FRA-SA2024-AC007

令和５（2023）年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価

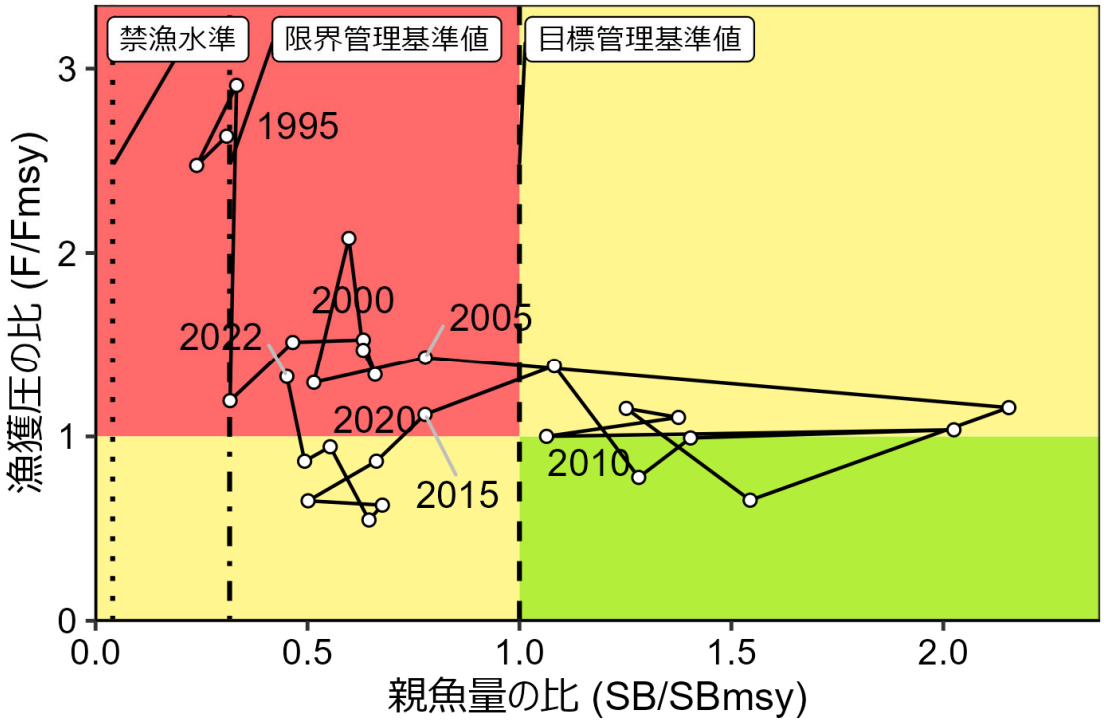
水産研究・教育機構
水産資源研究所　水産資源研究センター（上村泰洋、由上龍嗣、西嶋翔太、古市　生、井須小羊子、渡部亮介、東口胤成）
水産技術研究所　養殖部門
参画機関：北海道立総合研究機構釧路水産試験場・函館水産試験場、地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産・海洋技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所、和歌山県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、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、2022 年漁期は 14.4 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 万～34.0 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、2022 年漁期は 7.1 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。

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 2022 年漁期の親魚量はこれを下回る。また、本系群の 2022 年漁期の漁獲圧は、MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を上回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2018～2022 年漁期）の推移から「減少」と判断される。2024 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 2024 年漁期の ABC は 2.6 万トンである。

要　約　図　表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	15.8 万トン
2022 年漁期の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2022 年漁期の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
2022 年漁期の親魚量の動向	減少
最大持続生産量（MSY）	10.5 万トン
2024 年漁期の ABC	2.6 万トン

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」で取り纏められ「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。

・調整計数 β は、0.9 が用いられる。

・直近の加入量の低下傾向を考慮した 2023、2024 年漁期の加入量により ABC を算定した。

・ABC は外国船による漁獲も合わせた値。

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
漁期年	資源量 （万トン）	親魚量 （万トン）	漁獲量 （万トン）	F/Fmsy	漁獲割合 （%）
2018	20.9	10.7	3.5	0.63	16.9
2019	17.8	10.2	2.9	0.55	16.3
2020	16.2	8.7	4.4	0.94	27.0
2021	13.6	7.8	3.0	0.87	22.1
2022	14.4	7.1	4.6	1.33	32.3
2023	11.0	4.5	2.8	0.85	25.3
2024	10.0	5.2	2.6	0.90	26.2

・2023 年漁期、2024 年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。
・2024 年漁期の漁獲量には ABC の値を用いた。

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 NPFC 漁獲統計
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 と寿命の統計的関係（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 5～15 cm 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 20～25 cm 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～黒潮続流域から東北～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際的であり（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（2018～2022 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も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が特徴である。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。近年では、中国やロシアの漁船によってもマサバに混じり漁獲されている。

（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（底びき網・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 2,257（2021 年漁期（以下「年漁期」省略））～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。2021 年漁期は 861 トンで、2022 年漁期は 3,479 トンに増加したものの、依然として低い水準にある。日本の合計では、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。2021 年漁期は 2.8 万トンであったが、2022 年漁期は 3.3 万トンとやや増加した。

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 漁獲統計：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%、2021 年が 1.4%、2022 年が 12.8%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 7～11 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、2022 年には 12.8%に急増したため、2020 年漁期、2022 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. 資源の状態

（1）資源評価の方法

1995～2022 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、4、表 4-1、補足表 2-1）。加入後の自然死亡係数（M）は寿命との統計的関係 M=2.5/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 4、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（2022 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、2020 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 年は 3.6 兆粒とさらに減少したが、2023 年（1～6 月までの値）は 12.9 兆粒に増加した。2018 年の産卵量のうち 102.2 兆粒が 3 月の海区Ⅲ（日向灘～土佐湾～潮岬）での産卵量となっているが、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 4）。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 年以降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

1995～2022 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 2021 年漁期まで著しい減少傾向を示し、2021 年漁期は 13.6 万トンで、1995 年漁期以降では最も低い値となり、2022 年漁期は 14.4 万トンであった。親魚量は資源量と同様の傾向を示し、2006～2014 年漁期は 16.8 万～34.0 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、2022 年漁期は 7.1 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、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、表 4-1）。

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（2022）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 88%および 114%、親魚量は 89%および 114%、加入量は 88%および 115%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 0.22～1.15 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る（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 16～56%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）、2019 年度評価（由上ほか 2020）、2020 年度評価（由上ほか 2021）、2021 年度評価（由上ほか 2022）および 2022 年度評価（由上ほか 2023）における各種推定値との比較を補足資料 6 にまとめた。

（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、加入量当たり親魚量（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 年漁期以降は増加傾向を示したが 2020 年漁期は 29.0%、2021 年漁期は 31.8%となり、2022 年漁期は 19.9%に減少した。現状の漁獲圧として直近 5 年間（2018～2022 年漁期）の平均 F 値から%SPR を算出すると 31.5%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（F2018-2022）は F0.1 を上回っているが、F30%SPR や Fmsy を下回っている。

（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（由上ほか 2019b）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補足表 3-1 に示す。

（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

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）で推定された現在（1995 年漁期以降）の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する F（Fmsy）を補足表 3-2 に示す。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（10.5 万トン）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（補足表 3-2）。平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を図 4-11 に示す。平均親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

（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 4-12 に示す。また、2022 年の親魚量と漁獲圧、それらの値と管理基準値との比較結果を補足表 3-3 に示す。本系群における 2022 年漁期の親魚量（7.1 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）を上回る。2022 年漁期の親魚量は SBmsy の 0.45 倍である。また、2022 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、2022 年漁期の漁獲圧は Fmsy

の 1.33 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、直近 5 年間（2018～2022 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。

5. 将来予測

（1）将来予測の設定

資源評価で推定した 2022 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2023～2051 年漁期までの将来予測計算を行った（補足資料 2）。2015～2022 年漁期の加入量は 2016、2017、2022 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て、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 2024 年漁期の ABC を算定し、2025 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、2023 年漁期以降の加入量を観測値と再生産関係式の残差を後ろ向きに時代を区切ってリサンプリングによって与えるバックワードリサンプリングを行った。この試行を 10,000 回繰り返し行った（補足図 2-1、詳細は補足資料 2 を参照）。

直近の加入量の低下傾向を考慮せず、2023 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 5 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 5-1 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（図 5-1）。

（3）2024 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 2.6 万トンを ABC として提示する（補足表 3-4）。2024 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限界管理基準値をわずかに上回り、平均 5.2 万トンと見込まれた。

（4）2025 年漁期以降の予測

2025 年漁期以降も含めた将来予測の結果を図 5-2、表 5-1、5-2、補足表 3-6、3-7 に示す。本系群の漁獲管理規則に基づく管理を継続した場合（β=0.9）、2030 年漁期の親魚量の予測値は 4.2 万トン（90%予測区間は 3.1 万～5.9 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 20%である（補足表 3-5）。β=0 の場合でも

2030 年漁期の親魚量の予測値が目標管理基準値を上回る確率は 54%であった。

参考情報として、異なる β を使用した場合の将来予測結果、および現状の漁獲圧（F2018-2022）を継続した場合の将来予測結果についても示す（補足表 3-5）。現状の漁獲圧を継続した場合、2030 年の親魚量の予測値は、3.2 万トン（90%予測区間は 2.1 万～4.8 万トン）であり、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 3%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、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、2035 年漁期と予測された（補足表 3-5）。β=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、漁獲管理規則に基づく管理を継続しても、2030 年までには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。2025 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 2025 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 5 に示した。

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、2022 年漁期は 14.4 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 万～34.0 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、2022 年漁期は 7.1 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。

2022 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 2022 年漁期の漁獲圧は MSY を与える水準（Fmsy）を上回っている。親魚量の動向は直近 5 年間（2018～2022 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の試み．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・巣山　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・巣山　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・巣山　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・巣山　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・山口閎常・巣山　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，東北区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.

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) 黒潮続流～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・巣山　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_hyoka/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/.

由上龍嗣・西嶋翔太・上村泰洋・古市　生・渡部亮介 (2022) 令和 3 (2021) 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/.

由上龍嗣・西嶋翔太・上村泰洋・古市　生・渡部亮介 (2023) 令和 4 (2022) 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, 57pp, http://abchan.fra.go.jp/.

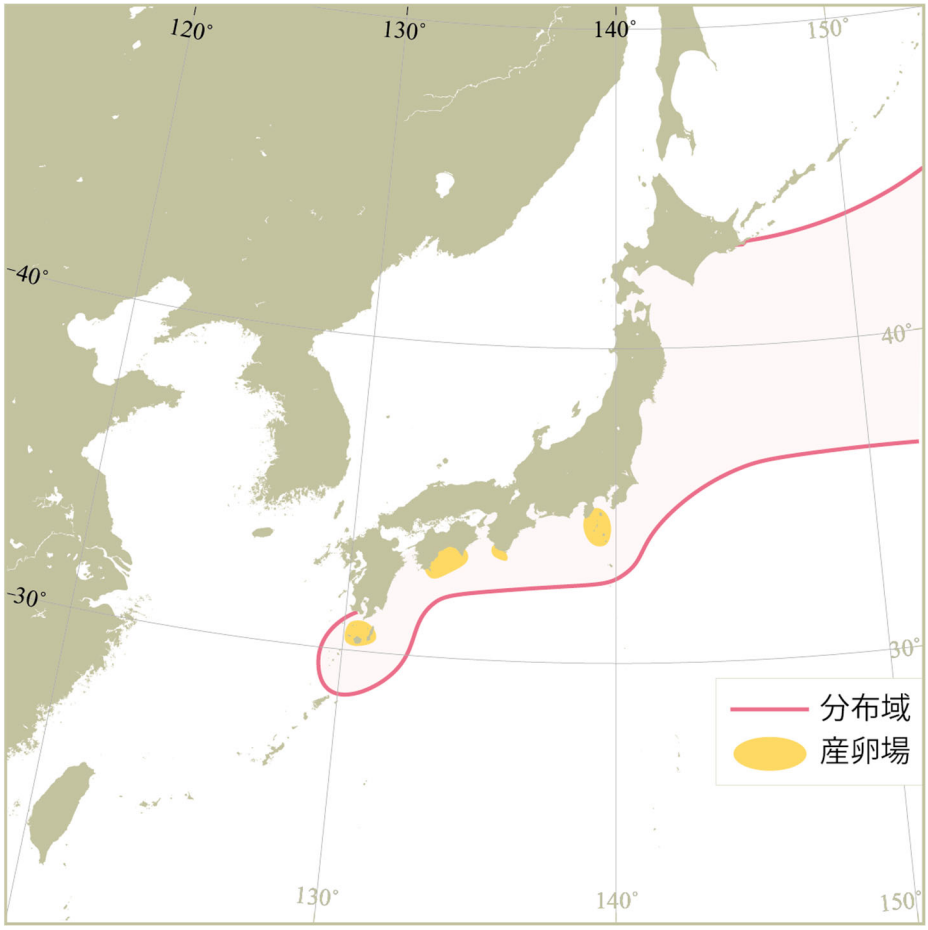


図 2-1.　ゴマサバ太平洋系群の分布・回遊図

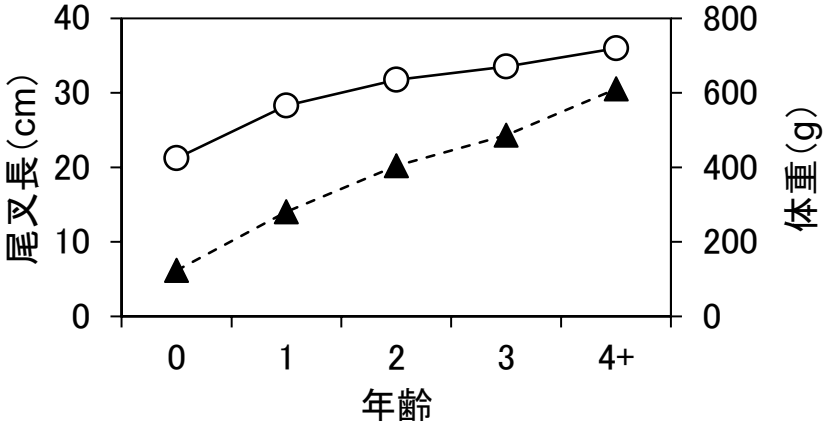


図 2-2.　年齢と成長（2018～2022 年漁期漁獲物の平均）

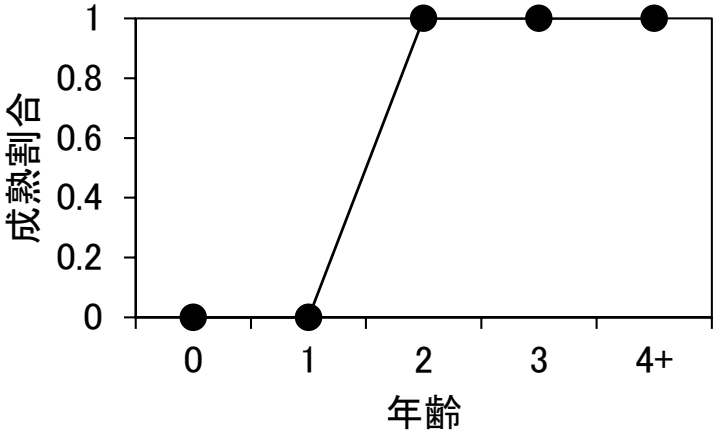


図 2-3.　年齢と成熟割合

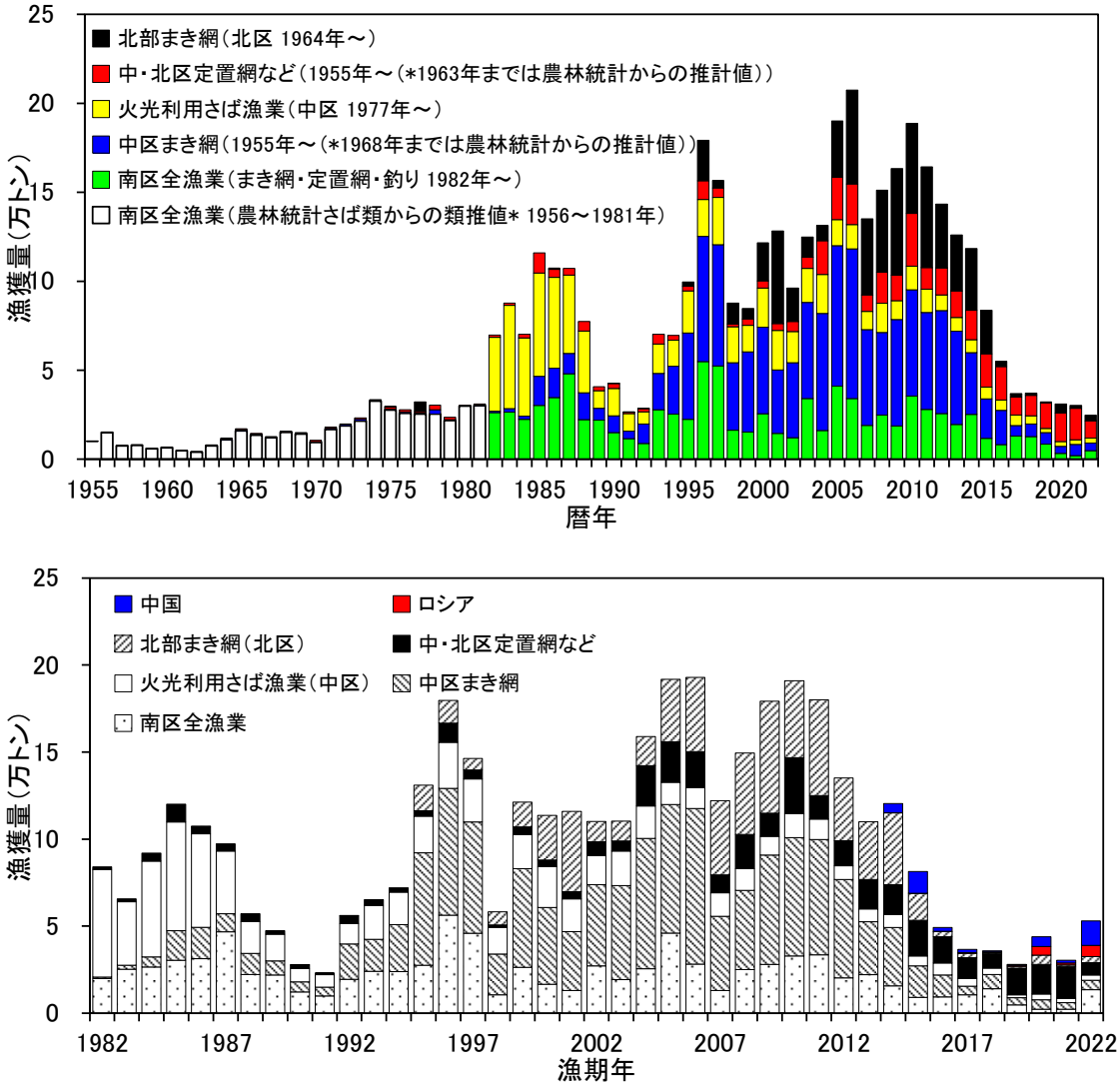


図 3-1.　漁獲量の推移

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。

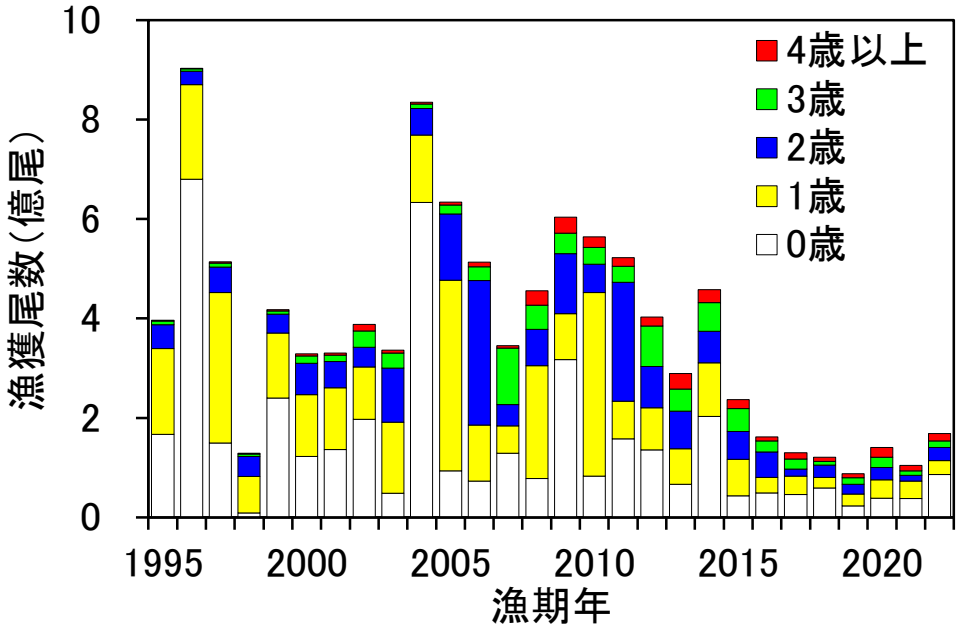


図 3-2.　年齢別漁獲尾数

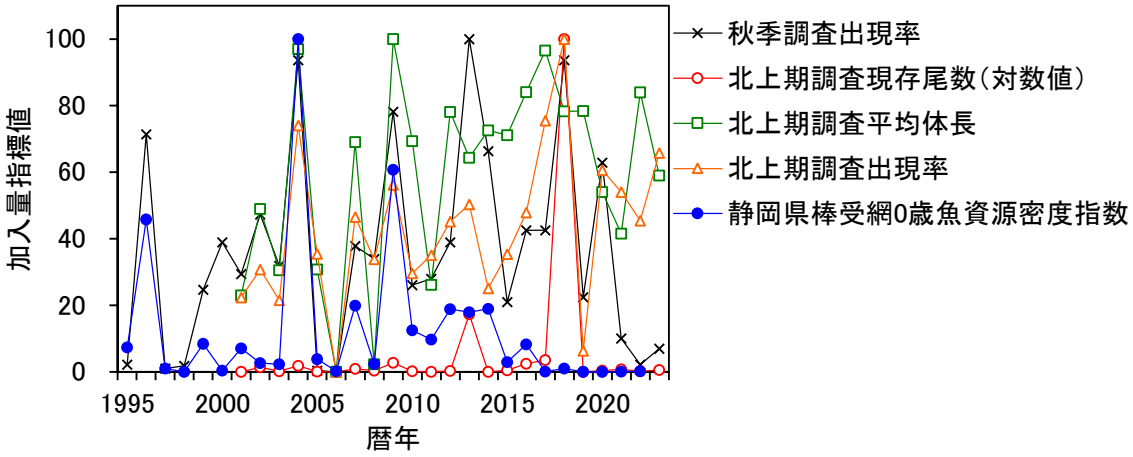


図 4-1.　各種調査による加入量指標値の経年変化
　　最大値を 100、最小値を 0 とした相対値。

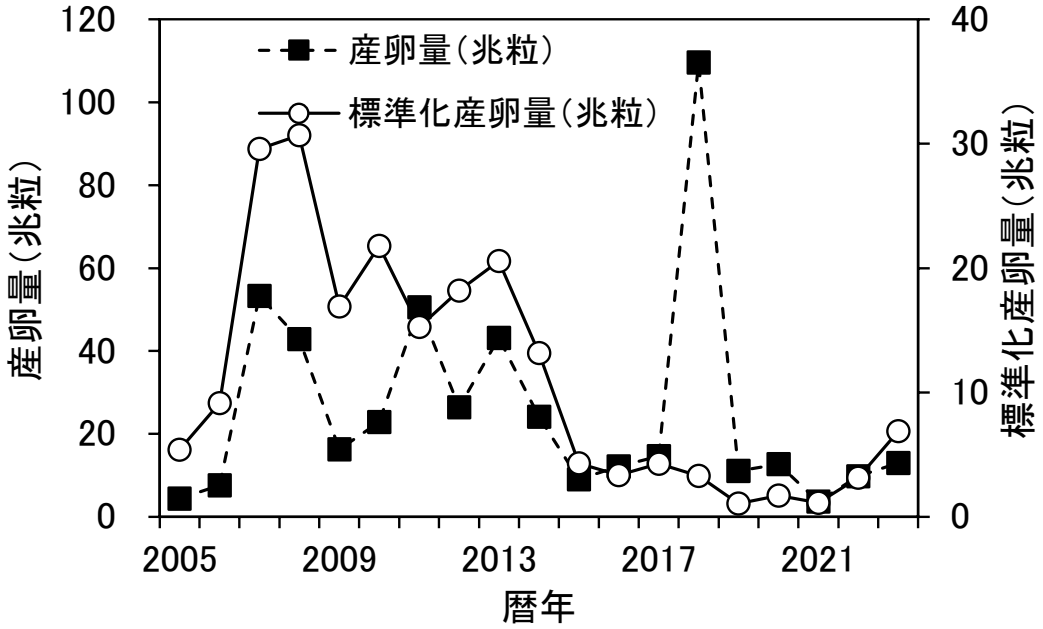


図 4-2.　太平洋側におけるゴマサバの産卵量および標準化産卵量
2023 年は 1～6 月の値。

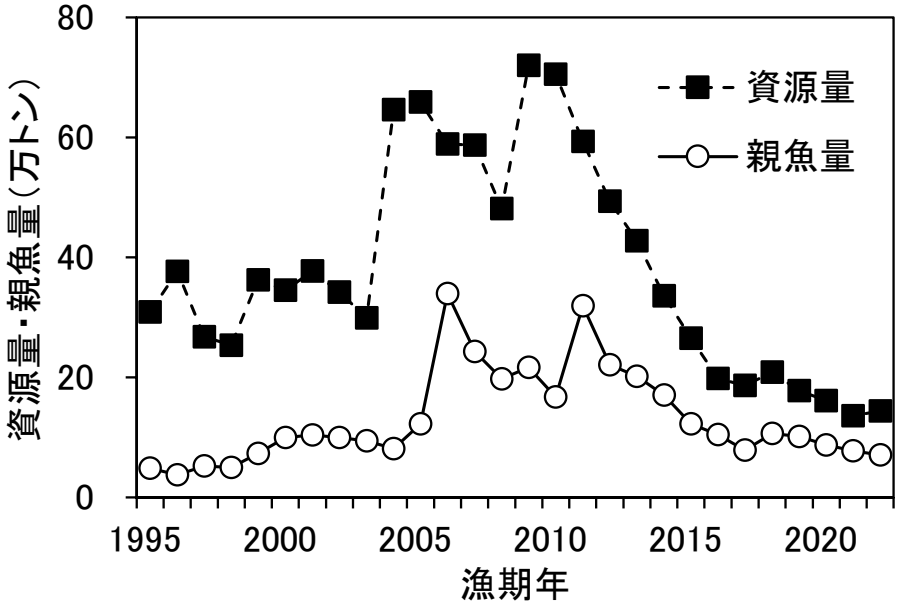


図 4-3.　資源量と親魚量の推移

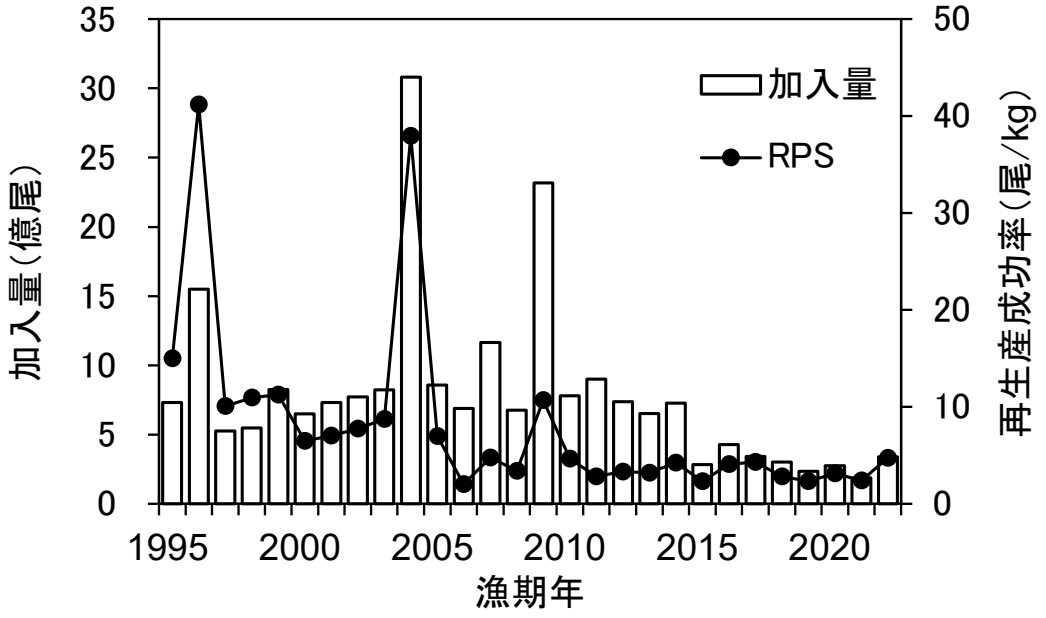


図 4-4.　加入量と再生産成功率（RPS）の推移

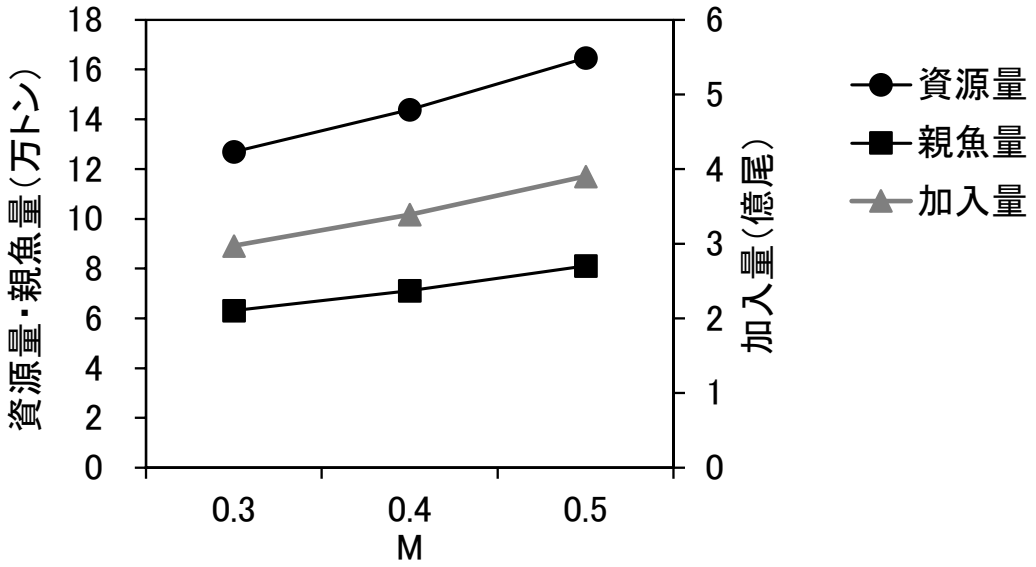


図 4-5.　自然死亡係数（M）の違いによる 2022 年漁期の資源量、親魚量および加入量

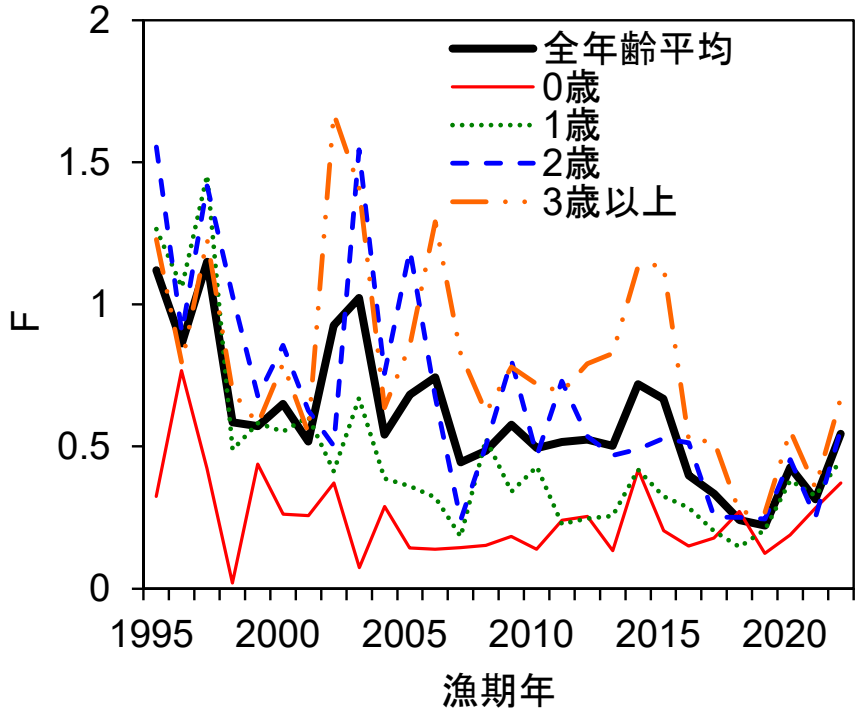


図 4-6.　年齢別漁獲係数（F）の推移

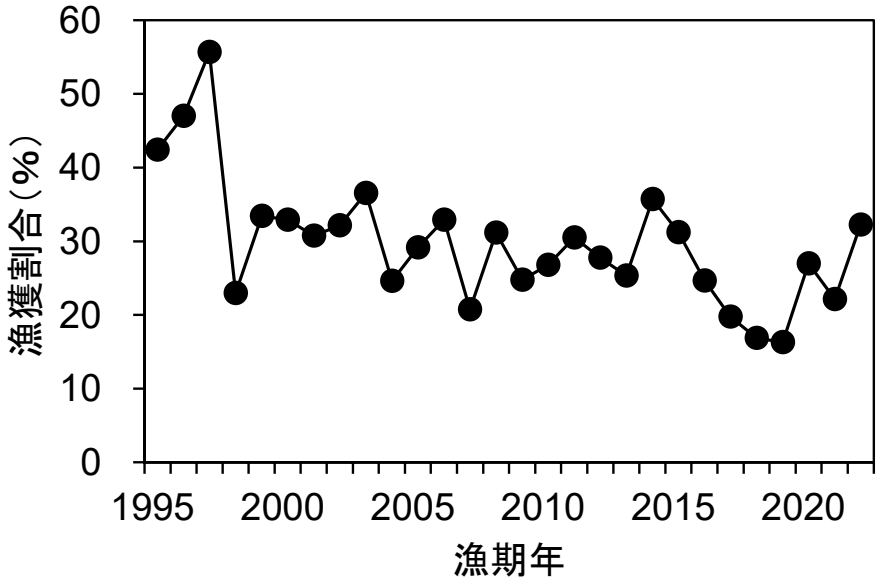


図 4-7.　漁獲割合の推移

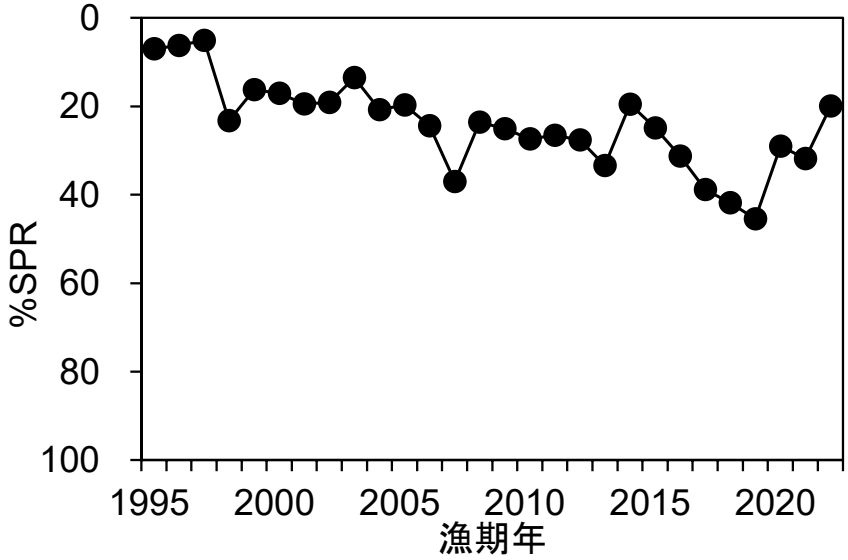


図 4-8.　各漁期年における%SPR 値の推移

%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。

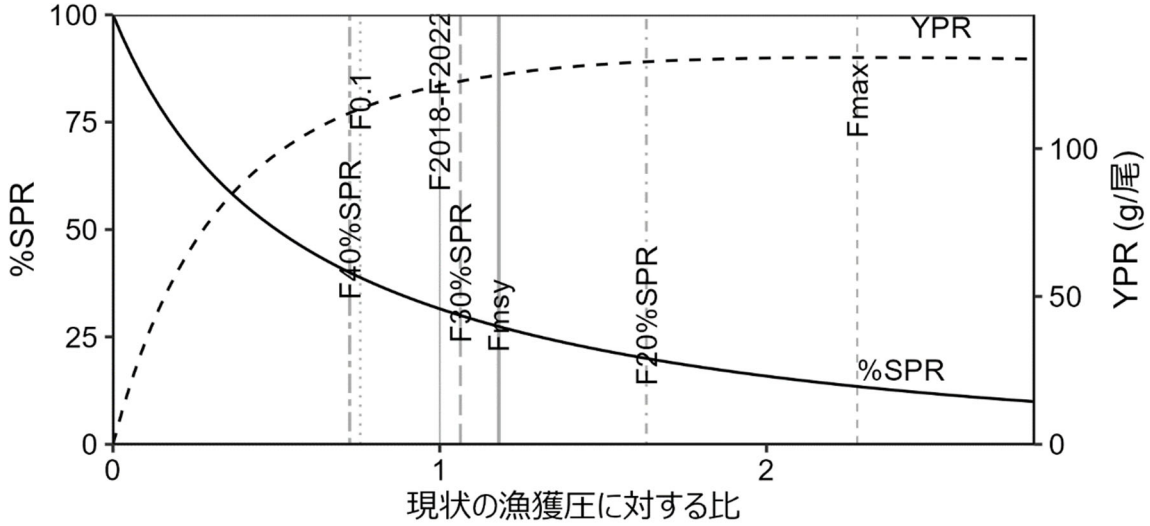


図 4-9.　現状の漁獲圧（F2018-2022）に対する YPR と%SPR の関係

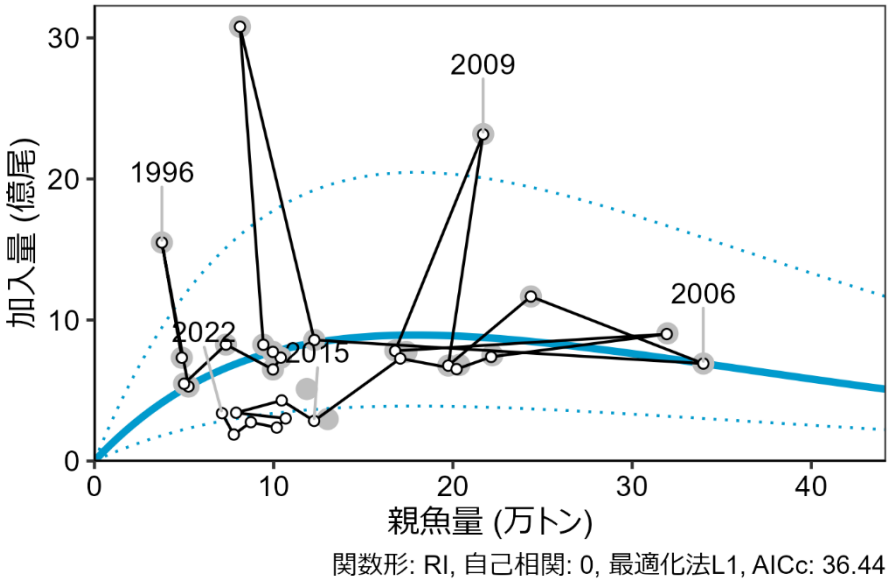


図 4-10.　親魚量と加入量の関係（再生産関係）

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。実線と白抜きの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。

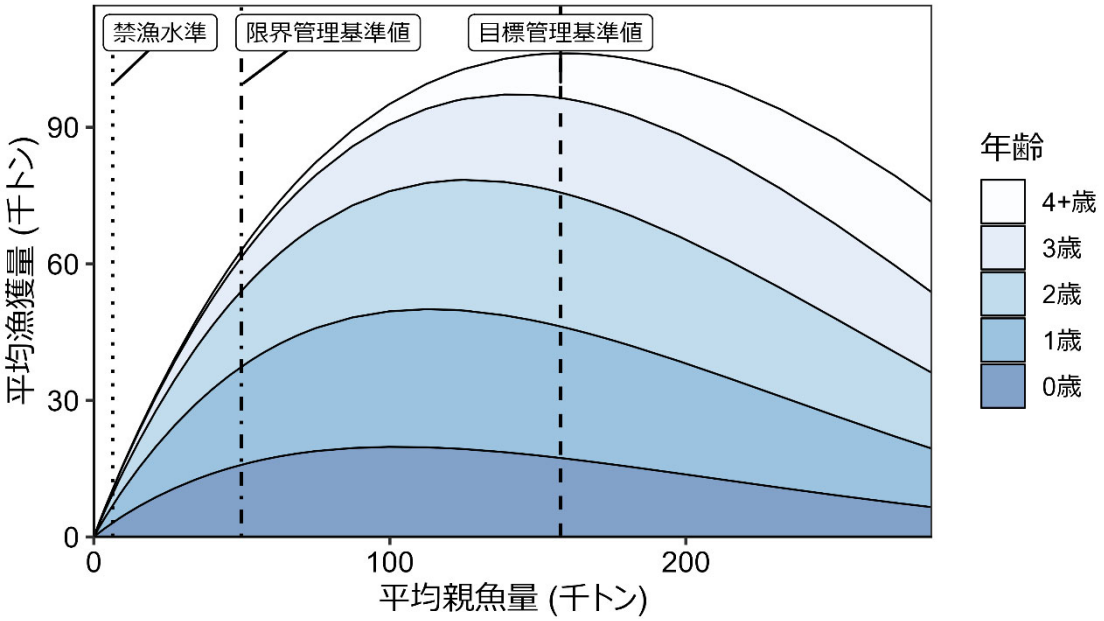


図 4-11.　管理基準値と年齢別漁獲量曲線

平衡状態での親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値の位置関係を示す。

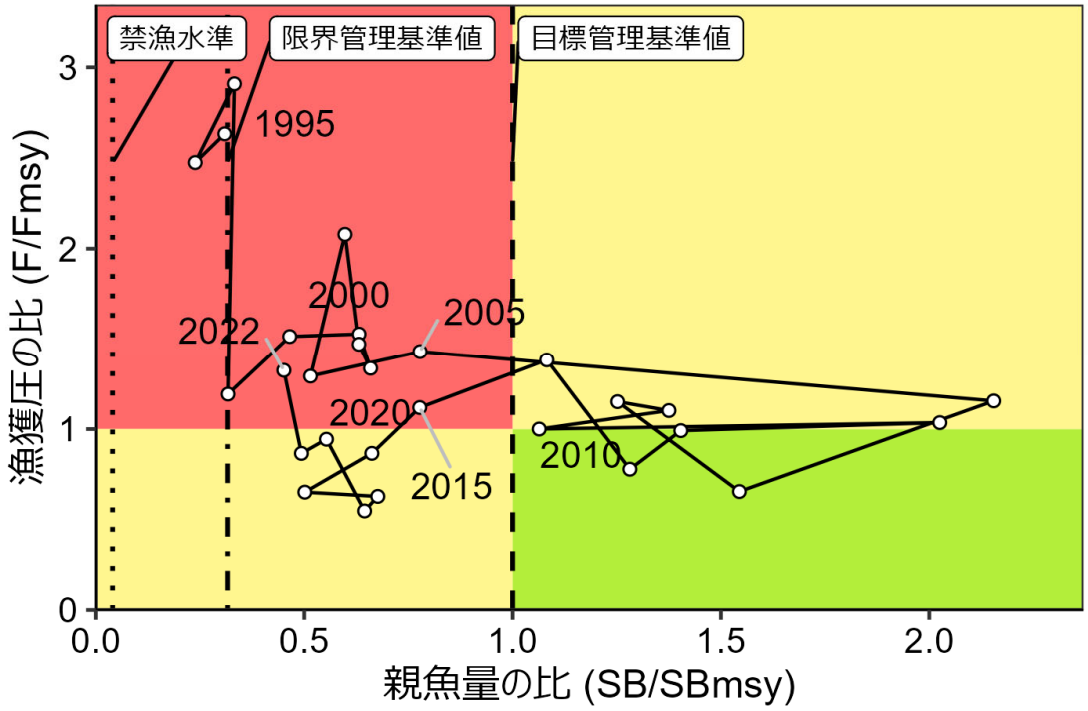
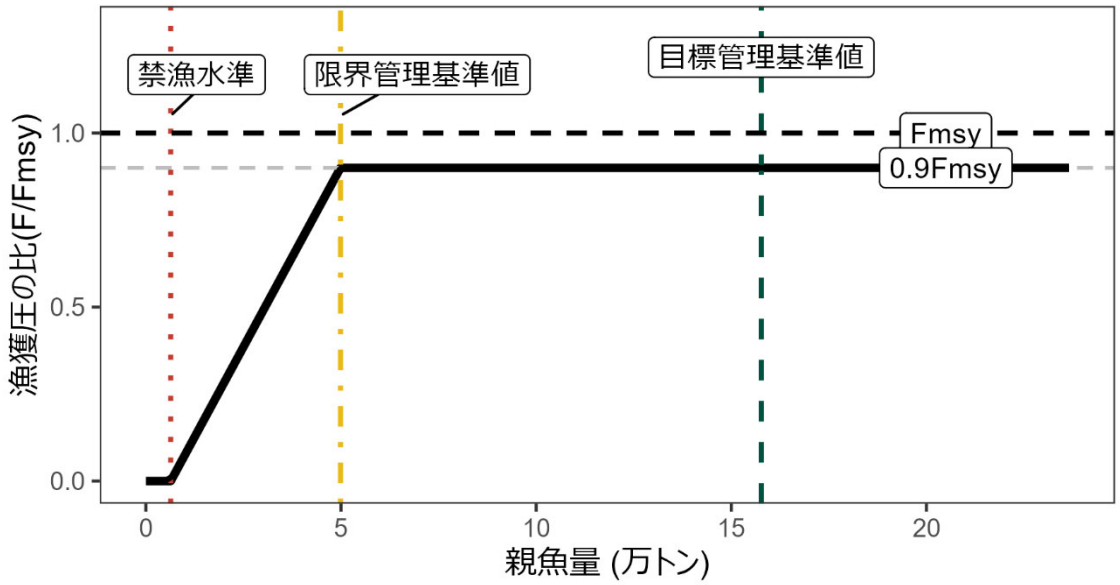


図 4-12.　最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）と MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する、過去の親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

a) 縦軸を漁獲圧にした場合



b) 縦軸を漁獲量にした場合

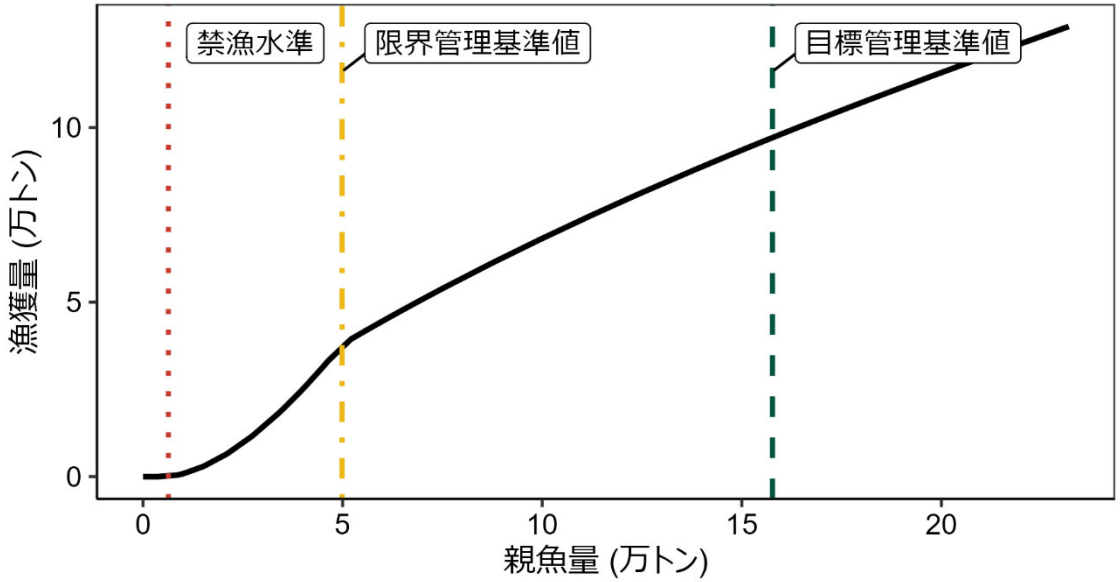


図 5-1.　漁獲管理規則（β=0.9 の場合）

目標管理基準値（SBtarget）はリッカー型再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値（SBlimit）および禁漁水準（SBban）にそれぞれ標準値を用いている。ここでは調整係数 β には 0.9 を用いた。黒破線：Fmsy、灰色破線：0.9Fmsy、黒太線：HCR、赤破線：禁漁水準、黄色一点鎖線：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。

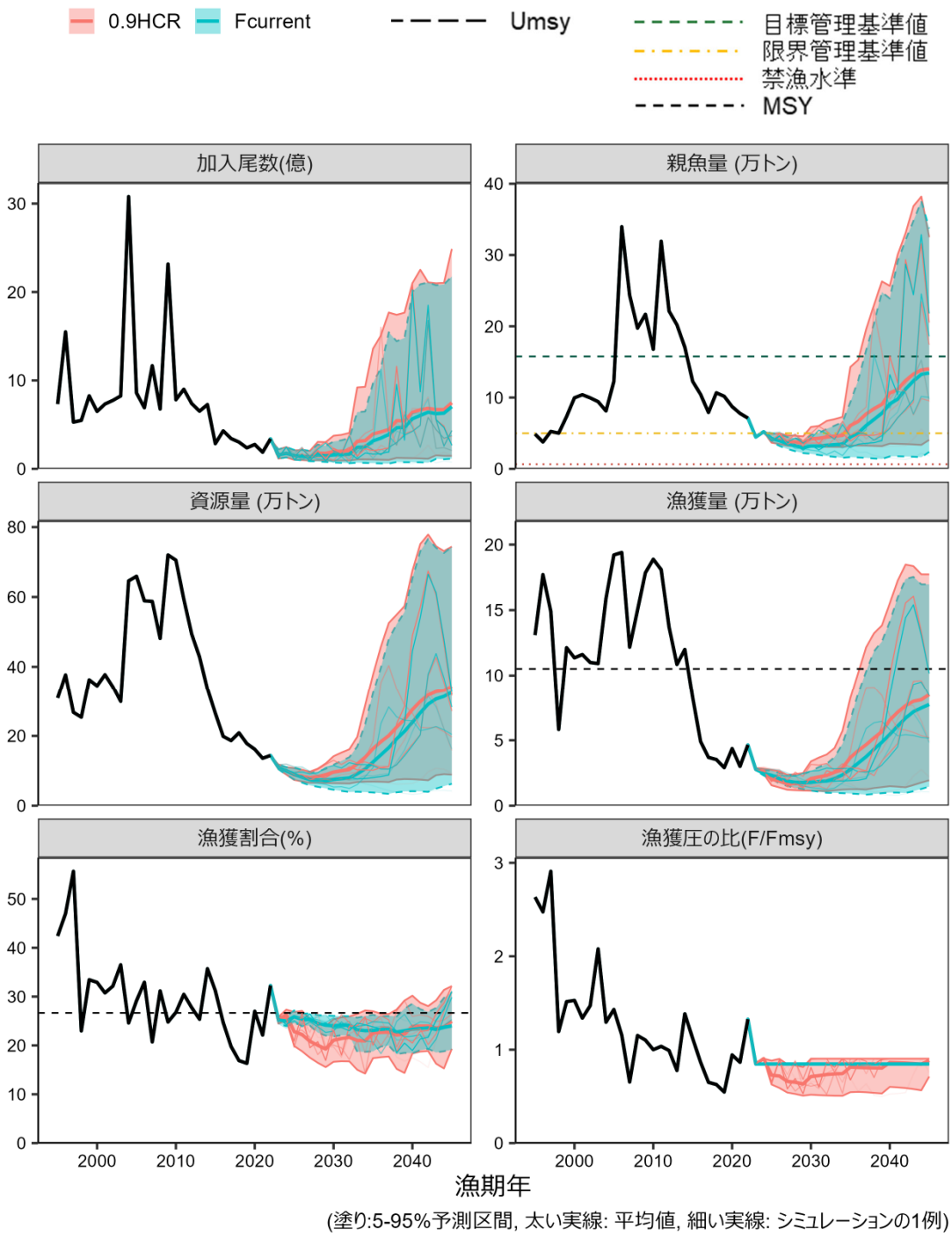


図 5-2.　管理基準値に基づく漁獲管理規則を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧（F2018-2022）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）

太実線は平均値、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、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑色破線は目標管理基準値、黄色一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲量の図の破線は MSY、漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。2023 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2022）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 北区まき網	太平洋北・中区 定置網等	太平洋北・中区 火光利用さば漁業*	太平洋北・中区 中区まき網	南区全漁業
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	28,051	26,864	681	506	892	15,328	1,655	4,116	4,874
2020	43,999	33,343	4,989	5,668	5,182	17,124	3,265	5,432	2,341
2021	30,450	27,784	1,191	1,475	861	18,333	2,455	3,878	2,257
2022	53,109	32,608	6,363	14,138	3,479	7,099	3,079	5,353	13,598

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

漁期年	漁獲量（万トン）	資源量（万トン）	親魚量（万トン）	加入量（億尾）	再生産成功率（尾/kg）	漁獲割合（%）	%SPR	F/Fmsy
1995	13.1	30.9	4.9	7.32	15.0	42.4	6.97	2.63
1996	17.7	37.7	3.8	15.49	41.2	47.0	6.23	2.48
1997	14.9	26.8	5.2	5.28	10.1	55.7	5.12	2.91
1998	5.8	25.4	5.0	5.48	11.0	23.0	23.28	1.19
1999	12.1	36.3	7.3	8.26	11.3	33.5	16.19	1.51
2000	11.4	34.5	10.0	6.49	6.5	32.9	17.08	1.53
2001	11.6	37.8	10.4	7.33	7.0	30.8	19.46	1.34
2002	11.0	34.2	10.0	7.74	7.8	32.1	19.11	1.47
2003	10.9	29.9	9.4	8.25	8.8	36.5	13.54	2.08
2004	15.9	64.6	8.1	30.80	37.9	24.6	20.77	1.29
2005	19.2	65.9	12.3	8.58	7.0	29.1	19.68	1.43
2006	19.4	58.9	34.0	6.91	2.0	32.9	24.42	1.16
2007	12.2	58.7	24.3	11.67	4.8	20.7	37.02	0.65
2008	15.0	48.2	19.7	6.77	3.4	31.2	23.60	1.15
2009	17.9	72.0	21.7	23.16	10.7	24.8	25.08	1.10
2010	18.9	70.5	16.8	7.81	4.7	26.8	27.41	1.00
2011	18.1	59.4	31.9	9.00	2.8	30.5	26.56	1.04
2012	13.7	49.4	22.1	7.39	3.3	27.8	27.63	0.99
2013	10.9	42.8	20.2	6.52	3.2	25.4	33.36	0.78
2014	12.0	33.6	17.1	7.27	4.3	35.7	19.54	1.38
2015	8.3	26.5	12.3	2.85	2.3	31.2	24.89	1.12
2016	4.9	19.9	10.4	4.30	4.1	24.7	31.22	0.87
2017	3.7	18.7	7.9	3.42	4.3	19.8	38.86	0.65
2018	3.5	20.9	10.7	3.02	2.8	16.9	41.81	0.63
2019	2.9	17.8	10.2	2.37	2.3	16.3	45.48	0.55
2020	4.4	16.2	8.7	2.75	3.2	27.0	29.00	0.94
2021	3.0	13.6	7.8	1.88	2.4	22.1	31.83	0.87
2022	4.6	14.4	7.1	3.39	4.8	32.3	19.93	1.33

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。

表 4-2.　各種調査による資源量指標値

年	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	4.36	5.38	0.62	3.70
2006	8.70	12.27	146	7.57	9.13	0.01	3.45
2007	36.36	17.70	20,912	53.24	29.60	5.34	30.00
2008	28.85	12.45	3,139	42.87	30.69	2.13	27.27
2009	42.11	20.14	22,768	16.27	16.92	16.59	58.33
2010	26.32	17.72	7,461	22.84	21.80	1.48	21.74
2011	29.55	14.32	7,935	50.57	15.28	0.22	23.08
2012	35.56	18.41	13,751	26.37	18.20	1.97	30.77
2013	38.64	17.33	14,326	43.12	20.55	104.14	73.68
2014	23.64	17.98	8,042	24.13	13.17	0.14	50.00
2015	29.73	17.86	1,547	9.04	4.28	2.98	18.18
2016	37.14	18.88	5,712	12.16	3.33	15.00	33.33
2017	53.57	19.86	433	14.61	4.27	21.57	33.33
2018	68.18	18.42	895	109.59	3.28	601.11	69.23
2019	12.50	18.44	190	11.01	1.06	0.02	19.23
2020	44.74	16.52	25	12.70	1.69	2.32	47.62
2021	40.85	15.54	28	3.60	1.12	4.69	10.53
2022	35.71	18.87	68	9.74	3.14	1.29	5.00
2023	47.83	16.91		12.92	6.87	3.19	8.33
r	0.18	0.04	0.83	0.23	0.62	-0.15	0.34

r：加入量および親魚量との相関係数（①②⑤⑥は開始年～2022 年漁期の加入量との相関係数。③は 2010～2022 年漁期の加入量との相関係数。④および④′は 2005～2023 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（兆粒。補足資料 4）

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

a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率（%）

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	15	28
0.9	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	20	38
0.8	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	25	46
0.7	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	31	54
0.6	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	40	62
0.5	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	51	71
0.4	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	1	5	63	79
0.3	0	0	0	0	0	0	0	**0**	3	12	22	75	88
0.2	0	0	0	0	0	0	0	**3**	17	32	41	88	95
0.1	0	0	0	0	0	0	0	**20**	42	55	63	97	99
0.0	0	0	0	0	0	1	10	**54**	78	89	95	100	100
F2018-2022	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	17	40

b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率（%）

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	0	100	0	0	0	0	0	**17**	17	21	24	74	91
0.9	0	100	0	4	0	0	0	**20**	23	29	33	79	93
0.8	0	100	20	20	6	6	4	**26**	33	39	43	85	95
0.7	0	100	20	20	19	18	16	**42**	48	52	55	91	98
0.6	0	100	20	28	34	37	36	**60**	64	66	68	95	99
0.5	0	100	60	68	65	68	70	**83**	87	88	88	99	100
0.4	0	100	60	88	88	93	95	**99**	99	99	99	100	100
0.3	0	100	80	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.0	0	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
F2018-2022	0	100	20	4	1	0	0	**3**	5	11	16	66	90

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（F2018-2022）から予測される 2.8 万トンとし、2024 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2022、β=0.84 に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

表 5-2.　将来の親魚量 a）および漁獲量 b）の平均値の推移

a)　親魚量の平均値の推移（万トン）

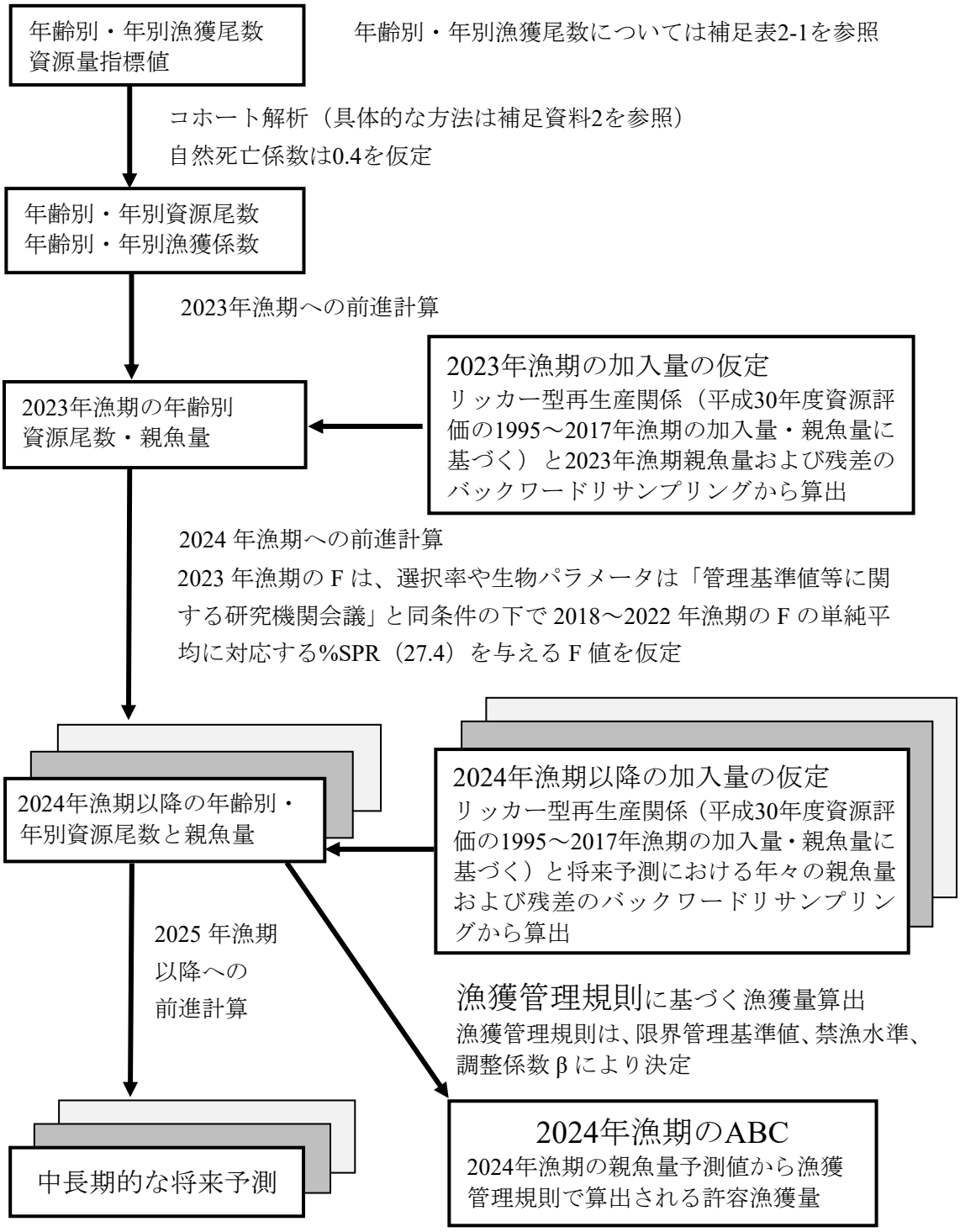
β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	4.5	5.2	3.9	3.9	3.6	3.5	3.4	**3.9**	4.0	4.1	4.2	9.9	13.6
0.9	4.5	5.2	4.1	4.1	3.8	3.8	3.7	**4.2**	4.3	4.5	4.6	11.1	15.1
0.8	4.5	5.2	4.3	4.3	4.1	4.1	4.0	**4.5**	4.7	4.9	5.1	12.6	16.8
0.7	4.5	5.2	4.5	4.6	4.4	4.4	4.3	**4.9**	5.2	5.5	5.7	14.5	18.7
0.6	4.5	5.2	4.8	4.9	4.8	4.8	4.8	**5.5**	5.9	6.3	6.7	16.7	20.9
0.5	4.5	5.2	5.0	5.3	5.3	5.4	5.5	**6.3**	6.9	7.5	8.0	19.4	23.3
0.4	4.5	5.2	5.2	5.7	5.9	6.2	6.5	**7.6**	8.3	9.2	9.9	22.5	26.0
0.3	4.5	5.2	5.5	6.2	6.7	7.2	7.7	**9.1**	10.3	11.3	12.3	25.9	29.0
0.2	4.5	5.2	5.8	6.8	7.6	8.4	9.2	**11.1**	12.6	14.0	15.1	29.5	32.2
0.1	4.5	5.2	6.1	7.4	8.6	9.9	11.1	**13.5**	15.5	17.3	18.6	33.3	35.8
0.0	4.5	5.2	6.4	8.2	9.8	11.6	13.4	**16.5**	19.1	21.2	22.7	37.4	39.9
F2018-2022	4.5	5.2	4.2	3.9	3.5	3.2	3.0	**3.2**	3.2	3.3	3.4	9.8	15.3

b)　漁獲量の平均値の推移（万トン）

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	2.8	2.8	2.0	1.9	1.6	1.6	1.6	**2.0**	2.1	2.2	2.4	7.1	9.3
0.9	2.8	2.6	2.0	1.9	1.7	1.7	1.7	**2.1**	2.2	2.3	2.6	7.1	9.3
0.8	2.8	2.4	2.0	1.9	1.7	1.8	1.8	**2.1**	2.3	2.4	2.6	7.2	9.2
0.7	2.8	2.1	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9	**2.2**	2.3	2.5	2.7	7.1	8.9
0.6	2.8	1.9	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	**2.2**	2.4	2.5	2.8	7.0	8.5
0.5	2.8	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	**2.2**	2.4	2.6	2.9	6.7	7.9
0.4	2.8	1.3	1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	**2.1**	2.4	2.6	2.9	6.2	7.1
0.3	2.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	**2.0**	2.2	2.4	2.7	5.3	6.0
0.2	2.8	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	**1.6**	1.8	2.0	2.2	4.1	4.5
0.1	2.8	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	**1.0**	1.1	1.3	1.4	2.3	2.5
0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F2018-2022	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.8	**1.8**	1.8	1.9	2.1	6.1	8.9

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（F2018-2022）から予測される 2.8 万トンとし、2024 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2022）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

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。

<u>ステップ 1</u>

年齢別年別資源尾数を（1）式により計算した。

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

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 2021 年漁期）の 1 歳以上、および、その前年（t-1 年、ここでは 2021 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。

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

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

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

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。

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

最近年（2022 年漁期）の F は過去 4 年（2018～2021 年漁期）の F の平均に等しいとした（(6）式)。

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

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（7 月～翌年 6 月）

② 海区Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ（宮崎県以東）の標準化産卵量（補足資料 4）

①は加入量である 0 歳魚資源尾数（N_0）、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。

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。

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

ここで、X はある $F_{a,t}$ 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）。

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

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 2022 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）に基づいている（由上ほか 2019、補足表 3-1）。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昨年度の資源評価に引き続いて 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。具体的には加入量の不確実性として、2023 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（補足図 2-1）。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。

・将来予測の 1～5 年目：資源評価の最新 5 年分（2018～2022 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（2018～2022 年漁期）の残差、または、さらに過去に遡った 5 年分（2013～2017 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。

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（F2018-2022）は、Fmsy と等しい選択率において推定される%SPR が 2018～2022 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。2023 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（F2018-2022）から予測される 2.8 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。

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

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

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。

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

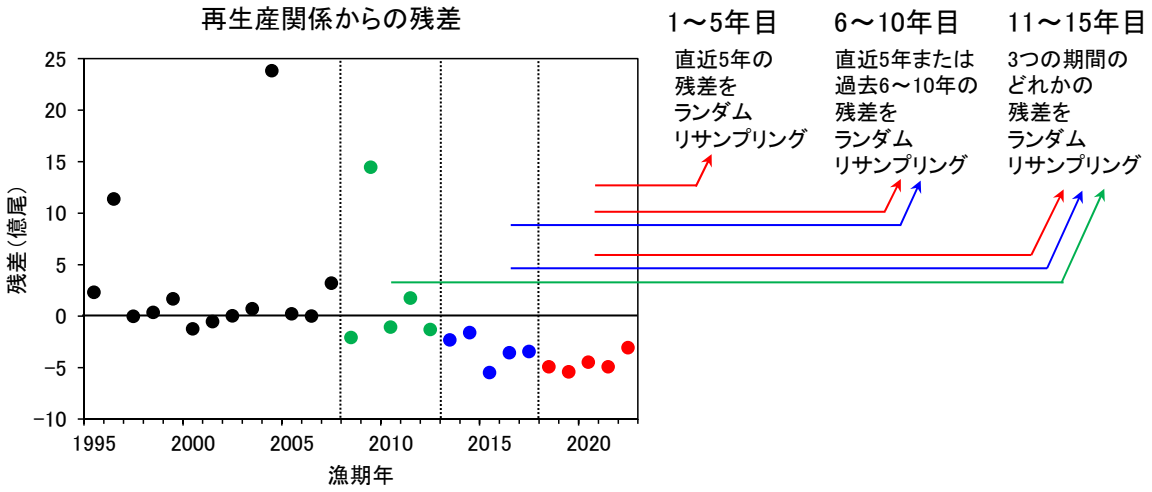
引用文献

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.

由上龍嗣・井須小羊子・上村泰洋・古市　生 (2019) 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_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_gomasaba_p.pdf (last accessed 30 October 2019)



補足図 2-1.　残差のバックワードリサンプリングの概念図

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	2008
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	78.2
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	227.1
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	72.9
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	48.2
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	28.6
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	455.0

年齢別漁獲量（万トン）※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	2008
0歳	3.31	10.17	1.48	0.16	4.95	2.14	2.39	3.02	0.56	8.55	0.62	0.48	2.17	0.81
1歳	6.71	5.74	10.21	3.16	4.31	4.59	5.37	3.45	4.37	3.92	11.89	4.60	2.02	7.18
2歳	2.51	1.40	2.51	2.05	2.23	3.37	2.74	1.97	4.19	2.51	5.30	12.24	1.99	2.70
3歳	0.44	0.28	0.52	0.34	0.47	0.91	0.77	1.68	1.42	0.61	1.00	1.51	5.65	2.56
4歳以上	0.13	0.11	0.17	0.12	0.18	0.34	0.34	0.90	0.38	0.29	0.40	0.57	0.35	1.75
計	13.10	17.71	14.90	5.83	12.14	11.36	11.61	11.00	10.92	15.89	19.21	19.40	12.17	15.01
漁獲割合	42.4%	47.0%	55.7%	23.0%	33.5%	32.9%	30.8%	32.1%	36.5%	24.6%	29.1%	32.9%	20.7%	31.2%

年齢別漁獲係数（F）、Fmsyに対する各年のFの比および%SPR

年齢＼漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
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	0.15
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	0.53
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	0.50
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	0.62
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	0.62
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	0.48
F/Fmsy	2.63	2.48	2.91	1.19	1.51	1.53	1.34	1.47	2.08	1.29	1.43	1.16	0.65	1.15
%SPR	6.97	6.23	5.12	23.28	16.19	17.08	19.46	19.11	13.54	20.77	19.68	24.42	37.02	23.59

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	2008
0歳（加入量）	732	1,549	528	548	826	649	733	774	825	3,080	858	691	1,167	677
1歳	293	355	482	232	360	357	335	380	358	513	1,546	498	403	677
2歳	74	56	82	75	95	135	138	123	168	122	234	722	242	225
3歳	13	10	15	13	18	32	38	49	50	24	39	48	247	128
4歳以上	3	3	4	4	6	9	13	20	9	10	12	14	11	76
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	1,782

年齢別資源量（万トン）、親魚量（万トン）、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	2008
0歳	14.6	23.2	5.2	10.4	17.0	11.3	12.9	11.9	9.6	41.6	5.7	4.5	19.6	7.0
1歳	11.4	10.7	16.3	10.0	11.9	13.2	14.5	12.4	10.9	14.9	48.0	20.4	14.8	21.4
2歳	3.9	2.9	4.1	3.9	5.5	7.2	7.2	6.1	6.5	5.8	9.3	30.5	11.3	8.4
3歳	0.8	0.6	0.9	0.8	1.3	2.0	2.2	2.5	2.3	1.6	2.1	2.5	12.3	6.8
4歳以上	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.8	1.0	1.4	0.6	0.8	0.9	1.0	0.8	4.6
計	30.9	37.7	26.8	25.4	36.3	34.5	37.8	34.2	29.9	64.6	65.9	58.9	58.7	48.2
親魚量（SSB）	4.9	3.8	5.2	5.0	7.3	10.0	10.4	10.0	9.4	8.1	12.3	34.0	24.3	19.7
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	3.4

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	2008
0歳	199	150	99	190	206	175	176	153	116	135	66	65	168	104
1歳	389	302	338	429	331	370	432	327	305	290	310	410	366	316
2歳	527	519	492	516	580	532	522	496	387	471	398	422	467	371
3歳	588	599	597	615	727	627	583	511	463	660	552	536	498	531
4歳以上	687	793	697	746	851	854	774	685	704	794	716	672	660	610

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	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0歳	317.4	82.8	157.9	135.6	66.7	203.3	43.1	49.1	45.6	58.9	22.7	38.8	38.0	86.1
1歳	92.2	369.4	75.8	84.9	71.1	107.2	73.0	31.5	37.1	21.4	23.7	36.3	34.9	28.2
2歳	121.0	56.7	239.2	82.7	76.1	63.2	56.7	51.1	14.3	24.6	19.8	25.1	11.7	25.8
3歳	40.4	33.8	31.9	81.6	44.0	57.8	45.6	22.2	20.6	7.9	13.6	20.4	8.7	13.4
4歳以上	32.5	21.2	17.5	18.1	31.2	26.5	18.3	8.2	12.0	7.6	7.9	20.0	10.9	15.1
計	603.5	563.9	522.2	402.9	289.0	458.0	236.7	162.0	129.6	120.4	87.7	140.6	104.2	168.7

年齢別漁獲量（万トン）※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	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0歳	5.19	1.48	1.96	1.85	1.08	1.77	0.74	0.59	0.47	0.94	0.26	0.53	0.39	1.24
1歳	2.94	11.37	2.71	3.07	2.24	2.86	2.13	0.86	1.08	0.60	0.75	0.94	0.88	0.72
2歳	5.56	2.71	10.38	3.54	3.51	2.80	2.18	1.99	0.58	1.05	0.77	0.95	0.49	1.08
3歳	2.16	1.92	1.89	4.13	2.28	2.99	2.15	0.97	0.89	0.43	0.65	0.91	0.46	0.65
4歳以上	2.00	1.40	1.15	1.12	1.76	1.58	1.07	0.49	0.66	0.50	0.48	1.03	0.78	0.96
計	17.86	18.88	18.09	13.71	10.86	12.00	8.27	4.90	3.69	3.53	2.91	4.36	3.01	4.65
漁獲割合	24.8%	26.8%	30.5%	27.8%	25.4%	35.7%	31.2%	24.7%	19.8%	16.9%	16.3%	27.0%	22.1%	32.3%

年齢別漁獲係数（F）、Fmsyに対する各年のFの比および%SPR

年齢＼漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0歳	0.18	0.14	0.24	0.25	0.13	0.42	0.20	0.15	0.18	0.27	0.12	0.19	0.28	0.37
1歳	0.34	0.43	0.23	0.25	0.26	0.42	0.33	0.28	0.20	0.15	0.21	0.38	0.33	0.45
2歳	0.80	0.47	0.73	0.54	0.47	0.49	0.53	0.51	0.25	0.25	0.24	0.45	0.25	0.56
3歳	0.78	0.72	0.69	0.79	0.83	1.13	1.14	0.52	0.52	0.27	0.27	0.56	0.35	0.67
4歳以上	0.78	0.72	0.69	0.79	0.83	1.13	1.14	0.52	0.52	0.27	0.27	0.56	0.35	0.67
平均	0.58	0.49	0.52	0.52	0.50	0.72	0.67	0.40	0.33	0.24	0.22	0.43	0.31	0.54
F/Fmsy	1.10	1.00	1.04	1.00	0.79	1.42	1.19	0.98	0.79	0.78	0.73	1.37	1.38	1.38
%SPR	25.07	27.39	26.52	27.52	33.09	18.85	23.46	28.07	33.69	34.74	36.57	19.74	19.38	19.38

年齢別資源尾数（百万尾）

年齢＼漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0歳（加入量）	2,316	781	900	739	652	727	285	430	342	302	237	275	188	339
1歳	390	1,293	456	474	384	382	321	156	248	192	154	140	153	95
2歳	268	186	564	243	248	199	168	155	78	136	111	84	64	74
3歳	91	80	78	182	95	104	82	67	62	41	71	58	36	34
4歳以上	73	51	43	41	68	48	33	25	36	39	41	57	45	38
計	3,138	2,390	2,041	1,679	1,447	1,461	889	832	767	710	615	615	485	579

年齢別資源量（万トン）、親魚量（万トン）、再生産成功率：RPS（尾/kg）

年齢＼漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0歳	37.9	14.0	11.2	10.1	10.5	6.3	4.9	5.2	3.5	4.8	2.7	3.8	1.9	4.9
1歳	12.4	39.8	16.3	17.2	12.1	10.2	9.4	4.2	7.2	5.4	4.9	3.6	3.9	2.4
2歳	12.3	8.9	24.5	10.4	11.4	8.8	6.5	6.0	3.2	5.8	4.3	3.2	2.7	3.1
3歳	4.9	4.6	4.6	9.2	4.9	5.4	3.9	2.9	2.7	2.2	3.4	2.6	1.9	1.6
4歳以上	4.5	3.3	2.8	2.5	3.8	2.8	1.9	1.5	2.0	2.6	2.5	2.9	3.2	2.4
計	72.0	70.5	59.4	49.4	42.8	33.6	26.5	19.9	18.7	20.9	17.8	16.2	13.6	14.4
親魚量（SSB）	21.7	16.8	31.9	22.1	20.2	17.1	12.3	10.4	7.9	10.7	10.2	8.7	7.8	7.1
RPS	10.7	4.7	2.8	3.3	3.2	4.3	2.3	4.1	4.3	2.8	2.3	3.2	2.4	4.8

年齢別漁獲物平均体重（g）

年齢＼漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0歳	164	179	124	137	161	87	171	120	103	159	115	138	103	143
1歳	319	308	357	362	315	267	292	272	291	282	318	260	254	255
2歳	459	477	434	428	461	443	384	389	408	429	387	378	420	417
3歳	534	570	594	506	518	516	472	439	433	550	475	447	525	486
4歳以上	616	661	658	615	563	596	585	601	555	661	608	512	718	638

補足表 2-2.　チューニング指数

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
①ln(Y_1)						8.92	8.98	9.53	9.57
②Y_2	5.38	9.13	29.60	30.69	16.92	21.80	15.28	18.20	20.55
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
①ln(Y_1)	8.99	7.34	8.65	6.07	6.80	5.25	3.21	3.32	4.23
②Y_2	13.17	4.28	3.33	4.27	3.28	1.06	1.69	1.12	3.14
	2023								
①ln(Y_1)									
②Y_2	6.87								

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_1
②海区Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ（宮崎県以東の太平洋）の標準化産卵量（兆粒）：Y_2

補足表 2-3.　将来予測計算に用いたパラメータ

年齢	選択率（注 1）	Fmsy（注 2）	F2018-2022（注 3）	平均体重（g）	自然死亡係数	成熟割合
0 歳	0.25	0.22	0.18	129	0.40	0.00
1 歳	0.36	0.31	0.26	287	0.40	0.00
2 歳	0.54	0.48	0.40	417	0.40	1.00
3 歳	1.00	0.87	0.74	476	0.40	1.00
4 歳以上	1.00	0.87	0.74	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 Fcurrent の選択率）。

注 2：平成 31 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、平成 30 年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent 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 2018～2022 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 2023 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料３　各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1.　再生産関係式のパラメータ

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	-

本系群の再生産関係には、リッカー型を採用した。

$$\mathrm{R} = \mathrm{aE}e^{-bE}$$

ここで a、b はリッカー型再生産式のパラメータである（補足表 3-1）。R は加入量（百万尾）、E は親魚量（千トン）。

補足表 3-2.　管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	15.8 万トン	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	5.0 万トン	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	0.6 万トン	禁漁水準。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	10.5 万トン	最大持続生産量 MSY

補足表 3-3.　最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2022	7.1 万トン	2022 年漁期の親魚量
F2022	2022 年漁期の漁獲圧（漁獲係数 F） （0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上）=（0.37, 0.45, 0.56, 0.67, 0.67）	
U2022	32.3%	2022 年漁期の漁獲割合
%SPR（F2022）	19.9%	2022 年漁期の%SPR
%SPR（F2018-2022）	31.5%	現状（2018～2022 年漁期）の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値との比較		
SB2022/ SBmsy (SBtarget)	0.45	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 2022 年漁期の親魚量の比
F2022/ Fmsy	1.33	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2022 年漁期の漁獲圧の比*
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	

* 2022 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。

補足表 3-4.　ABC と予測親魚量

2024 年漁期の ABC （万トン）	2024 年漁期の親魚量 予測平均値 （万トン）	現状の漁獲圧に 対する比 （F/F2018-2022）	2024 年漁期の 漁獲割合（%）
2.6	5.2	1.07	26.2

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」にて取り纏められ「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 2023、2024 年漁期の加入量により ABC を算定した。

・ABC は外国船による漁獲も合わせた値。

補足表 3-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性:加入量					
項目	2030 年漁期の親魚量（万トン）	90% 予測区間（万トン）	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 β					
β=0.9	4.2	3.1 – 5.9	0	20	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合等）					
β=1.0	3.9	2.9 – 5.5	0	17	100
β=0.8	4.5	3.3 – 6.3	0	26	100
β=0.6	5.5	3.8 – 7.7	0	60	100
β=0.4	7.6	5.3 – 10.6	0	99	100
β=0.2	11.1	8.1 – 15.2	3	100	100
β=0	16.5	12.5 – 21.6	54	100	100
F2018-2022	3.2	2.1 – 4.8	0	3	100

補足表 3-5. 異なる β を用いた将来予測結果（つづき）

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 β			
β=0.9	2052 年漁期以降	2035 年漁期	2022 年漁期
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合等）			
β=1.0	2052 年漁期以降	2037 年漁期	2022 年漁期
β=0.8	2048 年漁期	2035 年漁期	2022 年漁期
β=0.6	2043 年漁期	2030 年漁期	2022 年漁期
β=0.4	2040 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
β=0.2	2035 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
β=0	2030 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
F2018-2022	2052 年漁期以降	2040 年漁期	2022 年漁期

補足表 3-6.　漁獲シナリオに対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数（F 値）

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	0.372	0.184	0.196	0.158	0.156	0.143	0.141	0.137	0.154	0.157	0.159	0.161	0.161
1歳	0.451	0.263	0.281	0.226	0.223	0.206	0.203	0.197	0.222	0.225	0.229	0.231	0.231
2歳	0.558	0.402	0.429	0.346	0.341	0.314	0.310	0.301	0.338	0.343	0.349	0.352	0.353
3歳	0.670	0.738	0.788	0.634	0.626	0.576	0.568	0.552	0.621	0.630	0.640	0.646	0.648
4歳以上	0.670	0.738	0.788	0.634	0.626	0.576	0.568	0.552	0.621	0.630	0.640	0.646	0.648
平均	0.544	0.465	0.497	0.400	0.395	0.363	0.358	0.348	0.391	0.397	0.403	0.407	0.409

年齢別平均資源尾数（百万尾）※

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	339.0	156.4	175.5	147.0	146.1	137.9	177.3	174.8	194.1	198.7	206.1	310.7	318.8
1歳	94.7	156.7	87.3	96.7	84.0	83.7	80.0	103.0	102.0	110.6	112.8	116.6	176.4
2歳	73.8	40.5	80.7	44.2	51.7	45.1	45.7	43.8	56.7	54.5	58.7	59.5	61.3
3歳	33.6	28.3	18.1	35.2	20.8	24.4	21.9	22.2	21.5	26.5	25.4	27.1	27.5
4歳以上	37.8	24.5	16.9	10.7	16.4	13.4	14.3	13.8	13.9	12.8	14.0	13.9	14.3
計	578.9	406.4	378.5	333.7	319.0	304.4	339.0	357.6	388.1	403.1	417.0	527.8	598.2

年齢別平均資源量（万トン）※

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	4.86	2.01	2.26	1.89	1.88	1.78	2.28	2.25	2.50	2.56	2.65	4.00	4.11
1歳	2.41	4.50	2.51	2.78	2.41	2.40	2.30	2.96	2.93	3.18	3.24	3.35	5.07
2歳	3.08	1.69	3.37	1.84	2.16	1.88	1.91	1.83	2.36	2.27	2.45	2.48	2.56
3歳	1.63	1.35	0.86	1.68	0.99	1.16	1.04	1.06	1.02	1.26	1.21	1.29	1.31
4歳以上	2.41	1.42	0.98	0.62	0.95	0.77	0.83	0.80	0.81	0.74	0.81	0.80	0.83
計	14.39	10.97	9.98	8.81	8.39	7.99	8.35	8.89	9.62	10.01	10.36	11.93	13.86

年齢別平均漁獲尾数（百万尾）※

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	86.1	21.5	25.6	17.6	17.3	15.1	19.1	18.4	22.7	23.6	24.9	37.8	38.9
1歳	28.2	29.7	17.5	16.0	13.8	12.7	12.0	15.1	16.6	18.2	18.9	19.7	29.8
2歳	25.8	11.0	23.1	10.6	12.2	9.9	10.0	9.3	13.3	13.0	14.1	14.5	14.9
3歳	13.4	12.1	8.1	13.5	7.9	8.7	7.8	7.7	8.1	10.2	9.8	10.6	10.7
4歳以上	15.1	10.5	7.6	4.1	6.2	4.8	5.1	4.8	5.3	4.9	5.4	5.4	5.6
計	168.7	84.8	81.8	61.8	57.4	51.3	53.9	55.2	66.1	69.8	73.1	87.8	100.0

※10,000 回の繰り返し計算を行った平均値。

補足表 3-7.　現状の漁獲圧（F2018-2022）に対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数（F 値）

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	0.372	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184	0.184
1歳	0.451	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263	0.263
2歳	0.558	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402	0.402
3歳	0.670	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738
4歳以上	0.670	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738	0.738
平均	0.544	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465	0.465

年齢別平均資源尾数（百万尾）※

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	339.0	156.4	175.5	150.0	141.9	129.5	157.0	147.0	156.3	158.6	164.0	242.2	248.2
1歳	94.7	156.7	87.3	97.9	83.7	79.1	72.3	87.6	82.0	87.2	88.5	91.5	135.1
2歳	73.8	40.5	80.7	44.9	50.4	43.1	40.8	37.2	45.1	42.2	44.9	45.6	47.1
3歳	33.6	28.3	18.1	36.2	20.2	22.6	19.3	18.3	16.7	20.2	18.9	20.1	20.4
4歳以上	37.8	24.5	16.9	11.2	15.2	11.3	10.9	9.7	9.0	8.2	9.1	9.0	9.3
計	578.9	406.4	378.5	340.2	311.3	285.7	300.2	299.7	309.0	316.4	325.4	408.4	460.2

年齢別平均資源量（万トン）※

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	4.86	2.01	2.26	1.93	1.83	1.67	2.02	1.89	2.01	2.04	2.11	3.12	3.20
1歳	2.41	4.50	2.51	2.81	2.40	2.27	2.08	2.52	2.36	2.51	2.54	2.63	3.88
2歳	3.08	1.69	3.37	1.88	2.10	1.80	1.70	1.55	1.88	1.76	1.87	1.90	1.97
3歳	1.63	1.35	0.86	1.72	0.96	1.08	0.92	0.87	0.79	0.96	0.90	0.96	0.97
4歳以上	2.41	1.42	0.98	0.65	0.88	0.66	0.63	0.56	0.52	0.48	0.53	0.52	0.54
計	14.39	10.97	9.98	8.99	8.17	7.47	7.35	7.39	7.56	7.75	7.96	9.13	10.56

年齢別平均漁獲尾数（百万尾）※

年齢＼年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0歳	86.1	21.5	24.1	20.6	19.5	17.8	21.6	20.2	21.5	21.8	22.5	33.3	34.1
1歳	28.2	29.7	16.6	18.6	15.9	15.0	13.7	16.6	15.5	16.5	16.8	17.4	25.6
2歳	25.8	11.0	21.9	12.2	13.7	11.7	11.1	10.1	12.2	11.5	12.2	12.4	12.8
3歳	13.4	12.1	7.8	15.5	8.6	9.7	8.3	7.8	7.1	8.6	8.1	8.6	8.7
4歳以上	15.1	10.5	7.2	4.8	6.5	4.8	4.6	4.1	3.8	3.5	3.9	3.8	4.0
計	168.7	84.8	77.5	71.6	64.1	59.0	59.2	58.8	60.2	61.9	63.5	75.4	85.2

※10,000 回の繰り返し計算を行った平均値。

補足資料４　Vector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) モデルによる産卵量の標準化

本系群では令和元（2019）年度評価より、Vector-Autoregressive Spatio-Temporal（VAST; Thorson and Barnett 2017）モデルを使用し、産卵量の標準化を行ってきた（由上ほか 2020）。生データでは 2018 年にゴマサバの産卵量が急増したが、これはマサバ卵と混在したためと考えられており、VAST モデルにおいてマサバ卵密度の影響を考慮することで、マサバ卵混在の影響を取り除くことが可能になった（Kanamori et al. 2021）。水産資源研究所が開発してきた卵稚仔データベースでは年間を通じた産卵量を、平均孵化日数や平均残存率で補正した各月の平均卵密度から推定しており、そのデータを使用した。なお、同様の補正済み月平均卵密度のデータはすでにウルメイワシ太平洋系群の資源評価で使用されている（渡邊ほか 2022）。補正の式は以下で表される：

$$E_{y,m,i} = \left(\frac{1}{\bar{S}}\frac{D_{y,m}}{d_{y,m,i}}\right)\bar{X}_{y,m,i}$$

ここで、$E_{y,m,i}$は年 y 月 m 区画 i における月平均卵密度、$\bar{S}$は卵の平均生残率、$D_{y,m}$は y 年 m 月の日数、$d_{y,m,i}$は年 y 月 m 区画 i における平均孵化日数である。平均孵化日数は卵採集時の水温や卵の発生ステージおよび卵発生速度（Uehara and Mitani 2009）を用いて算出される（渡部 1983）。解析には、ゴマサバ卵が観測されたことのある 1 月から 7 月のデータを使用した。空間分布の年変化だけではなく季節変化も推定する「季節モデル」（Thorson et al. 2020）を使用し、各年各月の空間分布を推定した。

卵稚仔調査で得られた海区 I～Ⅲにおける 2005～2023 年 1～7 月の 30 分升目ごとのゴマサバの月平均卵密度（粒/km^2）に対し、以下のモデルを当てはめた。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。

$$p_1(i) = \beta_1(t_i) + \omega_1(s_i) + \varepsilon_1(s_i, t_i) + \lambda_1 Q(i)$$
$$p_2(i) = \beta_2(t_i) + \omega_2(s_i) + \varepsilon_2(s_i, t_i) + \lambda_2 Q(i)$$

右辺の第 1 項の$\beta(t_i)$は時間 t の効果で、この季節モデルではある年のある月を表す。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を表し、多変量正規分布（MVN）を使って

$$\omega(s) \sim MVN(0, \mathbf{R})$$

で表される。**R** は Matérn 相関関数であり場所s_nとs_nの相関は以下の式で表される。

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

ここでは、$\varphi = 1$として推定しない。Γ はガンマ関数。K_{ν}は第 2 種の変形ベッセル関数、

κ_1とκ_2は非相関率、$\boldsymbol{d}(s_n, s_m)$は場所間の距離、$\boldsymbol{H}$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。第 3 項の$\varepsilon(s_i, t_i)$は時間 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。ある月と翌月の空間分布は相関すると考え、多変量正規分布と自己回帰モデルにより推定した。

$$\varepsilon(s,t) \sim \begin{cases} MVN(0, \mathbf{R}), & \text{if } t = t_{min} \\ N(\rho_\varepsilon \varepsilon(s, t-1), \mathbf{R}), & \text{if } t > t_{min} \end{cases}$$

第 4 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。

$$Q(i) = \log(\text{マサバ卵密度}[\text{粒}/m^2] + 0.1) - \log(0.1))$$

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、ゴマサバ卵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。マサバ卵混在の程度は観測された卵密度に左右されると考えられたため、平均孵化日数や平均生残率で補正する前の卵密度を使用した。また、マサバ卵密度が 0 のときに$Q(i)$=0 となり、この項を 0 にすることでマサバ卵密度の混在がない場合のゴマサバ卵密度を予測することが可能になる。

季節モデルでは、$\beta(t)$は

$$\beta(t) = \mu_\beta + \beta_m(m_t) + \beta_y(y_t) + \beta_t(t)$$

で表され、μ_βはすべての年と月を通じた平均を表す切片、$\beta_m(m_t)$は月 m の効果、$\beta_y(y)$は年 y の効果、$\beta_t(t)$は年と月の交互作用を表す。右辺の第 3 項までは固定効果で推定し、第 4 項は隣り合う月が相関を持つと考え、一次の自己回帰モデルを用いて推定した。

$$\beta_t(t) \sim \begin{cases} N(0, \sigma_\beta^2), & \text{if } t = t_{min} \\ N(\rho_\beta \beta_t(t-1), \sigma_\beta^2), & \text{if } t > t_{min} \end{cases}$$

本データを使用した解析では二項分布とガンマ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）。

$$r_1(i) = \text{logit}^{-1} p_1(i)$$
$$r_2(i) = a_i \times \log^{-1} p_2(i)$$

ここで、a_i はオフセット項であり、今回の場合は月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。

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

空間の解像度を表すノット数（n_s）は 100 とした。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。

推定されたパラメータから、各年における各位置の卵密度を$d(x,c,t) = r_1^*(x,c,t) \times r_2^*(x,c,t)$で計算し（$r^*$は$\lambda = 0$としたときの予測値）、各ノットが占める面積（$A(s)$）と卵密度を掛け合わせた値の総和を各月の産卵量として算出した。

$$I(t) = \sum_{s=1}^{n_s} \left(A(s) \times d(s,t)\right)$$

ある年のある月における全てのサンプルでゴマサバ卵が発見されなかった場合は、その年のその月における全ての場所での密度を 0 として産卵量を計算した。各年の 1 月から 7 月までの合計の産卵量をその年の標準化産卵量として算出した。なお、元のデータにおける 30 分升目の卵密度と面積からも産卵量をノミナル指標値として算出した。

解析の結果、ゴマサバの卵密度は毎年 3～5 月の間に高くなり、解析期間を通じて北緯 33.5°東経 138°付近に分布の重心が位置していることが多く、重心の経年変化と季節変化は小さかった（補足図 4-1）。ノミナル産卵量と比較すると、マサバ卵の混在の影響が特に大きかったと考えられる 2018 年の標準化産卵量は大きく減少し、2015 年以降は低水準で推移してたものの、2023 年は前年よりは増加した（補足図 4-2）。VAST に備わっているモデルの診断を行ったところ、QQ プロットは予測線上に載っており、予測値と残差にも関係は見られなかった（補足図 4-3）。

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.

Kristensen, K., A. Nielsen, C. E. Berg, H. Skaug and B. M. Bell (2016) TMB: automatic differentiation and Laplace approximation. J. Stat. Softw., **70**, 1-21.

Thorson, J. T. (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, J. T. 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.

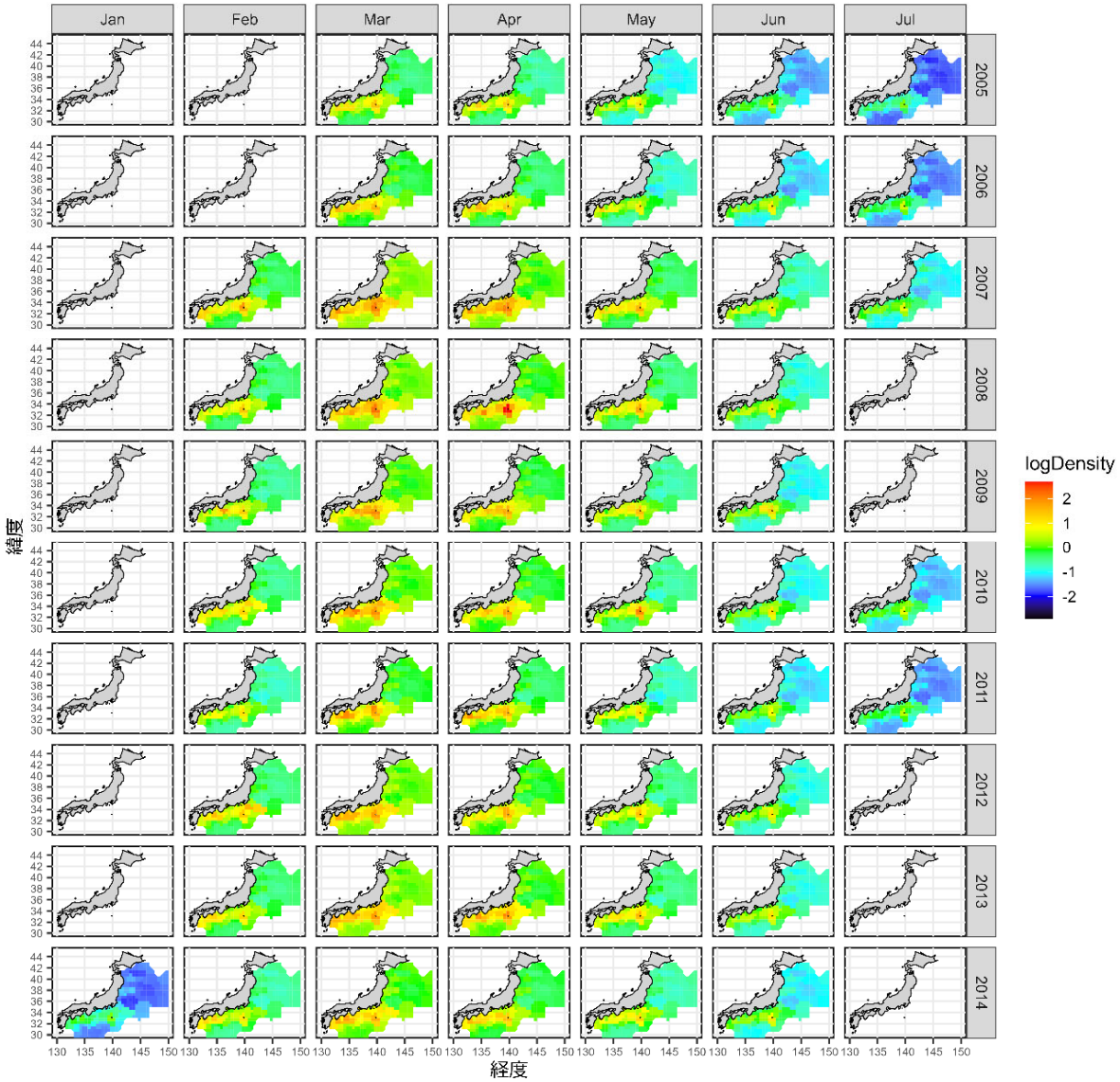
Thorson, J. T., C. F. Adams, E. N. Brooks, L. B. Eisner, D. G Kimmel, C. M. Legault, L. A. Rogers and E. M. Yasumiishi (2020) Seasonal and interannual variation in spatio-temporal models for index standardization and phenology studies. ICES J. Mar. Sci., **77**, 1879-1892.

Uehara, S. and T. Mitani (2009) Effect of temperature on the development of eggs and the daily pattern of spawning of round herring *Etrumeus teres*. Fish. Sci., **75**, 159-165.

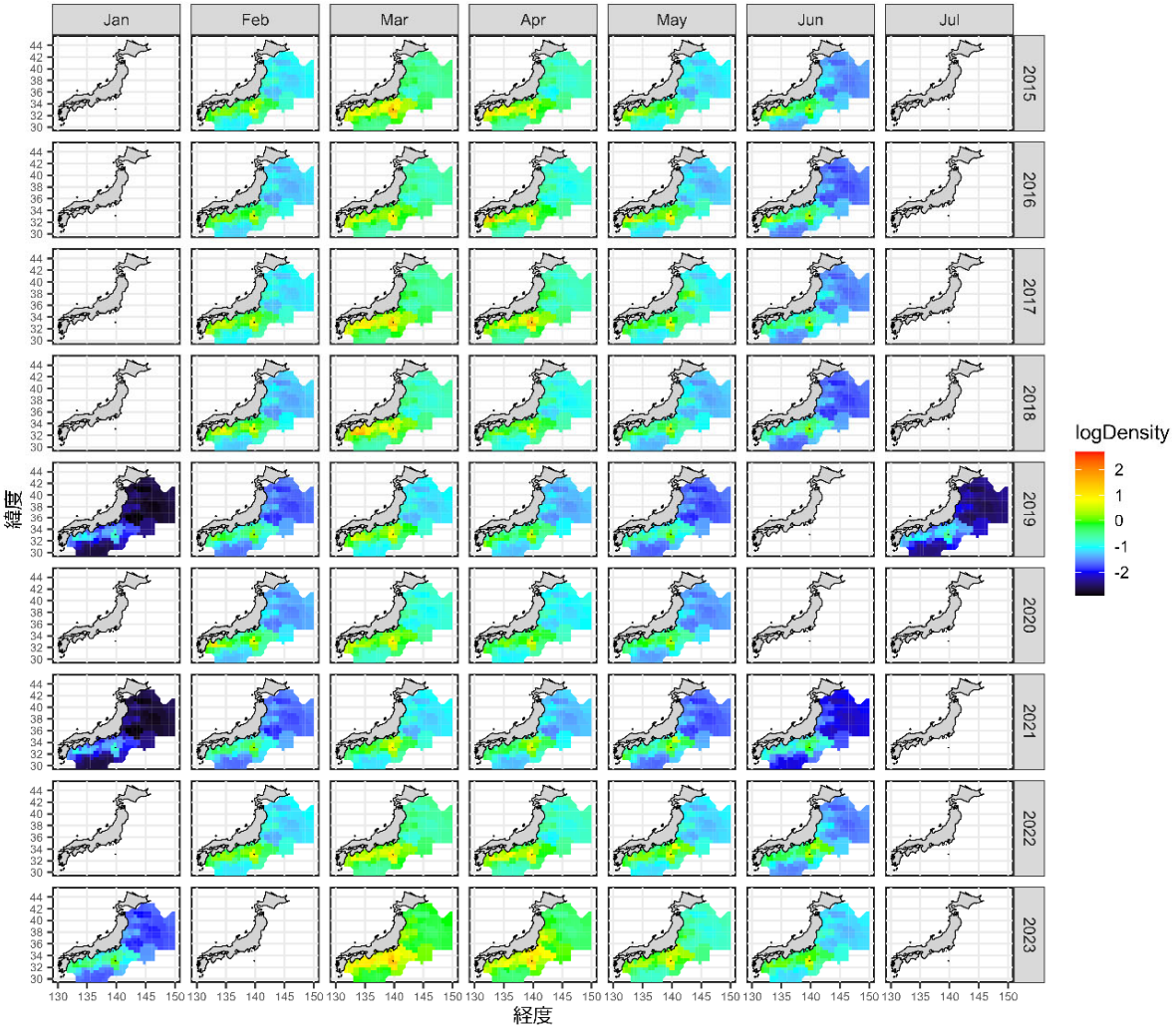
渡部奏輔 (1983) 卵数法. 「水産資源の解析と評価」石井丈夫編，恒星社厚生閣，東京, 9-22.

渡邊千夏子・安田十也・渡井幹雄・宇田川美穂・井元順一・木下順二 (2022) 令和3 (2021) 年度ウルメイワシ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, 28pp, http://abchan.fra.go.jp/.

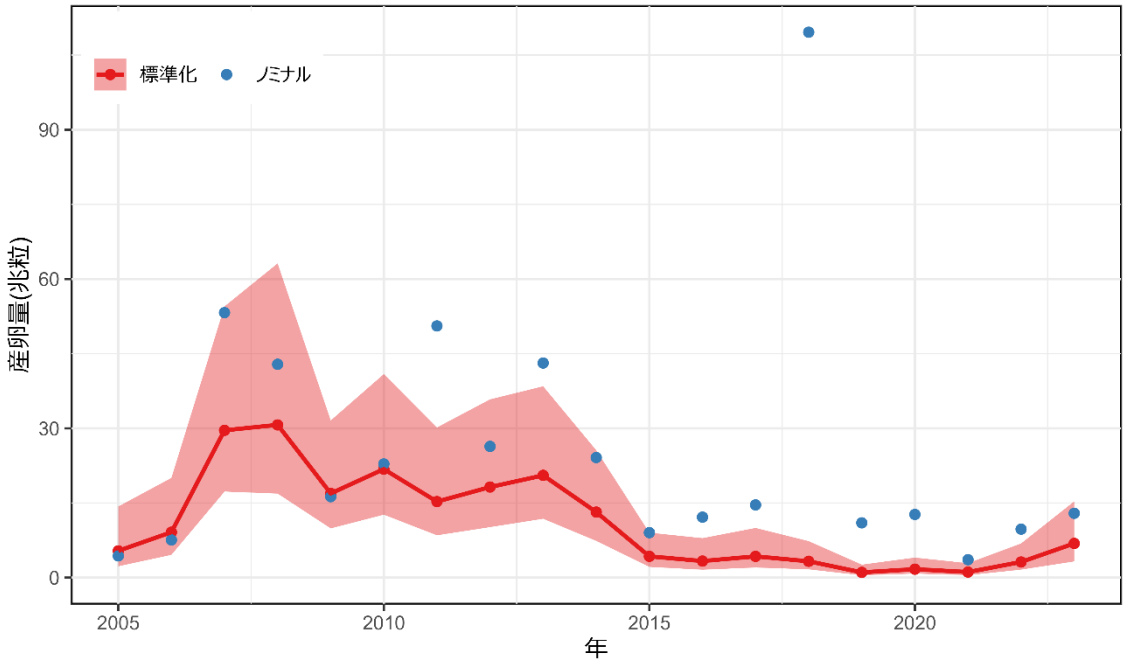
由上龍嗣・井須小羊子・上村泰洋・古市　生・渡部亮介・金森由妃 (2020) 令和元 (2019) 年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究教育機構，東京, 40pp, http://abchan.fra.go.jp/.



補足図 4-1a.　2005～2014 年（行）の 1～7 月（列）で推定されたゴマサバ卵密度
赤い×印は分布重心を表す。すべてのサンプルでゴマサバ卵が発見されなかった年・月の密度はゼロとした。

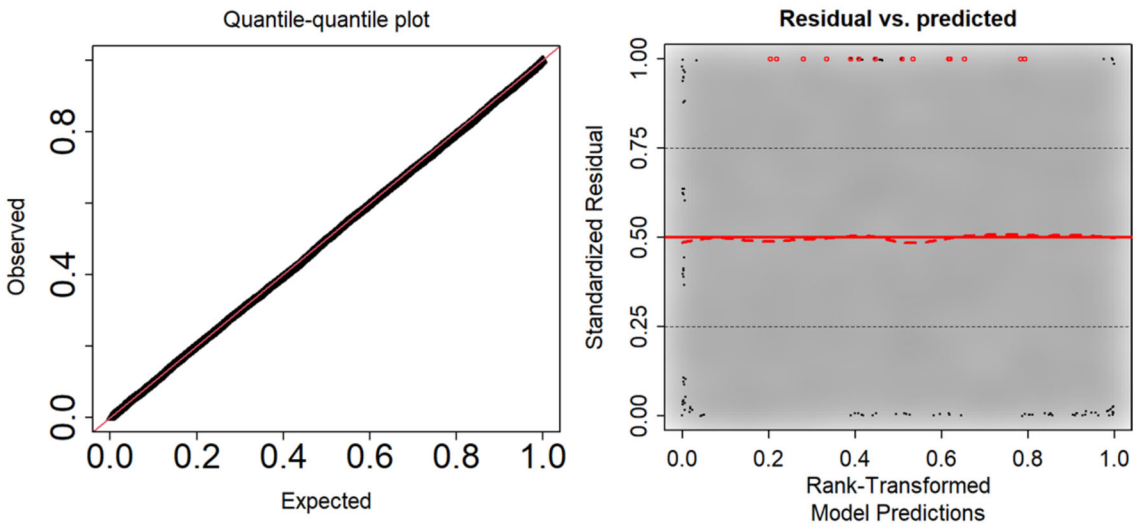


補足図 4-1b.　2015～2023 年（行）の 1～7 月（列）で推定されたゴマサバ卵密度
赤い×印は分布重心を表す。すべてのサンプルでゴマサバ卵が発見されなかった年・月の密度はゼロとした。



補足図 4-2.　産卵量指標値の経年変化

影は標準化指標値の 95%信頼区間を表す。



補足図 4-3.　モデル診断における QQ プロット（右）と残差とモデルの予測値の関係

補足資料５　2023 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

2015～2022 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、2023 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、補足資料 2-（2）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、2024 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。

・2024 年漁期の予測値と漁獲量の算定

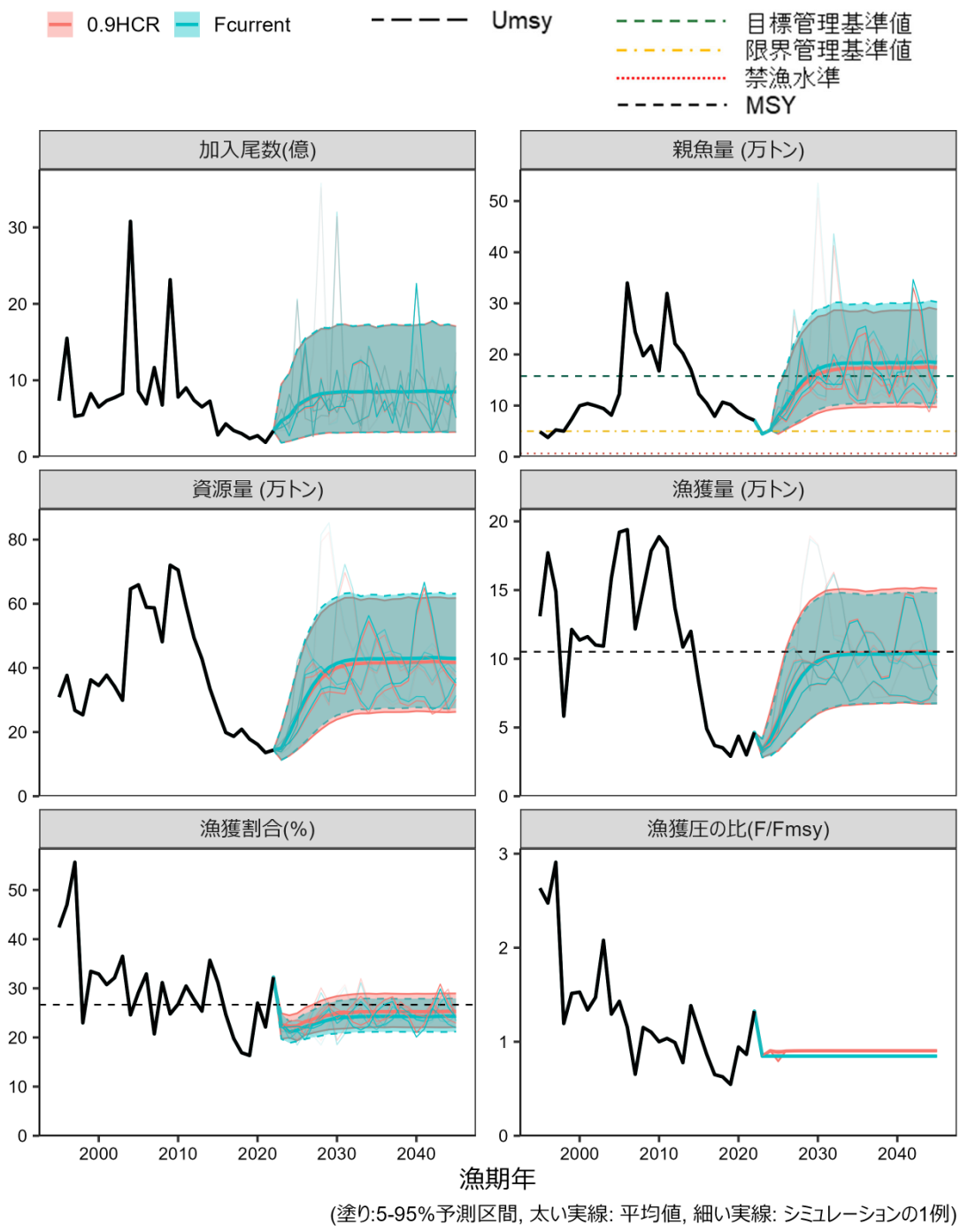
β=0.9 とした漁獲シナリオに基づき算定される 2024 年漁期の漁獲量は 4.3 万トンである（補足表 5-1）。2024 年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値をわずかに上回り、平均 5.2 万トンと見込まれた。

・2025 年漁期以降の予測

2025 年漁期以降も含めた将来予測の結果を補足図 5-1 および補足表 5-2､5-3､5-4 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 16.1 万トン（90%予測区間は 8.5 万～27.4 万トン）であり、予測値が目標管理基準値を上回る確率は 45%、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 β を使用した場合、および現状の漁獲圧（F2018-2022）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、β を 1.0 とした場合は平均 14.4 万トン（90%予測区間は 7.4 万～24.9 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率は 33%である。同じく β を 0.8 とした場合は平均 18.1 万トン（90%予測区間は 9.8 万～30.2 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率は 58%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 17.2 万トン（90%予測区間は 9.2 万～29.0 万トン）であり目標管理基準値を上回る確率は 52%、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、親魚量が目標理基準値を 50%以上の確率で上回る漁期年は、2032 年漁期となると予測された（補足表 5-2）。限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る漁期年は、2024 年漁期と予測された。



補足図 5-1.　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（青色）

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（β=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。親魚量の図の緑色破線は目標管理基準値、黄色一点鎖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。2023 年の漁獲量は予測される資源量と F2018-2022 により仮定した。

補足表 5-1.　ABC と予測漁獲量

2024 年漁期の 算定漁獲量 （万トン）	2024 年漁期の 親魚量予測平均値 （万トン）	現状の漁獲圧に 対する比 （F/F2018-2022）	2024 年漁期の 漁獲割合（%）
4.3	5.2	1.07	21.9
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」にて取り纏められ、「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。 ・本系群では漁獲管理規則で調整係数 β=0.9 を用いることが定められている。 ・ABC は外国船による漁獲も合わせた値。			

補足表 5-2.　異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性:加入量					
項目	2030 年漁期 の親魚量 （万トン）	90% 予測区間 （万トン）	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 β					
β=0.9	16.1	8.5 – 27.4	45	100	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合等）					
β=1.0	14.4	7.4 – 24.9	33	100	100
β=0.8	18.1	9.8 – 30.2	58	100	100
β=0.6	22.5	13.0 – 36.3	84	100	100
β=0.4	27.9	17.2 – 43.1	98	100	100
β=0.2	34.5	22.9 – 51.2	100	100	100
β=0	43.5	30.8 – 60.0	100	100	100
F2018-2022	17.2	9.2 – 29.0	52	100	100

補足表 5-2. 異なる β を用いた将来予測結果（つづき）

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 β			
β=0.9	2032 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
その他の方策 （漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合等）			
β=1.0	2052 年漁期以降	2024 年漁期	2022 年漁期
β=0.8	2029 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
β=0.6	2028 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
β=0.4	2027 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
β=0.2	2027 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
β=0	2026 年漁期	2024 年漁期	2022 年漁期
F2018-2022	2030 年漁期以降	2024 年漁期	2022 年漁期

補足表 5-3.　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

a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率（%）

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	0	0	2	5	13	20	28	**33**	36	38	40	42	42
0.9	0	0	2	7	18	29	39	**45**	49	51	52	54	54
0.8	0	0	3	9	25	40	51	**58**	63	65	66	67	68
0.7	0	0	3	12	33	51	65	**72**	76	78	78	78	79
0.6	0	0	4	16	43	64	77	**84**	87	88	88	88	88
0.5	0	0	5	21	53	76	87	**93**	95	95	95	95	95
0.4	0	0	6	27	65	86	95	**98**	98	98	98	98	98
0.3	0	0	7	35	76	93	98	**99**	100	100	100	100	100
0.2	0	0	8	43	85	97	99	**100**	100	100	100	100	100
0.1	0	0	10	52	92	99	100	**100**	100	100	100	100	100
0.0	0	0	11	62	96	100	100	**100**	100	100	100	100	100
F2018-2022	0	0	2	8	22	34	45	**52**	57	59	60	61	62

b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率（%）

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	0	100	85	95	98	99	99	**100**	100	100	100	100	100
0.9	0	100	88	97	99	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.8	0	100	91	98	99	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.7	0	100	94	99	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.6	0	100	96	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.5	0	100	98	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.4	0	100	99	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.3	0	100	99	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
0.0	0	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100	100	100	100
F2018-2022	0	100	90	98	99	100	100	**100**	100	100	100	100	100

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（F2018-2022）から予測される 3.3 万トンとし、2024 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2022、β=0.84 に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

補足表 5-4.　将来の親魚量 a）および漁獲量 b）の平均値の推移

a) 親魚量の平均値の推移（万トン）

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	4.5	5.2	7.5	9.2	11.0	12.4	13.6	**14.4**	14.9	15.2	15.5	15.7	15.8
0.9	4.5	5.2	7.8	9.8	12.1	13.8	15.2	**16.1**	16.7	17.0	17.2	17.4	17.5
0.8	4.5	5.2	8.1	10.5	13.2	15.4	17.0	**18.1**	18.6	18.9	19.1	19.2	19.2
0.7	4.5	5.2	8.5	11.2	14.5	17.1	19.0	**20.2**	20.7	20.9	21.1	21.0	21.1
0.6	4.5	5.2	8.8	12.0	16.0	19.1	21.3	**22.5**	22.9	23.1	23.1	23.1	23.2
0.5	4.5	5.2	9.2	12.9	17.6	21.3	23.8	**25.1**	25.3	25.3	25.3	25.2	25.3
0.4	4.5	5.2	9.5	13.8	19.3	23.8	26.7	**27.9**	27.9	27.7	27.6	27.6	27.7
0.3	4.5	5.2	9.9	14.9	21.3	26.6	29.9	**31.0**	30.8	30.3	30.1	30.2	30.3
0.2	4.5	5.2	10.4	16.0	23.6	29.9	33.6	**34.5**	34.0	33.2	32.9	33.0	33.2
0.1	4.5	5.2	10.8	17.2	26.1	33.5	37.8	**38.6**	37.6	36.5	36.0	36.3	36.5
0.0	4.5	5.2	11.3	18.6	28.9	37.8	42.7	**43.5**	42.1	40.5	39.7	40.1	40.3
F2018-2022	4.5	5.2	8.0	10.1	12.7	14.7	16.2	**17.2**	17.7	18.1	18.3	18.4	18.5

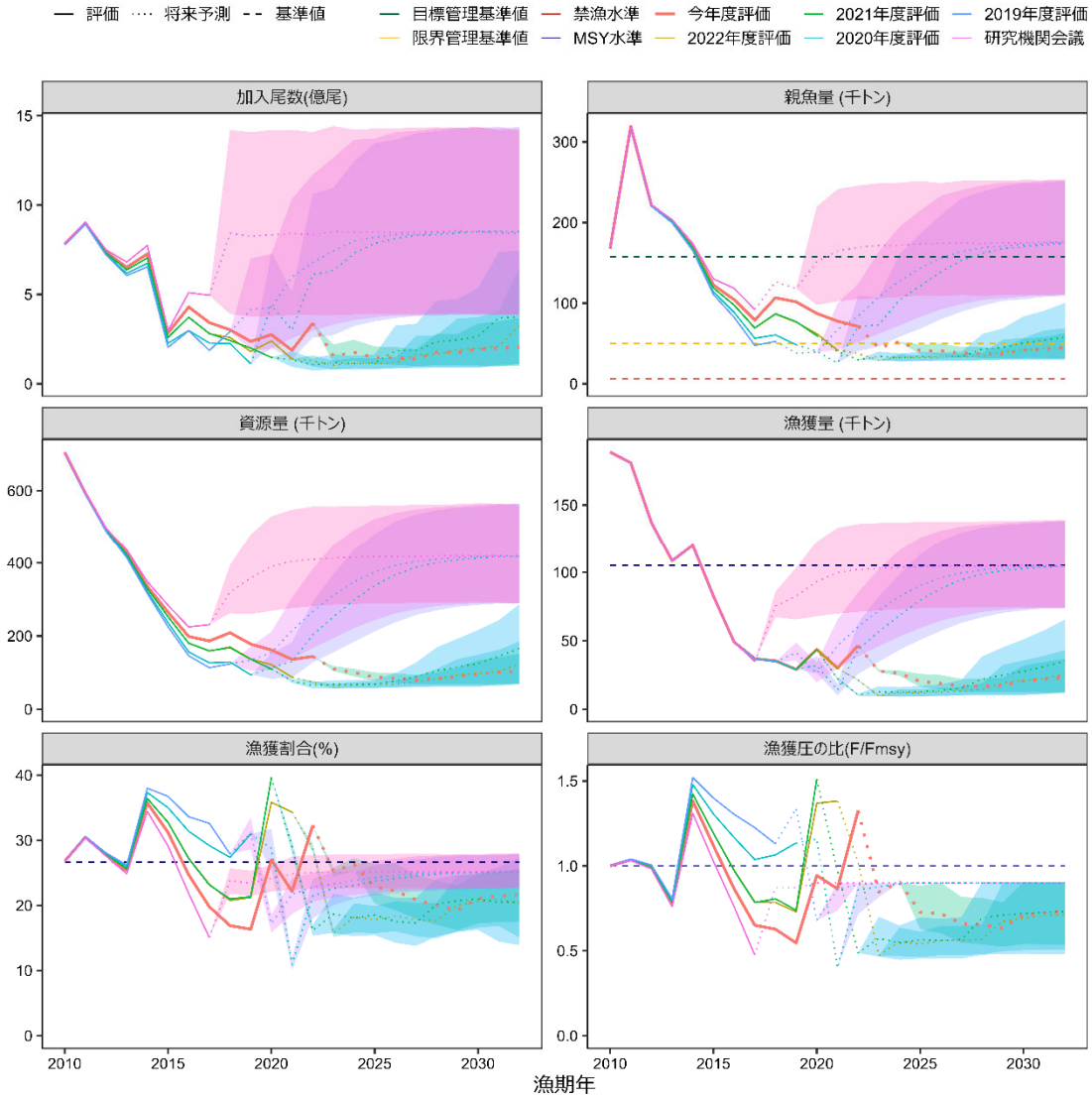
b) 漁獲量の平均値の推移（万トン）

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	**2030**	2031	2032	2033	2041	2051
1.0	3.3	4.7	5.8	7.0	8.0	8.9	9.4	**9.9**	10.1	10.3	10.4	10.6	10.6
0.9	3.3	4.3	5.5	6.8	7.9	8.8	9.5	**9.9**	10.2	10.3	10.4	10.5	10.5
0.8	3.3	3.9	5.2	6.6	7.7	8.7	9.4	**9.8**	10.0	10.1	10.2	10.3	10.3
0.7	3.3	3.5	4.8	6.2	7.4	8.4	9.1	**9.5**	9.7	9.8	9.8	9.9	9.9
0.6	3.3	3.0	4.3	5.7	7.0	8.1	8.7	**9.1**	9.2	9.3	9.3	9.3	9.3
0.5	3.3	2.6	3.8	5.2	6.4	7.5	8.1	**8.4**	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
0.4	3.3	2.1	3.2	4.5	5.7	6.7	7.3	**7.5**	7.6	7.6	7.5	7.5	7.5
0.3	3.3	1.6	2.5	3.7	4.7	5.6	6.1	**6.3**	6.3	6.3	6.2	6.2	6.3
0.2	3.3	1.1	1.8	2.7	3.5	4.2	4.6	**4.8**	4.7	4.7	4.6	4.6	4.6
0.1	3.3	0.6	1.0	1.5	2.0	2.4	2.6	**2.7**	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6
0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F2018-2022	3.3	4.1	5.3	6.7	7.8	8.8	9.4	**9.8**	10.1	10.2	10.3	10.4	10.4

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は現状の漁獲圧（F2018-2022）から予測される 3.3 万トンとし、2024 年漁期から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2018-2022）で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

補足資料６　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将来予測を含む各種推定値を比較した。2020 年度評価以前の将来予測は加入量が再生産関係に従う場合、2021 年度評価以降の将来予測は加入量の低下傾向を考慮した場合である。5 年分の推定値を比較すると、2020 年度評価までは加入量の特に将来予測の期間において下方修正が継続していた（補足図 6-1、補足表 6-1）。これに伴い将来予測における資源量、親魚量、漁獲量も下方修正が継続し、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。一方、今年度評価は昨年度評価より、加入量、親魚量、資源量が上方修正となったが、将来予測の結果は、加入量の低下傾向を考慮した昨年度評価、2021 年度評価と同様の傾向を示した。



補足図 6-1.　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
いずれも β=0.9 の場合。

補足表 6-1.　評価年度別の各年の加入量、親魚量、および資源量

(a) 加入量（百万尾）

加入量	年				
評価年度	2018	2019	2020	2021	2022
2019	292				
2020	225	112			
2021	242	200	147		
2022	170	137	122	87	
2023	302	237	275	188	339

(b) 親魚量（千トン）

親魚量	年				
評価年度	2018	2019	2020	2021	2022
2019	53				
2020	61	49			
2021	87	77	60		
2022	86	76	62	42	
2023	107	102	87	78	71

(c) 資源量（千トン）

資源量	年				
評価年度	2018	2019	2020	2021	2022
2019	124				
2020	129	94			
2021	168	136	110		
2022	170	137	122	87	
2023	209	178	162	136	144