

令和 7（2025）年度カタクチイワシ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（木下順二・安田十也・渡井幹雄・日野晴彦・木皿祐雅・塚田秋葉・上村泰洋・河野悌昌・高橋正知）

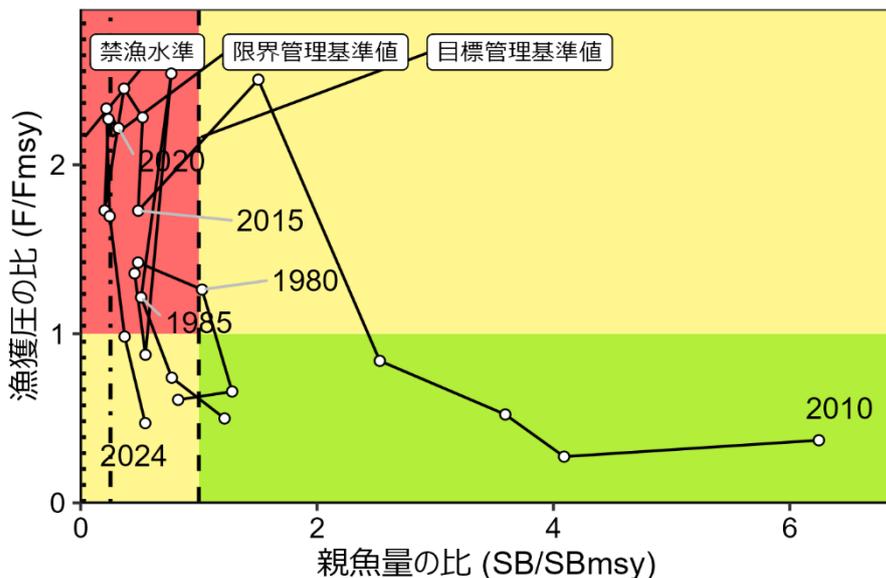
参画機関：北海道立総合研究機構釧路水産試験場・函館水産試験場、地方独立行政法人青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋研究センター、茨城県水産試験場、千葉県水産総合研究センター、東京都島しょ農林水産総合センター、神奈川県水産技術センター、静岡県水産・海洋技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所、和歌山県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、高知県水産試験場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、宮崎県水産試験場

要 約

本系群の資源量について、2010年以降の産卵量と北上期調査0歳魚CPUEをチューニング指数として用いたコホート解析により推定した。資源量は1978～1988年は50万トン未満であったが、1989年に急増して100万トンを上回り、1998年には200万トンを上回った。その後、2002年には291万トンの最大値を示したが、2003年以降は減少傾向となり、2018年には9.3万トンの最小値となった。2019年以降は増加傾向を示しており、2024年の資源量は29.9万トンであった。親魚量についても2019年以降、増加傾向を示しており、2024年は6.1万トンであった。

令和6年4月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、本系群の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準を含む漁獲シナリオが定められた。目標管理基準値は、最大持続生産量MSYを実現する親魚量（SBmsy、11.2万トン）であり、2024年の親魚量はこれを下回る。また、2024年の漁獲圧はSBmsyを維持する漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近5年間（2020～2024年）の推移から「増加」と判断される。漁獲シナリオに基づき、2026年の親魚量および資源量の予測値から算出される2026年のABCは10.7万トンである。

要 約 図 表



最大持続生産量 (MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy)	112 千トン
2024 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る (0.55 倍)
2024 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る (0.47 倍)
2024 年の親魚量の動向	増加
MSY	81 千トン
2026 年の ABC	107 千トン
コメント： ・ ABC の算定には、令和 6 年 4 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を用いた。 ・ 調整係数 β は 0.9 が用いられる。	

直近5年と将来2年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2020	140	36	57	2.22	41
2021	113	24	42	2.33	37
2022	130	28	40	1.70	31
2023	158	42	41	0.98	26
2024	299	61	49	0.47	16
2025	330	140	46	0.37	14
2026	389	186	107	0.90	27

・ 2025、2026年の値は将来予測に基づく平均値である。
 ・ 2026年の漁獲量にはABCの値を用いた。

English title (authors)

Stock assessment and evaluation for Pacific stock of Japanese anchovy (fiscal year 2025).

(Junji Kinoshita, Tohya Yasuda, Mikio Watai, Haruhiko Hino, Yuga Kisara, Akiha Tsukada, Yasuhiro Kamimura, Naoaki Kono, Masanori Takahashi)

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港水揚量（北海道～鹿児島（18 道県）、関係県） 体長組成調査、精密測定調査（水産機構、北海道～鹿児島（18 道県）等） 大中型まき網漁獲成績報告書
資源量指数 ・産卵量* ・北上期トロール調査 CPUE* ・秋季トロール調査 CPUE ・冬春季の常磐・房総海域漁獲量 ・北部太平洋大中型まき網の漁獲努力量 ・北部太平洋まき網の 3～6 月の資源量指数 ・大中型・中型 2 そうまき網船 3 隻の 2～6 月の平均 CPUE	卵・稚仔、プランクトン調査（毎月、水産機構、青森～鹿児島（18 都県））：ノルパックネット、CTD 等 北西太平洋北上期浮魚類資源調査（5～7 月、水産機構） 北西太平洋秋季浮魚類資源調査（9～10 月、水産機構） 主要港水揚量（千葉県、茨城県、福島県）、体長組成調査 漁場別漁獲状況調査（JAFIC） 漁場別漁獲状況調査（JAFIC） 房総沿岸 2 そうまき網漁況（千葉水総研）
自然死亡係数（M）	0～1 歳魚は 1.0、2 歳魚は 1.6、3 歳魚は 1.9
漁獲努力量	-

*はコホート解析（Virtual Population Analysis, VPA）におけるチューニング指数である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

分布域は、九州から北海道に至る太平洋の沿岸域から、沖合の黒潮域、黒潮続流域、黒潮親潮移行域、および親潮域に及び、東経 170 度付近まで分布が認められる（図 2-1）。

(2) 年齢・成長

寿命はこれまでの鱸の読輪結果から 4 年としているが、本系群は資源水準が低くなると寿命が 1～2 年短くなるとの指摘がある（靄田 2001）。太平洋北区における過去の報告ならびに近年の解析に基づくと、満 1 歳で被鱸体長 10～12 cm 程度、2 歳で 13 cm 程度に成長するが、成長の早い個体は満 1 歳で 13 cm に達することも報告されている（Hayashi and Kondo 1957、三谷 2001、八角ほか 2007、Yukami et al. 2008）（図 2-2）。体長－体重関係

は以下の冪乗（アロメトリック）回帰式で示され、2つのパラメータの値（比例定数、冪指数）は1998～2007年各年のパラメータの平均である。

$$BW = 0.010 \times L^{3.00} \quad (1)$$

ここで、 BW は体重 (g)、 L は被鱗体長 (cm) を表す。

(3) 成熟・産卵

産卵はほぼ周年行われる。太平洋海域における本種の成熟体長は、相模湾で約 6 cm と報告されているが（船本 2001）、成熟個体に占めるこのような小型成熟個体の割合は低く、ごく沿岸や内湾および内海に出現するのみと考えられている（船越 1990）。産卵主群の体長は、房総半島沖～遠州灘では春季に 9 cm 以上、晩春～秋季に 7～12 cm（船越 1990）、道東海域～千島列島沖では 6～8 月に 12 cm 以上（三原 2000、須原ほか 2013）、黒潮親潮移行域では 5～6 月に 11 cm 以上（轟田・高橋 1997）であることから、0 歳では成熟せず、1 歳で成熟すると仮定した（図 2-3）。資源の低水準期（通常加入期に相当）には、分布が内湾から沿岸に限られ、産卵の中心も夏季となるが、高水準期には分布が沖合にまで広がり、産卵盛期も早春から秋までと長くなる（銭谷・木村 1997、銭谷 2001）。太平洋海域にあたる大海区 I～IV の月別産卵量の推移から判断すると、近年の産卵盛期は 4～8 月である（補足図 4-4）。

(4) 被捕食関係

動物プランクトンなどを摂餌する。一方、中大型の浮魚類や鯨類に捕食される（Konishi et al. 2017）。

(5) 特記事項

カタクチイワシ太平洋系群は、数十年スケールの地球規模の大気～海洋生態系の構造の転換（ジームシフト）と同期して、マイワシ太平洋系群と逆位相の変化を示しながら、大きく資源変動することが知られている（Kawasaki 1992、Klyashtorin 1998、Chavez et al. 2003）。例えば、太平洋十年規模変動指数（PDO index）が正偏差の時代はマイワシ、負偏差の時代はカタクチイワシが高水準となる魚種交替が知られている（Takasuka et al. 2008）。海洋環境などの変化は、マイワシにおいて環境収容力や加入成功などに影響することが知られており（Tanaka 2003、Yatsu et al. 2005）、カタクチイワシでも再生産関係に変化が生じる可能性があることから、本系群の再生産関係は通常加入期と高加入期で分割した（木下ほか 2021b、FRA-SA2021-BRP03-1）。近年は加入量が低く推移していることから、通常加入期の再生産関係を MSY や漁獲シナリオに基づく将来予測の計算などに用いた。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群の仔魚は、宮城県から鹿児島県の沿岸において、シラス船びき網などにより春から秋にかけてシラスとして漁獲される。未成魚と成魚は、各地の定置網ならびにまき網で

も漁獲される。常磐・房総（福島県、茨城県、千葉県）の大中小型まき網の漁期は12月～翌年6月である。資源量が多い年には9～11月に道東から三陸で漁獲されるとともに、1～5月には熊野灘や日向灘でも多獲される。黒潮・親潮移行域など、沖合域に分布する魚群はほとんど漁獲対象となっていない。1999～2004年には未成魚と成魚の漁獲の30～35%が常磐・房総の大中小型まき網によるものであったが、その後この割合は減少し、2012年以降は10%未満となっている。

1990～2000年代には、マイワシ太平洋系群の資源水準の低下と同期して本系群の資源水準が上昇し、まき網により多獲されたが、2010年代以降は、資源の減少に伴い、漁場が沿岸域に形成されるとともに、0歳魚が漁獲の主体となっている（図3-2、補足表2-1）。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量は、1989年まで4.3万～9.0万トンで推移していたが、1990年に太平洋北区（青森県～茨城県）で急増し20万トンを超えた（図3-1、表3-1）。その後は、年変動が激しいものの概ね増加傾向を示し、2003年には過去最高の40.8万トンとなった。2004年以降は減少傾向にあり、2011～2014年は14.4万～16.0万トン、2015～2023年は2.9万～7.8万トンとなり、2024年の漁獲量は4.9万トンであった。

海区別にみると、太平洋北区と太平洋中区（千葉県～三重県）の漁獲量が多く、太平洋南区（和歌山県～宮崎県）と北海道区太平洋側の漁獲量は少ない。太平洋北区では2000年代後半以降、漁獲量が大きく減少している。太平洋中区では、2010年代前半までは千葉県の割合が高かったが、2015年以降は急減して低調に推移している。千葉県を除く東海海域（神奈川県～三重県）の漁獲量については、全年代を通して比較的安定して推移している。また、本系群の海区別シラス漁獲量についても、1978～2021年までは全海区において比較的安定して推移していたが、2022年以降は太平洋南区、太平洋中区において漁獲量が少なくなっている（補足図10-1、補足表10-1）。

年齢別にみると、1990～2014年までは1歳魚以上の親魚が漁獲量の半分以上を占めたが、2015～2022年は0歳魚が半分以上を占めた（図3-2、補足表2-1）。2023年以降は1歳魚の漁獲量は増加傾向にある。

(3) 漁獲努力量

本系群への漁獲努力量を正確に把握することは難しい。しかし、資源量が多かった年には北部太平洋大中小型まき網の網数が一つの指標になると考えられる。当該網数は、2002～2004年は2,000網を超える高い水準にあったが、2005年以降減少傾向を示し、2012年以降については50網未満の非常に低い水準で推移している（補足図7-1、補足表7-1）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1978年以降の年齢別漁獲尾数（図3-3、補足表2-1）および2010年以降の資源量指標値（図4-1、補足表2-2）に基づいて、チューニングVPAにより資源量を推定した（補足資料1、2）。本系群の資源評価はシラスを含めない形で資源量推定を行っている。チューニングに用いた資源量指標値（以下、チューニング指数）としては、北西太平洋北上期浮魚

類資源調査（以下、「北上期調査」とする）による 0 歳魚中層トロール CPUE および卵・稚仔、プランクトン調査による産卵量を親魚量の指標値とした。各チューニング指数は標準化して用い（補足資料 6）、2024 年の漁獲圧は年齢別漁獲係数 (F) の大きさに応じて罰則を課す推定方法（リッジ VPA; Okamura et al. 2017）により推定した。なお、参考情報として、卵数法による親魚量の直接推定値を補足資料 5 に、サバ類の捕食圧を考慮したコホート解析による試算結果を補足資料 9 に示した。

(2) 資源量指標値の推移

チューニング VPA を行う上で、北上期調査の 0 歳魚 CPUE（尾/網・時）は加入量（尾数）の指標値として、産卵量は親魚量（重量）の指標値として使用した。北上期調査の 0 歳魚 CPUE については、調査によって採集された個体の年齢データが現時点では利用できないため、被鱗体長 10 cm 未満の個体を 0 歳魚とみなして算出した。

チューニング指数として用いた産卵量と北上期調査 0 歳魚 CPUE の値の推移を図 4-1 と補足表 2-2 に示す。どちらのチューニング指数もチューニングに用いた 2010 年以降のデータは低い水準で推移しているが、産卵量は 2020 年以降、比較的高めの横ばいで安定して推移している一方、北上期調査 0 歳魚 CPUE は安定せず、2021 年と 2024 年にやや高い値を示した。なお、チューニング指数に係る調査船調査の概要は補足資料 4 に、チューニング指数の標準化手法については補足資料 6 に示す。また、チューニング VPA に使用しなかった資源量指標値の概要は補足資料 7 に示す。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

資源量は 1978～1988 年は 50 万トン未満であったが、1989 年に急増して 100 万トンを上回り、1998 年には 200 万トンを上回った（図 4-2、図 4-4、表 4-1）。その後、2002 年には 291 万トンの最大値を示したが、2003 年以降は減少傾向となり、2018 年には 9.3 万トンの最小値となった。2019 年以降は増加傾向を示しており、2024 年の資源量は 29.9 万トンであった。

親魚量も 1980 年代後半以降増加傾向となり、1990、1991 年の 80 万トン台を経て、2003 年には 143.1 万トンの最大値となった（図 4-2、図 4-4、表 4-1）。2004 年以降は減少傾向となり、2018 年には 2.3 万トンの最低値を示したが、その後は増加傾向を示しており、2024 年の親魚量は 6.1 万トンであった。

加入量（0 歳魚資源尾数）は 1987 年まで 153 億～462 億尾で推移していたが、1988 年以降急増し、2001 年には 2,010 億尾の最大値となった（図 4-3、図 4-5、表 4-1）。2002 年以降は減少傾向となり、2018 年には 165 億尾と過去 2 番目に低い値となった。2019 年以降は 200 億尾前後で横ばいの推移を示したが、2024 年は増加して 419 億尾であった。

再生産成功率は、おおよそ資源水準の低い年に高く、逆に資源水準の高い年に低い傾向にある（図 4-5、表 4-1）。2024 年の再生産成功率は 2023 年よりも微増し 681 尾/kg となった。

年齢別漁獲係数 (F) の経年変化を図 4-6 および補足表 2-1 に示す。すべての年齢の F について、再生産成功率と同様に、おおよそ資源水準の低い年に高く、逆に資源水準の高い年に低い傾向が認められる。2024 年の F は、1 歳魚 (2.03) と 2、3 歳魚 (1.93) について

は 2022 年以降と同程度であったが、0 歳魚については 0.13 となり、2019 年以降減少傾向を示している。

漁獲割合については、過去 47 年間（1978～2024 年）の平均が 22%であるが、2014～2022 年には 30%以上の高い値で推移した（図 4-7、表 4-1）。2019 年以降は減少傾向を示しており、2024 年の漁獲割合は 16%であった。

自然死亡係数（M）を 0.5 倍、0.75 倍、1.25 倍および 1.5 倍に変化させた場合の感度解析の結果を図 4-8 に示す。最新年（2024 年）の推定値に注目すると、基準値（本論の資源量推定結果）に対する比率は、M の倍率を大きくするに応じて資源量、親魚量および加入量は増加した。M を 0.5 倍した場合では資源量で 29%、親魚量で 72%、加入量で 18%であった。M を 1.5 倍した場合では、資源量で 269%、親魚量で 159%、加入量で 298%であった。

昨年度の評価と比べると、2021～2023 年の資源量および親魚量が下方修正された（補足資料 8）。これは、2021 年の加入量が下方修正されたためである。これは、2024 年における 3 歳魚の漁獲尾数が少なかったことに加え、親魚量のチューニング指数の変動が近年は小さく、ターミナル F の推定方法の制約が相対的に強まったためである。

（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、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図 4-9 と表 4-1 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）の推移を示した。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となるが、おおよそ資源水準の低い年に低く、資源水準の高い年に高い傾向が認められた。2024 年の %SPR は 2013 年と同程度の 55%であった。また、現状の漁獲圧として、直近 3 年間（2022～2024 年）の平均 F 値から %SPR を算出すると 43%となった（補足表 3-3）。

現状の漁獲圧に対する 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 3 年 9 月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」で示された現在を含む通常加入期（1978～1987 年および 2010 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY に対応する F（ F_{msy} ）の推定に用いた値（木下ほか 2021b）を使用した。また、年齢別平均体重および成熟割合についても F_{msy} 算出時の値を使用した。 F_{msy} は %SPR に換算すると 45%に相当する。現状の漁獲圧（ $F_{2022-2024}$ ）は $F_{0.1}$ 、 $F_{40\%SPR}$ を下回るが、 F_{msy} や $F_{50\%SPR}$ を上回る。

（5）再生産関係

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議資料」において、本系群の親魚量（重量）と加入量（尾数）との関係（再生産関係）には通常加入期のベバートン・ホルト型再生産関係式を用いることが提案されている（図 4-11、木下ほか 2021b）。再生産関係のパラメータ推定に使用されたデータは、令和 2（2020）年度の資源評価（木下ほか 2021a）に基づく親魚量・加入量であり、最適化手法には最小二乗法が用いられている。加入量の残差の自己相関は考慮されていない。再生産式の各パラメータを補足表 3-1 に示す。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

令和3年9月に公開された「管理基準値等に関する研究機関会議資料」(木下ほか 2021b)で推定された現在を含む(1978~1987年および2010年以降)環境下における通常加入期の最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量 (SBmsy)、および SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を補足表 3-2 に示す。令和6年4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、SBmsy (11.2 万トン) が資源管理基本方針の漁獲シナリオに目標管理基準値として定められた (<https://www.jfa.maff.go.jp/j/council/seisaku/kanri/attach/pdf/241101-9.pdf>)。また、MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (2.8 万トン) が限界管理基準値、MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (3,000 トン) が禁漁水準と定められた。平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係 (木下ほか 2021b) を図 4-12 に示す。平均親魚量が限界管理基準値以下では 0 歳および 1 歳魚が殆どを占めている。しかし、親魚量が増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

本系群における 2024 年の親魚量は目標管理基準値である MSY を実現する親魚量 (SBmsy) を下回るが、限界管理基準値である MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy) を上回る (図 4-13)。2024 年の親魚量は SBmsy の 0.55 倍である (補足表 3-3)。また、2024 年の漁獲圧は、SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) を下回っており、Fmsy の 0.47 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy) とは、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、直近 5 年間 (2020~2024 年) の推移から増加と判断される。本系群の親魚量は、近年について見ると、2015 年以降は SBmsy を下回っているが、2023 年から漁獲圧が Fmsy 以下に削減され、親魚量は SBmsy の水準に近づきつつある。

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2024 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2025~2056 年の将来予測計算を行った (補足資料 2)。この将来予測では加入量の不確実性を考慮した。通常加入期の再生産関係式を用いて各年に予測される親魚量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。対数正規分布から無作為抽出した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 90% 予測区間を求めることにより、不確実性の程度を示した。

2025 年の漁獲圧は、2025 年の漁獲量が直近 5 年 (2020~2024 年) の平均漁獲量である 46 千トンと同等になる F2025 を仮定した。同年に予測される資源量と F2025 から同年の漁獲量を算出した。2025 年の漁獲圧にこの仮定を置いた理由は、現状の漁獲圧 (F2022-2024) で漁獲した場合、2025 年の漁獲量が 100 千トンと計算されることに加え、2025 年 1~6 月期の主要港水揚量 (暫定値) が 2024 年同期比で 45%、2020~2024 年の 1~6 月期の 5 ケ年平均値比で 78% に留まっていることを考慮したためである。ただし、近年のカタクチイワシ太平洋系群の主漁期は 7 月以降となっているため、過小に見積もっている可能性はある。

2026年以降の漁獲圧は、「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに従い、各年に予測される親魚量をもとに算出した。この漁獲シナリオから算出される漁獲圧と各年に予測される資源量から、2026年以降の漁獲量を算出した。

(2) 漁獲管理規則

資源管理基本方針では、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に調整係数 β を乗じた漁獲圧とし、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準まで直線的に漁獲圧を削減する漁獲管理規則が本系群の漁獲シナリオとして定められている（図 5-1）。調整係数 β には 0.9 が用いられる。

(3) 2026年の予測値と ABC の算定

2026年に予測される親魚量は平均 18.6 万トンと見込まれた（補足表 3-4）。2026年の漁獲量の予測値は漁獲シナリオに則した場合には 10.7 万トン（90%予測区間は 7.6 万～14.7 万トン）、現状の漁獲圧を継続した場合には 11.9 万トン（90%予測区間は 8.5 万～16.4 万トン）であった。

漁獲シナリオに則した漁獲管理規則から算定される 2026年の予測平均漁獲量である 10.7 万トンを ABC として提示する（補足表 3-5）。2026年の予測平均親魚量は目標管理基準値以上である。

(4) 2027年以降の予測

漁獲シナリオに基づく管理を 10 年間継続した場合、2035年の親魚量の予測平均値は 12.4 万トン（90%予測区間は 7.8 万～18.4 万トン）であり、目標管理基準値を上回る確率は 59%、限界管理基準値を上回る確率は 100%である（図 5-2、表 5-1、5-2、補足表 3-6）。

参考情報として、異なる β を使用した場合、および現状の漁獲圧（F2022-2024）を継続した場合の結果についても示す。2035年の親魚量の予測値は、 β を 1.0 とした場合は平均 11.3 万トン（90%予測区間は 7.0 万～16.9 万トン）、現状の漁獲圧を継続した場合は平均 10.5 万トン（90%予測区間は 6.5 万～15.9 万トン）であった。目標管理基準値を上回る確率は β を 1.0 とした場合は 45%、現状の漁獲圧を継続した場合は 35%であった。

6. 資源評価のまとめ

本年度評価もチューニング VPA により資源量を推定した。資源量は 1989 年に急増して 100 万トンを上回り、2002 年には 291 万トンの最大値となったが、2003 年以降は減少傾向となり、2018 年には 9.3 万トンの最小値となった。その後は増加傾向を示しており、2024 年の資源量は 29.9 万トンであった。2024 年の親魚量は 6.1 万トンであり、 SB_{msy} （11.2 万トン）を下回っているが、2021 年以降増加傾向を示している。動向は近年 5 年間（2020～2024 年）の推移から「増加」と判断される。漁獲圧は、2021 年以降減少傾向を示しており、2024 年の値は F_{msy} を下回っている。

7. その他

本年度評価では、令和 4 年度評価から引き続き、資源量推定方法にチューニング VPA (リッジ VPA) を適用し、チューニング指数については令和 5、6 年度評価と同じく標準化した産卵量と北上期調査 0 歳魚 CPUE を使用した。ただし、北上期調査 0 歳魚 CPUE は沖合域の調査船調査による指標値であるため、現在のように分布がほぼ沿岸域に限られる状況では、資源状況を十分には説明できない可能性がある。このことから、本系群の評価については沿岸域の資源量指標値(特に加入量指標値)の探索とともに、チューニング VPA による評価手法について引き続きの検討が必要である。なお、参考のため、本系群の自然死亡係数 (M) を太平洋海域のサバ類 (マサバとゴマサバ) の資源量に応じて変動させるチューニング VPA による試算結果を補足資料 9 に示した。

8. 引用文献

- Chavez, F.P., J. Ryan, S.E. Lluch-Cota, C.M. Niquen (2003) From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*, **299**, 217-221.
- 船越茂雄 (1990) 遠州灘, 伊勢・三河湾およびその周辺海域におけるカタクチイワシの再生産機構に関する研究. 愛知水試研究業績 B 集, **10**, 1-208.
- 船本鉄一郎 (2001) カタクチイワシの成熟・産卵. 日水誌, **67**, 1129-1130.
- Hayashi, S. and K. Kondo (1957) Growth of the Japanese Anchovy-IV. Age determination with the use of scales. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **17**, 31-64, pls.1-4.
- Kawasaki, T. (1992) Climate-dependent fluctuations in far eastern sardine population and their impacts on fisheries and society. In: *Climate variability, climate change and fisheries*, ed. Glantz, M.H., Cambridge University press, Cambridge, pp. 325-354.
- 木下順二・上村泰洋・安田十也 (2021a) 令和 2 (2020) 年度カタクチイワシ太平洋系群の資源評価. FRA-SA2020-SC02-1, 令和 2 年度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, 90pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_24.pdf
- 木下順二・安田十也・渡邊千夏子・上村泰洋 (2021b) 令和 3 (2021) 年度カタクチイワシ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2021-BRP03-1, 水産研究・教育機構, 横浜, 53pp. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20210906/FRA-SA2021-BRP03-1.pdf
- Klyashtorin, L. B. (1998) Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific. *Fish. Res.*, **37**, 115-125.
- Konishi, K., T. Isoda and T. Tamura (2017) Overview of stomach content analyses for sei, Bryde's and common minke whales under the offshore component of JARPNII, and temporal changes in feeding habits. *TEPER-ICR*, **1**, 44-57.
- 三原行雄 (2000) 道東太平洋およびその周辺におけるカタクチイワシの成熟. 水産海洋研究, **64**, 10-17.
- 三谷 勇 (2001) カタクチイワシの成長履歴. 日水誌, **67**, 1131-1132.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES J. Mar. Sci.*, **74**, 2427-2436.

- 須原三加・森 泰雄・三原行雄・山本昌幸・川端 淳・高橋素光・勝川木綿・片山知史・山下 洋・川村知彦・渡邊良朗 (2013) カタクチイワシの繁殖特性の海域間比較. 日水誌, **79**, 813-822.
- Takasuka, A., Y. Oozeki and H. Kubota (2008) Multi-species regime shifts reflected in spawning temperature optima of small pelagic fish in the western North Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser., **360**, 211-217.
- Tanaka, E. (2003) A method for estimating dynamics of carrying capacity using time series of stock and recruitment. Fish. Sci., **69**, 677-686.
- 靄田義成・高橋章策 (1997) 黒潮続流域および混合水域におけるカタクチイワシ *Engraulis japonicus* の産卵生態. 北水研報, **61**, 9-15.
- 靄田義成 (2001) カタクチイワシの生活史戦略. 日水誌, **67**, 1133-1134.
- 渡部泰輔 (1983) 卵数法. 「水産資源の解析と評価 その手法と適用例」石井丈夫編, 恒星社厚生閣, 東京, 9-29.
- 八角直道・平野和夫・森 泰雄・永島 宏 (2007) カタクチイワシの成長および寿命の再検討. 黒潮の資源海洋研究, **8**, 67-78.
- Yatsu, A., T. Watanabe, M. Ishida, H. Sugisaki, L.D. Jacobsen (2005) Environmental effects on recruitment and productivity of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* and chub mackerel *Scomber japonicus* with recommendations for management. Fish. Oceanogr., **14**, 263-278.
- Yukami R., I. Aoki and I. Mitani (2008) Daily age of adult Japanese anchovy *Engraulis japonicus* off eastern Honshu, Japan by otolith daily increment. Fish. Sci., **74**, 1348-1350.
- 銭谷 弘・木村 量 (1997) 太平洋岸域のカタクチイワシの資源回復に伴う 2~3 月産卵量の増加. 日水誌, **63**, 665-671.
- 銭谷 弘 (2001) カタクチイワシの資源増加の経過と特徴. 日水誌, **67**, 1125-1126.

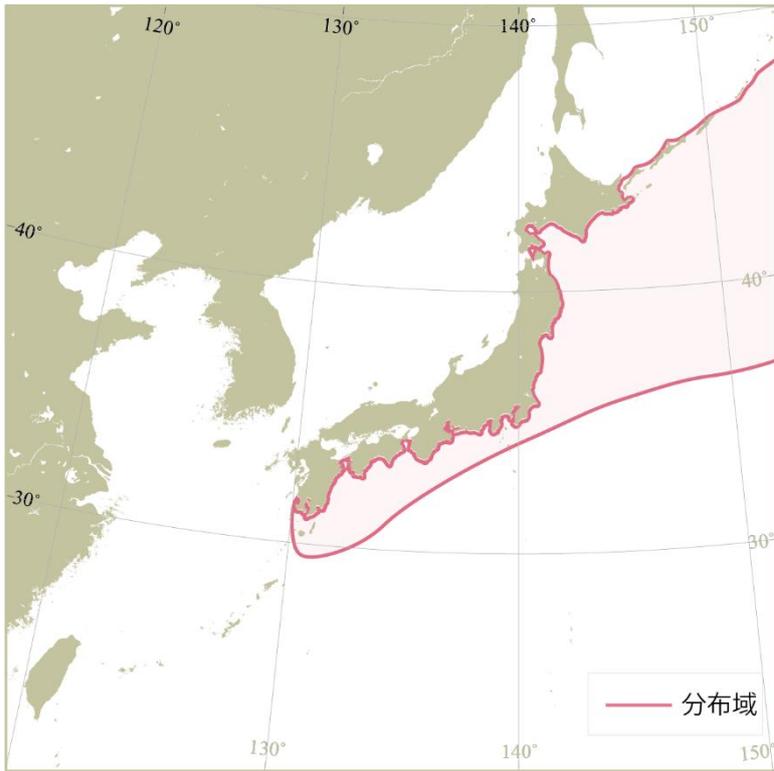


図 2-1. 本系群の分布域

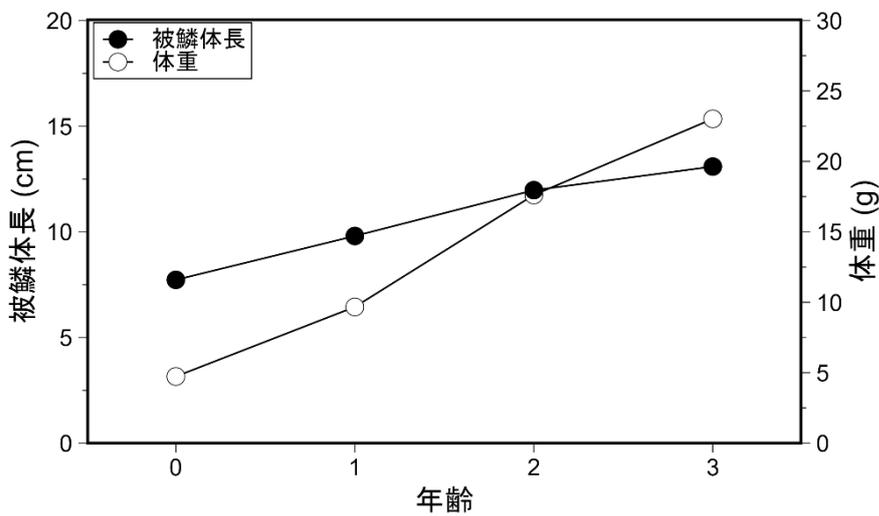


図 2-2. 年齢と成長

体重は、年齢別平均体重の 1978～1987 年および 2010～2024 年（通常加入期）の平均。
 被鱗体長は、その体重から式 (1) を使用して換算。

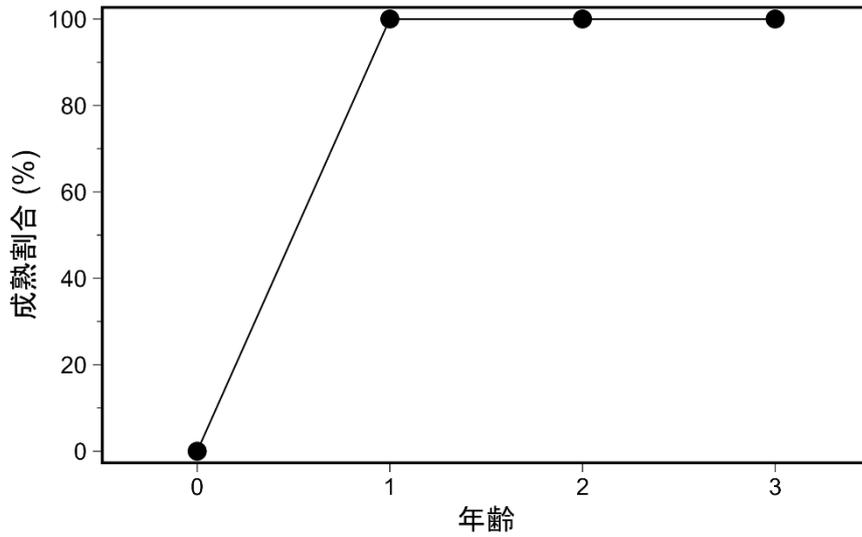


図 2-3. 年齢別成熟率

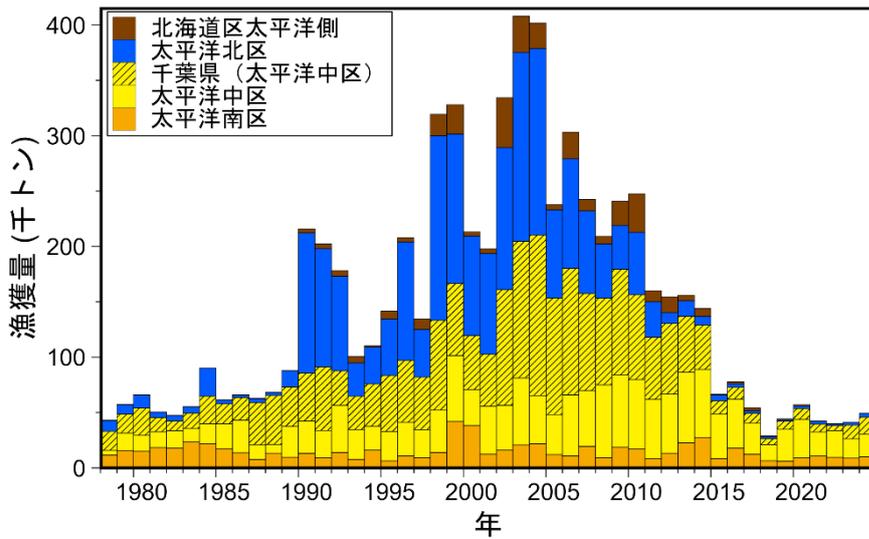


図 3-1. 海区別漁獲量の推移

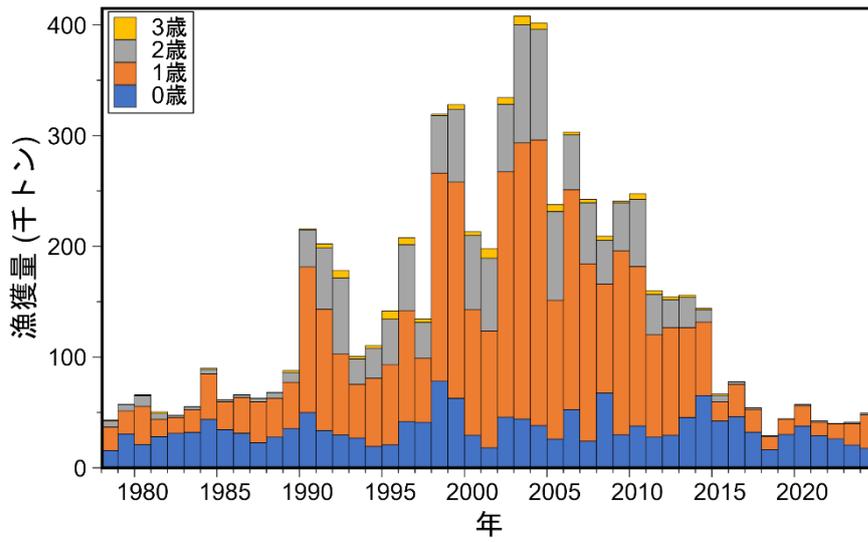


図 3-2. 年齢別漁獲量の推移

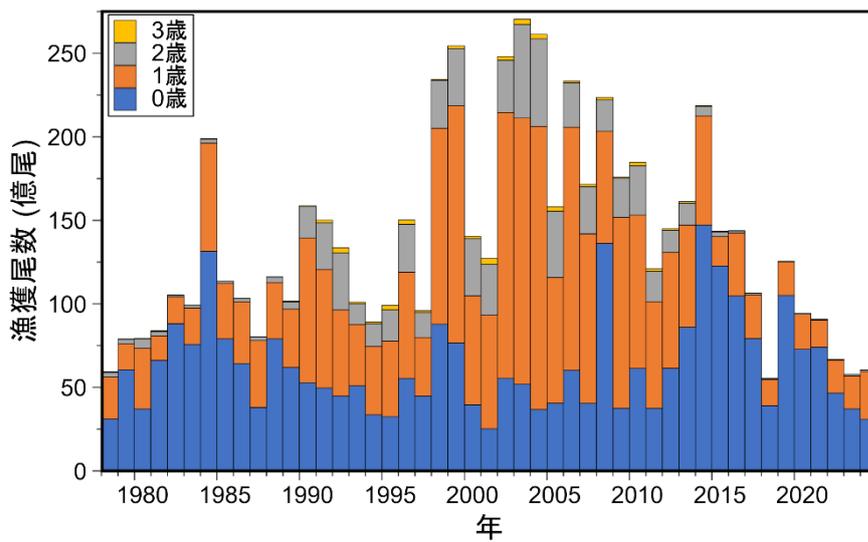


図 3-3. 年齢別漁獲尾数の推移

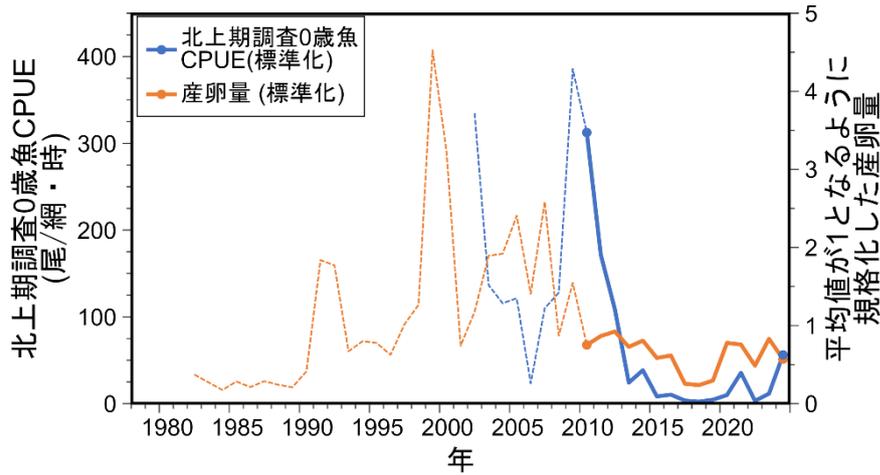


図 4-1. チューニング指数の推移

実線部分（2010～2024年）はチューニングに用いた年を表す。

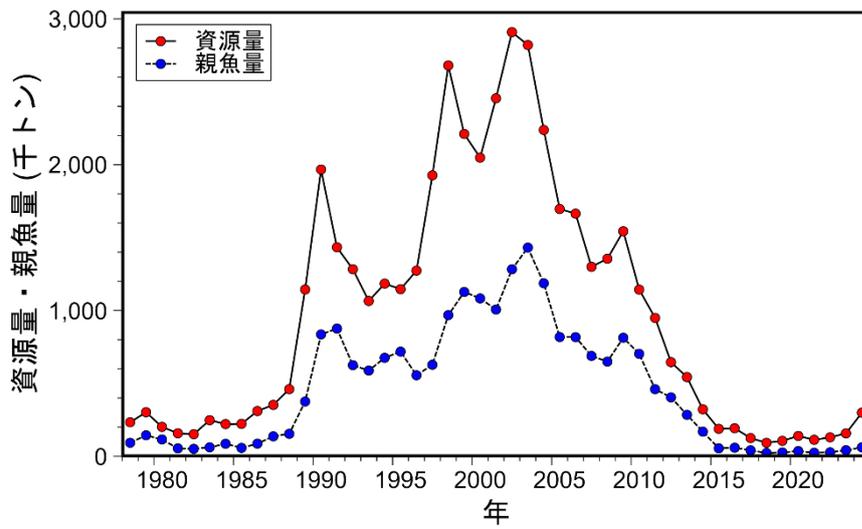


図 4-2. 資源量と親魚量の推移

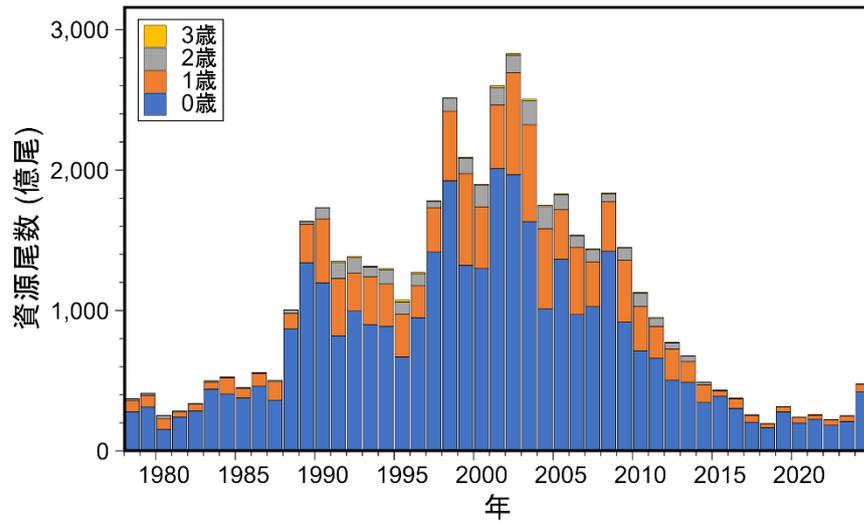


図 4-3. 年齢別資源尾数の推移

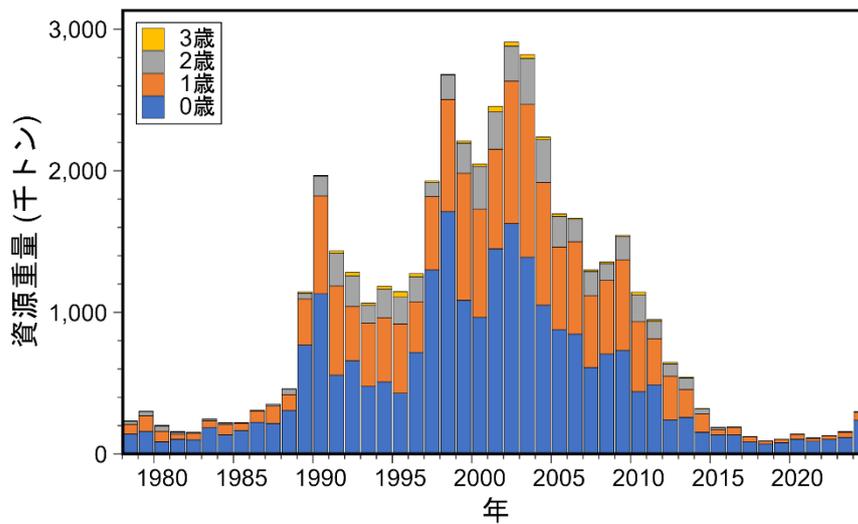


図 4-4. 年齢別資源重量の推移

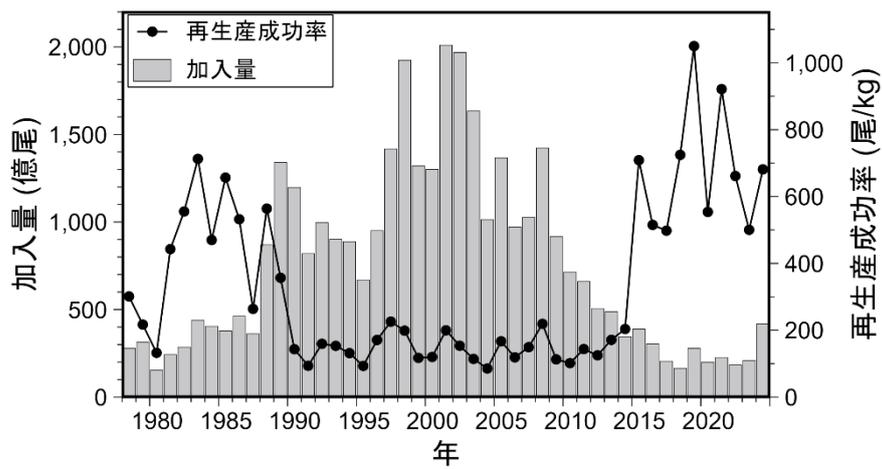


図 4-5. 加入量と再生産成功率の推移

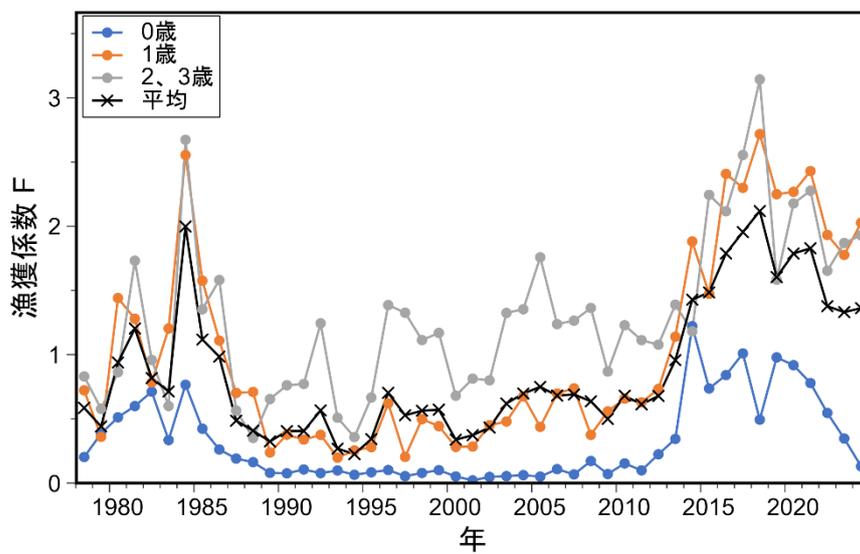


図 4-6. 年齢別漁獲係数 F の推移

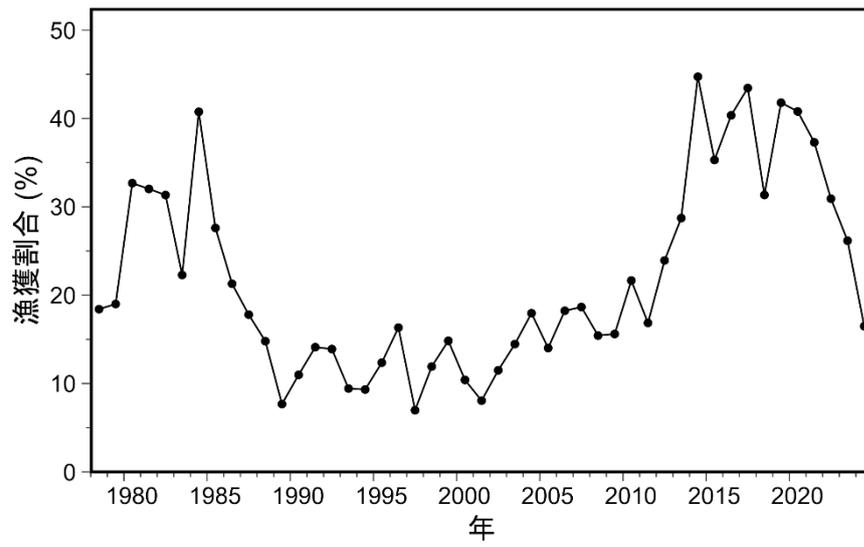


図 4-7. 漁獲割合の推移

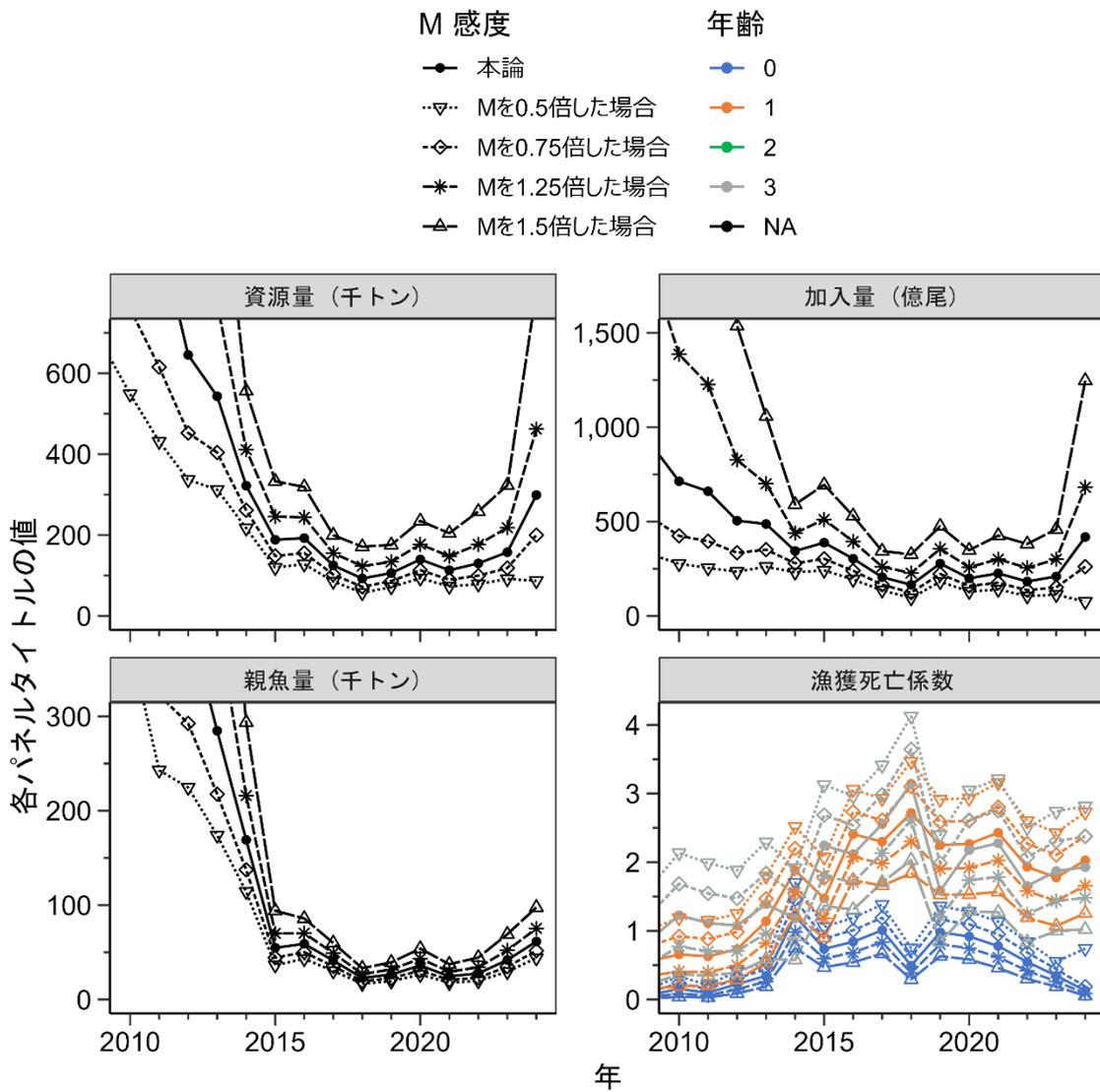


図 4-8. 資源量、親魚量、加入量、および漁獲係数の推定値に対する自然死亡係数 M の感度解析

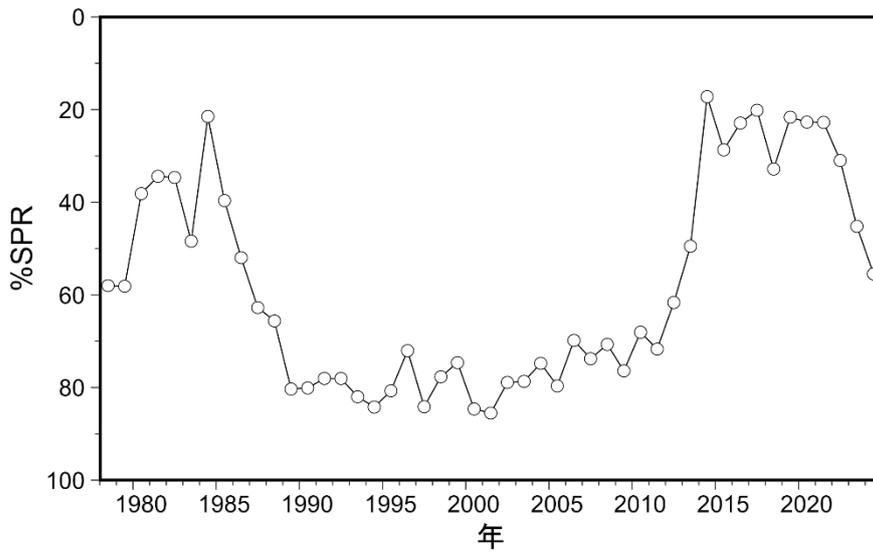


図 4-9. %SPR の推移

%SPR は、漁獲がない時の親魚量に対する漁獲がある時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。

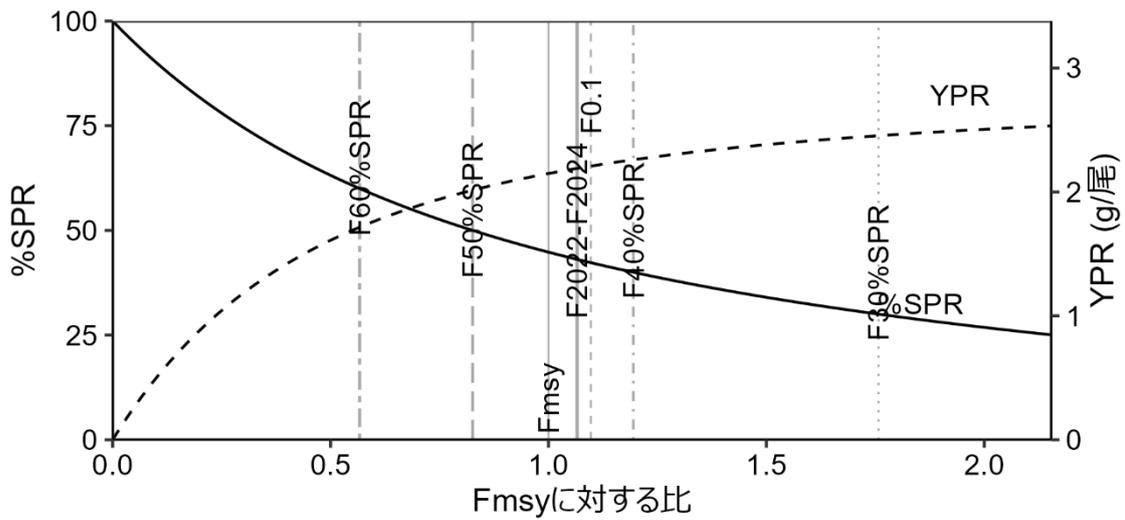
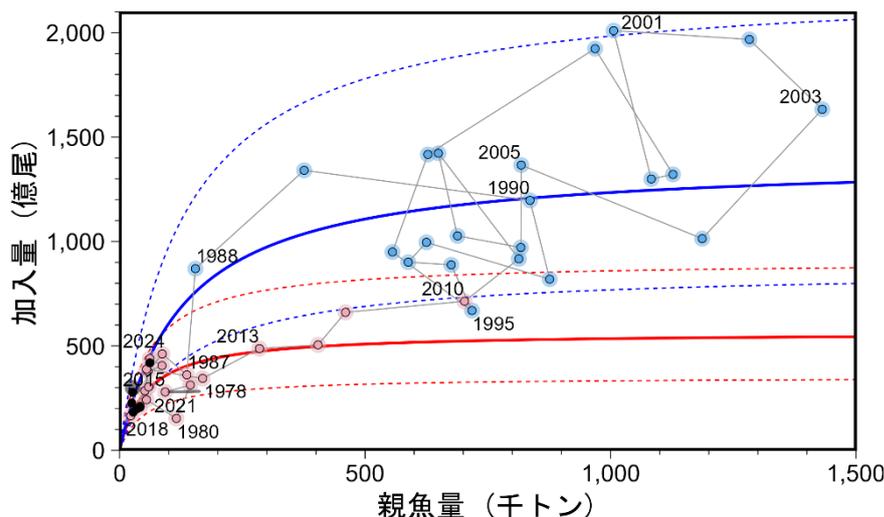


図 4-10. Fmsy に対する YPR と%SPR の関係



(上図の拡大図)

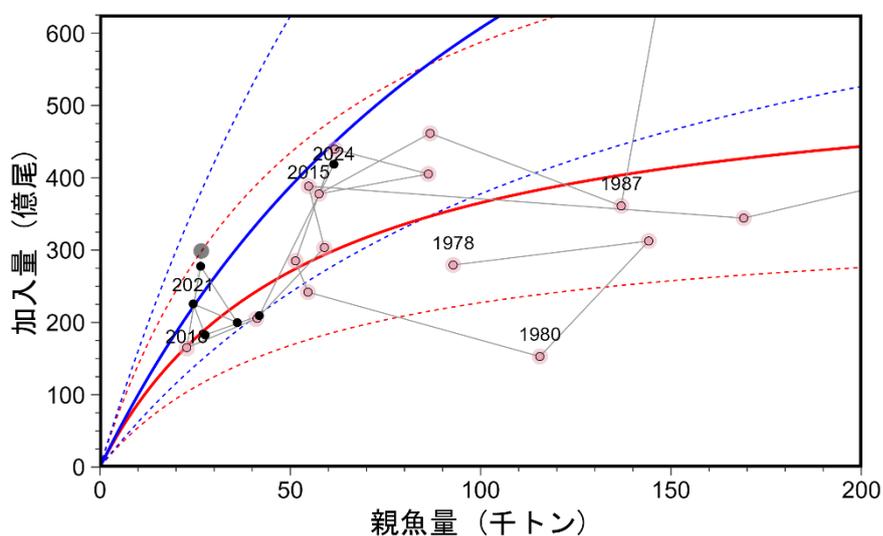


図 4-11. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係)

再生産関係には自己相関を考慮しないベバートン・ホルト (BH) 型再生産関係式を用い、最小二乗法によりパラメータ推定を行った。青線と青丸は高加入期 (1988～2009 年) の再生産関係とその推定に使用したデータ点、赤線と赤丸は通常加入期 (1978～1987 年および 2010～2018 年) の再生産関係とその推定に使用したデータ点である。灰色の丸 (2019 年) は再生産関係の推定には使用しなかった令和 2 年度評価の親魚量と加入量を示す。再生産関係式の上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90% が含まれると推定される範囲である。枠線のみ丸と黒丸は本年度評価で推定された親魚量と加入量 (1978～2024 年) を示す。図中の数字は加入群の年級 (生まれ年) を示す。

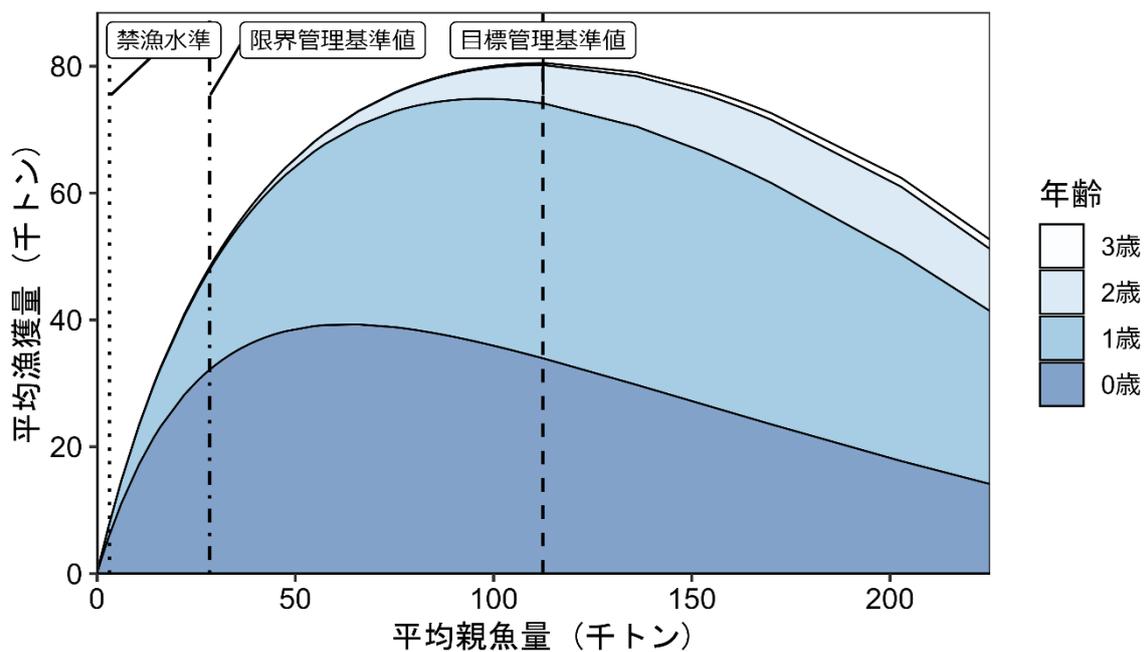


図 4-12. 管理基準値と年齢別漁獲量曲線

通常加入期の状況を仮定した将来予測シミュレーションにおける平衡状態での、親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値の位置関係を示す。

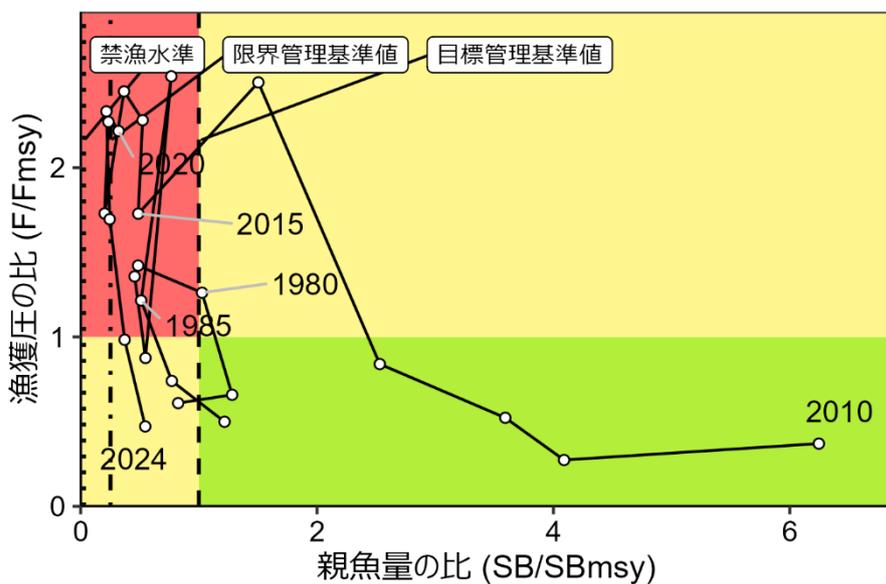


図 4-13. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

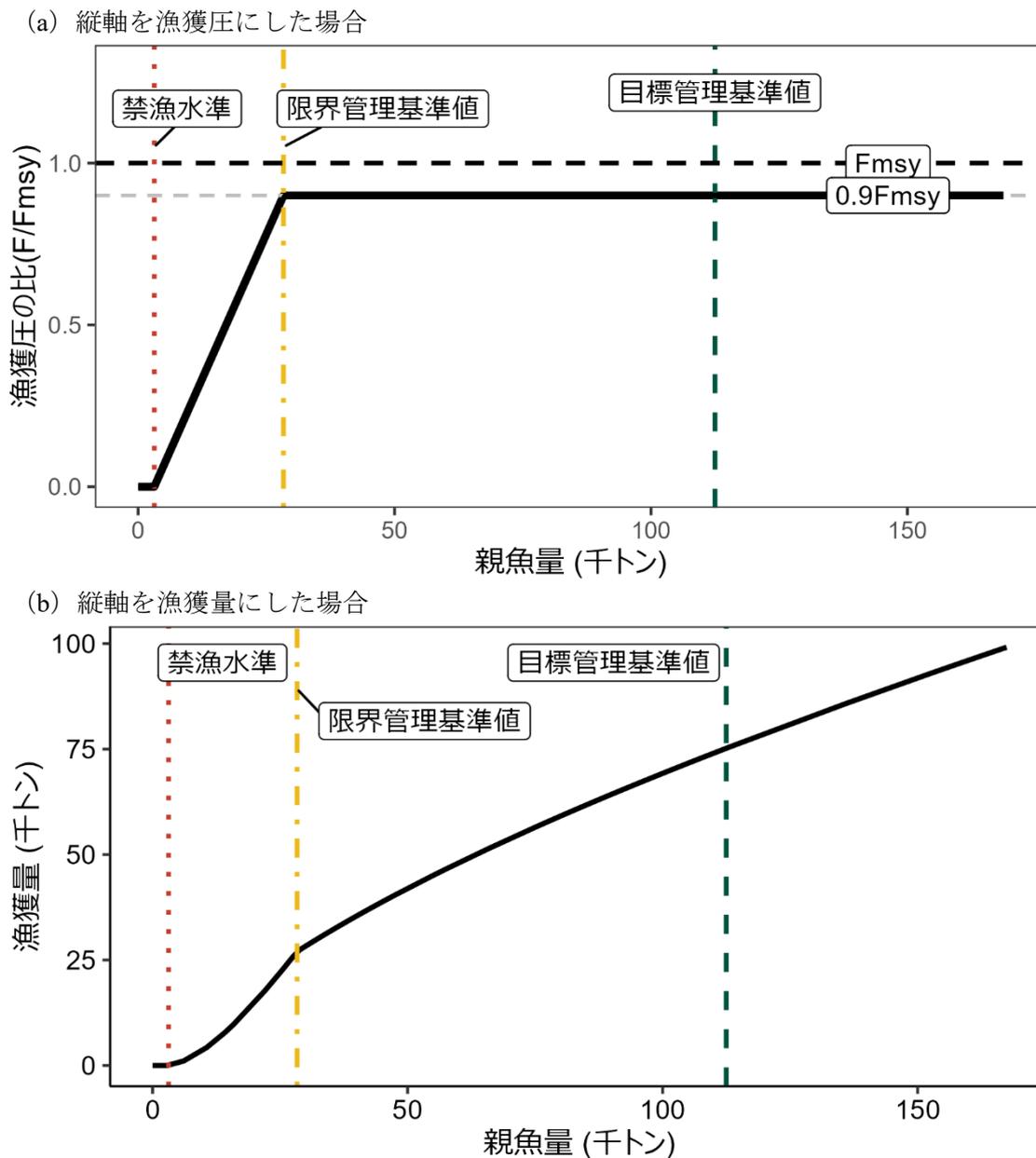


図 5-1. 漁獲シナリオ

目標管理基準値は通常加入期のベバートン・ホルト型再生産関係に基づき算出された最大持続生産量 MSY を実現する親魚量である。限界管理基準値および禁漁水準は、それぞれ MSY の 60%および 10%の漁獲量が得られる親魚量である。調整係数 β には 0.9 が用いられる。線種と色は、それぞれ黒破線が F_{msy} 、灰色破線が $0.9F_{msy}$ 、黒太線が漁獲シナリオ、赤点線が禁漁水準、黄一点鎖線が限界管理基準値、緑破線が目標管理基準値を示している。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、平衡状態における平均的な年齢組成となった場合の漁獲量を示している。

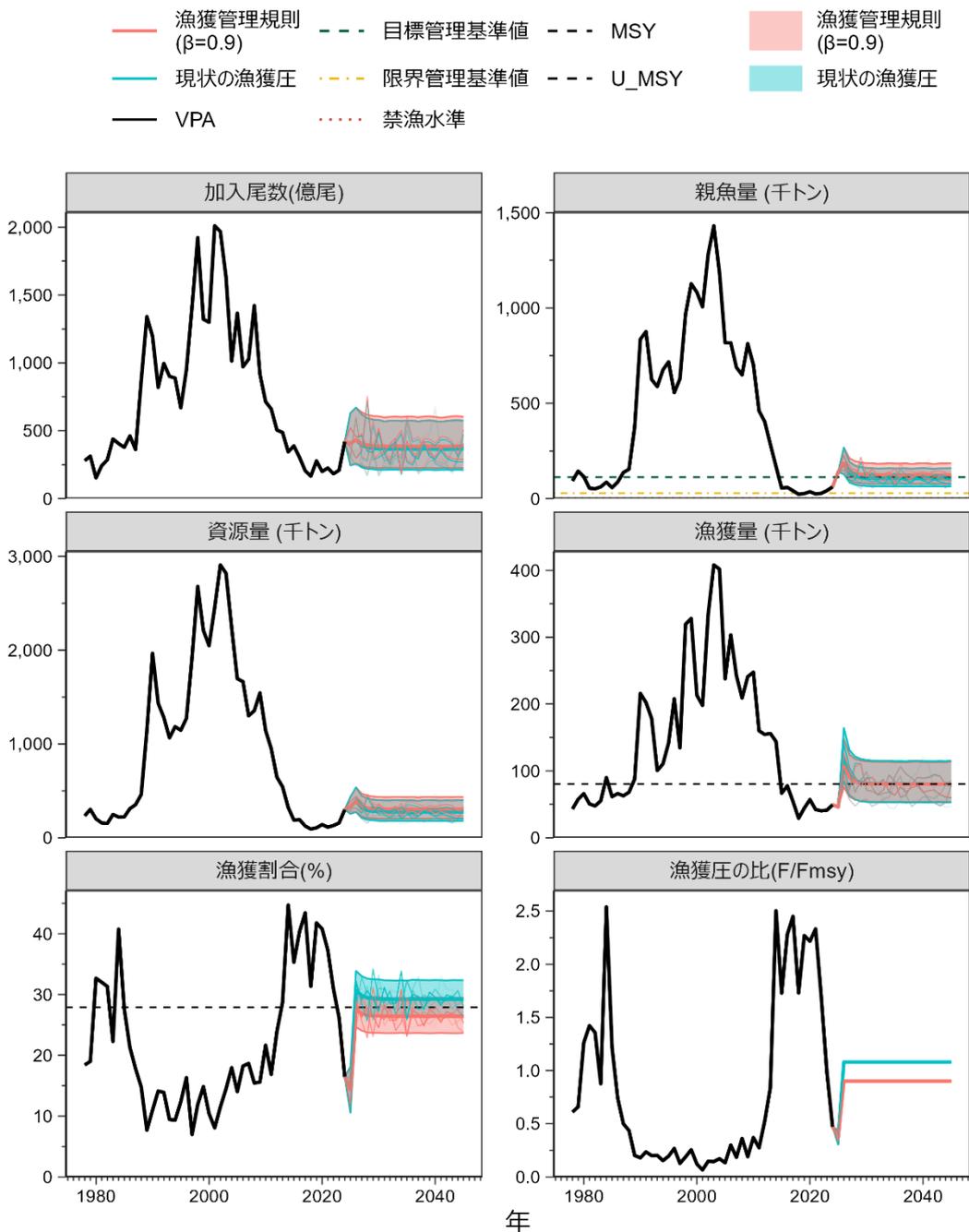


図 5-2. 漁獲シナリオに従って漁獲を続けた場合（赤線）と現状の漁獲圧（F2022-2024）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる予測区間、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、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲量の図の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を維持する漁獲割合の水準(Umsy)を示す。本系群の漁獲シナリオでは調整係数 β に0.9が用いられる。2025年の漁獲量は直近5年平均の漁獲量(2020~2024年、46千トン)を与えるFを仮定した。

表 3-1. 太平洋区におけるカタクチイワシの海区別漁獲量と主要港水揚量（トン）

年	漁獲量(トン)						主要港 漁獲量
	太平洋南区	太平洋中区 (千葉県除く)	千葉県 (太平洋中区)	太平洋北区	北海道区 太平洋側	太平洋合計	
1978	11,557	4,371	17,255	9,512	303	42,998	
1979	15,725	15,829	16,815	8,856	201	57,426	
1980	15,095	14,332	24,450	11,814	268	65,959	
1981	18,354	14,223	12,995	4,988	47	50,607	
1982	17,804	15,771	8,801	5,085	81	47,542	
1983	23,585	12,032	13,925	5,640	46	55,228	
1984	21,947	17,947	24,833	25,226	54	90,007	
1985	17,311	22,638	17,868	3,601	17	61,435	
1986	13,575	29,511	20,430	2,448	98	66,062	
1987	7,618	13,195	38,211	3,450	259	62,733	
1988	13,461	7,710	44,370	2,496	51	68,088	
1989	9,582	27,828	35,626	14,723	45	87,804	
1990	13,082	29,222	43,397	126,560	3,680	215,941	
1991	9,069	24,844	57,298	106,812	4,296	202,319	
1992	13,875	42,677	31,114	85,489	5,121	178,276	
1993	7,712	26,952	30,149	29,931	5,743	100,487	
1994	16,002	21,753	38,089	33,209	1,375	110,428	73,573
1995	6,314	26,602	50,665	50,943	7,192	141,716	85,814
1996	10,741	30,306	56,059	106,913	3,871	207,890	151,860
1997	9,105	25,527	47,349	43,125	9,358	134,464	104,132
1998	13,938	38,366	80,964	166,652	19,451	319,371	240,982
1999	41,964	59,397	65,195	135,000	26,441	327,997	277,756
2000	38,181	32,601	48,732	89,937	3,665	213,116	192,638
2001	12,538	43,219	46,931	91,145	4,095	197,928	185,604
2002	15,998	40,452	104,515	128,358	45,076	334,399	304,895
2003	20,741	60,460	123,342	170,717	32,749	408,009	393,874
2004	21,816	43,577	145,007	168,461	23,004	401,865	407,431
2005	11,954	36,205	105,360	79,545	4,627	237,691	211,760
2006	10,722	55,203	114,182	99,111	24,210	303,428	270,406
2007	19,513	50,190	87,840	74,488	10,437	242,468	221,308
2008	9,301	65,651	78,424	48,815	6,891	209,082	180,061
2009	18,933	64,891	95,449	39,854	21,765	240,892	222,692
2010	16,882	62,890	76,417	56,581	34,859	247,629	234,049
2011	8,240	53,572	55,999	32,119	10,050	159,980	139,566
2012	13,439	53,126	63,794	9,975	14,125	154,459	141,674
2013	22,744	63,450	50,655	14,030	5,151	156,030	135,100
2014	27,585	61,533	39,955	7,688	7,223	143,984	120,144
2015	8,372	40,483	11,810	5,323	521	66,509	52,962
2016	17,853	44,215	10,579	3,140	1,908	77,695	65,153
2017	12,380	27,933	8,933	2,344	2,691	54,281	43,731
2018	6,488	14,537	5,340	2,018	673	29,056	22,947
2019	6,035	28,740	7,358	1,407	797	44,337	37,731
2020	9,059	34,625	9,956	2,264	1,102	57,006	50,065
2021	10,548	21,865	7,148	2,610	32	42,203	35,731
2022	9,564	24,160	4,595	1,733	155	40,207	34,084
2023	8,826	17,317	12,560	2,391	139	41,233	38,238
2024	9,882	20,760	15,164	3,189	297	49,292	47,790

表 4-1. カタクチイワシ太平洋系群の資源解析結果

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (億尾)	再生産成功率 (尾/kg)	漁獲割合 (%)	%SPR	F/Fmsy
1978	233.5	92.8	279.4	301.2	18.4	58.0	0.61
1979	302.2	144.1	312.6	216.9	19.0	58.1	0.66
1980	201.9	115.5	152.9	132.3	32.7	38.1	1.26
1981	158.0	54.6	241.9	442.7	32.0	34.4	1.42
1982	151.7	51.4	285.1	555.3	31.3	34.7	1.36
1983	247.9	61.7	439.5	712.7	22.3	48.4	0.88
1984	220.9	86.3	405.3	469.9	40.8	21.5	2.54
1985	222.6	57.5	377.8	656.6	27.6	39.7	1.22
1986	310.3	86.7	461.5	532.0	21.3	52.0	0.74
1987	352.5	136.9	361.2	263.8	17.8	62.7	0.50
1988	460.4	154.2	869.7	563.9	14.8	65.6	0.44
1989	1,144.1	375.8	1,340.9	356.8	7.7	80.3	0.20
1990	1,966.8	835.8	1,197.0	143.2	11.0	80.1	0.18
1991	1,433.5	876.0	819.5	93.6	14.1	78.0	0.23
1992	1,282.7	625.0	995.9	159.4	13.9	78.0	0.20
1993	1,065.2	587.9	900.9	153.2	9.4	82.0	0.20
1994	1,184.3	675.5	888.1	131.5	9.3	84.2	0.15
1995	1,146.1	717.8	669.1	93.2	12.4	80.7	0.19
1996	1,273.3	555.7	949.7	170.9	16.3	72.0	0.27
1997	1,927.0	627.8	1,417.1	225.7	7.0	84.1	0.13
1998	2,680.2	968.4	1,923.6	198.6	11.9	77.7	0.19
1999	2,210.9	1,127.2	1,321.2	117.2	14.8	74.6	0.26
2000	2,048.0	1,082.9	1,299.6	120.0	10.4	84.6	0.14
2001	2,455.3	1,006.3	2,010.1	199.8	8.1	85.5	0.14
2002	2,908.8	1,282.7	1,967.9	153.4	11.5	78.9	0.15
2003	2,820.6	1,431.3	1,633.2	114.1	14.5	78.7	0.14
2004	2,238.1	1,186.6	1,013.7	85.4	18.0	74.8	0.17
2005	1,696.0	818.0	1,366.3	167.0	14.0	79.6	0.14
2006	1,664.2	817.3	971.2	118.8	18.2	69.8	0.30
2007	1,299.8	688.3	1,027.2	149.2	18.7	73.8	0.18
2008	1,354.9	649.4	1,422.6	219.1	15.4	70.7	0.36
2009	1,543.8	813.2	916.9	112.8	15.6	76.4	0.19
2010	1,143.2	702.6	713.9	101.6	21.7	68.1	0.37
2011	949.1	460.1	660.5	143.6	16.9	71.7	0.27
2012	645.4	404.1	504.9	124.9	23.9	61.6	0.52
2013	543.2	284.7	487.3	171.2	28.7	49.5	0.84
2014	322.0	169.1	344.3	203.6	44.7	17.2	2.50
2015	188.4	54.8	388.4	708.7	35.3	28.7	1.73
2016	192.5	58.9	303.6	515.0	40.4	22.9	2.28
2017	125.0	41.3	205.5	497.9	43.4	20.1	2.45
2018	92.7	22.8	165.2	724.7	31.3	32.8	1.73
2019	106.1	26.4	277.7	1,050.0	41.8	21.6	2.27
2020	139.7	36.1	199.8	553.9	40.8	22.7	2.22
2021	113.2	24.5	225.6	921.3	37.3	22.8	2.33
2022	130.0	27.6	182.7	661.4	30.9	31.0	1.70
2023	157.6	41.9	209.4	500.4	26.2	45.2	0.98
2024	299.0	61.5	418.7	681.3	16.5	55.5	0.47

表 5-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値を上回る確率

a) 目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056	
1	100	99	75	57	50	48	46	46	45	46	45	45	45	45	
0.9			82	68	63	61	60	59	59	59	59	59	59	59	59
0.8			88	79	75	74	73	73	72	73	73	73	73	73	73
0.7			93	88	86	85	84	85	85	85	85	85	85	85	85
0.6			96	94	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
0.5			98	98	97	98	98	98	98	98	97	98	98	97	98
0.4			99	99	99	99	99	99	99	100	99	99	99	99	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
現状の漁獲圧			69	47	41	37	36	35	34	35	35	35	35	35	

b) 限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056	
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.9			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
現状の漁獲圧			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年の漁獲量は直近 5 年平均 (2020～2024 年) の 46 千トンとし、2026 年から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2022-F2024、 $\beta = 1.08$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5-2. 将来の平均親魚量 (千トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056	
1	140	186	137	122	117	115	113	113	113	113	113	113	113	113	
0.9			145	132	127	125	124	124	124	124	124	124	124	124	124
0.8			154	142	139	137	136	136	136	136	136	136	136	136	136
0.7			163	154	152	151	150	150	149	150	150	150	150	150	149
0.6			173	168	166	166	165	165	165	165	165	165	165	165	165
0.5			185	183	183	183	183	183	182	183	183	183	183	183	182
0.4			197	200	202	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203
0.3			210	220	224	226	226	226	226	226	226	226	226	227	226
0.2			225	242	249	252	253	253	253	254	253	254	253	254	253
0.1			241	267	279	283	284	285	285	285	285	286	285	285	285
0			259	296	313	320	321	322	322	323	323	323	323	323	322
現状の漁獲圧			131	115	109	107	106	105	105	105	105	105	105	105	

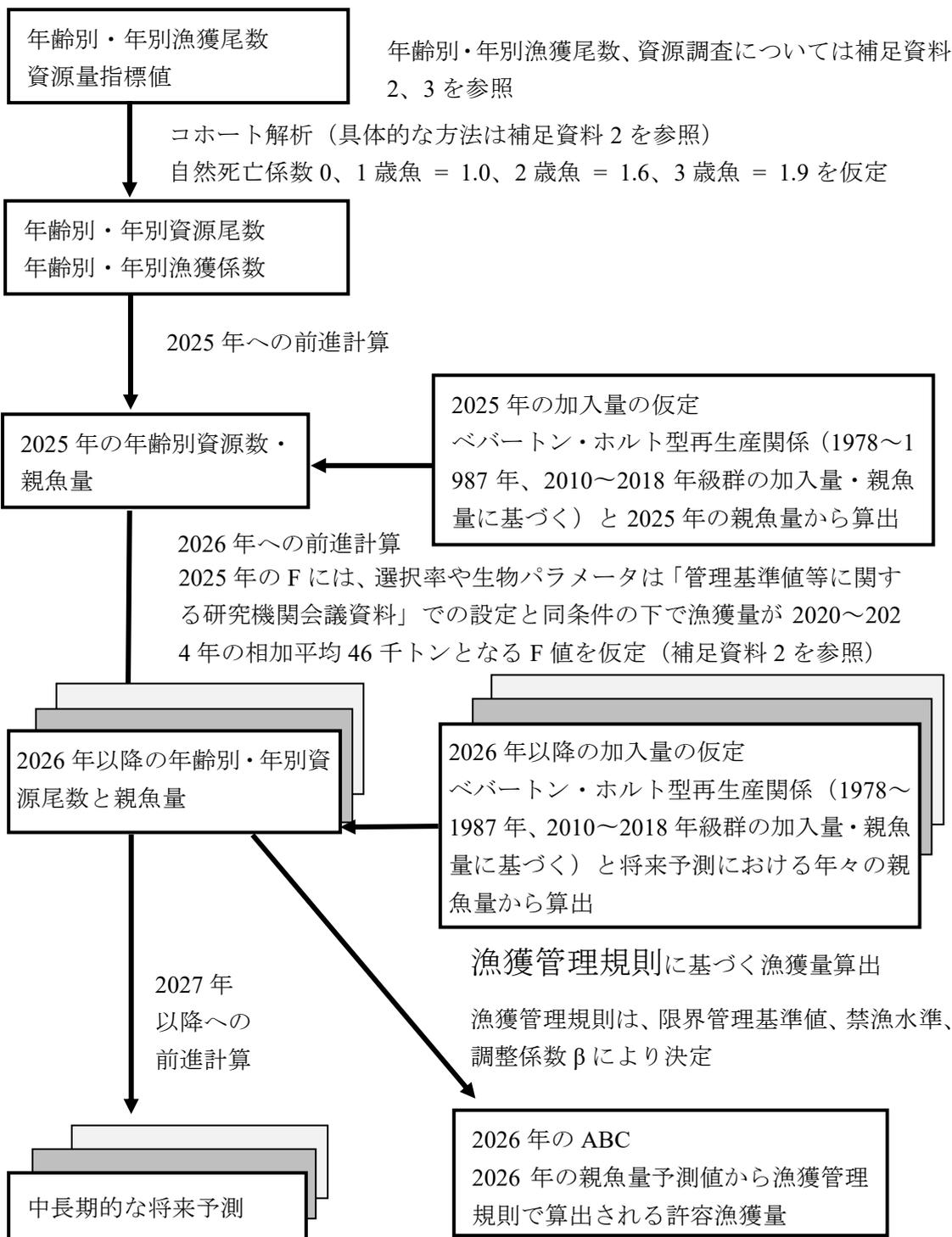
β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年の漁獲量は直近 5 年平均 (2020～2024 年) の 46 千トンとし、2026 年から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2022-F2024、 $\beta = 1.08$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

表 5-3. 将来の平均漁獲量 (千トン)

β	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2046	2056
1	46	114	92	85	83	81	81	81	81	81	81	81	80	80
0.9		107	89	84	82	81	80	80	80	80	80	80	80	80
0.8		99	86	82	80	80	79	79	79	79	79	79	79	79
0.7		90	82	79	78	77	77	77	77	77	77	77	77	77
0.6		81	77	75	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
0.5		70	70	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
0.4		59	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
0.3		46	51	52	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
0.2		32	37	39	40	41	41	41	41	41	41	41	41	41
0.1		17	21	22	23	23	23	23	23	23	24	24	24	23
0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧		119	94	86	83	81	81	80	80	80	80	80	80	80

β を 0.0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2025 年の漁獲量は直近 5 年平均 (2020～2024 年) の 46 千トンとし、2026 年から漁獲シナリオによる漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2022-F2024、 $\beta = 1.08$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 計算方法

(1) データ収集

太平洋側各道県試験研究機関により主要港の水揚量と体長組成ならびに精密測定結果などの生物情報が調査され、得られた結果がフレスコシステムに入力されている。体長-体重関係や成熟度指数などの情報は、フレスコシステムに入力されたこれらの情報を基に計算した。

北上期調査と卵・稚仔、プランクトン調査の調査概要については補足資料 4 に示した。

(2) 年齢別漁獲尾数の作成方法

第一に、18 道県の参画機関から提供された主要港における月別の体長組成（尾数）と水揚量を県別に整理する（属地統計）。このとき、体長組成は 0.5 cm 階級幅で作成し、最小値を 4 cm、最大値を 18 cm としている。

第二に、体長組成（尾数）に式 (1) の体長体重関係式を適用して、体長階級毎の平均体重（体長別平均体重）を求めて、体長別重量組成に変換する。体長別平均体重は、たとえば 4~4.5 cm の階級については階級の間値 4.25 cm を式 (1) に当てはめて算出する。

$$BW = 0.010 \times L^{3.00} \quad (1)$$

ここで、 BW は体重 (g)、 L は被鱗体長 (cm) を表す。

第三に、県別月別に整理された体長別重量組成と水揚量を、三陸以北（北海道～宮城県）、常磐・房総（福島県～千葉県）、東海（神奈川県～三重県）、西日本（和歌山県～宮崎県）の地域毎に合算して、地域別月別の体長別重量組成と水揚量を作成する。続いて、月別体長別重量組成を、月毎の合計重量で各体長階級の重量を割って、月別相対頻度に変換する。この月別相対頻度を海域別月別の水揚量と掛け合わせて、主要港の水揚量に引き伸ばした体長別漁獲重量を作成する。ここで、水揚はあるが体長組成の情報が無い場合が稀に起こりうるため、そうした情報の欠測月については、前後月の相対頻度の平均を当てはめたり、近い過去年（基本的には前年か前々年）の同月の相対頻度を当てはめたりして、補間を行う。

第四に、体長別漁獲重量を全地域で合算した後、体長別平均体重で割ることによって全国主要港における体長別漁獲尾数を計算する。これら体長別漁獲尾数と体長別漁獲重量に、体長別月別の年齢体長キー（Age-Length Key、補足図 2-1）を掛け合わせて、全国主要港における年齢別・年別漁獲尾数と年齢別・年別漁獲重量を算出する。続いて、年齢別・年別漁獲重量を年齢別・年別漁獲尾数で割ることにより、年齢別・年別平均体重を計算し、これを資源量計算に使用している。年齢体長キーは、2000～2017 年の間に参画機関により測定されたカタクチイワシの鱗による年齢査定データ（ $n = 26,220$ ）に基づいて作成し、平成 30（2018）年度評価から使用している。なお、寿命は 4 年（3 歳の最後で死亡）と仮定した。

第五に、カタクチイワシ太平洋系群に関する、漁業・養殖業生産統計年報（農林統計）の県別漁獲量（いわゆる属人統計）を、大中型まき網の漁獲成績報告書によって補正して、

できる限り属地統計に近づけた年間総漁獲量を算出する。大中型まき網の漁獲成績報告書による補正については、太平洋側の県に根拠地（船籍）を置く船が東シナ海・日本海側でカタクチイワシを漁獲した場合には農林統計の県別漁獲量から控除し、反対に、東シナ海・日本海側に根拠地を置く船が太平洋側でカタクチイワシを漁獲した場合には、それを北海道区太平洋側の漁獲量に加算する。このようにして算出した年間総漁獲量と全国主要港の年間水揚量との比（年間総漁獲量 / 全国主要港の年間水揚量）を使用して、全国主要港における年齢別・年別漁獲尾数を引き伸ばし、チューニング VPA のインプットデータとなる年齢別・年別漁獲尾数を作成する（補足表 2-1）。

(3) チューニング VPA による資源量計算方法

上述した方法で作成した年齢別・年別漁獲尾数（年齢構成は 0、1、2 歳、および 3 歳）に基づき、Pope の近似式（Pope 1972）を用いて後退法により年齢別・年別資源尾数を推定した（年齢別の入力値と資源量推定結果は補足表 2-1 に示した）。最新年の前年（2023 年）までは下記の式 (2)(3) により計算した。

$$N_{a,t} = N_{a+1,t+1}e^{M_a} + C_{a,t}e^{\frac{M_a}{2}} \quad (a = 0, 1, 2) \quad (2)$$

$$N_{3,t} = N_{2,t} \frac{C_{3,t}}{C_{2,t}} e^{\frac{(M_3-M_2)}{2}} \quad (3)$$

ここで、 $N_{a,t}$ は a 歳魚の t 年の資源尾数、 $C_{a,t}$ は a 歳魚の t 年の漁獲尾数、 M_a は a 歳魚の M である。

最新年の前年までの a 歳魚の t 年の漁獲係数 $F_{a,t}$ は以下の式により推定した。

$$F_{a,t} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{a,t}e^{\frac{M_a}{2}}}{N_{a,t}} \right\} \quad (a = 0, 1, 2) \quad (4)$$

最高齢の漁獲係数 $F_{3,t}$ は、全ての年で 2 歳の F に等しいとした。

$$F_{3,t} = F_{2,t} \quad (5)$$

最新年 T 年（2024 年）の a 歳魚の資源尾数 $N_{a,T}$ については以下の式により計算した。

$$N_{a,T} = C_{a,T}e^{\frac{M_a}{2}} \frac{1}{1 - e^{-F_{a,T}}} \quad (a = 0, 1, 2, 3) \quad (6)$$

ここで、 $C_{a,T}$ は a 歳魚の最新年の漁獲尾数である。 $F_{a,T}$ は a 歳魚の最新年の漁獲係数（ターミナル F ）であり、この $F_{a,T}$ をチューニングにより探索的に推定するとともに、式 (2)～(5) を用いることによって、過去に遡って年齢別・年別資源尾数を計算できる。

資源計算に用いた年齢別（0、1、2、3 歳）の成熟割合と M については、それぞれ（0、1、1、1）および（1、1、1.6、1.9）とした。

（4）ターミナル F の推定

チューニング VPA によりターミナル F ($F_{a,T}$) を推定した。チューニング指数として、VAST (Vector-Autoregressive Spatio-Temporal) モデルにより標準化した産卵量を親魚量（重量）の指標値として用いるとともに、VAST により標準化した北上期調査 0 歳魚 CPU E を加入量（尾数）の指標値として用いた（補足資料 6）。北上期調査 0 歳魚 CPUE については、調査で採集された個体の年齢データが現時点では利用できないため、被鱗体長 10 cm 未満の個体を 0 歳魚とみなして CPUE を算出した。

ターミナル F は全 F 推定法により推定し、この推定値を安定化させるために、リッジ VPA (Okamura et al. 2017) を適用した。これは、残差平方和に罰則項を加えた関数を最小化することでターミナル F を求める手法であり、罰則の大きさはレトロスペクティブバイアス (Mohn's ρ , Mohn 1999) を最小にするよう決められる。リッジ VPA の罰則項は、式 (7) に示すように、最新年の年齢別 F と直近 3 年（2021～2023 年）平均の年齢別 F との差の二乗和としている。

$$(1 - \lambda) \sum_{k=1}^p \sum_t \left[\frac{\{\ln(I_{k,t}) - \ln(q_k X_{k,t}^{b_k})\}^2}{2\sigma_k^2} - \ln\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k}\right) \right] + \lambda \sum_{a=0}^2 \left(F_{a,2024} - \frac{1}{3} \sum_{t=2021}^{2023} \hat{F}_{a,t} \right)^2 \quad (7)$$

λ はリッジ回帰における罰則の大きさを決める係数であり、0 以上 1 未満の値をとるようにした。本検討では、 λ を 0～0.99 の間において 0.01 刻みで変化させるとともに、 $\lambda = 0.9999$ について計算した。 $I_{k,t}$ は k 番目の資源量指標値（以降、指標値 k ）の t 年の値をそれぞれ表す。 q_k は指標値 k の比例定数、 $X_{k,t}$ はコホート解析から計算される t 年における指標値 k の対象（親魚量もしくは加入量）の値、 b_k は指標値 k と VPA の推定値の関係における非線形性を表す係数、 σ_k^2 は $\ln(I_{k,t})$ と $\ln(q_k X_{k,t}^{b_k})$ の差の分散である (Hashimoto et al. 2018)。 p は当てはめた指標値の数を表し、北上期調査 0 歳魚 CPUE および産卵量を用いたため $p = 2$ である。

本系群では、 λ の値によってはターミナル F の初期値に依存してモデルが収束しない場合があったため、まずは初期値を 0.2（0～2 歳魚の全てで同じ値）として計算を行った上で、収束していない（ヘッセ行列の対角成分により判断。正定値である場合は収束）モデルについて 0.5、0.9 のいずれかの初期値（0～2 歳魚の全てで同じ値）を当てはめて再計算し、すべての λ のモデルが収束すること確認した（ここまでをステップ 1 とする）。

続 て、各年齢のターミナル F の初期値を 0.01～2 の間の 10 個（0.01、0.02、0.03、0.06、0.11、0.19、0.34、0.62、1.11、2.00）から無作為に 3 個を選ぶジッター分析（反復数 10 回）を行うことにより、ステップ 1 のモデルが最尤推定値かどうかを診断した。この診断においては、モデルが収束するとともに、ターミナル F が極端な値（0～2 歳魚のターミナル F のいずれかが 1,000,000 を超える場合または 100 万分の 1 未満の微小値になる場合）になっていないジッター分析のモデルを選抜し、それらの対数尤度、初期値セット、およびタ

一ミナル F 推定値を抽出した。そして、これらのジッター分析モデルの対数尤度とステップ 1 のモデルの対数尤度を比較して、ジッター分析モデルの対数尤度の方が大きい λ のモデルはステップ 1 で最尤推定値が得られていないと判断した。それらのモデルについては、選抜されたジッター分析モデルの中で最大の対数尤度を持つモデルのターミナル F 推定値を初期値として用い、チューニング VPA の再々計算を行った（これをステップ 2 とする）。ステップ 2 のモデルを候補として後述のレトロスペクティブ解析を行ない、レトロスペクティブバイアスの比較を行った（補足図 2-2）。

q_k および b_k は、それぞれ以下の式 (8) および式 (9) で推定した。

$$q_k = \exp \left\{ \frac{1}{n_k} \sum_t \ln \left(\frac{I_{k,t}}{X_{k,t}^{b_k}} \right) \right\} \quad (8)$$

$$b_k = \frac{\text{Cov}[\ln(I_k), \ln(X_k)]}{V[\ln(X_k)]} \quad (9)$$

ここで、 n_k はチューニングに使用した指標値 k の年数であり、 V と Cov はそれぞれ分散と共分散を表す。チューニング指数の標準化については利用可能な全期間のデータを用いたが（補足資料 6）、チューニングには 2010 年以降のデータを用いた（すなわち、 $n_k = 14$ ）。これは「令和 3（2021）年度カタクチイワシ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料」（木下ほか 2021）において、本系群の再生産関係の通常加入期とされているのが 1987 年以前および 2010 年以降のためである。また、北上期調査 0 歳魚 CPUE ($k = 1$) と産卵量 ($k = 2$) の b_k についてはともに非線形性を仮定した（すなわち、 $b_k \neq 1$ ）。 q については、本年度評価では $q_1 = 1.028 \times 10^{-11}$ 、 $q_2 = 4.808 \times 10^{-2}$ と推定された。

Mohn's ρ は、最新年 T 年（2024 年）までのフルデータを用いた場合の推定値と、最新年から i 年分のデータを落とした場合の最終年 ($T - i$ 年) の推定値との相対値の平均値である。レトロスペクティブ解析でデータを遡る年数は、本系群の寿命は 4 年であることから、世代が一新される 5 年 ($i = 1, 2, \dots, 5$) とした。資源量、資源尾数、加入量、親魚量、および漁獲係数の全 5 項目について、レトロスペクティブバイアスが $\pm 20\%$ (Mohn's ρ が ± 0.2) の範囲内にあるモデルを候補とした上で、5 項目の Mohn's ρ の絶対値の合計が最も小さい $\lambda = 0.93$ のモデルを本資源のチューニング VPA として適用した（補足表 2-1、補足図 2-2）。レトロスペクティブ解析を行う際に、データを 1 年ずつ削りながら b を再推定するかフルデータの b をそのまま用いるか（再推定しない）によって Mohn's ρ の値は異なり、 b を再推定しない方が Mohn's ρ が低くなる傾向がみられた（補足図 2-2）。

「令和 7(2025)年度 資源評価におけるモデル診断手順と診断結果の情報提供指針 FRA-SA2025-ABCWG02-03」（水産研究・教育機構 2025a）に従って、本系群の評価に用いたチューニング VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。資源量指標値を当てはめた際の残差に体系的な傾向は見られなかった（補足図 2-3）。5 年遡及のレトロスペクティブ解析の結果、データが追加・更新されることにより F や資源量などの推定値が連続的に増加あるいは減少するような現象はみられなかった（補足図 2-4）。チューニング指数を 1 つずつ除いていくジャックナイフ解析の結果、北上期調査 0 歳魚 CPUE（指

標値 01) を除いた場合に 0 歳魚のターミナル F が大きくなり、直近年の加入量および資源量が減少した (補足図 2-5)。産卵量 (指標値 02) を除いてもターミナル F はほとんど変化しなかった。このことは、北上期調査 0 歳魚 CPUE が直近年の加入量を引き上げていることを示すとともに、産卵量のチューニング効果はあまり得られなかったことを示す。産卵量のチューニング効果が低かった理由として、本系群のリッジ VPA では、式 (7) に示したように過去 3 年平均の F とターミナル F との差分を最小化するという制約を設けており、この制約が強く影響したためと考えられる。

チューニング指数としての重みは、産卵量 ($\sigma_2 = 0.356$) が北上期調査 0 歳魚 CPUE ($\sigma_1 = 0.763$) に比べて σ が小さいことから、産卵量の重みが相対的に大きかった (補足図 2-3)。チューニング指数としての重みが大きいにも関わらずジャックナイフ解析でターミナル F が変化しなかったことから、前述の制約の強さが示唆される。

推定された非線形係数 b は、北上期調査 0 歳魚 CPUE では $b_1 = 2.724$ (昨年度評価は 3.148) と推定され、昨年度評価と同様に hyper depletion の傾向が認められたが、その程度は弱まった。産卵量では $b_2 = 0.221$ (昨年度評価は 0.285) と推定され、昨年度評価と同様に hyper stability の傾向が認められるとともに、その傾向がさらに強まった。

パラメトリック・ブートストラップ法により推定した資源量、親魚量、および加入量の 95% 信頼区間を補足図 2-6 に示した。2024 年の各資源量推定値の 95% 信頼区間は、資源量では 14.7 万~48.8 万トン (チューニング VPA は 29.9 万トン)、親魚量では 6.1 万~6.2 万トン (同 6.1 万トン)、加入量では 151 億~751 億尾 (同 419 億尾) であった。

(5) 自然死亡係数 M

M については平成 17 年度評価より算出方法を改め、von Bertalanffy の成長式に基づく極限体長 L_∞ と成長係数 K および水温から平均の M を求める経験則 (Pauly 1980) を採用し、実際にはこの式を改訂した下記の推定式 (Quinn and Deriso 1999) から算出している。

$$\ln(M) = -0.0152 - 0.279 \times \ln(L_\infty) + 0.6543 \times \ln(K) + 0.4634 \times \ln(T_{mean}) \quad (10)$$

ここで、年齢-体長関係の仮定から L_∞ は 17.0 cm、 K は 0.67 とするとともに、平均水温 T_{mean} は、1950~2000 年の黒潮域 (11 月~翌年 5 月) および黒潮親潮移行域 (6~10 月) の平均水温である 21.1°C とした。カタクチイワシのような小型浮魚類については、高齢になってもカツオなどの大型魚類や鯨類などの海産哺乳類による強い捕食圧にさらされる上に、再生産活動による消耗と老衰も相まって高齢魚の M は急速に高まるため、成長に伴う M の変化傾向は典型的な Bathtub 曲線を描くと考えられる。そこで Chen and Watanabe (1989) を参考に、式 (10) から求められた平均の M を各年齢に分配した。その際、0~1 歳の M については、北米産カタクチイワシの M を発育段階ごとに調べた Butler et al. (1993) に示されている、Early adult~Late adult の推定値である 1.0 を採用した。なお、Bathtub 曲線に基づくと、0 歳魚の M は 1 歳魚の M よりも高くなるが、本評価ではシラス期を評価対象に含めていないこともあり、0 歳魚の M は 1 歳魚の M と同値と仮定している。

(6) 将来予測方法

将来予測における各種設定には補足表 2-3 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 4.3.3) 用計算パッケージ frasyr (version 2.5.0.0、コミット番号 05eacac) を用いて実施した。将来予測における加入量は、令和 3 年 9 月に公開された「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通常加入期 (1978~1987 年および 2010~2018 年) のベバートン・ホルト型再生産関係 (木下ほか 2021) 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 7 (2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2025-ABCWG02-01)」 (水産研究・教育機構 2025b) 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の推定に用いた値を引き続き用いた (木下ほか 2021)。これらは再生産関係と同じく、令和 2 (2020) 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 1978~1987 年および 2010~2019 年の平均値である。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法 ((11)-(12) 式) を用いた。

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

$$C_{a,t} = N_{a,t} \{1 - \exp(-F_{a,t})\} \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (12)$$

引用文献

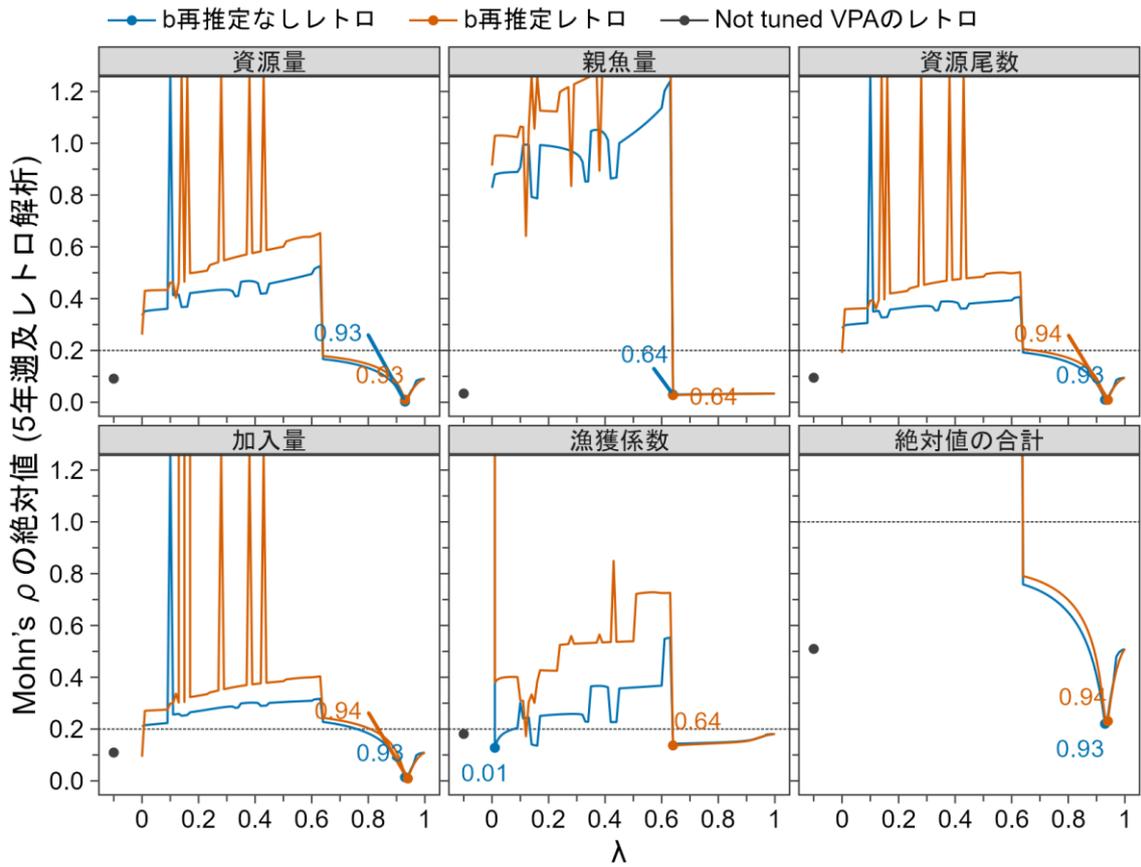
- 水産研究・教育機構 (2025a) 令和 7 (2025) 年度 資源評価におけるモデル診断手順と診断結果の情報提供指針. FRA-SA2025-ABCWG02-03, 水産研究・教育機構, 横浜, 11pp. https://abchan.fra.go.jp/reference_list/FRA-SA2025-ABCWG02-03.
- 水産研究・教育機構 (2025b) 令和 7 (2025) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2025-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 23pp. https://abchan.fra.go.jp/reference_list/FRA-SA2025-ABCWG02-01.
- Butler, J.L., P.E. Smith and N.C.H. Lo (1993) The effect of natural variability of life-history parameters on anchovy and sardine population growth. *CalCOFI Rep.*, **34**, 104-111.
- Chen, S. and S. Watanabe (1989) Age dependence of natural mortality coefficient in Fish population dynamics. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 205-208.
- Hashimoto, M., H. Okamura, M. Ichinokawa, K. Hiramatsu and T. Yamakawa (2018) Impacts of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual population analysis. *Fish. Sci.*, **84**, 335-347.
- 木下順二・安田十也・渡邊千夏子・上村泰洋 (2021) 令和 3 (2021) 年度カタクチイワシ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2021-BRP03-1, 水産研究・教育機構, 横浜, 53pp. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20210906/FRA-SA2021-BRP03-1.pdf
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 473-488.

- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES J. Mar. Sci.*, **74**, 2427-2436.
- Pauly, D. (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **39**, 175-192.
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Inst. Comm. Northwest Atlant. Fish. Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- Quinn, T.J.II and R.B. Deriso (1999) *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press, New York., 542 pp.

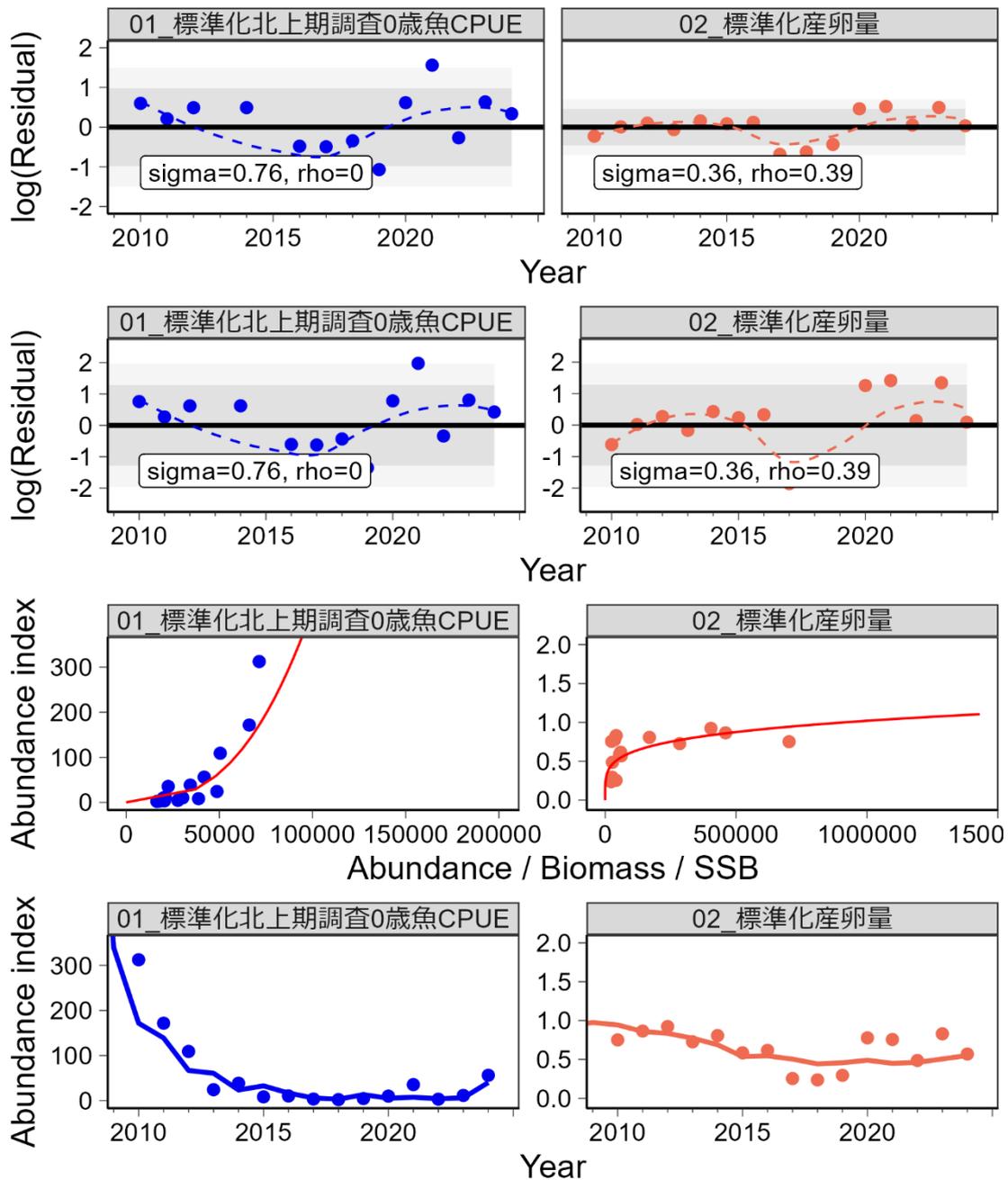
lencat	age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	lencat	age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	5.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0.5	1	1	1	1	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5	0	0	0	0	0	0	1	0.75	1	1	0.988	1	1	6.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0.4	1	1	1	1	1	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.5	0	0	0	0	0	0	0	0.909	0.875	1	0.943	1	1	7.5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0.545	1	0.846	0.971	1	1	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.5	0	0	0	0	0	0	0	0.172	0.647	0.714	0.703	0.897	0.988	8.5	2	0	0.086	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0.037	0.269	0.55	0.549	0.831	0.954	9	2	0	0.076	0.037	0.016	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0.302	0.353	0.831	0.828	0.86	9.5	2	0.014	0.02	0.034	0.005	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0.006	0	0.128	0.096	0.188	0.736	0.763	0.612	10	2	0.063	0.083	0.097	0.051	0.017	0	0.012	0	0	0	0.02	0
10.5	0	0	0	0	0	0	0	0.023	0.092	0.104	0.831	0.391	0.439	10.5	2	0.101	0.231	0.194	0.06	0.053	0.023	0.033	0	0.008	0	0.009	0.007
11	0	0	0	0	0	0	0	0.025	0.026	0.31	0.346	0.253	0.43	11	2	0.162	0.392	0.374	0.091	0.094	0.045	0.036	0.026	0.028	0.128	0.051	0.022
11.5	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.046	0.286	0.315	0.178	0.348	11.5	2	0.338	0.522	0.5	0.16	0.137	0.081	0.072	0.053	0.042	0.123	0.068	0.074
12	0	0	0	0	0	0	0	0.047	0.099	0.182	0.194	0.16	0.312	12	2	0.548	0.569	0.434	0.246	0.227	0.142	0.108	0.11	0.12	0.143	0.181	0.051
12.5	0	0	0	0	0	0	0	0.065	0.182	0.089	0.033	0.11	0.267	12.5	2	0.624	0.6	0.532	0.31	0.282	0.21	0.277	0.273	0.234	0.205	0.39	0.083
13	0	0	0	0	0	0	0	0.014	0.214	0.057	0.004	0.05	0.271	13	2	0.71	0.68	0.489	0.426	0.333	0.38	0.589	0.143	0.464	0.299	0.426	0.121
13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.016	0	0.015	0.2	0.21	13.5	2	0.667	0.571	0.463	0.5	0.512	0.517	0.765	0.167	0.693	0.515	0.615	0.149
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	14	2	0.719	0.333	0.667	0.455	0.444	0.69	0.813	0.5	0.889	0.563	0.75	0.122
14.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.5	2	0.286	0.667	0.833	1	0.444	0.636	1	1	0.6	0.75	0.857	0.833
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2	0.5	0.667	1	1	0.444	1	1	1	0.6	1	0.857	1
15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.5	2	0.5	0.667	1	1	0.444	1	1	1	0.6	1	0.857	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	2	0.5	0.667	1	1	0.444	1	1	1	0.6	1	0.857	1
16.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.5	2	0.5	0.667	1	1	0.444	1	1	1	0.6	1	0.857	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	2	0.5	0.667	1	1	0.444	1	1	1	0.6	1	0.857	1
17.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.5	2	0.5	0.667	1	1	0.444	1	1	1	0.6	1	0.857	1
lencat	age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	lencat	age	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	1	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.5	1	1	1	1	1	0	0.25	0	0	0.012	0	0	0	6.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.5	1	1	1	1	1	1	0.091	0.125	0	0.057	0	0	0	7.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	0.455	0	0.154	0.029	0	0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8.5	1	1	0.914	1	1	0.828	0.353	0.286	0.297	0.103	0.012	0.005	0	8.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	0.924	0.963	0.979	0.963	0.731	0.45	0.451	0.169	0.046	0.034	0.023	9	3	0	0	0	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0
9.5	1	0.986	0.98	0.966	0.995	0.99	0.85	0.698	0.837	0.169	0.172	0.14	0.021	9.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	0.938	0.917	0.903	0.943	0.983	0.872	0.892	0.813	0.264	0.237	0.367	0.113	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.5	1	0.899	0.769	0.806	0.94	0.947	0.953	0.876	0.896	0.162	0.609	0.551	0.243	10.5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0.838	0.608	0.614	0.904	0.902	0.955	0.939	0.948	0.662	0.526	0.696	0.548	11	3	0	0	0.012	0.005	0.004	0	0	0	0	0	0	0
11.5	1	0.659	0.473	0.494	0.84	0.853	0.916	0.88	0.901	0.672	0.662	0.753	0.636	11.5	3	0.003	0.005	0.006	0	0.01	0.003	0.008	0	0	0	0	0
12	1	0.438	0.419	0.566	0.752	0.769	0.858	0.843	0.791	0.698	0.663	0.66	0.636	12	3	0.014	0.011	0	0.003	0.005	0	0.003	0	0	0	0	0
12.5	1	0.345	0.332	0.452	0.678	0.716	0.79	0.658	0.545	0.674	0.762	0.5	0.648	12.5	3	0.031	0.068	0.016	0.012	0.002	0	0	0.003	0	0	0.002	
13	1	0.191	0.23	0.402	0.523	0.631	0.611	0.397	0.643	0.453	0.689	0.525	0.608	13	3	0.099	0.09	0.109	0.051	0.036	0.009	0	0	0.026	0.008	0	
13.5	1	0.124	0.079	0.415	0.444	0.453	0.435	0.235	0.833	0.252	0.464	0.369	0.646	13.5	3	0.21	0.349	0.122	0.056	0.035	0.048	0	0	0.039	0.021	0.006	
14	1	0	0.111	0.267	0.364	0.222	0.143	0.063	0.5	0.044	0.438	0.25	0.857	14	3	0.281	0.556	0.067	0.182	0.333	0.167	0.125	0	0.067	0	0	
14.5	1	0	0	0.133	0	0.222	0.182	0	0	0	0.25	0.143	0.167	14.5	3	0.714	0.333	0.033	0	0.333	0.182	0	0	0.4	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0.222	0	0	0	0	0	0.143	0	15	3	0.5	0.333	0	0	0.333	0	0	0	0.4	0	0	0
15.5	1	0	0	0	0	0.222	0	0	0	0	0	0.143	0	15.5	3	0.5	0.333	0	0	0.333	0	0	0	0.4	0	0	0
16	1	0	0	0	0	0.222	0	0	0	0	0	0.143	0	16	3	0.5	0.333	0	0	0.333	0	0	0	0.4	0	0	0
16.5	1	0	0	0	0	0.222	0	0	0	0	0	0.143	0	16.5	3	0.5	0.333	0	0	0.333	0	0	0	0.4	0	0	0
17	1	0	0	0	0	0.222	0	0	0	0	0	0.143	0	17	3	0.5	0.333	0	0	0.333	0	0	0	0.4	0	0	0
17.5	1	0	0	0	0	0.222	0	0	0	0	0	0.143	0	17.5	3	0.5	0.333	0	0	0.333	0	0	0	0.4	0	0	0

補足図 2-1. 本系群の年齢別漁獲尾数の作成に使用した年齢体長キー

左上：0歳魚、左下：1歳魚、右上：2歳魚、右下：3歳魚の存在確率を表し、青色が濃いほど確率が低く（最小0%）、赤色が濃いほど確率が高い（最大100%）。縦方向は上から下に向かって4~17.5 cmまでの0.5 cm階級を表し、横方向は左から右に向かって1~12月の月を表す。

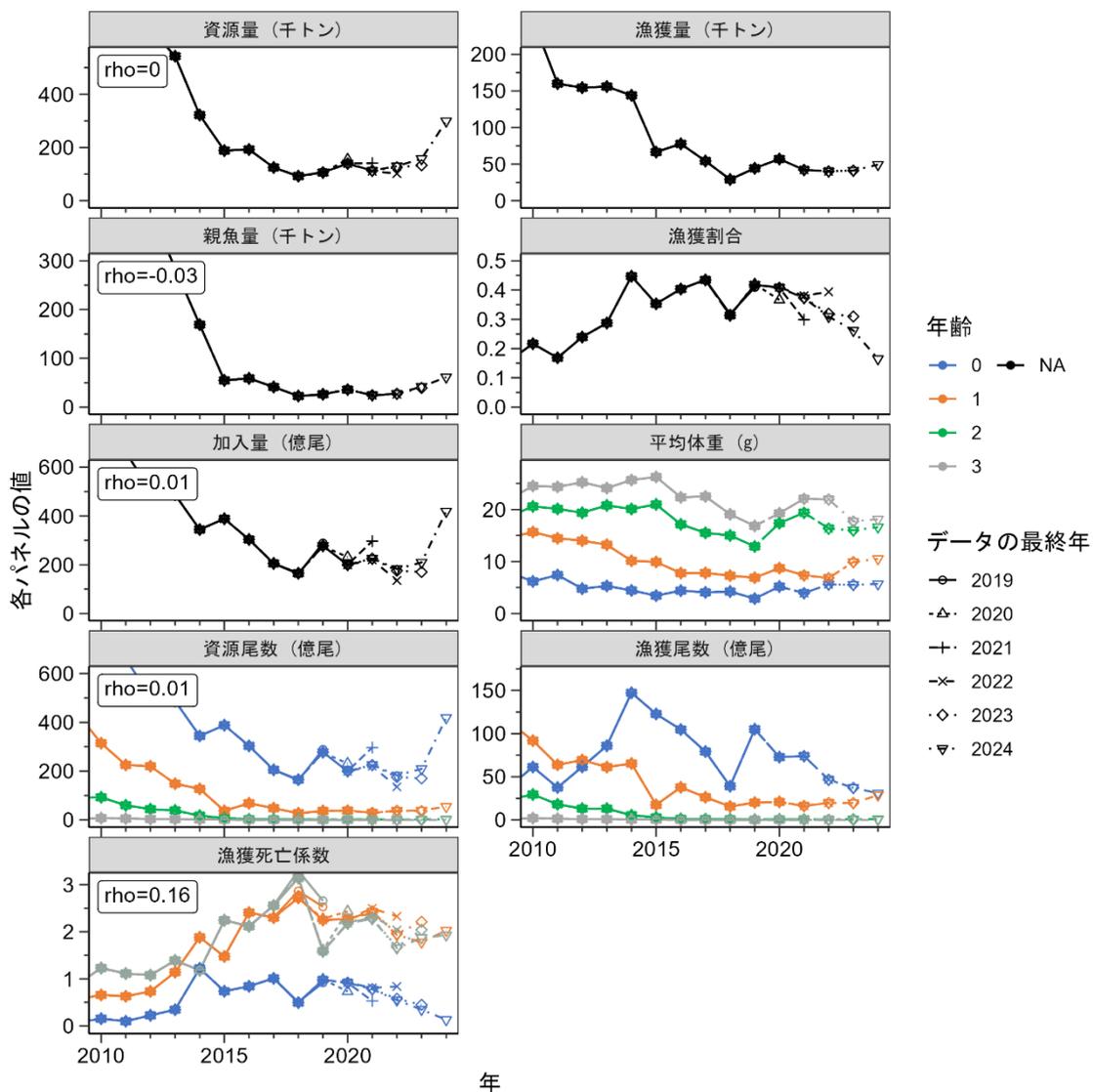


補足図 2-2. λ と各資源量推定値の Mohn's ρ との関係

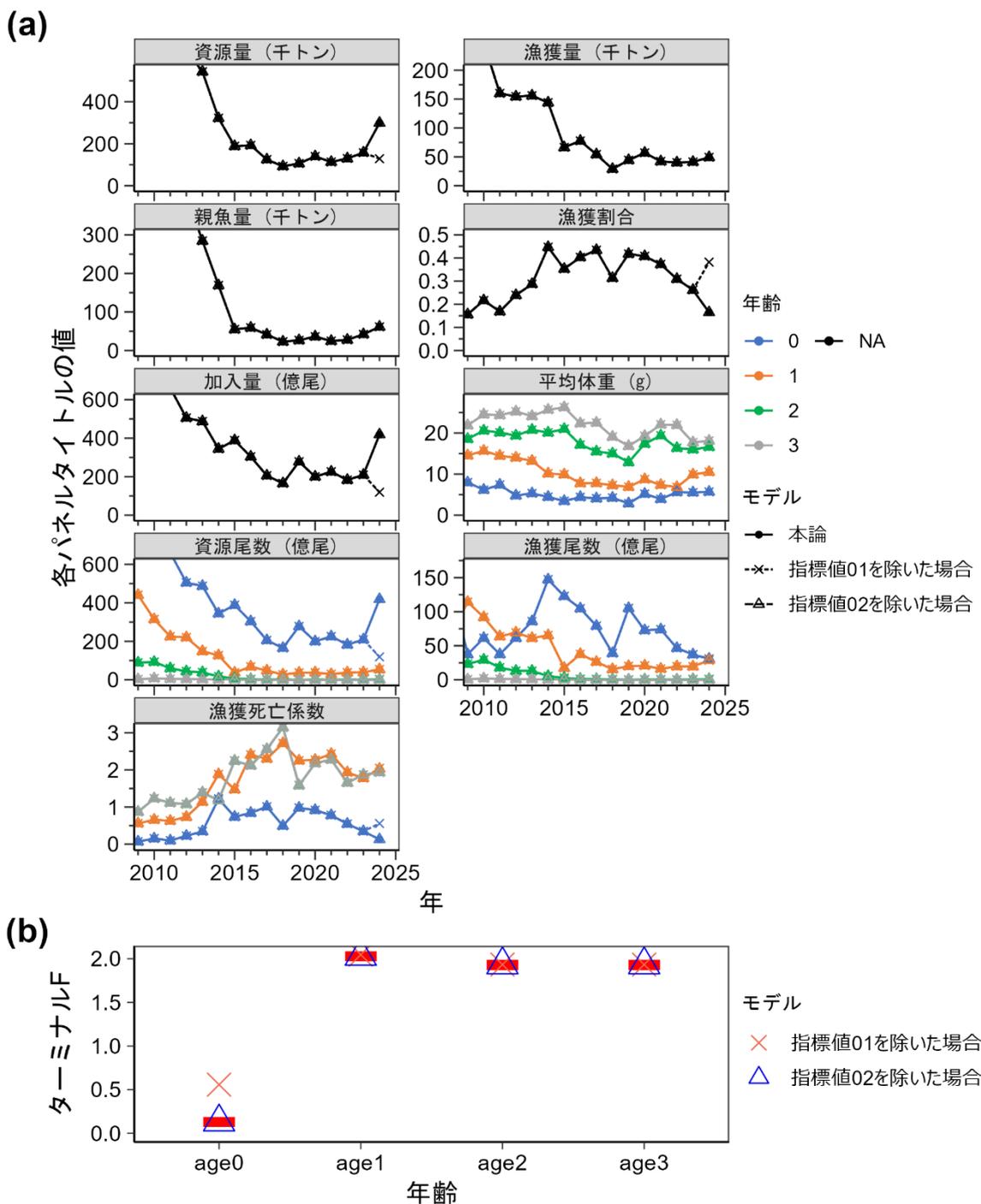


補足図 2-3. チューニング VPA ($\lambda=0.93$) の残差プロット

- 1 段目：チューニング指数と予測値の対数残差の時系列プロット
 - 2 段目：チューニング指数と予測値の標準化対数残差の時系列プロット
 - 3 段目：チューニング指数と予測値の回帰関係
 - 4 段目：チューニング指数の観測値（点）と予測値（線）の時系列プロット
- 上 2 段の σ は観測誤差、 ρ は残差の 1 次の自己相関（危険率 5% で有意の場合は右肩に*が付く）、濃い灰色の範囲は観測値の 80% 区間 (1.28σ)、薄い灰色の範囲は 95% 区間 (1.96σ) を表す。

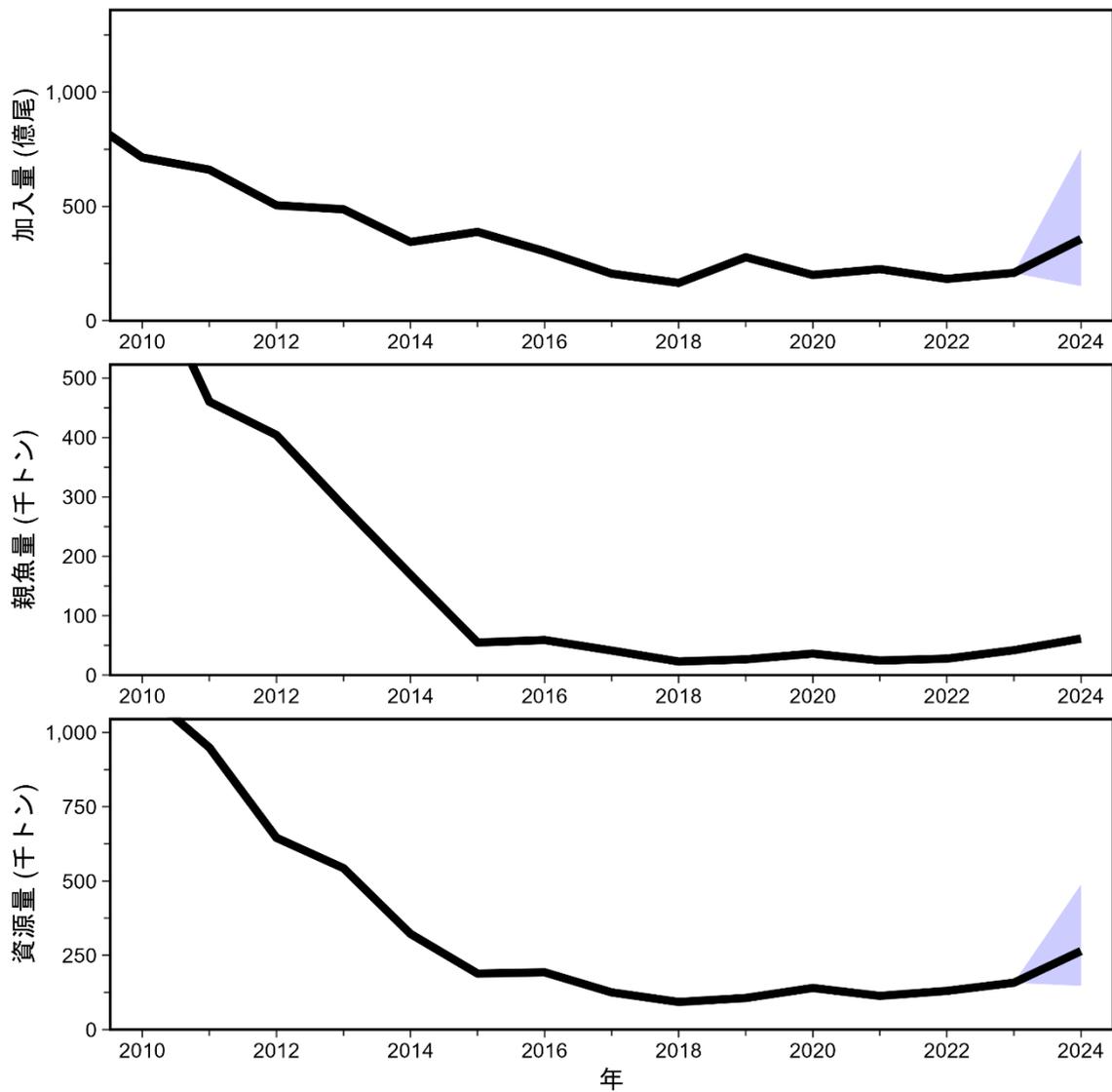


補足図 2-4. チューニング VPA (λ=0.93) のレトロスペクティブ解析結果



補足図 2-5. ジャックナイフ解析結果 (a) 各種資源量推定値の推移、(b) ターミナル F の推定値

(b) の赤横棒は両チューニング指数を含めた場合、すなわち (a) の本論モデルの推定値を表す。指標値 01 は標準化した北上期調査 0 歳魚、指標値 02 は規格化した標準化産卵量を示す。



補足図 2-6. チューニング指数との残差をリサンプリングしてパラメトリック・ブートストラップ法により求めた資源量、親魚量、および加入量の信頼区間
 リサンプリング回数は 1,000 回で、紫色の範囲は 95%信頼区間を表す。

補足表 2-1. コホート解析に用いた入力値と解析結果の詳細

年	年齢別漁獲尾数(百万尾)					合計	年齢別平均体重(g)			
	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚	0歳魚		1歳魚	2歳魚	3歳魚	
1978	3,105.2	2,512.6	288.3	34.2	5,940.3	5.0	8.4	18.2	25.5	
1979	6,060.4	1,538.7	283.7	17.0	7,899.8	5.1	13.5	19.8	23.9	
1980	3,713.1	3,622.8	560.0	36.5	7,932.5	5.6	9.5	17.4	22.6	
1981	6,613.8	1,476.4	252.0	58.4	8,400.7	4.3	10.4	21.2	27.6	
1982	8,807.7	1,610.6	95.5	5.8	10,519.6	3.5	9.1	18.4	24.9	
1983	7,577.0	2,185.6	166.4	4.7	9,933.7	4.2	9.3	16.0	21.0	
1984	13,149.4	6,474.5	237.6	32.8	19,894.3	3.3	6.4	18.0	25.9	
1985	7,905.9	3,336.6	110.2	2.3	11,355.0	4.4	7.5	15.3	17.8	
1986	6,433.4	3,701.7	188.3	5.3	10,328.7	4.8	8.7	12.5	27.8	
1987	3,799.8	4,000.7	214.1	3.7	8,018.2	6.0	9.2	14.3	23.5	
1988	7,903.6	3,384.0	316.9	14.5	11,619.0	3.5	10.3	16.1	21.8	
1989	6,191.5	3,493.4	428.7	62.9	10,176.5	5.7	12.0	20.3	28.1	
1990	5,282.6	8,673.2	1,889.1	43.0	15,887.9	9.4	15.2	17.7	22.5	
1991	4,969.5	7,101.2	2,779.9	154.7	15,005.3	6.8	15.4	20.0	23.0	
1992	4,488.2	5,146.4	3,426.6	295.6	13,356.8	6.6	14.2	20.1	22.5	
1993	5,091.7	3,683.9	1,227.8	96.0	10,099.3	5.3	13.1	18.7	22.6	
1994	3,360.9	4,080.9	1,383.7	96.9	8,922.4	5.7	15.1	19.6	24.9	
1995	3,246.4	4,521.9	1,874.7	272.0	9,915.0	6.4	16.0	22.0	27.2	
1996	5,542.8	6,348.1	2,873.0	258.2	15,022.0	7.6	15.8	20.7	24.8	
1997	4,476.7	3,520.1	1,478.9	122.3	9,598.0	9.2	16.4	22.0	25.4	
1998	8,787.4	11,740.1	2,860.6	62.3	23,450.5	8.9	16.0	18.1	21.5	
1999	7,652.1	14,207.3	3,425.6	167.6	25,452.6	8.2	13.7	19.3	23.8	
2000	3,950.7	6,535.6	3,425.8	132.3	14,044.4	7.4	17.4	19.6	24.2	
2001	2,519.2	6,804.1	3,052.6	340.2	12,716.2	7.2	15.5	21.6	25.3	
2002	5,546.0	15,920.1	3,112.1	232.8	24,811.1	8.3	13.9	19.6	25.7	
2003	5,186.8	15,932.9	5,603.3	324.1	27,047.1	8.5	15.6	19.1	23.9	
2004	3,674.2	16,955.5	5,243.0	261.5	26,134.2	10.4	15.2	19.0	22.6	
2005	4,050.8	7,534.5	3,965.4	262.6	15,813.4	6.4	16.6	20.2	23.7	
2006	6,026.8	14,556.2	2,657.1	101.8	23,341.9	8.7	13.6	18.7	23.4	
2007	4,040.2	10,151.2	2,823.8	135.3	17,150.6	6.0	15.8	19.5	22.8	
2008	13,629.0	6,703.6	1,886.8	143.7	22,363.1	5.0	14.7	21.0	24.0	
2009	3,754.0	11,432.9	2,330.4	65.4	17,582.8	8.0	14.5	18.6	21.9	
2010	6,130.7	9,186.7	2,948.9	207.0	18,473.2	6.2	15.7	20.6	24.5	
2011	3,756.5	6,382.0	1,809.3	142.3	12,090.1	7.4	14.5	20.1	24.3	
2012	6,143.4	6,937.0	1,310.6	101.6	14,492.5	4.8	14.0	19.4	25.2	
2013	8,591.2	6,125.1	1,313.4	88.2	16,117.9	5.3	13.2	20.8	24.1	
2014	14,727.6	6,537.3	544.1	52.5	21,861.6	4.4	10.1	20.1	25.7	
2015	12,275.3	1,745.2	286.2	37.4	14,344.2	3.4	9.9	21.0	26.3	
2016	10,471.6	3,777.3	124.4	5.2	14,378.4	4.4	7.8	17.1	22.3	
2017	7,921.9	2,628.9	93.9	2.7	10,647.5	4.1	7.8	15.5	22.5	
2018	3,903.8	1,561.4	76.5	1.3	5,542.9	4.2	7.3	15.0	19.1	
2019	10,510.7	2,013.0	23.9	0.5	12,548.1	2.9	6.9	12.9	16.8	
2020	7,278.2	2,087.9	57.3	1.0	9,424.4	5.2	8.7	17.4	19.3	
2021	7,402.1	1,623.8	59.0	1.1	9,086.0	3.9	7.4	19.4	22.1	
2022	4,662.6	1,976.1	34.6	0.9	6,674.2	5.6	6.8	16.4	21.9	
2023	3,719.5	1,961.9	77.2	1.2	5,759.7	5.5	9.9	16.0	17.7	
2024	3,088.6	2,869.5	93.1	2.1	6,053.2	5.7	10.5	16.6	18.1	

補足表 2-1. (続き)

年	年齢別資源尾数(百万尾)					合計	年齢別漁獲係数				%SPR	F/Fmsy
	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚	0歳魚		1歳魚	2歳魚	3歳魚			
1978	27,944.1	8,054.5	1,137.5	156.6	37,292.7	0.20	0.72	0.83	0.83	58.0	0.61	
1979	31,264.1	8,396.6	1,439.1	100.1	41,199.9	0.39	0.36	0.58	0.58	58.1	0.66	
1980	15,287.7	7,825.6	2,155.7	163.1	25,432.0	0.51	1.44	0.86	0.86	38.1	1.26	
1981	24,188.4	3,371.9	681.5	183.6	28,425.4	0.60	1.28	1.73	1.73	34.4	1.42	
1982	28,514.5	4,886.9	344.9	24.4	33,770.7	0.71	0.78	0.96	0.96	34.7	1.36	
1983	43,953.4	5,147.7	821.0	26.7	49,948.8	0.33	1.20	0.60	0.60	48.4	0.88	
1984	40,531.9	11,573.9	568.1	91.0	52,764.8	0.77	2.56	2.67	2.67	21.5	2.54	
1985	37,782.4	6,935.3	330.8	7.9	45,056.4	0.42	1.58	1.35	1.35	39.7	1.22	
1986	46,150.7	9,104.2	527.6	17.3	55,799.7	0.26	1.11	1.58	1.58	52.0	0.74	
1987	36,116.4	13,075.8	1,104.1	21.9	50,318.2	0.19	0.70	0.56	0.56	62.7	0.50	
1988	86,971.8	10,981.8	2,383.8	126.7	100,464.1	0.16	0.71	0.35	0.35	65.6	0.44	
1989	134,088.1	27,201.4	1,987.4	338.9	163,615.8	0.08	0.24	0.65	0.65	80.3	0.20	
1990	119,695.3	45,572.9	7,888.0	208.7	173,364.8	0.08	0.38	0.76	0.76	80.1	0.18	
1991	81,951.1	40,829.4	11,504.8	743.7	135,029.0	0.11	0.34	0.77	0.77	78.0	0.23	
1992	99,594.3	27,134.0	10,713.2	1,073.7	138,515.2	0.08	0.37	1.24	1.24	78.0	0.20	
1993	90,090.6	33,916.4	6,860.6	623.3	131,491.0	0.10	0.20	0.51	0.51	82.0	0.20	
1994	88,806.3	30,054.2	10,242.8	833.5	129,936.8	0.06	0.25	0.36	0.36	84.2	0.15	
1995	66,906.6	30,631.5	8,581.1	1,446.3	107,565.5	0.08	0.28	0.67	0.67	80.7	0.19	
1996	94,966.6	22,644.5	8,526.0	890.1	127,027.2	0.10	0.62	1.39	1.39	72.0	0.27	
1997	141,706.8	31,574.4	4,480.2	430.5	178,191.8	0.05	0.20	1.33	1.33	84.1	0.13	
1998	192,364.1	49,415.8	9,480.5	240.0	251,500.4	0.08	0.50	1.11	1.11	77.7	0.19	
1999	132,124.8	65,437.0	11,058.3	628.7	209,248.7	0.10	0.44	1.17	1.17	74.6	0.26	
2000	129,961.4	43,964.7	15,455.8	693.4	190,075.4	0.05	0.28	0.68	0.68	84.6	0.14	
2001	201,010.5	45,413.9	12,209.7	1,581.2	260,215.2	0.02	0.28	0.81	0.81	85.5	0.14	
2002	196,793.6	72,419.6	12,579.9	1,093.5	282,886.6	0.05	0.45	0.80	0.80	78.9	0.15	
2003	163,324.6	69,032.5	16,985.7	1,141.5	250,484.3	0.05	0.48	1.32	1.32	78.7	0.14	
2004	101,369.3	56,937.8	15,731.9	911.6	174,950.6	0.06	0.68	1.35	1.35	74.8	0.17	
2005	136,626.2	35,063.2	10,662.2	820.4	183,172.0	0.05	0.44	1.76	1.76	79.6	0.14	
2006	97,120.8	47,805.0	8,329.1	370.9	153,625.8	0.11	0.70	1.24	1.24	69.8	0.30	
2007	102,716.3	32,073.3	8,757.7	487.7	144,035.0	0.07	0.74	1.26	1.26	73.8	0.18	
2008	142,260.3	35,336.7	5,642.1	499.3	183,738.5	0.17	0.38	1.36	1.36	70.7	0.36	
2009	91,686.2	44,068.3	8,933.7	291.3	144,979.5	0.07	0.56	0.87	0.87	76.4	0.19	
2010	71,385.6	31,452.5	9,277.4	756.6	112,872.1	0.15	0.66	1.23	1.23	68.1	0.37	
2011	66,052.7	22,542.9	5,998.7	548.1	95,142.3	0.10	0.63	1.11	1.11	71.7	0.27	
2012	50,489.0	22,021.0	4,422.2	398.1	77,330.3	0.22	0.73	1.08	1.08	61.6	0.52	
2013	48,727.5	14,847.7	3,893.6	303.9	67,772.8	0.34	1.14	1.39	1.39	49.5	0.84	
2014	34,428.1	12,715.1	1,747.1	195.9	49,086.2	1.22	1.88	1.18	1.18	17.2	2.50	
2015	38,841.7	3,732.6	712.5	108.2	43,395.1	0.74	1.47	2.24	2.24	28.7	1.73	
2016	30,360.9	6,843.7	314.7	15.2	37,534.5	0.84	2.41	2.12	2.12	22.9	2.28	
2017	20,553.3	4,817.8	226.6	7.6	25,605.3	1.01	2.30	2.56	2.56	20.1	2.45	
2018	16,521.5	2,756.2	177.8	3.6	19,459.2	0.49	2.72	3.14	3.14	32.8	1.73	
2019	27,767.1	3,710.2	67.0	1.5	31,545.7	0.98	2.25	1.58	1.58	21.6	2.27	
2020	19,979.8	3,839.9	143.9	2.8	23,966.4	0.92	2.27	2.18	2.18	22.7	2.22	
2021	22,560.1	2,935.7	146.2	3.3	25,645.3	0.78	2.43	2.28	2.28	22.8	2.33	
2022	18,270.6	3,809.8	95.1	3.0	22,178.5	0.55	1.93	1.65	1.65	31.0	1.70	
2023	20,942.6	3,893.3	203.0	3.7	25,042.6	0.35	1.78	1.87	1.87	45.2	0.98	
2024	41,869.3	5,448.4	242.3	6.3	47,566.4	0.13	2.03	1.93	1.93	55.5	0.47	

補足表 2-1. (続き)

年	年齢別資源量(千トン)				合計	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (トン)	漁獲割合 (%)
	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚					
1978	140.8	68.1	20.7	4.0	233.5	233.5	92.8	42,998	18.4
1979	158.1	113.2	28.5	2.4	302.2	302.2	144.1	57,426	19.0
1980	86.3	74.4	37.5	3.7	201.9	201.9	115.5	65,959	32.7
1981	103.4	35.1	14.4	5.1	158.0	158.0	54.6	50,607	32.0
1982	100.4	44.4	6.3	0.6	151.7	151.7	51.4	47,542	31.3
1983	186.2	48.0	13.1	0.6	247.9	247.9	61.7	55,228	22.3
1984	134.6	73.7	10.2	2.4	220.9	220.9	86.3	90,007	40.8
1985	165.0	52.3	5.1	0.1	222.6	222.6	57.5	61,435	27.6
1986	223.6	79.7	6.6	0.5	310.3	310.3	86.7	66,062	21.3
1987	215.6	120.6	15.8	0.5	352.5	352.5	136.9	62,733	17.8
1988	306.1	113.1	38.4	2.8	460.4	460.4	154.2	68,088	14.8
1989	768.3	326.0	40.3	9.5	1,144.1	1,144.1	375.8	87,804	7.7
1990	1,131.0	691.2	139.9	4.7	1,966.8	1,966.8	835.8	215,941	11.0
1991	557.6	628.9	230.0	17.1	1,433.5	1,433.5	876.0	202,319	14.1
1992	657.8	385.5	215.3	24.2	1,282.7	1,282.7	625.0	178,276	13.9
1993	477.3	445.6	128.2	14.1	1,065.2	1,065.2	587.9	100,487	9.4
1994	508.8	453.8	200.9	20.8	1,184.3	1,184.3	675.5	110,428	9.3
1995	428.4	489.6	188.8	39.4	1,146.1	1,146.1	717.8	141,716	12.4
1996	717.6	356.9	176.8	22.1	1,273.3	1,273.3	555.7	207,890	16.3
1997	1,299.2	518.3	98.6	10.9	1,927.0	1,927.0	627.8	134,464	7.0
1998	1,711.8	792.0	171.3	5.2	2,680.2	2,680.2	968.4	319,371	11.9
1999	1,083.7	899.0	213.2	15.0	2,210.9	2,210.9	1,127.2	327,997	14.8
2000	965.1	763.5	302.7	16.8	2,048.0	2,048.0	1,082.9	213,116	10.4
2001	1,449.0	702.9	263.4	39.9	2,455.3	2,455.3	1,006.3	197,928	8.1
2002	1,626.1	1,007.9	246.6	28.1	2,908.8	2,908.8	1,282.7	334,399	11.5
2003	1,389.2	1,080.3	323.8	27.2	2,820.6	2,820.6	1,431.3	408,009	14.5
2004	1,051.5	866.6	299.4	20.6	2,238.1	2,238.1	1,186.6	401,865	18.0
2005	878.1	583.0	215.5	19.5	1,696.0	1,696.0	818.0	237,691	14.0
2006	846.9	652.5	156.1	8.7	1,664.2	1,664.2	817.3	303,428	18.2
2007	611.5	506.5	170.6	11.1	1,299.8	1,299.8	688.3	242,468	18.7
2008	705.5	519.1	118.3	12.0	1,354.9	1,354.9	649.4	209,082	15.4
2009	730.6	640.9	165.8	6.4	1,543.8	1,543.8	813.2	240,892	15.6
2010	440.6	492.9	191.1	18.6	1,143.2	1,143.2	702.6	247,629	21.7
2011	489.0	326.1	120.7	13.3	949.1	949.1	460.1	159,980	16.9
2012	241.3	308.4	85.7	10.0	645.4	645.4	404.1	154,459	23.9
2013	258.5	196.4	80.9	7.3	543.2	543.2	284.7	156,030	28.7
2014	152.9	128.9	35.1	5.0	322.0	322.0	169.1	143,984	44.7
2015	133.6	37.0	15.0	2.8	188.4	188.4	54.8	66,509	35.3
2016	133.6	53.2	5.4	0.3	192.5	192.5	58.9	77,695	40.4
2017	83.7	37.6	3.5	0.2	125.0	125.0	41.3	54,281	43.4
2018	69.9	20.1	2.7	0.1	92.7	92.7	22.8	29,056	31.3
2019	79.7	25.6	0.9	0.0	106.1	106.1	26.4	44,337	41.8
2020	103.7	33.5	2.5	0.1	139.7	139.7	36.1	57,006	40.8
2021	88.7	21.6	2.8	0.1	113.2	113.2	24.5	42,203	37.3
2022	102.4	26.0	1.6	0.1	130.0	130.0	27.6	40,207	30.9
2023	115.7	38.5	3.2	0.1	157.6	157.6	41.9	41,233	26.2
2024	237.5	57.3	4.0	0.1	299.0	299.0	61.5	49,292	16.5

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

年	北上期調査0歳魚 CPUE(尾/網・時)	規格化した 産卵量
1982		0.37
1983		0.27
1984		0.17
1985		0.28
1986		0.21
1987		0.29
1988		0.24
1989		0.21
1990		0.41
1991		1.84
1992		1.77
1993		0.67
1994		0.80
1995		0.78
1996		0.63
1997		1.02
1998		1.27
1999		4.53
2000		3.22
2001		0.74
2002	334.8	1.18
2003	136.5	1.89
2004	115.7	1.92
2005	121.4	2.41
2006	23.4	1.41
2007	110.0	2.59
2008	127.8	0.87
2009	385.8	1.55
2010	312.5	0.75
2011	171.7	0.87
2012	109.1	0.92
2013	24.2	0.73
2014	38.5	0.81
2015	8.3	0.58
2016	10.3	0.62
2017	3.5	0.25
2018	2.3	0.24
2019	4.5	0.30
2020	9.9	0.78
2021	35.5	0.76
2022	3.2	0.49
2023	11.5	0.83
2024	56.2	0.57
q	1.028E-11	4.808E-02
b	2.724	0.221

チューニング VPA に使用した年の値は太字で示した。

補足表 2-3. 将来予測のパラメータ

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2025 (注 3)	F2022-2024 (注 4)	平均 体重 (g)	自然 死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.27	0.38	0.14	0.34	4.7	1.0	0.0
1 歳	0.89	1.23	0.46	1.11	10.0	1.0	1.0
2 歳	1.00	1.39	0.52	1.25	17.8	1.6	1.0
3 歳	1.00	1.39	0.52	1.25	23.6	1.9	1.0

注 1：令和 3 年度の管理基準値等に関する研究機関会議資料で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 2 年度資源評価での Fcurrent の選択率）。

注 2：令和 3 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（すなわち、令和 2 年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent を掛けたもの）。

注 3：上記の選択率の下で、2025 年の漁獲量が直近 5 年平均（2020～2024 年、46 千トン）になるように仮定した F。

注 4：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2022～2024 年の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2026 年以降の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ベバートン・ホルト型	最小二乗法	無	1.039	1.843×10^{-5}	0.288	-

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D. は加入量の標準偏差、 ρ は自己相関係数である。

補足表 3-2. 管理基準値と MSY

項目	値	説明
SBtarget	112 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	28 千トン	限界管理基準値。MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban	3 千トン	禁漁水準。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳) = (0.38, 1.23, 1.39, 1.39)	
%SPR (Fmsy)	45%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	81 千トン	最大持続生産量

補足表 3-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2024	61 千トン	2024 年の親魚量
F2024	2024 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳)=(0.13, 2.03, 1.93, 1.93)	
U2024	16%	2024 年の漁獲割合
%SPR (F2024)	55.5%	2024 年の%SPR
%SPR (F2022-2024)	43.1%	現状(2022~2024 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値との比較		
SB2024/ SBtarget	0.55	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2024 年の親魚量の比
F2024/ Fmsy	0.47	SBmsy を維持する漁獲圧に対する 2024 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2024 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 3-4. 2026 年の予測親魚量と予測漁獲量

2026 年の親魚量(予測平均値):186 千トン				
項目	2026 年の 漁獲量 予測平均値 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022-2024)	2026 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	114	81 – 157	0.92	29
$\beta=0.9$	107	76 – 147	0.83	27
$\beta=0.8$	99	70 – 136	0.74	25
$\beta=0.7$	90	64 – 124	0.65	23
$\beta=0.6$	81	57 – 111	0.56	21
$\beta=0.0$	0	0 – 0	0	0
F2022-2024	119	85 – 164	1.00	31

補足表 3-5. ABC と予測親魚量

2026 年の ABC (千トン)	2026 年の親魚量 予測平均値 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022-2024)	2026 年の 漁獲割合(%)
107	186	0.83	27

コメント:

ABC の算定には、令和 6 年 4 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオに則した漁獲管理規則を用いた。

2024 年の加入量は、補足図 2-6 の結果からも推定値に不確実性(幅)が存在する。2026 年の ABC には 2024 年級群の多寡が少なからず影響する。このことから、ABC は近年の中では比較的高い 2024 年の加入量に基づくため、楽観的となっている可能性には留意が必要である。

補足表 3-6. 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	2035 年 の親魚量 予測平均値 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2035 年に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
$\beta=1.0$	113	70 – 169	45	100	100
$\beta=0.9^*$	124	78 – 184	59	100	100
$\beta=0.8$	136	87 – 200	73	100	100
$\beta=0.7$	150	97 – 219	85	100	100
$\beta=0.6$	165	108 – 239	93	100	100
$\beta=0.0$	323	229 – 441	100	100	100
F2022-2024	105	65 – 159	35	100	100

*漁獲シナリオで使用する β

補足資料 4 調査結果の概要

(1) 資源量調査

北上期調査（西部北太平洋サンマ資源調査と北西太平洋北上期浮魚類資源調査を併せたもの）として、水産機構が 2001 年以降、5～7 月の移行域～親潮域において中層トロール（網口 30 m、コード目合 17 mm）による漁獲調査を実施し、カタクチイワシの分布量を推定している。補足図 4-1 と補足表 4-1 にカタクチイワシの全測点の平均 CPUE を、補足図 4-2 に各年調査におけるカタクチイワシの有漁点の割合を示す。

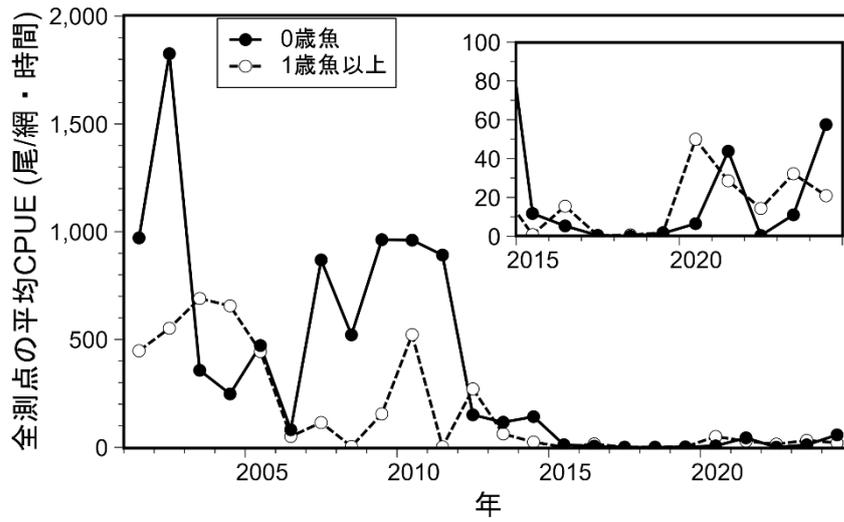
(2) 卵・稚仔、プランクトン調査

我が国太平洋岸では 1978 年以降、水産庁委託事業によって、水産機構（旧水産庁水産研究所、旧独立行政法人水産総合研究センター）と各都県水産試験研究機関との共同で、主に小型浮魚類の再生産状況を把握するために卵・稚仔、プランクトン調査が実施されてきた（Oozeki et al. 2007、大関ほか 2013）。毎月の調査によって、太平洋岸全体で毎年 3,000～4,000 件のプランクトンネット（近年は改良型ノルパックネット）の鉛直曳網データが収集されている（Takasuka et al. 2008）。卵・稚仔、プランクトン調査は、沿岸では各都県水産試験研究機関が周年にわたって、沖合では水産機構が 2～3 月（黒潮域）および 5～7 月（黒潮親潮移行域）を中心に実施し、改良型ノルパックネット（口径 45 cm、円筒円錐形、目合 0.335 mm）等の鉛直曳を行っている（補足図 4-3）。得られたデータはフレスコシステムに入力され、その中の卵稚仔データベースに蓄積されている。この登録データはグリッドデータ（ある区画単位で集約されたデータ）として利用可能である。採集点毎の卵の採集数と、網の口部断面積、鋼索長、鋼索傾角、および濾水計回転数などにより各採集点の卵分布密度を求め、海表面水温（平均孵化日数に影響）や単位区画の海域面積などで引き延ばして月毎の産卵量を計算する（森ほか 1988、菊地・小西 1990、石田・菊地 1992、銭谷ほか 1995、久保田ほか 1999）。本系群の卵数法による親魚量の推定（補足資料 5）に長年使用されてきた、単位区画を緯経度 30 分として求めた海區別（太平洋側の海区 I～IV）月別産卵量の経年変化を補足図 4-4 に示した。

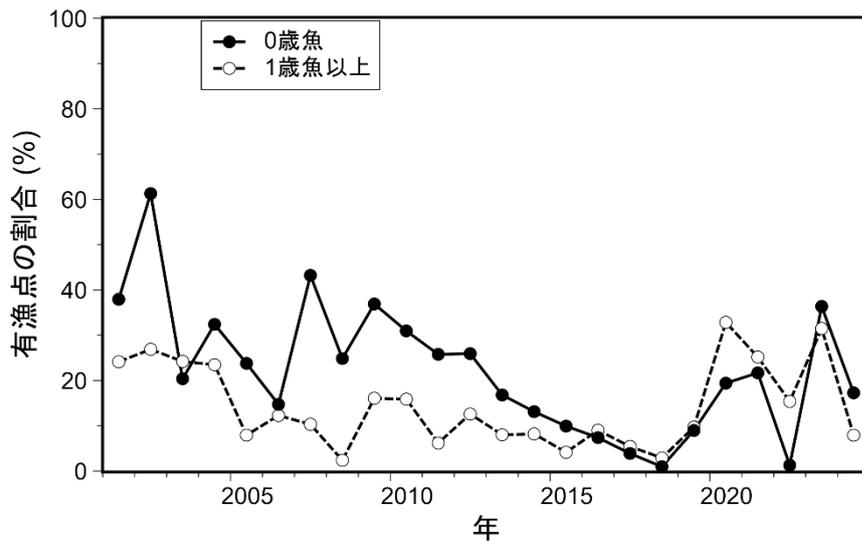
引用文献

- 石田 実・菊地 弘 (1992) 日本の太平洋岸（常磐～薩南海域）におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類の月別、海域別産卵状況:1989 年 1 月～1990 年 12 月. 南西海区水産研究所・中央水産研究所, 86 pp.
- 菊地 弘・小西芳信 (1990) 日本の太平洋岸（常磐～薩南海域）におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類の月別、海域別産卵状況:1987 年 1 月～1988 年 12 月. 中央水産研究所（旧東海区水産研究所）・南西海区水産研究所, 72 pp.
- 久保田洋・大関芳沖・石田 実・小西芳信・後藤常夫・銭谷 弘・木村 量編 (1999) 日本周辺水域におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類、ウルメイワシ、およびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況:1994 年 1 月～1996 年 12 月. 中央水産研究所, 352 pp.

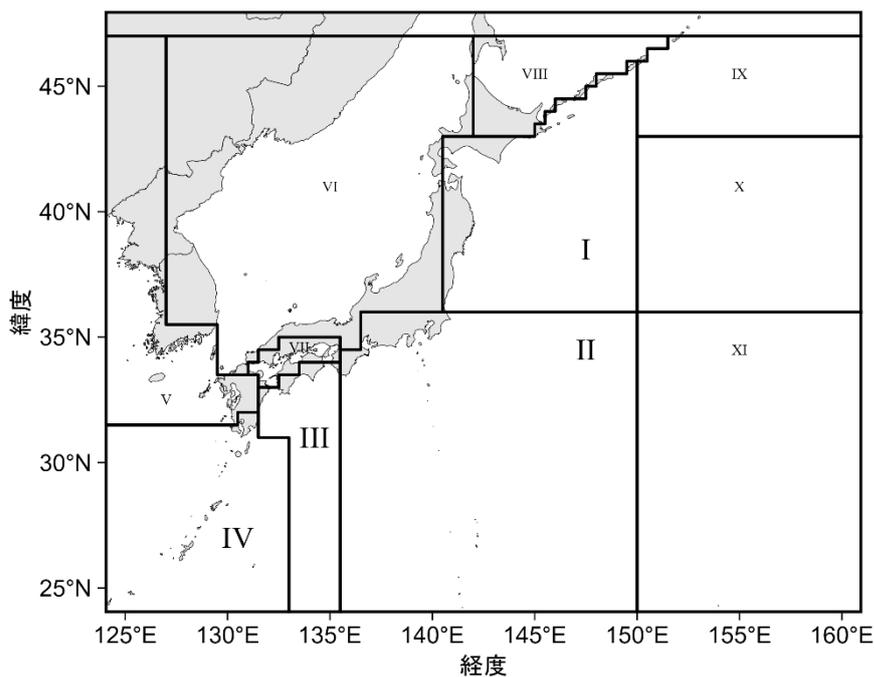
- 森慶一郎・黒田一紀・小西芳信 (1988) 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類の月別、海域別産卵状況:1978年1月～1986年12月. 東海区水産研究所, 321 pp.
- Oozeki, Y., A. Takasuka, H. Kubota and M. Barange (2007) Characterizing spawning habitats of Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*), Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*), and Pacific round herring (*Etrumeus teres*) in the northwestern Pacific. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep., **48**, 191-203.
- 大関芳沖・高須賀明典・坪井守夫・木立 孝・鈴木秀彌・服部茂昌 (2013) 産卵調査と資源変動研究—その研究を継続させた想い— 中井甚二郎 (1901～1984). 水産海洋研究, **77** (創立 50 周年記念特別号), 6-12.
- Takasuka, A., H. Kubota and Y. Oozeki (2008) Spawning overlap of anchovy and sardine in the western North Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser., **366**, 231-244.
- 銭谷 弘・石田 実・小西芳信・後藤常夫・渡邊良朗・木村 量編 (1995) 日本周辺水域におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類、ウルメイワシ、およびマアジの卵仔魚とスルメイカ幼生の月別分布状況:1991年1月～1993年12月. 中央水産研究所, 368 pp.



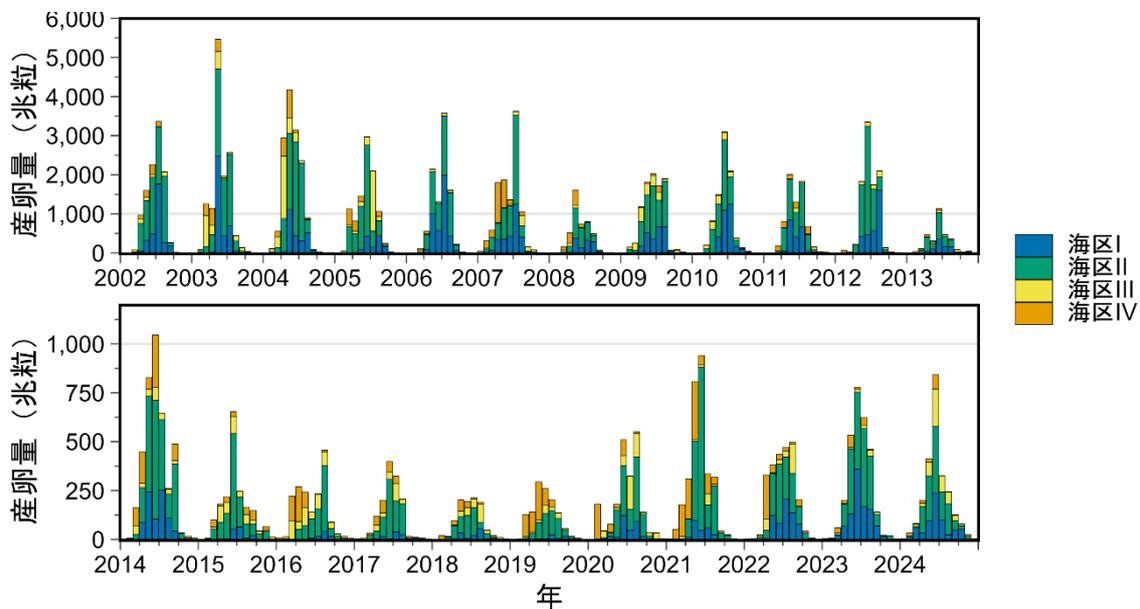
補足図 4-1. 北上期調査における 0 歳魚と 1 歳魚以上の全測定平均 CPUE (ノミナル)



補足図 4-2. 北上期調査における 0 歳魚と 1 歳魚以上の有漁点の割合



補足図 4-3. 卵・稚仔、プランクトン調査における海区区分
 これまでの調査点の分布は補足図 6-4、6-5 に示されている。



補足図 4-4. 2002 年以降のカタクチイワシの大海区別月別産卵量 (30 分升目)

補足表 4-1. 北上期調査における全測点平均 CPUE

年	北西太平洋北上期浮魚類資源調査 における全測点平均CPUE (尾/網・時)	
	0歳魚	1歳魚以上
2001	971.4	447.6
2002	1,826.0	552.1
2003	357.0	690.3
2004	247.5	656.0
2005	472.0	444.2
2006	81.3	50.3
2007	869.1	114.7
2008	521.4	3.6
2009	963.0	155.0
2010	960.8	522.7
2011	891.8	2.0
2012	150.4	270.8
2013	116.1	62.2
2014	142.0	24.3
2015	11.7	0.8
2016	5.3	15.5
2017	0.4	0.4
2018	0.1	0.7
2019	1.5	1.8
2020	6.5	49.9
2021	43.8	28.5
2022	0.4	14.3
2023	11.0	32.2
2024	57.5	20.9

補足資料 5 卵数法による親魚量の直接推定

卵・稚仔、プランクトン調査（補足資料 4）により求めた 30 分升目の月別産卵量に、水温および生殖腺重量指数を考慮した卵数法（渡部 1983）を適用し、コホート解析とは独立して、親魚量の直接推定値を計算した。Takasuka et al. (2005) では沿岸産卵群と沖合産卵群の産卵生態を明確に区別できたことから、I 区を沖合産卵群、II～IV 区を沿岸産卵群と仮定して、海区別に親魚量を求め、合計親魚量が最多となる月の親魚量をその年の推定親魚量とした（補足図 5-1、補足表 5-1、5-2）。月別・海区別水温は卵・稚仔、プランクトン調査時の海洋観測結果から卵数加重水温を求めて使用した。生殖腺重量指数は月別・海区別の精密測定結果から、体長 8 cm 以上の雌個体について平均した値を用いた。月別親魚量は式 (13) によって求めた。性比は 1:1 と仮定し、バッチ産卵数は雌 1 個体 1 回当たり産卵数を表す。月別親魚量の計算に用いる海区別の 1 g 当りバッチ産卵数および産卵間隔を求める式 (14)～(17) は Takasuka et al. (2005) に拠った。

$$\text{月別親魚量} = (\text{月別産卵量} - 1 \text{ g 当りバッチ産卵数}) \times \text{産卵間隔} - \text{月の日数} - \text{雌割合} \quad (13)$$

沖合域 (I 区 水温範囲: 8.0～20.2 度) :

$$1 \text{ g 当りバッチ産卵数} = -30.4 + 11.7 \times \text{水温} + 23.5 \times \text{生殖腺重量指数} \quad (14)$$

$$\text{産卵間隔} = 5.30 - 0.182 \times \text{水温} \quad (15)$$

沿岸域 (II～IV 区 水温範囲: 15.0～26.7 度) :

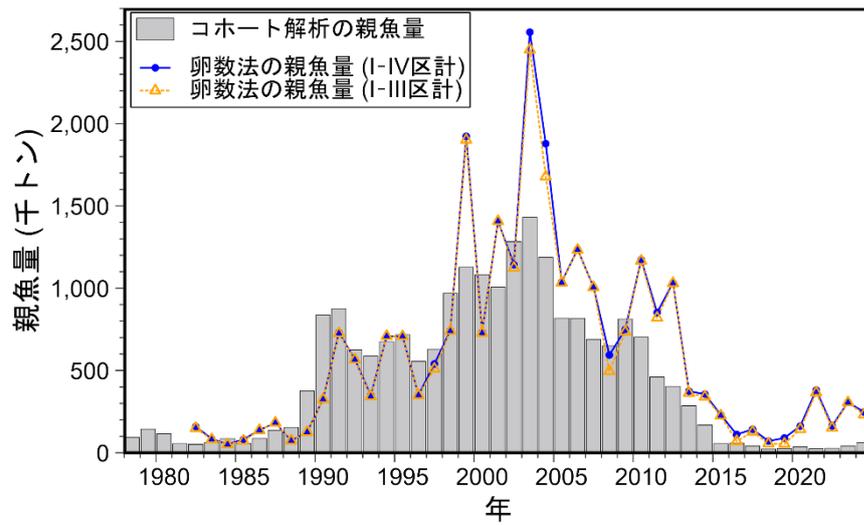
$$1 \text{ g 当りバッチ産卵数} = -338.7 + 27.4 \times \text{水温} + 87.3 \times \text{生殖腺重量指数} \quad (16)$$

$$\text{産卵間隔} = 7.65 - 0.234 \times \text{水温} \quad (17)$$

引用文献

Takasuka, A., Y. Oozeki, H. Kubota, Y. Tsuruta and T. Funamoto (2005) Temperature impacts on reproductive parameters for Japanese anchovy: Comparison between inshore and offshore waters. *Fish. Res.*, **76**, 475-482.

渡部泰輔 (1983) 卵数法. 「水産資源の解析と評価 その手法と適用例」石井丈夫編, 恒星社厚生閣, 東京, 9-29.



補足図 5-1. 卵数法による親魚量とチューニング VPA による親魚量の比較

補足表 5-1. 卵数法による親魚量推定値

年	北西太平洋系群北上期浮魚 類資源調査におけるCPUE の全測点平均値		卵数法による推定親魚量	
	0歳魚	1歳魚以上	I-IV区	I-III区
1982			159.6 [6月]	149.4 [6月]
1983			84.9 [6月]	80.6 [6月]
1984			51.1 [7月]	50.5 [7月]
1985			81.4 [7月]	72.5 [7月]
1986			137.3 [7月]	137.2 [7月]
1987			182.2 [8月]	182.2 [8月]
1988			73.4 [7月]	73.3 [7月]
1989			125.5 [6月]	125.2 [6月]
1990			324.9 [7月]	324.8 [7月]
1991			731.2 [7月]	726.0 [7月]
1992			567.9 [7月]	565.9 [7月]
1993			349.0 [5月]	342.7 [5月]
1994			708.6 [6月]	708.6 [6月]
1995			707.9 [6月]	707.2 [6月]
1996			350.9 [6月]	350.0 [6月]
1997			539.5 [6月]	510.0 [6月]
1998			742.5 [6月]	739.7 [6月]
1999			1,923.9 [5月]	1,901.1 [5月]
2000			732.2 [7月]	727.3 [7月]
2001	971.4	447.6	1,407.1 [6月]	1,407.1 [6月]
2002	1,826.0	552.1	1,142.7 [7月]	1,124.0 [7月]
2003	357.0	690.3	2,555.8 [5月]	2,449.6 [5月]
2004	247.5	656.0	1,878.5 [5月]	1,678.2 [5月]
2005	472.0	444.2	1,037.9 [6月]	1,033.8 [6月]
2006	81.3	50.3	1,235.8 [7月]	1,232.8 [7月]
2007	869.1	114.7	1,007.6 [7月]	1,005.4 [7月]
2008	521.4	3.6	594.0 [5月]	495.8 [5月]
2009	963.0	155.0	749.7 [6月]	734.9 [6月]
2010	960.8	522.7	1,173.5 [6月]	1,166.3 [6月]
2011	891.8	2.0	852.3 [5月]	819.9 [5月]
2012	150.4	270.8	1,033.0 [6月]	1,030.1 [6月]
2013	116.1	62.2	374.8 [6月]	362.6 [6月]
2014	142.0	24.3	356.2 [5月]	340.5 [5月]
2015	11.7	0.8	230.4 [6月]	225.4 [6月]
2016	5.3	15.5	111.4 [3月]	70.0 [8月]
2017	0.4	0.4	142.6 [6月]	127.7 [6月]
2018	0.1	0.7	71.1 [5月]	55.7 [5月]
2019	1.5	1.8	89.6 [5月]	54.3 [6月]
2020	6.5	49.9	162.5 [6月]	143.3 [6月]
2021	43.8	28.5	381.0 [6月]	366.1 [6月]
2022	0.4	14.3	162.9 [5月]	151.4 [5月]
2023	11.0	32.2	307.5 [6月]	305.5 [6月]
2024	57.5	20.9	247.9 [6月]	232.7 [6月]

大括弧内の数値は、最大親魚量を示した月を表す。

補足表 5-2. 卵数法による親魚量推定値および推定に用いた生物パラメータの概要

年	産卵量(兆粒)				卵数法による親魚量(千トン)				GSIの年間最高値			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1982	186.4	556.6	135.6	202.9	76.2 [6月]	69.0 [6月]	9.6 [10月]	16.8 [7月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1983	5.6	650.4	175.9	126.6	2.6 [6月]	69.1 [6月]	15.8 [5月]	23.5 [4月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1984	11.9	590.3	123.9	19.7	1.7 [10月]	47.8 [7月]	7.3 [10月]	3.0 [5月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1985	19.4	840.1	122.2	134.4	7.4 [7月]	61.6 [7月]	4.2 [9月]	8.8 [7月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1986	3.3	1,295.5	151.6	48.2	1.9 [7月]	125.6 [7月]	12.7 [6月]	5.2 [5月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1987	110.9	1,431.9	27.6	57.1	12.5 [8月]	169.3 [8月]	1.8 [7月]	10.0 [4月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1988	232.9	541.3	39.3	39.3	48.3 [6月]	61.4 [7月]	2.3 [7月]	3.5 [5月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1989	161.4	788.3	41.2	25.6	52.4 [7月]	119.2 [6月]	1.8 [5月]	5.5 [3月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1990	525.9	2,148.6	143.5	8.9	125.2 [7月]	190.5 [7月]	11.6 [6月]	1.1 [6月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1991	2,478.6	4,178.8	192.3	365.0	460.3 [7月]	258.0 [7月]	15.0 [6月]	80.0 [4月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1992	1,100.3	3,977.8	517.8	328.7	315.6 [7月]	313.1 [4月]	61.7 [4月]	45.1 [5月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1993	275.7	2,198.0	476.4	172.7	95.0 [6月]	315.3 [5月]	52.3 [6月]	51.0 [4月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1994	595.2	3,711.7	123.9	213.2	162.2 [5月]	567.1 [6月]	9.4 [5月]	56.0 [5月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1995	858.1	2,885.8	235.2	9.2	314.2 [6月]	386.0 [6月]	22.1 [5月]	1.0 [4月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1996	106.6	2,354.9	431.7	388.9	28.6 [4月]	315.4 [6月]	67.6 [5月]	96.2 [4月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1997	891.1	3,158.8	267.4	386.8	211.4 [6月]	285.6 [6月]	23.3 [4月]	58.8 [5月]	4.0	4.0	4.0	4.0
1998	1,232.2	4,185.0	288.8	91.1	241.7 [6月]	483.0 [6月]	28.3 [4月]	16.4 [4月]	4.3	4.7	4.7	4.7
1999	5,201.1	7,655.3	1,818.2	948.0	1,400.8 [5月]	644.9 [3月]	208.5 [4月]	106.4 [3月]	3.1	4.8	4.8	4.8
2000	2,825.3	6,029.8	1,382.6	344.2	525.2 [7月]	448.0 [4月]	100.6 [4月]	29.6 [6月]	5.5	5.9	5.9	5.9
2001	4,544.3	2,002.8	201.6	1.0	1,197.7 [6月]	207.4 [6月]	23.9 [4月]	0.1 [3月]	6.2	6.1	6.1	6.1
2002	3,074.0	6,423.7	458.9	685.9	787.3 [7月]	423.6 [6月]	43.0 [4月]	61.3 [6月]	6.9	4.5	4.5	4.5
2003	3,693.6	6,490.9	1,819.3	1,130.3	1,448.5 [5月]	848.3 [5月]	406.6 [3月]	207.9 [4月]	4.6	3.8	3.8	3.8
2004	2,459.1	7,757.0	2,665.9	1,431.1	816.3 [5月]	746.7 [5月]	578.0 [4月]	200.3 [5月]	4.8	4.5	4.5	4.5
2005	1,283.7	5,448.6	2,193.0	956.7	221.4 [6月]	760.9 [6月]	294.0 [7月]	174.7 [3月]	8.6	4.2	5.2	5.2
2006	4,151.4	4,936.3	283.9	207.8	699.9 [7月]	520.2 [7月]	43.5 [3月]	32.6 [3月]	6.0	5.0	5.0	5.0
2007	2,907.7	4,991.6	622.3	2,387.5	378.6 [7月]	605.3 [7月]	33.1 [8月]	348.2 [4月]	6.8	4.7	4.7	4.7
2008	1,149.6	2,159.6	272.4	845.5	199.5 [5月]	279.0 [5月]	31.6 [4月]	98.2 [5月]	7.3	5.2	5.2	5.2
2009	2,448.2	4,985.4	1,482.3	330.3	297.4 [7月]	479.7 [6月]	135.6 [3月]	32.2 [7月]	5.6	4.7	4.7	4.7
2010	3,014.0	4,262.6	891.1	128.9	469.2 [6月]	650.4 [6月]	69.3 [4月]	11.3 [4月]	5.6	5.0	5.0	5.0
2011	2,059.1	3,929.7	259.3	793.9	441.2 [5月]	375.1 [5月]	31.5 [6月]	70.5 [4月]	5.3	5.2	5.2	5.2
2012	3,076.6	5,827.8	521.3	92.4	455.2 [8月]	774.1 [6月]	26.8 [5月]	44.3 [2月]	4.7	4.3	4.3	4.3
2013	832.8	1,737.4	285.9	189.6	154.1 [6月]	194.7 [6月]	13.8 [6月]	23.2 [3月]	6.3	5.0	5.0	5.0
2014	841.8	2,162.9	262.5	681.4	136.7 [5月]	198.5 [6月]	21.3 [3月]	73.8 [6月]	5.2	4.9	4.9	4.9
2015	151.3	1,112.4	370.7	207.7	28.3 [6月]	171.5 [6月]	33.0 [4月]	21.1 [3月]	5.9	4.6	4.6	4.6
2016	79.4	768.0	465.3	412.3	10.6 [8月]	52.3 [8月]	48.5 [3月]	62.0 [3月]	6.0	4.9	4.9	4.9
2017	90.3	791.1	222.3	222.2	9.1 [7月]	115.3 [6月]	19.2 [7月]	22.0 [5月]	6.2	5.0	5.0	5.0
2018	133.2	482.3	245.5	153.2	17.2 [5月]	41.3 [6月]	10.9 [8月]	19.5 [2月]	4.9	5.4	5.4	5.4
2019	55.6	532.8	125.7	535.4	7.0 [7月]	42.2 [6月]	10.4 [6月]	52.5 [5月]	5.6	4.7	4.7	4.7
2020	312.8	986.5	448.8	333.8	49.2 [6月]	81.2 [6月]	37.0 [7月]	68.0 [2月]	5.4	4.3	4.3	4.3
2021	244.0	1,750.5	118.5	901.1	46.6 [5月]	340.0 [6月]	10.1 [7月]	79.1 [5月]	5.4	5.1	5.1	5.1
2022	630.4	1,120.5	279.8	374.3	72.2 [5月]	99.7 [6月]	29.1 [4月]	85.2 [4月]	5.1	4.2	4.2	4.2
2023	990.5	1,600.5	101.0	163.0	178.7 [6月]	121.9 [6月]	4.9 [6月]	18.3 [5月]	6.1	5.8	5.8	5.8
2024	663.0	1,109.0	473.7	145.6	92.6 [6月]	97.3 [6月]	42.8 [6月]	15.2 [6月]	5.2	5.2	5.2	5.2

本表は令和 3 (2021) 年度までの資源評価報告書に示している月別データの表を年間でまとめたものである。卵数法による親魚量の[大括弧]内の月は、親魚量の最大月を表す。

補足表 5-2. (続き)

年	体重1g当たりバッチ産卵数の 年平均值(粒)				産卵間隔の 年平均值(日)				卵数加重平均水温の 年平均值(C)				GSIの 年平均值			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1982	264.2	553.1	589.5	612.4	3.7	3.1	2.7	3.8	17.5	19.6	21.1	22.0	4.0	4.0	4.0	4.0
1983	259.7	565.0	588.1	590.8	4.5	3.3	2.7	3.9	16.8	20.3	21.1	21.3	4.0	4.0	4.0	4.0
1984	289.8	563.3	589.8	621.3	3.7	3.4	2.7	4.2	21.0	19.9	21.3	22.3	4.0	4.0	4.0	4.0
1985	285.7	570.0	605.5	620.3	4.4	3.3	3.0	3.3	20.1	20.4	21.8	22.4	4.0	4.0	4.0	4.0
1986	272.5	565.0	589.1	609.0	4.8	3.3	2.7	4.7	17.9	20.3	21.2	22.1	4.0	4.0	4.0	4.0
1987	287.4	563.9	583.9	570.8	3.8	3.3	2.8	5.3	19.8	20.2	21.0	20.5	4.0	4.0	4.0	4.0
1988	283.3	564.3	591.3	589.8	3.2	2.9	2.7	3.5	20.0	20.2	21.3	21.2	4.0	4.0	4.0	4.0
1989	279.3	544.8	603.3	574.1	3.0	3.1	2.6	4.1	18.9	19.5	21.7	20.6	4.0	4.0	4.0	4.0
1990	273.0	573.4	586.5	619.4	3.6	2.8	3.1	4.6	19.1	20.6	21.1	22.4	4.0	4.0	4.0	4.0
1991	282.3	556.3	591.8	593.4	2.9	3.5	2.7	3.5	19.6	19.6	21.3	21.4	4.0	4.0	4.0	4.0
1992	267.1	560.7	608.6	601.6	3.2	3.0	2.5	3.0	17.5	20.1	21.9	21.6	4.0	4.0	4.0	4.0
1993	262.7	540.6	593.1	562.9	3.7	3.1	2.7	4.1	17.2	19.4	21.3	20.2	4.0	4.0	4.0	4.0
1994	273.0	569.9	629.3	531.0	3.3	2.9	3.2	5.8	19.1	20.5	22.9	19.0	4.0	4.0	4.0	4.0
1995	277.1	549.4	616.3	590.1	3.0	3.1	2.9	3.9	19.1	19.6	22.1	21.2	4.0	4.0	4.0	4.0
1996	262.9	545.0	596.4	605.0	3.5	3.5	2.6	3.0	17.5	19.5	21.5	21.8	4.0	4.0	4.0	4.0
1997	266.6	564.2	612.5	586.8	3.1	3.3	2.9	3.6	18.2	20.2	22.2	21.1	4.0	4.0	4.0	4.0
1998	218.2	520.7	572.6	560.3	2.9	3.1	2.3	3.4	18.0	21.1	23.0	22.1	2.4	3.3	3.3	3.3
1999	231.9	482.9	506.8	510.8	2.4	2.7	2.5	2.4	19.2	21.3	22.3	22.3	1.8	2.7	2.7	2.7
2000	240.4	528.0	548.2	601.5	2.6	2.8	2.6	3.2	17.7	20.9	21.7	22.6	2.7	3.4	3.4	3.4
2001	257.3	442.8	548.8	491.3	2.8	2.9	3.7	6.1	18.2	20.2	22.8	20.8	2.7	2.6	2.6	2.6
2002	264.7	527.6	562.9	578.8	3.3	3.6	2.9	3.7	19.0	20.7	22.2	22.9	2.7	3.2	3.2	3.2
2003	243.7	492.3	545.2	544.8	2.9	2.9	2.4	2.4	17.9	20.2	22.4	22.4	2.4	3.2	3.2	3.2
2004	242.0	498.2	529.6	554.3	3.3	2.8	2.5	3.7	18.6	20.8	22.0	22.5	1.9	3.1	3.1	3.1
2005	259.5	458.0	510.3	524.3	3.1	3.3	2.6	3.3	18.3	20.3	21.8	22.2	2.8	2.8	2.9	2.9
2006	251.0	483.8	523.9	531.3	3.3	3.4	2.5	4.2	19.3	20.0	22.1	22.6	2.0	3.0	3.0	3.0
2007	247.3	482.7	521.5	540.9	2.5	3.2	2.4	3.2	18.8	20.6	22.4	22.9	2.6	2.9	2.9	2.9
2008	260.7	444.5	494.8	521.3	2.8	3.4	2.4	3.3	19.0	19.8	22.4	22.6	2.9	2.6	2.6	2.6
2009	258.3	475.0	519.7	521.8	3.3	2.9	2.5	2.9	18.8	20.3	22.1	22.3	2.3	3.0	3.0	3.0
2010	268.4	472.5	535.2	576.4	3.0	3.0	2.4	3.7	19.2	20.1	22.7	22.6	3.0	3.0	3.0	3.0
2011	266.8	470.6	498.7	521.9	3.0	3.3	2.5	2.9	18.8	20.1	21.8	22.3	2.9	2.8	2.8	2.8
2012	241.8	505.1	516.0	539.7	2.8	3.2	2.5	3.3	18.6	20.8	21.9	22.5	2.3	3.0	3.0	3.0
2013	251.0	467.8	479.3	505.6	2.9	3.2	2.6	3.7	17.8	20.7	21.6	22.6	3.0	2.6	2.6	2.6
2014	251.9	441.1	480.5	515.7	2.7	3.4	2.6	2.8	19.1	19.8	21.7	22.8	2.4	2.6	2.6	2.6
2015	251.0	438.8	459.5	483.6	3.3	3.3	2.6	2.8	18.9	20.5	21.8	22.4	2.1	2.3	2.3	2.3
2016	262.7	482.8	520.1	559.1	3.1	3.1	2.4	4.0	20.7	21.1	22.7	23.4	2.6	2.8	2.8	2.8
2017	245.3	440.6	477.1	502.4	2.3	3.3	2.5	3.3	17.9	20.2	22.0	22.2	2.9	2.5	2.5	2.5
2018	261.4	528.9	499.3	520.1	2.6	3.5	2.7	2.9	20.3	21.3	21.4	22.4	2.5	2.9	2.9	2.9
2019	261.7	519.3	529.8	575.9	3.2	3.1	2.4	3.7	20.4	21.1	22.3	22.6	2.4	3.1	3.1	3.1
2020	252.2	506.0	498.3	523.3	2.8	3.5	2.5	2.8	18.9	21.5	22.0	22.7	2.5	2.7	2.7	2.7
2021	260.9	458.1	493.1	511.0	2.9	2.8	2.5	2.3	19.8	20.9	22.2	23.0	2.4	2.6	2.6	2.6
2022	254.9	463.6	489.4	498.6	2.8	3.1	2.9	2.7	20.5	21.4	22.5	23.0	2.0	2.4	2.4	2.4
2023	265.4	504.3	550.8	575.5	2.3	2.7	2.9	3.2	20.2	21.0	22.1	22.7	2.9	3.1	3.1	3.1
2024	258.7	533.5	554.4	584.4	2.0	3.1	2.4	3.1	20.2	21.3	22.5	23.5	2.8	3.3	3.3	3.3

補足資料 6 チューニング指数の標準化

本系群では、令和 4 年度評価から、チューニング指数として北上期調査 0 歳魚 CPUE (0 歳魚資源尾数の指標値) と産卵量 (親魚量である 1~3 歳魚の資源重量の指標値) を使用している。これらのチューニング指数について、令和 5 年度評価からは標準化を行っており、本年度評価においても引き続き同様の手法で標準化を実施した。以下で、(1) 北上期調査 0 歳魚 CPUE、(2) 産卵量の 2 項目に分けて、標準化手法を概説する。

(1) 北上期調査 0 歳魚 CPUE

補足資料 4 に示した北西太平洋北上期浮魚類資源調査による中層トロールの 0 歳魚 CPUE (尾/網・時) の標準化には、空間解像度の高い解析を行える Vector-Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) モデル (Thorson and Barnett 2017) を使用した。当該調査は 2001 年から実施されているが、標準化対象には調査範囲が概ね一致している 2002~2024 年の全観測点のデータを使用した。なお、VAST は、シミュレーションにより、従来的一般化線形モデルや一般化加法モデルを含む CPUE 標準化手法と比較した研究では総合的なパフォーマンスが最も高かったという結果が得られている (Grüss et al. 2019)。

パラメータの推定

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。

$$p_1(i) = \beta_1(t_i) + \omega_1(s_i) + \varepsilon_1(s_i, t_i) + \sum_{k_1}^{n_{k_1}} \lambda_1(k_1) Q_i(i, k_1) \quad (18)$$

$$p_2(i) = \beta_2(t_i) + \omega_2(s_i) + \varepsilon_2(s_i, t_i) + \sum_{k_2}^{n_{k_2}} \lambda_2(k_2) Q_i(i, k_2) \quad (19)$$

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 以上とすることが推奨されているため (Thorson 2019)、これに倣ってノット数を 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、

$$\omega_1(\cdot, f) \sim MVN(0, \mathbf{R}_1), \quad \omega_2(\cdot, f) \sim MVN(0, \mathbf{R}_2) \quad (20)$$

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

$$\mathbf{R}_1(s_n, s_m) = \frac{1}{2^{\varphi-1}\Gamma(\varphi)} \times (\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|)^\varphi \times K_\nu(\kappa_1 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|) \quad (21)$$

$$\mathbf{R}_2(s_n, s_m) = \frac{1}{2^{\varphi-1}\Gamma(\varphi)} \times (\kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|)^\varphi \times K_\nu(\kappa_2 |\mathbf{d}(s_n, s_m)\mathbf{H}|) \quad (22)$$

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（東西方向と南北方向で相関の距離減衰度が異なること）を表す行列である。同様に、時空間の確率密度関数は

$$\varepsilon_1(\cdot, f, t) \sim \begin{cases} MVN(\mathbf{0}, \mathbf{R}_1) & \text{if } t = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon 1} \varepsilon_1(\cdot, f, t-1), \mathbf{R}_1) & \text{if } t > 1 \end{cases} \quad (23)$$

$$\varepsilon_2(\cdot, f, t) \sim \begin{cases} MVN(\mathbf{0}, \mathbf{R}_2) & \text{if } t = 1 \\ MVN(\rho_{\varepsilon 2} \varepsilon_2(\cdot, f, t-1), \mathbf{R}_2) & \text{if } t > 1 \end{cases} \quad (24)$$

で与えられる。北上期調査0歳魚CPUEでは、まず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。しかし、遭遇時のCPUEを予測するモデルにおける空間効果(ω_2)はVASTのcheck_fit関数によりCPUEの変動を説明する要因として不要とみなされたため、推定する式から除いた(FieldConfig["omega2"] = 0)。

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)。

$$r_1(i) = \text{logit}^{-1} p_1(i) \quad (25)$$

$$r_2(i) = a_i \times \log^{-1} p_2(i) \quad (26)$$

a_i はオフセット項であるが、CPUEを目的変数としたため1とした。CPUE(密度)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。

$$\Pr(b_i = B) = \begin{cases} 1 - r_1(i) & \text{if } B = 0 \\ r_1(i) \times g\{B|r_2(i), \sigma_m^2(c)\} & \text{if } B > 0 \end{cases} \quad (27)$$

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共変量 Q として、北上期調査0歳魚CPUEでは海表面水温、海表面水温の2乗項(ドーム型の影響を想定したため)、水深50m水温、水深50m水温の2乗項、海表面水温と水深50m水温の交互作用を使用した。海表面水温や水深50m水温の変数は平均と標本標準偏差で規格化したものを使用した。VASTにおけるデルタ型モデル

の構造は二項分布の部分とガンマ分布の部分ではほぼ独立と考えられるため、それぞれの確率分布に対して、R パッケージの MuMIn (Bartoń 2023) を使用し、AIC 基準で総当たりのモデル選択を行った。この際、変数選択をしない確率分布のモデルの共変量は使用しなかった。各解析の上位モデルを補足表 6-1 に示す。各分布について AICc 最小の変数を選択したモデルを使用し、資源量指標値を算出した。本年度評価では、二項分布モデルとガンマ分布ともに SST と SST² が共変量として選択された。VAST の資源量指標値は、各年における各位置の相対密度を $d^*(x, c, t) = r_1^*(x, c, t) \times r_2^*(x, c, t)$ で計算し (r^* は式 (18) (19) から第 4 項を除いたものから式 (25) (26) 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・時) であるため、総和を面積の合計値で割った値を標準化 CPUE として算出した。

$$I(t) = \frac{\sum_{s=1}^{n_s} (a(s) \times d^*(s, t))}{\sum_{x=1}^{n_s} a(s)} \quad (28)$$

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分布を補足図 6-1 に示す。高水準期 (2000 年代～2010 年代初頭) は黒潮続流～黒潮親潮移行域～親潮域に広く高密度に分布しており、分布重心は年によって東西の変動が大きいものの、南北は北緯 40 度付近で安定していた。資源の水準が低下した 2010 年代中盤以降は、全体的に密度が低下し、東経 170 度以東の海域ではほとんど認められなくなった。標準化した北上期調査 0 歳魚 CPUE とノミナル CPUE を重ねて示すと、標準化した北上期調査 0 歳魚 CPUE はノミナルに比べて年々の変動幅が小さくなった (補足図 6-2)。また、2016～2020 年および 2022 年は標準化 CPUE の方が高かった。このことは、チューニング VPA の非線形係数 b の値が昨年度評価よりも低下したことに寄与したと考えられる (補足資料 2)。QQ プロットと予測値の残差の関係から、飛びぬけて高い値には正の残差傾向がみられるものの、QQ プロットでは予測線からの大きな逸脱は認められないため、モデルの仮定は概ね妥当であると考えられる (補足図 6-3)。

(2) 産卵量

卵・稚仔、プランクトン調査の調査海域や調査点数は経時的に一定ではなく、主な産卵場の位置も年や季節により変動する (偏りが生じる) ことから、本年度評価においても平均卵密度の標準化を行った。標準化手法は昨年度評価と同様に VAST を使用し、5 分升目の補正済み平均卵密度 (卵数/m²) をインプットデータにした。5 分升目データ (卵稚仔データベースにおける最高解像度のグリッドデータ) を使用した理由は、Thorson (2019) において生データを用いることを基本的には推奨するとされているため、生データ (各曳網のデータ) に近い結果を得られると考えたためである。本評価では、カタクチイワシについて利用可能な 1982～2024 年のデータを使用した。

補正済み卵密度は、卵稚仔データベースから得られる各月各小区画の平均卵密度を平均

孵化日数や卵の平均生残率などによって補正される。計算式は以下で表される。

$$E_{t,m,i} = \left(\frac{1}{\bar{S}} \frac{D_{t,m}}{d_{t,m,i}} \right) \bar{X}_{t,m,i} \quad (29)$$

$E_{t,m,i}$ は t 年 m 月 i 小区画における補正済み卵密度、 \bar{S} は卵の平均生残率、 $D_{t,m}$ は t 年 m 月の日数、 $d_{t,m,i}$ は t 年 m 月 i 小区画における平均孵化日数、 $\bar{X}_{t,m,i}$ は小区画 i における 1 m^2 あたりの平均卵数である。平均孵化日数は各月各小区画における卵数により重み付けされた平均海表面水温と下記のアーニウスの式を用いて推定される（渡部 1983、Takasuka et al. 2008）。

$$d_{t,m,i} = \frac{1}{24} \frac{1}{a} \exp \left(\frac{b}{\bar{T}_{t,m,i} + 273} \right) \quad (30)$$

$\bar{T}_{t,m,i}$ は t 年 m 月 i 小区画における卵数加重平均海表面水温、 a と b は定数であり、カタクチイワシ太平洋系群では $a = 1.585 \times 10^{12}$ 、 $b = 9.348 \times 10^3$ が用いられる（Takasuka et al. 2008）。カタクチイワシ太平洋系群の卵の平均生残率 \bar{S} は 0.600 と推定されている（森ほか 1988）。

カタクチイワシ太平洋系群の卵はほぼ周年観察されるが、12月～翌年1月に最小となる傾向が見られることから（補足図 4-4）、産卵期（始月～終月）は 1～12 月とした。

VAST による卵密度の標準化では、サンプル i の遭遇確率の線形予測子 $p_1(i)$ と、卵が採集された場合のサンプル i の卵密度の線形予測子 $p_2(i)$ に分けて、以下の式で表す。

$$p_1(i) = \beta_1(t_i) + \omega_1(s_i) + \varepsilon_1(s_i, t_i) + \eta_1(t_i, m_i) \quad (31)$$

$$p_2(i) = \beta_2(t_i) + \omega_2(s_i) + \varepsilon_2(s_i, t_i) + \eta_2(t_i, m_i) \quad (32)$$

式 (31)(32) の右辺の第 1 項の $\beta(t_i)$ から第 3 項の $\varepsilon(s_i, t_i)$ までは式 (18)(19) と同じ意味を表す。第 4 項の $\eta(t_i, m_i)$ は卵の採集効率（卵の採れやすさ）のランダム効果を表している。この項には通常は船の効果（ある船の漁獲効率と過分散を表す要因に対する船間のランダム効果）を当てはめるが、卵稚仔データベースから落手可能な卵密度データには船の情報がないため、代用的に年・月の組み合わせを船の効果とみなして、過分散を考慮した。なお、カタクチイワシ卵は長球型（投影面が楕円型）であり、正確に同定できることから、ゴマサバ太平洋系群で考慮されたような他魚種卵による採集率への影響（Kanamori et al. 2021）は本報告では考慮していない。

卵密度の標準化においてもノット数は 100 とした。パラメータの推定に関わる式 (21)～(27) までは北上期 CPUE と同様である。

推定されたパラメータから、各年における各位置の予測卵密度を

$$d^*(s, t) = r_1^*(s, t) \times r_2^*(s, t) \quad (33)$$

で計算し、各ノットの面積と予測卵密度を掛け合わせた値の総和（産卵量に相当）を以下の式により算出した。

$$I(t) = \sum_{s=1}^{n_s} (a(s) \times d^*(s, t)) \quad (34)$$

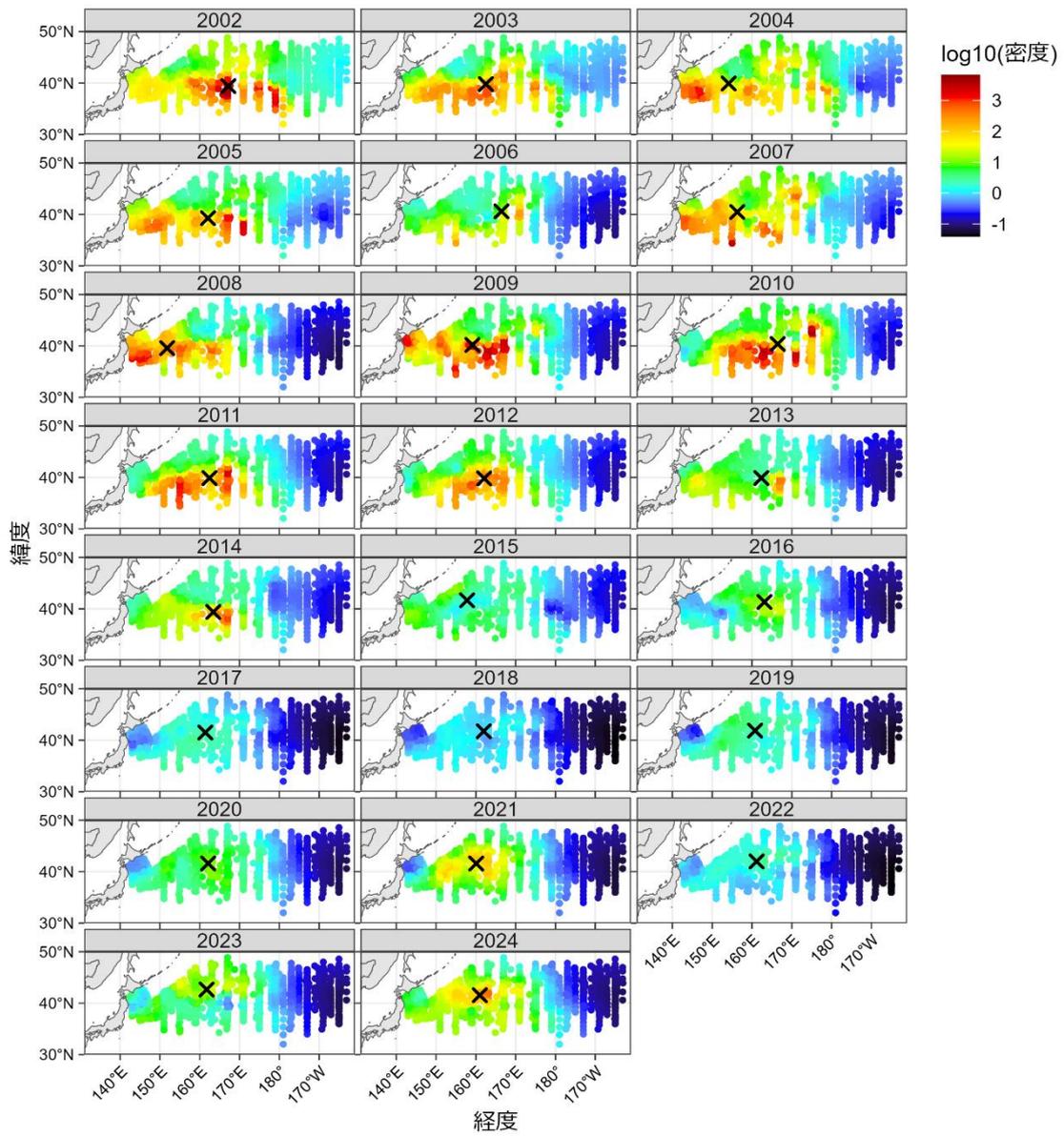
この際、ランダム効果の平均補正を行った（Thorson and Kristensen 2016）。本年度評価でも、各年の $I(t)$ を 1982～2024 年の平均値で除して規格化した値をチューニング指数として使用した。

VAST で推定された各年の卵密度分布を補足図 6-4 と 6-5 に示す。資源の水準が高かった 1990 年代～2010 年代初頭にかけては、黒潮続流～黒潮親潮移行域～親潮域においても広く高密度な産卵が認められたが、資源が急減した 2014 年以降は産卵場の縮小と卵密度の低下が顕著であった。2020 年以降は、再び黒潮続流～黒潮親潮移行域において卵密度の増加が見られる。

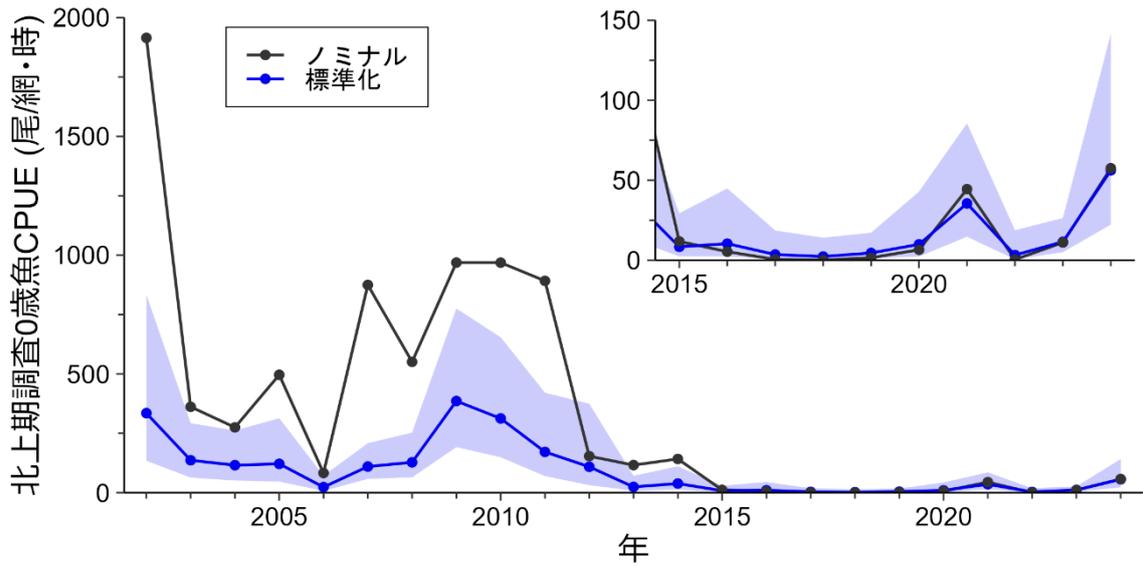
資源量指標値の年変動について、ノミナルな産卵量（卵稚仔データベースからの 5 分升目産卵量と 30 分升目産卵量）および標準化した産卵量を補足図 6-6 に示す（いずれも全年平均で除して規格化して図示した）。1983～1990 年は標準化産卵量がノミナルな 5 分升目産卵量よりも低く推移したが、1991～1992 年と 1997～2000 年は標準化産卵量の方が高くなっており、標準化によって指標値の変動がより明瞭となった。このことは、ノミナルな産卵量では未調査の小区画では卵が存在しないと見なされるのに対し、VAST ではそうした空間的な欠損を補間できることに起因すると考えられる。ただし、チューニング VPA に使用した 2010 年以降の変動幅は標準化産卵量の方がノミナルな産卵量（5 分升目および 30 分升目）よりも狭く、特に 2010～2012 年の標準化産卵量の値はノミナルよりも低かった。このことが、産卵量の非線形係数 b が昨年度評価よりも低下したことに影響したと考えられる（補足資料 2、補足図 2-3）。VAST に備わっているモデル診断を行ったところ、QQ プロットは予測線に概ね重なっており、予測値と残差の関係にも大きな偏りは見られなかったため、モデルの仮定は妥当であると考えられる（補足図 6-7）。

引用文献

- Barto'n, K. (2023) MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.47.5., <https://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>.
- Grüss, A., J. F. Walter III, E. A. Babcock, F. C. Forrestal, J. T. Thorson, M. V. Laretta 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.
- Kanamori, Y., S. Nishijima, H. Okamura, R. Yukami, M. Watai and A. Takasuka (2021) Spatio-temporal model reduces species misidentification bias of spawning eggs in stock assessment of spotted mackerel in the western North Pacific. *Fish. Res.*, **236**, 105825.
- Kristensen, K., A. Nielsen, C. E. Berg, H. Skaug and B. M. Bell (2016) TMB: automatic differentiation and Laplace approximation. *J. Stat. Softw.*, **70**, 1-21.
- 森慶一郎・黒田一紀・小西芳信 (1988) 日本の太平洋岸 (常磐～薩南海域) におけるマイワシ、カタクチイワシ、サバ類の月別、海域別産卵状況:1978年1月～1986年12月. 東海区水産研究所, 321 pp.
- Thorson, J. T. (2017) Three problems with the conventional delta-model for biomass sampling data, and 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.
- 渡部泰輔 (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.

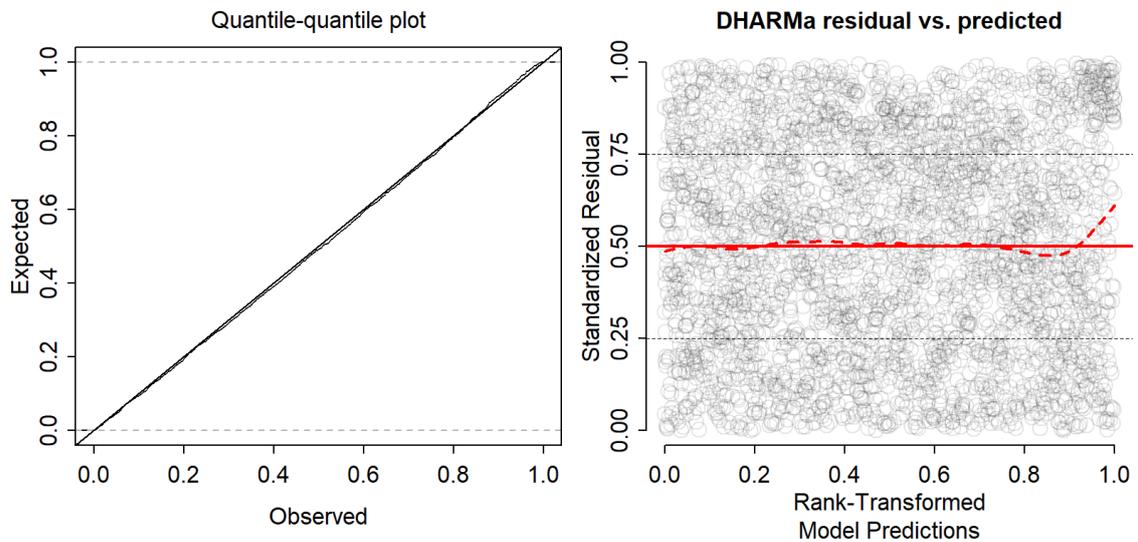


補足図 6-1. VAST により推定された北上期調査 0 歳魚の相対密度の空間分布
 黒い×印は分布重心を表す。

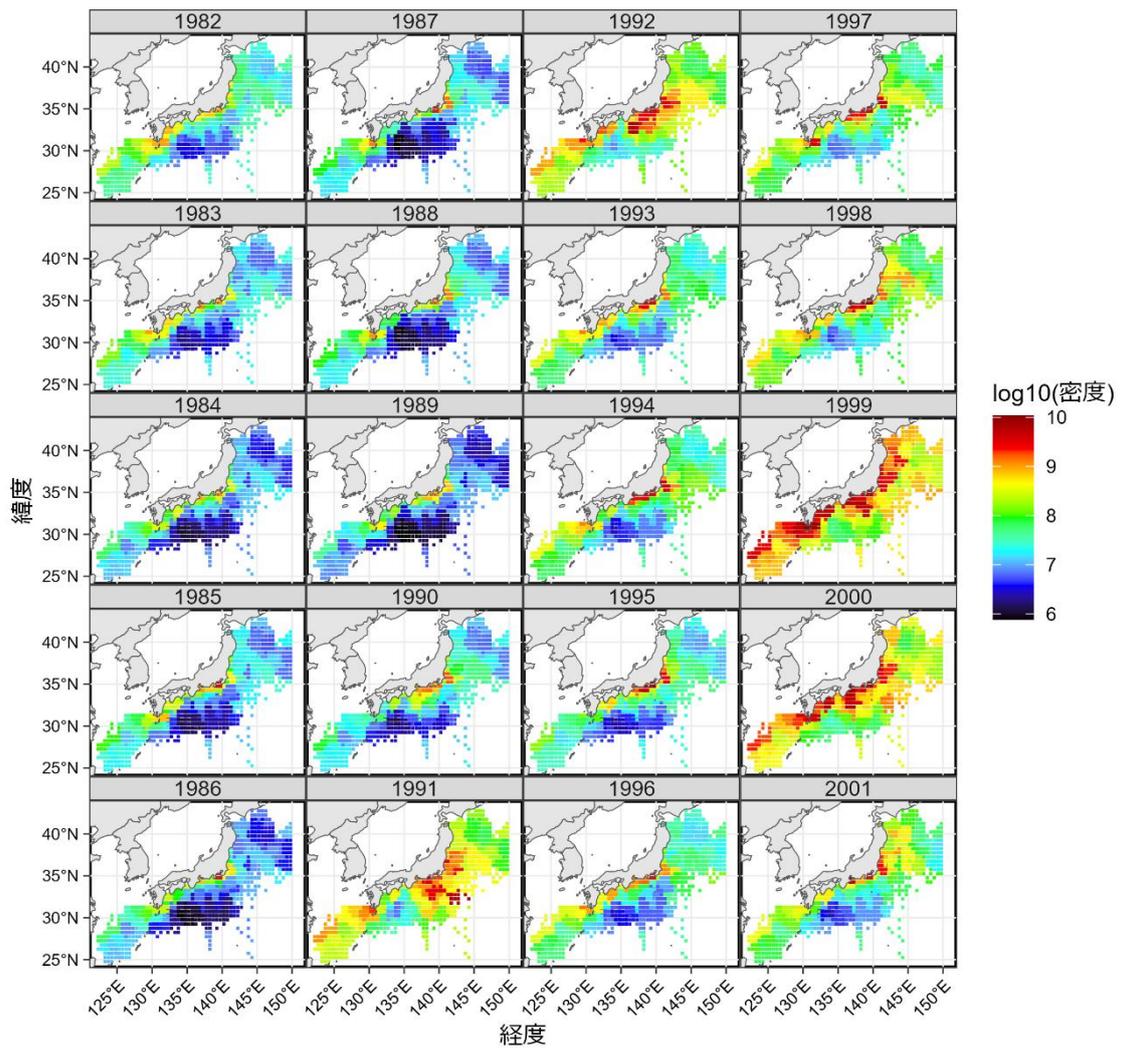


補足図 6-2. 北上期調査 0 歳魚 CPUE の推移

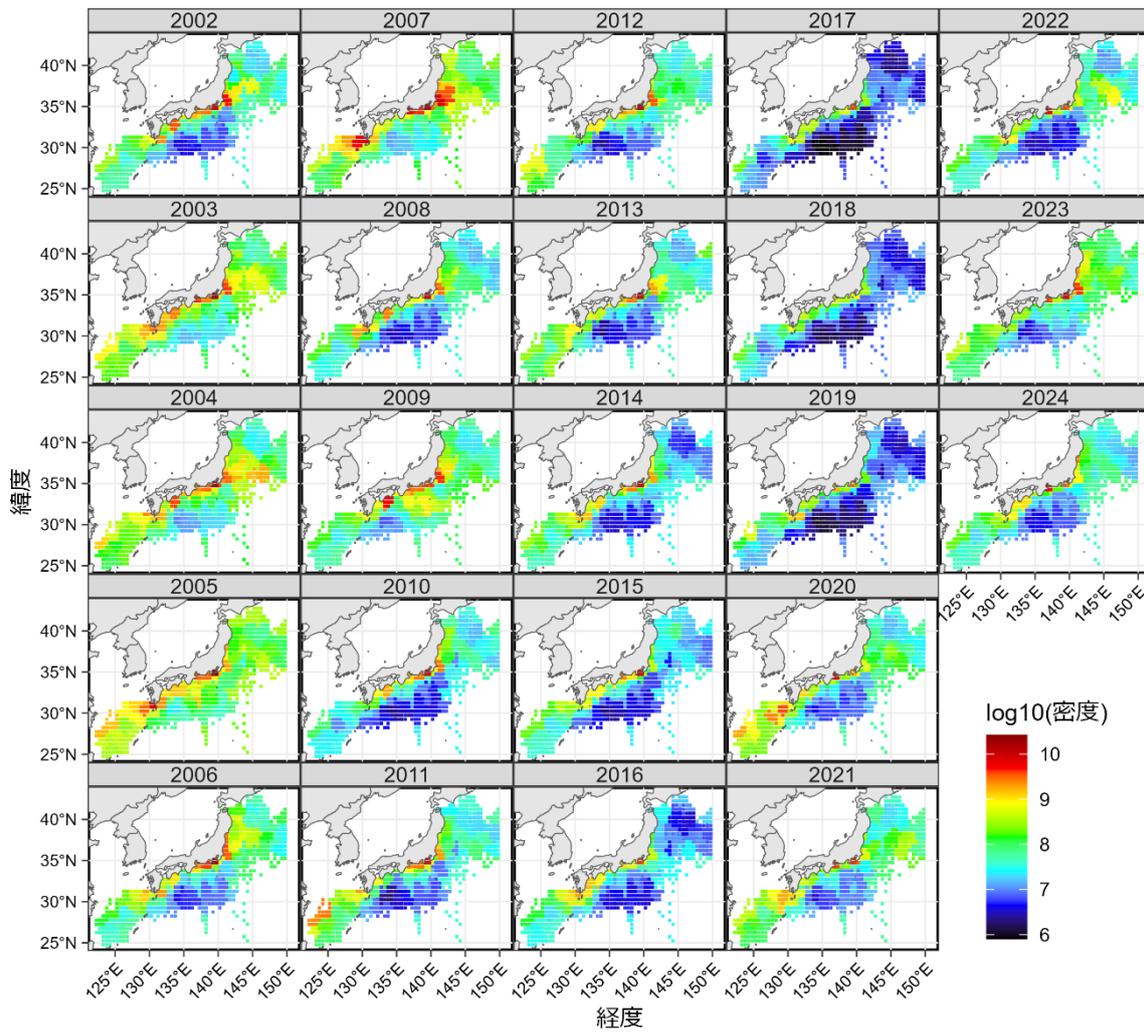
青実線は標準化 CPUE、黒実線はノミナル CPUE、青影は 95%信頼区間を表す。



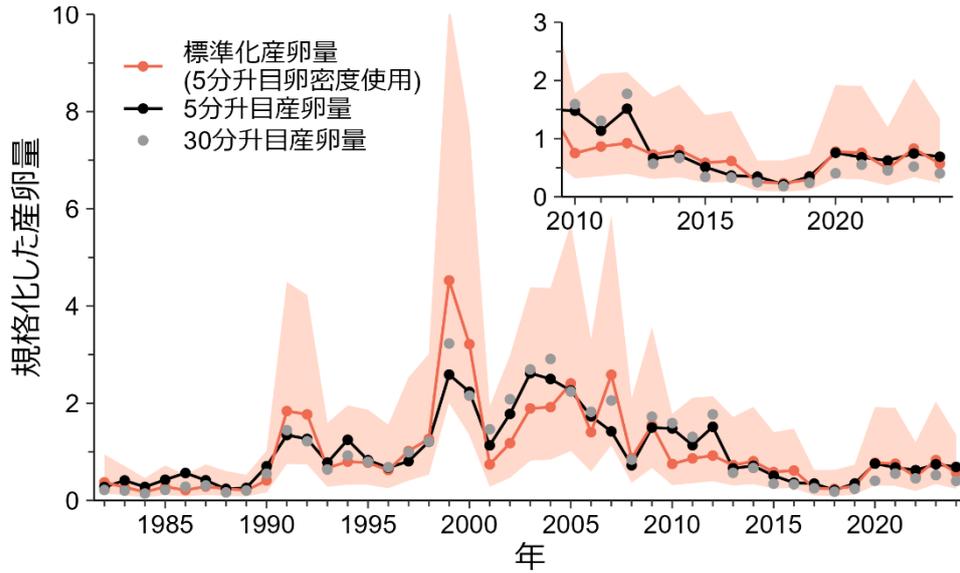
補足図 6-3. 予測された北上期調査 0 歳魚 CPUE の QQ プロット (左) と予測値に対する残差の分布 (右)



補足図 6-4. VAST により推定された相対卵密度の空間分布 (1982~2001 年)
 カラーズケールは卵密度の濃淡を示す。

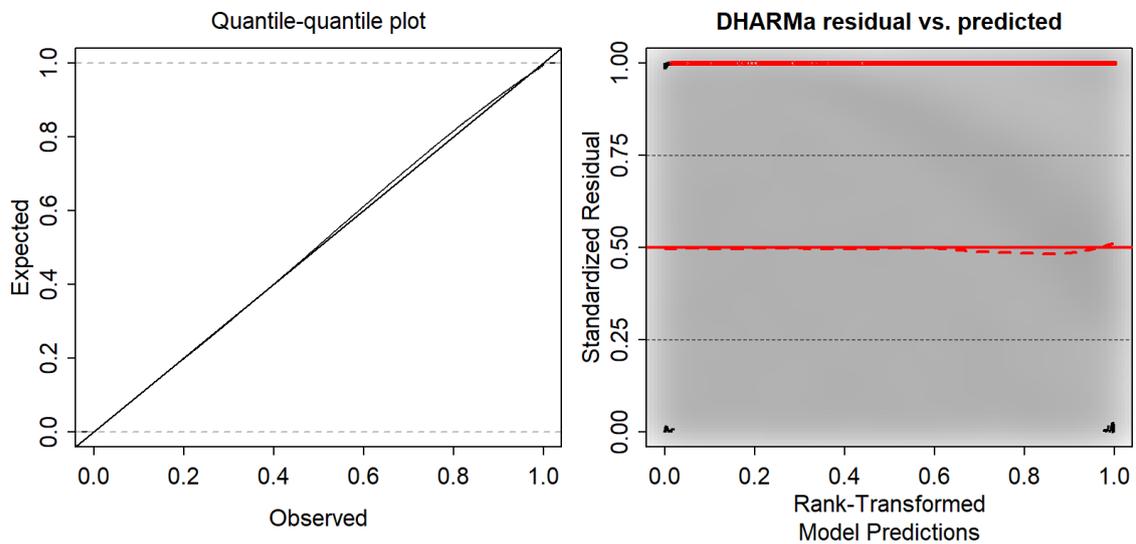


補足図 6-5. VAST により推定された相対卵密度の空間分布 (2002~2024 年)
 カラーズケールは卵密度の濃淡を示す。



補足図 6-6. 産卵量の推移

赤実線は標準化産卵量、黒実線はノミナルな 5 分升目産卵量、灰色の丸はノミナルな 30 分升目産卵量、赤影は標準化産卵量の 95%信頼区間を表す。本図ではいずれの時系列も全年平均値を 1 として規格化した値を示す。



補足図 6-7. 予測された卵密度の QQ プロット (左) と予測値に対する残差の分布 (右)

補足表 6-1. 北上期調査 0 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	SST	SST ²	T50	T50 ²	SST:T50	ΔAIC
二項分布	1	+	+	-	-	-	0
	2	+	+	+	-	-	1.588
	3	+	+	+	+	-	3.527
	4	+	+	+	-	+	3.580
	5	+	+	+	+	+	5.431
ガンマ分布	1	+	+	-	-	-	0
	2	+	+	+	+	-	0.232
	3	+	+	+	-	-	0.598
	4	+	+	+	-	+	0.920
	5	+	-	-	-	-	1.868

SST は海表面水温、T50 は水深 50 m の水温を表す。+印は変数が選択されたことを、-印は変数が選択されなかったことを表す。最小 AICc のモデルを太字で示した。

補足資料 7 その他の資源量指標値

本系群は、2010年代に沖合域の分布量が大きく減少したが、北上期調査の結果によると2020年以降は増加の兆候がみられる（補足資料6）。しかし、分布密度は依然として低い状態にあることから、本系群の主な分布域は引き続き沿岸域であると考えられる。

分布回遊状況解析調査として JAFIC から提供されている北部太平洋大中型まき網のノミナル CPUE（一網当たり漁獲量）は、2013年以降大きく減少した。2014年以降の努力量は5網未満と少なく、操業なしも含めてその状況は2024年まで続いている。操業のあった2017年、2020年、2023年、および2024年のノミナル CPUE はそれぞれ20トン/網、23トン/網、0.5トン/網、および10トン/網であった（補足図7-1、補足表7-1）。

北西太平洋秋季浮魚類資源調査（以下、「秋季調査」と呼ぶ）において、調査海域を拡大した2005年以降に、道東海域のみならず千島列島東方沖にも本系群が分布していることが明らかとなった。千葉県水産総合研究センターによる解析の結果、同調査における体長11.0 cm未満の魚の CPUE（尾/網、曳網1時間あたりの値に換算）と冬春季に常磐・房総海域で漁獲される年明け1歳魚の漁獲量との間に相関関係があるとともに、体長11.0 cm以上の魚の CPUE と年明け2歳魚の漁獲量の間にも正の相関関係があることが明らかにされている（長谷川・川端 2013）。体長11.0 cm未満（0歳魚に相当）のカタクチイワシのノミナル CPUE は、2011年に5,205尾/網・時と高かったが、2012年に急減し、2013～2018年は0.1～4.4尾/網・時と低く推移した（補足図7-2、補足表7-1）。その後、2019年に急増して、2022年までは1,280～5,909尾/網・時となったが、2023年に0.1尾/網・時まで急減した後、2024年は微増の10尾/網・時となった。体長11.0 cm以上（1歳以上魚に相当）のカタクチイワシのノミナル CPUE は、2006年に4,587尾/網の最高値となった後は減少傾向を示し、2018年に0.4尾/網・時の最小値を示した。その後微増して、2021～2022年には163～338尾/網・時となったが、再び減少して2024年は3.2尾/網・時となった。秋季調査におけるカタクチイワシの出現率は、2005～2011年はいずれの体長区分も概ね40%以上で推移したが、その後減少して2013～2019年は概ね20%以下で推移した（補足図7-3）。2020～2022年は30%前後まで上昇したものの、2023年以降は再び20%以下であった。

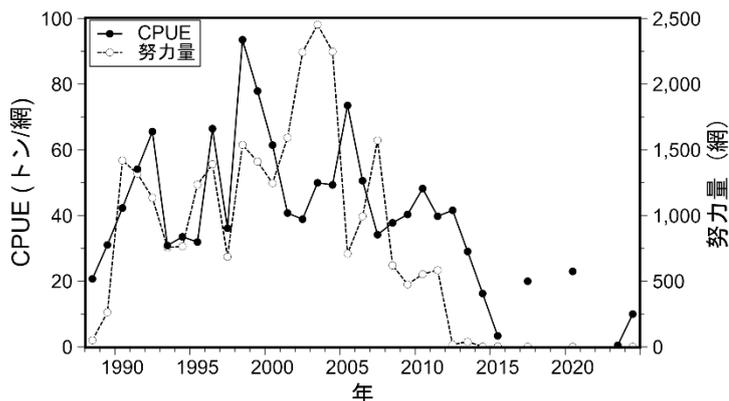
常磐・房総海域（福島県、茨城県、千葉県のやや沖合の海域）では、冬～春季が主漁期となっている。本海域に限定した漁期を前年11月～当年6月とした上で（例えば2024年漁期は2023年11月～2024年6月になる）、本海域の主要港水揚量に基づく体長12 cm未満のカタクチイワシ漁獲量は、各年漁期と前年の0歳魚資源重量（例えば2024年漁期ならば2023年の0歳魚資源重量）と正の相関関係が認められる（ $n = 26$, $r = 0.9136$, $p < 0.0001$ ）。同様に、体長12 cm以上のカタクチイワシ漁獲量は、各年漁期と同年の親魚量（例えば2024年漁期ならば2024年の親魚量）と正の相関関係がある（ $n = 26$, $r = 0.8945$, $p < 0.0001$ ）。1999年以降の本海域における体長12 cm未満および12 cm以上のカタクチイワシ漁獲量（主要港水揚量）はともに、2003年漁期に最大値を示したが、その後は減少傾向にある（補足図7-4、補足表7-2）。2024年漁期における体長12 cm未満と体長12 cm以上の漁獲量は、それぞれ74百トンと18百トンであり、2023年漁期からは増加したが依然として低い水準にある。また、常磐・房総海域では、漁期前半（前年11月～当年2月）

には2歳魚と1歳魚が混じるが、漁期後半(3~6月)には1歳魚が主体となる場合が多い。このため、本海域における北部太平洋大中型まき網(1そうまき)の月別資源量指数(JAFICより提供)の3~6月の合計値が前年の0歳魚の資源量指標値になりうる。しかし、北部太平洋大中型まき網(1そうまき)の努力量は2014年以降極めて少なく、漁獲努力がない年もあることから、参考情報として本補足資料に示している。本指数は2003年(1129)をピークに減少傾向にあり、2014年以降は0の年も含め20以下で推移し、2024年は10であった(補足表7-1)。

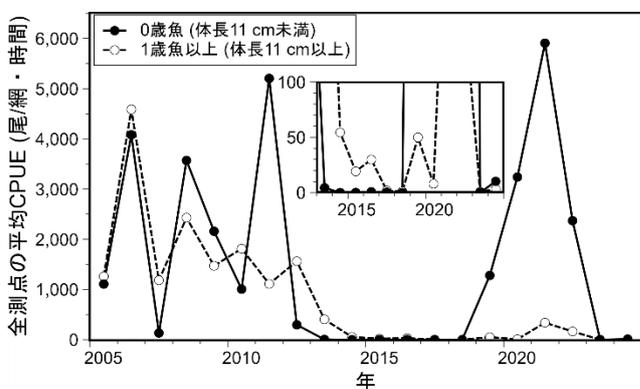
カタクチイワシの沖合回遊群を主な漁獲対象としていた北部太平洋大中型まき網漁業は2014年以降の操業がほとんどない(補足図7-1、補足表7-1)。このため、本系群に対する漁獲努力量等の把握が困難であった。そこで、令和元(2019)年度評価から、沿岸漁業の資源量指標値として千葉県水産総合研究センターから提供いただいている房総沿岸海域における大中型・中型2そうまき網船3隻の、2~6月における親魚相当銘柄の平均CPUE(有漁1投網当たり漁獲量)を掲載している。同CPUEは、2008~2013年には概ね30~40トン/網以上で推移していたが、その後急減し、2016~2023年は11トン/網未満で推移した。2024年は15.7トン/網となり、過去最低値を示した2022年以降、増加傾向にある(補足図7-5、補足表7-2)。なお、親魚相当銘柄とは中セグロ、中ゴボウ、ゴボウおよび大ゴボウの4銘柄とし、これらを合算した漁獲量をCPUEの算出に用いた。

引用文献

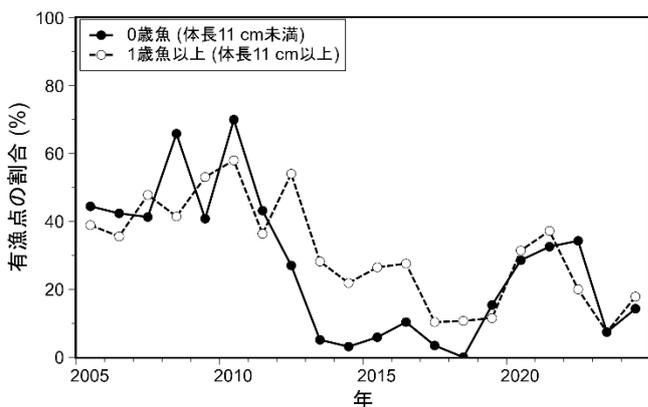
長谷川淳・川端 淳 (2013) 秋季北西太平洋浮魚資源調査結果と冬春季の房総周辺海域に来遊するカタクチイワシの漁況との関係. 第61回サンマ等小型浮魚類資源研究会議報告, 水産総合研究センター, 237-238.



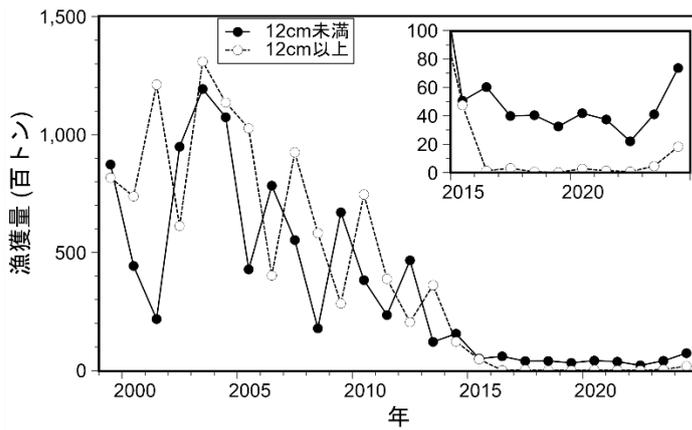
補足図 7-1. 北部太平洋大中型まき網（1 そうまき）の努力量とノミナル CPUE の推移



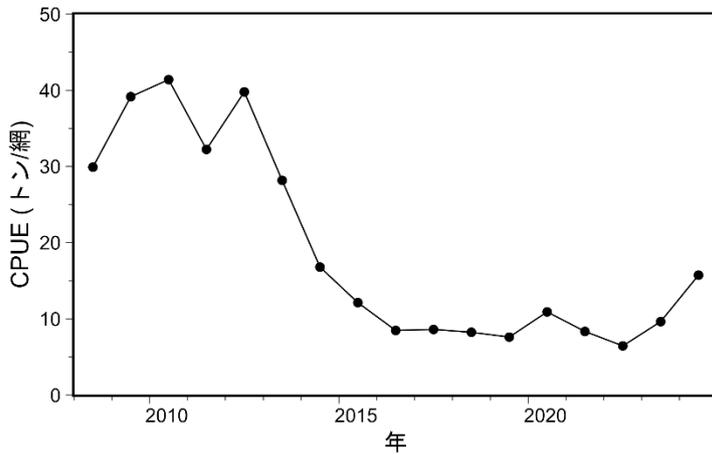
補足図 7-2. 北西太平洋秋季浮魚類資源調査における全測定の平均 CPUE（ノミナル）の推移



補足図 7-3. 北西太平洋秋季浮魚類資源調査におけるカタクチイワシ出現率の推移



補足図 7-4. 常磐・房総海域における前年 11 月～当年 6 月の体長別漁獲量の推移



補足図 7-5. 房総沿岸海域で操業した大中型・中型 2 そうまき網船 3 隻の 2～6 月における親魚相当銘柄 CPUE (ノミナル) の推移

親魚相当銘柄は中セグロ、中ゴボウ、ゴボウおよび大ゴボウを対象にした。それらの合計漁獲量を計算に使用した。

補足表 7-1. 太平洋北部海域における資源量指標値

年	北部太平洋大中型まき網（1そうまき）の漁獲量、努力量、CPUEおよび3～6月資源量指数計				北西太平洋秋季浮魚類資源調査におけるCPUEの全測点平均値	
	漁獲量 (トン)	努力量 (網数)	CPUE (トン/網)	月別資源量指数 の3月～6月計	体長11 cm未満 (尾/網・時)	体長11 cm以上 (尾/網・時)
1988	1,057.0	51	20.7	73.3		
1989	8,198.0	264	31.1	147.0		
1990	59,993.0	1,419	42.3	53.9		
1991	71,394.0	1,319	54.1	287.8		
1992	74,394.0	1,135	65.5	208.7		
1993	23,366.0	757	30.9	620.3		
1994	25,636.5	765	33.5	353.3		
1995	39,439.0	1,235	31.9	135.9		
1996	92,344.0	1,390	66.4	241.1		
1997	24,775.5	686	36.1	160.0		
1998	143,807.5	1,538	93.5	436.5		
1999	109,905.2	1,411	77.9	608.1		
2000	76,550.0	1,246	61.4	396.7		
2001	64,887.5	1,592	40.8	712.1		
2002	87,135.9	2,242	38.9	823.9		
2003	122,550.0	2,453	50.0	1,129.2		
2004	110,835.5	2,247	49.3	680.8		
2005	52,187.0	710	73.5	551.2	1,107.7	1,261.1
2006	50,277.0	994	50.6	853.1	4,080.7	4,586.9
2007	53,686.4	1,572	34.2	604.2	132.9	1,183.1
2008	23,459.5	621	37.8	418.4	3,571.0	2,429.1
2009	19,189.0	476	40.3	630.2	2,159.7	1,471.4
2010	26,662.0	553	48.2	577.6	1,005.4	1,812.3
2011	23,234.5	584	39.8	392.5	5,205.4	1,110.1
2012	707.0	17	41.6	302.7	294.5	1,563.4
2013	1,162.0	40	29.1	117.8	4.4	403.2
2014	32.5	2	16.3	16.3	0.1	54.3
2015	13.5	4	3.4	1.0	0.1	19.2
2016	0.0	0		0.0	0.8	29.9
2017	20.0	1	20.0	20.0	0.3	1.9
2018	0.0	0		0.0	0.6	0.4
2019	0.0	0		0.0	1,280.3	49.9
2020	23.0	1	23.0	0.0	3,239.3	8.0
2021	0.0	0		0.0	5,908.6	337.8
2022	0.0	0		0.0	2,369.7	163.0
2023	1.0	2	0.5	0.5	0.2	0.9
2024	10.0	1	10.0	10.0	10.2	3.2

補足表 7-2. 常磐・房総海域における資源量指標値

年	常磐・房総海域 (福島・茨城・千葉) における前年11月～当年6月の漁獲量 (主要港合計)		大中型・中型2そうまき網船3隻の2月～6月における親魚相当銘柄CPUE
	体長12cm未満 (百トン)	体長12cm以上 (百トン)	CPUE (トン/網)
1999	873.3	817.2	
2000	443.5	738.4	
2001	218.1	1,212.3	
2002	948.7	612.9	
2003	1,193.3	1,309.6	
2004	1,073.6	1,136.3	
2005	428.5	1,026.9	
2006	783.5	402.6	
2007	553.1	925.0	
2008	178.5	582.5	29.9
2009	670.3	284.0	39.2
2010	383.2	746.3	41.4
2011	235.0	388.6	32.2
2012	466.7	205.1	39.8
2013	121.5	361.6	28.2
2014	155.9	122.5	16.8
2015	50.6	47.5	12.1
2016	60.2	1.3	8.5
2017	39.8	3.1	8.6
2018	40.4	0.5	8.2
2019	32.5	0.1	7.6
2020	41.8	2.7	10.9
2021	37.4	1.4	8.3
2022	22.0	0.7	6.5
2023	41.0	4.5	9.6
2024	73.6	18.2	15.7

補足資料 8 過年度評価結果との比較

昨年度と本年度のチューニング VPA の結果を比べると、本年度評価は昨年度評価に比べて 2022～2023 年の親魚量が大きく下方修正となった（補足図 8-1 左上、補足表 8-1a）。これには、2021 年の加入量（2021 年級群）の下方修正が影響したと考えられる（補足図 8-1 右上）。2021 年級群は、チューニング VPA の最終年である 2024 年には最高齢の 3 歳魚として漁獲された。本系群における 3 歳魚は大型で、沿岸回遊群にはほぼ見られず、沖合回遊群由来であると考えられる（船越 1990）。しかし、近年は、カタクチイワシの沖合回遊群を狙った大中型まき網の操業がほとんどないことを一つの要因として（補足図 7-1）、年齢別漁獲尾数に占める 3 歳魚の割合は極めて低い状況にある。このことに加え、親魚量のチューニング指数が *hyper stability* であるとともに、ターミナル F の推定方法の制約が本年度評価では強まったことも下方修正の原因と考えられる。

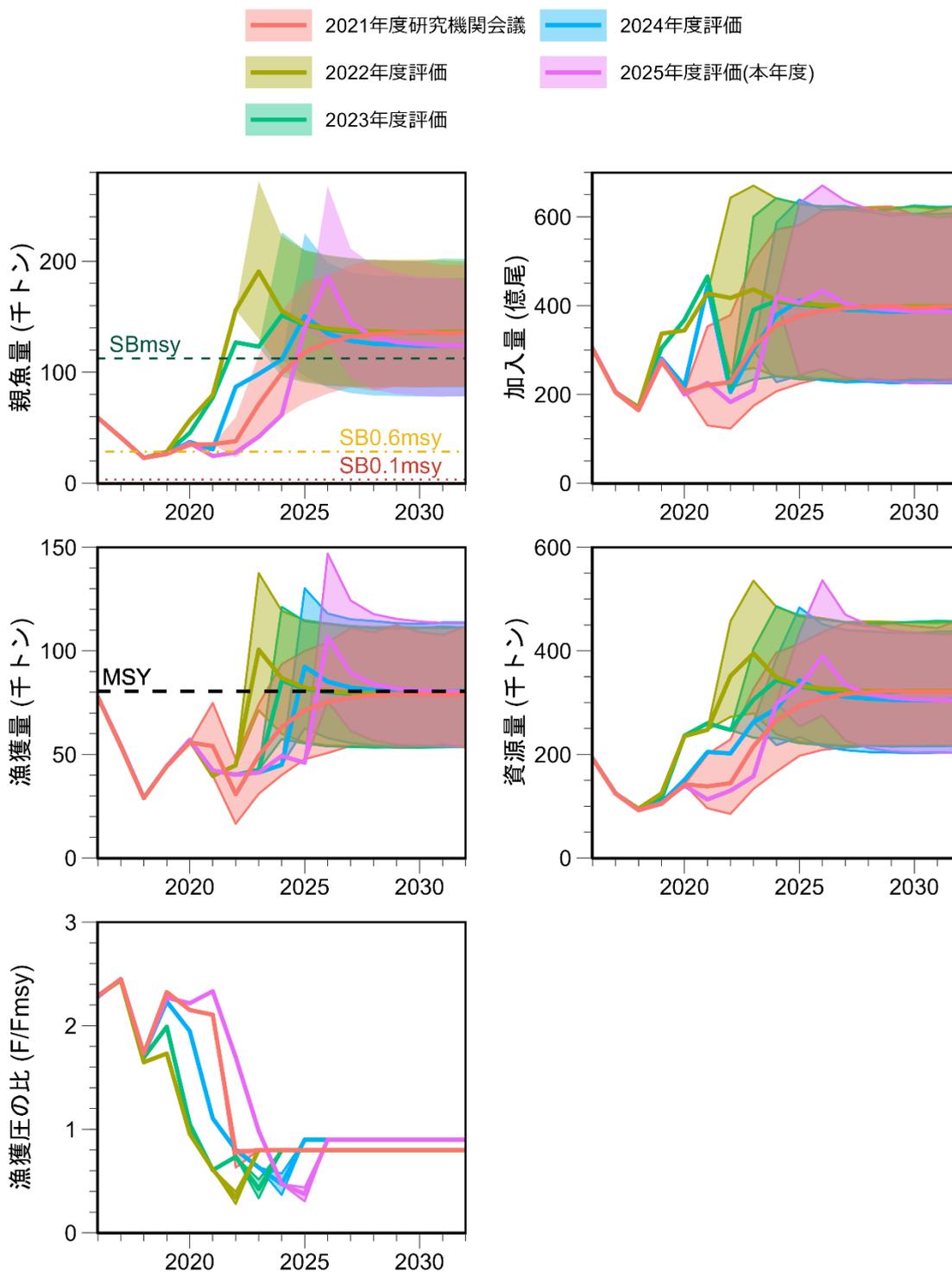
一方、本年度の資源評価に基づく 2024 年の加入量は再生産関係式にもとづく昨年度評価の予測値と同程度であった（補足図 8-1 右上、補足表 8-1b）。このため、2024 年の加入量が大きく影響する 2025 年の親魚量および資源量は昨年度評価の予測値と同程度になった（補足図 8-1）。

2025 年の漁獲量については、本年度評価においては仮定値（2020～2024 年の平均漁獲量、4.6 万トン）を用いているため、昨年度評価における予測値平均の半分程度となった（補足図 8-1 中左、補足表 8-1c）。

このように 2025 年の資源量および親魚量は昨年度の予測と同程度となったため、合意された漁獲管理規則のもとで 2035 年に目標管理基準値を超える確率は 50%を超えると予測された（表 5-1a）。

引用文献

船越茂雄 (1990) 遠州灘, 伊勢・三河湾およびその周辺海域におけるカタクチイワシの再生産機構に関する研究. 愛知水試研究業績 B 集, **10**, 1-208.



補足図 8-1. 評価年度別の親魚量、加入量、漁獲量、および漁獲圧の比較

予測部分については、2021年度～2023年度評価は β を0.8とした漁獲管理規則を適用した場合、2024年度以降は β を0.9とした漁獲管理規則を適用した場合の結果である。網掛け部分は90%予測区間を示す。

補足表 8-1. 評価年度別の各年の親魚量、加入量、および漁獲量

(a) 親魚量 (千トン)

評価年度	年				
	2022	2023	2024	2025	2026
2022	156	191	146	132	128
2023	127	123	151	135	128
2024	87	98	111	150	135
2025	28	42	61	140	186

(b) 加入量 (百万尾)

評価年度	年				
	2022	2023	2024	2025	2026
2022	41,717	43,636	40,589	39,578	39,056
2023	21,459	39,011	41,035	39,578	38,972
2024	20,532	30,018	37,858	41,154	39,674
2025	18,271	20,943	41,869	40,580	43,353

(c) 漁獲量 (千トン)

評価年度	年				
	2022	2023	2024	2025	2026
2022	45	109	90	84	82
2023	40	43	93	85	82
2024	40	41	45	92	85
2025	40	41	49	46	107

黒色の数値は親魚量もしくは加入量の推定値か漁獲量の実績を表す。青色の数値は漁獲量の仮定値を表す。赤色の数値は β を0.9とした漁獲管理規則案を適用した場合の予測平均値を表す。

補足資料 9 サバ類の捕食を考慮したチューニング VPA による資源量の試算

令和 3 年 11 月にサバ類によるカタクチイワシ太平洋系群の捕食死亡率を推定した論文（田中 2022）が公開され、本系群の自然死亡係数（ M ）を太平洋海域のサバ類（マサバとゴマサバ）の資源量に応じて変動させるチューニング VPA（以下、「サバ類捕食 VPA」と呼ぶ。チューニング指標値には卵数法による親魚量推定値（補足資料 5）が使用されている）が示された。このサバ類捕食 VPA に基づく資源量などの試算を令和 3 年度から引き続き本年度も実施した。本補足資料ではサバ類捕食 VPA の結果に基づく再生産関係や管理基準値案などの検討は行っていないが、それらの検討結果については、別資料にて公表している（水産資源研究所 2022、「カタクチイワシ太平洋系群に関して第 2 回資源管理手法検討部会において指摘された事項への対応について（FRA-SA2022-BRP01）」）。

(1) 材料と方法

本試算における資源量推定の方法は、昨年度評価（木下ほか 2025 の補足資料 12）と同様であるため割愛する。ただし、本試算に使用するマサバ太平洋系群の資源評価が、令和 6 年度評価では SAM に変更されており（由上ほか 2025）、同系群の令和 5 年度評価（チューニング VPA）から手法や結果が大きく更新されている。このため、本年度のサバ類捕食 VPA の試算では、昨年度までの試算とは方針を変え、太平洋サバ類の資源評価の更新に伴って試算結果がどの程度変わったのかを把握することを目的にした。すなわち、昨年度評価のような 3 つのシナリオ（S0、S7、S8）の併記は行わず、ベースケースシナリオ（S0）のみに注目して、昨年度のサバ類捕食 VPA の試算結果と本年度の試算結果（データ使用年を 2023 年までとする）を比較、検討した。簡略のため、太平洋系サバ類の使用データを変えた場合をシナリオと以下では呼ぶ。

なお、本年度のサバ類捕食 VPA に使用した太平洋系サバ類の各種資源量推定値はマサバ太平洋系群（由上ほか 2025）、ゴマサバ太平洋系群（上村ほか 2025）の資源評価報告書から引用した。

(2) サバ類捕食 VPA の試算および比較検討結果

サバ類捕食 VPA の各シナリオに基づくパラメータの推定値を補足表 9-1 に示す。正の対数尤度と α は本年度版シナリオ（R7-S0）の方が大きくなった一方、c-AIC、ターミナル F、 θ および M1 は小さくなった。特に M1 の減少の程度は大きかった（補足表 9-1）。

サバ類捕食 VPA による試算結果を、本年度評価の推定結果（案）とともに補足図 9-1、補足図 9-2、および補足表 9-2 に示す。総じて、サバ類捕食 VPA による試算結果の方が、加入量や親魚量などが本年度評価の推定結果よりも高く、特に 2003 年以降にその傾向が顕著であった。この傾向は R7-S0 も昨年度版シナリオ（R6-S0）も同様であった。

1982 年以降の各種資源量推定値の推移は、R7-S0 と R6-S0 とで類似していた（補足図 9-1）。これは、R7-S0 で α が上昇したものの（ α は捕食者の資源量に掛ける係数で、捕食による自然死亡係数の大小にかかわる）、捕食以外の自然死亡係数 M1 が小さくなったためと考えられる。このような自然死亡係数全体の調整には $M\mu$ による制約が働いており（田中 2022）、このため R7-S0 と R6-S0 とで全体の自然死亡係数は大きくは変わらなかった。

(補足図 9-2)。ただし、マサバ太平洋系群の令和 6 年度評価では令和 5 年度評価に比べて 1970 年～1985 年の資源量が上方修正されたため、R7-S0 の自然死亡係数は 1978 年～1985 年にかけて R6-S0 のそれよりも高くなった。また、2013 年以降に注目すると、自然死亡係数の挙動は R7-S0 と R6-S0 とで異なったものの、資源尾数や資源量の推移は大きくは変わらなかった。これは、自然死亡係数の差異を漁獲係数が吸収したためと考えられる(補足図 9-2)。どちらのシナリオも指標値(卵数法による親魚量)への当てはまり結果(残差プロット)は類似しており、残差の 1 次の自己相関はいずれも有意ではなかった(補足図 9-3)。

R7-S0 と本年度評価の自然死亡係数(M)を比較すると、0 歳魚と 1 歳魚については、1988 年～1994 年および 1998 年～2002 年を除いた年で、R7-S0 の方が高い値を示した(補足図 9-2、補足表 9-2)。1987 年～2002 年は、0 歳魚と 1 歳魚の自然死亡係数と漁獲係数が R7-S0 と本年度評価とではほぼ同じ値になったことから、資源尾数などの推定値も概ね一致した。しかし、2003 年以降は R7-S0 の漁獲係数の方が低く、さらに 2004 年以降は R7-S0 の自然死亡係数の方が高くなったことから、以後の資源尾数や資源量は R7-S0 の方が大きくなった(補足図 9-2)。一方、2 歳魚の自然死亡係数については、1983 年～2012 年および 2021 年～2023 年に R7-S0 の方が本年度評価の値よりも低く、3 歳魚については 1980 年～2014 年および 2019 年～2023 年に R7-S0 の方が低い値となった(補足図 9-2)。このように 1980 年代後半から 2010 年代前半にかけては本年度評価の方が高い自然死亡係数となったが、漁獲係数も本年度評価の方が高かった。このことから、2 歳魚の資源尾数と資源量は 1982 年～2008 年までは R7-S0 と本年度評価と同様の値となった(補足図 9-2、補足表 9-2、補足表 2-1)。しかし、同様の条件が続いていたにもかかわらず、2009 年～2014 年にかけては 2 歳魚の資源尾数と資源量が R7-S0 の方が多くなった。これは、2007 年～2012 年の R7-S0 の高い加入量を反映したためと考えられる(補足図 9-2)。3 歳魚は、 θ (2 歳魚と 3 歳魚の F の比)が 1 よりも小さく推定されたことによって R7-S0 の 3 歳魚の漁獲係数がさらに引き下げられたことから、資源尾数と資源量は R7-S0 の方が全ての年で高くなった(補足図 9-2)。漁獲割合は、0～2 歳魚では 2003 年以降に R7-S0 の方が本年度評価の推定結果よりも低い値を示し、3 歳魚では全ての年で R7-S0 の方が低い値を示した(補足図 9-2)。

サバ類による推定捕食量は、2023 年においては、R7-S0 で漁獲量の 5.67 倍、R6-S0 で漁獲量の 7.98 倍(木下ほか 2025)と試算された。

(3) その他

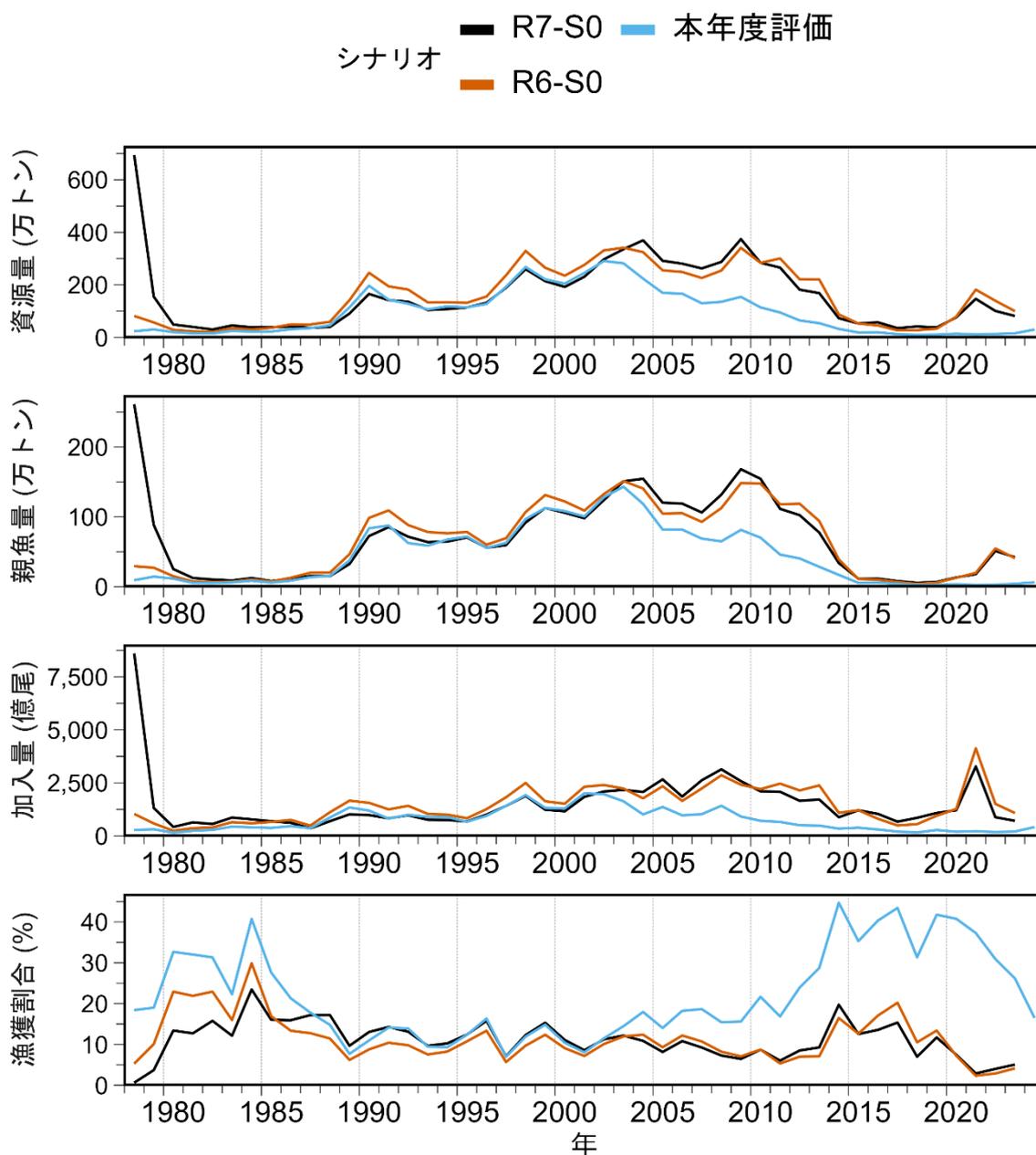
サバ類捕食 VPA による試算結果を示したが、当該 VPA における本系群の M が太平洋海域のサバ類資源量に比例するという仮定などの妥当性を判断するためには、引き続きサバ類の捕食に関する生物学的な知見などの収集が必要である。

引用文献

上村泰洋・由上龍嗣・西嶋翔太・古市 生・井須小羊子・渡部亮介・東口胤成 (2025) 令和 6 (2024) 年度ゴマサバ太平洋系群の資源評価. FRA-SA2024-SC16-02, 令和 6 年度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, 77pp.

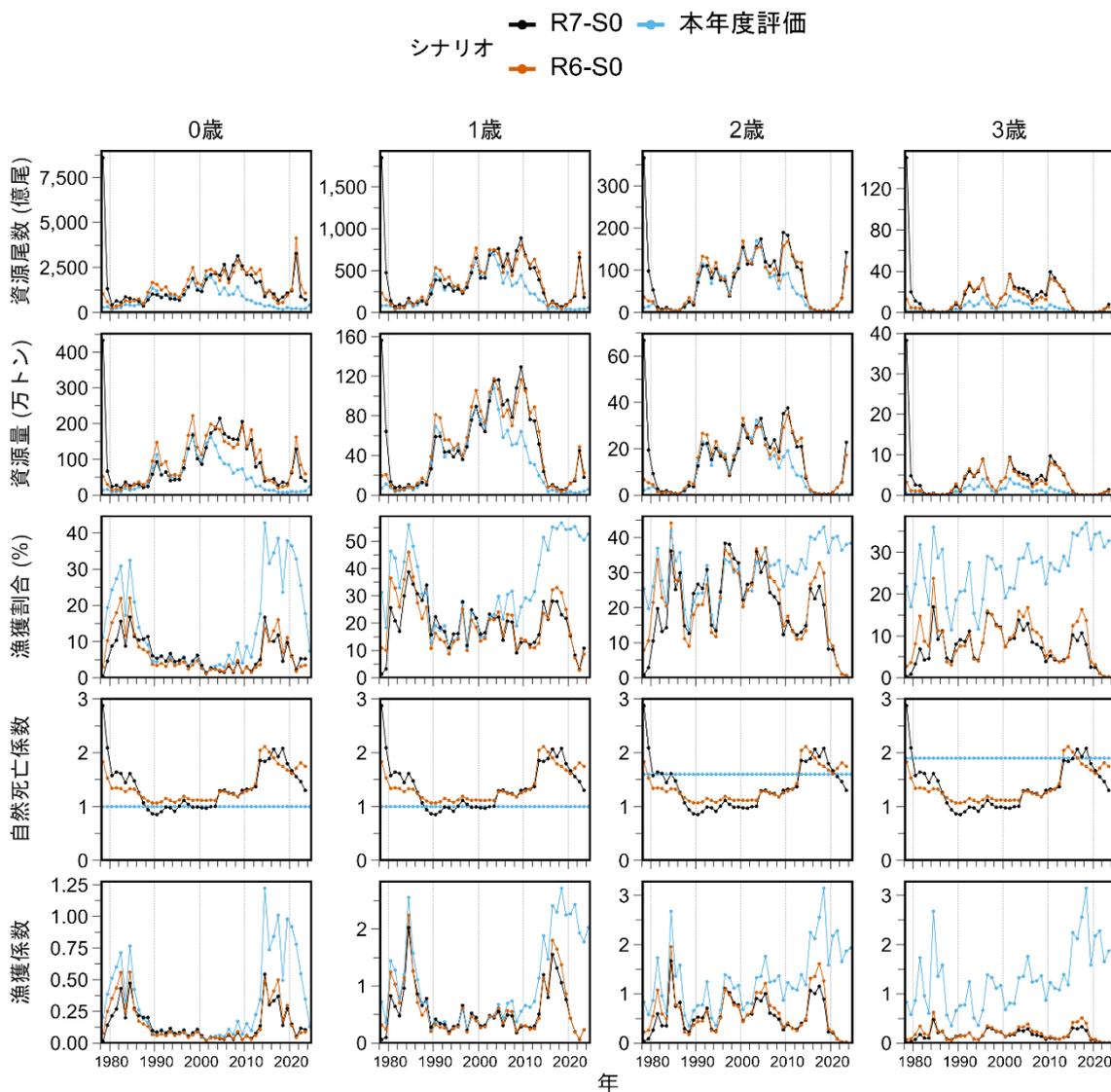
https://www.fra.go.jp/shigen/fisheries_resources/meeting/stock_assesment_meeting/2024/files/sa2024-sc16/fra-sa2024-sc16-02.pdf

- 木下順二・安田十也・渡井幹雄・井元順一・日野晴彦・木皿祐雅・上村泰洋・西嶋翔太・河野悌昌・高橋正知 (2025) 令和 6 (2024) 年度カタクチイワシ太平洋系群の資源評価. FRA-SA2024-SC09-03, 令和 6 年度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, 103pp. https://www.fra.go.jp/shigen/fisheries_resources/meeting/stock_assesment_meeting/2024/files/sa2024-sc09/fra-sa2024-sc09-03.pdf
- 田中栄次 (2022) サバ類資源によるカタクチイワシ太平洋系群の捕食死亡率の推定. 日水誌, **88**, p.2-11. <https://doi.org/10.2331/suisan.20-00067>
- 水産資源研究所 (2022) カタクチイワシ太平洋系群に関して第 2 回資源管理手法検討部会において指摘された事項への対応について. FRA-SA2022-BRP01, 27pp. https://www.fra.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20220302/FRA-SA2022-BRP01.pdf
- 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 (2025) 令和 6 (2024) 年度マサバ太平洋系群の資源評価. FRA-SA2024-SC16-01, 令和 6 年度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, 97pp. https://www.fra.go.jp/shigen/fisheries_resources/meeting/stock_assesment_meeting/2024/files/sa2024-sc16/fra-sa2024-sc16-01.pdf

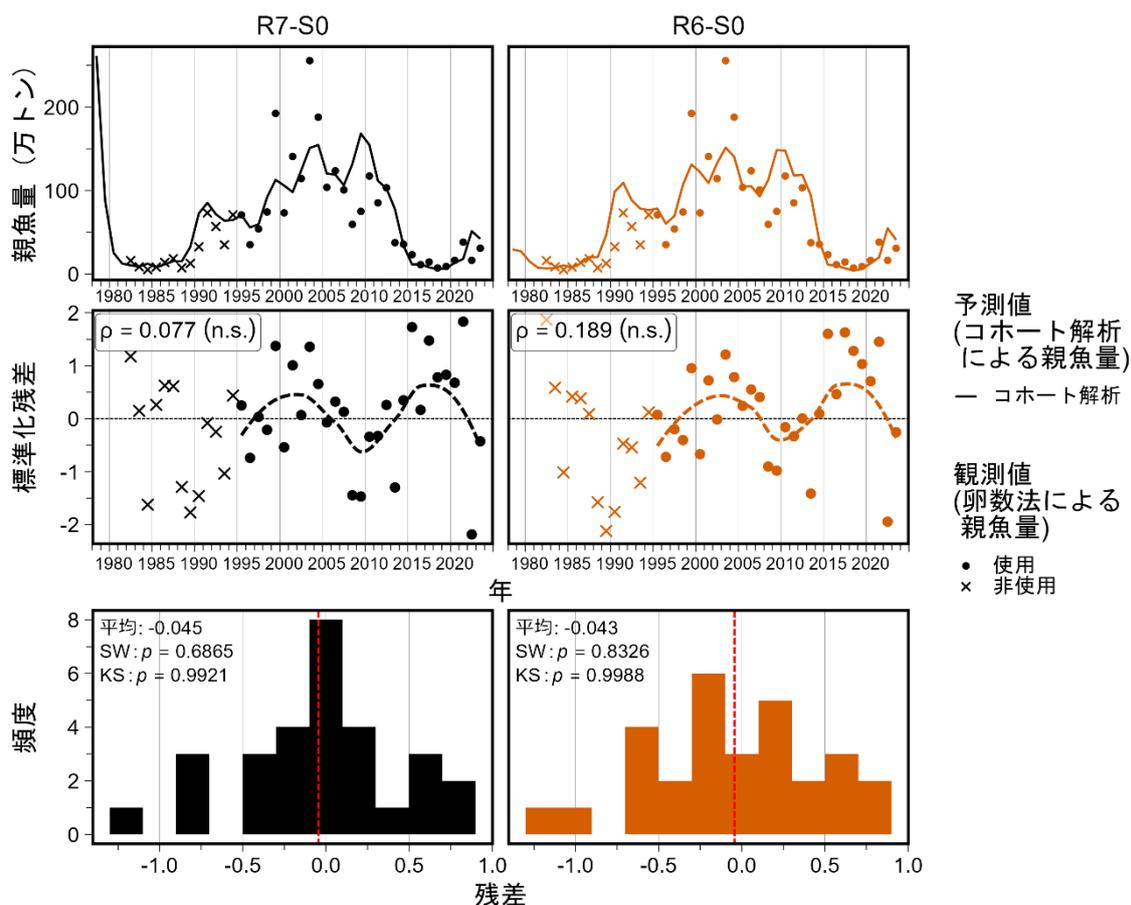


補足図 9-1. 本年度評価結果とサバ類捕食 VPA による資源量、親魚量、加入量、漁獲割合の推移

色違いの折線はそれぞれ本年度評価、R7-S0：令和 7 年度サバ類捕食 VPA のベースケース、S6-S0：令和 6 年度サバ類捕食 VPA のベースケースシナリオによる推定結果を表す。



補足図 9-2. 本年度評価結果とサバ類捕食 VPA による年齢別の資源尾数、資源量、漁獲割合、自然死亡係数、漁獲係数の推移
 色違いの折線はそれぞれ本年度評価、R7-S0：令和 7 年度サバ類捕食 VPA のベースケース、R6-S0：令和 6 年度サバ類捕食 VPA のベースケースシナリオによる推定結果を表す。



補足図 9-3. サバ類捕食 VPA の残差プロット

左から令和 7 年度サバ類捕食 VPA のベースケース (R7-S0)、令和 6 年度サバ類捕食 VPA のベースケース (R6-S0) を示す。予測値と観測値のトレンド図 (上段) 内の実線は推定されたコホート解析の親魚量の変化を、丸印はチューニングに使用したデータを、×印はチューニングに使用しなかったデータを示す。標準化残差パネル (中段) 内の左上の数値は標準化残差の自己相関係数 (AR1) を表し、いずれのサバ類捕食 VPA のシナリオでも有意ではなかった。また、図中の破線は標準化残差のスージング曲線を示す。残差ヒストグラム (下段) 内の左上の数値は Shapiro-Wilk 検定 (SW) と Kolmogorov-Smirnov 検定 (KS) の P 値である。どちらも帰無仮説は「正規分布に従っている」である。残差ヒストグラム内の縦の赤破線は残差の平均値を表す。

補足表 9-1. サバ類捕食 VPA について推定されたパラメータ

シナリオ	正の 対数尤度	c-AIC	F _{2023,2}	θ	α ($\times 10^{-6}$ /トン・年)	M1 (/年)
R7-S0	-18.7115	46.3985	0.0104	0.2858	0.5477	0.7668
R6-S0	-20.6783	50.3322	0.0172	0.3167	0.2502	1.0255

M1 は田中 (2022) の Table 1 における Constrained parameters に相当する。

補足表 9-2. 本年度版のサバ類捕食 VPA の S0 (ベースケース) シナリオの結果詳細

年	年齢別資源尾数(百万尾)				年齢別漁獲係数				M2(サバ類による捕食死亡係数)			
	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚
1978	860,119.2	184,958.6	36,649.2	15,017.2	0.02	0.06	0.03	0.01	2.11	2.11	2.11	2.11
1979	131,882.2	47,655.7	9,810.2	1,993.6	0.14	0.10	0.09	0.02	1.33	1.33	1.33	1.33
1980	42,485.8	14,146.4	5,340.6	1,111.0	0.21	0.83	0.26	0.07	0.81	0.81	0.81	0.81
1981	63,987.8	7,097.5	1,278.0	849.8	0.27	0.64	0.59	0.17	0.88	0.88	0.88	0.88
1982	56,402.9	9,470.1	723.7	136.4	0.43	0.48	0.35	0.10	0.85	0.85	0.85	0.85
1983	86,581.3	7,292.4	1,165.6	101.4	0.20	0.96	0.35	0.10	0.68	0.68	0.68	0.68
1984	78,384.9	16,712.5	656.7	193.7	0.47	2.03	1.67	0.48	0.85	0.85	0.85	0.85
1985	69,304.6	9,736.2	438.1	24.7	0.27	1.26	0.75	0.21	0.71	0.71	0.71	0.71
1986	61,925.8	12,052.7	629.3	47.4	0.22	0.86	0.82	0.24	0.49	0.49	0.49	0.49
1987	35,561.4	14,144.3	1,448.1	78.3	0.20	0.66	0.29	0.08	0.30	0.30	0.30	0.30
1988	69,516.6	9,981.7	2,511.6	371.7	0.20	0.78	0.23	0.06	0.17	0.17	0.17	0.17
1989	101,880.2	22,216.4	1,784.2	783.0	0.10	0.28	0.46	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10
1990	98,397.5	38,849.6	7,081.4	472.7	0.09	0.42	0.52	0.15	0.08	0.08	0.08	0.08
1991	83,036.0	38,532.1	10,910.4	1,787.4	0.10	0.34	0.51	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
1992	97,377.3	30,491.0	11,096.3	2,652.3	0.08	0.32	0.71	0.20	0.22	0.22	0.22	0.22
1993	76,189.8	33,435.5	8,189.4	2,033.3	0.12	0.20	0.28	0.08	0.21	0.21	0.21	0.21
1994	75,196.9	25,544.3	10,320.9	2,328.3	0.07	0.29	0.24	0.07	0.15	0.15	0.15	0.15
1995	68,242.3	28,022.7	7,658.1	3,262.1	0.08	0.31	0.52	0.15	0.24	0.24	0.24	0.24
1996	100,495.0	22,931.9	7,490.7	1,661.2	0.10	0.66	1.11	0.32	0.35	0.35	0.35	0.35
1997	141,614.1	29,790.2	3,886.4	811.7	0.05	0.22	1.02	0.29	0.28	0.28	0.28	0.28
1998	188,534.7	47,242.6	8,407.5	491.6	0.08	0.52	0.81	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
1999	123,681.5	64,994.7	10,459.3	1,390.2	0.11	0.45	0.77	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23
2000	116,286.6	41,118.0	15,410.8	1,786.9	0.06	0.30	0.45	0.13	0.21	0.21	0.21	0.21
2001	184,259.6	41,336.3	11,463.9	3,697.7	0.02	0.31	0.57	0.16	0.20	0.20	0.20	0.20
2002	209,576.5	68,382.6	11,497.1	2,470.5	0.04	0.48	0.59	0.17	0.23	0.23	0.23	0.23
2003	217,223.0	73,923.0	15,551.2	2,350.1	0.04	0.44	0.91	0.26	0.24	0.24	0.24	0.24
2004	207,336.8	76,387.5	17,423.0	2,302.9	0.03	0.55	0.86	0.24	0.53	0.53	0.53	0.53
2005	266,660.5	54,831.1	12,038.3	2,026.0	0.03	0.31	1.00	0.29	0.54	0.54	0.54	0.54
2006	185,500.0	70,118.6	10,930.1	1,196.9	0.06	0.49	0.61	0.17	0.49	0.49	0.49	0.49
2007	262,594.4	49,739.3	12,241.0	1,700.8	0.03	0.48	0.56	0.16	0.47	0.47	0.47	0.47
2008	313,932.8	73,708.6	8,916.1	2,019.2	0.08	0.18	0.48	0.14	0.41	0.41	0.41	0.41
2009	258,324.4	88,936.7	18,939.1	1,694.5	0.03	0.28	0.27	0.08	0.53	0.53	0.53	0.53
2010	210,312.8	68,424.8	18,264.4	3,943.8	0.06	0.30	0.38	0.11	0.56	0.56	0.56	0.56
2011	208,274.9	52,759.7	13,456.6	3,335.8	0.04	0.27	0.30	0.09	0.56	0.56	0.56	0.56
2012	165,594.6	53,507.6	10,752.6	2,648.8	0.08	0.30	0.28	0.08	0.60	0.60	0.60	0.60
2013	171,737.1	38,974.8	10,097.7	2,071.2	0.14	0.51	0.40	0.11	1.09	1.09	1.09	1.09
2014	88,176.8	23,455.8	3,672.1	1,059.5	0.54	1.20	0.46	0.13	1.07	1.07	1.07	1.07
2015	121,088.0	8,159.8	1,125.4	367.4	0.30	0.80	1.07	0.30	1.13	1.13	1.13	1.13
2016	103,959.6	13,474.6	551.7	58.4	0.33	1.55	1.01	0.29	1.30	1.30	1.30	1.30
2017	67,275.9	9,417.3	360.3	25.5	0.37	1.32	1.15	0.33	1.16	1.16	1.16	1.16
2018	85,472.4	6,769.4	367.7	16.6	0.14	1.06	0.89	0.25	1.32	1.32	1.32	1.32
2019	108,327.7	9,269.4	292.2	18.8	0.27	0.76	0.22	0.06	1.03	1.03	1.03	1.03
2020	121,223.6	13,647.6	714.8	38.6	0.15	0.43	0.20	0.06	0.90	0.90	0.90	0.90
2021	327,395.8	19,726.7	1,669.7	110.1	0.05	0.20	0.08	0.02	0.79	0.79	0.79	0.79
2022	88,227.1	65,801.7	3,423.3	325.8	0.12	0.06	0.02	0.01	0.70	0.70	0.70	0.70
2023	71,356.5	18,154.9	14,262.2	774.8	0.11	0.23	0.01	0.00	0.53	0.53	0.53	0.53

補足表 9-2. (続き)

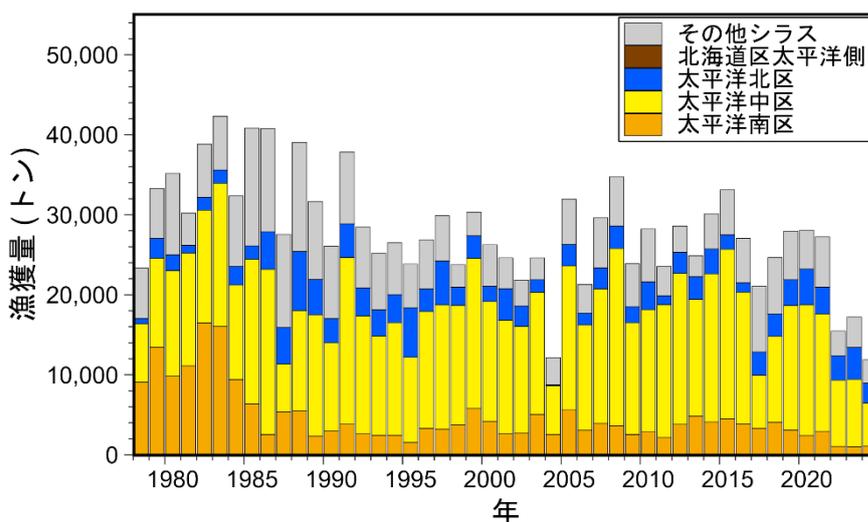
年	年齢別資源量(千トン)				資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	資源量 (千トン)	漁獲割合 (%)
	0歳魚	1歳魚	2歳魚	3歳魚				
1978	4,332.5	1,562.8	668.1	382.8	6,946.2	2,613.6	43.0	0.6
1979	666.9	642.6	194.5	47.7	1,551.7	884.8	57.4	3.7
1980	239.9	134.4	92.9	25.1	492.4	252.4	66.0	13.4
1981	273.5	74.0	27.1	23.4	398.0	124.5	50.6	12.7
1982	198.6	86.0	13.3	3.4	301.3	102.8	47.5	15.8
1983	366.8	67.9	18.7	2.1	455.6	88.7	55.2	12.1
1984	260.3	106.4	11.8	5.0	383.5	123.2	90.0	23.5
1985	302.7	73.5	6.7	0.4	383.3	80.6	61.4	16.0
1986	300.0	105.5	7.9	1.3	414.7	114.7	66.1	15.9
1987	212.3	130.5	20.7	1.8	365.3	153.0	62.7	17.2
1988	244.7	102.8	40.5	8.1	396.0	151.4	68.1	17.2
1989	583.7	266.2	36.2	22.0	908.2	324.5	87.8	9.7
1990	929.7	589.2	125.6	10.6	1,655.2	725.5	215.9	13.0
1991	564.9	593.5	218.1	41.2	1,417.7	852.8	202.3	14.3
1992	643.1	433.2	223.0	59.8	1,359.0	715.9	178.3	13.1
1993	403.6	439.3	153.1	45.9	1,041.8	638.2	100.5	9.6
1994	430.8	385.7	202.4	58.1	1,077.0	646.2	110.4	10.3
1995	436.9	447.9	168.5	88.8	1,142.1	705.2	141.7	12.4
1996	759.4	361.4	155.3	41.2	1,317.3	557.9	207.9	15.8
1997	1,298.3	489.0	85.5	20.6	1,893.5	595.1	134.5	7.1
1998	1,677.7	757.1	151.9	10.6	2,597.3	919.6	319.4	12.3
1999	1,014.4	892.9	201.7	33.1	2,142.1	1,127.7	328.0	15.3
2000	863.5	714.0	301.8	43.2	1,922.5	1,059.0	213.1	11.1
2001	1,328.3	639.8	247.3	93.4	2,308.8	980.5	197.9	8.6
2002	1,731.8	951.7	225.4	63.6	2,972.5	1,240.7	334.4	11.2
2003	1,847.7	1,156.8	296.5	56.1	3,357.0	1,509.3	408.0	12.2
2004	2,150.7	1,162.7	331.6	52.0	3,696.9	1,546.2	401.9	10.9
2005	1,713.7	911.8	243.3	48.0	2,916.8	1,203.1	237.7	8.1
2006	1,617.6	957.1	204.9	28.0	2,807.6	1,190.0	303.4	10.8
2007	1,563.3	785.5	238.5	38.7	2,626.1	1,062.8	242.5	9.2
2008	1,556.9	1,082.7	187.0	48.5	2,875.1	1,318.2	209.1	7.3
2009	2,058.6	1,293.5	351.6	37.1	3,740.7	1,682.2	240.9	6.4
2010	1,298.2	1,072.4	376.1	96.7	2,843.5	1,545.3	247.6	8.7
2011	1,541.9	763.1	270.7	81.2	2,656.9	1,115.0	160.0	6.0
2012	791.4	749.3	208.3	66.8	1,815.9	1,024.5	154.5	8.5
2013	911.0	515.6	209.9	49.9	1,686.4	775.4	156.0	9.3
2014	391.6	237.9	73.8	27.2	730.5	338.9	144.0	19.7
2015	416.4	80.9	23.6	9.6	530.6	114.2	66.5	12.5
2016	457.4	104.8	9.5	1.3	573.0	115.5	77.7	13.6
2017	273.9	73.5	5.6	0.6	353.5	79.6	54.3	15.4
2018	361.7	49.3	5.5	0.3	416.8	55.1	29.1	7.0
2019	310.8	63.8	3.8	0.3	378.7	67.9	44.3	11.7
2020	629.0	119.1	12.4	0.7	761.3	132.3	57.0	7.5
2021	1,287.0	145.0	32.4	2.4	1,466.8	179.8	42.2	2.9
2022	494.5	449.1	56.0	7.2	1,006.8	512.3	40.2	4.0
2023	394.4	179.7	228.2	13.7	816.0	421.6	41.2	5.1

補足資料 10 シラス漁獲量

カタクチイワシは未成魚と成魚が漁業対象となっているばかりでなく、仔魚期にはシラスとして沿岸漁業における重要な漁獲対象となっている。1978年以降の太平洋におけるシラス漁獲量（漁業・養殖業生産統計年報、以下「農林統計」）は1.2万～4.2万トンの範囲で比較的安定して推移している（補足図10-1、補足表10-1）。その中で年間漁獲量が2万トンを下回った年は2004年および2022～2024年であり、直近3年間は連続して漁獲量が少ない。2024年は過去最少のシラス漁獲量となった。

シラス漁獲量に含まれるカタクチイワシシラスの漁獲量を推定するために、県別・月別に、主要港におけるシラス水揚量とカタクチイワシシラスの混獲率データを収集・集計し、そこから年間のカタクチイワシシラス水揚量と混獲率を海区別に求めた。海区分分は農林統計の海区分分に準じた。主要港データに基づく海区別混獲率を農林統計の太平洋側の海区分別シラス漁獲量に適用して、太平洋海域におけるカタクチイワシシラス漁獲量を推定した。

推定されたカタクチイワシシラス漁獲量は、0.88万～3.6万トンの範囲で比較的安定して推移している。その中で、2024年の漁獲量は0.89万トンと過去2番目に低い値であった（補足図10-1、補足表10-1）。シラス漁場は、本系群の産卵場や分布域全体から見ればごく一部の極めて沿岸寄りの海域であることから、基本的にはシラス漁業が太平洋系群の資源に与える影響は限定的であると考えられる。しかし、近年は沖合域における本系群の未成魚・成魚の分布量は低調であることから（補足資料6）、沿岸域の成育場および産卵場の重要度が高まっているとも考えられるため、引き続きシラスの動向を注視する必要がある。



補足図10-1. 海区別のカタクチイワシシラス漁獲量とその他シラス漁獲量の推移

補足表 10-1. シラス漁獲量と推定されたカタクチイワシシラス漁獲量およびシラス漁獲量に占めるカタクチイワシシラスの割合

年	漁業・養殖業生産統計年報のシラス漁獲量 (トン)					主要港合計	太平洋合計 (推定値)	
	太平洋 南区	太平洋 中区	太平洋 北区	北海道区 太平洋側	太平洋 合計	シラス漁獲量 (トン)	カタクチイワシ シラス漁獲量 (トン)	カタクチイワシ シラスの割合 (%)
1978	12,446	10,019	906	0	23,371	8,643	17,036	73
1979	16,518	13,732	3,040	0	33,290	12,384	27,041	81
1980	13,769	18,559	2,836	0	35,164	16,791	25,009	71
1981	12,793	16,264	1,132	0	30,189	14,880	26,186	87
1982	19,857	17,015	1,953	0	38,825	14,039	32,194	83
1983	18,406	21,879	2,020	0	42,305	26,069	35,588	84
1984	12,358	16,725	3,276	0	32,359	20,092	23,543	73
1985	14,937	23,692	2,205	0	40,834	31,951	26,126	64
1986	11,343	24,721	4,696	0	40,760	31,792	27,867	68
1987	11,672	11,274	4,592	0	27,538	18,945	15,910	58
1988	12,084	19,414	7,561	2	39,061	26,228	25,399	65
1989	10,322	16,344	4,953	43	31,662	25,025	21,915	69
1990	9,889	13,054	3,138	1	26,082	24,526	17,016	65
1991	11,628	21,929	4,303	1	37,861	35,500	28,865	76
1992	9,977	14,921	3,548	2	28,448	25,022	20,859	73
1993	8,255	13,553	3,332	37	25,177	23,119	18,146	72
1994	8,414	14,498	3,571	8	26,491	24,239	20,025	76
1995	6,176	10,833	6,828	1	23,838	23,099	18,384	77
1996	8,747	14,974	3,156	0	26,877	24,559	20,737	77
1997	7,808	15,679	6,388	0	29,875	26,104	24,225	81
1998	6,320	14,960	2,463	1	23,744	20,126	20,957	88
1999	8,395	18,877	3,050	2	30,324	29,440	27,357	90
2000	8,312	15,243	2,685	1	26,241	24,824	21,078	80
2001	4,496	14,570	5,528	14	24,608	23,534	20,759	84
2002	4,214	13,654	3,970	7	21,845	19,660	18,601	85
2003	7,214	15,507	1,876	3	24,600	24,594	21,882	89
2004	5,808	6,161	176	7	12,152	10,796	8,754	72
2005	9,142	18,067	4,725	4	31,938	25,652	26,278	82
2006	5,409	13,211	2,660	1	21,281	18,728	17,721	83
2007	7,397	17,008	5,218	6	29,629	26,547	23,350	79
2008	6,422	22,972	5,345	2	34,741	28,734	28,608	82
2009	5,538	14,268	4,062	3	23,871	20,689	18,508	78
2010	6,890	15,462	5,854	4	28,210	23,439	21,607	77
2011	5,064	17,335	1,136	3	23,538	20,389	19,880	84
2012	6,768	19,177	2,647	5	28,597	24,817	25,310	89
2013	7,059	14,928	2,895	1	24,883	21,255	22,264	89
2014	6,751	20,064	3,322	4	30,141	25,398	25,714	85
2015	7,315	23,606	2,190	3	33,114	27,313	27,496	83
2016	6,807	18,842	1,402	2	27,053	23,473	21,498	79
2017	6,009	10,891	4,173	3	21,076	17,748	12,846	61
2018	6,784	13,783	4,070	1	24,638	20,323	17,604	71
2019	6,395	17,634	3,920	1	27,950	21,970	21,884	78
2020	5,425	16,894	5,754	0	28,073	23,377	23,213	83
2021	6,442	16,672	4,123	1	27,238	23,053	20,972	77
2022	2,785	8,737	3,931	1	15,454	13,097	12,378	80
2023	2,829	8,943	5,443	1	17,216	15,251	13,408	78
2024	2,668	5,781	3,414	0	11,863	10,950	8,941	75