

令和 6（2024）年度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（由上龍嗣・西嶋翔太・上村泰洋・
井須小羊子・古市 生・渡部亮介・東口胤成・齋藤 類・石川和雄）
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水産研究センター、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、宮崎県水産試験場、漁業情報サービスセンター、海洋生物環境研究所

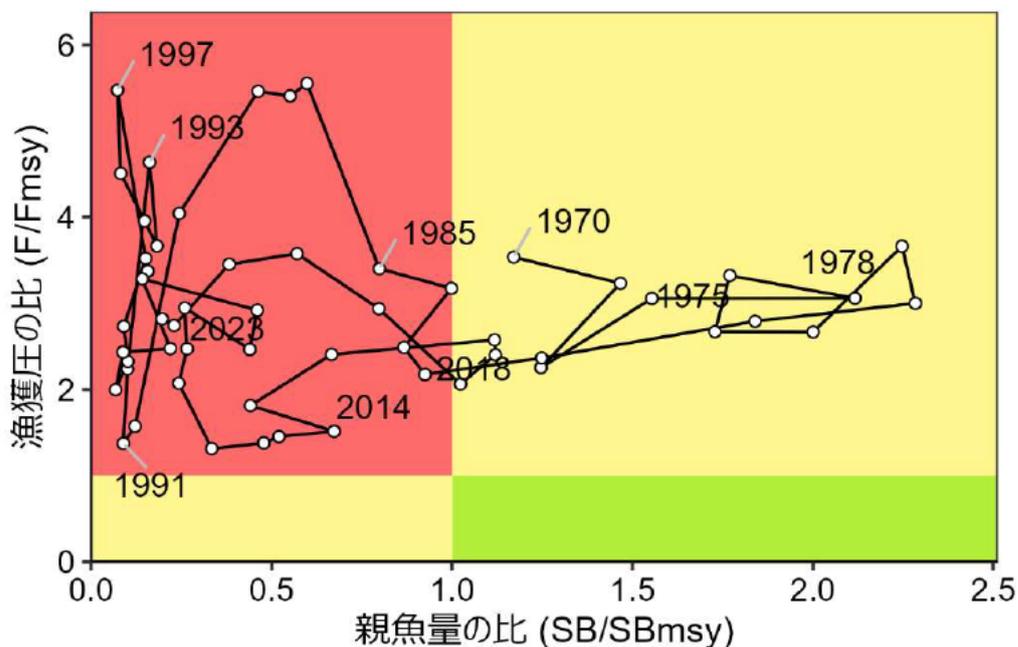
要 約

本系群の資源量について、状態空間資源評価モデル（SAM）により推定した。資源量は1970年代には300万トン以上の高い水準にあったが、1980年代に入ると減少傾向を示し、1990年代には100万トン以下までさらに減少し、2001年漁期には18.3万トンまで落ち込んだ。その後、2004年漁期の高い加入量によって資源量は70万トンを超え、その後も比較的高い加入量と漁獲圧の低下によって、2000年代初めの最低水準を脱して増加し、2013年漁期の高い加入量によって、2013年漁期は251万トンに急増した。その後、2018年漁期の高い加入量により資源量は2019年漁期まで横ばい傾向を示したが、2020年漁期以降は減少傾向を示し、2023年漁期は122万トンと推定された。親魚量は、1990年代後半から2000年代初めまで12万トンを下回る極めて低い水準で推移したが、2013年漁期の極めて高い加入量により2017年漁期に急激に増加し70万トンとなった。その後は減少傾向を示し、2023年漁期の親魚量は14万トンと推定された。

令和6年度の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」では、2017～2023年漁期の生物パラメータを使用し、過去の親魚量の最小値を折れ点とするホッケー・スティック型再生産関係の下で、F50%SPRを適用した場合に算出されるSBmsy proxy（62.6万トン）が親魚量の目標管理基準値として、漁獲がないときの親魚量の10%（0.1SB0）が限界管理基準値として提案された。この基準に従うと、本系群の2023年漁期の親魚量はSBmsy proxyを下回るが、SBlimitをわずかに上回る。また、2023年漁期の漁獲圧は目標管理基準値案を維持する漁獲圧（Fmsy proxy）を上回る。親魚量の動向は直近5年間（2019～2023年漁期）の推移から「減少」と判断される。

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

要 約 図 表



MSY の代替値、親魚量の水準と動向、および ABC	
F50%SPR を F_{msy} の代替値として漁獲を続け平衡状態となった時に得られる親魚量 (SB $_{msy}$ proxy)	62.6 万トン
2023 年漁期の親魚量の水準	MSY proxy を実現する水準を下回る
2023 年漁期の漁獲圧の水準	SB $_{msy}$ proxy を維持する水準を上回る
2023 年漁期の親魚量の動向	減少
最大持続生産量 (MSY) の代替値	19.4 万トン
2025 年漁期の ABC	-
コメント: ・ ABC は、本系群の漁獲シナリオが「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」を経て定められた後に算定される。	

直近5年と将来2年の資源量、親魚量、漁獲量(解析値および実績値)、 F/Fmsy proxy、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 (解析値) (万トン)	漁獲量 (実績値) (万トン)	F/Fmsy proxy	漁獲割合 (%)
2019	254.5	64.1	37.7	41.1	2.06	14.9
2020	233.0	49.9	44.7	43.9	2.94	19.3
2021	204.1	35.7	38.9	37.6	3.58	19.2
2022	175.1	23.9	27.5	23.1	3.45	15.9
2023	122.2	14.4	17.6	13.0	2.74	14.6
2024	118.0	12.1	18.4	—	2.82	15.6
2025	134.7	15.0	—	—	—	—

・漁獲量(解析値)はSAMにより推定された年齢別漁獲尾数と漁獲物の年齢別平均体重を掛け合わせて求めた値であり、各国・各地の漁獲量報告値の合計である漁獲量(実績値)と異なる。

・漁獲割合は資源量に対する漁獲量(解析値)の割合。

・2024、2025年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	<p>主要港水揚量(北海道～宮崎(17)道県、JAFIC、北部まき網組合)</p> <p>体長組成調査(水産機構、北海道～宮崎(17)道県、JAFIC):市場測定</p> <p>体長一体重調査・体長一年齢測定調査(水産機構、北海道～宮崎(17)道県、JAFIC):市場測定、調査漁獲物</p> <p>漁業種別マサバ・ゴマサバ混獲比率(水産機構、北海道～宮崎(17)道県、JAFIC):水揚げ情報、標本港混獲率、市場測定標本混獲率</p> <p>中国・ロシア漁船の体長組成(2014～2022年)</p> <p>北太平洋漁業委員会(NPFC)統計による中国・ロシアの漁獲量情報(https://www.npfc.int/summary-footprint-chub-mackerel-fisheries、2024年4月閲覧)</p>
資源量指数 ・産卵量 ・親魚量指標値 ・0、1歳魚資源量指標値 ・資源量指標値	<p>卵稚仔調査(周年、水産機構、関係都道府県):ノルパックネット*</p> <p>伊豆諸島海域たもすくい漁業 CPUE(神奈川県、静岡県)*</p> <p>移行域幼稚魚調査(5、6月、水産機構):中層トロール、計量魚探</p> <p>北西太平洋北上期浮魚類資源調査(6～7月、水産機構):中層トロール、計量魚探*</p> <p>三陸道東沖加入量把握調査(7月、水産機構):中層トロール*</p> <p>北西太平洋秋季浮魚類資源調査(9、10月、水産機構):中層トロール、計量魚探*</p> <p>浮魚類分布調査(北海道):流し網、中層トロール</p> <p>房総～常磐海域大中型まき網漁況に基づく未成魚越冬群指数(茨城水試)</p> <p>北部太平洋まき網 CPUE(単位努力量あたり漁獲量)および漁場分布に基づく資源量指数(JAFIC)</p> <p>中国まき網 CPUE*</p>
自然死亡係数(M)	0歳=0.80、1歳=0.60、2歳=0.51、3歳=0.46、4歳=0.43、5歳=0.41、6歳以上=0.40を仮定(NPFC 2024)

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

マサバ太平洋系群は、我が国太平洋南部沿岸から千島列島沖合に分布する(図2-1)。資源高水準期には、ロシア漁船の操業や調査船調査結果などから、幼魚、成魚とも東経170度を超えて分布したと考えられている。1990～2000年代の低水準の資源では、稚魚は黒潮

続流による移送によって東経 170 度付近まで分布するが（西田ほか 2001）、成魚は索餌回遊範囲が縮小して、加入量水準の高い年級群以外は東経 150 度以東ではほとんど見られない。最近では資源の増加に伴って成魚の索餌回遊範囲が北東へ拡大しており、2018 年以降の夏秋季の成魚の分布は、調査船調査結果から千島列島東方沖の北緯 49 度、東経 170 度付近まで達している。

成魚は主に春季（3～6 月）に伊豆諸島海域などで産卵したのち北上し、夏～秋季には三陸～北海道沖へ索餌回遊する（目黒ほか 2002、図 2-1）。稚魚は春季に本邦太平洋南岸から黒潮続流域、黒潮一親潮移行域に広く分布し、黒潮続流域～移行域のものは夏季には千島列島沖の亜寒帯域に北上し、秋冬季には未成魚となって北海道～三陸海域の沿岸あるいは沖合を南下し、主に房総～常磐海域、一部は三陸海域で越冬する（川崎 1968、飯塚 1974、西田ほか 2001、川端ほか 2006）。未成魚と成魚の一部は紀伊水道や豊後水道および瀬戸内海へ回遊する。主産卵場である伊豆諸島海域には明らかに黒潮上流に由来する稚魚が出現すること（小泉 1992）、産卵場は本邦太平洋南岸から東北海域まで連続していること（黒田 1992）などから、我が国太平洋側に分布するマサバは同一系群と考えられる。

(2) 年齢・成長

マサバの成長は、加入量水準および海洋環境の影響を受けて変化することが知られている（Watanabe and Yatsu 2004）。成長に雌雄差は見られない。寿命は、漁獲物の年齢構成からみて 7、8 歳程度と推定され、最大 11 歳の記録がある（飯塚 2002）。2020 年漁期漁獲物の年齢別平均体長（尾叉長）、平均体重を、成長の遅れが見られていなかった 2011～2014 年漁期のそれぞれの平均値と併せて図 2-2 に示す。2023 年漁期の年齢別平均体重は、2011～2014 年漁期の平均値と比べて著しく低く、図 2-2 に併せて示した 1970 年代の資源高水準期と比較しても低い値を示している。近年見られている年齢別平均体重の低下は、マサバ・マイワシの資源量の増加に伴う種内・種間密度の増加による餌料競合が主要因と考えられる（Kamimura et al. 2021）。

(3) 成熟・産卵

1 尾の雌は産卵期間に数回の産卵を行い、1 回の産卵数は 5 万～9 万粒である（加藤・渡邊 2002）。年齢別成熟割合は成長の変化の影響を強く受けて変化することが知られている（Watanabe and Yatsu 2006）。産卵場は伊豆諸島海域を中心に、紀南、室戸岬、足摺崎周辺など本邦太平洋南岸沿岸各地に形成され、東北海域でも産卵がみられる。産卵期は 1～6 月である。主産卵場である伊豆諸島海域における産卵盛期は 3、4 月であるが、2000 年代は産卵期が遅い傾向にある若齢親魚の割合が高いために、5、6 月の産卵も相対的に高くなっていた（渡邊 2010）。近年は産卵量の分布から、3、4 月が産卵盛期とみられる。年代別の年齢別成熟割合は図 2-3 の通りであり、2013 年級群の漁獲加入以降、成長の遅れに伴い成熟開始年齢の高齢化が見られている。このため、2015 年漁期以降の年齢別成熟割合を 2020 年度評価において変更し、今年度評価においても同じ年齢別成熟割合を用いた（図 2-3）。

(4) 被捕食関係

仔魚期にはカイアシ類の卵とノープリウス幼生、稚魚期には小型カイアシ類、夜光虫、

尾虫類、サルパなどの小型動物プランクトンを捕食する（加藤・渡邊 2002）。幼魚と成魚の食性は海域や生活年周期により異なるが、甲殻類（オキアミ類、カイアシ類など）、魚類（カタクチイワシ、ハダカイワシ類など）、サルパ類が中心である。三陸海域ではツノナシオキアミ、カタクチイワシが主要な餌生物である。

資源水準が高かった 1980 年代までは、ネズミザメ、ヨシキリザメ、シマガツオ、ビンナガ、およびカツオなどの大型魚類（川崎 1965、長沢 1999）やミンククジラによる被食が見られた（Kasamatsu and Tanaka 1992）。資源が低水準となった 1990 年代ではミンククジラによる被食は確認されなかったが（Tamura et al. 1998）、2000～2015 年の北西太平洋におけるヒゲクジラ類の餌生物調査によると、2012 年以降は胃内容物におけるカタクチイワシの出現が減少する一方、さば類およびマイワシの出現が増加してきており、特にイワシクジラでは主要餌が 2000 年代前半のカタクチイワシから 2000 年代後半にはさば類およびマイワシへと切り替わり（Tamura et al. 2016）、2010 年以降もさば類が主要な餌の一つとなっている（Konishi et al. 2016）。北西太平洋におけるさば類の分布量がヒゲクジラ類の捕食対象となるまで増加したと考えられる。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

主要漁業は、まき網、定置網、底びき網、たもすくいおよび棒受網である。大中型まき網は、主に常磐～三陸北部海域で 9 月～翌年 2 月を中心にほぼ周年操業する。資源水準が高かった 1980 年代以前に主要漁場となっていた道東海域では、資源の減少した 1990～2000 年代は漁場がほとんど形成されなかったが、2012 年以降は漁場が形成されていた。2019 年以降は再び道東海域での漁獲は低調に推移している。中型まき網は千葉県以西の太平洋沿岸各地で周年操業する。定置網は、太平洋沿岸各地で行われ、三陸沿岸での漁獲が多い。底びき網は、鹿島灘から三陸沿岸で行われ、特に三陸沿岸での漁獲が多い。たもすくいおよび棒受網（火光利用さば漁業）は、伊豆諸島海域を主漁場とし、1～6 月に越冬、産卵で集群する親魚群（2 歳以上）を主な対象とする。その他、各地で釣りなどでも漁獲される。2014 年以降、中国が北西太平洋公海域において、ロシアが北西太平洋公海域、ロシア 200 カイリおよび日本 EEZ 内で漁獲している。

(2) 漁獲量の推移

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。漁獲統計では多くの場合、マサバはゴマサバと合わせてさば類として集計されることから、以下の方法で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北海道太平洋側～宮崎県（東京都および徳島県、愛媛県、大分県の瀬戸内海側を除く）の標本港におけるさば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（さば類のマサバとゴマサバの割合）については、道県別・月別・漁業種別に収集した。マサバとゴ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

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さば類の漁獲量と混獲率から、マサバの漁獲量を推定した。

本系群の我が国の漁獲は、1951年に津軽・八戸沖漁場が釣りにより開発され、1954年に本格化した（宮沢 1994）。その後 1958年に伊豆諸島海域の銭洲漁場などが開発され、1975年には同海域でたもすくい漁業が開始された。1964年にまき網漁業が参入したことによって漁獲量は急激に増加し、1964年漁期の 22.7 万トンから 1978 年漁期には 120.7 万トンに達した（図 3-1、表 3-1）。1979 年漁期以降、漁獲量は減少し、1990、1991 年漁期は 3 万トン以下にまで落ち込んだ。1992～2003 年漁期は 4.7 万～39.8 万トンで変動が大きかったが、2004～2008 年漁期は、2004 年漁期の高い加入量によって 17.6 万～24.5 万トンと比較的安定して推移した。その後、2009～2012 年漁期は漁獲努力量の低下やゴマサバの混獲割合の上昇、漁場形成の変化などによって 10.2 万～13.0 万トンとやや減少したが、2013 年漁期の高い加入量によって 2014 年漁期は 28.2 万トンに増加し、2015～2018 年漁期は 30.1 万～33.2 万トンで推移した。2019 年漁期以降は減少し、2021 年漁期は 18.7 万トン、2022 年漁期は 9.8 万トン、2023 年漁期は 7.3 万トンと急激に減少してきている。この 2021 年漁期以降の漁獲量の急激な減少は、太平洋北部まき網の漁獲量の減少によるところが大きい。ロシアは 1966～1988 年にかけて本系群を漁獲し、1972～1979 年漁期のピーク時の漁獲量は 12.3 万～24.0 万トンであった（図 3-1、表 3-1）。近年、中国が北西太平洋公海域、ロシアがロシアおよび日本 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>）。これらの報告値を用いて、中国およびロシアのマサバの漁獲量を推定した（図 3-1、表 3-1）。具体的には 2015～2022 年の中国の漁獲量は、NPFC の報告（<https://www.npfc.int/blue-mackerel-species-summary-0> 閲覧）の図から読み取ったゴマサバ漁獲量をさば類漁獲量の値から差し引いた。2014 年、2023 年については 2015～2022 年のマサバの割合の平均値（87.7%）を充てた。ロシアについては報告のとおり、さば類はすべてマサバとした。なお、NPFC への報告は暦年集計であるが、漁船の動向から公海域の主漁期は 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。

年齢別漁獲尾数は以下のように推定した。北海道太平洋側～宮崎県の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。中国とロシアの年齢別漁獲尾数は、NPFC のマサバ資源評価作業部会で共有・合意されたデータを使用した（NPFC 2024）。中国とロシアの年齢別漁獲尾数の計算方法の詳細は補足資料 2 に示した。以上の手法により得た年齢別漁獲尾数を図 3-2 および表 3-2 に示す。資源量が極

めて低い水準となった 1990～2004 年漁期は未成魚（0、1 歳魚）が漁獲の主体であり、漁獲物に占める 2 歳以上の割合は低かったが、加入量が高い 2004 年級群の漁獲加入後は 2 歳以上の割合も高くなっている（図 3-2、補足表 2-1）。後述する漁獲努力量の推移にあるとおり、2004 年漁期以降、若齢魚への漁獲圧が低下して加入後の生残が良くなっているためと考えられる。2014～2019 年漁期は 2013 年級群が占める割合が高くなっていたが、2020 年漁期以降は特に割合が高い年級群は目立たない。

(3) 漁獲努力量

主要漁業である北部太平洋まき網漁業（以下、「北部まき網」という）の有効努力量は、加入量の高い年級群が主対象となると増加する特徴がみられ、1992 年漁期以降、1992、1996 年漁期の高い加入量による増加とその後の減少を繰り返しつつ減少傾向となり、2004 年漁期の高い加入量により再び増加したが、その後は減少傾向となった（図 3-3）。2003 年から開始された資源回復計画に基づく操業管理により、2004 年級群加入時の漁獲圧の増加は一定程度、抑えられたと推定されている（Ichinokawa et al. 2015、市野川・岡村 2016）。この操業管理は現在も継続して実施されており、それにより 2000 年代後半以降も引き続き、1990 年代のような漁獲圧の過度な増大が抑えられていると考えられる。さらに、2011 年 3 月の東日本大震災の影響による常磐海域における操業自粛海域の設定や水揚港の受け入れ処理能力および関係産業の需要量の低下、また、経営の改善などを目的とした船団構成への変更や、従来の安価でも大量漁獲から良価で適量漁獲へという漁業者の意識の変化も、漁獲努力量の過度な増加の抑制に貢献していると考えられる。東日本大震災の影響が緩和された 2012～2015 年漁期の有効努力量はやや高い値を示したが、2016～2019 年漁期以降は低い値を示した。2020、2021 年漁期の有効漁獲努力量の値は再び増加したものの、2022、2023 年漁期の値は減少した。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

昨年度まで使用していた資源評価モデルであるコホート解析（VPA）は、資源量指標値にのみ観測誤差を考慮するため資源量指標値への過剰適合を起こすことがあり、昨年度評価においても過年度評価と比較して資源量推定値の下方修正が起きていた（西嶋ほか 2024、由上ほか 2024）。そのため、今年度評価では年齢別漁獲尾数にも観測誤差が含まれることを仮定する状態空間資源評価モデル（SAM）により資源評価を行った。1970～2023 年漁期の年齢別資源量を、7 月～翌年 6 月を漁期とした年齢別漁獲尾数および資源量指標値を使用し、SAM により推定した（表 4-1、補足資料 1、2、4）。自然死亡係数（M）は年当たり 0 歳=0.80、1 歳=0.60、2 歳=0.51、3 歳=0.46、4 歳=0.43、5 歳=0.41、6 歳以上=0.40 を仮定した（NPFC 2024）。資源量指標値として資源量、親魚量、加入量および 1 歳魚資源尾数の変化を反映すると考えられる 6 系列の指標値を用いた（補足表 2-2）。なお、本系群では外国船による漁獲を考慮して、公海域を含めた北太平洋全体の資源を対象として資源計算を行っており、将来予測における漁獲量にも外国船による漁獲を含んでいる。

(2) 資源量指標値の推移

太平洋側のサバ属産卵量（海区Ⅰ～Ⅲ）は、1960年代と1970年代中期にピークがみられ1千兆粒に達し、1980年代後半以降は低い水準で推移していたが、最近は親魚量の増加に伴い増加している（図4-1、卵稚仔データベース、Oozeki et al. 2007）。2005年よりゴマサバと区別して推定されるようになったマサバ産卵量は、2005年の39兆粒から2007年には322兆粒と大きく増加した。その後は増減を繰り返していたが、2017年は347兆粒に増加し、2018年は583兆粒、2019年は553兆粒と、1970年代に見られた水準にまで増加した。2020年以降は減少傾向を示し、2024年1～6月は30兆粒となり、2000年代並みの低い水準となった。これまで親魚量を指標するチューニング指数の1つとして産卵量（海区Ⅰ～Ⅳ）を使用してきたが、近年、マサバの産卵場の時空間的分布が変化してきていることから、2021年度の資源計算より標準化産卵量を使用している（補足表2-2、補足資料4）。図4-2に示す各種調査から得られる加入量の指標値は、2004、2007、2009、2013、2016、2018年に高い値がみられるなど加入量水準を反映しており、2018年は多くの指標値で最も高い値を示した。2023年は多くの指標値が2018年以降では低い値を示している。図4-3に示す主要漁業である北部まき網のCPUEと資源量指数は、資源動向を反映し、1992、1996年漁期といった卓越年級群が発生した年とその翌年に高くなっていた。その後、加入量が高い2004年級群が漁獲加入した2005年漁期以降、CPUEは高い水準を維持し、加入量が高い2013年級群が漁獲加入した2013年漁期以降はさらに増加傾向を示し、2017年漁期はかなり高い値となった。2018、2019年漁期のCPUEは高い水準を維持したが、2020年漁期以降の値は急減しており、2020年漁期以降の北部まき網の不漁を反映している。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

資源量は1970～1979年漁期には400万～600万トン程度の高い水準にあったが、1979、1980年漁期の低い再生産成功率（RPS）による加入量の減少と高い漁獲圧によって1980年漁期に232万トンに減少した（図4-4、4-6、表4-1、補足表2-1）。1981～1986年漁期は154万～242万トンとおおむね横ばいで推移したが、1987年漁期以降、低いRPSによる加入量の減少と高い漁獲圧によってさらに減少し、1990年漁期には23.0万トンとなった。1992、1996年漁期の高い加入量による資源量の増加と、高い漁獲圧による減少を繰り返し、2001年漁期に過去最低の18.3万トンに落ち込んだ。2004年漁期以降は2004年漁期の高い加入量と漁獲圧の低下により2000年代初めの最低水準を脱して増加し、2013年漁期の高い加入量によって、2013年漁期は251万トンに急増した。その後、2018年漁期の高い加入量により資源量は2019年漁期まで横ばい傾向を示したが、2020年漁期以降は減少傾向を示し、2023年漁期は122万トンと推定された。

親魚量は1970～1980年漁期は73万～143万トンと高い水準であったが、1979、1980年漁期の加入量の減少と高い漁獲圧によって1981年漁期に78万トン、1982年漁期に58万トンに減少した（図4-5、4-6、表4-1、補足表2-1）。1985年漁期までは50万トン以上で推移したが、1986年漁期以降、加入量の減少と高い漁獲圧によって減少し、1991年漁期に5.6万トンまで落ち込んだ。その後、おおむね10万トン以下の著しく低い水準で推移し、2002年漁期には過去最低の4.2万トンとなった。2004年漁期の高い加入量のため2006年漁期に29万トンに増加し、その後は2010年漁期にかけて減少したものの、2013年漁期の

高い加入量により 2017 年漁期に急激に増加し 70 万トンとなった。その後は減少傾向を示し、2023 年漁期の親魚量は 14 万トンと推定された。

年齢別 F の変化を図 4-7、補足表 2-1 に示す。1980 年代および 1993～2010 年漁期に比較的高い値を示し、2011～2019 年漁期は低い値を示していたが、2020 年漁期以降はやや高い値を示している。

漁獲割合は 1980 年代後半にやや高く、資源量を大きく減少させた（図 4-8、表 4-1、補足表 2-1）。その後、1990 年代にも漁獲割合が高い年があり、2001 年漁期の過去最低の資源量をもたらした。2002 年漁期以降は比較的低い水準で推移している。

2019～2023 年度評価における各種推定値との比較を補足資料 10 にまとめた。今年度評価では資源評価モデルを変更したことにより、昨年度評価と比較して特に 2013 年漁期以降の資源量および親魚量推定値が大幅に下方修正となっている。

(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 4-9 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い値をとる。%SPR の値は 1993～1997 年漁期に極めて小さな値を示し、この期間に未成魚への漁獲圧が高かった様子が見てとれる。2011～2015 年漁期まで 40%前後の比較的高い値で推移していたが、2016 年漁期以降は再び 20%前後の低い値を示している。

Fmsy の代替値に対する YPR と %SPR の関係を図 4-10 に示す。このとき、F の選択率としては、令和 6 年 12 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、最大持続生産量の代替値 MSY proxy を実現する F (Fmsy proxy) の推定に用いた値を使用した（西嶋ほか 印刷中）。Fmsy proxy の %SPR は 50%であり、現状の漁獲圧 (F2021-2023) は Fmsy proxy および F0.1 を上回っている。

(5) 加入量の見積もり

親魚量 (重量) と加入量 (尾数) の関係を図 4-11 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の将来予測では過去最低親魚量 (4.2 万トン) を折れ点とし、それより高い水準では 50 億尾が幾何平均値となるような再生産関係を使用して、将来予測を実施した。また、残差の自己相関を考慮した (自己相関係数 : 0.81)。これらのパラメータおよび設定については資源評価モデル SAM の結果に基づいており、詳細については補足資料 4、5 および西嶋ほか (印刷中) に示した。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準の代替値

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」で示された現在 (1970 年漁期以降) の環境下における最大持続生産量 (MSY) の代替値 (MSY proxy) を実現する親魚量 (SBmsy proxy) および SBmsy proxy を維持する F (Fmsy proxy) を補足表 6-2 に示す。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy) と、SBmsy proxy を維持する漁獲圧 (Fmsy proxy) を基準にした神戸プロットを図 4-12 に示す。また、2023 年漁期の親魚量と漁獲圧、それらの値と管理基準値案との比較結果を補足表 6-3 に示す。本系群における 2023 年漁期の親魚量 (14.4 万トン) は MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy) を下回り、漁獲がないときの親魚量の 10% (0.1SB0、限界管理基準値案) をわずかに上回る。2023 年漁期の親魚量は SBmsy proxy の 0.23 倍である。また、2023 年漁期の漁獲圧は SBmsy proxy を維持する漁獲圧 (Fmsy proxy) を上回っており、Fmsy proxy の 2.74 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy proxy) とは、各年の F の選択率の下で Fmsy proxy 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 (2019~2023 年漁期) の推移から減少と判断される。本系群の親魚量は 1970~1981 年漁期および 2017~2019 年漁期において SBmsy proxy を上回っていたが、その他の期間は SBmsy proxy を下回っていた。また、漁獲圧はすべての期間において Fmsy proxy を上回って推移していた。

5. 資源評価のまとめ

資源量は 1970 年代には 300 万トン以上の高い水準にあったが、1980 年代に入ると減少傾向を示し、1990 年代には 100 万トン以下までさらに減少し、2001 年漁期には 18.3 万トンまで落ち込んだ。その後、2004 年漁期の高い加入量によって資源量は 70 万トンを超え、その後も比較的高い加入量と漁獲圧の低下によって、2000 年代初めの最低水準を脱して増加し、2013 年漁期の高い加入量によって、2013 年漁期は 251 万トンに急増した。その後、2018 年漁期の高い加入量により資源量は 2019 年漁期まで横ばい傾向を示したが、2020 年漁期以降は減少傾向を示し、2023 年漁期は 122 万トンと推定された。親魚量は、1990 年代後半から 2000 年代初めまで 12 万トンを下回る極めて低い水準で推移したが、2013 年漁期の高い加入量により 2017 年漁期に急激に増加し 70 万トンとなった。その後は減少傾向を示し、2023 年漁期の親魚量は 14 万トンと推定された。親魚量の動向は直近 5 年間 (2019~2023 年漁期) の推移から「減少」と判断される。

親魚量は 1970~1981 年漁期および 2017~2019 年漁期において MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy) を上回っていたが、その他の期間は SBmsy proxy を下回っていた。漁獲圧はすべての期間において SBmsy proxy を維持する漁獲圧 (Fmsy proxy) を上回っていた。

6. その他

本系群は令和元 (2019) 年度より MSY を目標とする資源管理に対応した資源評価を実施してきた。前回管理基準値等の提案後の経過、その間の資源評価の推移について補足資料 10 にとりまとめた。また、今年度の資源評価、令和 6 年度の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」における管理基準値等の提案 (西嶋ほか 印刷中) に関連した、今後検討すべき課題を補足資料 11 にとりまとめた。

北太平洋漁業委員会 (NPFC) に中国およびロシアから北西太平洋公海域およびロシア・日本 200 海里水域におけるさば類漁獲量および漁獲物の体長・年齢が報告されたことをう

けて、これらの情報を考慮した資源評価を行った。しかしながら中国およびロシアの漁獲物の内容は断片的な報告に留まっている。資源評価の精度向上のためにはより詳細な情報が必要であり、これらについても報告されるように引き続き働きかける必要がある。

また、NPFC のマサバ資源評価技術作業部会において本系群の国際的な資源評価が進められている。シミュレーションを用いて、参加国が候補として提案する様々な資源評価モデルの推定性能を評価・比較した結果、状態空間資源評価モデル (SAM) が採択され、資源評価が行われた (North Pacific Fisheries Commission 2023)。本評価においても SAM を採用し、NPFC における評価で使用した基本的なデータを継承しつつ、新たに得られたデータを加えて資源評価を行った。

一方、北西太平洋における外国漁船による漁獲努力量を調査することを目的に、平成 26 (2014) 年度から人工衛星夜間可視データを用いて外国漁船の動向を把握する取り組みを開始している (補足資料 8)。この人工衛星夜間可視データ等から IUU を含めた外国漁船の漁獲量を推定する報告もあるが (Oozeki et al. 2018)、資源計算に取り入れるには精度の高い漁獲量の値が必要であるため、現時点では IUU の漁獲量は考慮できていない。引き続きこれらの漁獲量の情報収集に取り組む必要がある。

Kawai et al. (2002) は、1970 年代の高水準期には未成魚への漁獲圧は低く、同じような漁獲をしていれば 1990 年代に資源は回復したと論じた。平成 17 年度までの本報告書において、1993 年以降、若齢魚 (0、1 歳魚) の F が顕著に高くなったため (図 4-7)、未成魚段階での多獲は不合理であることを指摘し、生物学的にみた本系群の最適な漁獲開始年齢を検討し、全個体が成熟を開始する 3.5 歳が最適であるとの結論を得ている。渡邊ほか (2012) は、本系群の資源動態モデルを構築して漁期・漁場別の漁獲方策による資源管理効果を検討し、越冬場周辺における若齢魚の漁獲規制の効果が高いことを指摘している。近年は若齢魚への F が低くなっている (図 4-7)。資源の持続的利用のために、引き続き若齢魚に対する漁獲圧の低減が望ましい。

最近の複数の研究によって、加入量の多寡は主に卵～稚仔魚期の生残率によって決まることがわかってきており、産卵親魚の状態 (産卵経験、栄養状態、産卵前経験水温) による卵質の違いによる生残率の違い (米田ほか 2010、2013、Yoneda et al. 2022) や、稚仔魚期の経験環境による成長率の違いとそれによる生残率の違い (高橋ほか 2010、米田ほか 2013) が大きく影響していると考えられている。北上期幼魚の成長率と加入量とに高い相関がみられ、加入量の多い年は産卵盛期である 4 月ふ化個体の割合が高く、少ない年は低いという特性が見られ、主に 4 月ふ化個体の生残率によって加入量が決定すると考えられる (Kamimura et al. 2015)。4 月の産卵は後述のように 5～6 月に比べて親魚の組成や経験水温からみて良質卵となり、摂餌開始期がブルーミング時期と一致するなど仔稚魚の生残に有利であるが、その一方で、初期生残率に大きく影響するふ化後の経験環境の年変化は大きく、経験水温が産卵場水温と同様の 18°C 程度では成長率が低くなって変態が遅れ生残率は低くなり、速やかに黒潮付近の 20°C 程度の水温で移送されると成長率が高くなり、加入量も高くなることが示唆されている (高橋ほか 2010、Takahashi et al. 2012、米田ほか 2013)。今後、このような環境と生物の特性とそれらの関係の統合的な解析によって、精度の高い加入量の見積もりが可能となることが期待される。

また、産卵経験のある (複数回目の産卵期の) 親魚 (経産魚) の産む卵の方が、初回産

卵（初めての産卵期）のものよりも卵質が良く、ふ化仔魚の生残率が高いことが飼育実験の結果などからわかってきた（米田ほか 2013、Yoneda et al. 2022）。加えて、高齢経産魚の方が産卵場への南下回遊が早く（渡邊 2010）、産卵期には成熟（産卵準備）が早く進み、早期（3～4月）に産卵する傾向が強い。4月は高水準期の本系群が集中的に産卵する時期であり（渡邊 2010）、人為的影響の無い状態での系群本来の産卵盛期と言え、餌生物が多くなるブルーミング時期と一致し、カツオなどの暖水性捕食者の来遊もまだ少ない時期であることから稚仔魚の生育に適していると考えられる。高齢経産魚による好適期の良質卵の産卵は、年々の加入の環境変化への耐性を高める効果を持つと考えられ、加入量の増加と一定水準以上の維持を図るためには、この産卵を増加、維持させることが重要である。そのためには親魚の年齢（未産・経産魚）構成を考慮した資源評価、管理を行い、産卵経験のある高齢親魚量を確保する必要がある。

7. 引用文献

- Ichinokawa, M., H. Okamura, C. Watanabe, A. Kawabata and Y. Oozeki (2015) Effective time closures: Quantifying the conservation benefits of input control for the Pacific chub mackerel fishery. *Ecol. Appl.*, **25**, 1566-1584.
- 市野川桃子・岡村 寛 (2016) 一般化状態空間モデルで漁業動態を記述する—マサバ努力量管理効果の定量評価. *統計数理*, **64**, 59-75.
- 飯塚景記 (1974) 東北海区におけるマサバ未成魚の生態—III. 八戸沖で越冬すると推定される魚群について. *東北水研研報*, **33**, 37-49.
- 飯塚景記 (2002) 1960～70年代におけるマサバ資源と漁場. *月刊海洋*, **34**, 273-279.
- Kamimura, Y., M. Taga, R. Yukami, C. Watanabe and S. Furuichi (2021) Intra- and inter specific density dependence of body condition, growth, and habitat temperature in chub mackerel (*Scomber japonicus*). *ICES J. Mar. Sci.*, **78**, 3254-3264.
- Kamimura, Y., M. Takahashi, N. Yamashita, C. Watanabe and A. Kawabata (2015) Larval and juvenile growth of chub mackerel *Scomber japonicus* in relation to recruitment in the western North Pacific. *Fish. Sci.*, **81**, 505-513.
- Kasamatsu, F. and S. Tanaka (1992) Annual changes in prey species of minke whales taken off Japan 1948-87. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**, 637-651.
- 加藤充宏・渡邊千夏子 (2002) マサバとゴマサバの成熟・産卵および食性. *月刊海洋*, **34**, 266-272.
- Kawai, H., A. Yatsu, C. Watanabe, T. Mitani, T. Katsukawa and H. Matsuda (2002) Recovery policy for chub mackerel stock using recruitment-per-spawning. *Fish. Sci.*, **68**, 963-971.
- 川端 淳・中神正康・巢山 哲・谷津明彦・高木香織・建田夕帆 (2006) 近年の広域名調査船調査から推定されるサバ、イワシ類の季節的分布回遊. 2006年度水産海洋学会講演要旨集, 94.
- 川崎 健 (1965) カツオの生態と資源 (I). *水産研究叢書*, **8**, 148.
- 川崎 健 (1968) マサバ太平洋系群未成魚の生態について. *東海水研報*, **55**, 59-113.
- 小泉正行 (1992) 伊豆諸島海域で採集したサバ卵・仔稚魚・幼魚の一考察. *水産海洋研究*, **56**, 57-64.

- Konishi, K. T. Isoda and T. Tamura (2016) Decadal change of feeding ecology in sei, Bryde's and common minke whales in the offshore of the Western North Pacific. Paper SC/F16/JR23 submitted to the JARPNII Review Workshop, Tokyo, February 2016, 19pp.
- 黒田一紀 (1992) 日本の太平洋沿岸域におけるさば属魚類の産卵期、産卵場及び産卵量水準の動向. 水産海洋研究, **56**, 65-72.
- 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一成魚. 月刊海洋, **34**, 256-260.
- 宮沢公雄 (1994) マサバ資源の変動とさば漁業の変遷. 水産海洋研究, **58**, 48-49.
- 長沢和也 (1999) 黒潮・親潮移行域における魚食性魚類の分布と生態. 月刊海洋, **346**, 245-250.
- 西田 宏・川端 淳・目黒清美・梨田一也・三谷卓美 (2001) マサバとゴマサバの分布と回遊一幼魚. 水産海洋研究, **65**, 201.
- 西嶋翔太・由上龍嗣・上村泰洋・井須小羊子・古市 生・渡部亮介・東口胤成 (2024) 令和5(2023) 年度マサバ太平洋系群の資源評価の参考資料 (暫定的な状態空間資源評価モデルによる試算結果). FRA-SA2023-SC12-103. 水産研究・教育機構, 横浜, 8pp.
- 西嶋翔太・由上龍嗣・上村泰洋・井須小羊子・古市 生・渡部亮介・東口胤成 (印刷中) 令和6(2024) 年度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資料.
- North Pacific Fisheries Commission (2023) 7th Meeting of the Technical Working Group on Chub Mackerel Stock Assessment Report. NPFC2023-TWG CMSA07-Final Report. 53 pp. <https://www.npfc.int/sites/default/files/2023-10/TWG%20CMSA07%20Report.pdf>
- NPFC (2024) North Pacific Fisheries Commission 9th Meeting of Technical Working Group on Chub Mackerel Stock Assessment. NPFC-2024-TWG CMSA09-Final Report. 52 pp. (available at <https://www.npfc.int>)
- Oozeki, Y., D. Inagake, T. Saito, M. Okazaki, I. Fusejima, M. Hotai, T. Watanabe, H. Sugisaki and M. Miyahara (2018) Reliable estimation of IUU fishing catch amounts in the northwestern Pacific adjacent to the Japanese EEZ: Potential for usage of satellite remote sensing images. Marine Policy, **88**, 64-74.
- Oozeki, Y., A. Takasuka, H. Kubota and M. Barange (2007) Characterizing spawning habitats of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*), and Pacific round herring (*Etrumeus teres*) in the northwestern Pacific. CalCOFI Reports, **48**, 191-203.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Com. Northw. Atl. Fish. Bull., **9**, 65-74.
- Takahashi, M., A. Kawabata, C. Watanabe, M. Yoneda, D. Ambe and T. Okunishi (2012) Migratory behavior and recruitment process of the Pacific stock of chub mackerel *Scomber japonicus*. PICES-2012 Program and Abstracts, 111.
- 高橋正知・渡邊千夏子・川端 淳・西田 宏・安倍大介・奥西 武・山下紀生・森 賢・橋本 浩・池上直也・森 訓由・岡部 久・斉藤真美 (2010) 粒子追跡を用いたマサバ太平洋系群当歳魚の産卵場からの輸送過程とその成長 (2004~2007 年). 2010 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 71.

- Tamura, T., Y. Fujise and K. Shimazaki (1998) Diet of minke whales *Balaenoptera auctorostrata* in the Northwestern part of the North Pacific in summer, 1994 and 1995. *Fish. Sci.*, **64**, 71-76.
- Tamura, T., K. Konishi and T. Isoda (2016) Updated estimation of prey consumption by common minke, Bryde's and sei whales in the western North Pacific. Paper SC/F16/JR15 submitted to the JARPNII Review Workshop, Tokyo, February 2016, 58pp.
- 渡邊千夏子 (2010) マサバ太平洋系群の繁殖特性の変化とその個体群動態への影響. *水産海洋研究*, **74**, 46-50.
- 渡邊千夏子・須田真木・赤嶺達郎・川端 淳・西田 宏 (2012) 許容漁獲量の時空間的配分がマサバ太平洋系群の資源動態に与える影響. *日水誌*, **78**, 15-26.
- Watanabe, C. and A. Yatsu (2004) Effects of density-dependence and sea surface temperature on inter-annual variation in length-at-age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the Kuroshio-Oyashio area during 1970–1997. *Fish. Bull.*, **102**, 196-206.
- Watanabe, C. and A. Yatsu (2006) Long-term changes in maturity at age of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in relation to population declines in the waters off northeastern Japan. *Fish. Res.*, **78**, 323-332.
- 米田道夫・北野 載・松山倫也・高橋正知・川端 淳・清水昭男 (2013) マサバの加入機構に関する実験アプローチ：初期生態に及ぼす母性効果と水温影響. 2012 年度春季水産海洋シンポジウム (魚種交替のシンテシスー気候変動による海洋生態系・浮魚資源変動機構およびその科学的理解に基づく社会への貢献) 要旨集, 10.
- Yoneda, M., H. Kitano, M. Nyuji, M. Nakamura, M. Takahashi, A. Kawabata, M. Matsuyama, A. Shimizu, T. Tsuzaki, H. Togashi and Y. Kamimura (2022) Maternal spawning experience and thermal effects on offspring viability of chub mackerel and their influence on reproductive success. *Front. Mar. Sci.*, **23**, 1063468.
- 米田道夫・北野 載・S. Selvaraj・入路光雄・川村耕平・松山倫也・清水昭男 (2010) マサバ2歳魚の卵サイズの変化が仔魚の成長と生残に及ぼす影響. 2010 年度水産海洋学会大会講演要旨集, 47.
- 由上龍嗣・西嶋翔太・上村泰洋・古市 生・井須小羊子・渡部亮介・東口胤成・齋藤 類・石川和雄 (2024) 令和 5 (2023) 年度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, 70pp, <http://abchan.fra.go.jp/>.

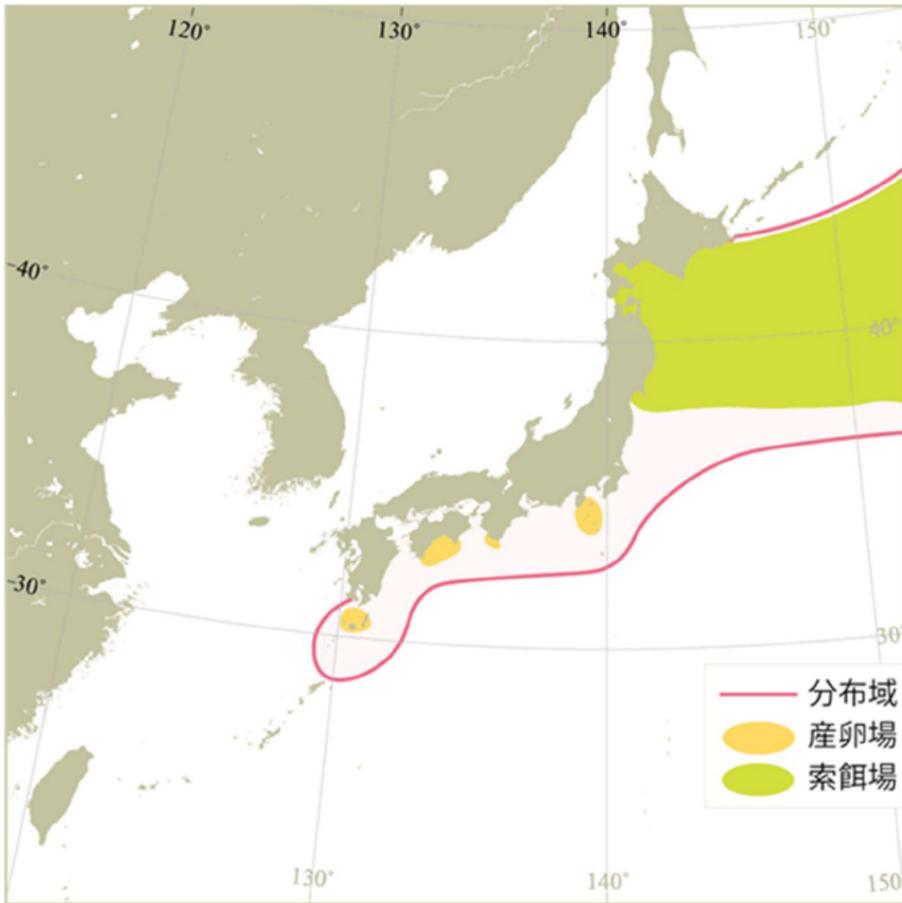


図 2-1. マサバ太平洋系群の分布域と産卵場

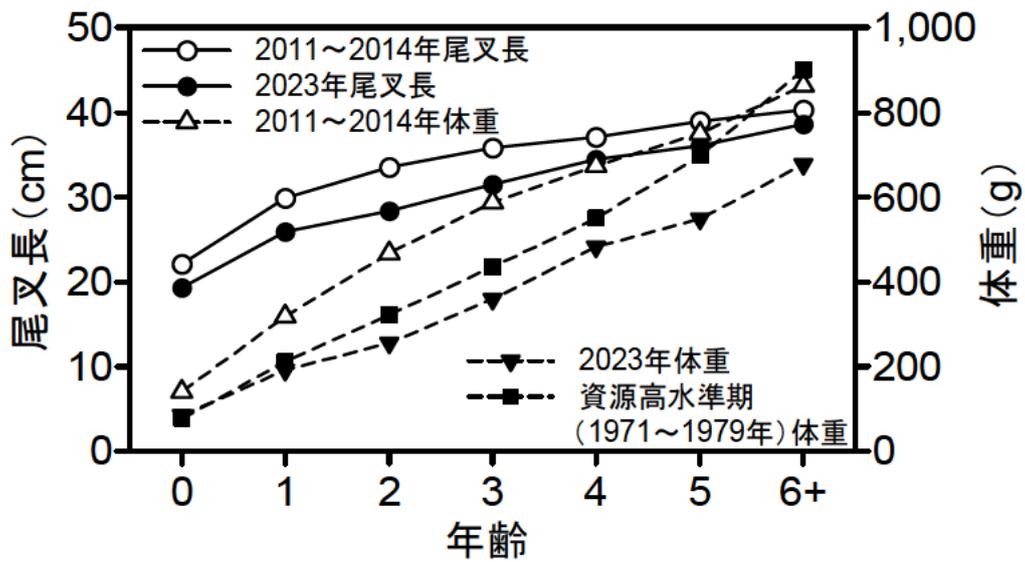


図 2-2. 年齢と成長

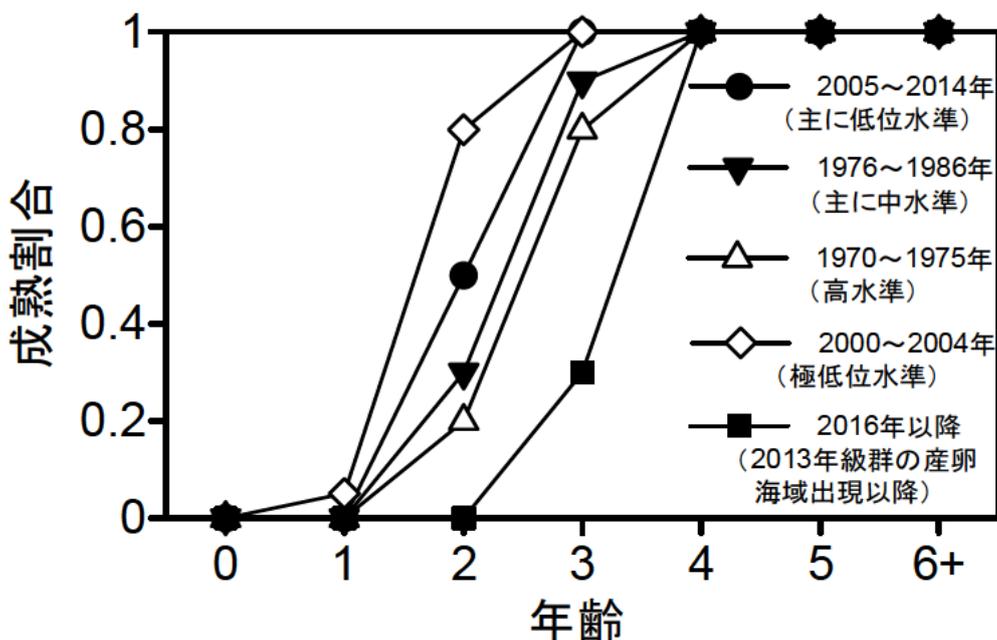


図 2-3. 年齢と成熟割合

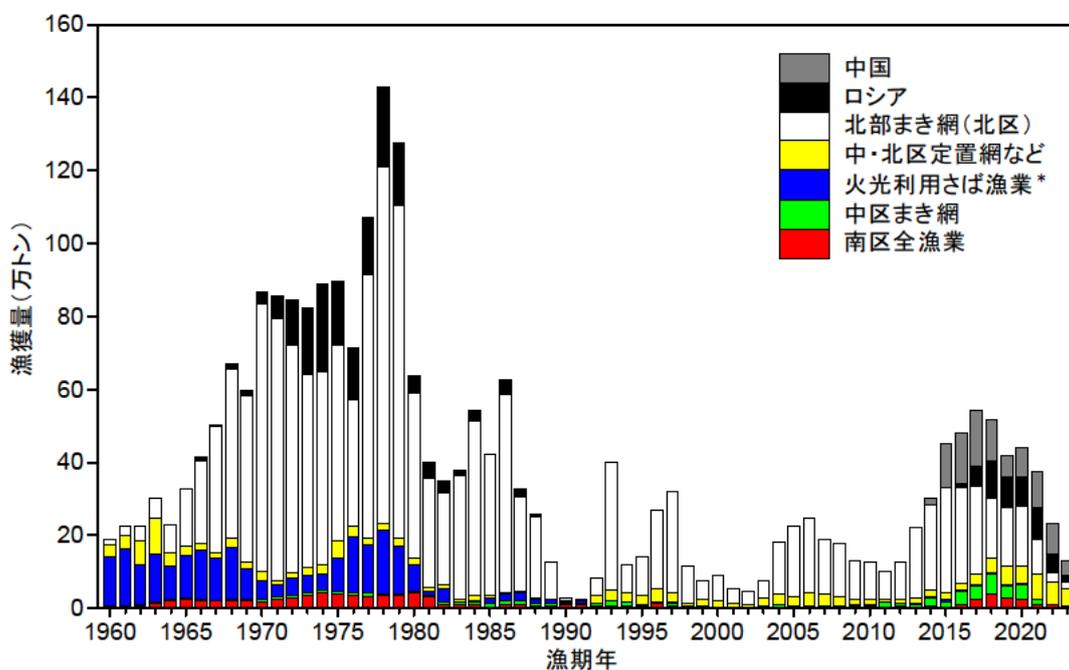


図 3-1. 漁業種類別漁獲量の推移

*火光利用サバ漁業：たもすくい、棒受網。2014 年漁期以降の中国およびロシアの漁獲量は NPFC への報告値。

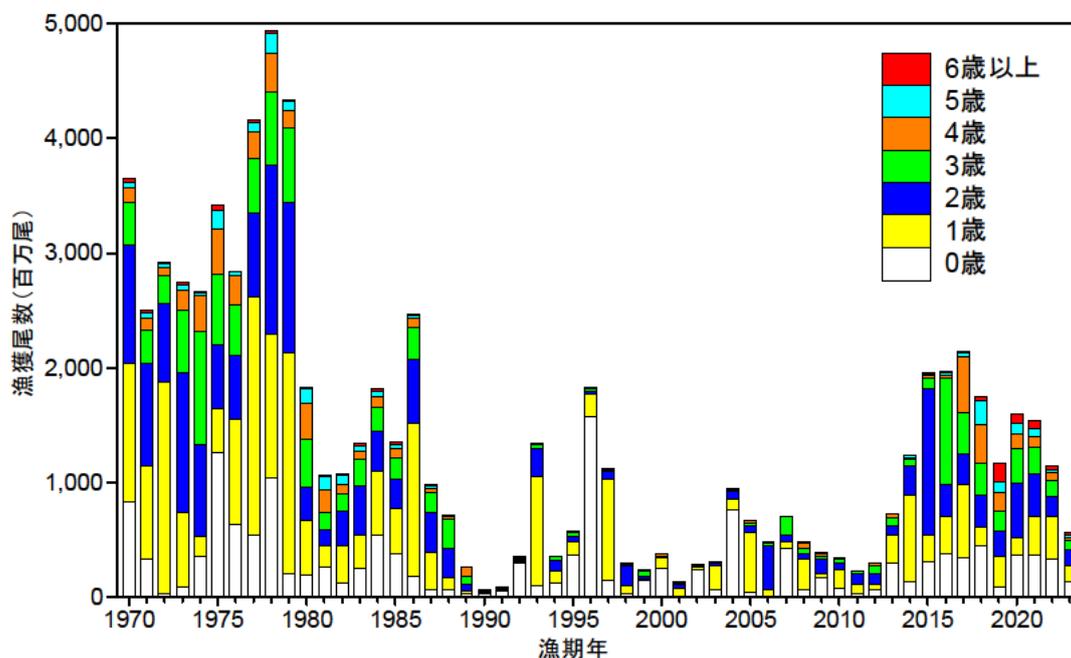


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

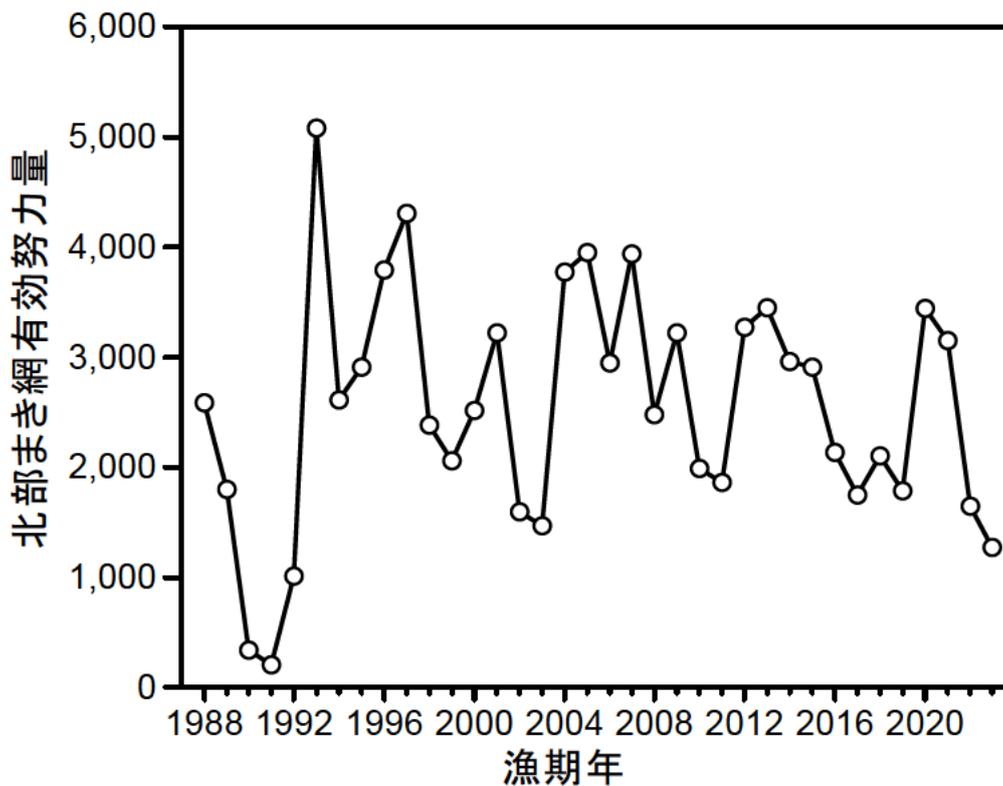


図 3-3. 北部まき網のさば類に対する有効努力量 (JAFIC 資料。補足資料 7)

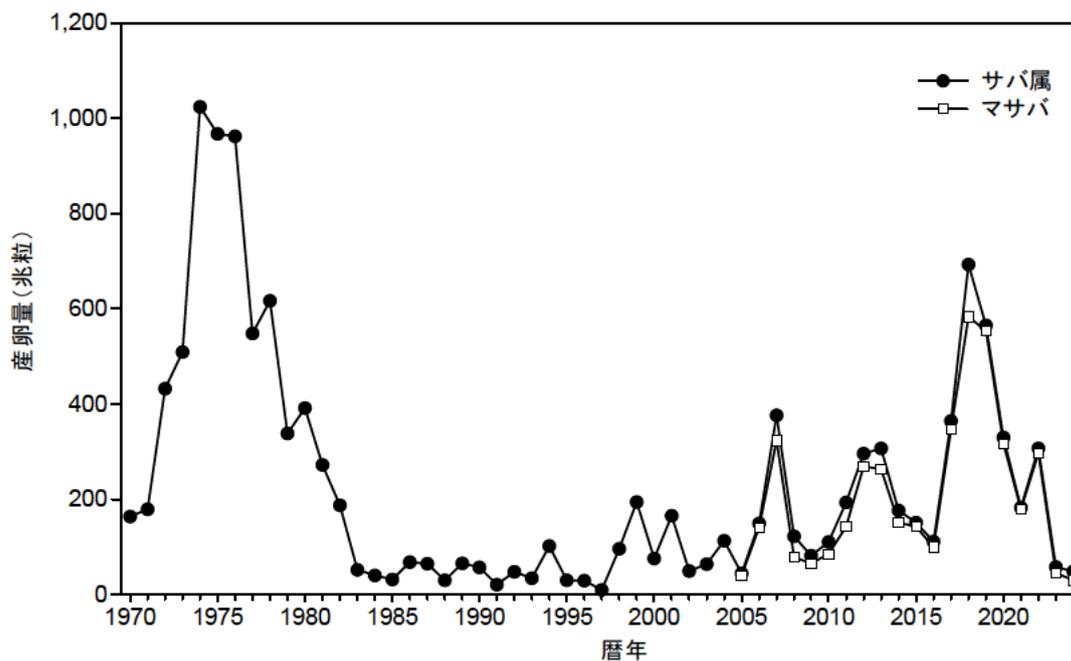


図 4-1. 本邦太平洋側におけるサバ属の産卵量

2005 年以降はマサバを分けて示した。2024 年は 1～6 月までの値。

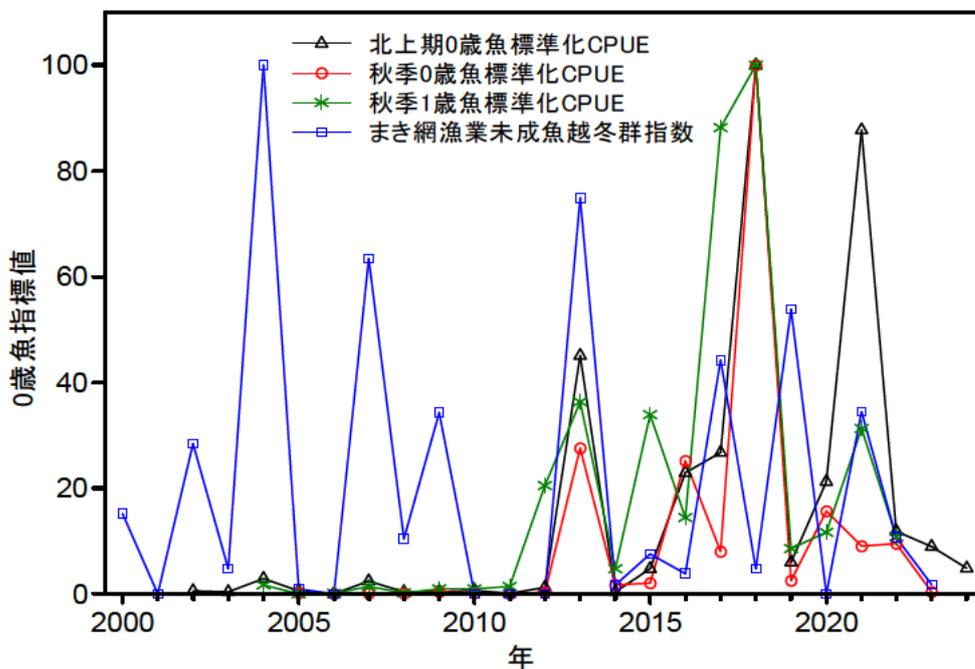


図 4-2. 各種調査（補足資料 7）による加入量指標値の推移

指標値の最大値を 100、最小値を 0 とした場合の相対値。秋季調査 1 歳魚 CPUE は前年の加入量と対応するので 1 年ずらして表示。

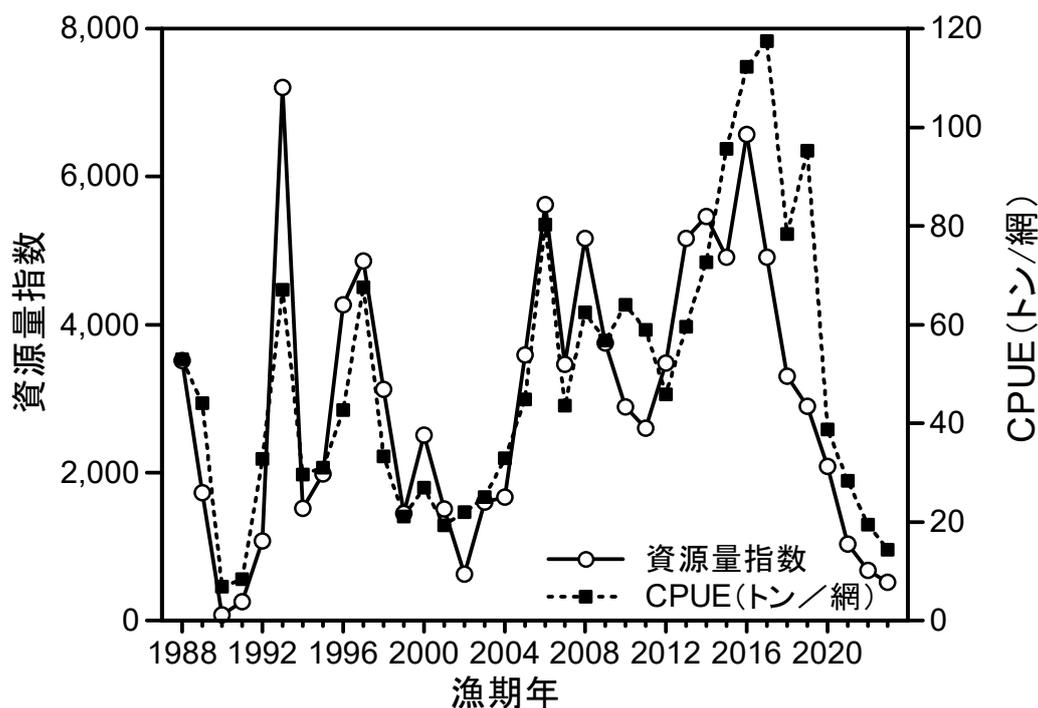


図 4-3. 北部まき網のさば類資源量指数と CPUE の推移 (JAFIC 資料。補足資料 7)

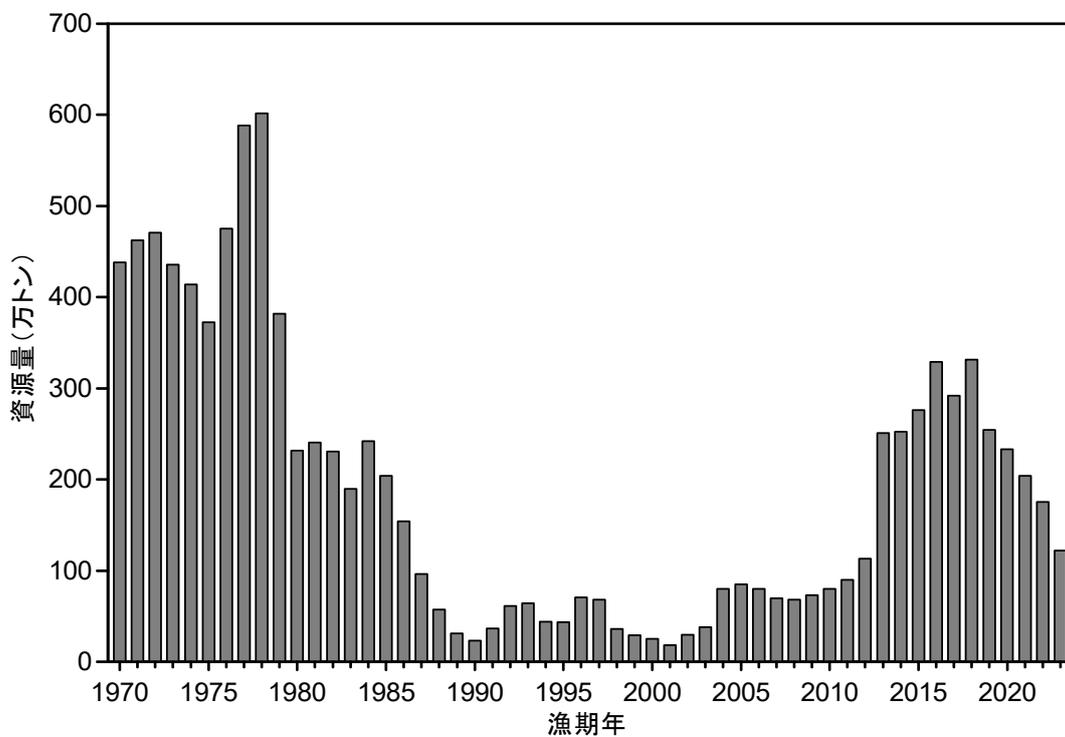


図 4-4. 資源量の推移

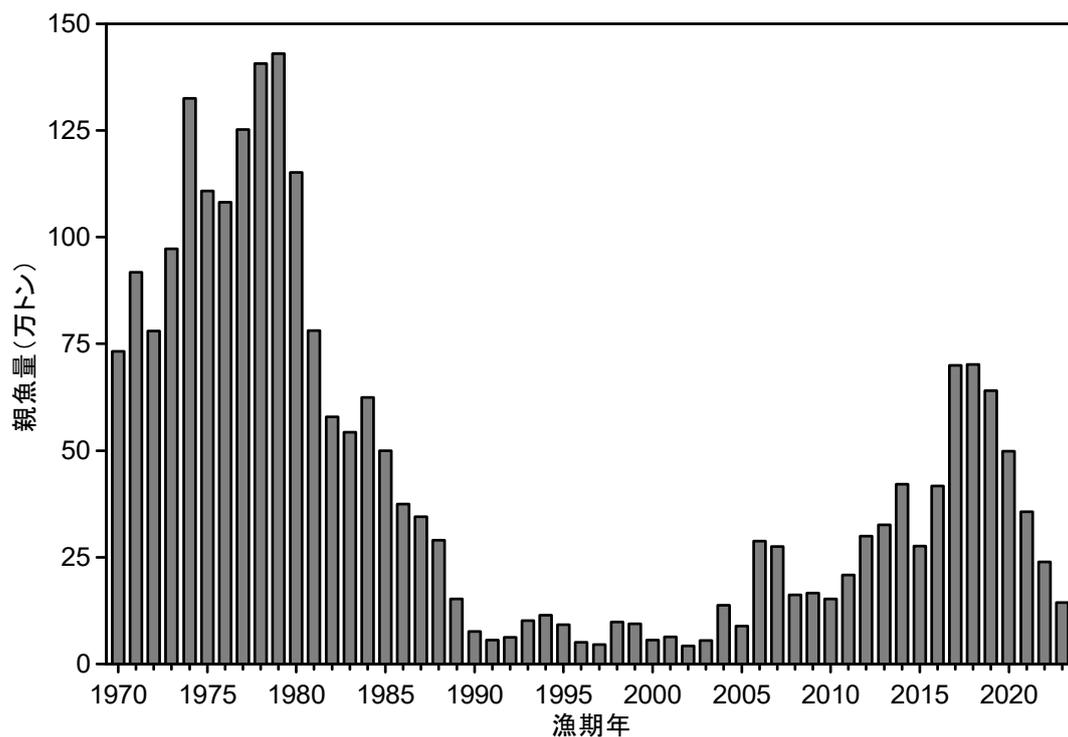


図 4-5. 親魚量の推移

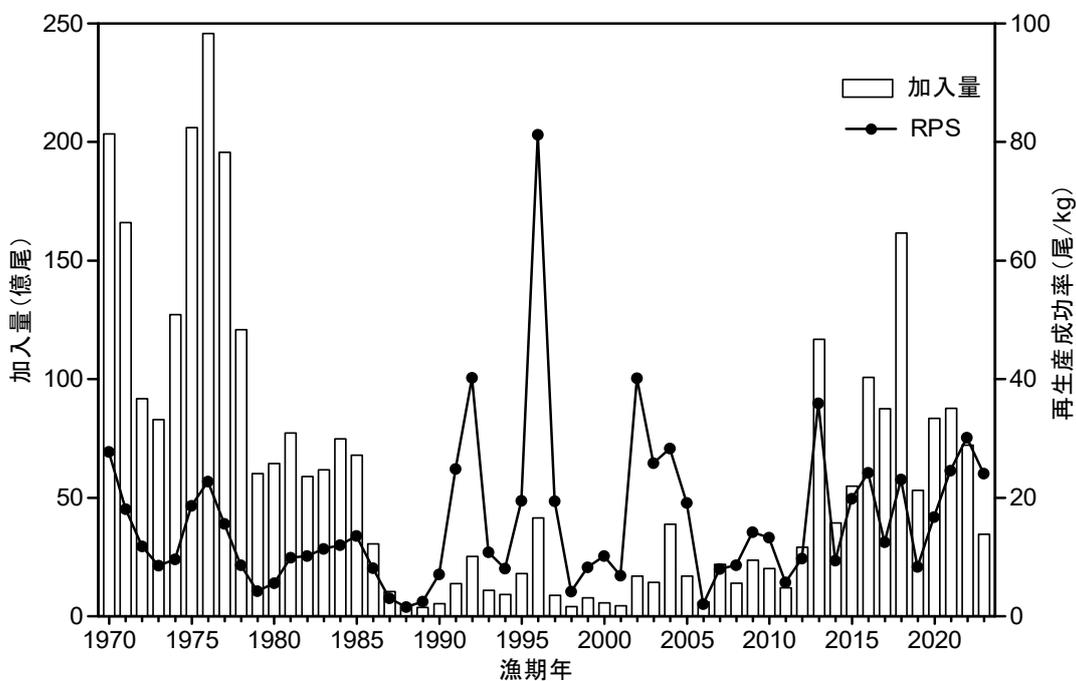


図 4-6. 加入量と再生産成功率 (RPS) の推移

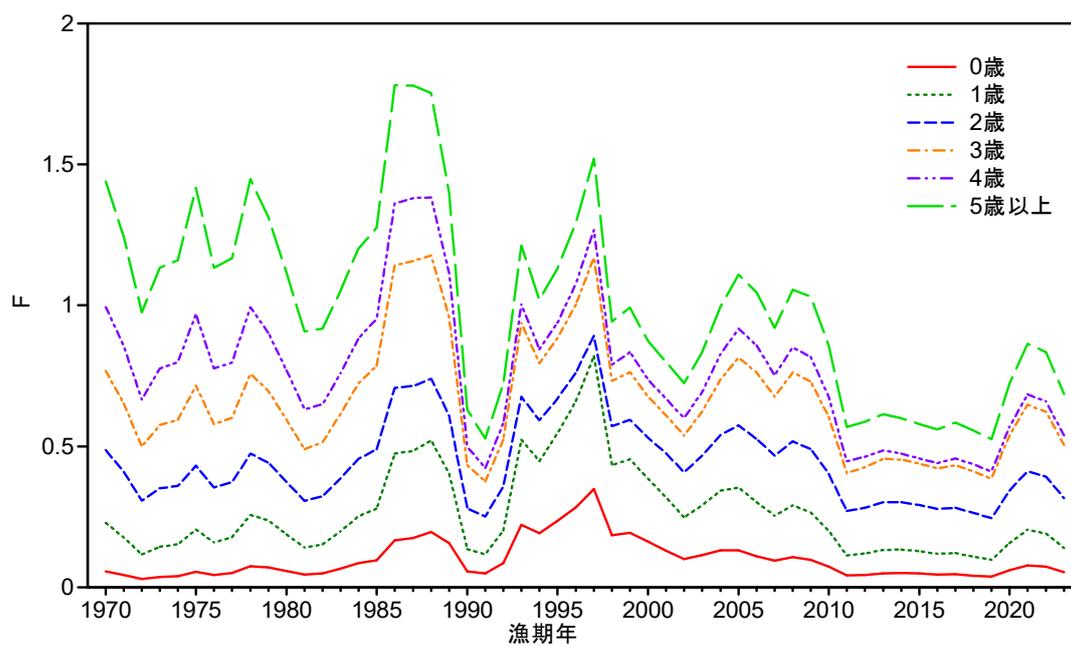


図 4-7. 年齢別漁獲係数 F の推移

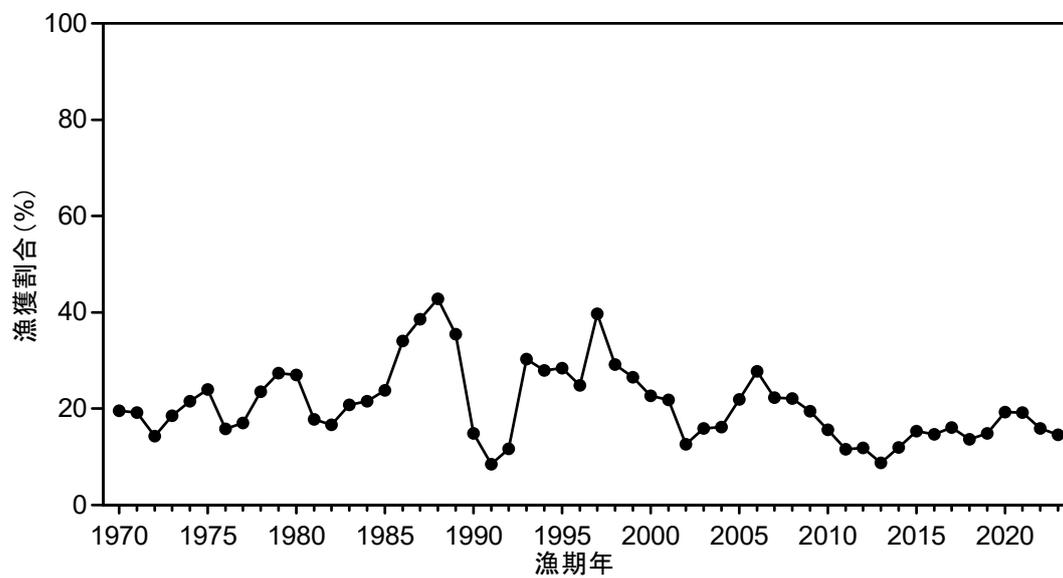


図 4-8. 漁獲割合の推移

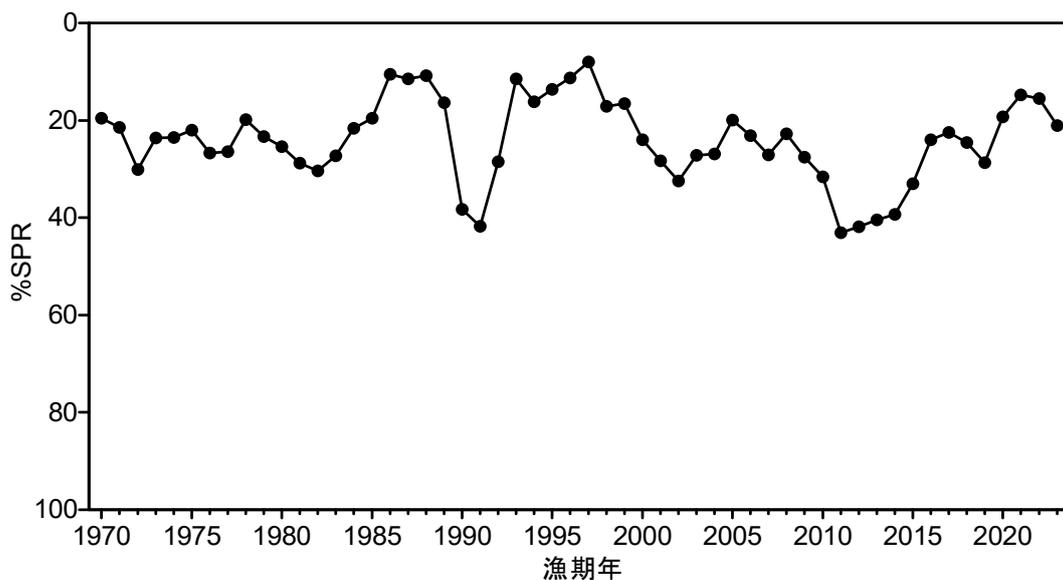


図 4-9. 各漁期年における%SPR 値の推移

%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。

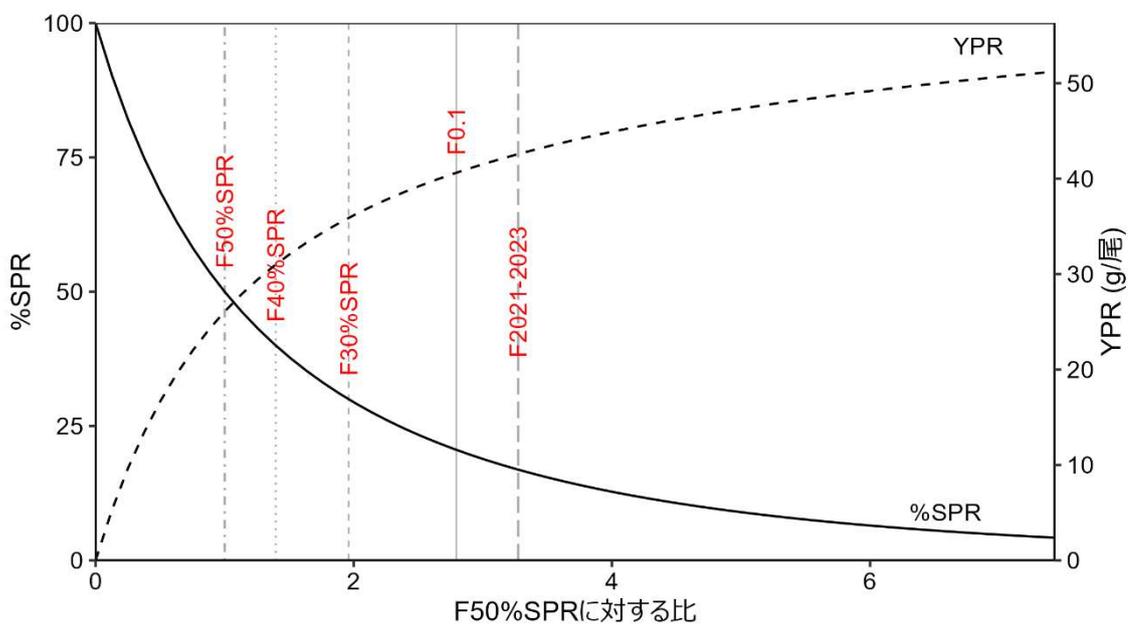


図 4-10. Fmsy proxy に対する YPR と%SPR の関係

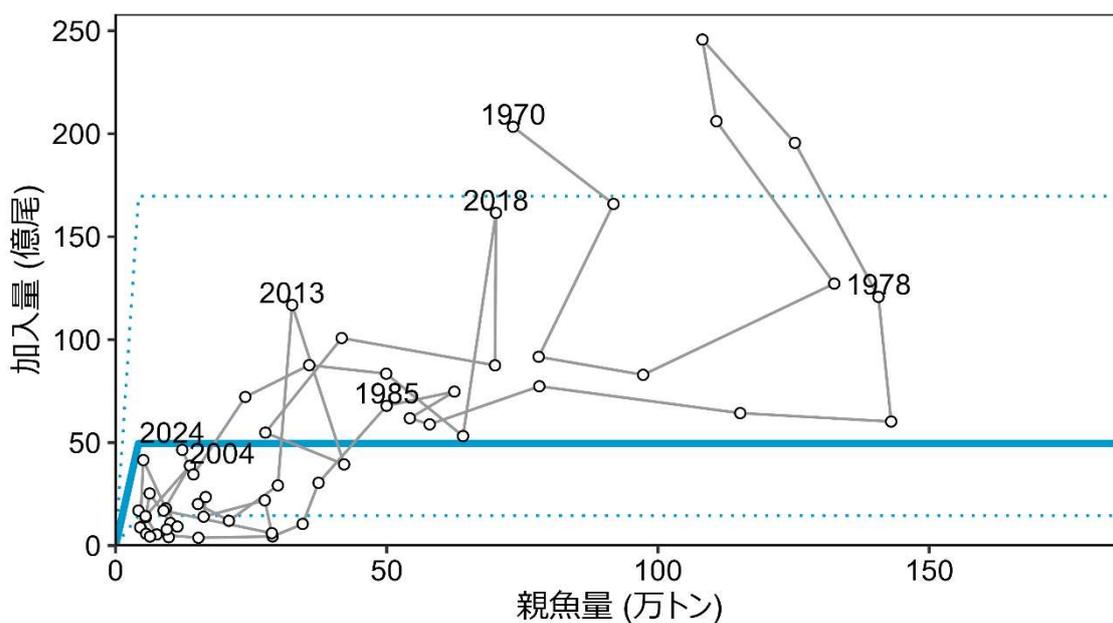


図 4-11. 親魚量と加入量の関係

折れ点の位置を過去の親魚量の最小値に固定したホッカー・スティック型再生産関係を使用し、点線は 90% 予測区間を示す。

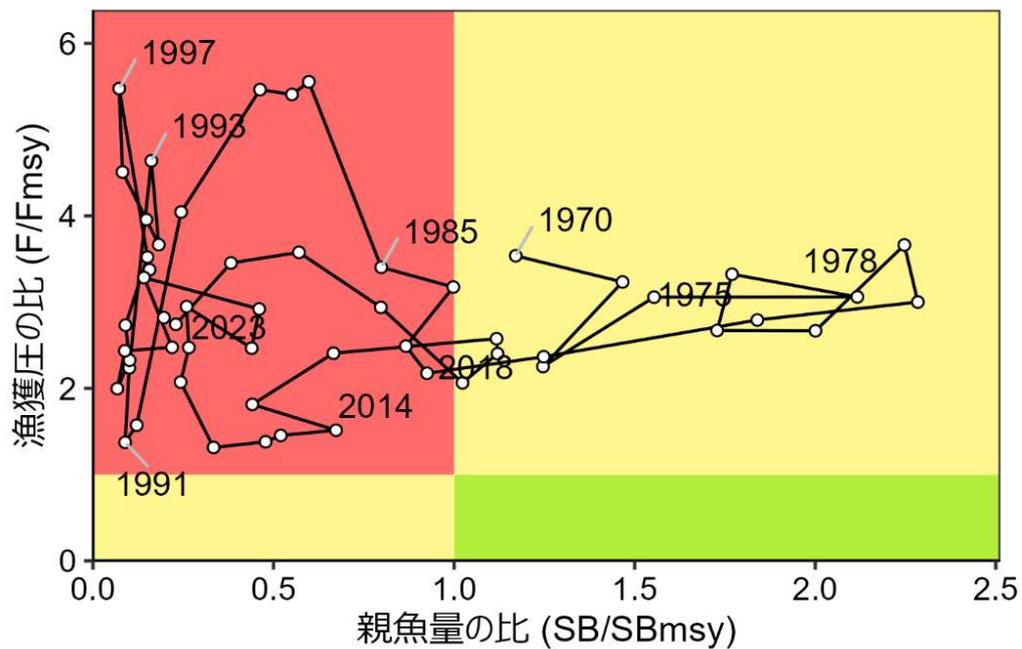


図 4-12. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy) と SBmsy proxy を維持する漁獲圧 (Fmsy proxy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

表 3-1. 漁業種別・海区別・国別漁獲量（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	
1970	865,471	833,471	32,000	-	733,494	25,319	52,415	4,072	18,171
1971	855,109	793,109	62,000	-	715,905	14,115	31,986	7,253	23,849
1972	845,177	722,572	122,604	-	626,753	12,463	47,507	7,414	28,435
1973	821,531	638,536	182,996	-	527,106	20,188	49,180	7,308	34,753
1974	889,406	649,406	240,000	-	529,706	24,345	47,244	4,535	43,577
1975	896,611	722,805	173,806	-	540,113	46,915	89,945	6,370	39,461
1976	715,078	570,435	144,643	-	345,519	29,261	154,132	5,468	36,055
1977	1,070,984	912,950	158,034	-	722,035	15,933	133,046	9,250	32,686
1978	1,427,837	1,207,487	220,350	-	974,295	17,734	177,393	3,942	34,123
1979	1,275,041	1,104,013	171,028	-	911,006	23,234	130,929	4,347	34,497
1980	637,015	589,399	47,616	-	454,159	15,900	73,075	3,342	42,924
1981	398,394	356,046	42,348	-	298,344	11,811	9,855	4,036	32,001
1982	347,229	317,275	29,954	-	254,320	10,854	35,196	6,325	10,580
1983	378,130	364,628	13,502	-	338,760	8,299	915	6,147	10,506
1984	542,636	513,119	29,517	-	479,173	13,738	4,723	5,473	10,011
1985	422,432	419,724	2,708	-	384,355	5,959	14,196	11,457	3,758
1986	626,925	585,023	41,902	-	540,716	6,263	16,253	12,343	9,448
1987	326,549	305,635	20,914	-	259,765	5,214	21,442	7,658	11,555
1988	258,616	250,914	7,703	-	223,576	5,053	7,095	9,851	5,338
1989	125,291	125,291	-	-	101,051	1,747	8,420	7,610	6,463
1990	27,767	27,767	-	-	7,886	3,615	2,088	6,784	7,395
1991	26,385	26,385	-	-	5,321	1,958	4,924	5,129	9,052
1992	81,493	81,493	-	-	46,727	20,165	2,505	4,766	7,329
1993	397,959	397,959	-	-	348,663	27,732	1,596	15,202	4,766
1994	117,336	117,336	-	-	76,263	23,039	1,757	12,011	4,267
1995	140,569	140,569	-	-	104,151	25,503	1,591	4,862	4,461
1996	269,122	269,122	-	-	217,419	35,861	43	3,655	12,145
1997	318,407	318,407	-	-	275,169	27,874	1,661	9,579	4,124
1998	114,796	114,796	-	-	99,789	10,079	436	3,052	1,440
1999	76,512	76,512	-	-	51,193	18,581	43	3,515	3,181
2000	91,192	91,192	-	-	72,102	15,236	0	2,275	1,579
2001	52,896	52,896	-	-	40,432	8,616	0	1,390	2,458
2002	46,745	46,745	-	-	35,753	8,492	44	1,476	979
2003	75,559	75,559	-	-	48,429	21,822	84	920	4,304
2004	181,144	181,144	-	-	143,135	29,665	189	6,257	1,898
2005	226,256	226,256	-	-	193,026	27,596	388	1,769	3,477
2006	245,091	245,091	-	-	202,515	35,291	2,950	2,492	1,842
2007	188,373	188,373	-	-	151,563	31,996	721	1,690	2,402
2008	176,360	176,360	-	-	144,864	25,159	1,065	2,701	2,571
2009	130,228	130,228	-	-	106,561	12,442	939	5,792	4,494
2010	127,877	127,877	-	-	103,747	14,642	2,540	4,127	2,821
2011	102,020	102,020	-	-	78,163	5,369	2,772	13,048	2,668
2012	125,645	125,645	-	-	102,865	7,611	2,105	9,020	4,044
2013	220,671	220,671	-	-	191,576	16,018	2,766	7,730	2,581
2014	303,965	282,318	36	21,612	233,560	17,620	2,939	23,936	4,263
2015	456,676	329,777	423	126,476	289,416	17,294	4,506	15,689	2,872
2016	465,121	330,043	9,242	125,835	262,463	18,122	1,605	39,720	8,133
2017	532,303	332,271	53,792	146,240	240,934	27,124	2,910	37,531	23,771
2018	513,074	300,773	98,812	113,489	165,742	39,197	3,805	54,727	37,302
2019	410,784	266,835	86,592	57,357	158,584	42,369	4,313	33,724	27,844
2020	438,792	279,005	81,384	78,403	164,757	45,043	3,287	43,120	22,797
2021	376,256	187,098	87,388	101,770	92,650	69,842	1,378	14,850	8,378
2022	231,495	98,459	49,894	83,142	28,985	57,721	559	2,817	8,377
2023	130,217	73,350	15,540	41,327	20,401	47,373	305	1,694	3,577

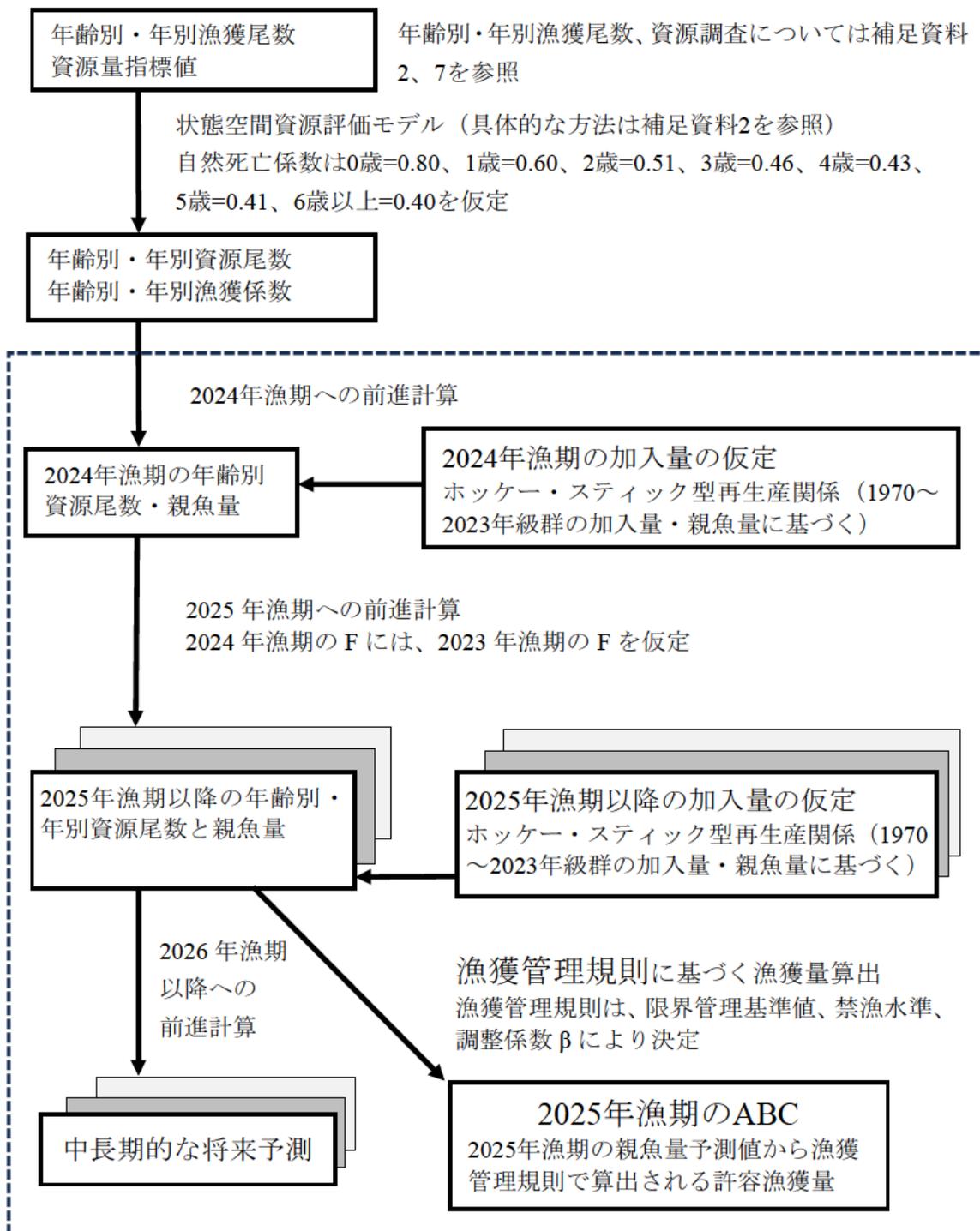
表 3-2. 年齢別漁獲尾数 (百万尾)

漁期年\年齢	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳以上
1970	834.2	1201.5	1037.3	364.9	127.5	48.9	41.4
1971	334.0	814.6	888.0	288.5	103.7	56.4	18.7
1972	29.0	1846.5	680.7	241.9	73.1	35.3	17.6
1973	93.2	647.1	1210.6	547.6	183.1	46.1	12.2
1974	351.1	182.0	794.1	993.8	310.1	26.4	4.4
1975	1254.2	387.9	560.1	617.5	391.2	164.6	45.9
1976	631.5	923.3	547.8	445.8	251.3	41.6	3.6
1977	539.0	2083.0	726.8	471.9	236.3	81.8	15.6
1978	1039.1	1255.8	1468.4	640.8	338.1	173.0	16.6
1979	208.2	1918.5	1312.2	644.7	158.4	80.2	12.8
1980	199.0	472.1	286.3	419.2	309.8	126.5	11.3
1981	266.2	184.5	142.0	148.7	193.9	114.8	13.4
1982	123.1	323.5	301.4	159.7	80.7	70.5	12.8
1983	250.4	284.1	440.2	225.4	76.2	43.6	23.2
1984	548.5	544.0	358.3	208.1	89.8	45.8	17.7
1985	377.7	397.6	252.5	189.9	74.5	38.3	21.4
1986	182.7	1336.0	554.8	275.9	78.9	27.7	9.1
1987	72.3	315.6	351.6	170.4	41.2	19.2	6.1
1988	66.9	106.5	252.8	253.1	26.4	4.1	1.7
1989	33.8	23.9	53.0	70.5	77.2	4.0	0.6
1990	28.7	6.0	6.0	10.6	6.3	4.2	0.8
1991	52.5	8.1	10.7	8.1	4.7	2.1	0.3
1992	296.7	10.7	13.1	12.0	6.5	10.3	8.0
1993	96.5	957.2	239.7	39.1	5.2	1.7	1.6
1994	128.0	98.1	98.0	28.4	4.8	1.7	1.9
1995	362.1	123.3	48.7	27.6	8.9	3.5	1.7
1996	1578.2	193.0	22.7	19.7	9.7	4.5	2.7
1997	147.2	884.6	60.9	13.3	6.3	3.8	2.3
1998	31.6	68.6	177.4	13.2	1.1	0.3	0.1
1999	144.6	17.2	24.1	40.6	10.1	1.3	0.4
2000	251.8	85.5	13.3	10.8	13.6	0.8	0.3
2001	7.1	68.8	40.1	5.3	3.8	3.0	2.4
2002	243.8	16.6	5.9	6.5	3.6	3.2	1.9
2003	65.7	205.6	32.3	6.5	2.0	1.1	1.0
2004	767.1	86.7	72.0	11.4	4.3	1.4	1.3
2005	41.5	522.9	52.7	32.0	13.2	0.9	1.1
2006	6.3	61.5	376.3	24.9	7.5	1.8	0.5
2007	424.9	53.2	69.5	157.1	3.7	0.8	0.2
2008	59.6	274.9	46.7	44.4	51.1	3.1	1.3
2009	173.8	34.7	127.1	23.5	13.1	15.0	1.3
2010	79.7	162.9	54.0	37.3	9.2	5.7	0.6
2011	28.0	88.2	87.3	21.3	6.6	2.1	0.1
2012	62.7	51.9	90.3	66.4	20.9	4.0	0.6
2013	296.6	247.8	75.5	76.5	25.1	5.0	2.3
2014	131.3	755.6	255.7	60.4	15.0	15.8	0.7
2015	307.8	228.0	1282.4	98.0	17.7	10.3	9.4
2016	376.7	325.5	277.2	929.9	29.3	15.0	12.2
2017	346.6	630.1	273.9	358.4	481.7	42.9	11.9
2018	452.6	159.6	277.4	282.9	328.6	212.7	35.4
2019	84.9	271.2	220.2	174.0	163.3	94.6	159.8
2020	366.1	152.5	479.3	300.2	125.1	85.4	94.4
2021	366.2	342.4	364.0	229.4	103.0	57.5	70.5
2022	335.5	369.3	169.9	143.5	65.0	30.1	34.8
2023	129.0	145.5	140.2	73.9	32.0	26.1	19.3

表 4-1. SAM による解析結果（漁獲量は解析による推定値であり実漁獲量と異なる）

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
1970	83.8	438.3	73.3	203.36	27.8	19.6	19.61	3.54
1971	87.3	462.1	91.8	165.90	18.1	19.2	21.47	3.23
1972	66.2	470.6	78.0	91.66	11.7	14.3	30.08	2.25
1973	79.5	435.7	97.3	82.90	8.5	18.5	23.63	3.06
1974	88.0	414.0	132.5	127.19	9.6	21.5	23.54	3.06
1975	88.4	372.3	110.8	206.07	18.6	24.0	22.05	3.32
1976	73.5	475.3	108.2	245.74	22.7	15.8	26.75	2.67
1977	98.4	588.4	125.2	195.57	15.6	17.0	26.48	2.67
1978	139.9	601.4	140.6	120.75	8.6	23.5	19.89	3.66
1979	103.7	381.6	143.0	60.22	4.2	27.4	23.34	3.00
1980	61.9	231.5	115.2	64.31	5.6	27.0	25.36	2.79
1981	41.9	240.5	78.1	77.34	9.9	17.8	28.80	2.37
1982	37.8	230.8	57.9	58.85	10.2	16.7	30.35	2.18
1983	38.9	189.8	54.2	61.80	11.4	20.8	27.29	2.49
1984	51.4	242.0	62.5	74.76	12.0	21.6	21.61	3.17
1985	48.0	204.1	50.0	67.86	13.6	23.8	19.60	3.40
1986	52.2	154.0	37.4	30.45	8.1	34.0	10.54	5.55
1987	37.0	96.4	34.5	10.47	3.0	38.5	11.49	5.41
1988	24.5	57.3	29.0	4.40	1.5	42.8	10.79	5.46
1989	10.9	31.0	15.3	3.76	2.5	35.4	16.38	4.04
1990	3.3	23.0	7.6	5.37	7.1	14.9	38.31	1.57
1991	3.0	36.6	5.6	13.84	24.8	8.5	41.74	1.37
1992	7.0	61.3	6.3	25.28	40.2	11.7	28.50	2.24
1993	19.4	64.3	10.1	10.92	10.8	30.3	11.50	4.64
1994	12.1	43.7	11.4	9.20	8.1	28.0	16.14	3.67
1995	12.2	43.4	9.3	18.02	19.5	28.4	13.65	3.96
1996	17.4	70.6	5.1	41.50	81.2	24.9	11.28	4.51
1997	27.2	68.0	4.5	8.82	19.4	39.7	8.00	5.48
1998	10.4	35.9	9.8	4.05	4.1	29.2	17.16	3.38
1999	7.6	29.1	9.4	7.82	8.3	26.5	16.51	3.52
2000	5.6	25.2	5.6	5.72	10.1	22.7	24.03	2.73
2001	3.9	18.3	6.3	4.35	6.9	21.8	28.33	2.33
2002	3.7	29.8	4.2	16.97	40.2	12.6	32.48	2.00
2003	6.0	38.1	5.5	14.24	25.8	15.9	27.16	2.44
2004	12.8	79.8	13.7	38.75	28.3	16.2	26.95	2.48
2005	18.5	84.8	8.8	16.94	19.1	21.9	19.91	3.28
2006	22.1	79.9	28.8	5.99	2.1	27.7	23.15	2.92
2007	15.5	69.6	27.5	21.94	8.0	22.3	27.10	2.47
2008	15.0	68.1	16.2	13.99	8.6	22.1	22.78	2.95
2009	14.2	73.1	16.6	23.55	14.2	19.5	27.52	2.47
2010	12.5	80.1	15.2	20.14	13.3	15.7	31.60	2.07
2011	10.4	90.0	20.9	12.01	5.7	11.6	43.07	1.31
2012	13.3	113.3	29.9	29.18	9.8	11.8	41.89	1.38
2013	21.7	250.8	32.6	116.82	35.9	8.7	40.49	1.45
2014	29.9	252.6	42.1	39.40	9.4	11.9	39.29	1.51
2015	42.2	276.0	27.6	54.82	19.8	15.4	33.05	1.81
2016	48.0	329.0	41.7	100.77	24.2	14.6	24.02	2.41
2017	46.7	292.0	70.0	87.51	12.5	16.1	22.51	2.58
2018	44.9	331.5	70.1	161.57	23.0	13.6	24.60	2.40
2019	37.7	254.5	64.1	53.16	8.3	14.9	28.73	2.06
2020	44.7	233.0	49.9	83.46	16.7	19.3	19.27	2.94
2021	38.9	204.1	35.7	87.61	24.5	19.2	14.78	3.58
2022	27.5	175.1	23.9	72.15	30.2	15.9	15.55	3.45
2023	17.6	122.2	14.4	34.53	24.0	14.6	21.11	2.74

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は管理基準値等に関する研究機関会議における漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。

補足資料 2 計算方法

(1) 資源計算方法

状態空間資源評価モデル (SAM; Nielsen and Berg 2014) により年齢別資源尾数および年齢別漁獲係数を推定した (補足表 2-1)。7 月～翌年 6 月の漁期年単位とし、親魚は 6 月に産卵、子は 7 月に漁獲加入すると仮定した。年齢別漁獲尾数は、宮崎県～北海道太平洋側における主要漁業および外国による漁獲物について求めた。6 歳以上はまとめて 6+ 歳 (プラスグループ) とした。2014～2022 年漁期における、中国とロシアの年齢別漁獲尾数は、NPFC のマサバ資源評価作業部会で共有・合意されたデータを使用した (NPFC 2024)。2023 年漁期の中国とロシアの年齢別漁獲尾数は現時点で不明であるので、以下の手順で計算した。

- 1) 2023 年上半期のマサバ漁獲量を中国とロシアそれぞれが NPFC マサバ資源評価作業部会に提出した年齢別漁獲尾数と年齢別体重を掛け合わせて求めた。
- 2) 2023 年下半期の漁獲量は、NPFC の Annual Footprint の 2023 年の値から (1) で求めた上半期の漁獲量を引いたものとした。この際、中国はゴマサバを獲っているマサバ・ゴマサバ比を考慮するが、2023 年の値はゴマサバの報告 (<https://www.npfc.int/blue-mackerel-species-summary-0>) を参考に、2020～2022 年の平均に等しいと仮定した。
- 3) 2024 年上半期についての漁獲量は、2020-2022 年漁期について前半 (7～12 月) に対する後半 (1～6 月) の比の平均を求め、(2) で求めた 2023 年下半期の漁獲量を掛けて算出した。
- 4) 2023 年漁期の四半期別の年齢別体重は過去 3 年平均とし、漁獲尾数の年齢構成 (各年齢の割合) も 2020～2023 年の平均と同じと仮定して、(2) と (3) で求めた漁獲量と一致するように年齢別漁獲尾数を求めた。
- 5) 四半期を足し合わせて、2023 年漁期の年齢別漁獲尾数を求めた。

年齢別体重、年齢別成熟割合、自然死亡係数 (M) は基本的に、NPFC マサバ資源評価作業部会 (NPFC 2024) で合意されたものを使用した。ただし、2023 年漁期の中国とロシアの年齢別体重は不明なので、日本の漁獲物の平均を使用した。年齢別成熟割合は、日本の資源評価で使われていた値を NPFC で使うことになっているので昨年度評価からの変更はない。自然死亡係数 M は年齢別の値として、以下を用いた： 0 歳：0.80、1 歳：0.60、2 歳：0.51、3 歳：0.46、4 歳：0.43、5 歳：0.41、6+ 歳：0.40)。

年齢別資源尾数の個体群動態は以下で表される。

$$\log(N_{0,y}) = \log(R_0) + \varphi[\log(N_{0,y-1}) - \log(R_0)] + \eta_{0,y}, \quad (1)$$

$$\log(N_{a,y}) = \log(N_{a-1,y-1}) - F_{a-1,y-1} - M_{a-1,y-1} + \eta_{a,y}, \quad 1 \leq a \leq 5 \quad (2)$$

$$\log(N_{6+,y}) = \log(N_{5,y-1}e^{-F_{5,y-1}-M_{5,y-1}} + N_{6+,y-1}e^{-F_{6+,y-1}-M_{6+,y-1}}) + \eta_{6+,y}, \quad (3)$$

MSY 管理基準値を求めるために、HS 型再生産関係の適用を検討したが、生物パラメー

タの不確実性等により頑健な MSY 管理基準値の推定が困難であったことから、本資源に対しては MSY 管理基準値の代替値を使用する 1B ルールを適用した (西嶋ほか 2024)。1B ルールでは、加入量が一定であることを仮定するので、整合性をとるために、SAM の個体群動態も加入量が一定の値 (R_0) の周りに変動し、その変動が 1 次の自己相関を持つことを仮定した (式 1)。HS 型再生産関係を適用した SAM の結果を補足資料 12 に示した。また、SAM では 1 歳魚以上の個体群動態にも過程誤差 ($\eta_{a,y}$) が含まれている。NPFC マサバ作業部会での解析結果に基づき (NPFC 2024)、過程誤差は、0 歳と 1 歳魚以上で異なる分散をもつことを仮定した： $\eta_{0,y} \sim N(0, \omega_R^2)$, $\eta_{a,y} \sim N(0, \omega_{S,a}^2)$ ($a > 0$)。年齢別漁獲係数は多変量正規分布によるランダムウォークを仮定する。

$$\log(F_y) = \log(F_{y-1}) + \xi_y, \quad (4)$$

ここで $F_y = (F_{1,y}, \dots, F_{A-1,y})^T$ 、 $\xi_y \sim MVN(0, \Sigma)$ であり、 Σ は多変量正規分布における分散共分散行列である。直交成分は σ_a^2 とし、隣り合う年齢間の共分散は相関係数 ρ を用いて、 $\rho^{|a-a'|} \sigma_a \sigma_{a'}$ ($a \neq a'$) と仮定した。最高齢のプラスグループの F については、VPA と同じく $F_{6+,y} = F_{5,y}$ を仮定した。

年齢別漁獲尾数は

$$\log(C_{a,y}) = \log\left(\frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M_{a,y}} (1 - \exp(-F_{a,y} - M_{a,y})) N_{a,y}\right) + \varepsilon_{a,y} \quad (5)$$

で表され、観測誤差は $\varepsilon_{a,y} \sim N(0, \tau_a^2)$ として正規分布を仮定した。また資源量指標値 (補足表 2-2 および補足資料 9 を参照のこと) は

$$\log(I_{k,y}) = \log(q_r X_y^{b_k}) + \eta_{k,y}, \quad (6)$$

で表され、観測誤差は $\eta_{k,y} \sim N(0, \nu_k^2)$ として正規分布を仮定した。NPFC のマサバ作業部会における AIC 規準に基づくモデル選択の結果から、パラメータに以下の制約を課した。

- 漁獲死亡係数のプロセスエラーの標準偏差はある年齢間で共通すると仮定

$$\sigma_0 = \sigma_1, \sigma_2 = \sigma_3 = \dots = \sigma_{A-1}, \quad (7)$$

- 年齢別漁獲尾数の観測誤差の標準偏差がある年齢間で共通すると仮定

$$\tau_0 = \tau_1, \tau_2 = \tau_3, \tau_4 = \tau_5 \quad (8)$$

- 北上期標準化 CPUE と秋季 0 歳標準化 CPUE と秋季 1 歳標準化 CPUE の非線形係数と観測誤差の大きさは共通すると仮定

$$\nu_1 = \nu_2 = \nu_3. \quad (9)$$

$$b_1 = b_2 = b_3 \quad (10)$$

- たもすくい標準化 CPUE と標準化産卵量と中国まき網 CPUE は線形関係を仮定

$$b_3 = b_4 = b_6 = 1 \quad (11)$$

解析は R パッケージの TMB (Kristensen et al. 2016) および frksam (version 1.0.2, <https://github.com/ShotaNishijima/frksam/releases/tag/v1.0.2>) を用いて行った。ランダム効果は対数スケールで推定されるため、TMB で実装されている資源尾数や漁獲係数の平均値のバイアス補正を行った (Thorson and Kristensen 2016)。SAM の設定については、西嶋ほか (2024) に詳しい。

SAM によって推定された資源量、親魚量、加入量、漁獲割合の結果を補足図 2-1 に示す。なお、資源量に対する漁獲量の比である漁獲割合の計算に際して、漁獲量には SAM で推定された年齢別漁獲尾数と生物測定から求めた年齢別体重 (補足表 2-1) の積和を使用した。固定効果のパラメータの勾配は十分に 0 に近く、標準誤差も適切に推定されていた (補足表 2-3)。また、パラメータの初期値を変化させたジッタ解析やプロファイル尤度解析 (補足図 2-2) も行い、大域解に収束していることを確認した。レトロスペクティブ解析の結果、資源量や加入量にやや過大バイアスが見られた (補足図 2-3)。各指標値に対する当てはまりは全般には良いものの (補足図 2-4)、たもすくい標準化 CPUE において残差に時間的な傾向が見られた (補足図 2-5)。年齢別漁獲尾数における 1 ステップ予測残差 (one step ahead residual) を補足図 2-6 に示す。1 ステップ予測残差は、時系列解析において、ある時点までのデータを使用して次のステップの観測値を予測し、その予測値と実際の観測値との差を残差としたものである。これにより、時系列解析における逐次的な予測精度やデータ再現性の検証が可能となる。また、1 ステップ予測残差は、自己相関構造やモデルの適合性、構造的な誤差の評価にも用いられる。例えば、今回の解析では、たもすくい標準化 CPUE において 1 ステップ予測残差の自己相関が見られることが示された (補足図 2-5)。さらに、1 ステップ予測残差の QQ プロットを図示した結果、いくつかのデータにおいて、期待よりも小さな残差を持つ傾向が明らかになった (補足図 2-7)。各資源量指標を除き、資源量等の推定値を比較したところ (leave-one-out index analysis)、北上期標準化 CPUE を除くと加入量のパターンが変わるものの、それ以外の推定値は各指標の除去に対して頑健であった (補足図 2-8)。年齢別漁獲尾数の過程誤差は 0 歳で大きかった一方で、2018 年級以降において 1 歳魚以上の過程誤差が負になることが多かった (補足図 2-9)。最後に、年齢別漁獲尾数および資源量指標値の予測値と標準偏差からブートストラップデータを 100 個生成し、それぞれに対して同じモデルを当てはめた。その結果、資源量等のブートストラップ推定値はおおむね元データにおける点推定値と一致した (補足図 2-10)。

引用文献

- Kristensen, K., A. Nielsen, C. W. Berg, H. Skaug and B. M. Bell (2016) TMB: Automatic differentiation and laplace approximation. *J. Stat. Softw.*, **70**, 1–21.
- Nielsen, A. and C. W. Berg (2014) Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models. *Fish. Res.*, **158**, 96–101.
- Nishijima, S., M. Ichinokawa, A. Manabe, K. Oshima and J. Rice (2024) Base case stock assessment for chub mackerel in Northwest Pacific Ocean in 2024. NPFC-2024-TWG CMSA09-WP03 (Rev.1) (Available at www.npfc.int).

- 西嶋翔太・由上龍嗣・上村泰洋・井須小羊子・古市 生・渡部亮介・東口胤成 (2024) 令和5 (2023) 年度マサバ太平洋系群の資源評価の参考資料 (暫定的な状態空間資源評価モデルによる試算結果). FRA-SA2023-SC12-103. 水産研究・教育機構, 横浜, 8pp.
- NPFC (2023) Scientific Committee 8th Meeting Report. NPFC-2023-SC08-Final Report. pp 291 pp. (Available at www.npfc.int)
- NPFC (2024) North Pacific Fisheries Commission 9th Meeting of Technical Working Group on Chub Mackerel Stock Assessment. NPFC-2024-TWG CMSA09-Final Report. 52 pp. (available at <https://www.npfc.int>)
- Thorson, J. T. 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.

補足表 2-1. SAM による計算結果の詳細

年齢別漁獲尾数 (百万尾)													
年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
0歳	764.5	483.6	180.8	203.8	343.6	765.7	737.3	667.4	605.1	285.1	249.7	234.2	195.9
1歳	1,128.9	988.2	807.3	538.8	408.3	742.7	899.4	1,391.0	1,527.8	725.0	305.4	272.3	358.6
2歳	908.8	794.1	742.0	1,218.8	759.3	618.1	602.9	831.9	1,501.7	1,153.1	345.4	185.3	301.9
3歳	372.7	323.5	288.1	584.3	860.1	622.2	428.6	477.6	646.4	735.8	485.8	167.2	155.0
4歳	165.4	116.4	95.0	147.7	295.4	348.2	224.2	241.7	278.9	226.5	285.8	183.5	85.7
5歳	55.7	52.4	36.2	45.3	46.2	128.0	70.1	85.9	124.9	80.5	87.9	101.7	79.5
6歳以上	62.0	19.0	13.5	14.3	12.8	16.6	18.6	20.3	25.2	22.6	17.4	20.5	31.6
計	3,458.2	2,777.1	2,162.9	2,753.1	2,725.7	3,241.5	2,981.0	3,715.8	4,710.0	3,228.5	1,777.3	1,164.6	1,208.2
年齢別漁獲重量 (万トン)													
年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
0歳	5.78	3.10	1.41	2.05	2.43	3.48	5.60	5.99	5.86	2.00	1.54	2.50	2.21
1歳	21.25	20.07	18.24	12.68	9.64	13.58	13.82	25.89	39.87	15.87	4.99	5.75	8.35
2歳	26.19	30.56	25.13	34.81	25.06	20.53	17.47	25.37	46.24	36.59	11.46	5.96	8.33
3歳	15.05	17.83	13.23	20.67	33.50	26.66	19.40	21.51	25.69	31.69	21.76	7.35	6.80
4歳	8.79	9.44	5.62	6.55	14.29	16.85	11.88	13.60	14.36	12.14	15.56	11.51	4.99
5歳	3.65	5.58	2.67	2.77	3.23	7.26	4.78	5.74	7.50	5.21	5.93	7.44	5.42
6歳以上	4.54	2.36	1.14	1.30	1.21	1.28	1.70	1.72	2.25	1.67	1.66	2.19	2.40
計	85.25	88.94	67.45	80.82	89.35	89.65	74.65	99.81	141.77	105.18	62.91	42.70	38.50
漁獲割合	19.6%	19.2%	14.3%	18.5%	21.5%	24.0%	15.8%	17.0%	23.5%	27.4%	27.0%	17.8%	16.7%
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	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
0歳	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.06	0.04	0.05	0.08	0.07	0.06	0.04	0.05
1歳	0.23	0.18	0.12	0.14	0.15	0.20	0.16	0.18	0.26	0.24	0.19	0.14	0.15
2歳	0.49	0.41	0.31	0.35	0.36	0.43	0.35	0.37	0.47	0.44	0.37	0.31	0.32
3歳	0.77	0.65	0.50	0.58	0.59	0.72	0.58	0.60	0.76	0.70	0.59	0.49	0.52
4歳	0.99	0.85	0.67	0.78	0.80	0.97	0.78	0.80	0.99	0.90	0.77	0.63	0.65
5歳	1.44	1.24	0.98	1.13	1.16	1.42	1.13	1.17	1.45	1.31	1.12	0.91	0.92
6歳以上	1.44	1.24	0.98	1.13	1.16	1.42	1.13	1.17	1.45	1.31	1.12	0.91	0.92
平均 (Fbar)	0.77	0.66	0.51	0.59	0.61	0.74	0.60	0.62	0.78	0.71	0.60	0.49	0.50
F/Fmsy	3.54	3.23	2.25	3.06	3.06	3.32	2.67	2.67	3.66	3.00	2.79	2.37	2.18
%SPR	19.61	21.47	30.08	23.63	23.54	22.05	26.75	26.48	19.89	23.34	25.36	28.80	30.35
年齢別資源尾数 (百万尾)													
年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
0歳	20,336	16,590	9,166	8,290	12,719	20,607	24,574	19,557	12,075	6,022	6,431	7,734	5,885
1歳	7,254	8,048	9,625	5,319	3,812	5,277	8,048	11,287	8,843	4,509	2,345	2,726	3,345
2歳	2,948	2,970	3,528	5,181	3,157	2,208	2,541	3,357	4,974	4,048	1,391	883	1,375
3歳	843	823	898	1,629	2,343	1,479	1,191	1,289	1,476	1,783	1,323	528	471
4歳	312	242	235	328	642	667	497	526	526	454	638	472	216
5歳	85	86	69	78	79	197	121	146	190	129	154	202	157
6歳以上	94	31	26	25	22	25	32	34	38	36	30	41	62
計	31,873	28,789	23,545	20,849	22,775	30,460	37,004	36,198	28,122	16,980	12,313	12,587	11,510
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	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
0歳	153.7	106.4	71.3	83.4	89.9	93.7	186.5	175.6	116.9	42.3	39.8	82.5	66.4
1歳	136.6	163.4	217.4	125.2	90.0	96.5	123.7	210.1	230.8	98.7	38.4	57.6	77.9
2歳	84.9	114.3	119.5	148.0	104.2	73.3	73.6	102.4	153.1	128.5	46.2	28.4	38.0
3歳	34.0	45.3	41.3	57.6	91.3	63.4	53.9	58.0	58.7	76.8	59.3	23.2	20.6
4歳	16.6	19.6	13.9	14.5	31.1	32.3	26.4	29.6	27.1	24.3	34.7	29.6	12.6
5歳	5.6	9.2	5.1	4.8	5.5	11.2	8.3	9.8	11.4	8.3	10.4	14.8	10.7
6歳以上	6.9	3.9	2.2	2.2	2.1	2.0	2.9	2.9	3.4	2.7	2.9	4.3	4.7
計	438.3	462.1	470.6	435.7	414.0	372.3	475.3	588.4	601.4	381.6	231.5	240.5	230.8
親魚量	73.3	91.8	78.0	97.3	132.5	110.8	108.2	125.2	140.6	143.0	115.2	78.1	57.9
RPS(尾/kg)	27.8	18.1	11.7	8.5	9.6	18.6	22.7	15.6	8.6	4.2	5.6	9.9	10.2
年齢別体重 (g)													
年齢\漁期年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
0歳	76	64	78	101	71	45	76	90	97	70	62	107	113
1歳	188	203	226	235	236	183	154	186	261	219	164	211	233
2歳	288	385	339	286	330	332	290	305	308	317	332	322	276
3歳	404	551	459	354	390	429	453	450	397	431	448	439	439
4歳	532	811	592	443	484	484	530	563	515	536	544	628	583
5歳	655	1,066	737	611	699	567	683	668	601	648	675	732	681
6歳以上	731	1,242	843	908	946	768	917	847	893	738	954	1,067	758

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (百万尾)													
年齢\漁期年	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	271.7	424.0	432.7	324.4	117.3	54.4	37.9	20.1	46.4	144.0	151.3	112.1	264.3
1歳	351.1	427.1	549.1	889.1	388.8	128.1	34.2	12.6	15.6	80.3	333.1	105.0	92.1
2歳	404.7	352.1	298.1	502.8	426.1	217.4	51.5	8.4	11.5	19.8	151.5	98.2	49.8
3歳	229.1	231.9	202.2	227.8	174.3	230.3	67.1	12.8	7.1	11.3	29.3	36.5	34.0
4歳	86.9	102.6	83.5	85.6	41.7	32.3	47.9	8.2	6.4	4.8	6.5	7.0	11.6
5歳	43.3	41.5	36.9	29.8	17.5	6.1	5.0	5.5	3.1	6.1	2.5	1.7	3.0
6歳以上	33.3	20.8	14.6	11.8	5.2	2.6	1.0	0.7	1.7	2.9	4.0	1.4	1.0
計	1,420.1	1,600.0	1,617.1	2,071.4	1,170.9	671.3	244.5	68.3	91.8	269.0	678.1	361.8	455.8
年齢別漁獲重量 (万トン)													
年齢\漁期年	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	2.10	5.09	3.53	3.18	1.01	0.92	0.79	0.34	0.79	2.06	2.17	1.63	2.79
1歳	7.02	9.54	13.24	17.72	9.48	3.26	1.11	0.46	0.48	2.32	9.47	3.08	3.74
2歳	12.42	12.75	11.21	14.12	14.31	7.42	2.19	0.49	0.56	0.84	5.57	4.67	2.36
3歳	9.21	12.69	9.88	9.27	7.78	10.12	3.60	0.85	0.41	0.60	1.26	2.11	2.13
4歳	4.13	6.73	6.19	4.90	2.69	2.11	2.87	0.68	0.42	0.36	0.46	0.46	0.94
5歳	2.50	3.19	3.15	2.25	1.46	0.54	0.41	0.53	0.24	0.60	0.23	0.16	0.27
6歳以上	2.15	2.06	1.37	1.12	0.57	0.28	0.10	0.07	0.17	0.32	0.45	0.16	0.09
計	39.52	52.05	48.57	52.56	37.30	24.65	11.06	3.42	3.06	7.09	19.60	12.27	12.32
漁獲割合	20.8%	21.6%	23.8%	34.0%	38.5%	42.8%	35.4%	14.9%	8.5%	11.7%	30.3%	28.0%	28.4%
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	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	0.07	0.09	0.10	0.17	0.18	0.20	0.16	0.06	0.05	0.09	0.22	0.19	0.24
1歳	0.20	0.25	0.28	0.47	0.48	0.52	0.40	0.14	0.12	0.20	0.52	0.45	0.55
2歳	0.39	0.46	0.49	0.71	0.71	0.74	0.61	0.28	0.25	0.36	0.68	0.59	0.67
3歳	0.61	0.72	0.79	1.14	1.16	1.18	0.96	0.43	0.38	0.52	0.94	0.79	0.88
4歳	0.76	0.88	0.95	1.36	1.38	1.38	1.11	0.50	0.42	0.58	1.00	0.84	0.94
5歳	1.05	1.20	1.28	1.78	1.78	1.75	1.40	0.63	0.53	0.72	1.21	1.02	1.13
6歳以上	1.05	1.20	1.28	1.78	1.78	1.75	1.40	0.63	0.53	0.72	1.21	1.02	1.13
平均 (Fbar)	0.59	0.69	0.74	1.06	1.07	1.07	0.86	0.38	0.32	0.46	0.83	0.70	0.79
F/Fmsy	2.49	3.17	3.40	5.55	5.41	5.46	4.04	1.57	1.37	2.24	4.64	3.67	3.96
%SPR	27.29	21.61	19.60	10.54	11.49	10.79	16.38	38.31	41.74	28.50	11.50	16.14	13.65
年齢別資源尾数 (百万尾)													
年齢\漁期年	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	6,180	7,476	6,786	3,045	1,047	440	376	537	1,384	2,528	1,092	920	1,802
1歳	2,569	2,515	2,955	3,057	1,315	409	135	131	185	580	1,059	379	283
2歳	1,583	1,206	963	1,229	1,034	515	140	43	65	82	382	273	127
3歳	608	546	450	400	304	398	131	45	28	34	58	81	70
4歳	195	209	162	135	65	51	85	25	23	13	12	15	23
5歳	78	70	60	41	24	9	8	14	9	14	4	3	5
6歳以上	60	35	24	16	7	4	1	2	5	7	7	3	2
計	11,275	12,056	11,399	7,924	3,797	1,824	876	797	1,699	3,258	2,614	1,673	2,311
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	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	47.7	89.8	55.3	29.8	9.0	7.4	7.8	9.1	23.4	36.2	15.6	13.4	19.0
1歳	51.4	56.2	71.2	60.9	32.0	10.4	4.4	4.8	5.7	16.7	30.1	11.1	11.5
2歳	48.6	43.7	36.2	34.5	34.7	17.6	6.0	2.5	3.2	3.5	14.1	13.0	6.0
3歳	24.4	29.9	22.0	16.3	13.6	17.5	7.0	3.0	1.6	1.8	2.5	4.7	4.4
4歳	9.3	13.7	12.0	7.7	4.2	3.3	5.1	2.1	1.5	1.0	0.9	1.0	1.8
5歳	4.5	5.3	5.1	3.1	2.0	0.8	0.6	1.3	0.7	1.4	0.4	0.3	0.5
6歳以上	3.9	3.4	2.2	1.5	0.8	0.4	0.2	0.2	0.5	0.7	0.7	0.3	0.2
計	189.8	242.0	204.1	154.0	96.4	57.3	31.0	23.0	36.6	61.3	64.3	43.7	43.4
親魚量	54.2	62.5	50.0	37.4	34.5	29.0	15.3	7.6	5.6	6.3	10.1	11.4	9.3
RPS(尾/kg)	11.4	12.0	13.6	8.1	3.0	1.5	2.5	7.1	24.8	40.2	10.8	8.1	19.5
年齢別体重 (g)													
年齢\漁期年	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	77	120	82	98	86	168	207	170	169	143	143	146	106
1歳	200	223	241	199	244	255	325	365	305	288	284	294	406
2歳	307	362	376	281	336	341	426	582	488	424	368	476	474
3歳	402	547	489	407	446	440	537	661	585	529	430	578	626
4歳	475	656	741	572	644	654	599	828	654	749	705	661	809
5歳	576	768	855	755	838	886	814	954	790	990	943	896	908
6歳以上	645	993	943	947	1,112	1,066	1,034	1,101	957	1,114	1,115	1,116	973

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (百万尾)														
年齢\漁期年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	719.1	183.0	47.7	95.7	59.8	36.9	112.3	106.9	331.6	144.7	43.3	136.5	98.2	151.3
1歳	212.0	708.4	68.1	36.1	71.7	32.0	30.7	122.0	105.6	377.1	104.4	53.6	183.3	87.9
2歳	29.5	67.5	146.2	28.5	14.4	31.3	9.5	27.9	69.9	55.1	298.0	72.5	47.5	119.0
3歳	19.7	12.4	15.0	47.8	11.8	6.1	8.1	6.5	14.5	29.2	23.3	154.6	43.4	24.7
4歳	10.5	4.9	1.9	6.0	13.2	4.6	2.6	3.1	3.2	7.1	7.0	6.1	50.4	14.2
5歳	4.1	3.0	0.6	0.9	1.4	4.0	2.2	1.2	1.4	1.1	1.9	1.5	2.8	14.0
6歳以上	1.1	1.2	0.4	0.3	0.3	0.6	1.4	1.4	1.0	0.7	0.4	0.5	0.7	0.9
計	996.1	980.4	279.8	215.2	172.6	115.6	166.9	269.0	527.2	615.0	478.2	425.3	426.2	412.0
年齢別漁獲重量 (万トン)														
年齢\漁期年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	8.49	2.78	0.79	1.62	0.94	0.51	1.27	1.32	4.37	1.70	0.59	1.65	1.36	1.82
1歳	5.52	20.36	2.21	1.11	2.62	1.12	1.09	2.88	2.96	11.92	3.77	1.69	5.72	3.31
2歳	1.33	2.89	6.53	1.47	0.61	1.38	0.43	1.04	3.98	2.63	15.72	3.40	1.83	5.98
3歳	1.07	0.66	0.78	2.90	0.61	0.37	0.47	0.35	1.07	1.69	1.47	8.30	2.56	1.38
4歳	0.67	0.32	0.15	0.48	0.78	0.29	0.17	0.23	0.27	0.56	0.51	0.42	3.39	0.85
5歳	0.31	0.21	0.05	0.08	0.13	0.27	0.17	0.10	0.14	0.11	0.19	0.12	0.22	0.97
6歳以上	0.09	0.10	0.04	0.03	0.03	0.06	0.16	0.15	0.10	0.08	0.05	0.05	0.07	0.08
計	17.47	27.32	10.55	7.69	5.72	4.00	3.76	6.07	12.89	18.68	22.29	15.62	15.15	14.38
漁獲割合	24.9%	39.7%	29.2%	26.5%	22.7%	21.8%	12.6%	15.9%	16.2%	21.9%	27.7%	22.3%	22.1%	19.5%
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	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	0.28	0.35	0.19	0.19	0.16	0.13	0.10	0.11	0.13	0.13	0.11	0.09	0.11	0.10
1歳	0.66	0.82	0.43	0.45	0.39	0.32	0.25	0.29	0.34	0.35	0.30	0.25	0.29	0.27
2歳	0.76	0.89	0.57	0.59	0.53	0.48	0.41	0.47	0.54	0.57	0.53	0.47	0.52	0.49
3歳	1.00	1.17	0.73	0.76	0.68	0.61	0.54	0.62	0.74	0.81	0.76	0.68	0.76	0.73
4歳	1.08	1.27	0.79	0.83	0.74	0.67	0.60	0.69	0.83	0.92	0.86	0.75	0.85	0.82
5歳	1.29	1.52	0.94	0.99	0.87	0.80	0.72	0.83	1.00	1.11	1.05	0.92	1.06	1.03
6歳以上	1.29	1.52	0.94	0.99	0.87	0.80	0.72	0.83	1.00	1.11	1.05	0.92	1.06	1.03
平均 (Fbar)	0.91	1.08	0.66	0.69	0.61	0.54	0.48	0.55	0.65	0.72	0.66	0.58	0.66	0.64
F/Fmsy	4.51	5.48	3.38	3.52	2.73	2.33	2.00	2.44	2.48	3.28	2.92	2.47	2.95	2.47
%SPR	11.28	8.00	17.16	16.51	24.03	28.33	32.48	27.16	26.95	19.91	23.15	27.10	22.78	27.52
年齢別資源尾数 (百万尾)														
年齢\漁期年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	4,150	882	405	782	572	435	1,697	1,424	3,875	1,694	599	2,194	1,399	2,355
1歳	565	1,617	252	129	292	153	184	633	475	1,654	525	314	950	494
2歳	69	141	419	79	44	104	36	93	209	157	909	243	147	384
3歳	37	22	35	108	29	16	24	17	34	63	53	383	99	58
4歳	19	8	4	13	30	11	7	7	7	14	14	14	105	30
5歳	7	4	1	2	3	9	5	3	3	2	3	3	5	26
6歳以上	2	2	1	1	1	1	3	3	2	1	1	1	1	2
計	4,848	2,675	1,117	1,113	970	729	1,955	2,181	4,605	3,585	2,105	3,152	2,707	3,349
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	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	49.0	13.4	6.7	13.2	9.0	6.0	19.1	17.6	51.1	19.9	8.1	26.5	19.4	28.3
1歳	14.7	46.5	8.2	4.0	10.7	5.4	6.5	14.9	13.3	52.3	19.0	9.9	29.7	18.6
2歳	3.1	6.0	18.7	4.1	1.8	4.6	1.6	3.5	11.9	7.5	48.0	11.4	5.7	19.3
3歳	2.0	1.2	1.8	6.6	1.5	1.0	1.4	0.9	2.5	3.7	3.3	20.5	5.8	3.2
4歳	1.2	0.5	0.3	1.0	1.8	0.7	0.5	0.6	0.6	1.1	1.0	0.9	7.1	1.8
5歳	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.6	0.4	0.2	0.3	0.2	0.4	0.2	0.4	1.8
6歳以上	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
計	70.6	68.0	35.9	29.1	25.2	18.3	29.8	38.1	79.8	84.8	79.9	69.6	68.1	73.1
親魚量	5.1	4.5	9.8	9.4	5.6	6.3	4.2	5.5	13.7	8.8	28.8	27.5	16.2	16.6
RPS(尾/kg)	81.2	19.4	4.1	8.3	10.1	6.9	40.2	25.8	28.3	19.1	2.1	8.0	8.6	14.2
年齢別体重 (g)														
年齢\漁期年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	118	152	165	169	158	137	113	124	132	118	136	121	138	120
1歳	260	287	325	308	366	350	354	236	280	316	362	314	312	377
2歳	451	428	446	515	421	440	455	374	569	477	528	469	385	503
3歳	545	535	523	606	517	599	576	530	742	578	631	537	589	557
4歳	633	642	787	803	593	626	643	756	835	787	726	683	672	599
5歳	743	699	879	950	895	689	780	788	1,011	1,002	1,013	745	806	694
6歳以上	819	840	970	1,099	1,031	1,078	1,126	1,078	1,087	1,089	1,122	921	995	838

補足表 2-1. (続き)

年齢別漁獲尾数 (百万尾)														
年齢\漁期年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	98.4	33.8	87.2	388.5	133.4	180.2	310.4	274.1	453.7	134.9	335.7	454.0	349.8	124.3
1歳	133.8	72.1	59.2	194.4	646.2	196.2	274.8	313.9	313.1	416.1	248.6	346.7	389.7	260.5
2歳	59.3	93.5	97.2	80.1	224.3	1,064.1	302.0	321.4	299.3	281.5	502.9	310.0	194.1	185.0
3歳	43.0	24.9	71.0	70.6	56.1	113.0	796.3	332.9	280.0	194.9	279.4	269.1	147.7	79.5
4歳	8.1	9.5	14.0	32.6	23.1	23.3	45.6	389.9	211.9	150.0	123.1	110.5	85.5	36.0
5歳	4.5	2.3	4.7	6.1	16.5	11.5	13.3	32.7	229.3	109.3	98.0	62.3	39.0	26.8
6歳以上	2.6	1.2	1.3	2.4	2.7	7.8	8.0	9.4	18.0	108.1	111.9	80.1	43.1	19.5
計	349.8	237.5	334.6	774.7	1,102.4	1,595.9	1,750.5	1,674.2	1,805.3	1,394.8	1,699.6	1,632.6	1,249.0	731.6

年齢別漁獲重量 (万トン)														
年齢\漁期年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	1.24	0.61	1.36	4.79	1.73	2.01	3.41	2.43	3.48	1.29	3.04	4.53	3.84	1.05
1歳	4.69	2.83	2.21	6.10	12.96	4.29	5.35	5.85	5.62	5.85	4.01	5.18	6.05	4.98
2歳	2.91	4.57	4.66	3.92	9.21	28.11	9.11	9.39	7.50	6.68	12.07	7.48	4.38	4.71
3歳	2.60	1.53	3.91	4.32	3.33	5.55	26.42	11.55	9.38	6.55	9.14	9.18	4.98	2.85
4歳	0.59	0.67	0.88	2.19	1.53	1.45	2.61	15.46	8.30	6.31	5.30	4.86	3.87	1.73
5歳	0.36	0.20	0.35	0.46	1.19	0.79	0.91	1.80	9.90	5.20	4.96	3.20	2.09	1.47
6歳以上	0.24	0.11	0.12	0.21	0.24	0.56	0.71	0.76	1.32	6.34	6.81	5.06	2.86	1.32
計	12.63	10.52	13.48	21.98	30.19	42.77	48.52	47.24	45.49	38.23	45.34	39.50	28.07	18.12
漁獲割合	15.7%	11.6%	11.8%	8.7%	11.9%	15.4%	14.6%	16.1%	13.6%	14.9%	19.3%	19.2%	15.9%	14.6%

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	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0.07	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.06	0.08	0.07	0.05
1歳	0.20	0.11	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.16	0.21	0.19	0.14
2歳	0.40	0.27	0.28	0.30	0.30	0.29	0.28	0.28	0.26	0.25	0.34	0.41	0.39	0.32
3歳	0.60	0.41	0.43	0.46	0.45	0.44	0.42	0.43	0.41	0.39	0.54	0.65	0.62	0.50
4歳	0.67	0.45	0.46	0.49	0.47	0.46	0.44	0.46	0.44	0.41	0.57	0.68	0.66	0.54
5歳	0.86	0.57	0.59	0.61	0.60	0.58	0.56	0.58	0.56	0.52	0.72	0.86	0.83	0.69
6歳以上	0.86	0.57	0.59	0.61	0.60	0.58	0.56	0.58	0.56	0.52	0.72	0.86	0.83	0.69
平均 (Fbar)	0.52	0.34	0.36	0.38	0.37	0.36	0.35	0.36	0.34	0.32	0.45	0.54	0.52	0.42
F/Fmsy	2.07	1.31	1.38	1.45	1.51	1.81	2.41	2.58	2.40	2.06	2.94	3.58	3.45	2.74
%SPR	31.60	43.07	41.89	40.49	39.29	33.05	24.02	22.51	24.60	28.73	19.27	14.78	15.55	21.11

年齢別資源尾数 (百万尾)														
年齢\漁期年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	2,014	1,201	2,918	11,682	3,940	5,482	10,077	8,751	16,157	5,316	8,346	8,761	7,215	3,453
1歳	973	897	696	2,069	6,834	2,162	3,244	3,647	4,047	5,933	2,260	2,462	2,953	2,644
2歳	225	498	499	387	1,084	5,295	1,573	1,649	1,632	1,630	2,178	1,150	751	861
3歳	115	92	251	236	189	390	2,843	1,161	1,023	748	820	687	388	246
4歳	20	32	46	102	74	77	155	1,286	726	540	342	268	213	104
5歳	9	6	13	16	44	31	37	88	643	321	227	127	82	64
6歳以上	5	3	4	6	7	21	22	25	50	316	258	163	90	47
計	3,362	2,730	4,426	14,499	12,171	13,459	17,951	16,607	24,278	14,803	14,429	13,619	11,692	7,419

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	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	25.3	21.7	45.4	143.9	51.2	61.2	110.6	77.7	123.9	50.7	75.5	87.5	79.3	29.2
1歳	34.1	35.2	26.0	64.9	137.0	47.3	63.2	68.0	72.6	83.4	36.5	36.8	45.9	50.5
2歳	11.0	24.3	23.9	18.9	44.5	139.9	47.4	48.2	40.9	38.7	52.3	27.8	16.9	21.9
3歳	7.0	5.6	13.8	14.5	11.2	19.2	94.3	40.3	34.3	25.1	26.8	23.4	13.1	8.8
4歳	1.5	2.2	2.9	6.9	4.9	4.8	8.9	51.0	28.4	22.7	14.7	11.8	9.7	5.0
5歳	0.7	0.5	1.0	1.2	3.1	2.2	2.5	4.9	27.7	15.3	11.5	6.6	4.4	3.5
6歳以上	0.5	0.3	0.3	0.6	0.6	1.5	2.0	2.0	3.7	18.5	15.7	10.3	6.0	3.2
計	80.1	90.0	113.3	250.8	252.6	276.0	329.0	292.0	331.5	254.5	233.0	204.1	175.1	122.2
親魚量	15.2	20.9	29.9	32.6	42.1	27.6	41.7	70.0	70.1	64.1	49.9	35.7	23.9	14.4
RPS(尾/kg)	13.3	5.7	9.8	35.9	9.4	19.8	24.2	12.5	23.0	8.3	16.7	24.5	30.2	24.0

年齢別体重 (g)														
年齢\漁期年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	126	181	156	123	130	112	110	89	77	95	91	100	110	84
1歳	351	393	373	314	201	219	195	186	179	141	161	149	155	191
2歳	490	488	480	489	411	264	302	292	251	237	240	241	225	255
3歳	606	614	550	612	592	491	332	347	335	336	327	341	337	359
4歳	729	701	627	672	664	623	573	396	392	421	431	440	453	482
5歳	796	842	751	747	719	692	685	550	432	476	506	514	535	548
6歳以上	940	909	868	886	886	723	880	803	733	587	609	633	664	677

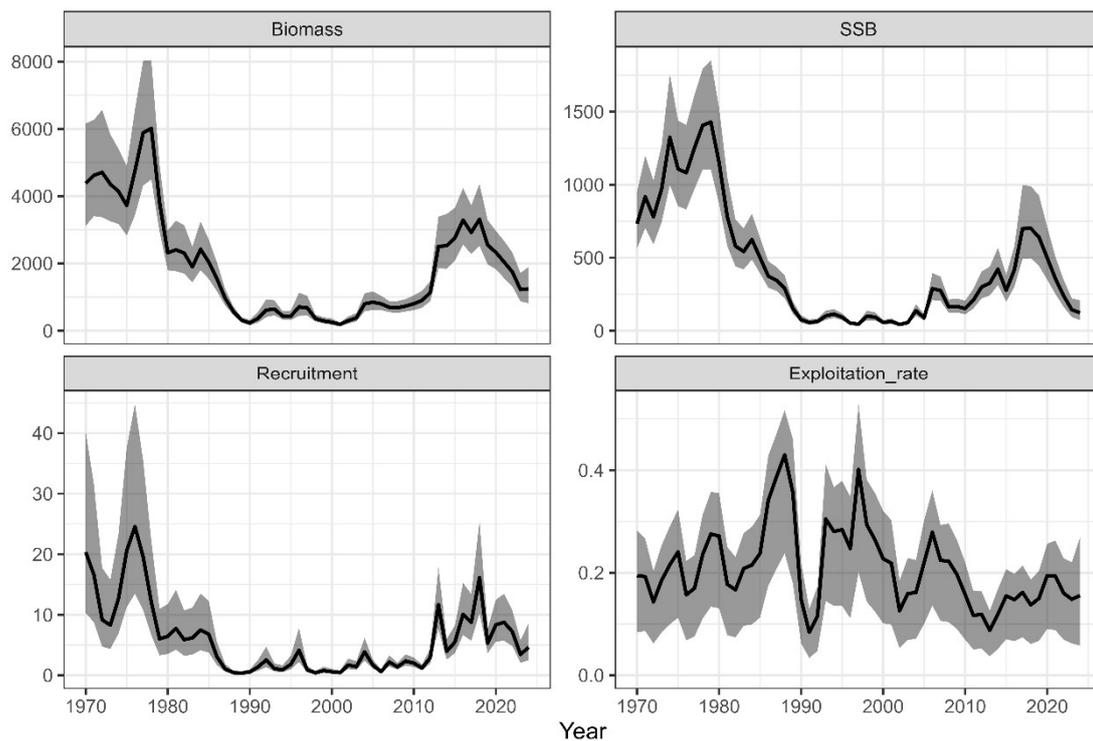
補足表 2-2. チューニングに用いた指標値とパラメータ推定値

指標値	①	②	③	④	⑤	⑥
対象	N ₀	N ₀	N ₁	SSB	SSB	B
2002	10.5					
2003	6.5			3.3		
2004	49.5			5.5		
2005	9.7	21.6	6.5	2.0	81.7	
2006	0.3	0.8	0.9	12.6	209.4	
2007	41.1	14.6	1.2	38.1	294.8	
2008	6.4	7.2	5.7	15.5	105.3	
2009	9.0	42.4	1.7	24.2	118.9	
2010	10.9	20.8	4.0	22.3	177.5	
2011	1.8	3.5	4.0	41.3	150.5	
2012	21.2	32.5	5.6	44.9	313.6	
2013	772.5	2,840.9	70.8	52.5	295.0	
2014	7.0	177.9	124.6	40.6	193.3	14.6
2015	81.2	209.7	17.1	36.5	189.8	11.7
2016	393.1	2,584.6	116.5	62.5	175.0	10.5
2017	457.9	821.8	50.0	31.2	487.0	8.2
2018	1,713.0	10,287.6	301.4	53.7	744.1	10.6
2019	102.6	262.8	341.6	44.5	841.3	12.7
2020	364.4	1,611.0	30.0	44.4	400.1	8.3
2021	1,503.3	929.4	40.5	41.0	236.3	4.0
2022	202.8	976.3	107.6	18.9	380.3	3.7
2023	152.8	39.6	37.7	7.3	75.3	
2024	83.8			5.6	78.8	

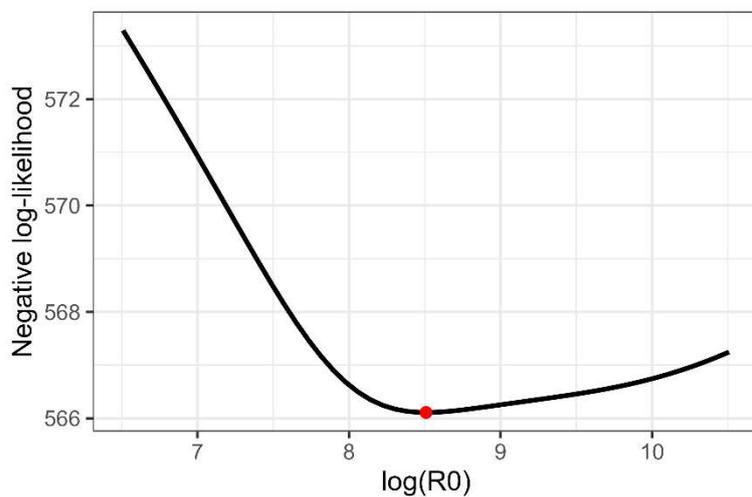
- ① 北西太平洋北上期浮魚類資源調査・三陸道東沖加入量把握調査による中層トロール 0 歳魚標準化 CPUE (尾/網/60 分)
- ② 北西太平洋秋季浮魚類資源調査による中層トロール 0 歳魚標準化 CPUE (尾/網/60 分)
- ③ 北西太平洋秋季浮魚類資源調査による中層トロール 1 歳魚標準化 CPUE (尾/網/60 分)
- ④ 伊豆諸島海域たもすくい漁業標準化 CPUE (kg/人/時)
- ⑤ 海区I～IV (太平洋全域) の標準化産卵量 (兆粒)
- ⑥ 中国まき網標準化 CPUE (トン/網)

補足表 2-3. 固定効果の最尤推定値、推定値の標準誤差、最終勾配およびリンク関数を逆変換した元の尺度の値

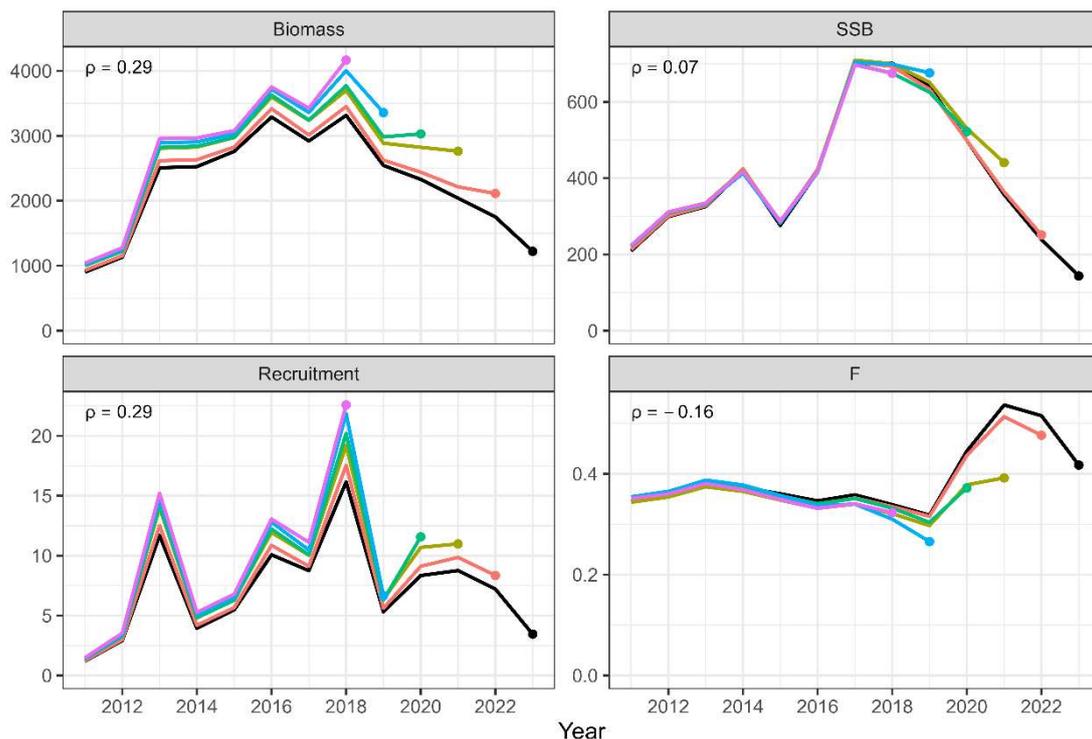
固定効果	最尤 推定値	標準誤差	最終勾配	記号	元の尺度 の値
logQ	-15.666	2.562	-4.59E-08	q_1	1.57.E-07
logQ	-17.979	2.756	-3.93E-06	q_2	1.55.E-08
logQ	-11.079	1.916	0	q_3	1.54.E-05
logQ	-9.364	0.156	-4.98E-06	q_4	0.000
logQ	-7.129	0.13	6.84E-05	q_5	0.001
logQ	-11.079	1.916	-6.04E-06	q_6	9.77.E-06
logB	0.868	0.132	6.52E-05	b_1	2.382
logB	1.015	0.122	-1.77E-04	b_2	2.761
logB	0.637	0.136	-4.50E-05	b_3	1.890
logSdLogFsta	-0.907	0.187	1.29E-05	σ_{0-1}	0.404
logSdLogFsta	-1.289	0.17	5.21E-06	σ_{2-6+}	0.276
logSdLogN	-0.29	0.133	1.13E-05	ω_0	0.748
logSdLogN	-1.164	0.148	-1.75E-05	ω_{1-6+}	0.312
logSdLogObs	-0.385	0.101	-3.89E-06	τ_{0-1}	0.680
logSdLogObs	-1.393	0.221	-2.74E-05	τ_{2-3}	0.248
logSdLogObs	-0.953	0.14	6.35E-06	τ_{4-5}	0.386
logSdLogObs	-0.127	0.133	2.86E-05	τ_{6+}	0.881
logSdLogObs	-0.195	0.206	-1.33E-05	ν_1	0.823
logSdLogObs	-0.534	0.388	-2.52E-06	ν_2	0.586
logSdLogObs	-0.544	0.167	2.19E-05	ν_3	0.581
logSdLogObs	-1.007	0.186	-2.77E-05	ν_4	0.365
logSdLogObs	-0.33	0.244	-2.35E-05	ν_5	0.719
logSdLogObs	-0.596	0.252	-7.50E-06	ν_6	0.551
rec_loga	8.508	0.651	-6.58E-06	R_0	4956.512
logit_rho	3.817	0.812	-7.76E-07	α	0.978
trans_phi1	2.241	0.719	5.90E-06	φ	0.808



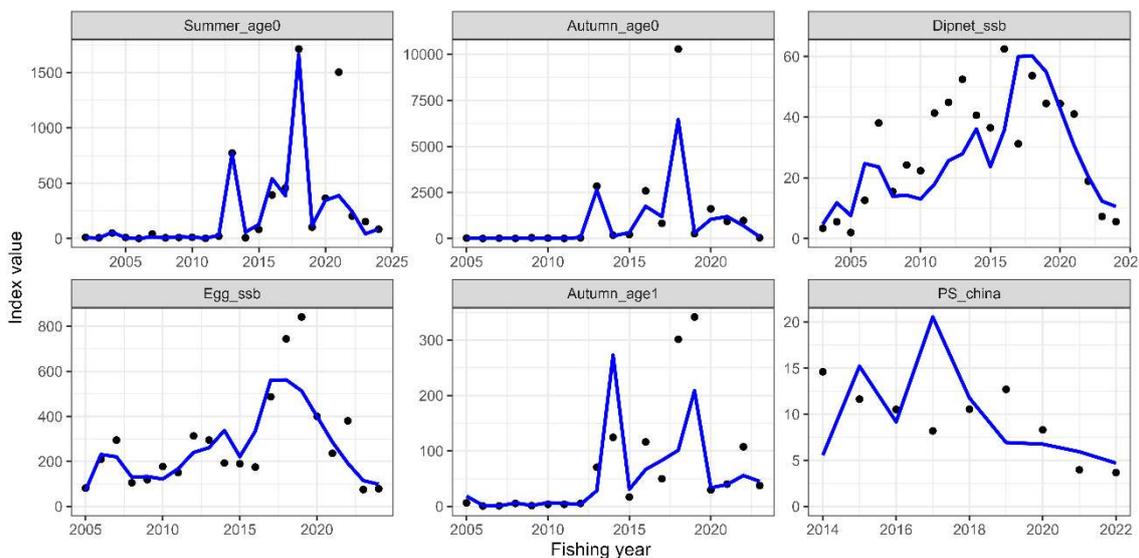
補足図 2-1. 総資源量（左上、千トン）、親魚量（右上、千トン）、加入量（左下、十億尾）、漁獲割合（右下）
影はデルタ法により求めた 95%信頼区間を表す。



補足図 2-2. $\log(R_0)$ を変化させたときの負の対数尤度の値と点推定値（赤点）

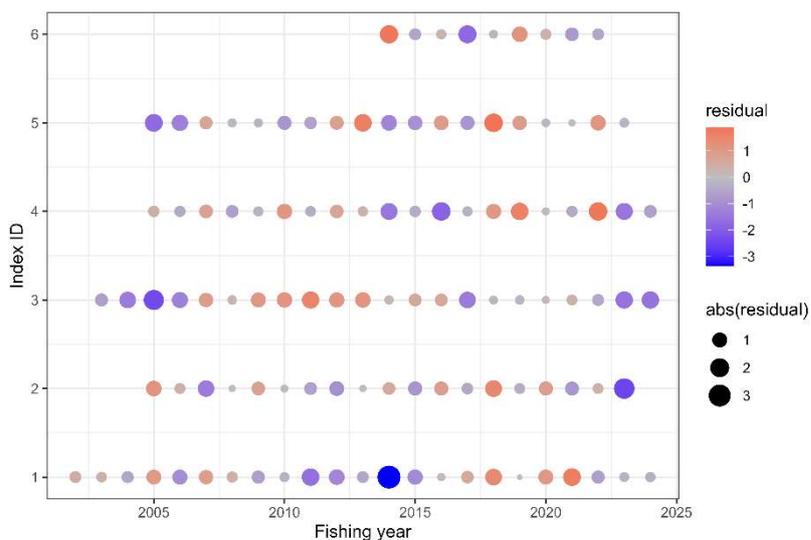


補足図 2-3. レトロスペクティブ解析の結果
Mohn's rho の値を左上に示す。

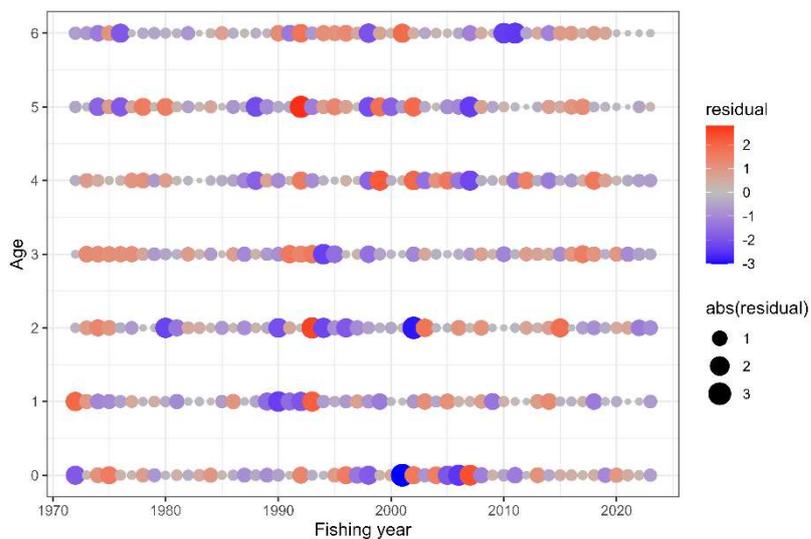


補足図 2-4. 資源量指標値に対する SAM の当てはまり

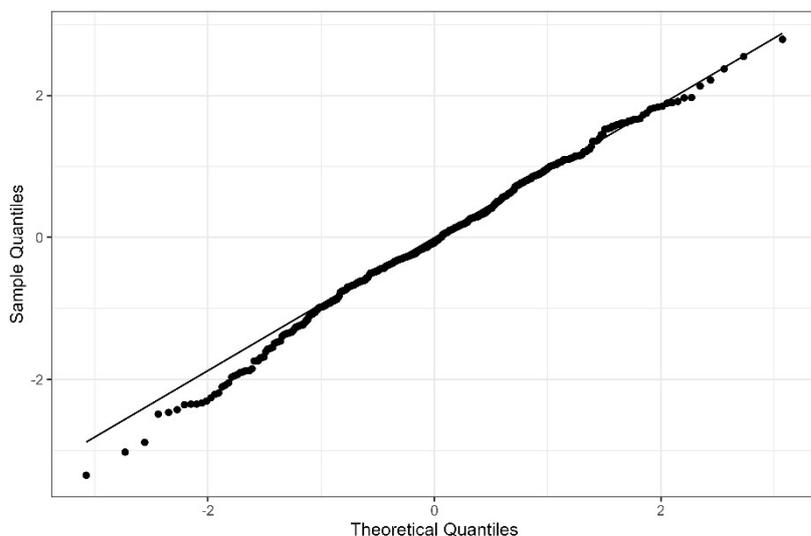
Summer_age0: 北上期 0 歳魚標準化 CPUE、Autumn_age0: 秋季 0 歳魚標準化 CPUE、
Dipnet_ssb: たもすくい標準化 CPUE、Egg_ssb: 標準化産卵量、Autumn_age1: 秋季 1 歳
魚標準化 CPUE、PS_China: 中国まき網標準化 CPUE



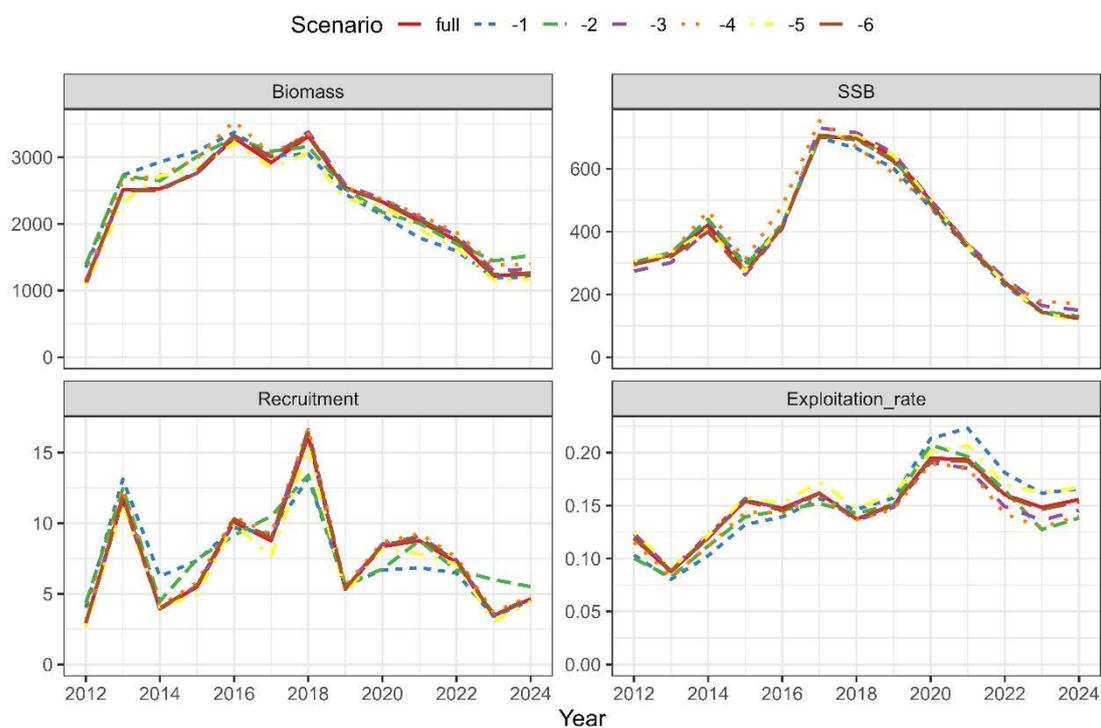
補足図 2-5. 資源量指標値における 1 ステップ先予測残差 (one step ahead residual)
 1: 北上期 0 歳魚標準化 CPUE、2: 秋季 0 歳魚標準化 CPUE、3: たもすくい標準化 CPUE、
 4: 標準化産卵量、5: 秋季 1 歳魚標準化 CPUE、6: 中国まき網標準化 CPUE



補足図 2-6. 年齢別漁獲尾数における 1 ステップ予測残差

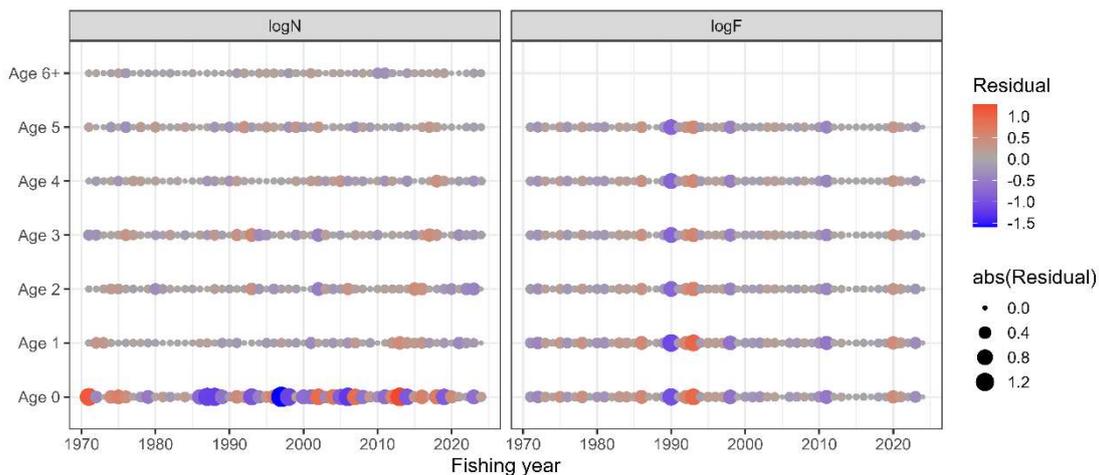


補足図 2-7. 1 ステップ予測残差を用いた QQ プロット

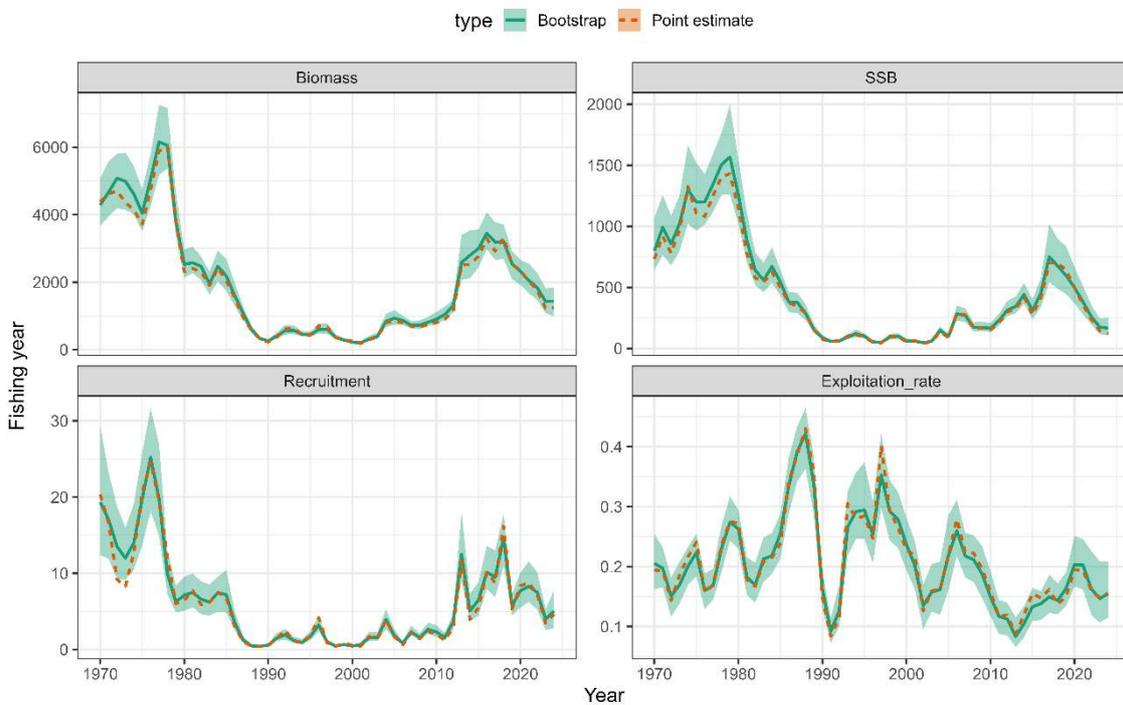


補足図 2-8. 各資源量指標値を除いたときの資源量等の推定値

- 1: 北上期0歳魚標準化 CPUE、2: 秋季0歳魚標準化 CPUE、3: たもすくい標準化 CPUE、
- 4: 標準化産卵量、5: 秋季1歳魚標準化 CPUE、6: 中国まき網標準化 CPUE



補足図 2-9. 年齢別資源尾数と年齢別漁獲死亡係数の過程誤差の推移

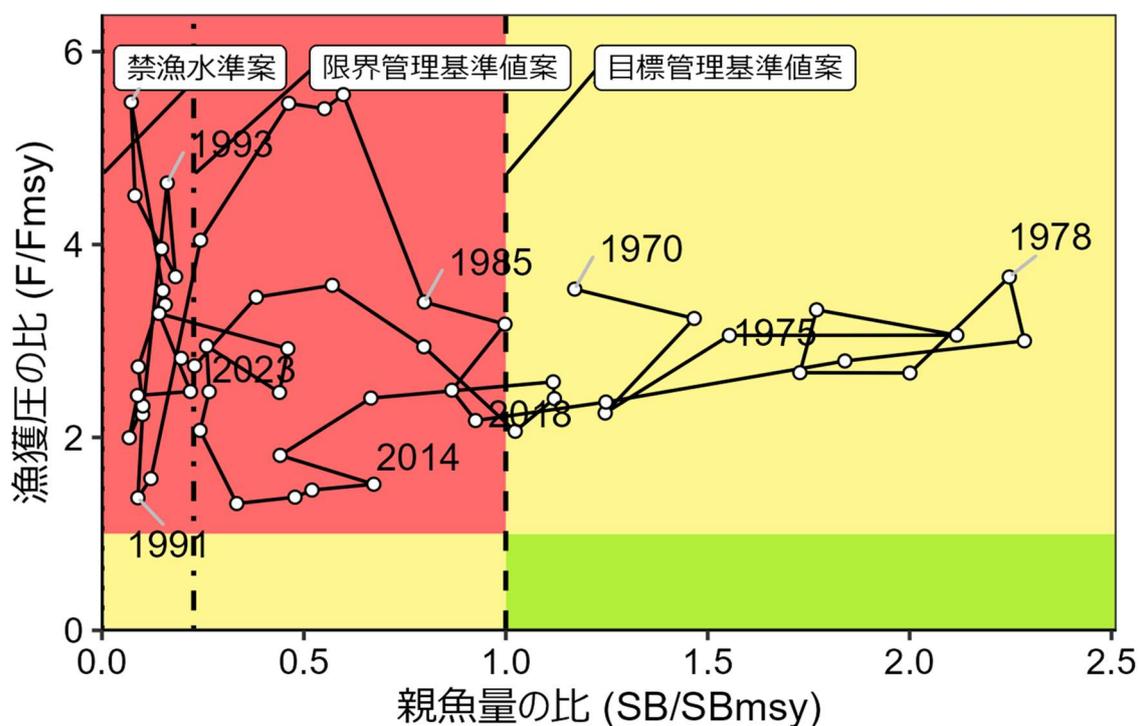


補足図 2-10. 資源量等のブートストラップ中央値と 95%信頼区間 (緑) および点推定値 (橙)

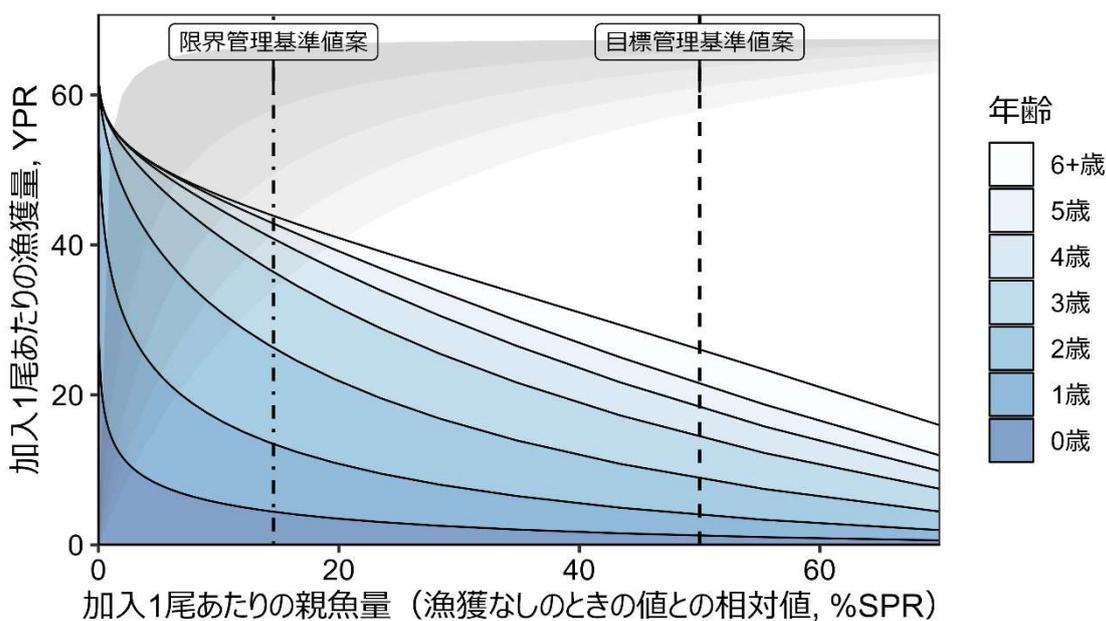
補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

令和 6 年度の「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資料」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量の代替値 (SBmsy proxy : 62.6 万トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には漁獲がないときの親魚量の 10% (0.1SB0 : 14.2 万トン) が提案され、禁漁水準は暫定的に 0 トンとした (西嶋ほか 印刷中、補足表 6-2)。

目標管理基準値案と、SBmsy proxy を維持する漁獲圧 (Fmsy proxy) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。SAM により得られた 2023 年の親魚量 (SB2023 : 14.4 万トン) は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案は上回る。本系群における漁獲圧は、1970 年漁期以降すべての年において SBmsy proxy を維持する漁獲圧を上回っていたと判断される (表 4-1、補足図 3-1)。管理基準値案と年齢別漁獲量曲線の関係を補足図 3-2 に示す。



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



補足図 3-2. 管理基準値案と年齢別漁獲量曲線の関係

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での%SPRあたりの年齢別YPR(g/尾)の平均値とそれぞれの管理基準値案の位置関係を示す。灰色の網掛け部分是不確実性を示し、灰色が濃い色ほど不確実性が高いことを表す。目標管理基準値案(62.6万トン)はF50%SPRで漁獲したときの平衡状態の親魚量に相当し、限界管理基準値案は0.1SB0(14.2万トン)の位置を示す。なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量(SB0)は142万トンである。

補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2024 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2025～2053 年漁期の将来予測計算を行った。この将来予測では加入量および 1 歳魚以上の過程誤差を考慮した。各年の予測される親魚量と再生産関係式から加入量を予測し、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与えることで加入量の不確実性を考慮した。また、1 歳魚以上についても、漁獲死亡と自然死亡による減少した資源尾数から、対数正規分布に従う誤差を与えた。無作為抽出した仮定誤差を予測値に与える計算を 10,000 回行い、それらの平均値と予測区間を求めることにより、不確実性の程度を示した。

2024 年漁期の漁獲圧は 2023 年漁期の漁獲圧と等しい (F2023) と仮定した。現状の漁獲圧の強さは 2021～2023 年漁期の平均とした。ただし、選択率は 2017～2023 年漁期の年齢別漁獲死亡係数の平均と等しいとし、この選択率のもと 2021～2023 年漁期の平均漁獲死亡係数における %SPR が一致するように現状の漁獲圧に使用する漁獲死亡係数を求めた。

2025 年以降の漁獲圧は、下記の漁獲管理規則案に従い、各年に予測される親魚量をもとに算出した。なお、将来予測の計算方法は補足資料 5 に示した。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧 (F) 等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} 、あるいは F_{msy} の代替値に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.7 とした場合を示した。なお、研究機関からの提案では「 β が 0.8 以下であれば、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされている。

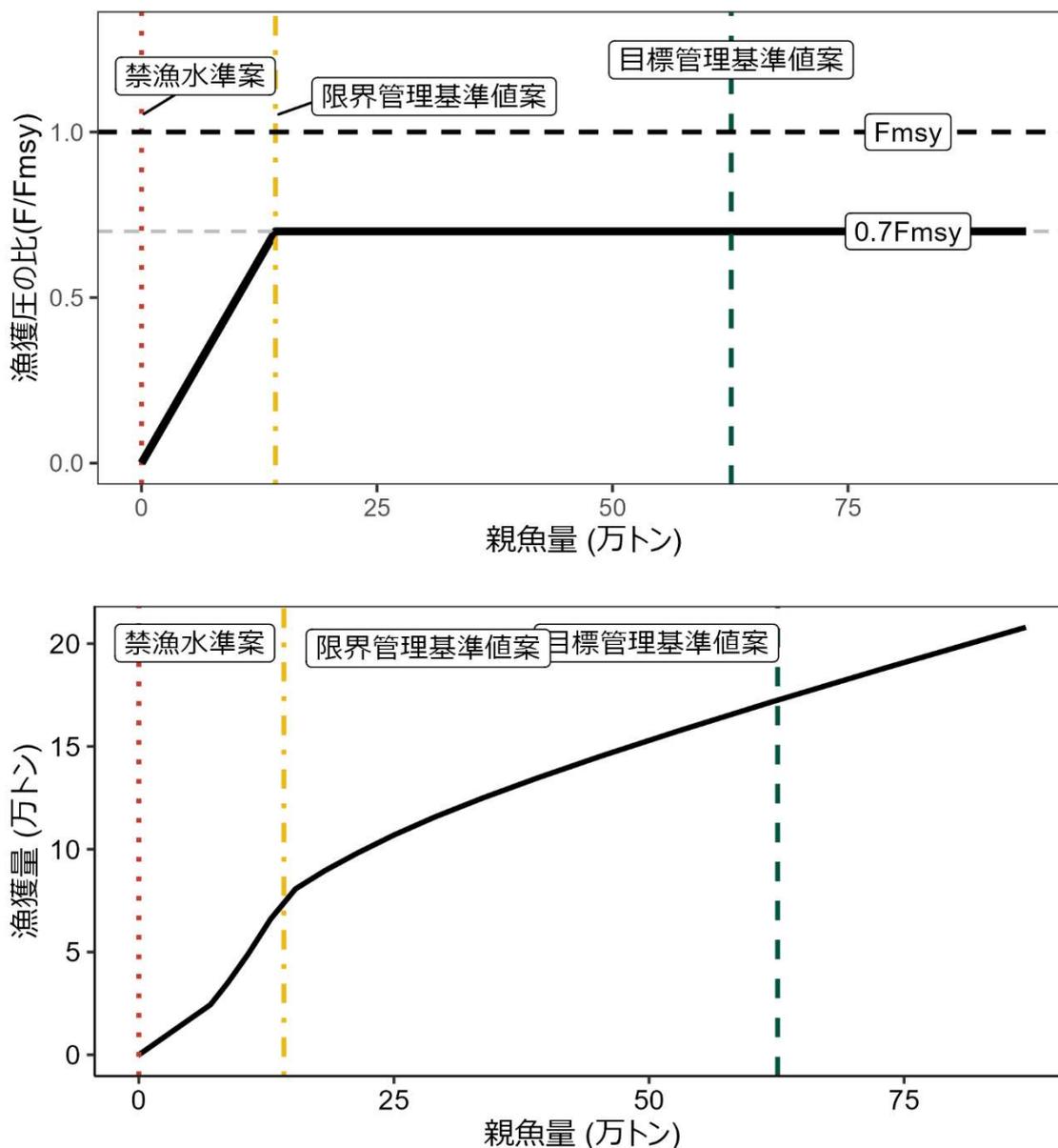
(3) 2025 年漁期の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2025 年漁期の平均漁獲量は β を 0.7 とした場合には 5.0 万トン、 β を 1.0 とした場合には 7.0 万トンであった (補足表 6-4)。2025 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案を上回り、平均 15.0 万トンと見込まれた。

(4) 2026 年漁期以降の予測

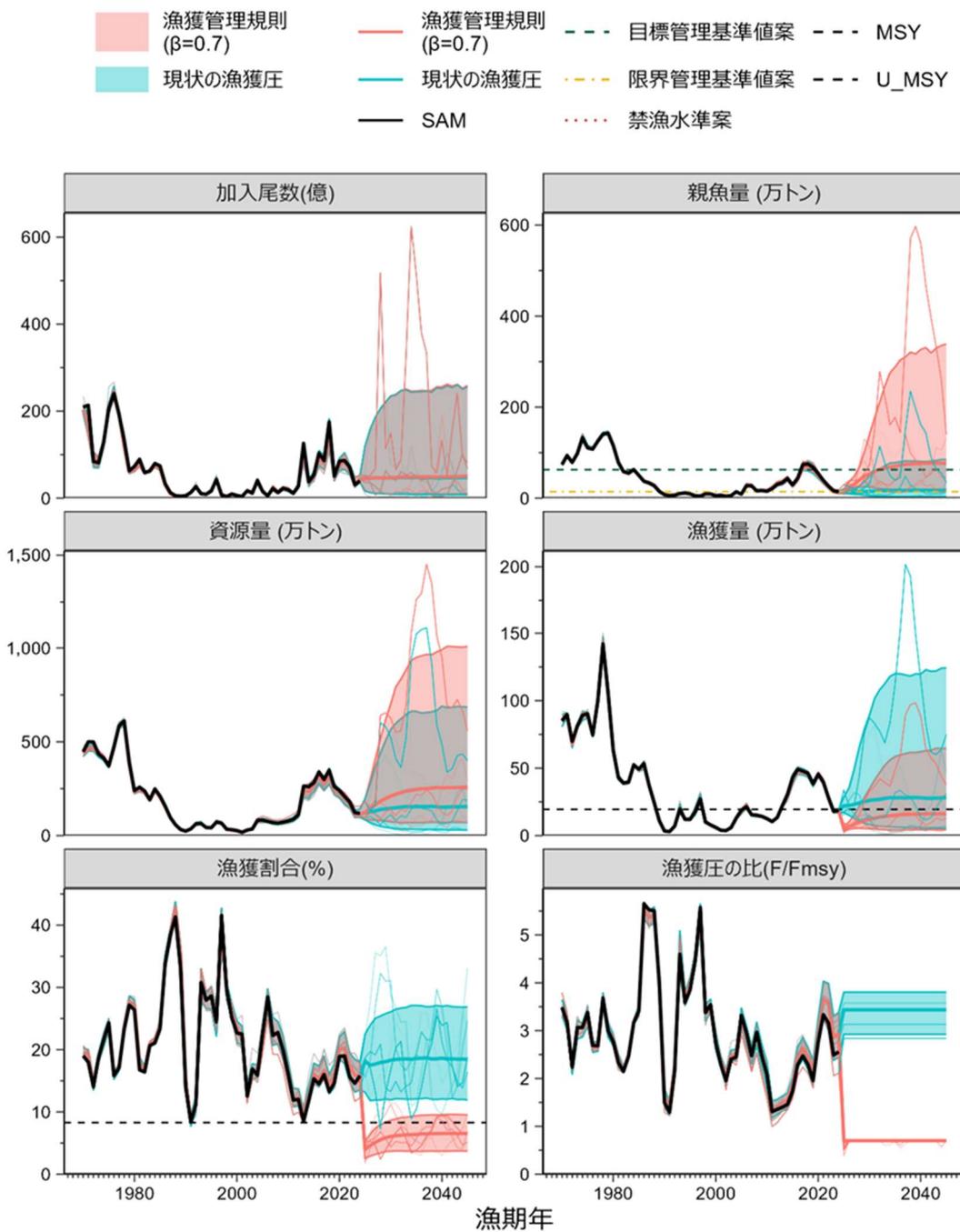
2026 年漁期以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1、4-2、4-3、6-6、6-7 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2035 年漁期の親魚量の平均予測値は β を 0.7 とした場合には 135 万トン (90%予測区間は 19.2 万～288 万トン) であり、 β を 1.0 とした場合には 113 万トン (90%予測区間は 15.6 万～242 万トン) である (補足表 6-5)。親魚量の予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.8 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率は β が 1.0 以下で 50%を上回る。現状の漁獲圧

(F2021-2023) を継続した場合の 2035 年漁期の親魚量の平均予測値は 36 万トン（90%予測区間は 3.5 万～78 万トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 13%、限界管理基準値案を上回る確率は 55%である。



補足図 4-1. 漁獲管理規則案

黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.7F_{msy}$ 、黒太線は漁獲管理規則（HCR）案、赤点線は禁漁水準案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。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。調整係数 β には 0.7 を用いた。



補足図 4-2. 漁獲管理規則案に従って漁獲を続けた場合 (赤線) と現状の漁獲圧 (F2021-2023) で漁獲を続けた場合 (青線) の将来予測

太実線は中央値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 MSY を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値案を維持する漁獲割合の水準 (Umsy) を示す。漁獲管理規則案での調整係数 β には 0.7 を用いた。2024 年漁期の漁獲量は予測される資源量と 2023 年漁期の漁獲圧 (F2023) により算出した。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	1	9	23	33	39	42	45	46	47	
0.9			0	2	10	25	35	41	45	47	48	49	
0.8			0	2	12	28	38	44	47	50	51	52	
0.7			0	2	14	30	41	47	50	52	53	54	
0.6			0	3	16	34	44	50	53	55	56	57	
0.5			0	3	18	37	47	53	56	58	59	60	
0.4			0	4	20	40	51	57	59	61	62	62	
0.3			1	4	23	44	54	60	62	64	65	65	
0.2			1	5	26	48	58	64	66	67	68	68	
0.1			1	6	30	52	62	67	69	70	71	71	
0.0			1	7	34	56	66	70	72	73	74	74	
現状の漁獲圧			0	0	0	0	3	6	9	10	12	13	13

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	13	53	93	98	99	99	97	95	93	92	92	91
0.9			94	98	99	99	98	96	94	94	93	92
0.8			94	99	100	99	98	97	95	95	94	93
0.7			95	99	100	99	99	97	96	95	95	94
0.6			95	99	100	100	99	98	97	96	95	95
0.5			95	99	100	100	99	98	97	97	96	96
0.4			96	99	100	100	100	99	98	97	97	96
0.3			96	100	100	100	100	99	99	98	98	97
0.2			96	100	100	100	100	100	99	98	98	98
0.1			97	100	100	100	100	100	99	99	99	98
0.0			97	100	100	100	100	100	100	99	99	99
現状の漁獲圧			54	43	48	51	52	54	54	55	55	55

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年漁期の漁獲量は予測される資源量と 2023 年漁期の漁獲圧 (F2023) から予測される 18.4 万トンとし、2025 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2021-F2023、β=3.33 に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-2. 将来の平均親魚量（万トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	12.1	15.0	23.9	29.6	39.2	51.5	64.2	77.0	87.9	97.9	106.9	113.1
0.9			24.3	30.5	40.7	53.8	67.3	81.0	92.7	103.3	113.1	119.8
0.8			24.7	31.4	42.4	56.2	70.6	85.2	97.7	109.2	119.8	127.0
0.7			25.1	32.4	44.1	58.8	74.1	89.7	103.2	115.5	127.0	134.9
0.6			25.5	33.4	45.9	61.5	77.9	94.6	109.0	122.4	134.8	143.5
0.5			25.9	34.4	47.8	64.4	81.9	99.7	115.4	129.8	143.3	152.9
0.4			26.3	35.5	49.7	67.5	86.1	105.3	122.2	137.8	152.5	163.1
0.3			26.8	36.6	51.8	70.7	90.6	111.2	129.5	146.5	162.6	174.3
0.2			27.2	37.7	53.9	74.1	95.5	117.6	137.5	156.0	173.6	186.6
0.1			27.7	38.9	56.2	77.7	100.6	124.5	146.1	166.3	185.7	200.2
0.0			28.1	40.1	58.6	81.5	106.2	131.9	155.4	177.6	198.9	215.1
現状の漁獲圧			15.8	14.5	16.2	19.7	23.5	27.3	30.1	32.7	34.8	36.0

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年漁期の漁獲量は 2023 年漁期の漁獲圧（F2023）から予測される 18.4 万トンとし、2025 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2021-F2023、 $\beta=3.33$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-3. 将来の平均漁獲量（万トン）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	18.4	7.0	9.8	12.9	16.4	19.7	23.1	26.2	28.6	30.9	32.7	34.0
0.9		6.3	8.9	11.9	15.1	18.3	21.5	24.5	26.8	29.0	30.7	32.0
0.8		5.7	8.1	10.8	13.8	16.8	19.8	22.6	24.8	26.9	28.5	29.8
0.7		5.0	7.2	9.7	12.4	15.2	17.9	20.6	22.6	24.6	26.2	27.3
0.6		4.3	6.2	8.5	11.0	13.4	15.9	18.3	20.2	22.0	23.5	24.6
0.5		3.6	5.3	7.2	9.4	11.6	13.8	15.9	17.6	19.2	20.6	21.6
0.4		2.9	4.3	5.9	7.7	9.6	11.5	13.3	14.8	16.2	17.3	18.2
0.3		2.2	3.3	4.6	6.0	7.4	8.9	10.4	11.6	12.7	13.7	14.5
0.2		1.5	2.2	3.1	4.1	5.1	6.2	7.3	8.1	9.0	9.7	10.2
0.1		0.7	1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	3.8	4.3	4.7	5.1	5.4
0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧		22.6	24.4	28.6	33.8	38.8	43.6	47.6	50.2	52.6	54.2	55.1

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年漁期の漁獲量は 2023 年漁期の漁獲圧（F2023）から予測される 18.4 万トンとし、2025 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧（F2021-F2023、 $\beta=3.33$ に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料 5 将来予測の方法

将来予測における各種設定には補足表 5-1 の値を用いた。資源尾数や漁獲量の予測は、統計ソフトウェア R (version 4.2.1) 用計算パッケージ frasyr (version 2.4.0.1, <https://github.com/ShotaNishijima/frasyr/releases/tag/v2.4.0.1>) を用いて実施した。将来予測における加入量は、令和 6 年度の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において提案されたホッケー・スティック型再生産関係と年々推定される親魚量から求めた。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 6 (2024) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2024-ABCWG02-01)」(水産研究・教育機構 2024) 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。将来予測における選択率や漁獲物平均体重等の値には、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」にて提案された各種管理基準値案の推定に用いた値を引き続き用いた (西嶋ほか 印刷中)。これらは再生産関係と同じく、本年度の資源評価に基づく値であり、漁獲物平均体重はこの計算結果における 2017~2023 年の平均値である。

資源尾数の予測には、SAM で推定に用いた (1) - (3) 式を用いた (補足資料 2)。ただし、加入量については $\log(R_0)$ (式 1) の代わりに、過去の最低親魚量を折れ点とするホッケー・スティック型の再生産関係 (補足資料 6 参照) を用いた。年齢別漁獲尾数は SAM で使用されている漁獲方程式を用いて計算した。

$$C_{a,y} = \frac{F_{a,y}}{F_{a,y} + M_{a,y}} (1 - \exp(-F_{a,y} - M_{a,y})) N_{a,y} \quad (12)$$

親魚量が限界管理基準値案未満である場合の漁獲圧は、当年の親魚量に応じた係数を乗じて $\gamma(\text{SBt}) \times \beta \text{Fmsy}$ として求めた。ここで $\gamma(\text{SBt})$ 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、(13) 式により計算された (ただし本資源においては $\text{SBban}=0$ となる)。

$$\gamma(\text{SB}_t) = \frac{\text{SB}_t - \text{SB}_{\text{ban}}}{\text{SB}_{\text{limit}} - \text{SB}_{\text{ban}}} \quad (13)$$

引用文献

西嶋翔太・由上龍嗣・上村泰洋・井須小羊子・古市 生 ・渡部亮介・東口胤成 (印刷中)

令和 6(2024) 年度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資料。
水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針。FRA-SA2024-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, XXpp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf

補足表 5-1. 将来予測のパラメータ

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy proxy (注 2)	F2021-2023	平均 体重 (g)	自然 死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.08	0.02	0.05	94	0.80	0
1 歳	0.20	0.05	0.14	170	0.60	0
2 歳	0.46	0.11	0.32	255	0.51	0
3 歳	0.74	0.18	0.50	339	0.46	0.30
4 歳	0.78	0.19	0.54	448	0.43	1.00
5 歳	1.00	0.24	0.69	531	0.41	1.00
6 歳以上	1.00	0.24	0.69	698	0.40	1.00

注 1：令和 6 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料で MSY proxy を実現する水準の推定の際に使用した選択率(すなわち、本年度資源評価での F2021-2023 の選択率)。

注 2：令和 6 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料で推定された Fmsy proxy。

補足資料 6 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1. 再生産関係式のパラメータ

a は原点から折れ点までの傾き (万尾/トン)、 b は折れ点での親魚量 (万トン)、S.D. は加入量の標準偏差、 ϕ は自己相関係数である。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ϕ
ホッケー・スティック型 ¹	SAM の推定パラメータを利用 ²	有	11.7	4.22	0.748	0.808

1: 最低親魚量を折れ点とする HS 型再生産関係

2: SAM で推定された加入量の幾何平均値 (\hat{R}_0) から、 $a = \hat{R}_0/b$ を求めた。S.D. と自己相関係数 ϕ は SAM で推定されたパラメータをそのまま使用した。

補足表 6-2. 管理基準値案と MSY の代替値

項目	値	説明
SBtarget 案	62.6 万トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy)
SBlimit 案	14.2 万トン	限界管理基準値案。漁獲がないときの親魚量の 10% (0.1SB0)
SBban 案	0 トン	禁漁水準案。
Fmsy	SBmsy proxy を維持する漁獲圧 (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳以上) = (0.02, 0.05, 0.11, 0.18, 0.19, 0.24, 0.24)	
%SPR (Fmsy proxy)	50%	Fmsy proxy に対応する %SPR
MSY proxy	19.4 万トン	最大持続生産量 MSY の代替値

補足表 6-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	14.4 万トン	2023 年漁期の親魚量
F2023	2023 年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳以上)=(0.05, 0.14, 0.32, 0.50, 0.54, 0.69, 0.69)	
U2023	14.6%	2023 年漁期の漁獲割合
%SPR (F2023)	21.1%	2023 年漁期の%SPR
%SPR (F2021-2023)	20.4%	現状 (2021 ~ 2023 年漁期) の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2023/ SBmsy proxy	0.23	最大持続生産量を実現する親魚量の代替値(目標管理基準値案)に対する 2023 年漁期の親魚量の比
F2023/ Fmsy proxy	2.74	SBtarget 案を維持する漁獲圧(Fmsy proxy)に対する 2023 年漁期の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY proxy を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	SBmsy proxy を維持する水準を上回る	
親魚量の動向	減少	

* 2023 年漁期の選択率の下で Fmsy proxy 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 6-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2025 年漁期の親魚量(予測平均値):15.0 万トン			
項目	2025 年漁期の 平均漁獲量 (万トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2021-2023)	2025 年漁期の 漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)			
$\beta=0.7$	5.0	0.19	3.9
上記と異なる β を使用した場合			
$\beta=1.0$	7.0	0.27	5.5
$\beta=0.8$	5.7	0.21	4.4
$\beta=0.6$	4.3	0.16	3.4
$\beta=0.4$	2.9	0.11	2.3
$\beta=0.2$	1.5	0.05	1.1
$\beta=0.0$	0	0	0
F2021-2023	22.6	1.00	18.0

補足表 6-5. 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	2025 年漁期 の平均親魚 量 (万トン)	90% 予測区間 (万トン)	2025 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された β (最高値)					
$\beta=0.7$	135	19 – 288	54	94	100
上記と異なる β を使用した場合					
$\beta=1.0$	113	16 – 242	47	91	100
$\beta=0.8$	127	18 – 271	52	93	100
$\beta=0.6$	144	21 – 306	57	95	100
$\beta=0.4$	163	24 – 347	62	96	100
$\beta=0.2$	187	29 – 396	68	98	100
$\beta=0.0$	215	35 – 454	74	99	100
F2021-2023	36	3.5 – 78	13	55	100

補足表 6-6. 漁獲管理規則案に対応する将来予測

HCR (=0.70Fmsy proxy)

年齢別漁獲係数

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	0.042	0.019	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.013	0.013	0.013	0.013
1歳	0.058	0.063	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044	0.043	0.043	0.043
2歳	0.083	0.130	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.090	0.090	0.090	0.090
3歳	0.171	0.234	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.164	0.163	0.163	0.162	0.162
4歳	0.081	0.245	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.171	0.171	0.171	0.170	0.170
5歳	0.176	0.444	0.311	0.311	0.311	0.311	0.311	0.311	0.310	0.309	0.309	0.308	0.308
6歳以上	0.176	0.444	0.311	0.311	0.311	0.311	0.311	0.311	0.310	0.309	0.309	0.308	0.308
平均	0.113	0.225	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.158	0.157	0.157	0.157	0.156

年齢別平均資源尾数 (百万尾) ※

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	3,427	4,390	6,017	7,465	8,513	9,595	10,077	11,022	10,912	11,339	11,478	11,382	11,266
1歳	2,406	1,524	1,957	2,802	3,486	3,962	4,440	4,704	5,135	5,148	5,310	5,453	5,311
2歳	837	1,190	754	1,089	1,559	1,923	2,191	2,466	2,615	2,818	2,878	2,950	3,060
3歳	241	345	543	444	637	916	1,114	1,281	1,463	1,515	1,656	1,679	1,731
4歳	102	86	137	321	263	374	539	653	749	840	890	966	983
5歳	65	39	34	83	193	158	227	323	391	446	503	534	578
6歳以上	48	38	27	37	71	158	188	246	337	430	516	611	677
計	7,125	7,612	9,469	12,242	14,722	17,085	18,776	20,695	21,602	22,536	23,232	23,575	23,607

年齢別平均資源量 (万トン) ※

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	28.9	41.4	55.5	68.8	78.5	88.5	92.9	101.6	100.6	104.6	105.8	105.0	103.9
1歳	46.0	25.9	32.5	46.6	57.9	65.9	73.8	78.2	85.4	85.6	88.3	90.7	88.3
2歳	21.3	30.4	18.8	27.1	38.8	47.8	54.5	61.4	65.1	70.1	71.6	73.4	76.2
3歳	8.7	11.7	18.5	15.1	21.7	31.2	37.9	43.6	49.8	51.6	56.4	57.1	58.9
4歳	4.9	3.9	5.9	13.8	11.3	16.1	23.2	28.1	32.3	36.2	38.3	41.6	42.4
5歳	3.5	2.1	1.8	4.2	9.8	8.0	11.5	16.4	19.9	22.7	25.6	27.2	29.4
6歳以上	3.2	2.6	1.8	2.5	4.8	10.6	12.7	16.5	22.6	28.9	34.7	41.0	45.5
計	116.6	118.0	134.7	178.2	222.8	268.1	306.6	345.8	375.6	399.5	420.7	436.0	444.5

年齢別平均漁獲尾数 (百万尾) ※

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	137	177	301	375	428	484	509	555	548	569	576	573	562
1歳	264	167	266	357	444	506	569	603	656	655	676	694	677
2歳	187	265	191	235	317	391	447	503	533	573	584	598	619
3歳	80	114	200	120	147	199	242	278	318	329	358	362	372
4歳	35	30	53	77	46	56	76	92	106	118	126	136	138
5歳	27	16	16	23	33	20	25	33	40	46	51	55	59
6歳以上	20	16	12	9	10	14	11	12	14	18	20	23	25
計	750	784	1,038	1,195	1,426	1,671	1,879	2,077	2,215	2,307	2,391	2,440	2,451

※10,000回の繰り返し計算を行った平均値。

補足表 6-7. 現状の漁獲圧に対応する将来予測

F2021-2023

年齢別漁獲係数

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	0.062	0.062	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076	0.076
1歳	0.160	0.160	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
2歳	0.335	0.335	0.389	0.389	0.389	0.389	0.389	0.389	0.389	0.389	0.389	0.389	0.389
3歳	0.525	0.525	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605
4歳	0.552	0.552	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632	0.632
5歳	0.704	0.704	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
6歳以上	0.704	0.704	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
平均	0.435	0.435	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500

年齢別平均資源尾数（百万尾）※

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	3,427	4,390	6,017	7,465	8,512	9,594	10,069	10,988	10,845	11,240	11,355	11,240	11,113
1歳	2,406	1,524	1,957	2,633	3,277	3,725	4,172	4,418	4,810	4,807	4,948	5,069	4,926
2歳	837	1,190	754	925	1,247	1,540	1,753	1,971	2,088	2,243	2,285	2,334	2,419
3歳	241	345	543	326	399	540	658	755	860	891	969	980	1,004
4歳	102	86	137	199	121	146	198	241	276	307	326	352	358
5歳	65	39	34	50	73	45	55	73	89	101	113	120	129
6歳以上	48	38	27	20	23	31	25	26	32	39	45	52	56
計	7,125	7,612	9,469	11,619	13,653	15,621	16,930	18,471	19,000	19,629	20,042	20,148	20,007

年齢別平均資源量（万トン）※

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	28.9	41.4	55.5	68.8	78.5	88.5	92.8	101.3	100.0	103.6	104.7	103.6	102.5
1歳	46.0	25.9	32.5	43.8	54.5	61.9	69.4	73.4	80.0	79.9	82.3	84.3	81.9
2歳	21.3	30.4	18.8	23.0	31.0	38.3	43.6	49.0	52.0	55.8	56.9	58.1	60.2
3歳	8.7	11.7	18.5	11.1	13.6	18.4	22.4	25.7	29.3	30.3	33.0	33.4	34.2
4歳	4.9	3.9	5.9	8.6	5.2	6.3	8.5	10.4	11.9	13.2	14.1	15.2	15.4
5歳	3.5	2.1	1.8	2.6	3.7	2.3	2.8	3.7	4.5	5.1	5.8	6.1	6.6
6歳以上	3.2	2.6	1.8	1.4	1.5	2.1	1.7	1.7	2.2	2.6	3.0	3.5	3.8
計	116.6	118.0	134.7	159.2	188.0	217.8	241.2	265.3	279.8	290.7	299.6	304.1	304.5

年齢別平均漁獲尾数（百万尾）※

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0歳	137	177	52	70	80	90	95	104	103	106	108	107	106
1歳	264	167	48	74	93	105	118	125	136	137	141	145	141
2歳	187	265	42	65	94	116	132	148	157	169	173	177	184
3歳	80	114	49	42	60	87	106	121	139	143	157	159	164
4歳	35	30	13	33	27	38	55	66	76	85	90	98	100
5歳	27	16	4	11	25	20	29	41	50	57	64	68	74
6歳以上	20	16	3	5	9	20	24	32	43	55	66	78	87
計	750	784	212	299	387	476	558	637	704	753	799	832	854

※10,000回の繰り返し計算を行った平均値。

補足資料 7 資源調査の概要

(1) 移行域幼稚魚調査

中央水研・北水研（当時）により 1995 年に予備調査、1996 年開始。5～6 月に小型浮魚類幼稚魚の生育場である黒潮続流域～黒潮一親潮移行域で中層トロールによる漁獲試験を実施。幼稚魚の分布状況を把握している。

(2) 北西太平洋北上期浮魚類資源調査・道東三陸沖加入量把握調査

北西太平洋北上期浮魚類資源調査は東北水研・中央水研（当時）により 2000 年に予備調査、2001 年開始。サンマ資源量直接推定調査（水産資源研究所）と北上期浮魚類資源調査（水産資源研究所）の 2 つの調査からなる。北上期のサンマ等小型浮魚類を対象に、5～7 月に本邦沿岸から西経域（165°W）に至る移行域～親潮域で複数の調査船で中層トロール漁獲試験を実施。道東三陸沖加入量把握調査は中央水研（当時）により 2019 年に開始。太平洋におけるスルメイカの加入量を把握するために、7 月の本邦沿岸から東経 155°E の移行域～親潮域で中層トロール漁獲試験を実施。それぞれの調査の 0 歳魚 CPUE が加入量の指標となる（図 4-2、補足表 2-2）。

(3) 道東～三陸海域流し網調査

北海道立総合研究機構釧路水産試験場により 1994 年開始。道東～三陸海域で 6～10 月にかけて行われる 4 つの調査からなる。小型浮魚類を対象に流し網および中層トロール網漁獲試験を実施。0 歳魚および成魚の分布状況を把握するとともに、CPUE が資源量の指標となる。

(4) 北西太平洋秋季浮魚類資源調査

東北水研（当時）により 1984 年に漁業資源評価システム高度化調査として開始。8～11 月に道東～三陸～常磐海域で浮魚類を対象に流し網漁獲試験を実施。その後、調査期間を 9～10 月に集約。東北海区浮魚類分布調査として継続。2001 年から漁具を中層トロールに変更、計量魚探機も使用し、調査対象を小型浮魚類に集約。2005 年から調査海域を千島列島東方沖まで拡大。2008 年から中央水研（当時）が北西太平洋秋季浮魚類資源調査として引き継ぎ実施。漁場外の沖合域における主に 0 歳魚の分布状況を把握し、0 歳魚 CPUE が加入量の指標となる（図 4-2、補足表 2-2）。また近年では資源量の増加に伴い 1 歳以上も沖合域に分布するようになったことと、耳石による年齢査定を行ったため、中層トロールの年齢別 CPUE が利用可能になったことから、今年度資源評価において 1 歳魚 CPUE を 1 歳魚資源尾数の指標値として使用した（図 4-2、補足表 2-2、補足資料 9）。

(5) 冬春季常磐海域まき網漁況調査（未成魚越冬群指数）

茨城県水産試験場により実施され、年明け後の冬春季に未成魚（尾叉長 25 cm 未満）がまき網漁獲物（標本）の 50%（尾数比）を超えている期間の、越冬場（35°～37°N、142°E 以西のまき網漁場（房総～常磐南部海域））における緯度・経度 10 分升目毎のまき網 1 日 1 投網平均漁獲量の総和を未成魚越冬群指数と定義して算出している（図 4-2）。漁獲量に

はゴマサバも含まれるが、漁獲物調査の結果、越冬期に当該海域に分布するさば類未成魚のうち、マサバの割合は 80~100%であることから、指数はマサバの加入量水準の指標値となると判断される。しかし、2014 年以降は越冬場で 0 歳魚~明け 1 歳魚がほとんど漁獲されなくなり、さらに 2015 年以降は 2 歳以上が越冬場で漁獲されるようになったため、指数が加入量（0 歳魚資源尾数）を的確に指標していない可能性が高く、注意が必要である。

(6) 北部まき網漁業の有効努力量、資源量指数

漁業情報サービスセンター（JAFIC）により、北部まき網漁業のさば類を対象とした操業情報から算出される。主な対象はマサバと考えられるが、漁業情報サービスセンターの調査結果から時期による変化も大きく、ゴマサバの割合が高かった年代もあるなど、本評価での指標値としての使用にあたっては精査が必要である。CPUE：漁獲量/努力量（投網回数）（図 4-3）。資源量指数：海区（漁場の形成された緯度経度 30 分単位のメッシュ）あたりの平均 CPUE の全海区合計（図 4-3）。有効努力量：漁獲量/平均密度指数（図 3-3）。平均密度指数：資源量指数/海区数。

(7) 卵稚仔調査

太平洋側の関係各機関による共同調査。改良ノルパックネット（メッシュ 335 μm ）採集で浮魚類の卵の分布量を把握。マサバとゴマサバの卵の種査定が可能になり、2005 年から種別に産卵量が算出されている（図 4-1、補足表 2-2）。

(8) たもすくい漁業の CPUE

神奈川県水産技術センター（2003~2020 年）および静岡県水産技術研究所（2014 年以降）により収集される、産卵場である伊豆諸島周辺海域でマサバを主対象に操業するたもすくい標本漁船の操業記録から 1 人 1 時間当たり漁獲量として算出される。産卵場における成魚の分布密度の指標となり、親魚量の指数となる（補足表 2-2）。

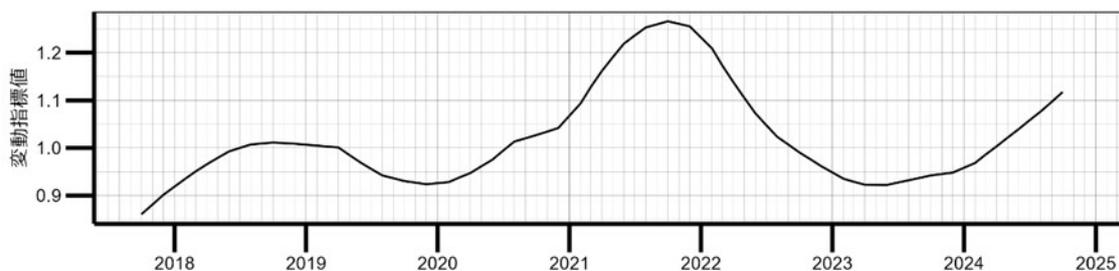
補足資料 8 北西太平洋における外国漁船の漁獲動向把握に向けた取り組み

2014 年以降、北西太平洋公海域（NPFC 条約海域）では中国を中心とした外国漁船がさば類を漁獲しているが、その漁獲動向の把握が重要な課題となっている。

平成 26 年度から水産資源調査・評価推進事業の一環として、米国 NOAA/NASA が運用している人工衛星のマルチチャンネルイメージャ・放射計（VIIRS）センサが夜間に北西太平洋の上空にて取得した可視光データを用いて灯光を利用する漁船の位置を推定している（Miller et al. 2012）。今年度も夜間可視光データから灯光漁船の位置を抽出し、北西太平洋の北緯 35 度～45 度、NPFC 条約海域の境界線～東経 160 度を解析海域として、灯光漁船の推定隻数を経年的に整理し始めた。2017 年 10 月～2024 年 10 月の中長期的な変動パターンを観察するため、統計解析により推定隻数の月積算値から 12 ヶ月の周期成分と各月の残差を引いた傾向成分を算出した。人工衛星の観測頻度や気象の影響を考慮して、傾向成分を相対的な評価が可能な変動指標値に変換した（補足図 8-1）。今後、マサバを漁獲する灯光漁船を同じく北西太平洋にて操業を行うサンマ漁船やいか釣り漁船と識別することが望まれる。また、灯光漁船の操業位置、輝度レベル、海洋環境データの比較解析を行うことにより、より高度な外国漁船の漁獲動向が推定可能になると期待される。

引用文献

Miller, S. D., S. P. Mills, C. D. Elvidge, D. T. Lindsey, T. F. Lee and J. D. Hawkins (2012) Suomi satellite brings to light a unique frontier of nighttime environmental sensing capabilities. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, **109**, 15706-15711.



補足図 8-1. 北西太平洋の解析海域における灯光漁船の変動指標値

補足資料 9 資源量指標値の標準化

北西太平洋北上期浮魚類資源調査・三陸道東沖加入量把握調査による 中層トロール 0 歳魚 CPUE (以下、北上期 CPUE)、伊豆諸島海域たもすくい漁業 CPUE (以下、たもすくい CPUE)、産卵量の標準化を行った。なお、例年行っている、北西太平洋秋季浮魚類調査による中層トロールにおける 0 歳魚 CPUE (以下、秋季 0 歳 CPUE) と 1 歳魚 CPUE (以下、秋季 1 歳魚 CPUE) の標準化については、今年度はデータを更新せず、昨年度までのものを用いることにした。ただし、秋季 1 歳魚 CPUE については、NPFC マサバ資源評価作業部会において微修正を行ったため、更新した値を用いた (詳細は Nishijima et al. 2024 参照のこと)。

(1) 北上期 CPUE の標準化

北太平洋北上期浮魚類資源調査・三陸道東沖加入量把握調査における中層トロール 0 歳魚 CPUE (尾 網 時) のデータを用いた CPUE の標準化を行った。両調査はともに 2001 年から開始されているが、解析にはおおよその調査範囲が一致している 2002~2023 年 (北上期 CPUE) の期間を使用し、Vector-Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) モデル (Thorson and Barnett 2017) を用いて標準化を行った。シミュレーションでは、VAST は一般化線形モデルや一般化加法モデルよりも、CPUE 標準化における総合的なパフォーマンスが高かったことが報告されている (Grüss et al. 2019)。

VAST の解析では、上記の調査期間のすべてのデータを使用した。VAST では調査 CPUE (尾/網/時) を、サンプル i の遭遇確率 ($p_1(i)$) と、遭遇時した場合のサンプル i の密度 ($p_2(i)$) に分けて、以下の 2 つの線形予測子で表す。

$$p_1(i) = \beta_1(t_i) + \omega_1(s_i) + \varepsilon_1(s_i, t_i) + \sum_{k_1}^{n_{k_1}} \lambda_1(k_1) Q_i(i, k_1) \quad (14)$$

$$p_2(i) = \beta_2(t_i) + \omega_2(s_i) + \varepsilon_2(s_i, t_i) + \sum_{k_2}^{n_{k_2}} \lambda_2(k_2) Q_i(i, k_2) \quad (15)$$

右辺の第 1 項の $\beta(t_i)$ は調査年 t の効果を表す係数であり、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 項は漁具能率に影響する共変量 Q と係数 λ を表している。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、

$$\omega_1(\cdot, f) \sim MVN(0, \mathbf{R}_1), \quad \omega_2(\cdot, f) \sim MVN(0, \mathbf{R}_2) \quad (16)$$

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

$$\mathbf{R}_1(s_n, s_m) = \frac{1}{2^{\varphi-1}\Gamma(\varphi)} \times (\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}|)^\varphi \times K_\nu(\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}|), \quad (17)$$

$$\mathbf{R}_2(s_n, s_m) = \frac{1}{2^{\varphi-1}\Gamma(\varphi)} \times (\kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}|)^\varphi \times K_\nu(\kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m) \mathbf{H}|) \quad (18)$$

と表される。VAST 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、 $\mathbf{d}(s_n, s_m)$ 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）を表す行列であるが、推定が困難であったため異方性を仮定しなかった。同様に、時空間効果の確率密度関数は

$$\varepsilon_1(\cdot, f, t) \sim \begin{cases} MVN(\mathbf{0}, \mathbf{R}_1) & \text{if } t = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon_1} \varepsilon_1(\cdot, f, t-1), \mathbf{R}_1) & \text{if } t > 1 \end{cases} \quad (19)$$

$$\varepsilon_2(\cdot, f, t) \sim \begin{cases} MVN(\mathbf{0}, \mathbf{R}_2) & \text{if } t = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon_2} \varepsilon_2(\cdot, f, t-1), \mathbf{R}_2) & \text{if } t > 1 \end{cases} \quad (20)$$

で与えられる。VAST の初期設定である、各年の効果 (β) を固定効果で推定し、時空間効果は独立と仮定する ($\rho_{\varepsilon_1} = \rho_{\varepsilon_2} = 0$) 手法を使用した。

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 ($r_1(i)$) と遭遇時の予測 CPUE ($r_2(i)$) を以下の式で表した (Thorson 2017)。

$$r_1(i) = \text{logit}^{-1} p_1(i) \quad (21)$$

$$r_2(i) = a_i \times \log^{-1} p_2(i) \quad (22)$$

a_i はオフセット項であるが、CPUE を目的変数としてオフセット項は1とした。CPUE 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。

$$\Pr(b_i = B) = \begin{cases} 1 - r_1(i) & \text{if } B = 0 \\ r_1(i) \times g\{B|r_2(i), \sigma_m^2(c)\} & \text{if } B > 0 \end{cases} \quad (23)$$

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。

漁具能率に影響する環境要因として、表面海水温 (SST) と水深 50m 水温 (T50) が考えられるが、両変数の相関が比較的高く ($r = 0.69$)、係数の推定値の信頼性や予測の安定性を下げる可能性が考えられた。そのため、これら 2 変数を用いた主成分分析を行い、直交する第 1 主成分 (PC1) と第 2 主成分 (PC2) を解析に使用した。両方の調査データにおいて、PC1 が両方に共通する要素、PC2 が両方の水温の差を表しており、第 1 主成分の寄与

率が 80%を超えていた（補足図 9-1）。PC1 と PC2 の二乗項と交互作用項を含め、AICc 基準で総当たりのモデル選択を行った。その結果、二項分布モデルでは上位 5 位までにすべての変数が選ばれた（補足表 9-1）。ガンマ分布モデルには、上位 5 位までのモデルには PC1 と PC2 が必ず選ばれており、PC1 と PC2 の交互作用項が AICc 最小のモデルに選ばれた。AICc 最小の変数を用いたモデルを使用し、資源量指標値を算出した。VAST の資源量指標値は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（ r^* は式 19、20 から第 4 項を除いたものから式 26、27 を用いて得られる）、各ノットの面積と密度を掛け合わせた値の総和を存在量として求められるが、今回の解析では密度は CPUE（尾／網／60 分）であるため、総和を面積の合計値で割った値を標準化 CPUE（尾／網／60 分）として算出した。

$$I(t) = \frac{\sum_{s=1}^{n_s} (a(s) \times d(s, t))}{\sum_{s=1}^{n_s} a(s)} \quad (24)$$

各ノットの面積の合計値は年によって変わらないため、この処理によって標準化指標値の相対的なトレンドは変わらない。指標値を求める際、ランダム効果の平均補正を行った（Thorson and Kristensen 2016）。VAST のモデル構造については、Thorson (2019) や GitHub (<https://github.com/James-Thorson-NOAA/VAST>) に詳しく記載されている。

VAST で推定された各年の局所密度の分布を補足図 9-2 に示す。2013 年の卓越年級発生以後、高い値で推移していたが、2022 年以降減少傾向にあり、2024 年の値は前年から減少した（補足図 9-3、補足表 2-2）。R パッケージの DHARMA (Hartig 2022) を使用しモデル診断を行ったところ、Q-Q プロットは理論上の予測線の上に観測値が載っており、コルモゴロフ-スミルノフ検定において有意差は検出されなかった（補足図 9-4）。

(2) たもすくい CPUE の標準化

神奈川県のともすくい漁業のデータ (2003~2020 年) および静岡県 of データ (2014~2022 年) のデータを使用した。たもすくい CPUE (kg 時間／人) のデータも 0 以上の連続値であり、昨年度と同様に、二項分布と Tweedie 分布を合わせたゼロ過剰 (zero inflated) Tweedie 分布モデルを使用した。解析には、本系群の主産卵期である 1~6 月のデータを使用した。

CPUE を予測する説明変数として、年 (カテゴリーカル変数) ・海区 (カテゴリーカル変数) ・操業時の表面海水温 (連続変数) ・表面海水温の二乗項 ・月 (カテゴリーカル変数) ・船 (カテゴリーカル変数) ・県 (カテゴリーカル変数) を使用した。海区はデータに記録されているカテゴリーと緯度経度情報に基づき 7 区に分けたものを使用した。2007~2009 年と 2013 年は、すべてのデータで漁獲があったため、二項分布モデルの年効果を独立同分布 (independent and identically distributed) のランダム効果として推定した。また、R パッケージの glmmTMB (Brooks et al. 2017) を使用し、二項分布モデルと Tweedie 分布モデルを同時に扱い、パラメータ推定と変数選択を一括して行った。R パッケージの MuMIn (Bartoń 2022) を使用し、AICc 基準で総当たりの変数選択を行った。

変数選択の結果、AICc が最小となったモデルの二項分布については県と船以外のすべ

ての変数が選択され、Tweedie 分布については県以外の変数が選択された。このモデルを使用し、各変数のすべての組み合わせにおいて予測 CPUE を算出し、年ごとに予測 CPUE を平均した値を標準化した資源量指標値とした。連続変数である表面海水温に関しては、最小値と最大値を細かく分割し、そのときの予測値を求めた。標準化 CPUE は、ノミナル CPUE と似た傾向を示したが、2020 年はノミナル CPUE よりも標準化 CPUE の方が低かった（補足図 9-5）。2021 年以降、標準化 CPUE は急減し、2024 年の値は前年よりもわずかに減少した（補足表 2-2）。Q-Q プロットでは、理論上の予測線から観測値がやや外れており、コルモゴロフスミルノフ検定において有意差が検出された（補足図 9-6）。

(3) 産卵量の標準化

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データを用いて、マサバの産卵量の標準化を行った。補正の式は以下で表される：

$$E_{y,m,i} = \left(\frac{1}{\bar{S}} \frac{D_{y,m}}{d_{y,m,i}} \right) \bar{X}_{y,m,i} \quad (25)$$

$E_{y,m,i}$ 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)。解析期間はマサバ産卵量が発見されたことのある 1 月から 7 月とした。空間分布の年変化だけでなく季節変化も推定する VAST の「季節モデル」(Thorson et al. 2020) を使用した。

モデルの構造は北上期 CPUE で使用したものとおよそ同じであるが、季節モデルでは年効果は

$$\beta(t) = \mu_{\beta} + \beta_m(m_t) + \beta_y(y_t) + \beta_t(t) \quad (26)$$

で表される。ここで、 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。

$$\beta_t(t) \sim \begin{cases} N(0, \sigma_{\beta}^2), & \text{if } t = 1 \\ N(\rho_{\beta} \beta_t(t-1), \sigma_{\beta}^2), & \text{if } t > 1 \end{cases} \quad (27)$$

時空間効果については式 14、15 における ρ_e を推定し、ある場所の隣り合う月における局所密度が相関すると仮定した。産卵量の標準化には漁具能率に影響する共変量を使用しな

かった。パラメータ推定には、卵稚仔調査で得られた海区 I~IV における 2005~2022 年 1~7 月の 30 分升目ごとのマサバの補正済みの産卵量データを使用した。空間の解像度を表すノット数は 100 とした。産卵量の絶対量を以下の式を各ノットにおける卵密度 ($d(s, t)$) とノットの面積 $A(s)$ の積の総和から算出し、標準化された資源量指標値とした。

$$I(t) = \sum_{s=1}^{n_s} (A(s) \times d(s, t)) \quad (28)$$

解析の結果、マサバの卵密度は毎年 3~5 月の間に高く、産卵時期が遅くなるに連れて卵密度が高い地域は北東方向に移動していることが明らかになった (補足図 9-7)。標準化産卵量はノミナル産卵量よりもやや高い値が推定され (補足表 2-2)、2024 年の値は 2023 年よりわずかに増加したが、引き続き低い値であった (補足図 9-8)。Q-Q プロットでは、理論上の予測線上に観測値が載っており、コルモゴロフ-スミルノフ検定において有意差は検出なかった (補足図 9-9)。

引用文献

- Bartoń, K. (2022) MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.46.0., <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- Brooks, M. E., K. Kristensen, K. J. van Benthem, A. Magnusson, C. W. Berg, A. Nielsen, H. J. Skaug, M. Maechler and B. M. Bolker (2017) glmmTMB: Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, **9**, 378-400.
- Grüss, A., J. F. Walter III, E. A. Babcock, F. C. Forrestal, J. T. Thorson, M. V. Lauretta and M. J. Schirripac (2019) Evaluation of the impacts of different treatments of spatio-temporal variation in catch-per-unit-effort standardization models. *Fish. Res.*, **213**, 75-93.
- Hartig, F. (2022) DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level/Mixed) Regression Models. R package version 0.4.5. <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>.
- 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.
- Lo, N. C. H., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2515-2526.
- Nishijima, S., M. Ichinokawa, and R. Yukami. (2024) Revised Standardized Abundance Indices for Ages 0 and 1 Fish of Chub Mackerel from Northwest Pacific Autumn Surveys up to 2023. NPFC-2024-TWG CMSA09-WP06. (available at <https://www.npfc.int/>)
- 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. (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, 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.

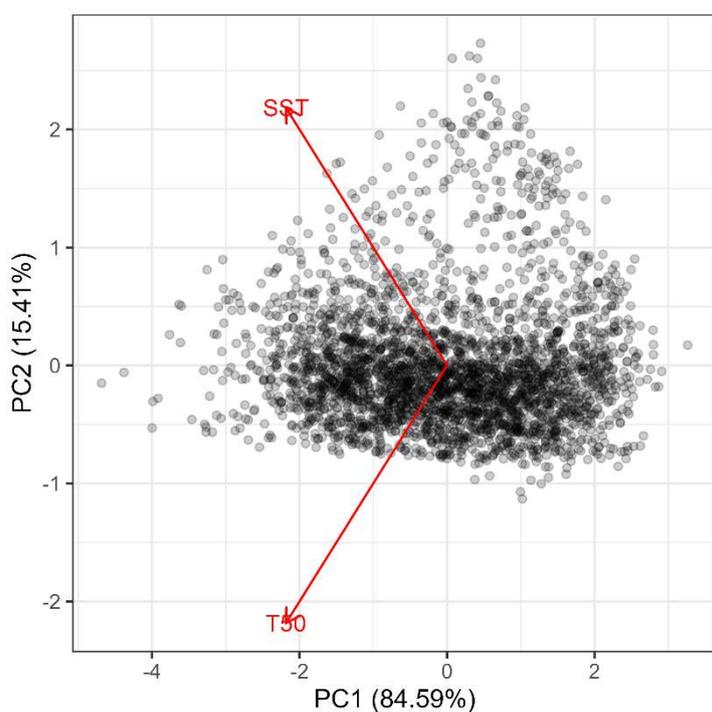
- Thorson, J. T. and K. Kristensen (2016) Implementing a generic method for bias correction in statistical models using random effects, with spatial and population dynamics examples. *Fish. Res.*, **175**, 66-74.
- Thorson, J. T., C. F. Adams, E. N. Brooks, L. B. Eisner, D. G. Kimmel, C. M. Legault, 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, 9-22pp.

補足表 9-1. 北上期 CPUE、秋季 0 歳魚 CPUE、秋季 1 歳魚 CPUE の二項分布モデルおよびガンマ分布モデルにおける変数選択の結果

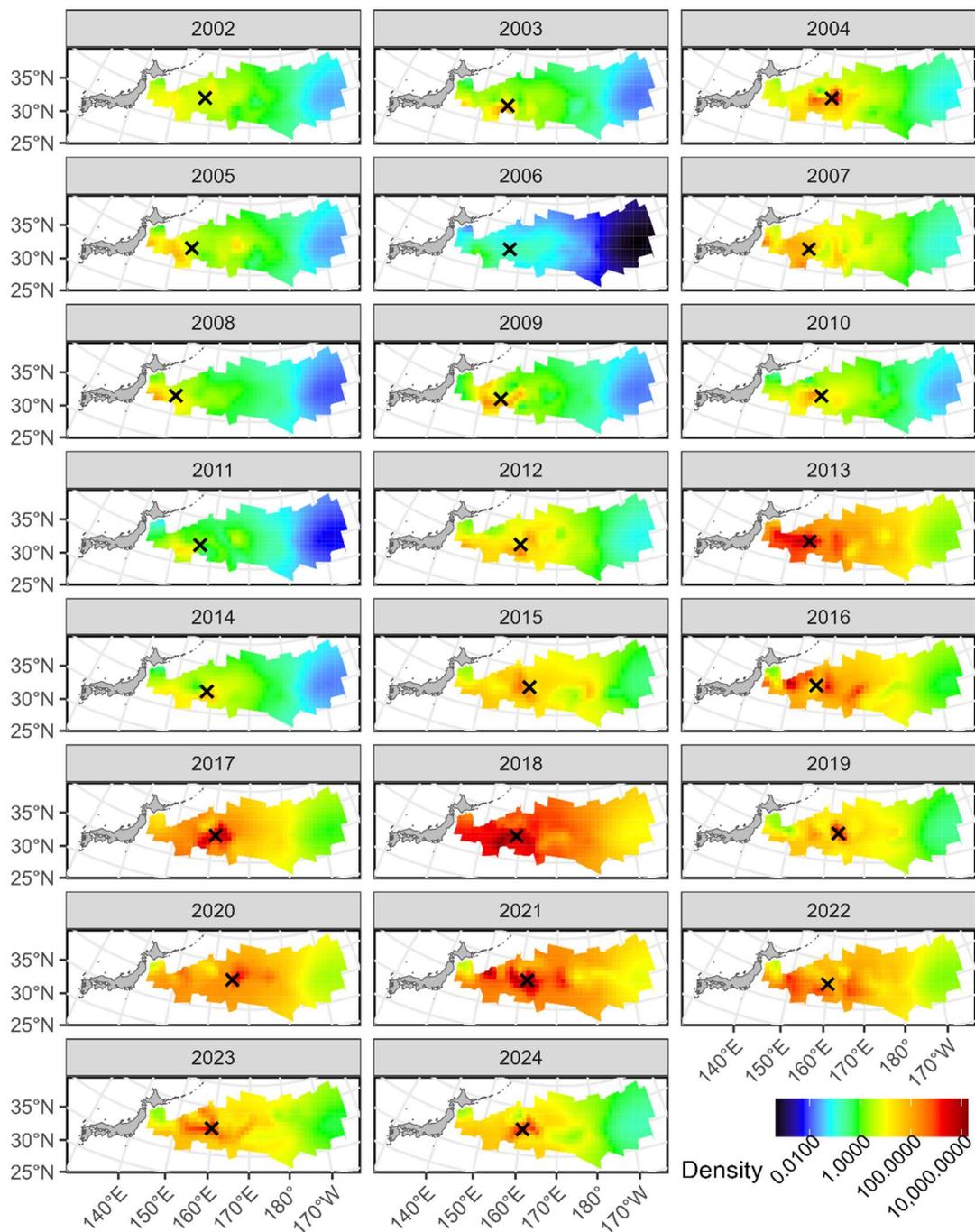
順位	PC1	PC1 ²	PC2	PC2 ²	PC1:PC2	パラメータ 数	対数尤度	AICc	ΔAICc
1	B,G	B	B,G	B	B,G	60	-4418.63	8959.70	0.00
2	B,G	B	B,G	B	B	59	-4419.86	8960.07	0.38
3	B,G	B,G	B,G	B	B,G	61	-4417.95	8960.43	0.73
4	B,G	B,G	B,G	B	B	60	-4419.03	8960.50	0.80
5	B,G	B,G	B,G	B,G	B,G	62	-4416.96	8960.53	0.83

PC1、PC2 は第 1 主成分と第 2 主成分をそれぞれ表す (補足図 4-1 参照)。

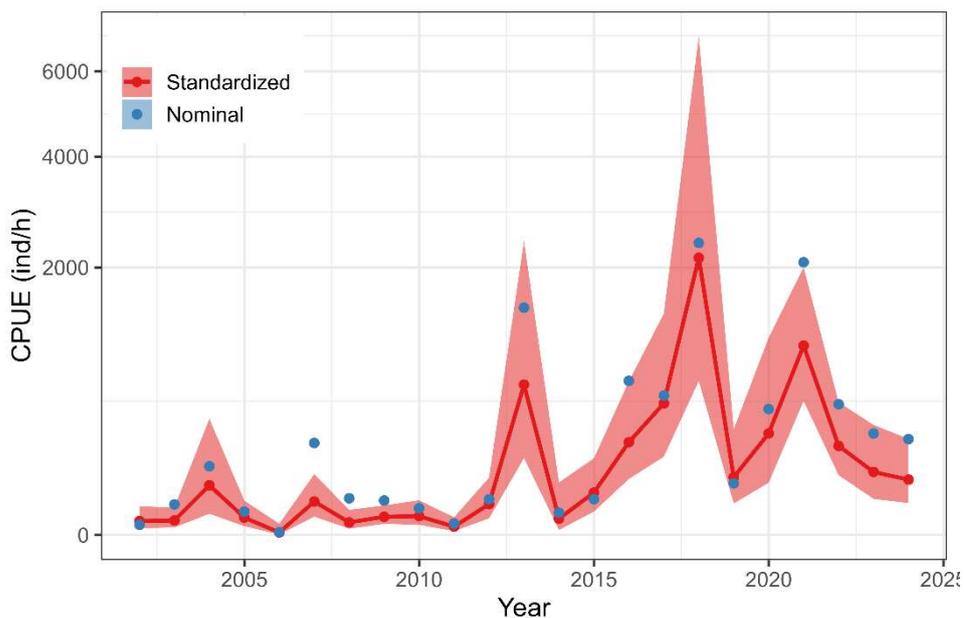
B は二項分布で、G はガンマ分布で各変数が選ばれたことを表す。



補足図 9-1. 北上期調査データにおいて海面表水温 (SST) と水深 50m 水温 (T50) を主成分分析した結果

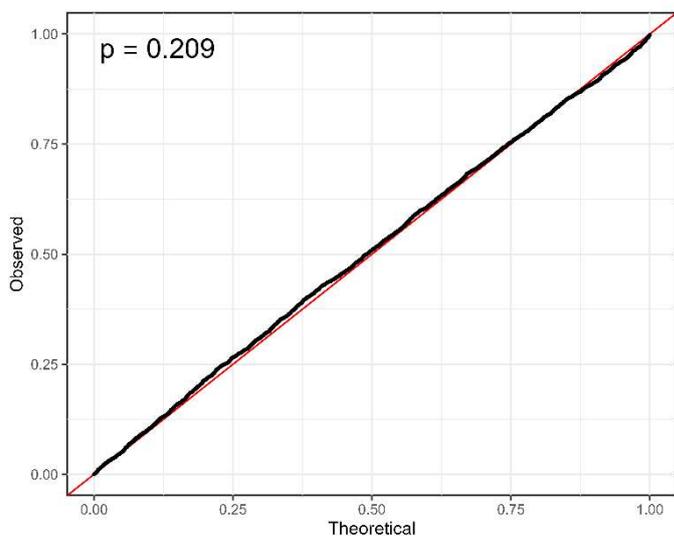


補足図 9-2. 北上期調査データから推定された各年の 0 歳魚の相対密度
 ×印は分布の重心を表す。



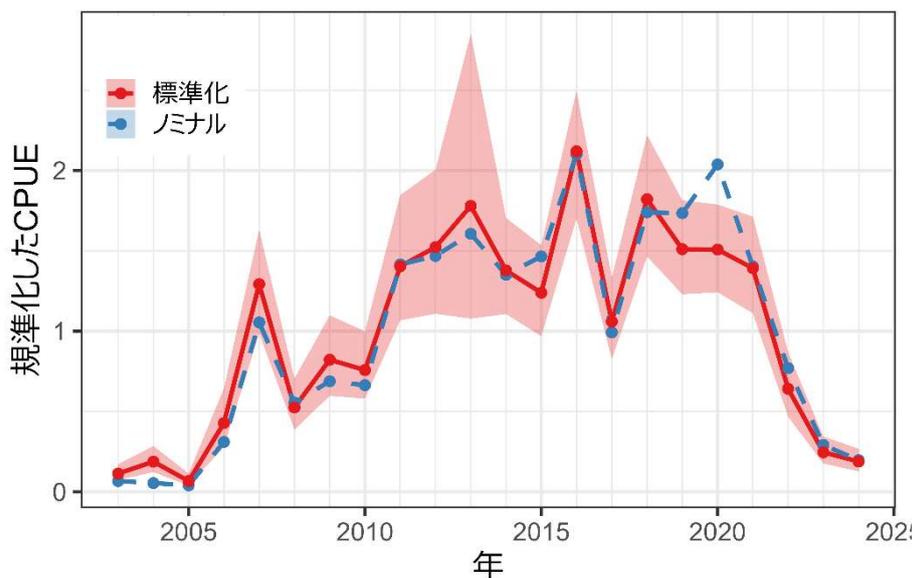
補足図 9-3. 北上期 CPUE の経年変化

赤実線は標準化指標値、青の点はノミナル指標値（CPUE の単純平均）を表す。



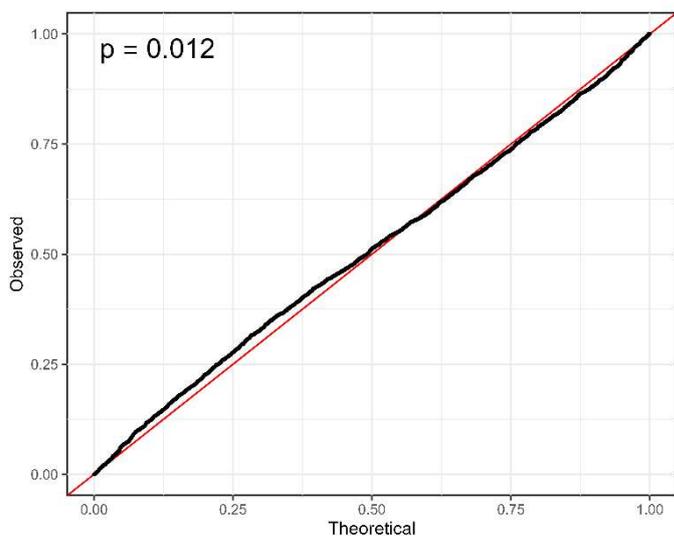
補足図 9-4. 北上期 CPUE の解析における標準化残差（0-1 の範囲に規準化した残差）の Q-Q プロット

左上にコルモゴロフ-スミルノフ検定における p 値を示す。



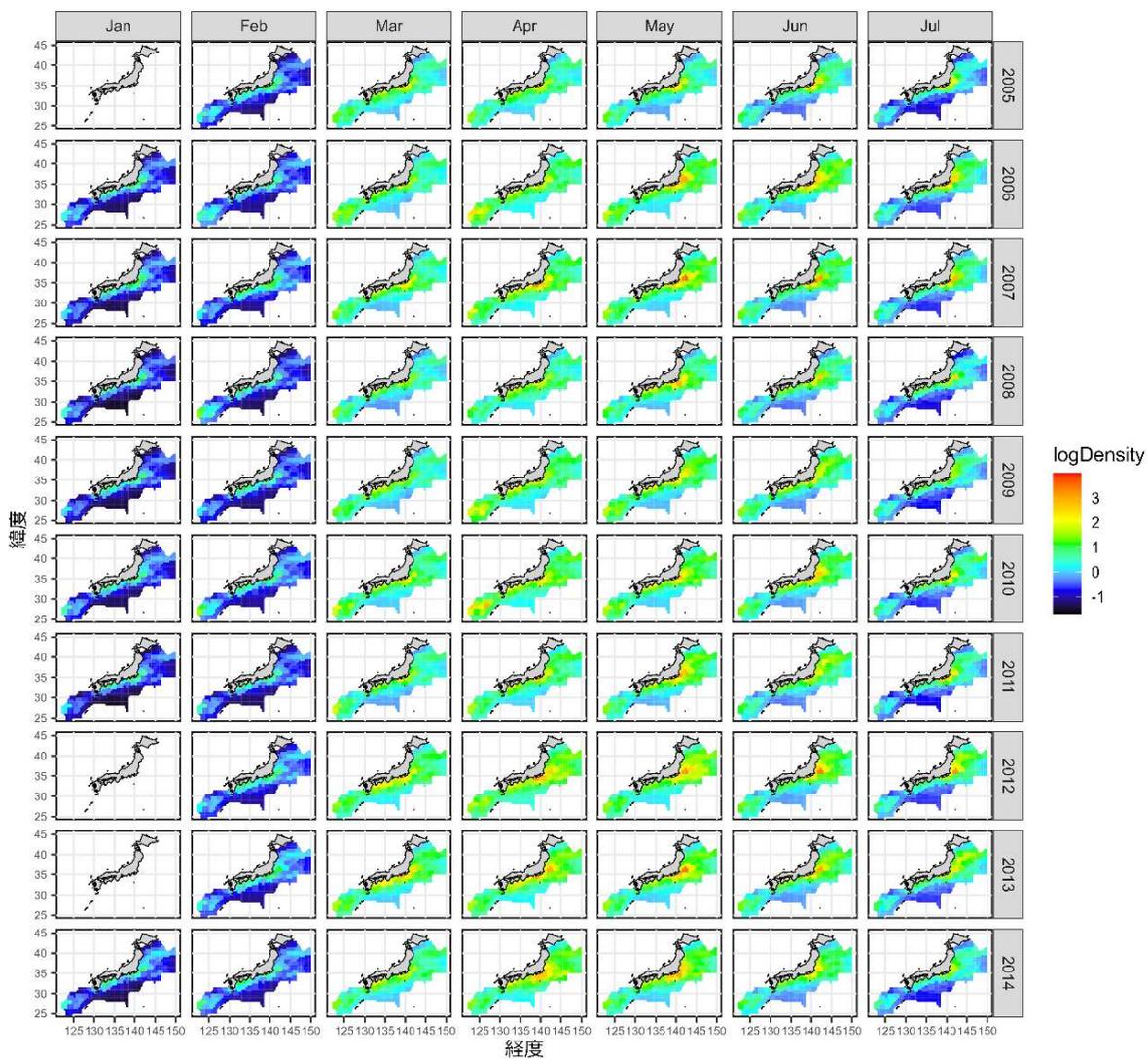
補足図 9-5. たもすくい CPUE の経年変化

平均が 1 となるように標準化した値を示す. 赤実線は標準化指標値、青点線はノミナル指標値 (CPUE の単純平均) を表す。

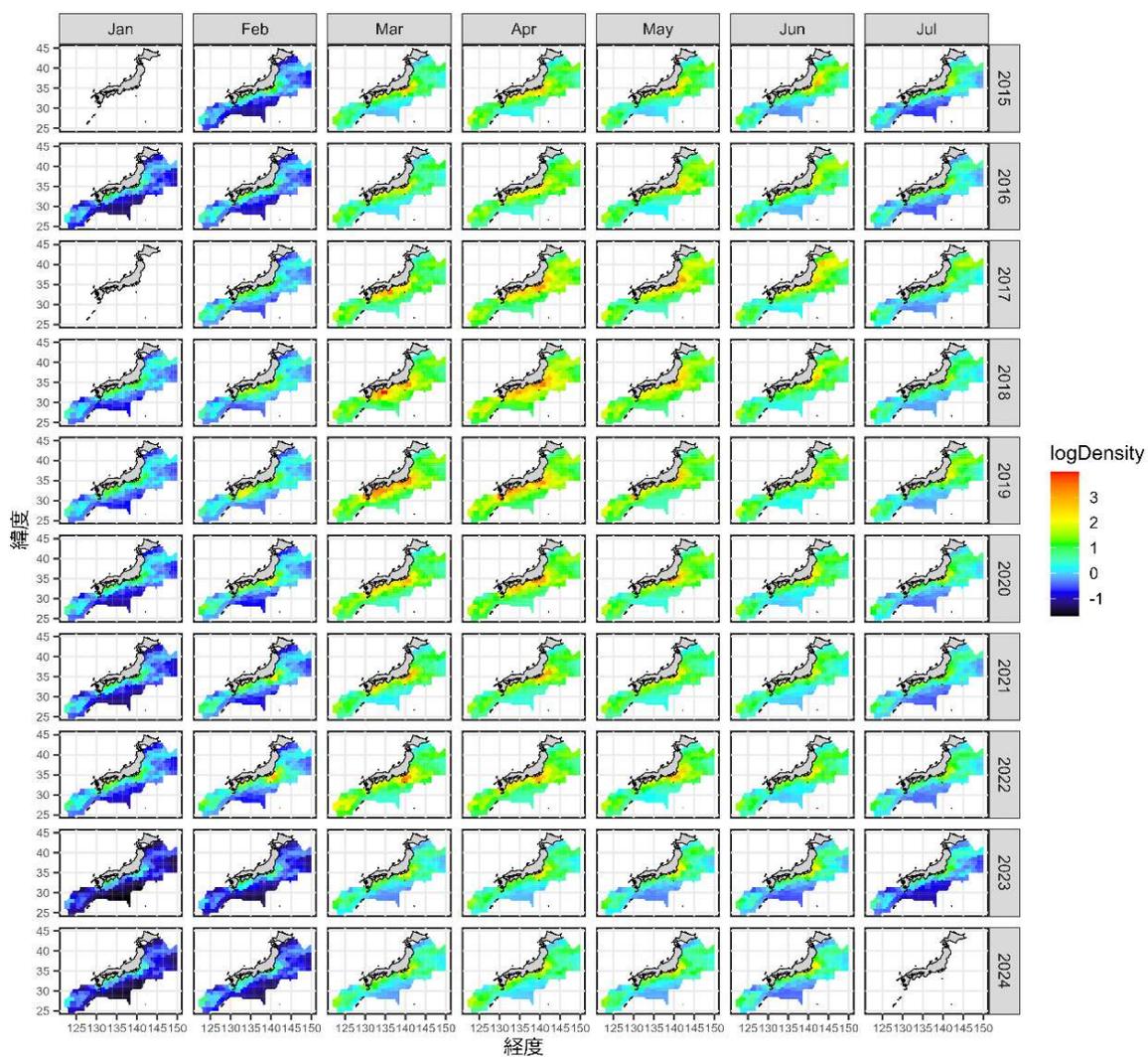


補足図 9-6. たもすくい CPUE の解析における標準化残差 (0-1 の範囲に標準化した残差) の Q-Q プロット

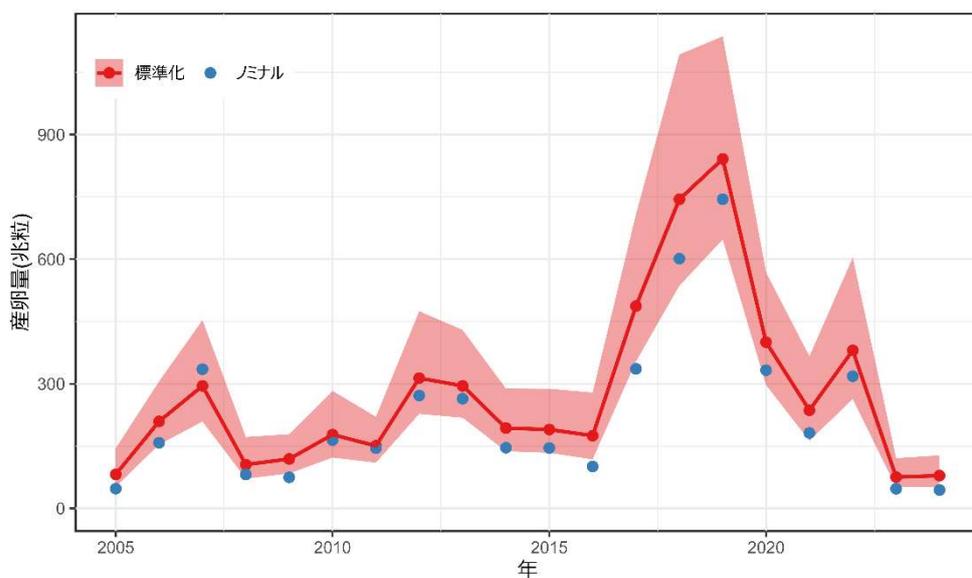
左上にコルモゴロフ-スミルノフ検定における p 値を示す。



補足図 9-7a. 2005～2014 年（行）の 1～7 月（列）に推定されたマサバ卵密度
 すべてのサンプルでマサバ卵が発見されなかった年・月の密度はゼロとした。

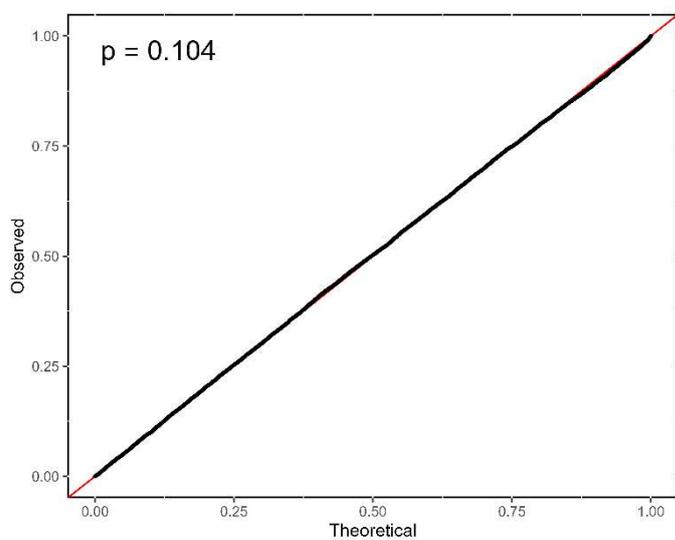


補足図 9-7b. 2015～2024 年（行）の 1～7 月（列）に推定されたマサバ卵密度
 すべてのサンプルでマサバ卵が発見されなかった年・月の密度はゼロとした。



補足図 9-8. 産卵量の経年変化

赤実線は標準化指標値、青点線はノミナル指標値（各 30 分升目における各月の産卵量の総和）を表す。



補足図 9-9. 産卵量の解析における標準化残差（0-1 の範囲に規準化した残差）の Q-Q プロット

左上にコルモゴロフ-スミルノフ検定における p 値を示す。

補足資料 10 前回管理基準値等の提案後の経過

(1) 評価を取り巻く状況

1) 過年度の経緯

本系群は令和元年4月の研究機関会議で管理基準値が提案・合意された。令和元年7月の資源管理手法検討部会で議論がなされ、5、10、15、20年前からMSYを実現する漁獲圧で漁獲を始めたとした場合の親魚量、漁獲量の予測の試算などが研究機関に求められた。その後、研究機関での再度の議論や検討を経て、令和2年2月の資源管理方針に関する検討会で管理方針が同意され、令和2年7月からMSYに基づく管理が開始された。これまでに本系群を対象として開催された資源管理、資源評価に関連する会議について補足表10-1に取りまとめた。

2) 資源管理基本方針に関連するパラメータ

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」を経て資源管理基本方針が定められた。同方針の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準、調整係数 β などは由上ほか(2024)の補足資料3に示した通りである。

3) 前回管理基準値の提案の以降の大きな出来事

令和元年より、NPFCのマサバ資源評価技術作業部会において本系群の国際的な資源評価が進められている。資源量指標値、生物パラメータは日本国内の資源評価で使用されている値を軸に検討が進められ、資源評価モデルは日本が提案した状態空間資源評価モデル(SAM)が採択された。現時点ではNPFCによるABC、管理基準値等の提案は行われておらず、本年度評価では日本による資源評価を、SAMを用いて実施した。

4) 資源評価の変更点

目標管理基準値の設定以降、資源評価において行った変更点は以下のとおり。

① 年齢別成熟割合変更(令和2年度)

2015年漁期以降の年齢別成熟割合について、2歳魚の一部から成熟開始としていたところ、2歳魚は成熟せず、3歳魚の一部から成熟開始することとした。MSY設定時の生物特性と整合を取るため、将来予測におけるABC算定年の翌年以降は成熟割合をMSY設定当時(2歳魚の一部から成熟開始)とした。

② VASTを用いた産卵量標準化(令和3年度)

ゴマサバ太平洋系群で先行して導入されていた、VASTを用いた産卵量の標準化を行った。

③ 秋季調査1歳魚CPUEを資源量指数として使用(令和4年度)

耳石を用いて年齢査定を行い、秋季調査における1歳魚のCPUEを算出し、VASTによって標準化した値を資源量指標値として使用した。これにより、0歳魚資源尾数の推定値の評価更新による変動をやや抑えることが可能となった。

④ 北上期・秋季0歳魚CPUEの標準化にVASTを使用(令和4年度)

前年度までは同CPUEの標準化においてdelta-GLM-treeを使用していたが、VASTによ

り標準化を行った。

5) 前年度評価会議以降の議論

令和 6 年 10 月の担当者会議において資源評価モデルを VPA から SAM に変更することを議論し、SAM に変更することが合意された。また、データや自然死亡係数、生物パラメータについても NPFC との整合性を取るために、基本的に NPFC と同じものを使用することを提案し、同意が得られた。

6) ピア ビュー

水産研究・教育機構では、資源評価に関する透明性や客観性を確保するため、その科学的妥当性について国内外の専門家に諮問するピア ビューのプロセスを、2020 (令和 2) 年度から導入している。本系群については令和 2 年 10 月 2、6、21、22 日に平成 31 年度 (令和元年度) の資源評価結果について日米の専門家からの ビューを受けた。外国漁船による年齢別漁獲尾数等の不確実性に関する感度分析、自然死亡係数の検討、体重の密度依存性を考慮した MSY に基づく管理基準値の設定等の指摘を受けた。ビューの詳細は報告書を参照されたい。(https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/peer_review/index.html)

(2) 過年度資源評価の結果の比較

MSY 算定に用いた平成 30 (2018) 年度評価結果および令和元 (2019) 年度～令和 5 年 (2023) 年度の資源評価結果を比較した図を補足図 10-1、補足表 10-2 に示した。5 ヶ年の資源評価結果を比べると、評価年度が進むにつれて加入尾数が下方修正され、それに伴い資源量、親魚量も下方修正が継続していた (補足図 10-1)。

選択率は 2019 年度の 4 歳、2023 年度の 3 歳で高い値を示した他は、若年齢ほど低い値を示していて、0～2 歳は継続して低い値を示している (補足図 10-2)。

年齢別平均体重は全年齢ともに比較的安定しているが、2013 年級群が 6 歳となった 2020 年度 (2019 年に 6 歳魚) の 6 歳以上の値がやや低い値となった (補足図 10-3)。成熟割合は 2020 年度に変更を行ったため、2 歳が 0.2 から 0、3 歳が 0.8 から 0.3 となり、それ以降は変更していない (補足図 10-3)。

今年度資源評価、NPFC における資源評価および令和 5 (2023) 年度評価の結果の比較は補足資料 13 にまとめた。

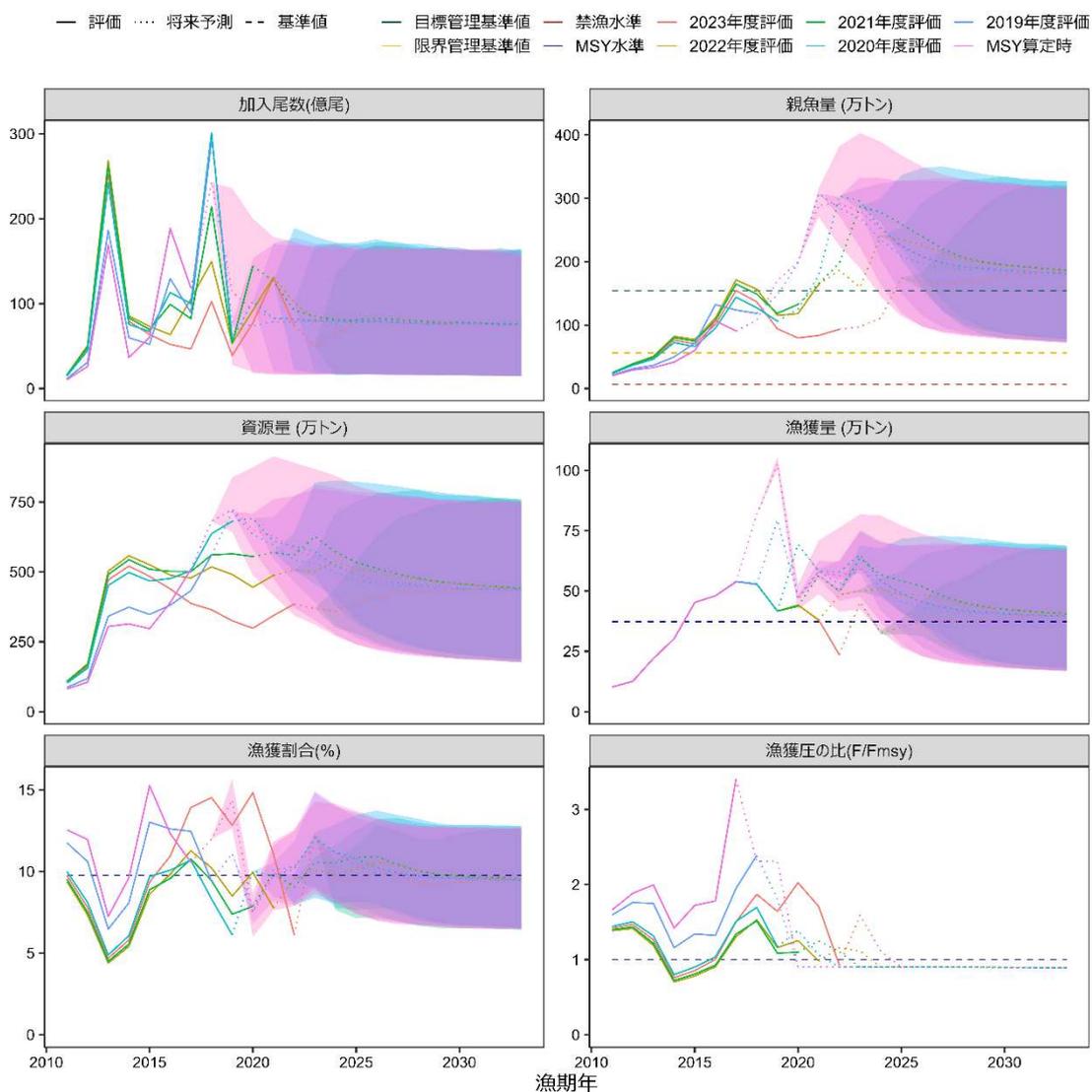
(3) まとめ

本系群の資源評価モデルを VPA から SAM に変更した。NPFC での資源評価においても、資源評価モデルとして SAM が採択された。また、データや自然死亡係数、生物パラメータについても NPFC との整合性を取るために、基本的に NPFC と同じものを使用する。

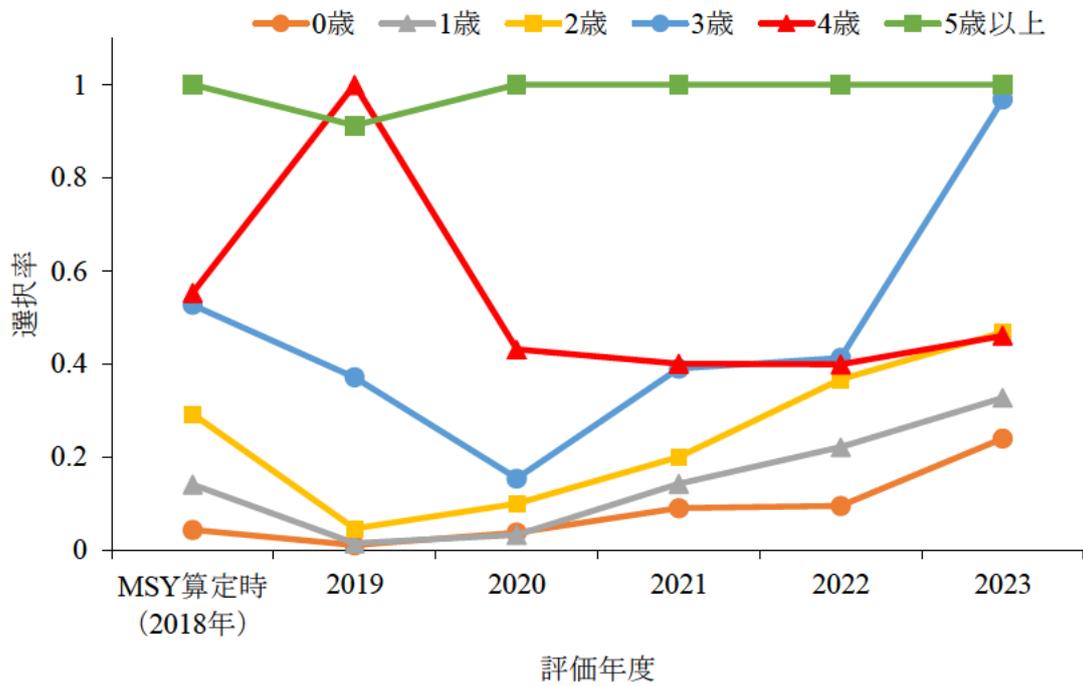
資源評価手法と結果が大幅に変更されるので、再生産関係・管理基準値・漁獲管理規則の見直しを行うこととした (補足図 10-5)。最新の資源評価結果を用いた管理基準値等の検討に関する詳細は、令和 6 年度マサバ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料 (西嶋ほか 印刷中) を参照されたい。

引用文献

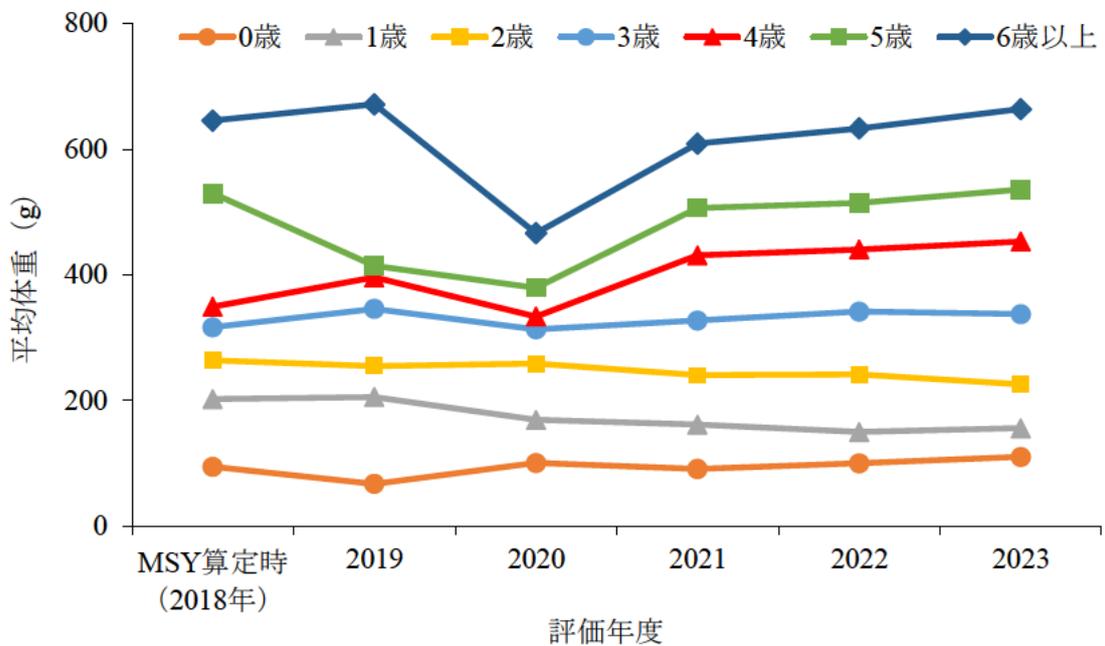
西嶋翔太・由上龍嗣・上村泰洋・井須小羊子・古市 生 ・渡部亮介・東口胤成 (印刷中)
 令和 6(2024) 年度マサバ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料。
 由上龍嗣・西嶋翔太・上村泰洋・古市 生・井須小羊子・渡部亮介・東口胤成・齋藤 類・
 石川和雄 (2024) 令和 5 (2023) 年度マサバ太平洋系群の資源評価。我が国周辺水域の
 漁業資源評価。水産庁・水産研究教育機構，東京，70pp，<http://abchan.fra.go.jp/>。



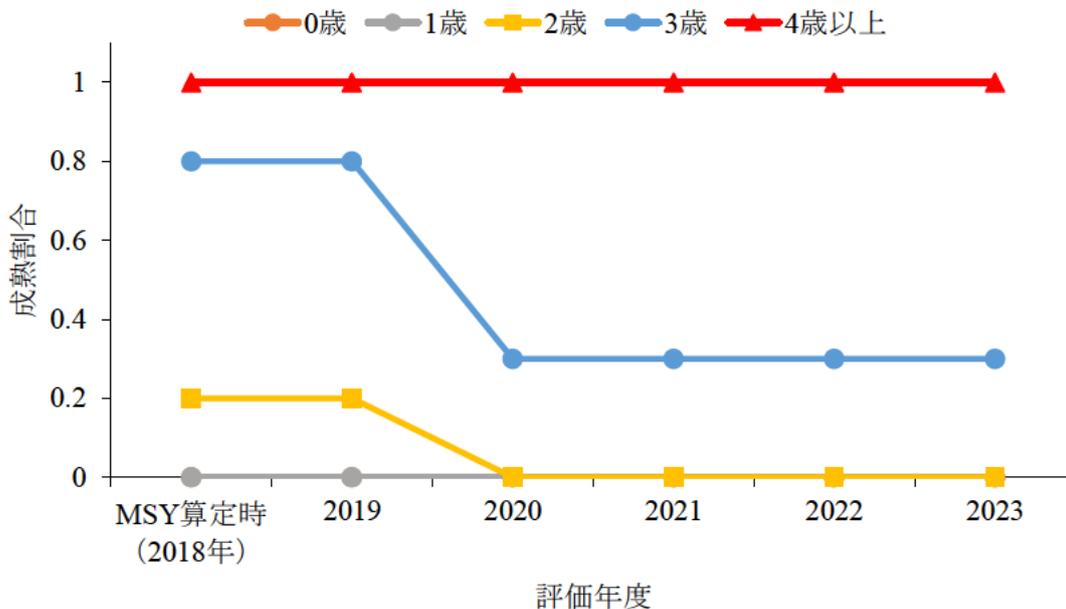
補足図 10-1. 評価年度別の親魚量、資源量、加入尾数、漁獲量、漁獲割合 (%) 漁獲の比 (F/Fmsy) の比較 (β を 0.9 とした場合の漁獲シナリオに基づく将来予測結果を示す。)



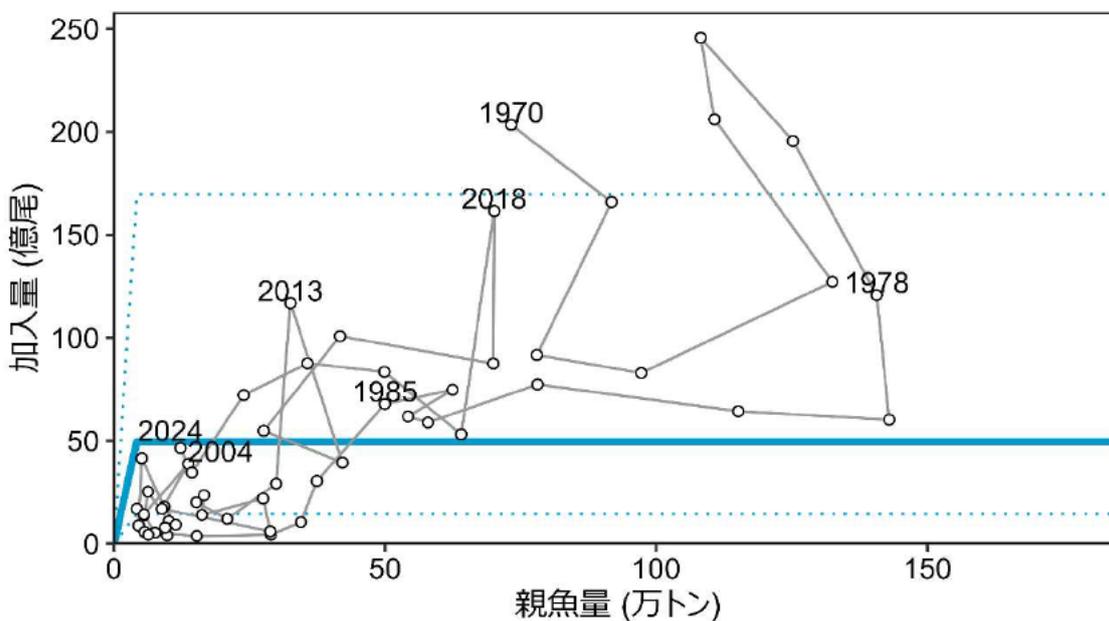
補足図 10-2. MSY 算定に用いた選択率と、評価年度別の直近年の選択率の比較



補足図 10-3. MSY 算定に用いた年齢別平均体重と、評価年度別の直近年の年齢別平均体重



補足図 10-4. MSY 算定に用いた年齢別成熟割合と、評価年度別の直近年の年齢別成熟割合



補足図 10-5. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係)

折れ点の位置を過去の親魚量の最小値に固定したホッカー・スティック型再生産関係を使用し、点線は 90% 予測区間を示す。

補足表 10-1. 本系群資源評価を取り巻く過年度の経緯

年月	資源評価をめぐる主な経緯
2019年 4月	さば類4系群の資源管理目標等に関する研究機関会議 (https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html) 再生産関係、管理基準値案の設定、漁獲管理規則による将来予測について検討
2019年 7月	第1回資源管理方針に関する検討会（マサバ太平洋系群・ゴマサバ太平洋系群） (https://www.jfa.maff.go.jp/j/study/kanri/231027_3.html)
2019年 11月	令和元年度さば類資源評価会議 (https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html)
2020年 2月	第2回資源管理方針に関する検討会（マサバ太平洋系群・ゴマサバ太平洋系群） (https://www.jfa.maff.go.jp/j/study/kanri/231027_3.html)
2020年 7月	MSYに基づくTAC管理開始
2020年 11月	令和2年度さば類資源評価会議 (https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html#20-14)
2021年 11月	令和3年度さば類資源評価会議 (https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html#21-13)
2022年 11月	令和4年度さば類資源評価会議 (https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html#22-21)
2023年 11月	令和5年度さば類資源評価会議 (https://www.fra.go.jp/shigen/fisheries_resources/meeting/stock_assessment_meeting/2023/sa2023-sc12.html)

補足表 10-2. 評価年度別の親魚量、資源量、加入尾数、漁獲量、漁獲割合（%）、漁獲圧の比 (F/F_{msy}) の比較 (MSY 算定に用いた 2018 年度評価および 2019~2023 年度評価は β を 0.9 とした場合の漁獲シナリオに基づく将来予測結果を示す。将来予測結果は白背景で示し、それ以外の推定値などを灰色背景で示す。)

親魚量 (万トン)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
MSY 算定時 (2018 年度評価)	108	171	199	289	291	280
2019 年度評価	119	147	198	307	284	269
2020 年度評価	127	106	125	179	303	296
2021 年度評価	149	119	133	165	198	287
2022 年度評価	157	115	188	164	186	160
2023 年度評価	137	94	80	84	93	97
2024 年度評価	70	64	50	36	24	14
資源量 (万トン)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
MSY 算定時 (2018 年度評価)	680	723	650	628	580	553
2019 年度評価	560	715	634	594	542	532
2020 年度評価	637	681	691	609	592	571
2021 年度評価	561	565	555	569	560	627
2022 年度評価	518	491	445	488	507	501
2023 年度評価	364	325	298	344	385	369
2024 年度評価	332	254	233	204	175	122
加入尾数 (億尾)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
MSY 算定時 (2018 年度評価)	243	114	93	83	82	78
2019 年度評価	292	77	74	79	78	80
2020 年度評価	301	58	103	83	82	80
2021 年度評価	214	53	144	126	92	85
2022 年度評価	149	53	92	131	101	81
2023 年度評価	103	39	77	130	75	50
2024 年度評価	162	53	83	88	72	35
漁獲量 (千トン)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
MSY 算定時 (2018 年度評価)	816	1,027	465	581	563	594
2019 年度評価	527	794	474	582	529	592
2020 年度評価	529	416	693	582	580	650
2021 年度評価	529	417	437	565	499	636
2022 年度評価	529	417	442	379	485	500
2023 年度評価	529	417	442	380	236	453
2024 年度評価	455	382	453	395	281	181

補足表 10-2. (続き)

漁獲割合 (%)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
MSY 算定時 (2018 年度評価)	12.0	14.4	7.4	9.8	10.3	1.5
2019 年度評価	9.4	11.1	7.5	10.1	10.3	11.9
2020 年度評価	8.3	6.1	10.0	9.7	10.2	12.1
2021 年度評価	9.4	7.4	7.9	9.9	9.0	10.6
2022 年度評価	10.2	8.5	9.9	7.8	9.6	10.1
2023 年度評価	14.5	12.8	14.8	11.1	6.1	12.3
2024 年度評価	13.7	15.0	19.5	19.4	16.0	14.8
漁獲圧の比 (F/F _{msy})	2018	2019	2020	2021	2022	2023
MSY 算定時 (2018 年度評価)	2.31	2.31	0.90	0.90	0.90	0.90
2019 年度評価	2.39	1.80	0.90	0.90	0.90	0.90
2020 年度評価	1.70	1.17	1.39	1.06	0.90	0.90
2021 年度評価	1.51	1.09	1.10	1.25	1.11	0.90
2022 年度評価	1.53	1.16	1.25	0.98	1.16	1.11
2023 年度評価	1.87	1.64	2.02	1.71	0.93	1.59
2024 年度評価	2.40	2.06	2.94	3.58	3.45	2.74

補足資料 11 今後検討すべき課題の整理

今年度以降における本系群資源評価において、資源評価手法、資源量指標値の高精度化、漁獲量集計方法について、それぞれ整理し今後取り組むべき課題として取りまとめた（補足表 11-1）。

(1) 資源評価手法

現在、年齢別漁獲尾数の推定において、耳石あるいは鱗による年齢査定結果に基づいているが、年齢形質による査定結果の差異の評価ができていない。この差異の評価を行うとともに、年齢別漁獲尾数の観測誤差の推定を試みる。

一方、NPFC に中国、ロシアから年齢別漁獲尾数の報告があるが報告数は十分とは言えず、さらなる報告を求めるとともに、年齢査定手法の情報交換を行う等して、外国漁船による年齢別漁獲尾数の精度向上にも努める。

さらに、親魚量の推定において重要である年齢別成熟割合について、資源および環境変動に伴う成長の変化により、親魚の繁殖特性も変化していることが想定されるが、現状では十分な情報が得られていない。卵巣組織切片の観察等により、より正確な年齢別成熟割合の推定に努める。

(2) 資源量指標値の高精度化

2017 年以降、継続している黒潮大蛇行に伴う、東日本沿岸域における黒潮続流の北偏・接岸により産卵親魚の回遊、産卵場の形成海域が変化してきていることが想定される。現在、VAST により標準化を行っているが、主産卵場が大きく変化していれば産卵量を正しく推定できていない可能性がある。産卵調査の結果を精査し、調査設計を見直すことを検討する。

(3) 漁獲量集計方法

主要港漁獲量集計におけるマサバ・ゴマサバの振り分けにおいて県別・月別・漁業種別に行っているところ、一部の県・漁業種については魚体測定結果に基づいており、魚体測定が欠測した場合には前後の月、他漁業種、隣県からの推定値に基づいている。さば類漁獲量のより正確なマサバ・ゴマサバの振り分けのために、魚体測定を充実させるとともに、AI 技術を用いた写真等の画像解析によるデータ収集にも取り組む。

補足表 11-1. 今後検討すべき課題の整理項目

項目	検討課題
資源評価手法	・年齢別漁獲尾数および年齢別成熟割合の推定精度向上
資源量指標値	・産卵調査の設計の見直し
漁獲量集計方法	・さば類漁獲量のより正確なマサバ・ゴマサバの振り分け

補足資料 12 ホッケー・スティック型再生産関係を適用した SAM による資源量推定

今年度の本系群の資源評価では、加入量が親魚量によらず一定であることを仮定し、SAM で資源量推定を行った。この結果を用いて 1B ルールに基づく管理基準値および漁獲管理規則を提案したが、再生産関係に基づく 1A ルールの試算や再生産関係がある場合の将来予測や簡易的な管理戦略評価（簡易 MSE）も行った（西嶋ほか 印刷中）。本補足資料では、これらの検討に使用した、ホッケー・スティック（HS）型の再生産関係を SAM に適用した場合の結果について紹介する。

SAM では自動微分を使って対数尤度の勾配を算出し、パラメータ推定を行うが、通常の HS 再生産関係は折れ点で微分不可能であるため、収束させることが難しい。そこで、折れ点付近を滑らかな曲線とした smooth HS (SHS) 型再生産関係（Mesnil and Rochet 2010）を使用した。この SHS 型再生産関係はヨーロッパの資源評価で既に使用されている (Trijoulet et al. 2022)。SHS 型再生産関係は親魚量 B_y の関数として、加入量 R_y を以下の式で表す：

$$R_y = 0.5a \left[B_y + \sqrt{b^2 + \frac{\gamma^2}{4}} - \sqrt{(B_y - b)^2 + \frac{\gamma^2}{4}} \right] \quad (\text{Smooth hockey stick, SHS})$$

a は折れ点までの再生産曲線の傾き（万尾/トン）、 b は折れ点となる親魚量（万トン）を表す。 γ は折れ点付近での滑らかさを表す定数であり、ここではパラメータが収束した $\gamma=1$ に固定した。SHS 型再生産関係を適用した場合は、過程誤差の時間的な傾向が無かったので、残差の自己相関は推定しなかった。それ以外の SAM の設定は本文中のものと同じとし、データも同じものを使用した。

ジッタ解析においてパラメータの初期値を変化させ、対数尤度が最も高くなるものを探索した。最終的に推定した固定効果の最終的な勾配は十分にゼロに近く、標準誤差もあまり大きくなかった（補足表 12-1）に示した。また、再生産関係のパラメータ a, b についてプロファイル尤度を求めた結果、それぞれ大域解に収束していることが明らかになった（補足図 12-1, 12-2）。推定された SHS 型再生産関係を補足図 12-3 に示す。

資源量等の推定値は全期間で比べると本文中に示した 1 次の自己相関（AR(1)）を仮定した結果とほとんど変わらないものの（補足図 12-4）、近年の親魚量推定値は SHS 型再生産関係を使った方がわずかに高かった（補足図 12-5）。例えば、2023 年漁期の親魚量は AR(1)では 14.4 万トンであったのに対し、SHS では 16.3 万トン、2024 年漁期の親魚量は AR(1)では 12.3 万トンであったのに対し、SHS では 14.3 万トンであった。なお、AR(1)を用いたモデルと SHS を用いたモデルで AIC はあまり変わらず（AR(1): 1184.22, SHS: 1186.475）、両者の予測性能には大きな差がないことが示唆された。一連のモデル診断も SHS 型再生産関係を使用した場合にも行ったが、AR(1)とほとんど変わらなかったため、省略する。

引用文献

Mesnil B., and M. Rochet (2010) A continuous hockey stick stock-recruit model for estimating MSY reference points. ICES J. Mar. Sci. **67**, 1780-1784.

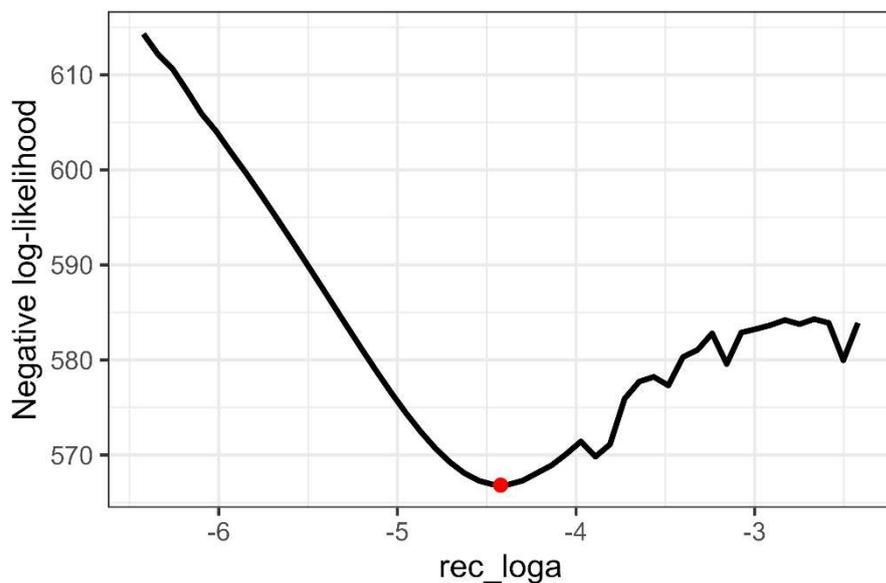
西嶋翔太・由上龍嗣・上村泰洋・井須小羊子・古市 生 ・渡部亮介・東口胤成（印刷中）

令和 6(2024) 年度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資料.

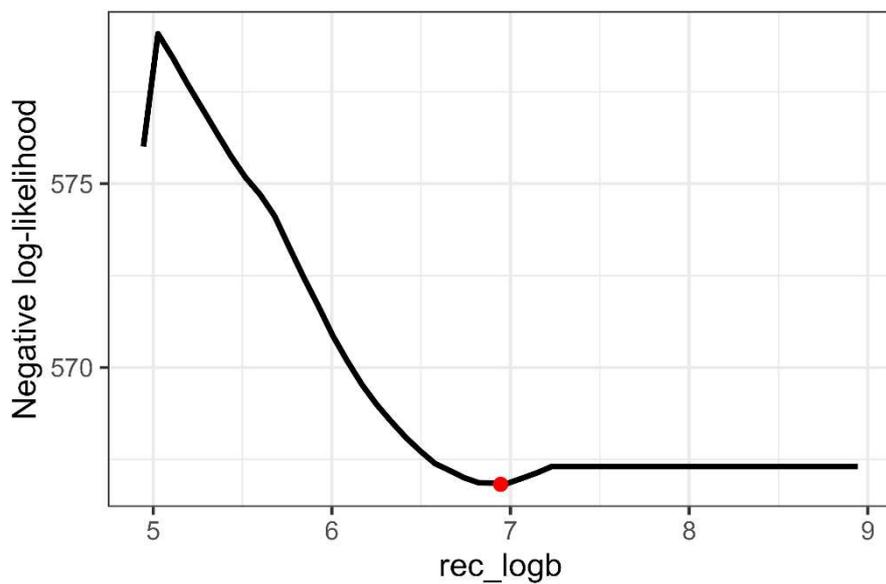
Trijoulet, V., C.W. Berg, D. C. M. Miller, A. Nielsen, A. Rindorf, and C. M. Albertsen (2022)
Turning reference points inside out: comparing MSY reference points estimated inside and
outside the assessment model. ICES J. Mar. Sci. **79**, 1234-1244.

補足表 12-1. 固定効果の最尤推定値、推定値の標準誤差、最終勾配およびリンク関数を
逆変換した元の尺度の値

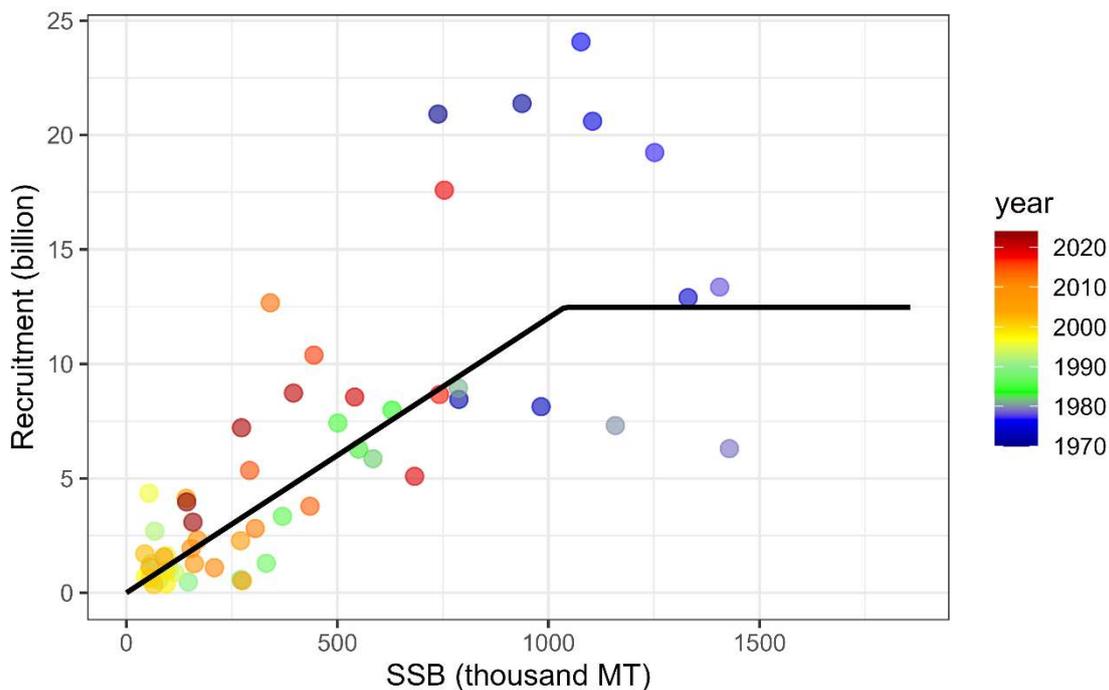
固定効果	最尤 推定値	標準誤差	最終勾配	記号	元の尺度の 値
logQ	-14.411	2.309	-1.14E-05	q_1	5.51E-07
logQ	-16.764	2.437	4.32E-05	q_2	5.24E-08
logQ	-10.593	1.826	-4.98E-05	q_3	2.51E-05
logQ	-2.501	0.160	-1.55E-05	q_4	0.082
logQ	-0.268	0.134	3.57E-05	q_5	0.765
logQ	-4.681	0.214	7.70E-05	q_6	0.009
logB	0.806	0.127	-0.00027828	b_1	2.239
logB	0.964	0.113	0.000802986	b_2	2.622
logB	0.601	0.135	0.000119807	b_3	1.824
logSdLogFsta	-0.903	0.184	2.61E-05	σ_{0-1}	0.405
logSdLogFsta	-1.252	0.165	5.86E-05	σ_{2-6+}	0.286
logSdLogN	-0.243	0.128	-2.75E-05	ω_0	0.784
logSdLogN	-1.147	0.137	-2.68E-05	ω_{1-6+}	0.318
logSdLogObs	-0.417	0.108	-5.89E-05	τ_{0-1}	0.659
logSdLogObs	-1.373	0.216	-1.24E-06	τ_{2-3}	0.253
logSdLogObs	-0.966	0.143	-0.00011389	τ_{4-5}	0.381
logSdLogObs	-0.141	0.137	-3.03E-05	τ_{6+}	0.869
logSdLogObs	-0.170	0.208	-6.82E-05	ν_1	0.844
logSdLogObs	-0.543	0.408	3.94E-05	ν_2	0.581
logSdLogObs	-0.531	0.167	-1.78E-06	ν_3	0.588
logSdLogObs	-0.999	0.189	-2.27E-05	ν_4	0.368
logSdLogObs	-0.321	0.238	-5.29E-05	ν_5	0.726
logSdLogObs	-0.595	0.252	3.04E-05	ν_6	0.552
rec_loga	-4.422	0.126	8.54E-05	a	0.012
rec_logb	6.945	0.023	1.27E-07	b	1037.868
logit_rho	3.766	0.770	1.17E-05	ρ	0.977



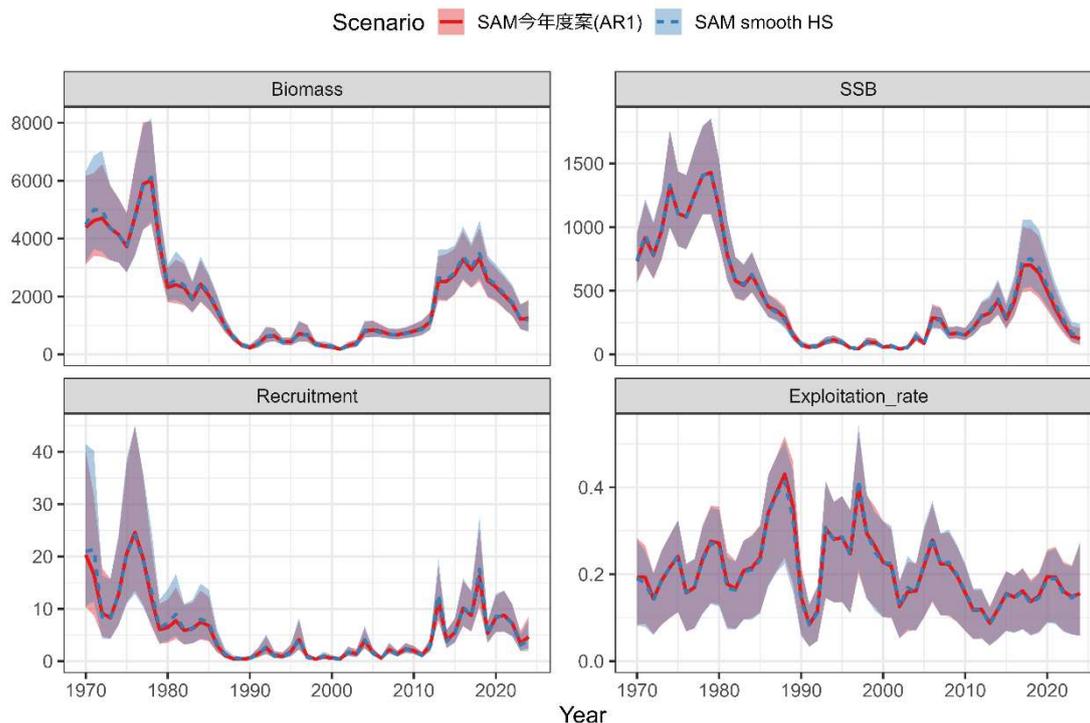
補足図 12-1. SHS 型再生産関係のパラメータ a に対するプロファイル尤度
赤点は最尤推定値を表す.



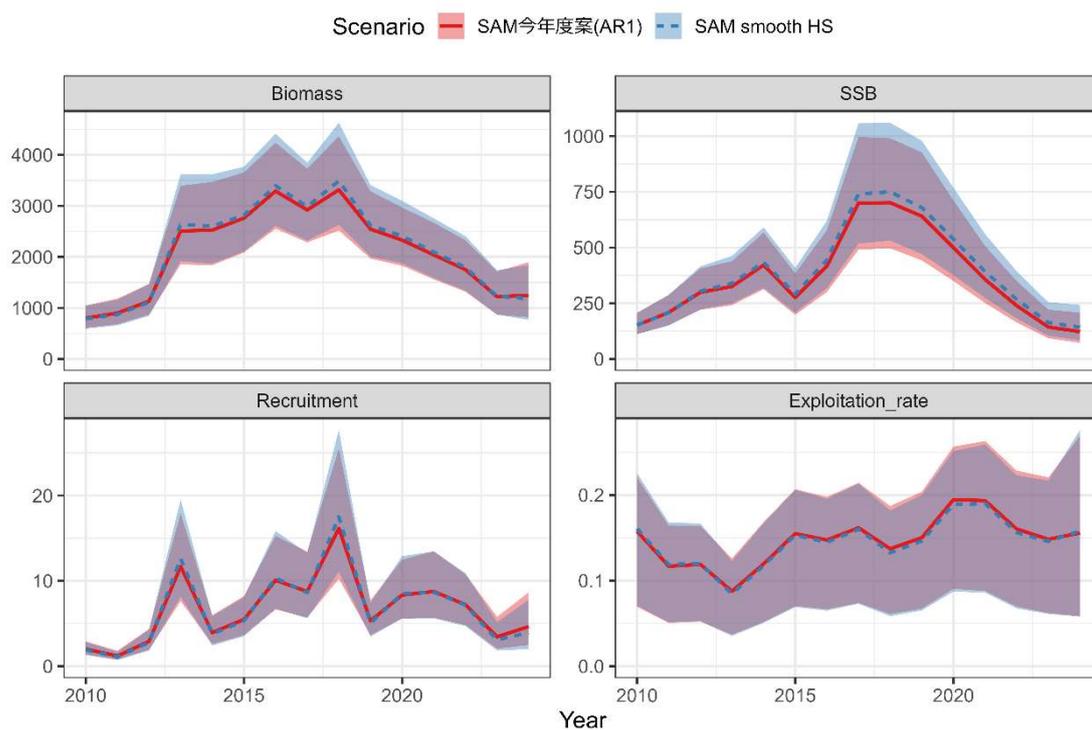
補足図 12-2. SHS 型再生産関係のパラメータ b に対するプロファイル尤度
赤点は最尤推定値を表す.



補足図 12-3. SAM で推定された SHS 型再生産関係



補足図 12-4. 加入量を AR(1)に従うとした場合（本文で示した結果）と SHS 型再生産関係を使用した場合の資源量等の推定値の結果
網掛けは 95%信頼区間を表す。



補足図 12-5. 加入量を AR(1)に従うとした場合（本文で示した結果）と SHS 型再生産関係を使用した場合の、2010 年漁期以降の資源量等の推定値の結果
網掛けは 95%信頼区間を表す。

補足資料 13 昨年度資源評価結果、NPFC の資源評価結果および今年度 VPA で資源評価を行った場合の結果の比較

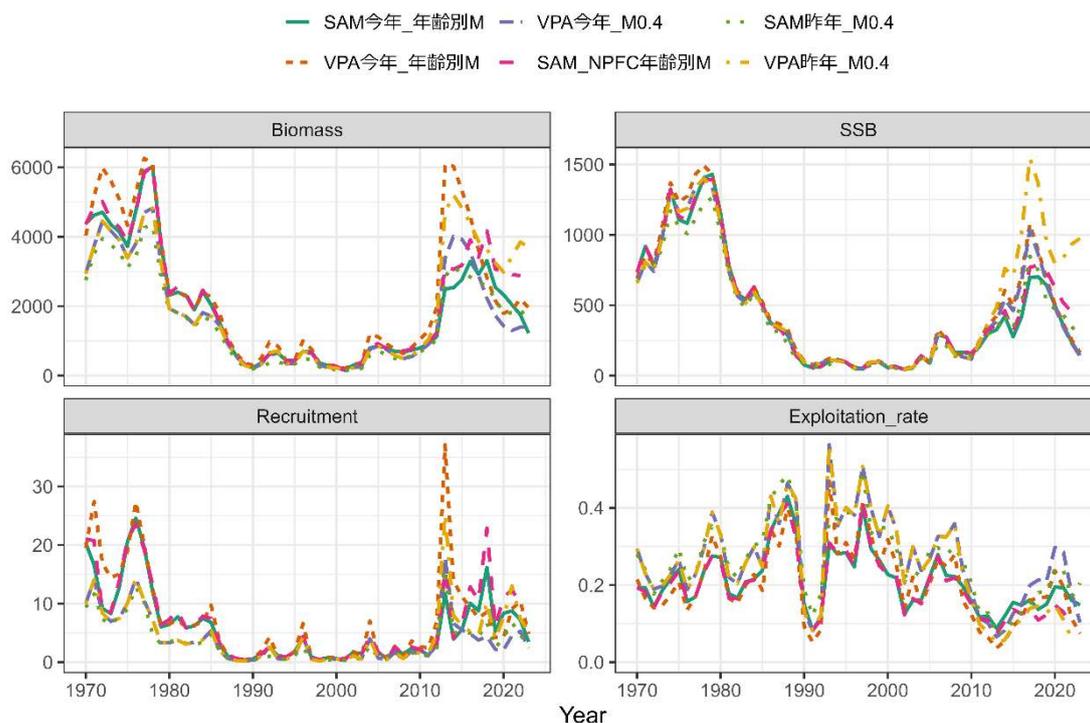
資源評価モデルの変更や、データと自然死亡係数の変更など、本資源では昨年度資源評価から大幅な変更を行っている。昨年度から今年度にかけての変更点の影響を明らかにするため、今年度のデータを使用して VPA で資源評価を行った場合を試算した。このとき、用いた手法や設定は昨年度資源評価を踏襲した。また、自然死亡係数 (M) は絶対資源量に影響する要因であるため、昨年度まで使用していた $M=0.4$ の場合と、今年度の資源評価で使用した年齢別 M の場合の 2 通りを計算した。比較した資源評価結果は以下の 6 つである：①VPA を用いた昨年度資源評価結果 (モデル名：VPA 昨年_M0.4)、②昨年度資源評価の別資料に載せた SAM による試算結果 (SAM 昨年_M0.4)、③2024 年 7 月に行われた NPFC マサバ資源評価作業部会での SAM による資源評価結果 (SAM_NPFC 年齢別 M)、④今年度のデータを使用し $M=0.4$ のもと VPA で試算した結果 (VPA_今年 M0.4)、⑤今年度のデータを使用し年齢別 M のもと VPA で試算した結果 (VPA_今年_年齢別 M)、⑥ SAM による今年度資源評価結果 (モデル名：SAM_今年_年齢別 M)。6 個のシナリオにおけるモデルやデータの違いについては、補足表 13-1 に示した。

昨年度からの最も大きな変更点は資源評価モデルをリッジ VPA から SAM に変更したことである。同じデータを使用した昨年度資源評価結果 (VPA 昨年_M0.4) と昨年度の SAM の別資料に載せた結果 (SAM 昨年_M0.4) を比較すると、近年の資源量および親魚量推定値が、SAM の方が大幅に低かった (補足図 13-1)。これは、年齢別漁獲尾数の観測誤差を考慮する SAM では、VPA に比べて親魚量指標値に当てはまりやすく、近年の親魚量指標値の減少傾向がより反映させられるからである。しかし、今年度のデータを使用すると、同じ年齢別 M を用いた VPA (VPA_今年_年齢別 M) と SAM (SAM_今年_年齢別 M) では直近年 (2023 年漁期) の親魚量推定値はほとんど変わらなかった (補足表 13-2)。これは、VPA は今年度のデータの更新によって、資源量や親魚量が大幅に下方修正されたのに対し、SAM は修正幅が小さかったことを表している。つまり、VPA に比べて、SAM は資源量や親魚量の減少を早く検出可能であるとともに、データの更新に対して頑健であるといえる。なお、今年度までのデータを使った場合の 2023 年漁期の親魚量は VPA と SAM であまり変わらないものの、資源量は VPA の方が高く推定されている (補足表 13-2)。

NPFC では年齢別の自然死亡係数 (M) を用いており、若齢においては従来使用してきた $M=0.4$ よりも高い値としている。年齢別の M を使用した NPFC の結果を、昨年度別資料の SAM の結果と比較すると、過去の加入量や資源量が上昇しており、これは若齢で高い M を使用したこと起因する (補足図 13-1, 補足表 13-2)。なお、年齢別漁獲尾数および年齢別体重について、NPFC の参加国間でデータを共有し、今年度から国内評価においても用いることとしたが、その影響はあまり大きくない。また、使用する再生産関係の影響も小さい (補足表 13-1)。

日本の資源量指標値の利用期間は、直近の資源量推定に大きな影響を及ぼす要因である (補足表 13-1)。2023~2024 年は親魚量指標値である標準化産卵量と標準化したもすくい CPUE が共に低水準であり、それらを含めると親魚量の推定値が減少する (補足図 13-1, 補足表 13-2)。また、NPFC の資源評価および今年度資源評価では、SAM で 1 歳魚以上の

過程誤差を推定したことにより、近年の加入量のパターンが変化した。たとえば、今年度評価で 2013 年級群よりも 2018 年級群の加入量の方が高く推定されたのは、1 歳魚以上の過程誤差を推定した影響による。2013 年級群の過程誤差は正であり、2 歳魚、3 歳魚と年齢を重ねていった際の資源尾数が、漁獲と自然死亡だけで推定値される値に比べて多い傾向があったと推定された。一方、2018 年級群の過程誤差は負で、2013 年級群とは逆の傾向となっており、加入後に減少したと推定された（補足図 2-9）。



補足図 13-1. 各資源評価における資源量（左上、千トン）、親魚量（右上、千トン）、加入量（左下、十億尾）、漁獲割合（右下）の推定結果

補足表 13-1. 各資源評価結果におけるモデル、データ、設定の違いとその影響

変更点	VPA 昨年 _M0.4	SAM 昨年 _M0.4	SAM_NPFC 年齢別 M	VPA 今年 _M0.4	VPA 今年_ 年齢別 M	SAM 今年_ 年齢別 M	変更点が資源量推定に与える 影響
モデル	VPA	SAM	SAM	VPA	VPA	SAM	近年の資源量・親魚量推定値 が減少(ただし、今年度評価の データを使用した場合、2023 年親魚量はほぼ変わらず)
自然死亡 係数 M	M=0.4	M=0.4	年齢別 M ¹	M=0.4	年齢別 M ¹	年齢別 M ¹	加入量・資源量が増加し、漁獲 割合は減少
データ・ 生物パラ メータ	日本のデ ータに基 づく	日本のデ ータに基 づく	日中露のデ ータに基 づく	日中露の データに 基づく	日中露のデ ータに基 づく	日中露のデ ータに基 づく	大きな影響はない
日本の資 源量指数 の期間	~2023 年	~2023 年	~2022 年	~2024 年 ²	~2024 年 ²	~2024 年 ²	直近の親魚量指標値を加える と親魚量が減少
再生産関 係・加入	使用せず	Bent hockey- stick	Beverton- Holt	使用せず	使用せず	AR(1)	大きな影響はない
1 歳魚以 上の過程 誤差	無し	ほぼ無い と仮定	推定	無し	無し	推定	近年の加入パターンが変化

1: 年齢別の M は 6+歳で 0.4 であり、若齢になるほど高くなることを仮定した。

2: 秋季調査における 0 歳魚・1 歳魚の標準化 CPUE は 2023 年漁期まで。

補足表 13-2. 各資源評価結果における資源量、親魚量、加入量、漁獲割合の推定値

漁期年	SAM 今年_ 年齢別 M	VPA 今年_ 年齢別 M	VPA 今年 _M0.4	SAM_NPFC 年 齡別 M	SAM 昨年 _M0.4	VPA 昨年 _M0.4
資源量(千トン)						
1970	4383	4355	4032	2938	2749	2938
1971	4621	4877	5180	3737	3511	3737
1972	4706	5016	5986	4454	3948	4454
1973	4357	4493	5618	4171	3761	4171
1974	4140	4280	5091	3917	3573	3917
1975	3723	3849	4326	3391	3113	3391
1976	4753	4724	5276	3803	3434	3803
1977	5884	5839	6261	4699	4263	4699
1978	6014	6050	6097	4826	4332	4826
1979	3816	3765	3885	3276	2849	3276
1980	2315	2366	2345	1932	1894	1932
1981	2405	2562	2412	1810	1812	1810
1982	2308	2349	2281	1706	1691	1706
1983	1898	1902	1887	1464	1410	1464
1984	2420	2465	2384	1816	1698	1816
1985	2041	2092	2271	1713	1582	1713
1986	1540	1566	1811	1455	1224	1455
1987	964	983	1084	909	817	909
1988	573	583	649	558	443	558
1989	310	334	363	295	253	295
1990	230	255	300	215	197	215
1991	366	370	505	320	253	320
1992	613	634	975	665	365	665
1993	643	616	848	705	394	705
1994	437	431	419	332	321	332
1995	434	420	453	350	334	350
1996	706	726	1006	705	499	705
1997	680	658	771	628	460	628
1998	359	333	349	288	247	288
1999	291	318	307	235	214	235
2000	252	265	286	225	161	225

2001	183	172	207	153	139	153
2002	298	312	336	228	185	228
2003	381	360	342	252	208	252
2004	798	884	1199	763	590	763
2005	848	917	1117	849	693	849
2006	799	776	917	752	621	753
2007	696	743	760	579	491	580
2008	681	708	633	491	494	493
2009	731	770	824	547	577	572
2010	801	864	1038	711	682	776
2011	900	959	1305	897	825	1045
2012	1133	1227	1967	1246	1035	1613
2013	2508	3144	6086	3383	2865	4712
2014	2526	3063	6030	4013	3123	5206
2015	2760	3177	5338	3933	2955	4838
2016	3290	3909	4602	3568	2841	4387
2017	2920	3411	3607	2894	2705	3872
2018	3315	4171	2829	2225	2574	3643
2019	2545	3068	2166	1732	2202	3250
2020	2330	3014	1794	1430	1810	2982
2021	2041	2908	1904	1302	1813	3436
2022	1751	2882	2202	1394	1895	3850
2023	1222	-	1950	1396	1622	3689
親魚量(千トン)						
1970	733	732	690	657	662	657
1971	918	920	853	807	790	807
1972	780	795	802	741	770	741
1973	973	989	1054	981	904	981
1974	1325	1321	1370	1296	1171	1296
1975	1108	1130	1231	1164	1057	1164
1976	1082	1106	1275	1188	1009	1188
1977	1252	1264	1430	1341	1118	1341
1978	1406	1389	1493	1401	1224	1401
1979	1430	1394	1427	1337	1262	1337
1980	1152	1128	1136	1079	1008	1079

1981	781	782	775	737	729	737
1982	579	585	601	567	543	567
1983	542	545	545	514	484	514
1984	625	631	627	595	594	595
1985	500	503	523	496	476	496
1986	374	362	388	371	313	371
1987	345	335	368	343	318	343
1988	290	267	332	314	224	314
1989	153	144	184	175	124	175
1990	76	81	104	97	81	97
1991	56	60	79	74	59	74
1992	63	68	93	87	66	87
1993	101	97	122	114	79	114
1994	114	115	112	105	104	105
1995	93	96	99	94	95	94
1996	51	54	60	57	53	57
1997	45	46	58	54	47	54
1998	98	92	106	98	75	98
1999	94	94	102	96	91	96
2000	56	57	69	64	58	64
2001	63	63	67	63	52	63
2002	42	45	48	44	47	44
2003	55	56	67	60	52	60
2004	137	142	145	132	125	132
2005	88	89	95	89	82	89
2006	288	278	328	296	227	296
2007	275	274	258	241	211	241
2008	162	164	159	151	137	151
2009	166	170	142	132	143	133
2010	152	159	128	117	147	119
2011	209	222	251	220	207	242
2012	299	323	363	329	295	377
2013	326	360	421	386	341	480
2014	421	461	605	543	430	762
2015	276	315	494	461	343	705

2016	417	466	709	669	522	1012
2017	700	770	1076	1035	848	1544
2018	701	784	889	862	748	1367
2019	641	744	688	666	532	940
2020	499	628	507	486	469	798
2021	357	518	369	345	430	837
2022	239	454	255	231	349	934
2023	144	-	164	138	275	975
加入量(十億尾)						
1970	20.3	21.0	19.5	10.0	9.3	10.0
1971	16.6	20.7	27.4	14.1	11.6	14.1
1972	9.2	8.5	16.8	8.3	7.3	8.3
1973	8.3	8.5	14.5	7.0	6.4	7.0
1974	12.7	13.8	15.0	7.5	7.8	7.5
1975	20.6	21.0	19.0	10.1	9.0	10.1
1976	24.6	23.6	27.4	14.3	12.8	14.3
1977	19.6	19.2	20.0	10.5	10.3	10.5
1978	12.1	13.3	12.6	7.3	4.8	7.3
1979	6.0	6.4	6.4	3.3	3.1	3.3
1980	6.4	7.3	6.5	3.3	3.5	3.3
1981	7.7	8.8	7.1	3.7	3.7	3.7
1982	5.9	5.8	6.0	3.1	3.2	3.1
1983	6.2	6.2	6.3	3.4	3.0	3.4
1984	7.5	7.9	6.8	3.8	3.4	3.8
1985	6.8	7.5	9.7	5.4	4.7	5.4
1986	3.0	3.3	3.6	2.0	1.9	2.0
1987	1.0	1.3	1.2	0.6	0.7	0.6
1988	0.4	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3
1989	0.4	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2
1990	0.5	0.6	0.7	0.3	0.3	0.3
1991	1.4	1.3	1.9	1.0	0.7	1.0
1992	2.5	2.6	4.3	2.6	1.0	2.6
1993	1.1	1.0	1.0	0.6	0.7	0.6
1994	0.9	0.9	0.9	0.5	0.4	0.5
1995	1.8	1.7	1.8	1.1	1.1	1.1

1996	4.2	4.4	6.6	4.3	2.5	4.3
1997	0.9	0.7	0.8	0.5	0.5	0.5
1998	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2
1999	0.8	1.0	0.8	0.5	0.4	0.5
2000	0.6	0.6	0.8	0.5	0.2	0.5
2001	0.4	0.4	0.6	0.3	0.3	0.3
2002	1.7	1.8	1.8	1.1	0.7	1.1
2003	1.4	1.2	1.0	0.5	0.5	0.5
2004	3.9	4.6	7.0	4.0	2.8	4.0
2005	1.7	1.7	1.3	0.7	0.8	0.7
2006	0.6	0.5	0.8	0.4	0.4	0.4
2007	2.2	2.6	2.7	1.6	1.2	1.6
2008	1.4	1.4	1.1	0.6	0.7	0.6
2009	2.4	2.6	3.6	1.8	1.6	2.0
2010	2.0	2.2	2.6	1.3	1.3	1.5
2011	1.2	1.2	2.4	1.2	1.0	1.5
2012	2.9	3.1	6.9	3.3	2.4	4.7
2013	11.7	15.8	37.1	17.8	15.7	25.2
2014	3.9	4.1	14.0	6.6	5.1	7.9
2015	5.5	6.4	11.2	5.5	4.8	6.3
2016	10.1	12.9	9.4	4.8	5.0	5.2
2017	8.8	10.5	7.6	3.8	4.3	4.7
2018	16.2	22.9	8.6	4.3	6.7	10.3
2019	5.3	6.0	4.2	2.2	2.5	3.9
2020	8.3	11.1	4.3	2.1	4.2	7.7
2021	8.8	12.4	9.1	4.5	6.7	13.0
2022	7.2	9.8	10.4	5.3	4.7	7.5
2023	3.5	-	4.8	2.4	2.4	5.0
<hr/>						
漁獲割合						
1970	0.19	0.19	0.21	0.29	0.28	0.29
1971	0.19	0.18	0.17	0.23	0.24	0.23
1972	0.14	0.14	0.14	0.19	0.18	0.19
1973	0.19	0.18	0.15	0.20	0.21	0.20
1974	0.22	0.21	0.17	0.23	0.24	0.23
1975	0.24	0.24	0.21	0.26	0.29	0.26

1976	0.16	0.16	0.14	0.19	0.21	0.19
1977	0.17	0.17	0.17	0.23	0.23	0.23
1978	0.24	0.23	0.23	0.30	0.31	0.30
1979	0.28	0.28	0.33	0.39	0.35	0.39
1980	0.27	0.26	0.27	0.33	0.33	0.33
1981	0.18	0.17	0.17	0.22	0.24	0.22
1982	0.17	0.16	0.15	0.20	0.22	0.20
1983	0.21	0.21	0.20	0.26	0.27	0.26
1984	0.22	0.21	0.23	0.30	0.30	0.30
1985	0.24	0.24	0.19	0.25	0.31	0.25
1986	0.34	0.34	0.35	0.43	0.42	0.43
1987	0.39	0.38	0.30	0.36	0.46	0.36
1988	0.43	0.41	0.40	0.46	0.48	0.46
1989	0.36	0.32	0.35	0.42	0.41	0.42
1990	0.15	0.14	0.09	0.13	0.19	0.13
1991	0.08	0.08	0.05	0.08	0.12	0.08
1992	0.12	0.11	0.08	0.12	0.18	0.12
1993	0.30	0.31	0.47	0.56	0.37	0.56
1994	0.28	0.28	0.28	0.35	0.37	0.35
1995	0.28	0.29	0.31	0.40	0.39	0.40
1996	0.25	0.25	0.27	0.38	0.38	0.38
1997	0.40	0.42	0.41	0.51	0.50	0.51
1998	0.29	0.30	0.33	0.40	0.33	0.40
1999	0.26	0.25	0.25	0.33	0.35	0.33
2000	0.23	0.23	0.32	0.41	0.35	0.41
2001	0.22	0.23	0.26	0.35	0.30	0.35
2002	0.13	0.12	0.14	0.20	0.22	0.20
2003	0.16	0.17	0.22	0.30	0.24	0.30
2004	0.16	0.15	0.15	0.24	0.22	0.24
2005	0.22	0.22	0.20	0.27	0.29	0.27
2006	0.28	0.27	0.27	0.33	0.30	0.33
2007	0.22	0.21	0.25	0.33	0.28	0.32
2008	0.22	0.22	0.28	0.36	0.30	0.36
2009	0.20	0.19	0.16	0.24	0.26	0.23
2010	0.16	0.15	0.12	0.18	0.21	0.16

2011	0.12	0.11	0.08	0.11	0.13	0.10
2012	0.12	0.11	0.06	0.10	0.13	0.08
2013	0.09	0.07	0.04	0.07	0.07	0.05
2014	0.12	0.11	0.05	0.08	0.08	0.06
2015	0.15	0.14	0.09	0.13	0.11	0.09
2016	0.15	0.12	0.12	0.15	0.13	0.11
2017	0.16	0.14	0.16	0.20	0.15	0.14
2018	0.14	0.11	0.17	0.21	0.18	0.15
2019	0.15	0.12	0.17	0.21	0.18	0.13
2020	0.19	0.15	0.24	0.30	0.24	0.15
2021	0.19	0.13	0.20	0.29	0.24	0.11
2022	0.16	0.09	0.11	0.18	0.17	0.06
2023	0.15	-	0.07	0.10	0.21	-
