支所, 157-162.
- 木村 量・梨田一也・大関芳沖・本多 仁 (2002) ゴマサバ *Scomber australasicus* に適した耳石による年齢査定法. 水産海洋研究, **66**, 247-251.
- 近藤恵一・黒田一紀 (1966) サバ属魚類の成長-I. 東海水研報, **45**, 31-60.
- Matsuoka, K., S. Otani, T. Isoda, A. Wada, S. Kumagai, T. Ohshima, I. Yoshimura, K. Sugiyama, M. Aki, K. Kato, M.M.U. Bhuiyan, N. Funasaka, Y. Suzuki, R. Sudo, Y. Motohashi, M. Mori, M. Tsunekawa, D. Inagake, H. Murase and T. Ogawa (2008) Cruise report of the second phase of the Japanese Whale Research Program under Special Permit in the Western North Pacific (JARPN II) in 2007 - Offshore component -. Paper SC/60/O5 submitted to the 60th IWC Scientific Committee, 40pp. (※著者らは本調査の胃内容物標本を日鯨研を通じて実際に観察し、さば類はマサバとゴマサバであることを確認した。)



- 目黒清美 (1999) 関東近海のゴマサバの分布について. 中央ブロック長期漁海況予報, **107**, 40-54.
- 目黒清美・梨田一也・三谷卓美・西田 宏・川端 淳 (2002) マサバとゴマサバの分布と回遊-成魚. 月刊海洋, **34**, 256-260.
- 梨田一也・本多 仁・阪地英男・木村 量 (2003) 足摺岬周辺及び土佐湾中央部海域で漁獲されたゴマサバの年齢形質としての耳石の有効性. 黒潮の資源海洋研究, **4**, 5-9.
- 梨田一也・本多 仁・阪地英男・三谷卓美・平井一行・上原伸二 (2006) 足摺岬周辺海域及び伊豆諸島海域で実施した標識放流調査によるゴマサバの移動・回遊. 水研センター研報, **17**, 1-15.
- 新谷淑生 (2007) 高知県西部海域におけるゴマサバ若魚の加入について. 黒潮の資源海洋研究, **8**, 101.
- 西田 宏・渡邊千夏子・谷津明彦・木下貴裕 (2000) 黒潮統流～黒潮親潮移行域における幼稚魚採集と表面水温情報を利用したマサバ・ゴマサバの加入量予測. 関東近海のマサバについて, **33**, 96-102.
- 落合 明・田中 克 (1998) ゴマサバ. 新版魚類学 (下) 改訂版, 恒星社厚生閣, 東京, 844-855.
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., **9**, 65-74.
- 斉藤憲治 (2001) リボゾーム DNA の変異を利用した種判別法. 東北水研ニュース, **62**, 2-5.
- Savinykh, V.F., A.A. Baitalyuk and A.Yu. Zhigalin (2004) Pelagic fish new to the Pacific waters of the Southern Kurils, migrants from the zone of Kuroshio. J. Ichthyol. (Voprosy Ikhtiologii), **44**, 611-615.
- 水産庁 (1999) マサバ・ゴマサバ判別マニュアル. 水産庁水産業関係試験研究推進会議マサバ・ゴマサバ判別マニュアル作成ワーキンググループ, 中央水産研究所, 32 pp.
- 高橋正知・高木香織・川端 淳・渡邊千夏子・西田 宏・山下紀生・森 賢・巢山 哲・中神正康・上野康弘・斉藤真美 (2010) マサバ・ゴマサバ太平洋系群 2007 年級群の推定孵化時期. 黒潮の資源海洋研究, **11**, 49-54.
- 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.
- 谷口順彦・向井龍男・関 伸吾・津田恭敬 (1989) マサバ・ゴマサバ. アイソザイムによる魚介類の集団解析, 海洋生物集団の識別等に関する先導的評価手法の開発事業報告書, 日本水産資源保護協会, 371-384.
- Tanoue, T. (1966) Studies on the seasonal migration and reproduction of the spotted mackerel, *Pneumatophorus tapeinocephalus* (BLEEKER). Memoir of Fac. Fish. Kagoshima Univ., **15**, 91-175.
- 樋田史郎 (1999) ゴマサバの日齢査定について. 中央ブロック長期漁海況予報, **107**, 83-91.
- 曾 萬年・中田英昭・平野敏行 (1980) 近年のゴマサバ資源の増大について. 水産海洋研究会報, **36**, 19-26.
- 渡邊千夏子・花井孝之・目黒清美 (2000) マサバとゴマサバの産卵生態の比較. 一日当たり総産卵量に基づくマサバ太平洋系群の資源量推定法に関する調査報告書, 中央水産研究所, 14-23.

- 渡邊千夏子・川端 淳・和田時夫 (1999) 黒潮親潮移行域におけるサバ類当歳魚の分布. 月刊海洋, **31**, 236-240.
- 渡邊千夏子・小林憲一・川端 淳・梨田一也 (2002) マサバとゴマサバの年齢と成長. 月刊海洋, **34**, 261-265.
- 山川 卓 (1999) 熊野灘におけるゴマサバの漁獲状況と尾叉長組成. 中央ブロック長期漁海況予報, **107**, 25-39.
- 横田滝雄・通山正弘・金井富久子・野村星二 (1961) 魚食性魚類の胃内容物の研究. 南海水研報, **14**, 153-202.
- 由上龍嗣・井須小羊子・上村泰洋・古市 生 (2019a) 平成 31 (2019) 年度ゴマサバ太平洋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\\_hyok\\_a/SCmeeting/2019-1/detail\\_gomasaba\\_p.pdf](http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyok_a/SCmeeting/2019-1/detail_gomasaba_p.pdf) (last accessed 30 October 2019)
- 由上龍嗣・井須小羊子・上村泰洋・古市 生・渡部亮介・金森由妃 (2020) 令和元 (2019) 年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究教育機構, 東京, 40pp, <http://abchan.fra.go.jp/>.
- 由上龍嗣・井須小羊子・渡邊千夏子・上村泰洋・古市 生 (2019b) 平成 30 (2018) 年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 水産庁・水産研究・教育機構, 248-278.
- 由上龍嗣・西嶋翔太・上村泰洋・古市 生・井須小羊子・渡部亮介 (2021) 令和 2 (2020) 年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究教育機構, 東京, 47pp, <http://abchan.fra.go.jp/>.

(執筆者：由上龍嗣・西嶋翔太・上村泰洋・古市 生・渡部亮介)



図 2-1. ゴマサバ太平洋系群の分布・回遊図

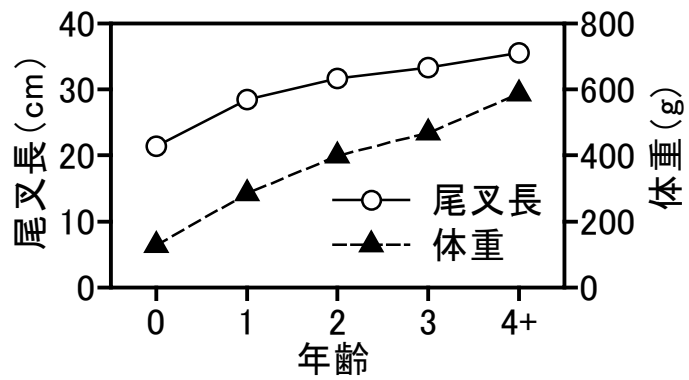


図 2-2. 年齢と成長 (2016~2020 年漁期漁獲物の平均)

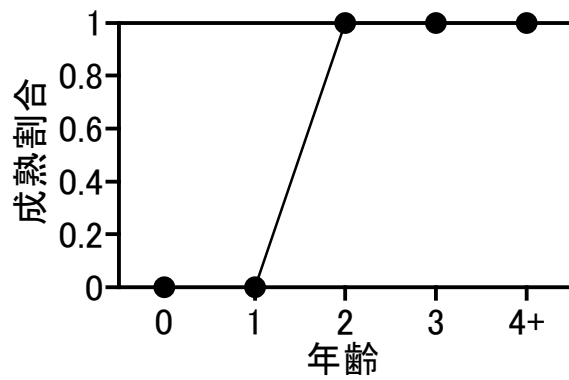


図 2-3. 年齢と成熟割合

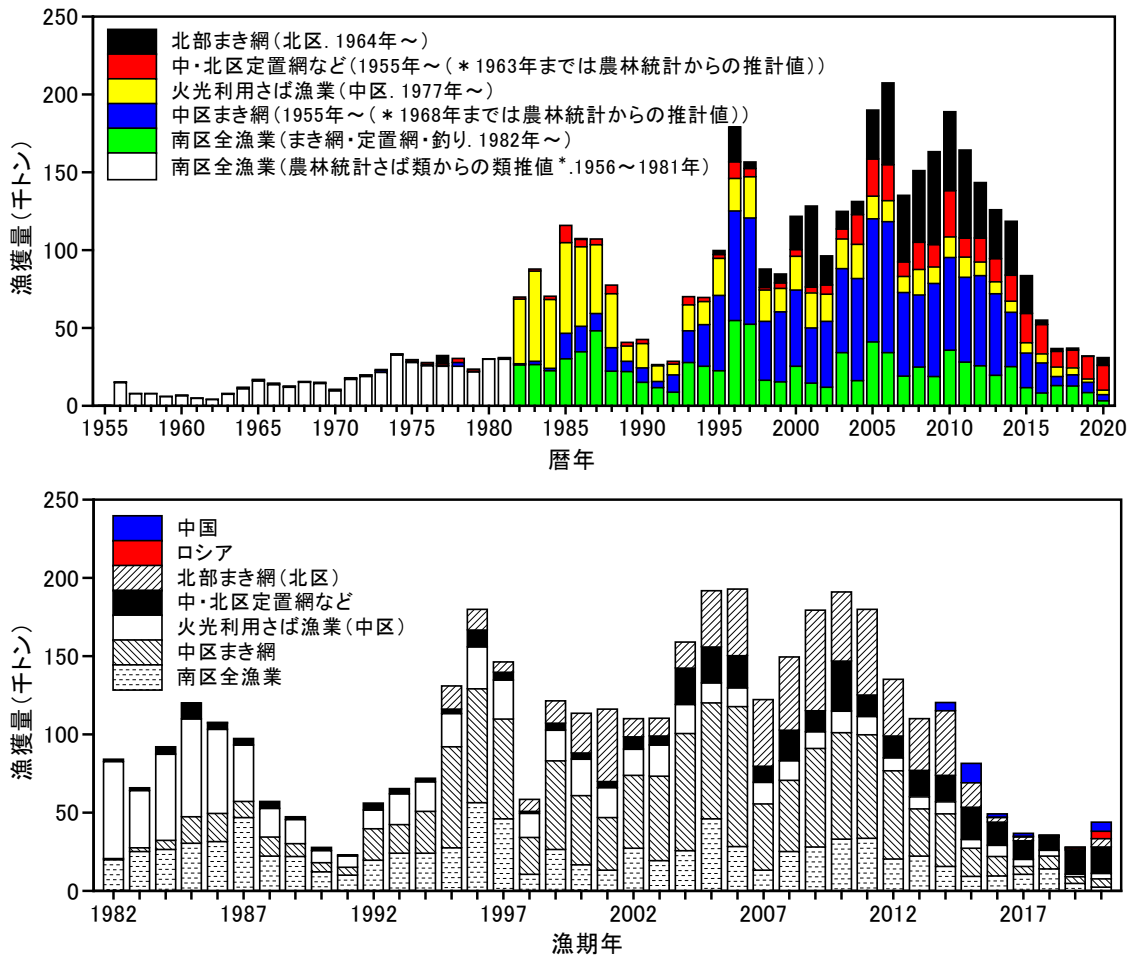


図 3-1. 漁獲量の推移 太平洋側の暦年 (1~12 月、日本のみ、上図) および漁期年 (7 月~翌年 6 月、外国を含む、下図) 別の海区・漁業種類別漁獲量。\*南区の 1982~2005 年の農林水産統計さば類漁獲量に対する主要港ゴマサバ水揚量 (各県資料) の比率を使って求めた。下図の 2014 年漁期以降の中国およびロシアの漁獲量は推定値。

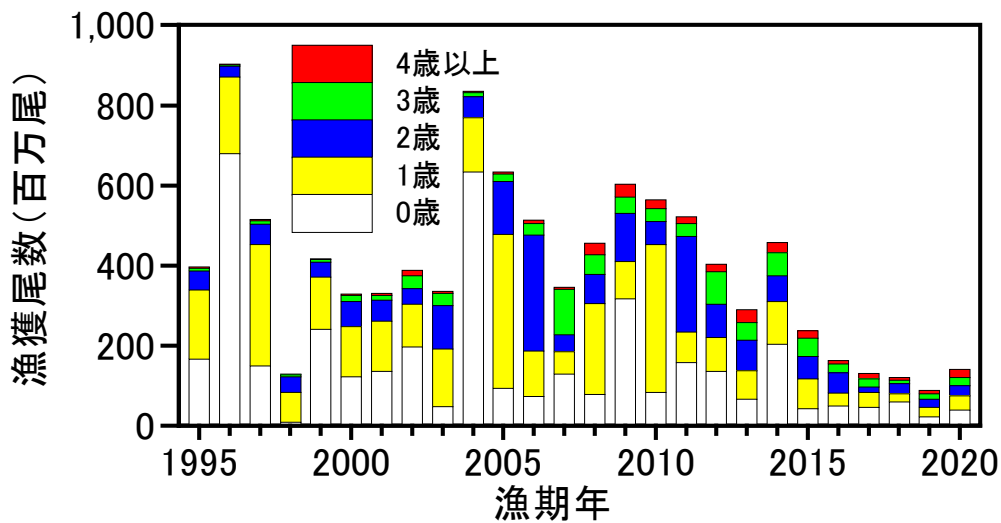


図 3-2. 年齢別漁獲尾数

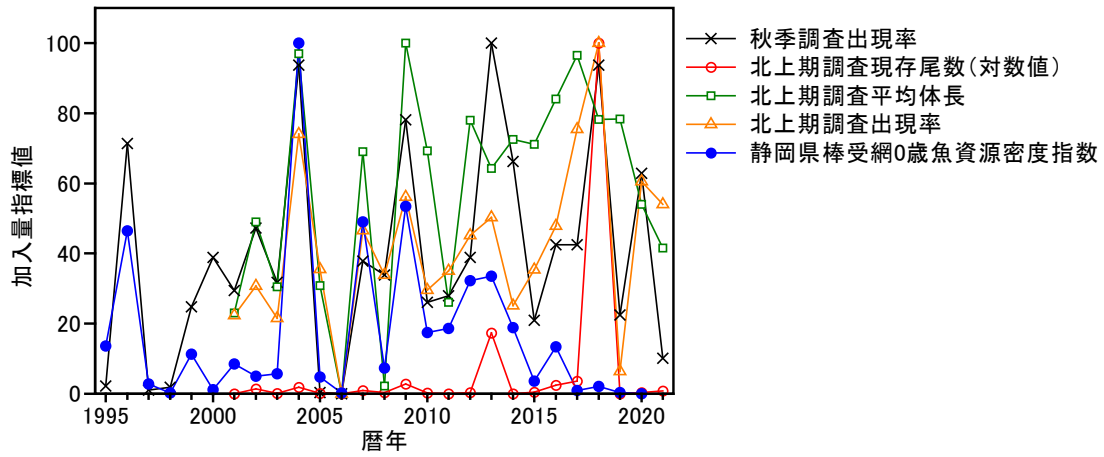


図 4-1. 各種調査による加入量指標値の経年変化 最大値を 100、最小値を 0 とした相対値。

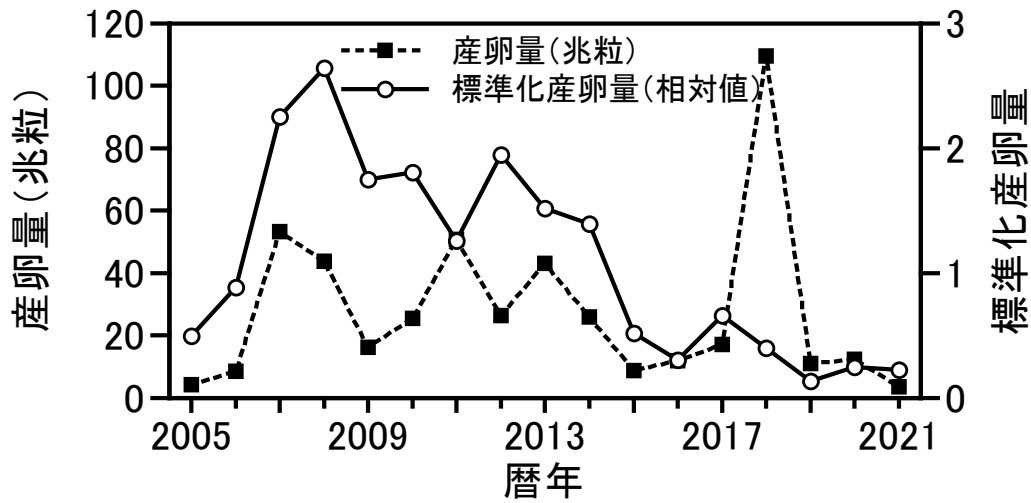


図 4-2. 太平洋側におけるゴマサバの産卵量および標準化産卵量 2021 年は 1~6 月の値。

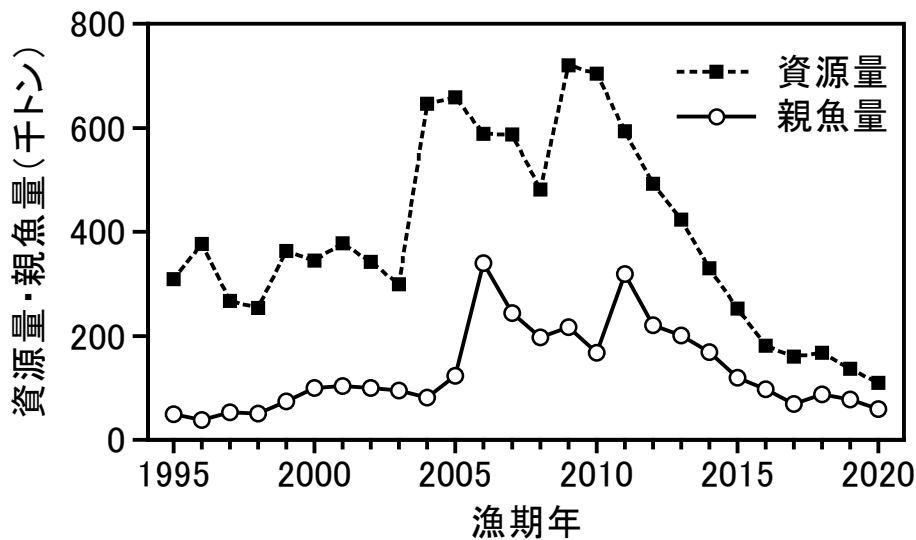


図 4-3. 資源量と親魚量の推移

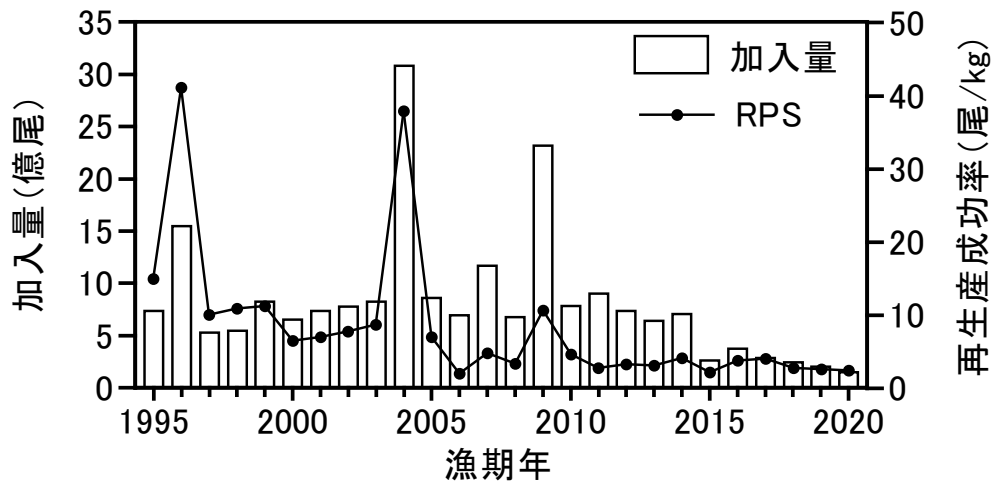


図 4.4. 加入量と再生産成功率 (RPS) の推移

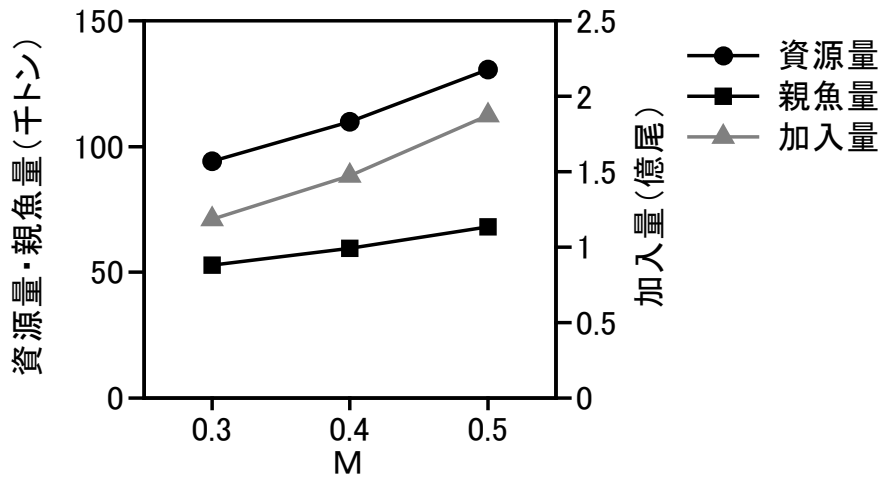


図 4.5. 自然死亡係数 (M) の違いによる 2020 漁期の資源量、親魚量および加入量

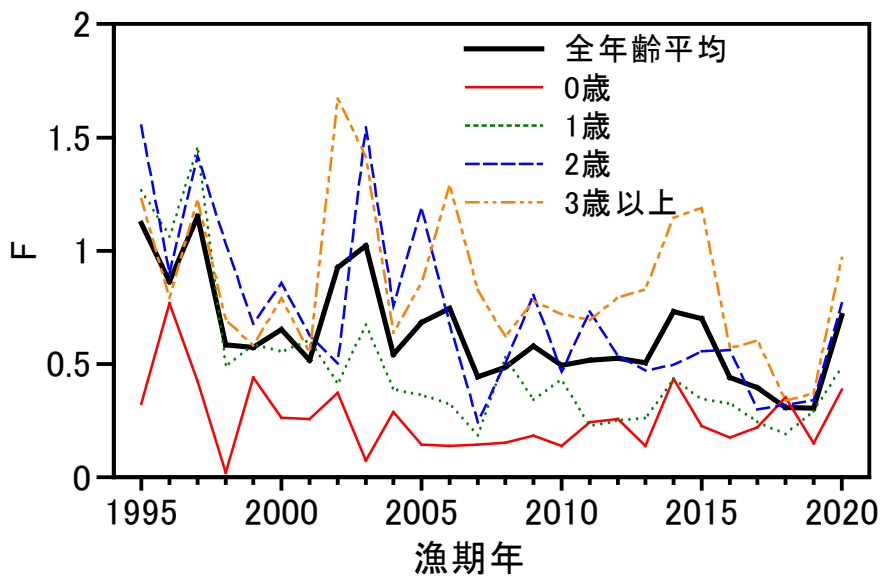


図 4.6. 年齢別漁獲係数 (F) の推移

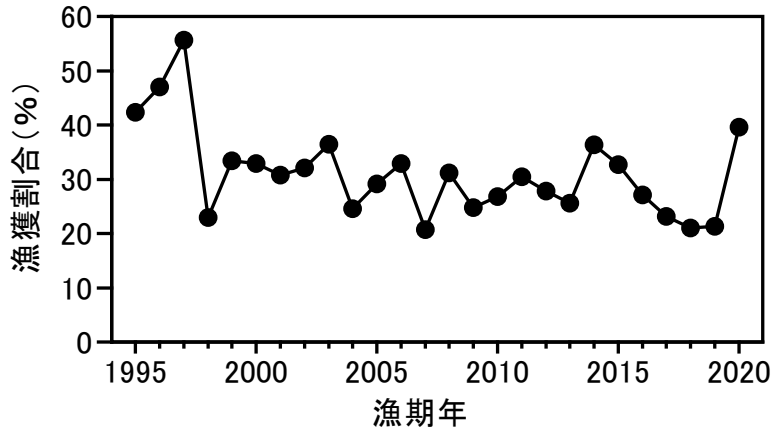


図 4-7. 漁獲割合の推移

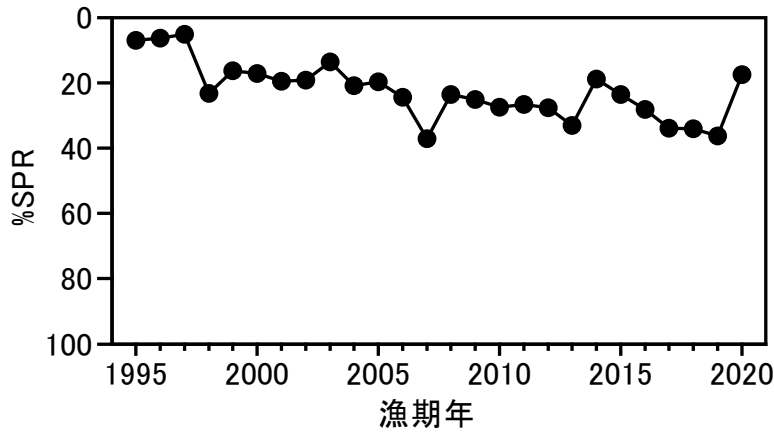


図 4-8. 各漁期年における%SPR 値の経年推移 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる。

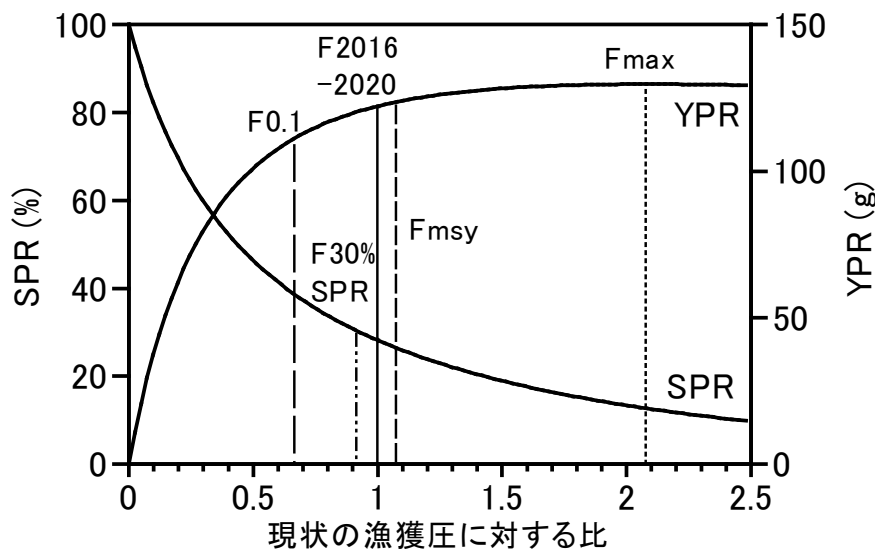


図 4-9. 現状の漁獲圧 (F2016-2020) に対する YPR と%SPR の関係

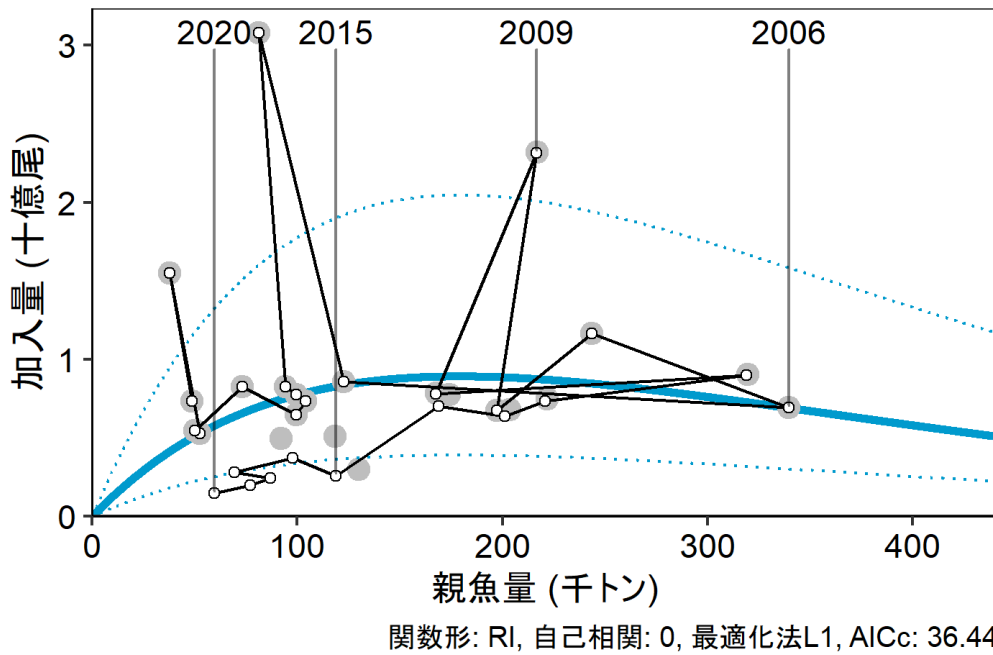


図 4-10. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（由上ほか 2019a）で提案された再生産関係式と再生産関係のプロット（灰色の丸印）。図中の再生産関係式（青線）の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。実線と白抜き丸印で示したのは今年度の資源評価で得られた再生産関係のプロット。

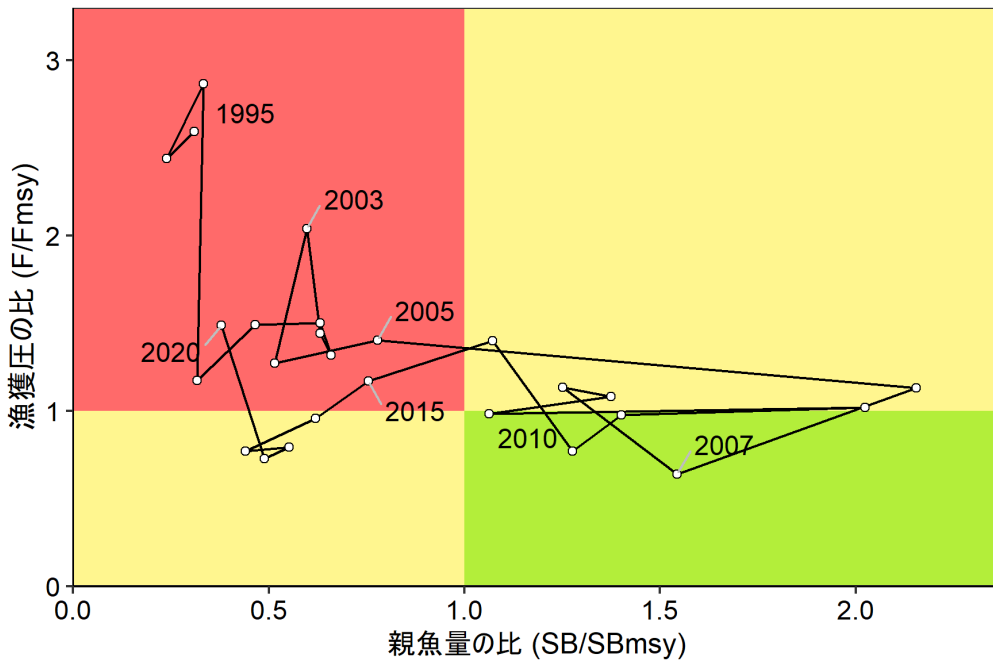


図 4-11. 最大持続生産量MSYを実現する親魚量(SBmsy)とMSYを実現する漁獲圧(Fmsy)に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）



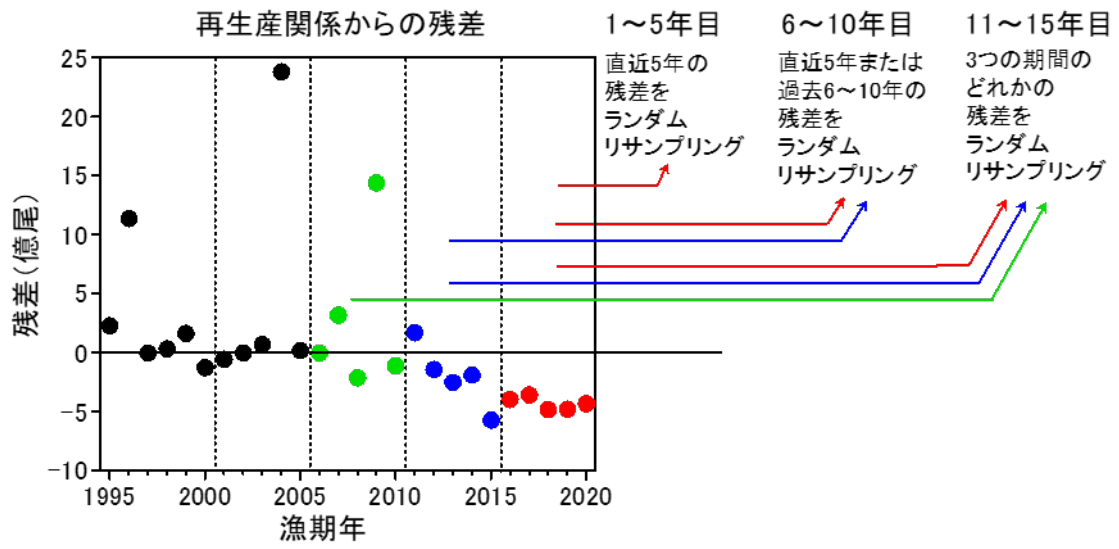
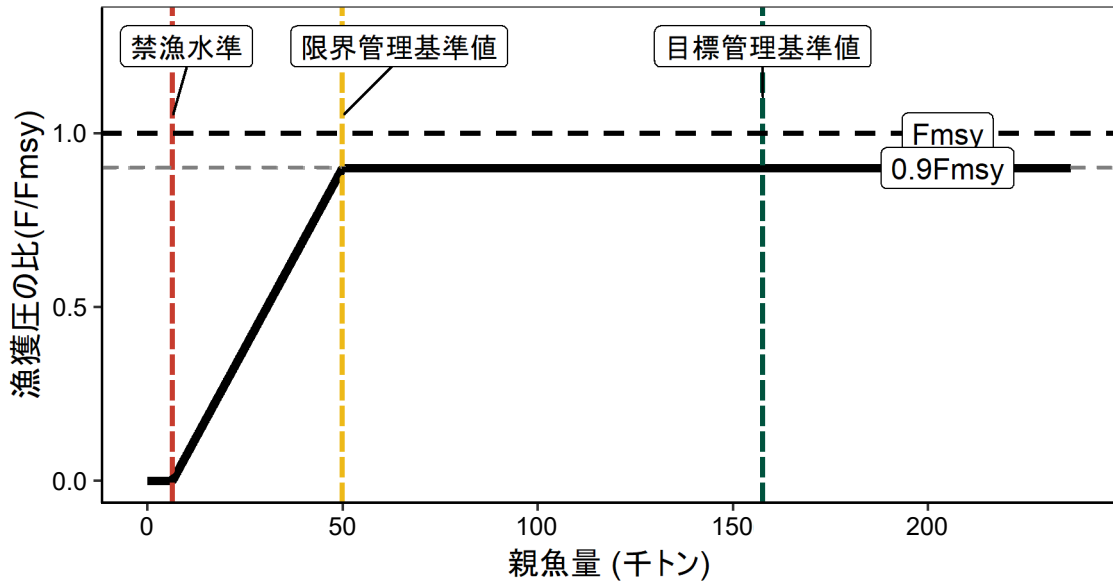


図 5-1. 残差のバックワードリサンプリングの概念図

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

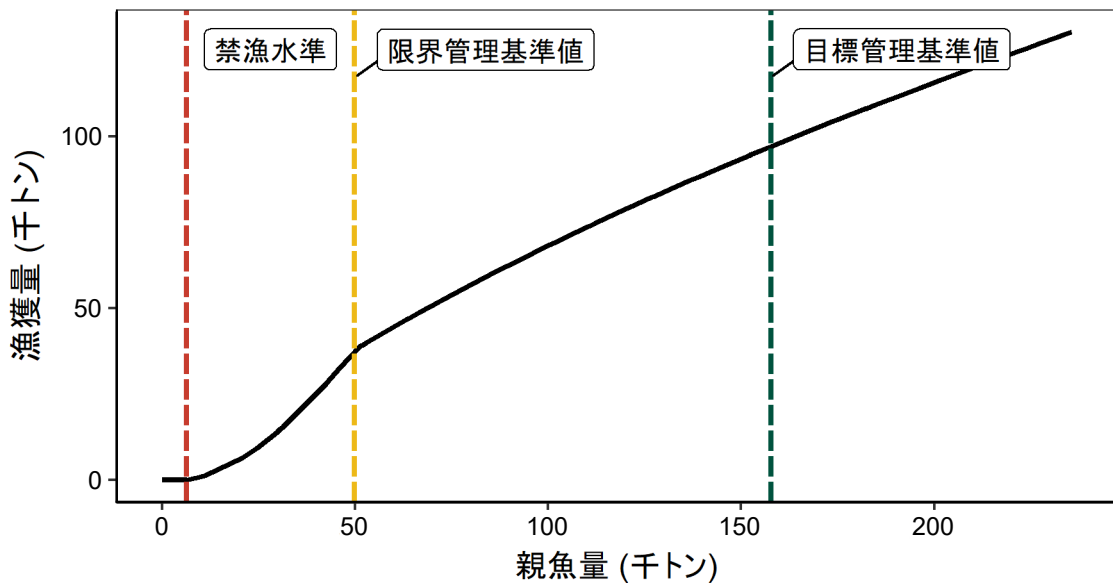
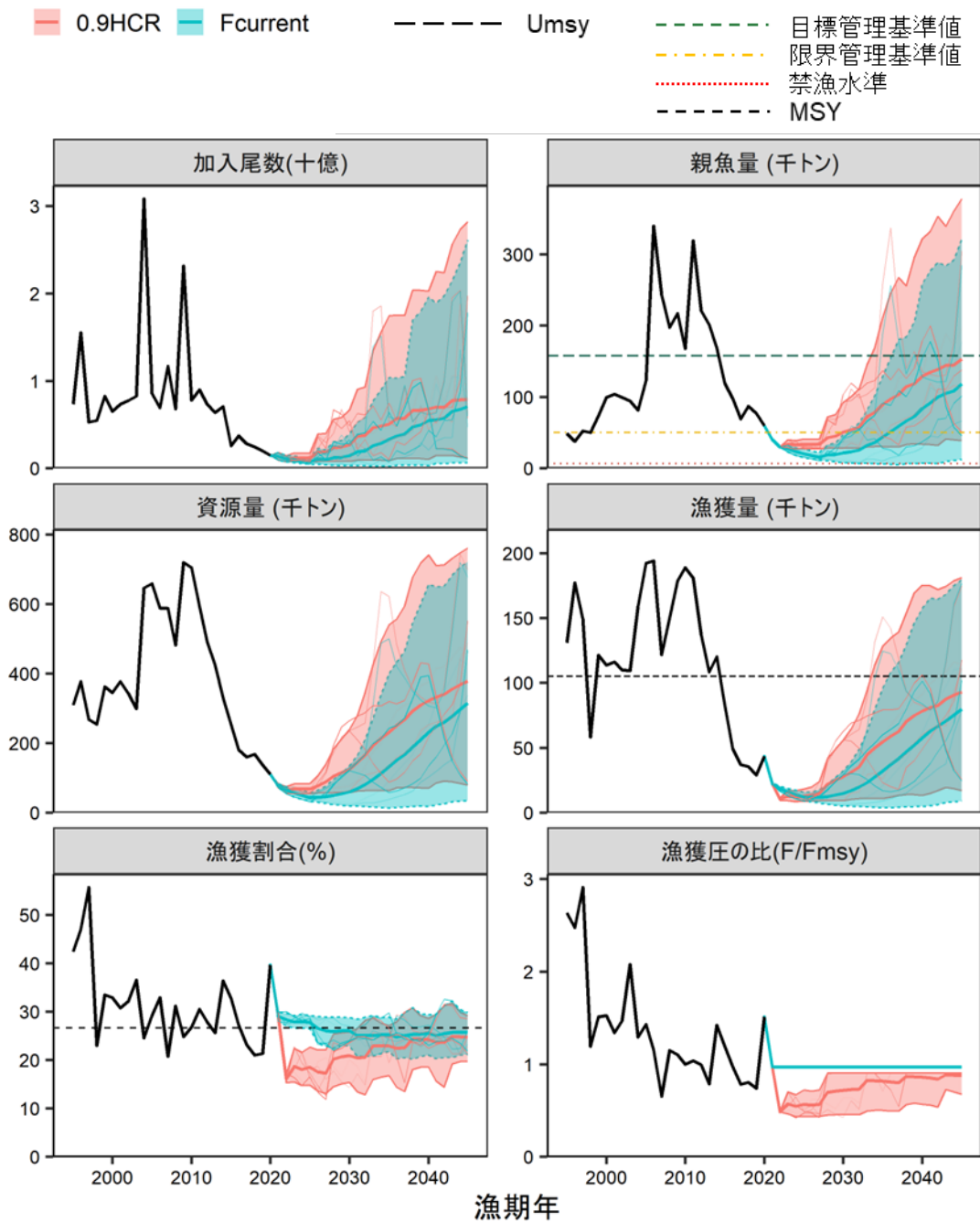


図 5-2. 漁獲管理規則 ( $\beta=0.9$  の場合) 目標管理基準値 ( $SB_{target}$ ) は HS 再生産関係に基づき算出した  $SB_{msy}$  である。限界管理基準値 ( $SB_{limit}$ ) および禁漁水準 ( $SB_{ban}$ ) にそれぞれ標準値を用いている。ここでは調整係数  $\beta$  には 0.9 を用いた。黒破線： $F_{msy}$ 、灰色破線： $0.9F_{msy}$ 、黒太線： $HCR$ 、赤破線：禁漁水準、黄色破線：限界管理基準値、緑色破線：目標管理基準値を示す。a) は縦軸を漁獲圧にした場合、b) は縦軸を漁獲量で表した場合である。b) については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

図 5-3. 漁獲管理規則を用いた将来予測 (赤色) と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測 (緑色)

漁獲管理規則 (図 5-2) に基づく中長期的な将来予測の結果 ( $\beta=0.9$  の場合) 10,000 回の平均値 (太線)、5 回の試行結果 (細線)、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる 90% 予測区間である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄点破線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準、漁獲量の図の破線は MSY、漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。2021 年漁期の漁獲量は予測される資源量と F2016-2020 により仮定した。

表 3-1. 漁業種類・海区別漁獲量 (トン)

漁期年 7月～ 翌年 6月	合計	日本 合計	ロシア	中国	太平洋北・中区				南区 全漁業
					北区 まき網	定置網 等	火光利 用さば 漁業*	中区 まき網	
1982	84,023	84,023	-	-	0	1,354	61,917	826	19,927
1983	65,833	65,833	-	-	0	1,721	36,552	2,308	25,252
1984	92,096	92,096	-	-	0	4,667	55,088	5,816	26,525
1985	120,123	120,123	-	-	0	10,287	62,420	17,092	30,325
1986	107,583	107,583	-	-	532	3,925	53,655	18,010	31,460
1987	97,262	97,262	-	-	0	4,097	35,929	10,532	46,704
1988	57,242	57,242	-	-	0	4,579	18,240	12,067	22,356
1989	47,458	47,458	-	-	0	2,082	15,331	8,034	22,011
1990	27,864	27,864	-	-	47	2,070	7,767	5,678	12,302
1991	23,024	23,024	-	-	113	692	7,164	5,070	9,984
1992	56,060	56,060	-	-	10	4,434	11,870	20,284	19,463
1993	65,231	65,231	-	-	0	3,335	19,511	18,327	24,058
1994	71,962	71,962	-	-	0	2,348	18,718	26,894	24,002
1995	131,067	131,067	-	-	14,824	3,040	21,057	64,498	27,647
1996	179,832	179,832	-	-	13,184	10,938	26,514	72,788	56,408
1997	146,324	146,324	-	-	6,589	5,008	24,871	63,903	45,953
1998	58,385	58,385	-	-	7,641	1,334	15,348	23,544	10,518
1999	121,315	121,315	-	-	14,238	4,381	19,607	56,695	26,393
2000	113,597	113,597	-	-	25,548	3,830	23,365	44,230	16,624
2001	116,056	116,056	-	-	46,230	4,022	18,847	33,817	13,140
2002	110,135	110,135	-	-	11,746	7,802	16,760	46,575	27,252
2003	110,413	110,413	-	-	11,464	5,686	19,948	53,951	19,365
2004	158,927	158,927	-	-	16,673	23,107	18,631	74,934	25,582
2005	191,870	191,870	-	-	35,965	23,182	12,705	73,986	46,032
2006	192,976	192,976	-	-	42,643	20,777	11,890	89,427	28,239
2007	122,171	122,171	-	-	42,627	10,319	13,579	42,525	13,121
2008	149,584	149,584	-	-	46,848	19,624	12,572	45,411	25,129
2009	179,244	179,244	-	-	64,200	13,488	10,643	62,853	28,060
2010	190,993	190,993	-	-	44,136	32,121	13,732	68,058	32,947
2011	180,014	180,014	-	-	54,986	13,537	11,676	66,234	33,580
2012	135,075	135,075	-	-	35,991	14,278	8,015	56,504	20,288
2013	109,998	109,998	-	-	33,088	16,855	7,545	30,294	22,216
2014	120,382	115,192	9	5,180	41,393	17,005	7,568	33,608	15,619
2015	81,431	68,925	43	12,463	15,565	20,473	5,597	18,155	9,134
2016	49,215	46,892	141	2,182	2,907	14,998	7,048	12,500	9,440
2017	36,658	34,345	594	1,720	2,392	11,877	4,584	4,972	10,520
2018	35,846	34,828	439	579	599	8,270	3,640	8,274	14,045
2019	27,928	26,741	681	506	892	15,205	1,655	4,116	4,874
2020	43,898	33,241	4,989	5,668	5,173	17,067	3,265	5,432	2,305

2014年漁期以降のロシアおよび中国の漁獲量は推定値。

\*火光利用さば漁業：棒受網、たもすくい。

表 4-1. コホート計算結果 漁獲量は資源解析（コホート解析）における計算値であり、実際の値（水揚げ調査結果、表 3-1）とは若干、異なる。

漁期年	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)
1995	131	309	49	732	42	15.0
1996	177	377	38	1,549	47	41.2
1997	149	268	52	528	56	10.1
1998	58	254	50	548	23	11.0
1999	121	363	73	826	33	11.3
2000	114	345	100	649	33	6.5
2001	116	378	104	733	31	7.0
2002	110	342	100	774	32	7.8
2003	109	299	94	825	37	8.8
2004	159	646	81	3,080	25	37.9
2005	192	659	123	858	29	7.0
2006	194	589	340	691	33	2.0
2007	122	587	243	1,166	21	4.8
2008	150	481	197	676	31	3.4
2009	179	720	217	2,316	25	10.7
2010	189	705	168	780	27	4.7
2011	181	593	319	898	31	2.8
2012	137	492	221	733	28	3.3
2013	109	424	201	637	26	3.2
2014	120	330	169	705	36	4.2
2015	83	253	119	260	33	2.2
2016	49	180	98	373	27	3.8
2017	37	160	69	282	23	4.1
2018	35	168	87	242	21	2.8
2019	29	136	77	200	21	2.6
2020	44	110	60	147	40	2.5

表 4-2. 各種調査による資源量指標値 r: 加入量および親魚量との相関係数 (①②⑤⑥は開始年～2020年漁期の加入量との相関係数。③は2010～2020年漁期の加入量との相関係数。④および④'は2005～2021年漁期の親魚量との相関係数。③および④'はコホート解析におけるチューニング指数。

	①	②	③	④	④'	⑤	⑥
1995			5,841				5.00
1996			19,815				53.57
1997			1,229				4.17
1998			121				4.76
1999			4,825				20.83
2000			534				30.77
2001	21.98	14.08	3,642			0.04	24.14
2002	26.98	16.12	2,175			8.11	36.67
2003	21.52	14.67	2,460			1.01	25.81
2004	52.73	19.90	42,613			11.11	69.23
2005	29.79	14.69	2,066	4.35	0.50	0.62	3.70
2006	8.70	12.27	146	8.52	0.89	0.01	3.45
2007	36.36	17.70	20,912	53.25	2.25	5.34	30.00
2008	28.85	12.45	3,139	43.89	2.64	2.13	27.27
2009	42.11	20.14	22,768	16.27	1.75	16.59	58.33
2010	26.32	17.72	7,461	25.56	1.81	1.48	21.74
2011	29.55	14.32	7,935	50.79	1.26	0.22	23.08
2012	35.56	18.41	13,751	26.37	1.95	1.97	30.77
2013	38.64	17.33	14,326	43.12	1.52	104.14	73.68
2014	23.64	17.98	8,042	25.98	1.40	0.14	50.00
2015	29.73	17.86	1,547	8.87	0.52	2.98	18.18
2016	37.14	18.88	5,712	11.98	0.31	15.00	33.33
2017	53.57	19.86	433	17.27	0.66	21.57	33.33
2018	68.18	18.42	895	109.59	0.40	601.11	69.23
2019	12.50	18.44	190	11.01	0.13	0.02	19.23
2020	44.74	16.52	25	12.39	0.25	2.32	47.62
2021	40.85	15.54		3.67	0.23	4.69	10.53
r	0.20	-0.01	0.82	0.16	0.63	-0.21	0.27

- ①北西太平洋北上期浮魚類資源調査による中層トロール0歳魚出現率  
(%。169E以西、SST12～21℃での有漁点割合。水産資源研究所)
- ②北西太平洋北上期浮魚類資源調査による中層トロール0歳魚漁獲物平均尾叉長  
(cm。7月中旬に規準化した値。水産資源研究所)
- ③静岡県地先棒受網漁業 CPUE による7月～翌年6月0歳魚資源密度指数(静岡県水技研)
- ④海区Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ(宮崎県以東の太平洋)の産卵量(兆粒。水産資源研究所、各都県)
- ④'標準化産卵量(補足資料3)
- ⑤北西太平洋北上期浮魚類資源調査による中層トロール0歳魚現存尾数  
(10億尾。親潮～移行域における推定値。水産資源研究所)
- ⑥北西太平洋秋季浮魚類資源調査による中層トロール・東北海区浮魚類分布調査による流し網出現率(%。148E以西近海域の有漁点割合。水産資源研究所)

表 5-1. 将来の親魚量が目標管理基準値 (a)、限界管理基準値 (b) を上回る確率

$\beta$  を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2021 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2016-2020) から予測される 2.2 万トンとし、2022 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため F2016-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率(%)

$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	41
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	39	54
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	48	63
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	9	58	71
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10	20	64	75
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	23	32	69	78
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23	36	42	72	79
0.2	0	0	0	0	0	0	0	3	17	37	45	48	77	84
0.1	0	0	0	0	0	0	0	10	33	45	50	53	92	95
0.0	0	0	0	0	0	0	0	25	47	59	69	79	100	100
F2016-2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	30

b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率(%)

$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	23	29	38	41	43	73	81
0.9	0	0	0	0	0	0	0	32	37	41	44	46	77	86
0.8	0	0	0	0	0	0	0	39	41	44	47	48	84	91
0.7	0	0	0	0	0	0	0	41	44	48	50	51	89	96
0.6	0	0	0	0	2	5	9	46	54	57	58	59	94	98
0.5	0	0	0	0	13	19	28	59	68	72	73	75	98	100
0.4	0	0	0	4	26	41	54	78	85	89	91	92	100	100
0.3	0	0	0	12	46	66	82	95	98	99	99	100	100	100
0.2	0	0	0	25	68	90	98	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	48	88	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	19	63	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2016-2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	14	57	78

表 5-2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

$\beta$  を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2021 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2016-2020) から予測される 2.2 万トンとし、2022 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため F2016-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

a) 親魚量の平均値の推移 (千トン)

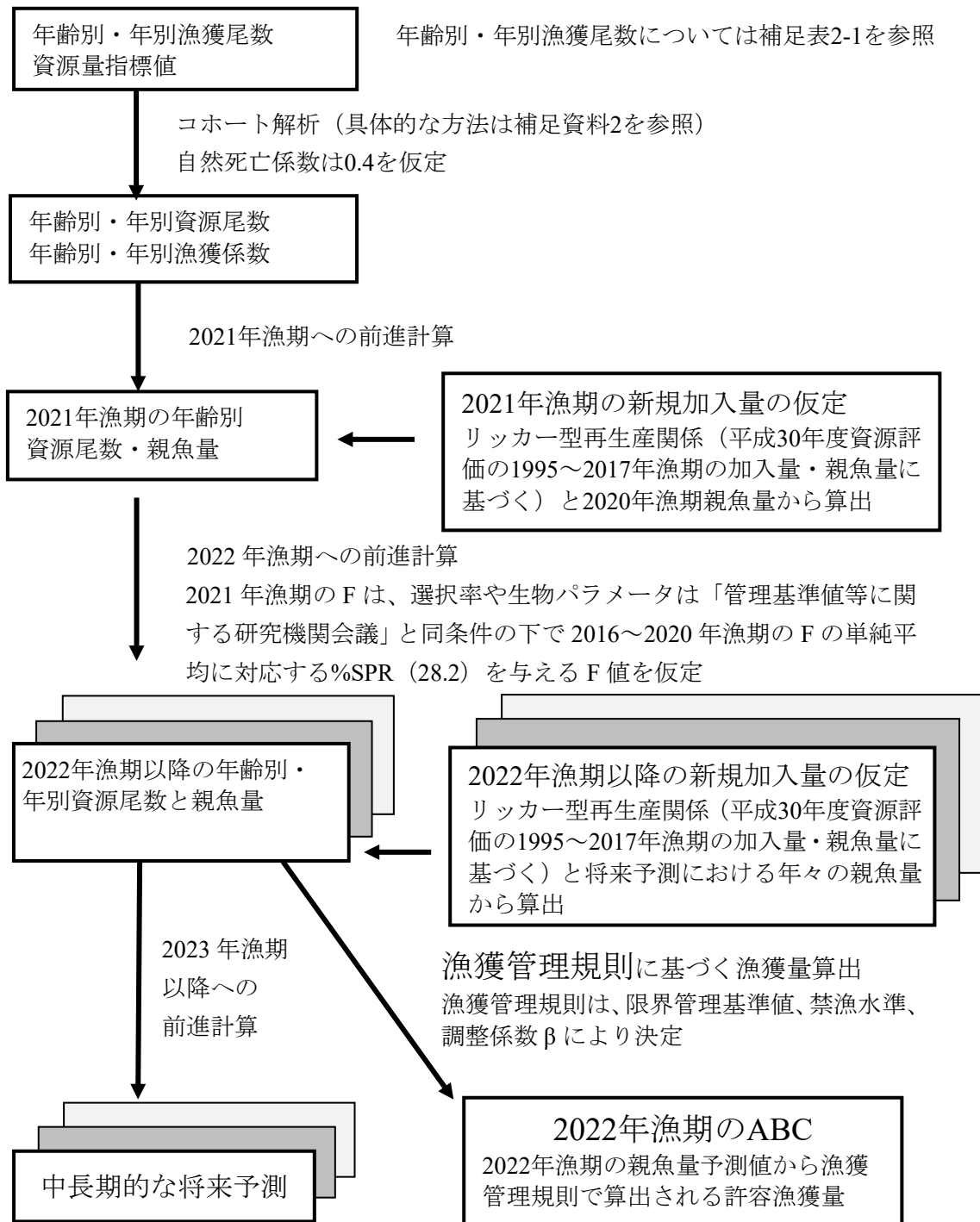
$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	40	30	33	31	32	32	32	40	42	46	49	52	120	146
0.9	40	30	34	33	34	33	34	43	45	51	54	58	135	161
0.8	40	30	35	34	35	35	36	46	49	56	60	65	151	178
0.7	40	30	36	36	37	38	39	50	54	62	68	74	169	197
0.6	40	30	37	37	40	41	42	54	60	70	78	85	190	217
0.5	40	30	38	39	43	44	46	60	68	80	90	99	213	240
0.4	40	30	39	41	46	48	51	68	79	94	107	118	238	264
0.3	40	30	40	44	50	54	59	78	94	113	129	141	267	291
0.2	40	30	41	46	54	61	68	93	113	137	157	171	298	321
0.1	40	30	42	49	60	69	80	111	139	168	191	206	334	355
0.0	40	30	43	53	66	80	96	135	170	206	232	248	375	395
F2016-2020	40	30	27	23	21	18	16	19	19	22	23	26	91	139

b) 漁獲量の平均値の推移 (千トン)

$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	22	11	13	12	13	13	15	22	25	27	30	34	80	96
0.9	22	10	13	12	13	14	15	22	25	28	31	35	81	95
0.8	22	9	12	12	13	14	16	22	25	28	32	36	81	94
0.7	22	8	11	12	13	14	16	22	25	29	33	37	80	91
0.6	22	7	11	11	13	14	16	21	25	29	33	38	77	87
0.5	22	6	9	11	12	14	17	21	25	28	33	37	72	80
0.4	22	5	8	10	11	13	16	19	23	27	31	36	65	71
0.3	22	4	7	8	10	12	14	17	21	24	28	33	55	60
0.2	22	3	5	6	8	9	11	14	17	20	23	26	42	45
0.1	22	1	3	4	4	5	7	8	10	12	14	16	24	25
0.0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2016-2020	22	18	16	14	12	12	12	12	14	15	17	20	63	90



補足資料 1 資源評価の流れ



## 補足資料 2 計算方法

### (1) 資源計算方法

Pope (1972) の近似式を用いたコホート解析により年齢別資源尾数・重量、漁獲係数、漁獲量を推定した（詳細は平松 (2001) 等を参照。補足表 2-1）。解析は、生活史と漁獲の季節性に基づき 7 月～翌年 6 月の漁期年単位で、0～3 歳、および 4 歳以上をまとめた最高齢グループ（4+歳、プラスグループ）の年齢構成で行った。プラスグループの計算については平松 (2001) によった。自然死亡係数（M）は田内・田中の式より 0.4 とした（寿命 6 歳、田中 1960）。具体的な計算方法は下の通り。

### ステップ 1

年齢別年別資源尾数を (1) 式により計算した。

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

ここで、 $N_{a,y}$  は  $y$  年における  $a$  歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$  は  $y$  年  $a$  歳魚の漁獲尾数である。

ただし、最近年（ $t$  年、ここでは 2020 年漁期）の 1 歳以上、および、その前年（ $t-1$  年、ここでは 2019 年漁期）までの最高齢グループ（添え字  $p$ 、ここでは 4+歳）、最高齢-1 歳（ $p-1$ 、ここでは 3 歳）については、それぞれ (2) 式、および、(3)、(4) 式によった。

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

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

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

漁獲係数（F）の計算は、最近年の F（ターミナル F、 $F_{a,t}$ ）以外は (5) 式によった。

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

最近年（2020 年漁期）の F は過去 4 年（2016～2019 年漁期）の F の平均に等しいとした ((6) 式)。

$$F_{a,t} = \frac{1}{4} \sum_{y=t-4}^{t-1} F_{a,y} \quad (6)$$

最高齢グループの F は、全ての年で最高齢-1 歳と等しいとした ( $F_{p,y} = F_{p-1,y}$ )。

ここで得られた最近年の F から年齢別選択率（年齢別 F の最大値で各年齢の F を除した

値)を計算し、ステップ2で用いる選択率とした。

## ステップ2

最近年のFはチューニングによって探索的に求めた。チューニングには、加入量および親魚量を反映すると考えられる次の2系列の指標値(Y)を用いた(表4-2)。

① 静岡県棒受網漁業0歳魚資源密度指数

② 海区I、II、III(宮崎県以東)の標準化産卵量(補足資料3)

①は加入量である0歳魚資源尾数(N<sub>0</sub>)、②は親魚量に適合させた。対象期間は、①は最後に卓越年級群が発生した2009年の翌年以降(2010~年)とし、②の標準化産卵量はマサバ・ゴマサバ種別の産卵量データがある2005年以降とした。令和元(2019)年度までは①の資源密度指数の参照期間を7~12月としていたが、2019年の7~12月は0歳魚が極端な不漁であったため、昨年度評価では2019年の資源密度指数を使用しなかった。ところが2020年7~12月も2019年に引き続き不漁であった。一方、2020、2021年4~6月は0歳魚(それぞれ2019、2020年級群)を対象とした漁獲があった。これまでにも0歳魚の漁獲のピークが4~6月にあった年(2012、2013年など)があったことから、今年度評価では漁期の年変動に柔軟に対応できるように資源密度指数の参照期間を7月~翌年6月に変更し、2019、2020年漁期の値も使用した。

静岡県棒受網漁業0歳魚資源密度指数は資源尾数と指数関数的な関係がみられることから、チューニング指数(I)として対数値(ln(Y))を用いた(補足表2-2)。

次のような目的関数をおいた。

$$\sum_y (\ln(I_y) - \ln(qX_y))^2 \quad (7)$$

ここでXはあるF<sub>a,t</sub>のもとでコホート解析から計算されるチューニングの対象(加入量、親魚量)である。qは比例係数であり、各指数について(8)式によって計算した(I/Xの相乗平均)。

$$q = \exp \left\{ \frac{1}{n} \sum_{y=1}^n \ln \left( \frac{I_y}{X_y} \right) \right\} \quad (8)$$

ステップ1で求めた選択率の下で、これら目的関数の総和を最小にするような最近年のFの値を探索的に求めた。

以上から得られる2020年漁期までの年齢別年別資源尾数に各年の年齢別漁獲物平均体重を乗じて資源量を得た。

## (2) 将来予測方法

得られた資源量をもとに漁獲管理規則に基づく将来予測を行った。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リッカー型関係式(a=13.5、b=0.00558、SD=0.507)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。詳細は「再生産関係の推定・将来予

測シミュレーション・管理基準値計算の手順（平成 31 年度研究機関会議版）」を参照されたい。加入量の残差の自己相関は考慮していなかったが、今年度の資源評価においては 5-(1) で述べたように今後も短期的には加入量の低下傾向が継続することが十分に予測されることから、加入量の低下傾向を考慮して将来予測を行った。

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 2-3 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提案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計算結果における 2013～2017 年漁期の平均値である。現状の漁獲圧（F2016-2020）は、Fmsy と等しい選択率において推定される %SPR が 2016～2020 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。2021 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（F2016-2020）から予測される 2.2 万トンとした。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（(9) 式）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad \text{※}a < p-1 \text{ の場合 (9a)}$$

$$N_{p,y+1} = (N_{p,y} + N_{p-1,y}) \exp(-F_{p,y} - M) \quad \text{※プラスグループ (9b)}$$

漁獲尾数は上記で求めた資源尾数と各漁獲シナリオから仮定される F 値をもとに (10) 式により求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp(-\frac{M}{2}) \quad (10)$$

## 引用文献

- 平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書 資源解析手法教科書, 日本水産資源保護協会, 104-128.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.

補足表 2-1. コホート解析結果の詳細

年齢別漁獲尾数(百万尾) ※0歳魚について発生年の1～6月分をその後の7月～翌年6月の漁期年へ加えている。

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	166.0	679.8	149.2	8.7	240.0	122.7	135.9	196.9	48.1	633.3	93.9	73.3	128.7
1歳	172.4	190.1	302.5	73.5	130.3	124.0	124.2	105.3	143.1	135.1	383.2	112.2	55.2
2歳	47.6	27.0	51.1	39.8	38.4	63.5	52.5	39.7	108.5	53.3	133.2	290.3	42.6
3歳	7.6	4.7	8.8	5.5	6.5	14.5	13.3	32.8	30.8	9.3	18.2	28.2	113.6
4歳以上	1.8	1.4	2.4	1.5	2.1	4.0	4.4	13.1	5.4	3.7	5.6	8.5	5.2
計	395.4	902.9	514.0	129.0	417.3	328.7	330.3	387.9	335.8	834.6	634.0	512.5	345.2

年齢別漁獲量(千トン) ※0歳魚について発生年の1～6月分をその後の7月～翌年6月の漁期年へ加えている。

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	33.1	101.7	14.8	1.6	49.5	21.4	23.9	30.2	5.6	85.5	6.2	4.8	21.7
1歳	67.1	57.4	102.1	31.6	43.1	45.9	53.7	34.5	43.7	39.2	118.9	46.0	20.2
2歳	25.1	14.0	25.1	20.5	22.3	33.7	27.4	19.7	41.9	25.1	53.0	122.4	19.9
3歳	4.4	2.8	5.2	3.4	4.7	9.1	7.7	16.8	14.2	6.1	10.0	15.1	56.5
4歳以上	1.3	1.1	1.7	1.2	1.8	3.4	3.4	9.0	3.8	2.9	4.0	5.7	3.5
計	131.0	177.1	149.0	58.3	121.4	113.6	116.1	110.0	109.2	158.9	192.1	194.0	121.7
漁獲割合	42%	47%	56%	23%	33%	33%	31%	32%	37%	25%	29%	33%	21%

年齢別漁獲係数(F)および%SPR

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	0.32	0.77	0.42	0.02	0.44	0.26	0.26	0.37	0.07	0.29	0.14	0.14	0.14
1歳	1.26	1.06	1.45	0.49	0.58	0.55	0.60	0.41	0.67	0.39	0.36	0.32	0.18
2歳	1.55	0.90	1.42	1.03	0.68	0.86	0.63	0.50	1.54	0.76	1.19	0.67	0.24
3歳	1.23	0.79	1.23	0.69	0.58	0.79	0.55	1.67	1.41	0.64	0.86	1.29	0.83
4歳以上	1.23	0.79	1.23	0.69	0.58	0.79	0.55	1.67	1.41	0.64	0.86	1.29	0.83
平均	1.12	0.86	1.15	0.59	0.57	0.65	0.52	0.93	1.02	0.54	0.68	0.74	0.44
%SPR	6.97	6.23	5.12	23.28	16.19	17.08	19.46	19.11	13.54	20.77	19.67	24.42	37.02

年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳(加入量)	732	1,549	528	548	826	649	733	774	825	3,080	858	691	1,166
1歳	293	355	482	232	360	357	335	380	358	513	1,546	498	403
2歳	74	56	82	75	95	135	138	123	168	122	234	722	242
3歳	13	10	15	13	18	32	38	49	50	24	39	48	247
4歳以上	3	3	4	4	6	9	13	20	9	10	12	14	11
計	1,116	1,974	1,112	873	1,305	1,182	1,256	1,346	1,409	3,749	2,688	1,974	2,070

年齢別資源量(千トン)、親魚量(千トン)、再生産成功率:RPS(尾/kg)

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	146	232	52	104	170	113	129	119	96	416	57	45	196
1歳	114	107	163	100	119	132	145	124	109	149	480	204	148
2歳	39	29	41	39	55	72	72	61	65	58	93	305	113
3歳	8	6	9	8	13	20	22	25	23	16	21	25	123
4歳以上	2	3	3	3	5	8	10	14	6	8	9	10	8
計	309	377	268	254	363	345	378	342	299	646	659	589	587
親魚量(SSB)	49	38	52	50	73	100	104	100	94	81	123	340	243
RPS	15.0	41.2	10.1	11.0	11.3	6.5	7.0	7.8	8.8	37.9	7.0	2.0	4.8

年齢別漁獲物平均体重(g)

年齢\漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	199	150	99	190	206	175	176	153	116	135	66	65	168
1歳	389	302	338	429	331	370	432	327	305	290	310	410	366
2歳	527	519	492	516	580	532	522	496	387	471	398	422	467
3歳	588	599	597	615	727	627	583	511	463	660	552	536	498
4歳以上	687	793	697	746	851	854	774	685	704	794	716	672	660

補足表 2-1. コホート解析結果の詳細 (つづき)

年齢別漁獲尾数(百万尾) ※0歳魚について発生年の1~6月分をその後の7月~翌年6月の漁期年へ加えている。

年齢\漁期年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	78.2	317.4	82.8	157.9	135.6	66.7	203.3	43.1	49.1	45.6	58.9	22.7	38.7
1歳	227.1	92.2	369.4	75.8	84.9	71.1	107.2	73.0	31.5	37.1	21.4	23.7	36.3
2歳	72.9	121.0	56.7	239.2	82.7	76.1	63.2	56.7	51.1	14.3	24.6	19.8	25.1
3歳	48.2	40.4	33.8	31.9	81.6	44.0	57.8	45.6	22.2	20.6	7.9	13.6	20.4
4歳以上	28.6	32.5	21.2	17.5	18.1	31.2	26.5	18.3	8.2	12.0	7.6	7.9	20.0
計	455.0	603.5	563.9	522.2	402.9	289.0	458.0	236.7	162.0	129.6	120.4	87.7	140.4

年齢別漁獲量(千トン) ※0歳魚について発生年の1~6月分をその後の7月~翌年6月の漁期年へ加えている。

年齢\漁期年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	8.1	51.9	14.8	19.6	18.5	10.8	17.7	7.4	5.9	4.7	9.4	2.6	5.3
1歳	71.8	29.4	113.7	27.1	30.7	22.4	28.6	21.3	8.6	10.8	6.0	7.5	9.4
2歳	27.0	55.6	27.1	103.8	35.4	35.1	28.0	21.8	19.9	5.8	10.5	7.7	9.5
3歳	25.6	21.6	19.2	18.9	41.3	22.8	29.9	21.5	9.7	8.9	4.3	6.5	9.1
4歳以上	17.5	20.0	14.0	11.5	11.2	17.6	15.8	10.7	4.9	6.6	5.0	4.8	10.2
計	150.1	178.6	188.8	180.9	137.1	108.6	120.0	82.7	49.0	36.9	35.3	29.1	43.6
漁獲割合	31%	25%	27%	31%	28%	26%	36%	33%	27%	23%	21%	21%	40%

年齢別漁獲係数(F)および%SPR

年齢\漁期年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.15	0.18	0.14	0.24	0.26	0.14	0.43	0.23	0.18	0.22	0.35	0.15	0.39
1歳	0.53	0.34	0.43	0.23	0.25	0.26	0.43	0.34	0.32	0.24	0.19	0.29	0.48
2歳	0.50	0.80	0.47	0.73	0.54	0.47	0.50	0.56	0.56	0.30	0.32	0.34	0.77
3歳	0.62	0.78	0.72	0.69	0.79	0.83	1.15	1.19	0.57	0.60	0.34	0.37	0.97
4歳以上	0.62	0.78	0.72	0.69	0.79	0.83	1.15	1.19	0.57	0.60	0.34	0.37	0.97
平均	0.48	0.58	0.50	0.52	0.53	0.51	0.73	0.70	0.44	0.39	0.31	0.30	0.72
%SPR	23.59	25.07	27.39	26.52	27.52	33.10	18.87	23.50	28.14	33.82	33.95	36.23	17.38

年齢別資源尾数(百万尾)

年齢\漁期年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳(加入量)	676	2,316	780	898	733	637	705	260	373	282	242	200	147
1歳	677	389	1,292	455	473	380	373	306	139	210	151	114	115
2歳	225	268	186	564	243	247	197	162	145	67	110	84	57
3歳	128	91	80	78	182	95	103	80	62	56	33	54	40
4歳以上	76	73	51	43	40	68	47	32	23	32	32	31	39
計	1,781	3,137	2,389	2,037	1,671	1,428	1,425	840	742	647	570	483	399

年齢別資源量(千トン)、親魚量(千トン)、再生産成功率:RPS(尾/kg)

年齢\漁期年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	70	379	139	111	100	103	61	45	45	29	39	23	20
1歳	214	124	398	163	171	120	99	89	38	61	43	36	30
2歳	84	123	89	245	104	114	87	62	57	27	47	32	22
3歳	68	49	46	46	92	49	53	38	27	24	18	26	18
4歳以上	46	45	33	28	25	38	28	19	14	18	21	19	20
計	481	720	705	593	492	424	330	253	180	160	168	136	110
親魚量(SSB)	197	217	168	319	221	201	169	119	98	69	87	77	60
RPS	3.4	10.7	4.7	2.8	3.3	3.2	4.2	2.2	3.8	4.1	2.8	2.6	2.5

年齢別漁獲物平均体重(g)

年齢\漁期年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	104	164	179	124	137	161	87	171	120	103	159	115	138
1歳	316	319	308	357	362	315	267	292	272	291	282	318	260
2歳	371	459	477	434	428	461	443	384	389	408	429	387	378
3歳	531	534	570	594	506	518	516	472	439	433	550	475	447
4歳以上	610	616	661	658	615	563	596	585	601	555	661	608	512

補足表 2-2. チューニング指数

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
①ln(Y <sub>1</sub> )						8.92	8.98	9.53	9.57
②Y <sub>2</sub>	0.50	0.89	2.25	2.64	1.75	1.81	1.26	1.95	1.52
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
①ln(Y <sub>1</sub> )	8.99	7.34	8.65	6.07	6.80	5.25	3.21		
②Y <sub>2</sub>	1.40	0.52	0.31	0.66	0.40	0.13	0.25	0.23	

①静岡県地先棒受網漁業CPUEによる資源密度指数（7月～翌年6月）：Y<sub>1</sub>

②海区Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ（宮崎県以東の太平洋）の標準化産卵量（相対値）：Y<sub>2</sub>

補足表 2-3. 将来予測計算に用いたパラメータ

	選択率 (注 1)	F <sub>msy</sub> (注 2)	F <sub>2016-2020</sub> (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟割合
0 歳	0.25	0.22	0.21	129	0.40	0.00
1 歳	0.36	0.31	0.30	287	0.40	0.00
2 歳	0.54	0.48	0.46	417	0.40	1.00
3 歳	1.00	0.87	0.84	476	0.40	1.00
4 歳以上	1.00	0.87	0.84	580	0.40	1.00

注 1：平成 31 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、平成 30 年度資源評価での F<sub>current</sub> の選択率）。

注 2：平成 31 年度研究機関会議で推定された F<sub>msy</sub>（すなわち、平成 30 年度資源評価での F<sub>current</sub> に F<sub>msy</sub>/F<sub>current</sub> を掛けたもの）。

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2016～2020 年漁期の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2021 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

### 補足資料3 Vector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) モデルによる産卵量の標準化

ゴマサバの産卵量は2018年に急増したが、そのほとんどが四国沖で採集されたものであった。由上ほか(2019)は、この海域で採集された卵径の頻度分布と親魚の漁獲状況から、マサバ卵が混在していることにより、2018年のゴマサバ産卵量が過大推定されている可能性を指摘した。親魚の漁獲状況から判断すると2019年以降も同様の状況が継続していると考えられることから、2018年以降のノミナルの産卵量(つまり、標準化していない生データ)をチューニング指数として使用することは困難な状況にある。

以上の問題点を解決するために、卵稚仔調査で得られた海区I~IIIにおける2005~2021年1~6月の30分目ごとのゴマサバとマサバの平均卵密度を使用し、ゴマサバの産卵量指標値の標準化を行った(Kanamori et al. 2021)。標準化にはVector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) モデルを使用した(Thorson and Barnett 2017)。卵稚仔調査が行われた地点と空間範囲についての詳細は、Kanamori et al. (2019)を参考にされたい。

#### モデルの構造

VASTは卵密度を、サンプル*i*の遭遇確率( $p_1(i)$ )と、卵が採集された場合のサンプル*i*の卵密度( $p_2(i)$ )に分けて、以下の2つの線形予測子で表す。

$$\begin{aligned} p_1(i) &= \beta_1(t_i) + \omega_1(s_i) + \varepsilon_1(s_i, t_i) + \eta_1(v_i) + \lambda_1 Q(i) \\ p_2(i) &= \beta_2(t_i) + \omega_2(s_i) + \varepsilon_2(s_i, t_i) + \eta_2(v_i) + \lambda_2 Q(i) \end{aligned}$$

右辺の第1項の $\beta(t_i)$ は調査年*t*の固定効果で、調査年の効果は各調査年で独立とした。第2項の $\omega(s_i)$ は調査年*t*における空間のランダム効果、第3項の $\varepsilon(s_i, t_i)$ は調査年*t*と場所*s*における時空間のランダム効果を表している。第4項の $\eta(v_i)$ は要因 $v_i$ が採集率(卵の採れやすさ)の過分散を生じさせるランダム効果を表しており、要因 $v_i$ には生物季節の変化を簡便に扱うために調査年と調査月の交互作用を使用した。第5項の $\lambda Q(i)$ は採集率に影響する共変量 $Q(i)$ の固定効果を示しており、 $Q(i)$ には同所的に採集されたマサバの卵密度を使用した;  $Q(i) = \log(\text{マサバ卵密度}(s_i) + 0.1)$ 。これは、サバ属の産卵量の増加に伴い、マサバの卵径の頻度分布とゴマサバの卵径の頻度分布が重複することで、ゴマサバの産卵量の採集率がマサバの産卵量により影響を受けることを考慮していることを意味する。マサバの卵密度を対数変換する時、1を足した場合も結果は変わらなかった。

#### パラメータの推定

VASTでは初めに、空間情報から、クラスタリングの一種であるk-平均法により空間分布を近似するノットを決め、ノットにおける相対密度の時空間変化をモデル化する。先行研究ではノット数は100以上とすることを推奨されているので(Thorson 2019)、これに倣い、今回はノット数を100とした。空間効果の確率密度関数は多変量正規分布(MVN)を使って、

$$\omega_1(\cdot, f) \sim MVN(0, R_1), \quad \omega_2(\cdot, f) \sim MVN(0, R_2)$$



と表す。ここで、 $\mathbf{R}_1$ ,  $\mathbf{R}_2$ は Matérn 相関関数であり、

$$\mathbf{R}_1(s_n, s_m) = \frac{1}{2^{\varphi-1}\Gamma(\varphi)} \times (\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|)^{\varphi} \times K_{\nu}(\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|),$$

$$\mathbf{R}_2(s_n, s_m) = \frac{1}{2^{\varphi-1}\Gamma(\varphi)} \times (\kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|)^{\varphi} \times K_{\nu}(\kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|)$$

と表される。ここでは、 $\varphi = 1$ として推定しない。 $\Gamma$ はガンマ関数。 $K_{\nu}$ は第2種の変形ベッセル関数、 $\kappa_1$ と $\kappa_2$ は非相関率、 $\mathbf{d}(s_n, s_m)$ はノット間の距離、 $\mathbf{H}$ は地理的な異方性（方角によって相関の程度が異なること）を表す行列である。同様に、時空間効果の確率密度関数は

$$\varepsilon_1(\cdot, f, t) \sim \begin{cases} MVN(\mathbf{0}, \mathbf{R}_1) & \text{if } t = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon_1} \varepsilon_1(\cdot, f, t-1), \mathbf{R}_1) & \text{if } t > 1 \end{cases}$$

$$\varepsilon_2(\cdot, f, t) \sim \begin{cases} MVN(\mathbf{0}, \mathbf{R}_2) & \text{if } t = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon_2} \varepsilon_2(\cdot, f, t-1), \mathbf{R}_2) & \text{if } t > 1 \end{cases}$$

で与えられるが、本解析では調査年で独立と仮定した ( $\rho_{\varepsilon_1} = \rho_{\varepsilon_2} = 0$ )。上記モデルのパラメータは、最尤法によって推定されるが、多くのランダム効果を伴うため、高速な計算が必要であり、Template Model Builder (Kristensen et al. 2016) と呼ばれる高速最適化ソフトが使用される。

本データを使用した解析では二項分布と対数正規分布を使用したデルタ型のモデルを使用し、予測遭遇率 ( $r_1(i)$ ) と予測卵密度 ( $r_2(i)$ ) を以下の式で表した (Thorson 2017)。

$$r_1(i) = \text{logit}^{-1} p_1(i)$$

$$r_2(i) = a_i \times \log^{-1} p_2(i)$$

$a_i$ はオフセット項であり、今回の場合は平均卵密度を目的変数として用いているので1とした。卵密度  $B$  が観測される確率は以下で表され、周辺尤度が最大となるパラメータを推定した。

$$\Pr(b_i = B) = \begin{cases} 1 - r_1(i) & \text{if } B = 0 \\ r_1(i) \times g\{B|r_2(i), \sigma_m^2(c)\} & \text{if } B > 0 \end{cases}$$

推定されたパラメータから、各年における各位置の相対卵密度を  $d(x, c, t) = r_1^*(x, c, t) \times r_2^*(x, c, t)$  で計算し、各ノットの面積と相対卵密度を掛け合わせた値の総和を産卵量指標値として算出した。

$$I(c, t, l) = \sum_{x=1}^{n_x} (a(x, l) \times d(x, c, t))$$

この際、ランダム効果の平均補正を行った (Thorson and Kristensen 2016)。VAST のモデル構

造の詳細については、Thorson (2019) や GitHub (<https://github.com/James-Thorson-NOAA/VAST>) を参照されたい。

#### 引用文献

- Kanamori, Y., S. Nishijima, H. Okamura, R. Yukami, M. Watai, and A. Takasuka (2021). Spatio-temporal model reduces species misidentification bias of spawning eggs in stock assessment of spotted mackerel in the western North Pacific. *Fish. Res.*, **236**, 105825.
- Kanamori, Y., A. Takasuka, S. Nishijima, and H. Okamura (2019). Climate change shifts the spawning ground northward and extends the spawning period of chub mackerel in the western North Pacific. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **624**, 155-166.
- Kristensen, K., A. Nielsen, CE. Berg, H. Skaug, and BM. Bell (2016) TMB: automatic differentiation and Laplace approximation. *J. Stat. Softw.*, **70**, 1-21.
- Thorson, JT. (2017) Three problems with the conventional delta-model for biomass sampling data, and a computationally efficient alternative. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **75**, 1369-1382
- Thorson, JT. (2019) Guidance for decisions using the Vector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) package in stock, ecosystem, habitat and climate assessments. *Fish. Res.*, **210**, 143-161.
- Thorson, JT. and LAK. Barnett (2017) Comparing estimates of abundance trends and distribution shifts using single- and multispecies models of fishes and biogenic habitat. *ICES J. Mar. Sci.*, **74**, 1311-1321.
- Thorson, JT. and K. Kristensen (2016) Implementing a generic method for bias correction in statistical models using random effects, with spatial and population dynamics examples. *Fish. Res.*, **175**, 66-74.
- 由上龍嗣・井須小羊子・渡邊千夏子・上村泰洋・古市 生 (2019) 平成 30 (2018) 年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 水産庁・水産研究・教育機構, 248-278.

補足資料 4 2021 年漁期以降の加入量が再生産関係に従う場合の将来予測

2015～2020 年漁期まで加入量が低い値となっているが（図 4-4）、この加入量の低下傾向を考慮せず、2021 年漁期以降の加入量が MSY を設定した際の再生産関係に従う場合の将来予測を試算した。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、10,000 回の繰り返し計算を行った。将来の加入量の設定を除いて、5-（1）で行った将来予測と同じ手法で計算を行った。なお、今後も短期的には加入量の低下傾向が継続することが十分に予測されることから、2022 年漁期の予測漁獲量については過大である可能性が高く、また、中長期予測の結果にも大きな不確実性が含まれることから、取り扱いには注意を要する。

・ 2022 年漁期の予測値と漁獲量の算定

$\beta=0.9$  とした漁獲シナリオに基づき算定される 2022 年漁期の漁獲量は 1.8 万トンである。2022 年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値および限界管理基準値を下回るため、ABC 算定のための漁獲圧は親魚量に応じた係数を乗じて  $\gamma(SB_t) \times \beta F_{msy}$  として求めた。ここで 2022 年漁期の  $\gamma(SB_t)$  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、下式により 0.54 と計算された。

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

2022 年漁期の 算定漁獲量 (千トン)	2022 年漁期の 親魚量予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2016-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合 (%)
18	30	0.50	13
コメント： ・ 漁獲量の算定には、令和 2 年 2 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取りまとめられ、令和 2 年 5 月に開催された「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。			

・ 2023 年漁期以降の予測

2023 年漁期以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-1 および補足表 4-1、4-2 に示す。漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、2030 年漁期の親魚量の予測値は 16.8 万トン（80% 予測区間は 10.3 万～24.6 万トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 50%、限界管理基準値を上回る確率は 100%である。

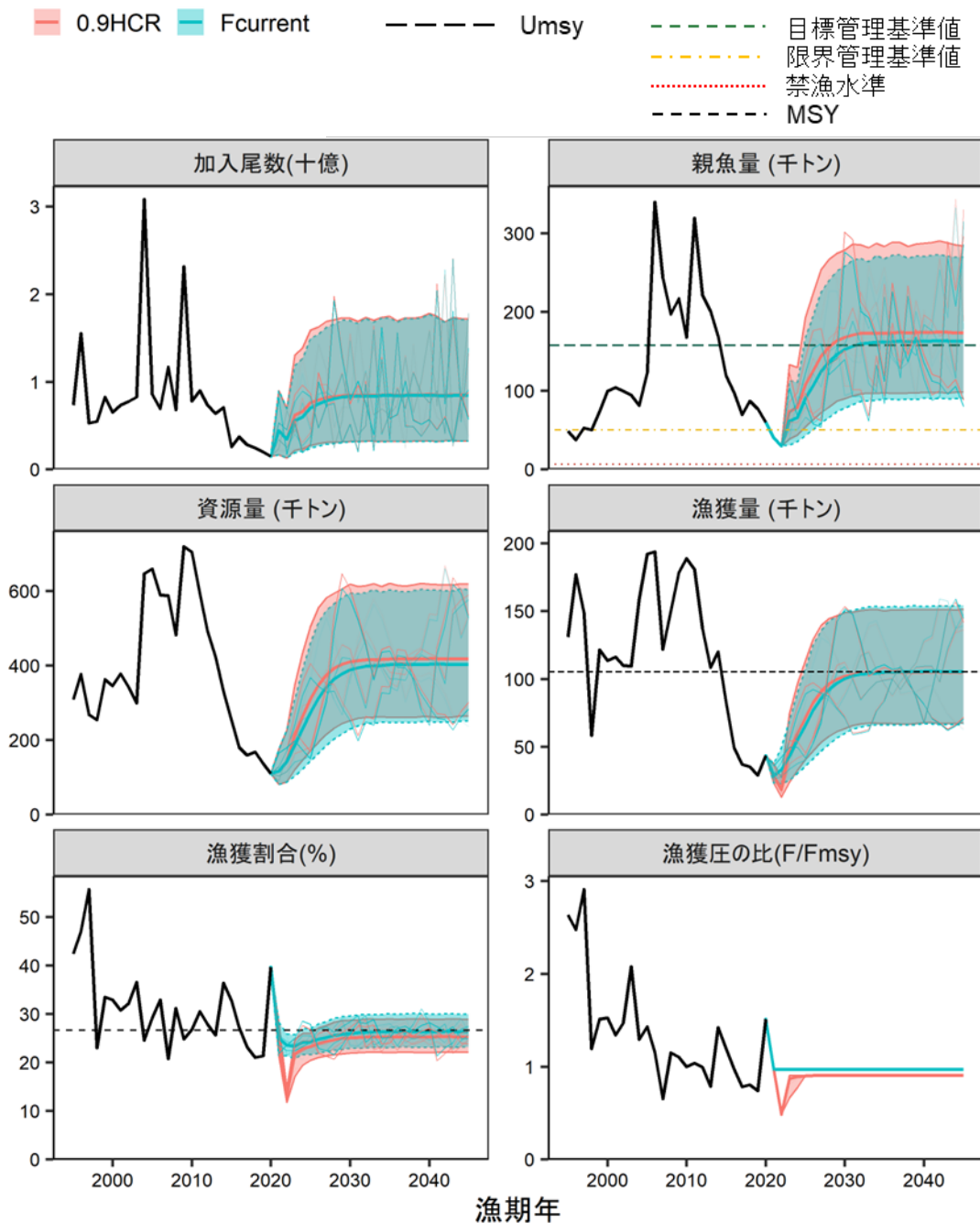
参考情報として、異なる  $\beta$  を使用した場合、および現状の漁獲圧（F2016-2020）を継続した場合の将来予測結果についても示す。2030 年漁期の親魚量の予測値は、 $\beta$  を 1.0 とした場合は平均 15.0 万トン（80%予測区間は 8.9 万～22.2 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率は 37%である。同じく  $\beta$  を 0.8 とした場合は平均 18.7 万トン（80%予測区間は 11.7 万～27.1 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率は 64%である。いずれの場合も限界

管理基準値を上回る確率は 100%であった。一方、現状の漁獲圧を継続した場合の親魚量の予測値は 15.2 万トン（80%予測区間は 9.0 万～22.7 万トン）であり目標管理基準値を上回る確率は 39%、限界管理基準値を上回る確率は 100%である。

漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標管理基準値を 50%以上の確率で上回る漁期年は、2031 年漁期となると予測された。限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る漁期年は、2023 年漁期と予測された。

考慮している不確実性：加入量					
項目	2030 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2030 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する $\beta$					
$\beta=0.9$	168	103 - 246	50	100	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる $\beta$ を使用した場合等）					
$\beta=1.0$	150	89 - 222	37	100	100
$\beta=0.8$	187	117 - 271	64	100	100
$\beta=0.6$	230	152 - 323	88	100	100
$\beta=0.4$	279	193 - 379	98	100	100
$\beta=0.2$	337	247 - 441	100	100	100
$\beta=0$	415	326 - 517	100	100	100
F2016-2020	152	90 - 227	39	100	100

考慮している不確実性：加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する $\beta$			
$\beta=0.9$	2031 年漁期	2023 年漁期	2020 年漁期
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる $\beta$ を使用した場合等）			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2023 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.8$	2028 年漁期	2023 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.6$	2027 年漁期	2023 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.4$	2026 年漁期	2023 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.2$	2025 年漁期	2023 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0$	2025 年漁期	2023 年漁期	2020 年漁期
F2016-2020	2051 年漁期以降	2023 年漁期	2020 年漁期



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

補足図 4-1. 管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測 (赤色) と現状の漁獲圧で漁獲を続けた場合の将来予測 (緑色)

漁獲管理規則 (図 5-2) に基づく中長期的な将来予測の結果 ( $\beta=0.9$  の場合) 10,000 回の平均値 (太線)、5 回の試行結果 (細線)、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる 90% 予測区間である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄点破線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を、漁獲量の破線は MSY を、漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。2021 年の漁獲量は予測される資源量と F2016-2020 により仮定した。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標管理基準値 (a)、限界管理基準値 (b) を上回る確率  
 $\beta$  を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2021 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2016-2020) から予測される 2.8 万トンとし、2022 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため F2016-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率(%)

$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	0	0	2	1	9	15	23	29	34	37	38	40	42	42
0.9	0	0	2	2	12	21	32	41	47	50	51	54	54	55
0.8	0	0	2	2	16	29	44	55	61	64	65	67	67	68
0.7	0	0	3	3	21	39	56	68	74	77	78	79	79	79
0.6	0	0	3	4	28	50	69	80	86	88	88	88	88	88
0.5	0	0	3	6	35	62	81	90	94	94	95	95	95	95
0.4	0	0	4	8	44	73	90	96	98	98	98	98	98	98
0.3	0	0	4	11	54	83	96	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	4	14	64	91	98	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	5	18	74	96	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	5	23	82	98	100	100	100	100	100	100	100	100
F2016-2020	0	0	1	1	6	12	21	29	34	39	41	44	46	47

b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率(%)

$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	0	0	77	84	95	98	99	99	100	100	100	100	100	100
0.9	0	0	79	89	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0	0	81	92	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0	0	83	94	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	85	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	86	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	88	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	90	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	0	0	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2016-2020	0	0	60	73	89	95	98	99	100	100	100	100	100	100

補足表 4-2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

$\beta$  を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2021 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2016-2020) から予測される 2.8 万トンとし、2022 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため F2016-2020 で漁獲を続けた場合の結果も示した。

a) 親魚量の平均値の推移 (千トン)

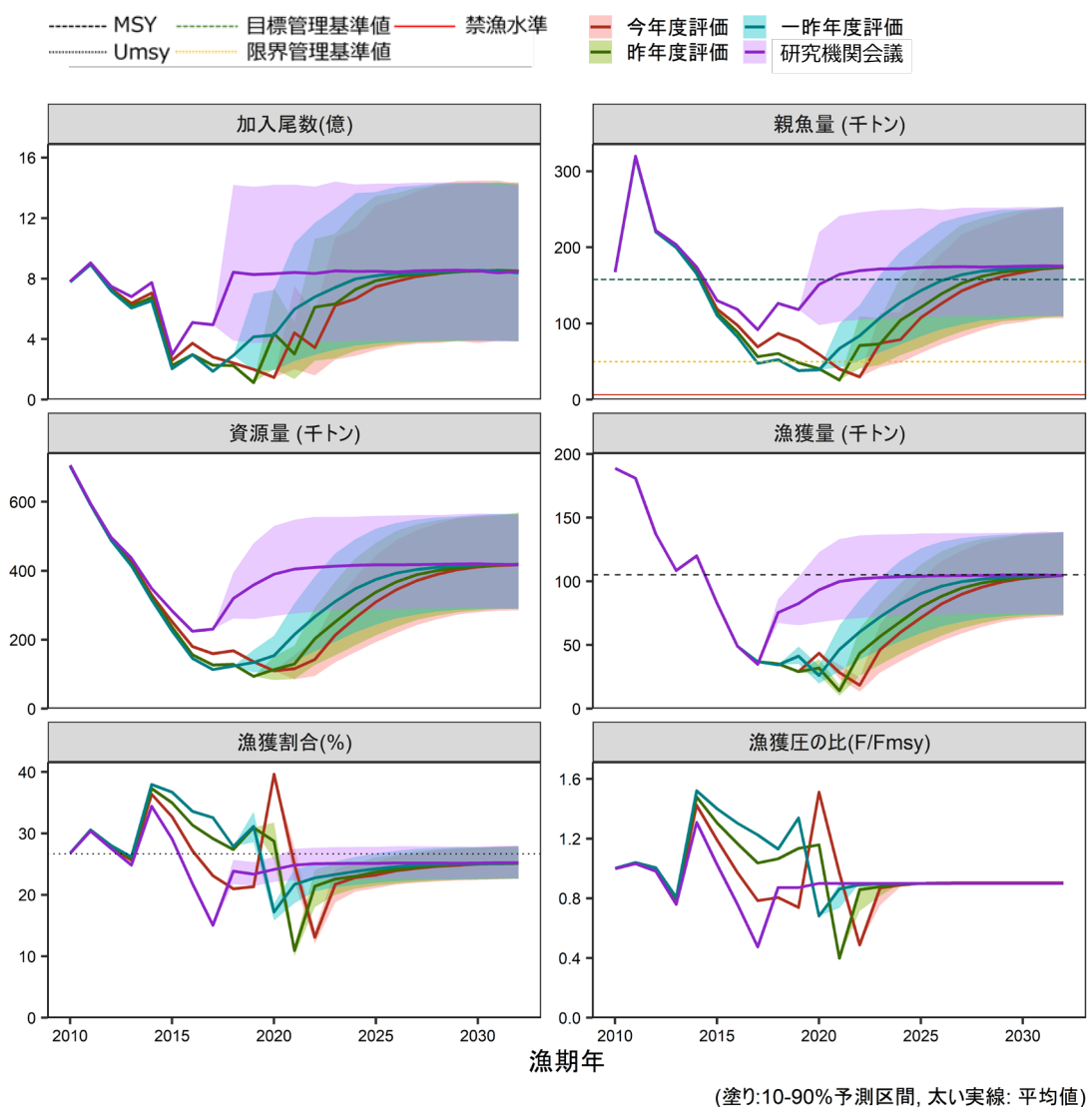
$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	40	30	72	74	99	113	129	139	146	150	153	155	157	157
0.9	40	30	74	78	107	125	144	156	163	168	171	173	174	174
0.8	40	30	75	83	116	138	160	174	183	187	190	191	192	192
0.7	40	30	77	88	126	153	179	195	204	208	210	211	211	211
0.6	40	30	78	93	137	170	201	219	227	230	231	231	231	231
0.5	40	30	80	98	149	189	225	245	253	254	253	253	253	253
0.4	40	30	82	104	162	210	252	274	280	279	277	276	276	277
0.3	40	30	84	110	176	234	282	306	311	306	302	301	302	302
0.2	40	30	86	117	193	261	317	343	345	337	330	328	331	331
0.1	40	30	87	124	211	292	357	385	384	372	362	359	364	364
0.0	40	30	89	132	231	327	404	435	432	415	401	395	402	402
F2016-2020	40	30	61	66	90	106	124	137	146	152	157	160	163	163

b) 漁獲量の平均値の推移 (千トン)

$\beta$	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2041	2051
1.0	28	20	49	62	73	83	91	96	99	102	103	104	106	105
0.9	28	18	46	60	71	82	91	96	100	102	103	104	105	105
0.8	28	17	43	57	69	81	90	95	99	101	102	102	103	102
0.7	28	15	39	53	66	78	87	93	96	98	98	98	99	99
0.6	28	13	35	49	62	74	83	89	92	93	93	93	93	93
0.5	28	11	30	44	56	69	78	83	85	85	85	85	85	85
0.4	28	9	25	38	49	61	69	74	76	76	75	75	75	75
0.3	28	7	20	30	41	51	59	63	64	63	63	62	63	62
0.2	28	4	14	22	30	38	44	47	48	47	46	46	46	46
0.1	28	2	7	12	17	21	25	27	27	27	26	26	26	26
0.0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2016-2020	28	33	43	55	66	77	86	92	97	100	102	104	105	105

補足資料 5 過年度評価結果との比較

2018 年度（研究機関会議で使用した評価年度）以降の資源評価による各種推定値を比較した。今年度評価では将来の加入量の設定を変更したが、資源評価の更新による変化を比較するため、今年度評価の将来予測は補足資料 4 で検討した、加入量の低下傾向を考慮しない場合の結果を用いた。4 年分の推定値を比較すると、加入量の特に関与する将来予測の期間において下方修正が継続している（補足図 5-1）。これに伴い資源量、親魚量、漁獲量も下方修正が継続していて、資源量や親魚量の回復が資源評価を更新するたびに遅れる傾向が見て取れる。このように将来予測の下方修正が継続していることから、今後の資源の動向に注意しつつ、管理を慎重に行う必要がある。



補足図 5-1. 加入量、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比 (F/Fmsy) の比較  
 (紫：2018 年度資源評価に基づく研究機関会議、青：2019 年度資源評価、緑：2020 年度資源評価、赤：今年度資源評価。いずれも  $\beta=0.9$  の場合。)