

令和 5（2023）年度スケトウダラ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（境 磨・千村昌之・千葉 悟・
濱邊昂平・佐藤隆太・伊藤正木・濱津友紀・鈴木勇人・岩原由佳）
開発調査センター

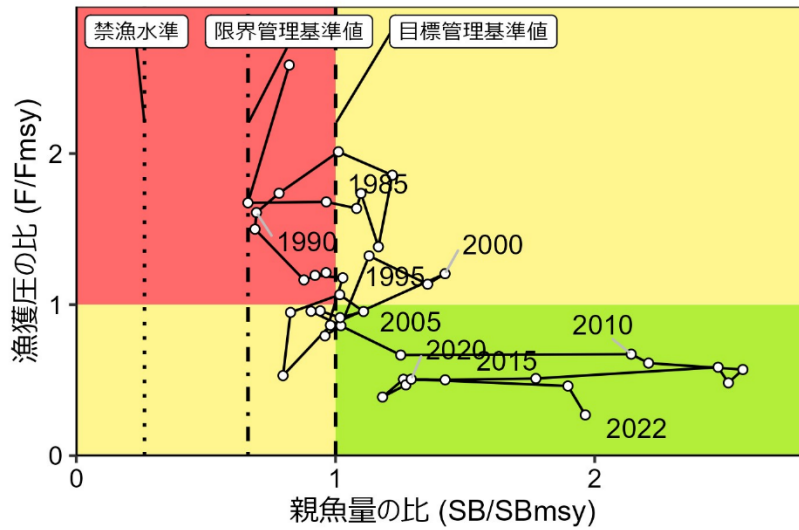
参画機関：北海道立総合研究機構釧路水産試験場、北海道立総合研究機構栽培水産試験場、
北海道立総合研究機構函館水産試験場、青森県産業技術センター水産総合研究
所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋
研究センター、福島県水産資源研究所、茨城県水産試験場、海洋生物環境研究
所

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値（沖合底びき網漁業および沿岸漁業の単位努力量当たり漁獲量（CPUE））をチューニング指数としたコホート解析により推定した。資源量（0歳以上の総重量）は、2004～2009年漁期（4月～翌年3月）に91.2万トンから145.0万トンへ増加した後、2011～2015年漁期に144.5万トンから81.3万トンへ減少する等、大きな増減を示した。近年の資源量は増加傾向にあり、2022年漁期の資源量は94.6万トンであった。親魚量は2010年漁期に急増し、2012年漁期に58.6万トンに達した後は2018年漁期まで減少するなど、資源量から数年遅れた増減傾向を示した。2022年漁期は前年から増加し44.8万トンであった。これらの増減は高豊度の年級群の加入に起因する。2004～2015年漁期の資源量の増減は2005年および2007年に卓越年級群（加入量（0歳魚の資源尾数）が30億尾を上回る年級群）が発生したことと、2008年以降、2009年級群（26.4億尾）を除き高豊度の年級群が加入しなかったことにより引き起こされた。近年の資源量の増加傾向は2016年と2017年に高豊度の年級群が発生したことによる。このうち2016年級群は加入量が32億尾と推定される卓越年級群と考えられる。高豊度の年級群が発生する一方で、2010、2015、2018、および2019年には2.2億～5.5億尾と評価期間のなかでも非常に低い水準の年級群もみられた。調査船調査の結果からは2022年級群が高豊度である可能性があり、短期的には現状の増大した資源量は一旦減少し、その後増加すると考えられる。

令和2年12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、本系群では目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準、および漁獲管理規則が定められた。目標管理基準値は最大持続生産量MSYを実現する親魚量（22.8万トン）であり、2022年漁期の親魚量はこれを上回る。また2022年漁期の漁獲圧は、MSYを実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近5年間（2018～2022年漁期）の推移から「増加」と判断される。本系群の漁獲シナリオでは、2024年漁期以降は調整係数を0.9とした漁獲管理規則に従うとされている。これに基づき算出された2024年漁期のABCは17.6万トンである。

要 約 図 表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
最大持続生産量(MSY)	17.1 万トン
MSY を実現する水準の親魚量	22.8 万トン
2022 年漁期の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2022 年漁期の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2022 年漁期の親魚量の動向	増加
2024 年漁期の ABC	17.6 万トン
コメント:	
ABC の算定は、令和 2 年 12 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取り纏められた漁獲シナリオに基づく。漁獲シナリオでは、2021~2023 年漁期の漁獲量は 17 万トンで固定とし、2024 年漁期以降の漁獲量は $\beta=0.9$ とする漁獲管理規則に従うとされている。本系群の漁期年は 4 月~翌年 3 月である。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
漁期年	資源量 (万トン)	親魚量 (万トン)	漁獲量 (万トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2018	117.6	26.9	7.7	0.39	7
2019	91.2	29.0	9.0	0.47	10
2020	91.8	29.5	9.7	0.51	11
2021	93.3	43.2	11.2	0.46	12
2022	94.6	44.8	7.8	0.27	8
2023	98.4	40.7	11.0	0.41	11
2024	103.8	30.6	17.6	0.90	17
・2023、2024 年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。 ・2024 年漁期の漁獲量には ABC の値を用いた。					

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・漁期年別 漁獲尾数	主要港漁業種別水揚量(北海道～茨城(6)道県) 北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 太平洋北区沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 生物情報収集調査(水研、北海道～茨城県(6)道県)
資源量指標値 ・産卵量指標値 ・加入量指標値 ・親魚量指標値	スケトウダラ卵・仔魚分布調査(12月～翌年3月、水研) ・リングネット スケトウダラ音響トロール調査(6～7月、水研)* ・計量魚探、トロール 道東太平洋スケトウダラ資源調査(11月、北海道) ・計量魚探、トロール マダラ・スケトウダラ新規加入量調査およびズワイガニ分布調査(4月、水研)、マダラ・スケトウダラ新規加入量調査(4～12月、岩手県～福島県(3)県) ・計量魚探、トロール 北海道沖合底びき網漁業 年齢別標準化 CPUE(水研)** ・北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書、生物情報収集調査 スケトウダラ産卵来遊群分布調査(8～9月、北海道) ・計量魚探、トロール 北海道すけとうだら固定式刺し網漁業 CPUE(北海道) ・漁獲成績報告書から得られる資源量指標値** ・操業日誌から得られる標準化 CPUE**
自然死亡係数 (M)	3歳以上には年当たり0.25を仮定(Widrig(1954)の方法) 2歳には0.3、1歳には0.35、0歳には0.4を仮定
漁獲努力量	北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 北海道すけとうだら固定式刺し網漁獲成績報告書(北海道)

*は直近3年間の加入量の推算に用いた加入量指標値である。

**はコホート解析におけるチューニング指数である。

年齢別・漁期年別漁獲尾数は、主要水揚港での漁法別・時期別の漁獲物サンプルから推定した年齢組成情報に基づき算出した。道東海域の沖合底びき網漁業(以下、「沖底」という)の年齢別漁獲尾数は、2015年漁期まではオッタートロール漁法(以下、「オッタートロール」という)の漁獲物サンプルから得られた年齢組成情報、2016年漁期以降はオッタートロールに加えてかけまわし漁法(以下、「かけまわし」という)の漁獲物サンプルから得られた年齢組成情報も用いて算出した。なお、本系群に関する漁期は4月～翌年3月であり、年齢の起算日も4月1日としている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群は、常磐から北方四島にかけての太平洋岸に分布している（図 2-1）。主産卵場は噴火湾周辺海域であるが（Nishimura et al. 2002）、金華山周辺海域、道東海域および択捉島周辺海域にも産卵場が存在すると考えられている（児玉ほか 1988、Tsuji 1989、濱津・八吹 1995、ヴェリカノフ 2013）。主産卵場である噴火湾周辺海域で発生した卵のうち、噴火湾内へ輸送された個体については湾内で仔稚魚期を過ごした後、多くが道東海域や北方四島水域へ移動する（Nakatani 1988、本田ほか 2003、Honda et al. 2004）。また、これらの海域で未成魚期を過ごした多くの個体は、成熟すると噴火湾周辺海域へ産卵回遊するが、産卵が終了すると再び道東海域や北方四島水域へ索餌回遊し、以後、この産卵回遊と索餌回遊を繰り返す。なお、東北太平洋岸に分布する本系群の多くは、噴火湾周辺海域で発生した個体と考えられている（小林 1985、金丸 1989）。親潮の勢力が強かった 1980 年代には東北海域が本系群の成育場として機能することで加入量が比較的安定していたことが指摘されている（Shida et al. 2007）。

(2) 年齢・成長

各年齢における尾叉長（4 月 1 日時点）と体重（漁期平均）を図 2-2 に示す。本系群はおおよそ 4 歳で 40 cm、7 歳で 50 cm に達する。寿命については明らかとなっていない。道東海域の漁獲物には稀に 20 歳を超える個体が含まれている。なお、ベーリング海での最高齢は 28 歳と推定されている（Beamish and McFarlane 1995）。

(3) 成熟・産卵

本系群では、おおむね 3 歳で成熟を開始し、4 歳で大部分の個体が成熟する（図 2-3）。50%成熟体長は雌で体長 36~41 cm、雄で 33~38 cm であり、分布密度や成長の良し悪しにより年変動する（Hamatsu and Yabuki 2007）。また、主産卵場である噴火湾周辺海域における産卵期は 12 月~翌年 3 月で、産卵盛期は 1、2 月である（前田ほか 1981、尹 1981）。

本系群の加入量変動要因については、資源量推定等高精度化推進事業などにおいて現在も調査中である。本系群の再生産構造には、母性効果（Kajiwara et al. 2022）や、1980~1990 年代の 10 年規模の海洋環境変動の影響が指摘されている（Hamatsu et al. 2004）。また、豊度の高い年級群の発生には、冬季の高水温（Funamoto 2007、Funamoto et al. 2013、2014）や、仔魚期の体長（Funamoto et al. 2013）の重要性が指摘されている。実際に、冬季の噴火湾周辺海域の水温が例年よりも高かった 2009 年以前に比べて、冬季~春季の水温が低い 2010 年以降は仔稚魚期におけるサイズが小型であり、高豊度の年級群が発生していない（Kuroda et al. 2020）。なお、高水温下であったにもかかわらず加入量は少ない年級群や（例えば 1997 年級群）、大型であったにもかかわらず加入量はさほど多くない年級群もあり（例えば 2008 年級群）、水温や体長などから加入量を予測するには更なる検討が必要である。

(4) 被捕食関係

餌生物は、主にオキアミ類や橈脚類をはじめとする浮遊性甲殻類であるが、小型魚類、イカ類、底生甲殻類および環形動物なども摂餌している（前田ほか 1983、Yamamura et al.

2002)。本種を餌とする捕食者として、道東海域ではマダラ、アブラガレイ、イトヒキダラ等が報告されているほか、大型魚による共食いもみられる（Yamamura 2004、Yamamura and Nobetsu 2011、Wang et al. 2022）。また、海獣類の餌生物としても重要である（Tamura and Fujise 2002）。前述のとおり、共食いや他種による捕食圧が高いと考えられる本系群については、仔魚期のサイズが大きい場合に高豊度の加入が得られる可能性が示唆されている（Funamoto et al. 2013）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群は、沖底のほか、すけとうだら固定式刺し網漁業（以下、「刺し網」という）や定置網漁業（以下、「定置網」という）などの沿岸漁業でも漁獲されている。沖底にはオッタートロールとかけまわしが含まれる。1980年代には北方四島水域や東北太平洋岸における漁獲量も多かったが、近年の主漁場は北海道の渡島・胆振地方と十勝・釧路地方である。渡島・胆振地方においては沿岸漁業が主体であり、主漁期は10月～翌年1月である。一方、十勝・釧路地方においては沖底が主体であり、主漁期は9～11月である。なお、千島列島南西海域では、ロシアの大型トロール船が操業を行っているが、その詳細は不明である。

本系群はTAC制度により管理されている。2010年漁期からは、大量来遊発生時に一時的にABCを超えたTACを翌年以降分から先行利用する制度が導入された。また2013、2014、および2015年漁期にはTACの期中改定による漁獲枠の拡大も行われた。噴火湾周辺海域では、2007年漁期以降、一部の漁期年を除き、刺し網を対象とした行政指導による漁期、漁獲量および漁獲努力量の調整を実施している。沖底でもTACなどを考慮した操業調整が行われている。

根室半島の漁獲については、2011年漁期以降、落石地区を除く根室市の漁獲量のうち、底建網と小定置の漁獲量をスケトウダラ根室海峡に、それら以外を太平洋系群に加算している。2010年漁期以前については、根室市の全漁獲量を太平洋系群に加算した。

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量を図3-1と表3-1に示す。漁獲量は2000年代前半に20.0万トン台から急減し、2002年漁期には10.9万トンまで落ち込んだが、その後、増加に転じ、2005～2014年漁期はTAC規制なども働き14.3万～17.5万トンで安定して推移した。しかし、2015～2018年漁期は減少傾向となり、2018年漁期には7.7万トンまで減少した。2019年漁期以降は増加に転じ、2021年漁期には11.2万トンに至ったが2022年漁期は道東での漁獲量が大きく減少し7.8万トンとなった。2022年漁期の道東の漁獲量の減少は、主に沖底の操業海域での漁場形成が著しく悪かったことによる。漁獲量に占める各海域の比率は、2004～2013年漁期には襟裳以西で道東よりも多い傾向が続いていたが、2014～2021年漁期は道東の漁獲量が襟裳以西を上回っている。2022年漁期は前述の通り道東での漁獲量が減少し、9年ぶりに襟裳以西のほうが道東よりも多い漁獲量となった。北方四島水域では、日本とロシアとの地先沖合漁業協定に基づき沖底による漁獲が行われてきた。平成27（2015）年の日ロ漁業委員会により同水域でのスケトウダラの割当量は大幅に減少し、2015年漁期以

降の漁獲実績はない。韓国漁船による漁獲は1987年漁期から始まり、1998年漁期には漁獲量が7.5万トンに達したが、新日韓漁業協定に基づき1999年漁期で終了した。東北の漁獲量は2016～2020年漁期は1万トンを下回っていたが、近年は2021年漁期に1.4万トン、2022年漁期に1.7万トンと増加傾向にある（表3-1）。

年齢別漁獲尾数を図3-2と補足資料5に示す。1980年代には0、1歳魚の漁獲が多かったが、これらは主に東北太平洋岸において漁獲されたもので、同海域の漁獲量の減少に伴い1990年代以降は少ない状態が続いている。また、1990年代には2、3歳魚の漁獲が多かったのに対し、2000年代後半以降は、漁獲の中心が4歳以上となっている。2022年漁期は5歳魚（2017年級群）および6歳魚（2016年級群）が全体の漁獲量の79%を占めていた。

(3) 漁獲努力量

漁獲量が総漁獲量に占める割合の大きい漁業は、北海道を根拠地とする（以下、「北海道根拠」という）沖底と襟裳以西海域の刺し網である。2022年漁期は、北海道根拠の沖底が総漁獲量の44%、襟裳以西海域の刺し網が総漁獲量の29%を漁獲した。これら漁業の漁獲努力量を図3-3、3-4、3-5と表3-2に示す。

北海道根拠の沖底の漁獲努力量として、スケトウダラの有漁操業の網数の推移を図3-3に示した。襟裳以西海域のかけまわしについては、2000～2012年漁期は4千網前後で推移していたが、2013～2014年漁期に操業隻数の減少に伴い減少し、2015～2019年漁期は2.5千網前後、2020～2022年漁期は1.4千～1.9千網で推移している。道東海域と北方四島水域のかけまわしの有漁網数については、1980～2000年代に減少し、2003年漁期以降は8千網前後で横ばい傾向にあったが、2022年漁期は前述の通りスケトウダラの漁場形成が著しく不良であったため6.4千網まで減少した。これらの海域のオッターコントロールについても1980～2000年代に減少し、2000～2006年漁期には横ばい傾向となったものの、2007年漁期以降は再び減少傾向にある。スケトウダラを主体とした操業での漁獲努力量として、1日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が多い順に、1年の漁獲量の90%を占める操業を抽出し、その網数の推移を図3-4に示した。この操業における漁獲努力量は、襟裳以西海域のかけまわしでは1996年漁期以降漸減傾向である一方、道東海域のかけまわしでは1996～2004年漁期の増減の後には2015年漁期まで漸増傾向であった。その後は横ばいで推移したが、2022年漁期は大きく減少した。道東海域のオッターコントロールについては2000年漁期以降漸増傾向を示したが、2007年漁期以降は減少傾向にある。

襟裳以西海域の刺し網の漁獲努力量として、刺し網の漁獲成績報告書（以下、「漁績」という）に記載された、南かやべ、鹿部、およびいぶり中央漁業協同組合による使用反数の月別集計値を図3-5に示した。なお、刺し網の仕様は漁業協同組合ごとに異なるため、網の長さで反数を補正した。集計対象とした漁区は、ほぼ毎年使用されている179、182～194および197番漁区に限定した。集計期間は、TACによる操業規制などで2月以降は操業しなかった漁期があるため、10月～翌年1月に限定した。操業記録のある2003年漁期以降において、使用反数の合計値は2007年漁期まで漸増した後、2008～2010年漁期に急減し、その後は漸減傾向にある。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

Pope (1972) の式を用いたコホート解析により、1981～2022 年漁期の資源量を推定した。計算には 1981 年漁期以降の漁期年で集計した年齢別漁獲尾数と年齢別平均体重を用い、北海道根拠の沖底の年齢別標準化 CPUE (3～7 歳) と沿岸漁業の CPUE (刺し網の漁績から得られる資源量指標値、および刺し網の操業日誌から得られる標準化 CPUE) の変動と、それぞれの CPUE に対応する資源量の変動が合うように年齢別の漁獲係数 (F 値) を推定した。F 値の推定の安定化のため、その大きさに応じてペナルティを課す推定方法 (リッジ VPA ; Okamura et al. 2017) を用いた (詳細は補足資料 2 を参照)。なお、本系群の 0～2 歳魚は漁獲の主対象ではないため、コホート解析では、直近 3 年間の年級群の加入量の推定精度は低いと考えられる。そのため、2020～2022 年級群の資源尾数についてはスケトウダラ音響トロール調査で得られた 1 歳魚の現存量指標値を用いた調査結果による推定を行った (補足資料 2)。

(2) 資源量指標値の推移

北海道根拠の沖底の年齢別標準化 CPUE を図 4-1 に示す。これは漁績にて報告された 1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が多い順に、1 年の漁獲量の 90%になるまで日別・船別・漁区別の操業データを抽出したものと、年齢査定の結果に基づき、1999 年以降の 1 網当たりの漁獲尾数について、デルタ型 2 段階モデルを用いて年齢別 (3～7 歳) に標準化 CPUE を算出したものである (詳細は補足資料 2 および標準化 CPUE についての文書 FRA-SA2023-SC09-201 (境ほか 2023) を参照)。3 歳魚の CPUE は 2003 年漁期および 2008 年漁期に高く、これらはそれぞれ 2000 年級群および 2005 年級群に相当する。4 歳の CPUE は 1999 年漁期および 2009 年漁期に高く、これらは 1995 年級群および 2005 年級群に相当する。1995 年級群および 2005 年級群は、5 歳では 2000 年漁期および 2010 年漁期、6 歳では 2001 年漁期および 2011 年漁期、7 歳では 2002 年漁期および 2012 年漁期と、他の年齢でも高い CPUE を示した。一方、年齢を経てから他に比べて高い CPUE が示される年級群もみられた (たとえば 2007 年級群および 2009 年級群)。2013 年漁期に 3 歳時の CPUE が低い値を示した 2010 年級群は、その後いずれの年齢でも低い CPUE を示した。2011 年級群以降の加入群では、2014 年級が 2021 年漁期に 7 歳時点でも高い CPUE を示した。2016 年級群は 2020 年漁期に 4 歳魚、2021 年漁期に 5 歳魚、2022 年漁期に 6 歳魚として漁獲され、それぞれ近年では非常に高い CPUE となった。また、2017 年級群は 2021 年漁期に 4 歳魚、2022 年漁期に 5 歳魚として高い CPUE を示したが、2016 年級群の 4 歳および 5 歳時の CPUE よりは低かった。なお、2018 年級群が 3、4 歳の時点、2019 年級群が 3 歳の時点で非常に低い CPUE を示していることに注意を要する。

2003 年漁期以降の襟裳以西海域における刺し網の資源量指標値を図 4-2 に示す。この刺し網の資源量指標値は、前述した刺し網の漁獲努力量を基に月別・漁区別 CPUE を算出し、それらを月別に合算したものである。各月の資源量指標値は、各月に漁場を通過する魚群量を表していると考えられるため、10 月～翌年 1 月の資源量指標値の合計値を、漁期全体における産卵親魚の来遊量の指標とみなした。刺し網の資源量指標値の合計値は、2010 年漁期をピークに 2016 年漁期まで減少傾向にあった。その後は横ばいで推移したが、2021

年漁期は2014年漁期並みの水準まで増加した。2022年漁期は2021年漁期よりも減少したが、直近5年間（2018～2022年漁期）では2021年漁期に次いで高い水準にある。

2010年漁期以降については、渡島と胆振地区の刺し網船団の代表船（18隻）から操業日誌を収集し、操業日ごとの操業位置（緯度・経度）、使用した網数（反）、漁獲量等のデータを用いて標準化 CPUE（資源量指標値）を算出した。この値についても、漁績から得られる上述の指標とは別の面からみた産卵親魚の来遊量の指標として扱った。標準化 CPUE も2016年漁期まで減少傾向にあったが、2017年漁期以降は増加に転じている。2022年漁期は2021年漁期からわずかに増加しているが、2020年漁期よりは低い水準である（図4-3）。

（3）資源量と漁獲圧の推移

コホート解析によって推定した加入量（0歳魚の資源尾数）、資源尾数、資源量（資源重量）、および親魚量を図4-4、4-5、4-6、4-7と表4-1に示す（詳細は補足資料5参照）。

加入量は、1981年漁期以降2.2億～53.9億尾で変動したと推定された（図4-4、表4-1）。その中で、加入量が30億尾を上回った年級群を卓越年級群と定義すると、1981、1991、1994、1995、2005、2007、および2016年級群が卓越年級群となった。また、1982、1988、1989、2000、および2009年級群も26億尾以上の高い加入量を示し、卓越年級群に次ぐ豊度の高い年級群と考えられた。近年では2016年級群が2007年級群以来の卓越年級群と考えられ、翌年の2017年級群も21.9億尾と比較的高豊度である。一方で、2010、2015、2018、および2019年級群の加入量は、2.2億～5.5億尾と評価期間を通して低い水準となっている。直近3年間の加入量（2020～2022年級群）は、コホート解析による推定精度が低いと考えられるため、6～7月のスケトウダラ音響トロール調査で得られた現存量指標値とコホート解析で推定された資源尾数との関係に基づき線形外挿により推算した。これらの3年間の年級群のうち、2022年級群は0歳魚時点で22.1億尾と算出され、2017年級群並みの高豊度の加入群であると考えられる。親魚量に対する加入量の比（再生産成功率 RPS）は概ね加入量と類似した変動パターンを示した（図4-4）。

資源量（0歳以上の総重量）は、2004～2009年漁期に91.2万トンから145.0万トンに増加した後、2011～2015年漁期には144.5万トンから81.3万トンへ減少するなど、大きな増減を示した。資源尾数（0歳以上の総尾数）は31億～93億尾で増減し、前述の卓越年級群やそれに次ぐ豊度の高い年級群が発生した漁期年の1～2年後に資源量が増加する傾向にあった（図4-5、4-6、表4-1）。前述の通り、2016年級群および2017年級群は豊度の高い年級群と考えられ、これらが加入したことで近年の資源量は増加傾向にある。2022年漁期の資源量は94.6万トンと推定された。

親魚量は、その漁期年の初期資源量のうち成熟しているものに相当し、前年の冬に産卵してその漁期年の年級群を生み出した親魚量を示す。すなわち、ある漁期年に0歳で加入する年級群は、卵の時点では前年の漁期年の冬に産卵されたものである。1981～2009年漁期の親魚量は15.1万～32.4万トンで安定して推移していたが、2010年漁期に急増し、2012年漁期には58.6万トンに達した（図4-7、表4-1）。その後は2018年漁期まで減少していたが、近年は再度増加して2022年漁期は44.8万トンと推定された。2010～2012年漁期の親魚量の急増は、卓越年級群である2005年級群および2007年級群の産卵加入による。これ

らの卓越年級群は 2015 年漁期および 2017 年漁期に 10+歳に、比較的高豊度であった 2009 年級群も 2019 年漁期に 10+歳になるなど高齢化が進んだ。一方で、2008 年以降、2016 年まで卓越年級群の発生がみられず、特に 2010、2015 年級群は豊度が著しく低かった。加入量が少ない状況が続いたことで、2018 年漁期までの親魚量の減少がもたらされたと考えられる。2021 年漁期以降の親魚量の増加は、豊度の高い 2016 年級群および 2017 年級群が成熟に至ったことによる。

コホート解析に使用した自然死亡係数 (M) の値が資源計算に与える影響をみるため、3 歳以上の M である 0.25 を ± 0.05 で変化させた場合の資源量と親魚量を推定した。資源量および親魚量は、ともに M が大きくなると増加し、M が小さくなると減少した (図 4-8)。

漁獲係数 F の推移は年齢によって変動パターンが異なるが、2010 年漁期以降はいずれの年齢の F 値も低下し、特に 6 歳以上の高齢魚で低い F 値で安定して推移している (図 4-9)。漁獲割合は、20.0 万トン台の漁獲量がみられた 2000 年代前半までは 20%前後で推移していたが、2006~2012 年漁期は 11~12%で安定して横ばい傾向であった (図 4-10、表 4-1)。その後、資源量が減少に転じた 2013 年漁期からは 2 年連続で上昇して 2014 年漁期に 17%となったが、2015 年漁期以降は漁獲量の減少に伴い漁獲割合も低下に転じ、2018 年漁期には 7%となった。その後は増加し 2021 年漁期には 12%まで上昇したが、2022 年漁期は漁獲量が大きく減少したため 8%まで急減した。

前述の通り、本系群では直近 3 年の加入量にはスケトウダラ音響トロール調査で得られた 1 歳魚の現存量指標値とコホート計算からの推定値との回帰式を用いて推定している。昨年度の評価では、2019、2020、2021 年級群の加入量を 9.6 億、13.8 億、15.9 億尾と推定していた。このうち 2019 年級群の加入量については本年度の評価ではコホート計算による推定値に更新され、2.2 億尾に大幅に下方修正された。2020 年級群および 2021 年級群についても、それぞれ 11.8 億尾および 14.5 億尾に下方修正されたが、これは新たに回帰式の推定に加わった 2019 年級群が非常に低豊度であること、および 2022 年漁期の情報の追加によってコホート計算による 2018 年級群の加入量推定値が 6.4 億尾から 4.2 億尾に下方修正されたことにより、回帰式の切片が昨年度のものに比べて小さくなったことによる。本年度のコホート計算では、近年の資源量や親魚量も全体的にやや下方修正された (補足資料 7)。なお新たに加わった 2022 年級群は、調査での 1 歳魚現存量指標値が 2017 年級群並みの高水準であったことから、その加入量は比較的高豊度である 22.1 億尾と推定された。

(4) 加入量あたり漁獲量 (YPR)、加入量あたり親魚量 (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 4-11 に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。1981 年漁期以降、%SPR は増減をくりかえしながらも概ね増加傾向にある。2011 年漁期以降、30%以上で推移するようになり、2018 年漁期に 41%まで上昇した後、2019~2021 年漁期の %SPR は 37~38%で推移していたが、2022 年漁期に 51%へ急上昇した。現状の漁獲圧として直近 5 年間 (2018~2022 年漁期) の平均 F 値から %SPR を算出すると 40%となった。

現状の漁獲圧に対する YPR と %SPR の関係を図 4-12 に示す。このとき、F の選択率とし

では、令和2年12月に開催された「資源管理方針に関する検討会」に提供したMSYを実現するF(Fmsy)の推定に用いた値(境ほか2021)を用いた。なお、後述するFmsyは%SPRに換算すると19.7%に相当する。Fmsyの選択率は令和2(2020)年度の資源評価で推定された2015~2019年漁期の年齢別F値および年齢別平均体重に基づく。現状の漁獲圧(F2018-2022)はFmsyやF30%SPR、F0.1を下回る。

(5) 再生産関係

親魚量(重量)と加入量(尾数)の関係(再生産関係)を図4-13に示す。上述の「資源管理方針に関する検討会」において、本系群の再生産関係式にはホッカー・スティック型再生産関係が適用されている(境ほか2021)。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、令和2(2020)年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小二乗法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産関係式の各パラメータを補足表3-1に示す。ホッカー・スティックの折れ点は親魚量15.1万トンに位置する。この親魚量以上であれば平均的には18億尾程度の加入量が得られると期待される。

(6) 現在の環境下においてMSYを実現する水準

「管理基準値等に関する研究機関会議」では現在(1981年漁期以降)の環境下における最大持続生産量MSYは17.1万トンと推定された。令和2年度に開催された「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、このMSYを実現する親魚量(SBmsy:22.8万トン)を目標管理基準値とする資源管理目標が定められた。また、歴史的に観察されたことのある最低親魚量(15.1万トン)が限界管理基準値、管理基準値に従い規定される漁獲管理規則での漁獲の下でも10年間で目標管理基準値まで50%以上の確率で回復する親魚量の閾値(6万トン)が禁漁水準とされた(補足表3-2)。平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係(境ほか2021)を図4-14に示す。平均親魚量が多いほど漁獲に占める高齢魚の比率が高くなる傾向が見られる。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSYを実現する親魚量(SBmsy)と漁獲圧(Fmsy)を基準にした神戸プロット(神戸チャート)を図4-15に示す。また、2022年漁期の親魚量および漁獲圧の値とSBmsyおよびFmsyとの比較結果を補足表3-3に示す。漁獲圧(F)の比(F/Fmsy)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。本系群への漁獲圧は、2001年漁期以降、2004年漁期以外はFmsyを下回っており、2022年漁期の漁獲圧はFmsyの半分以下(0.27倍)である。また、親魚量は、2009年漁期以降はSBmsyを上回っており、2022年漁期の親魚量はSBmsyの1.96倍である。親魚量の動向は、直近5年間(2018~2022年漁期)の推移から増加と判断される。

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した2022年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて2023~

2024年漁期の将来予測計算を行った（補足資料2）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から再生産関係式を用いて予測した。加入量の不確実性として、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与える繰り返し計算を10,000回行うことで考慮した。2023年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2018-2022）から仮定した。現状の漁獲圧は、管理基準値を算出したときと同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で、今年度評価における2018～2022年漁期の漁獲圧に対応する%SPRを与えるF値とした。2024年漁期以降の漁獲圧は、令和2年12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」を経て資源管理基本方針に定められた漁獲シナリオに従った。

（2）漁獲管理規則

「令和5（2023）年度 漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針（FRA-SA2023-ABCWG02-01）」（水産研究・教育機構2023）では、1A系資源の漁獲管理規則として、親魚量が限界管理基準値を下回ると禁漁水準まで直線的に漁獲圧を下げるとともに、漁獲圧の上限となる F_{msy} には調整係数 β を乗じるものを基本としている（図5-1）。ただし本系群での「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでは、2021～2023年漁期の漁獲量は17.0万トンで固定とし、2024年漁期以降の漁獲量は、親魚量が2031年漁期に目標管理基準値を50%以上の確率で上回り、かつ将来の漁獲量が最大となるように、 $\beta=0.9$ とする漁獲管理規則を用いることとされており、2021～2023年漁期は漁獲量一定方策を用いる。漁獲量を17.0万トンで一定とする期間には、その漁獲量に相当する漁獲圧が F_{msy} を超過することが見込まれる場合には漁獲シナリオの見直しを行うとされている。

（3）2024年漁期の予測値とABCの算定

本系群の将来予測では資源量や親魚量は年初め（漁獲前）の資源尾数を基に計算される。また2024年漁期の親魚量を構成する年級群はいずれも2022年漁期までに加入しており、その予測値は将来予測における加入量の不確実性の仮定の影響を受けない。そのため、2024年漁期の親魚量はいずれの繰り返し計算でも同値となり30.6万トンと見込まれた。これは目標管理基準値および限界管理基準値を上回るため、調整係数 β を0.9とする漁獲管理規則に基づき算出される漁獲量は同年に予測される資源量と $0.9F_{msy}$ に基づき算出される。以上から算定された2024年漁期のABCとして17.6万トンを提示する（補足表3-4）。

（4）2025年漁期以降の予測

2025年漁期以降も含めた将来予測の結果を図5-2および表5-1、5-2、補足表3-6に示す。調整係数 β を0.9とした漁獲管理規則に基づく管理を行った場合、管理開始から10年後の2031年漁期の親魚量の予測値は平均25.9万トン（90%予測区間は15.4万～41.2万トン）である。2031年漁期に親魚量が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96%である。本系群では、2016年級群が卓越年級群であり2017年級群も比較的高豊度と推定されるが、2018～2019年級群は非常に低い豊度と考えられる。また2022年級群が高豊度である可能性があり、短期的には現状の増大した資源量は一旦減少し、その後増加すると考えられる。資源の増減に合わせて漁獲量の上限值を定めることが重要で

ある。

参考情報として、異なる調整係数 β を用いた漁獲管理規則に従う場合、および現状の漁獲圧 (F2018-2022 ; $\beta=0.41$ に相当) を継続した場合の予測結果についても示す (補足表 3-5)。2031 年漁期の親魚量が目標管理基準値を上回る確率は、調整係数 β が 0.8 であれば 73%、0.7 であれば 86%、0.6 以下であれば 90%以上となった。2031 年漁期の親魚量の平均値は、 β が 0.8 であれば 28.7 万トン (90%予測区間は 17.2 万~45.2 万トン)、0.7 であれば 32.1 万トン (90%予測区間は 19.6 万~50.1 万トン)、0.6 以下であれば 36 万トン以上となった。現状の漁獲圧での漁獲を継続した場合は、2031 年漁期の平均親魚量は 46.9 万トンになると予測された。

6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1981 年漁期以降大きく落ち込むことなく推移しており、2022 年漁期の親魚量は MSY を実現する水準を上回る。また、漁獲圧は MSY を実現する水準を下回っており、資源状態に対し過剰な漁獲圧を与えている状況ではない。本系群では卓越年級群を含む豊度の高い年級群が発生した後に資源量が増加する傾向にあるため、引き続き親魚量を高豊度の年級群が発生し得る適正な水準に維持し、持続的な利用を図ることが必要である。

近年の加入群のなかでは、2016 年級群は 2007 年級群以来の卓越年級群であると考えられる。また 2017 年級群も比較的豊度が高いと考えられる。一方で、2018 および 2019 年級群の豊度は極めて低いと考えられるため、近年の増大した親魚量は一旦減少に転じると考えられる。調査船調査から推定されるように 2022 年級群が高豊度であれば、その後資源は再び増加していくと予測される。

7. その他

本系群では、2022 年漁期に道東海域での沖底での漁獲量が急減したが、2022 年漁期の資源量はおおむね前年漁期と同程度であると推定された。産卵場である襟裳以西での漁獲量の減少幅は小さく、また沿岸漁業 (刺し網) の資源量指標値や調査船調査結果からは産卵回遊資源が大きく減じたことを示唆する情報はない。したがって現時点では、2022 年漁期の道東海域での漁獲量減少は資源量の低下によるものではなく、漁場形成の不調によるものと考えられる。ただしその原因は定かではなく、今後も同様の事象が生じないか漁獲状況を注視していく必要がある。

本系群での TAC 以外の管理方策として、北海道では未成魚保護のため資源管理協定に基づく体長制限 (体長 30 cm または全長 34 cm) が実施されている。この協定では、制限体長未満の個体が漁獲物の 20%を超える場合に、漁場移動などの措置を講じることとなっている。このため、北海道では 0~2 歳魚の漁獲量は非常に少ない。このような若齢魚を含む未成魚の保護は、産卵親魚の確保に効果があると考えられるため、引き続き実施することが望ましい。本系群の資源量は、卓越年級群を含む豊度の高い年級群が発生した後に増加する傾向がみられる。そのため、今後も豊度の高い年級群の発生が見込めるように、親魚量を維持することが重要である。

8. 引用文献

- Beamish, R. J. and G.A. McFarlane (1995) A discussion of the importance of aging errors, and an application to walleye pollock: the world's largest fishery. In Recent developments in fish otolith research, pp.545-565.
- Funamoto, T. (2007) Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. Fish. Oceanogr., **16**, 515-525.
- Funamoto, T., O. Yamamura, T. Kono, T. Hamatsu and A. Nishimura (2013) Abiotic and biotic factors affecting recruitment variability of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) off the Pacific coast of Hokkaido, Japan. Fish. Oceanogr., **22**, 193-206.
- Funamoto, T., O. Yamamura, O. Shida, K. Itaya, K. Mori, Y. Hiyama and Y. Sakurai (2014) Comparison of factors affecting recruitment variability of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Pacific Ocean and the Sea of Japan off northern Japan. Fish. Sci., **80**, 117-126.
- 濱津友紀・八吹圭三 (1995) 北海道東部太平洋沿岸に分布するスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の産卵回遊と産卵場. 北海道区水産研究所研究報告, **59**, 31-41.
- Hamatsu, T. and K. Yabuki (2007) Density effects on the length at maturity of walleye pollock *Theragra chalcogramma* off the Pacific coast of northern Japan in the 1990s. Fish. Sci., **73**, 87-97.
- Hamatsu, T., K. Yabuki and K. Watanabe (2004) Decadal changes in reproduction of walleye pollock off the Pacific coast of northern Japan. Fish. Oceanogr., **13** (Suppl. 1), 74-83.
- Honda, S., T. Oshima, A. Nishimura and T. Hattori (2004) Movement of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, from a spawning ground to a nursery ground along the Pacific coast of Hokkaido, Japan. Fish. Oceanogr., **13** (Suppl. 1), 84-98.
- 本田 聡・志田 修・山村織生 (2003) 沿岸親潮域のスケトウダラとその生活史. 沿岸海洋研究, **41**, 41-49.
- 金丸信一 (1989) スケトウダラ東北海区群と北海道近海群の関係. 漁業資源研究会議 北日本底魚部会報, **22**, 39-54.
- Kajiwar, K., M. Nakaya, K. Suzuki, Y. Kano, T. Takatsu (2022) Effect of egg size on the growth rate and survival of wild walleye pollock *Gadus chalcogrammus* larvae. Fish. Oceanogr. **31**, 238-254.
- 小林時正 (1985) I-2 スケトウダラ漁業とその資源の利用. 漁業資源研究会議報, **24**, 47-62.
- 児玉純一・永島 宏・小林徳光 (1988) 金華山周辺海域に生息するスケトウダラ資源について. 第9回東北海区底魚研究チーム会議報告, 24-31.
- Kuroda, H., T. Saito, T. Kaga, A. Takasuka, Y. Kamimura, S. Furuichi, T. Nakanowatari (2020) Unconventional sea surface temperature regime around Japan in the 2000s-2010s: Potential influences on major fisheries resources. Front. Mar. Sci. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.574904>
- 前田辰昭・高橋豊美・上野元一 (1981) 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生活年周期. 日水誌, **47**, 741-746.
- 前田辰昭・高橋豊美・上野元一 (1983) 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生

- 活期別生態について. 日水誌, **49**, 577-585.
- Nakatani, T. (1988) Studies on the early life history of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Funka Bay and vicinity, Hokkaido. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., **35**, 1-46.
- Nishimura, A., T. Hamatsu, K. Yabuki and O. Shida (2002) Recruitment fluctuations and biological response of walleye pollock in the Pacific coast of Hokkaido. Fish. Sci., **68** (Suppl.), 206-209.
- 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.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using Cohort Analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., **9**, 65-74.
- 境 磨・千村昌之・千葉 悟・佐藤隆太・伊藤正木・濱津友紀・成松庸二・岩原由佳 (2023) 令和 5 (2023) 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価 沖合底びき網漁業の年齢別標準化 CPUE について (FRA-SA2023-SC09-201)
- 境 磨・千村昌之・石野光弘・河村眞美・成松庸二・貞安一廣 (2021) 令和 2 (2020) 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 83pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2020/details_2020_12.pdf (last accessed 23 August 2023)
- Shida, O., T. Hamatsu, A. Nishimura, A. Suzaki, J. Yamamoto, K. Miyashita and Y. Sakurai (2007) Interannual fluctuations in recruitment of walleye pollock in the Oyashio region related to environmental changes. Deep-Sea Res. II, **54**, 2822-2831.
- 水産研究・教育機構 (2023) 令和 5 (2023) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2023-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 23pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-01.pdf
- Tamura, T. and Y. Fujise (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the Northwestern Pacific. ICES J. Mar. Sci., **59**, 516-528.
- Tsuji, S. (1989) Alaska pollock population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I: Japanese fisheries and population studies. Mar. Behav. Physiol., **15**, 147-205.
- ヴェリカノフ, A. Ya. (2013) オホーツク海南西部と国後島と択捉島沿岸におけるスケトウダラの分布特性と資源動向. 「オホーツクの生態系とその保全」 桜井泰憲, 大島慶一郎, 大泰司紀之編, 北海道大学出版, 札幌市, 131-138.
- Wang, R., M. Chimura, K. Sadayasu, M. Ishino and O. Yamamura (2022) Summer diet and feeding strategy of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) inhabiting the southern coast of Hokkaido, Japan. Marine Biology Research **18**, 435-447.
- Widrig, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. Fish. Bull. U.S., **56**, 141-166.
- Yamamura, O. (2004) Trophodynamic modeling of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Doto area, northern Japan: model description and baseline simulations. Fish. Oceanogr. **13** (Suppl. 1), 138-154.
- Yamamura, O., S. Honda, O. Shida and T. Hamatsu (2002) Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. Mar. Ecol. Prog. Ser., **238**, 187-198.

Yamamura O and T. Nobetsu (2011) Food habits of threadfin hakeling *Laemonema longipes* along the Pacific coast of northern Japan. J. Mar. Bio. Assoc. UK, 1-9.

尹 泰憲 (1981) 北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期. 北大水産彙報, **32**, 22-38.



図 2-1. スケトウダラ太平洋系群の分布域と産卵場

Honda et al. (2004) より転載。

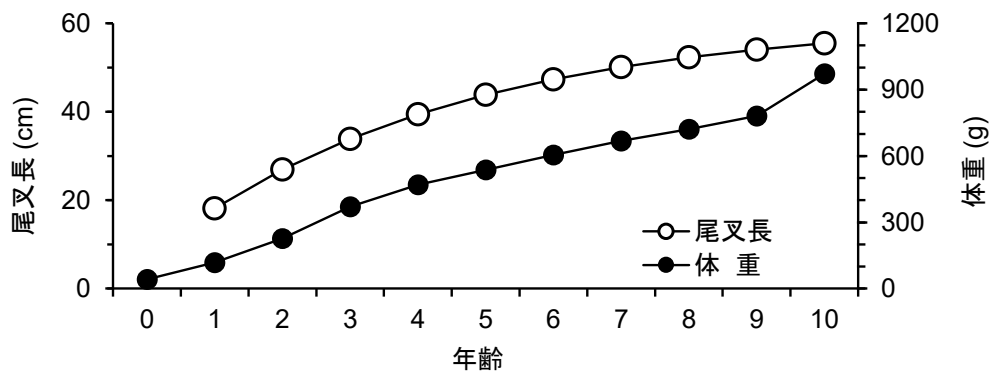


図 2-2. 年齢と成長 (10 歳の体重は 10 歳以上の複数の年齢の平均値)

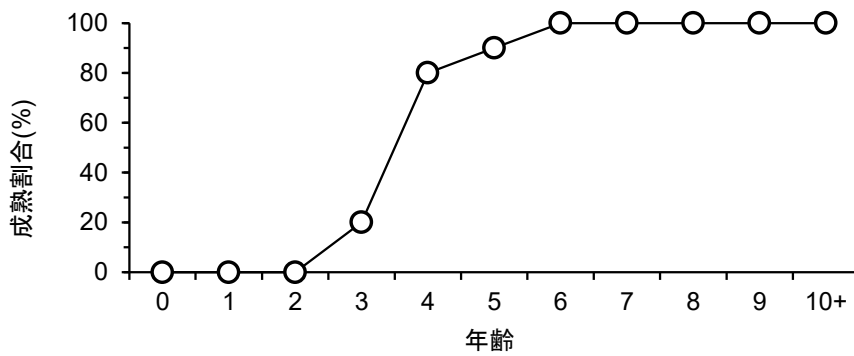


図 2-3. 年齢別成熟割合

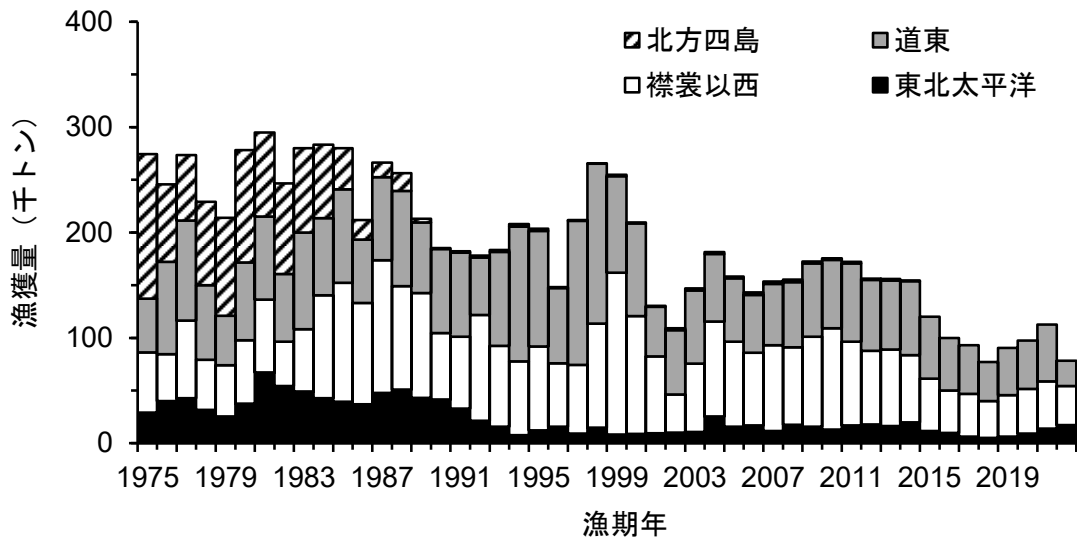


図 3-1. 海域別漁獲量

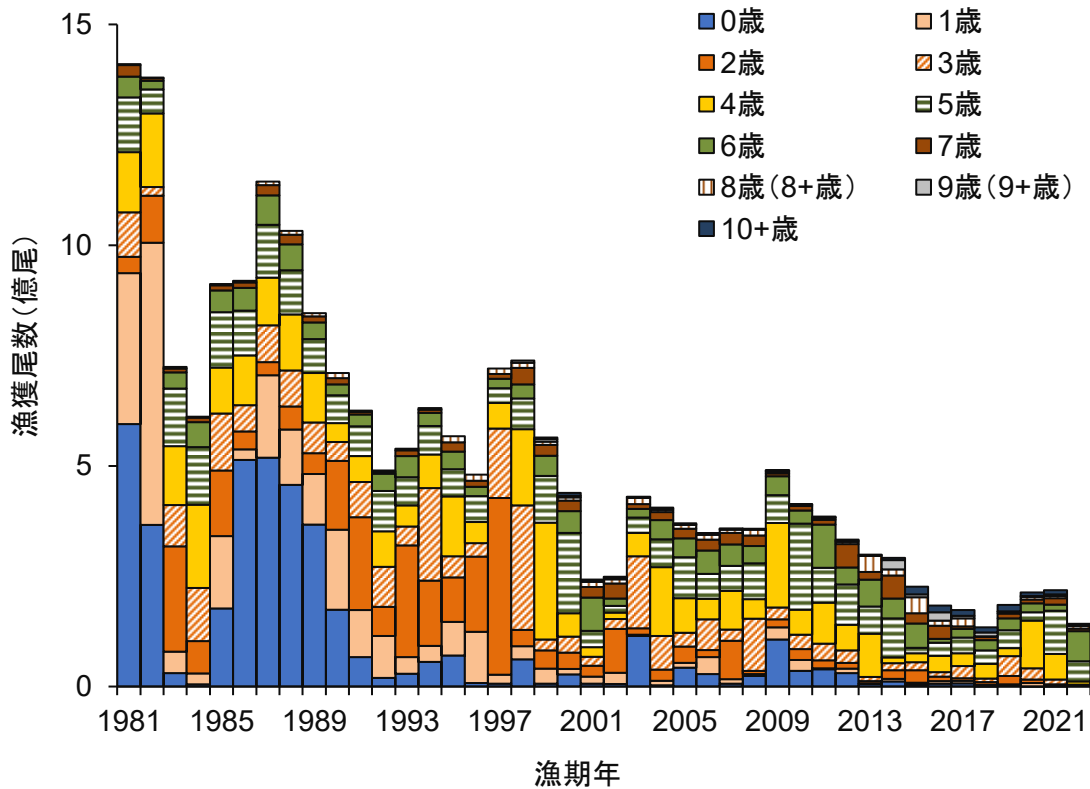


図 3-2. 年齢別漁獲尾数

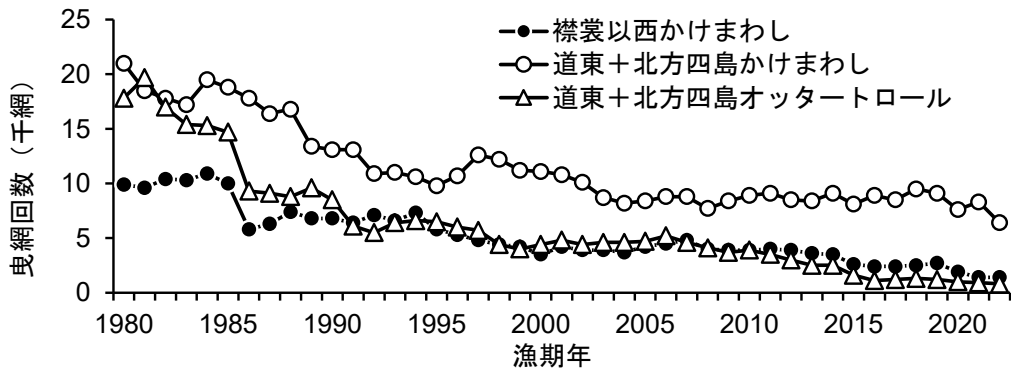


図 3-3. 北海道根拠の沖合底びき網漁業でのスケトウダラ有漁網数
月別・船別・漁区別集計値に基づく。

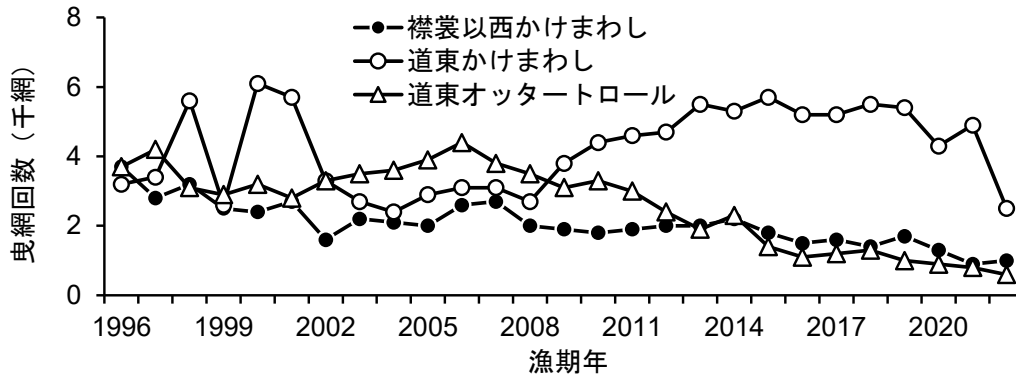


図 3-4. 北海道根拠の沖合底びき網漁業について 1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラの
割合が多い順に 1 年の総漁獲量の 90% を占める操業までを抜き出して集計した網数
日別・船別・漁区別集計値に基づく。

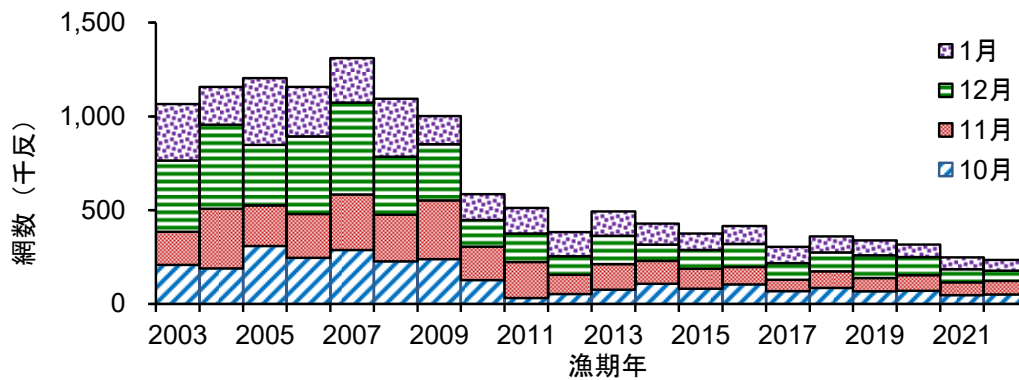


図 3-5. 襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網漁業の網数（補正值）

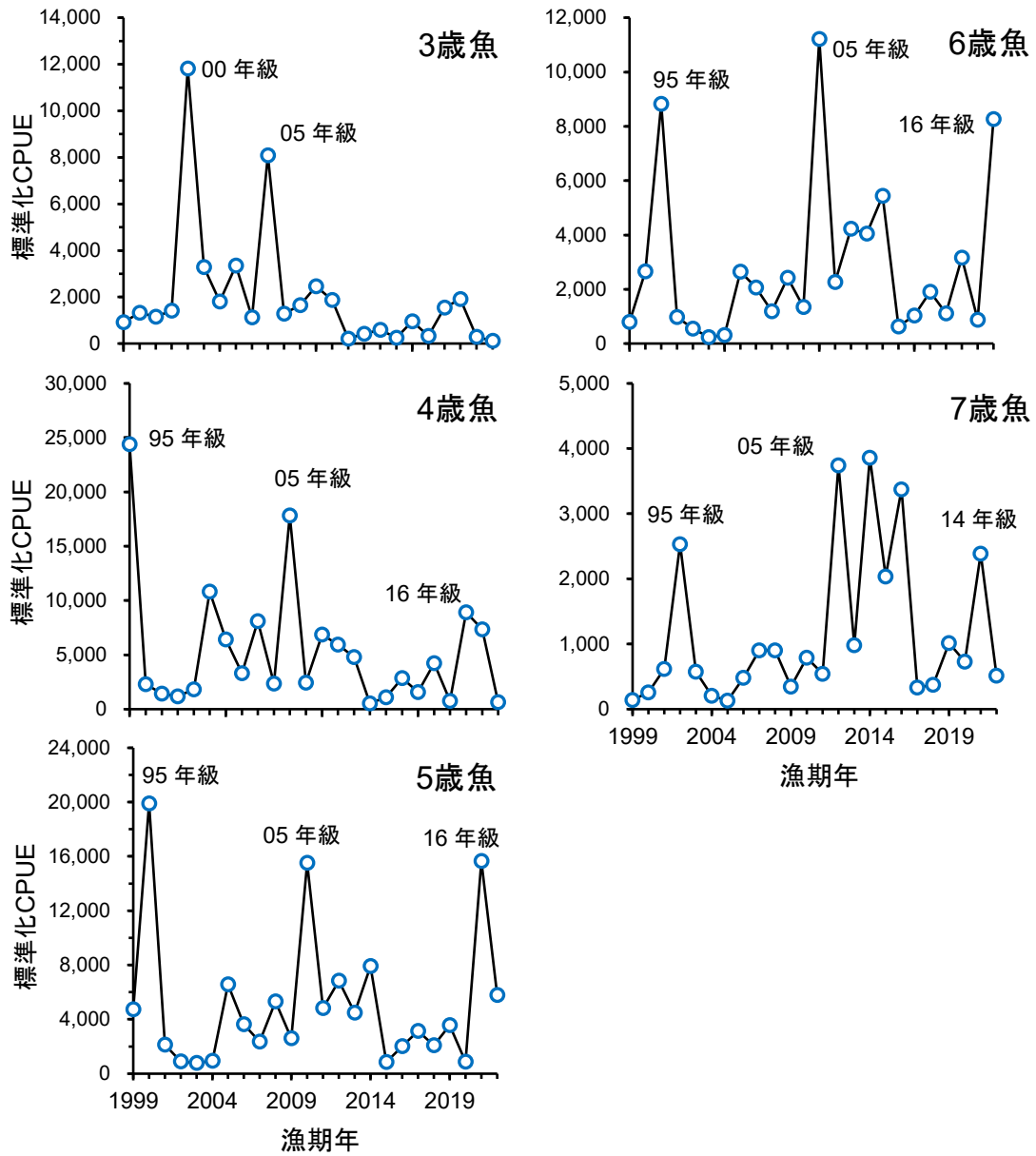


図 4-1. 北海道根拠の沖合底びき網漁業での年齢別標準化 CPUE

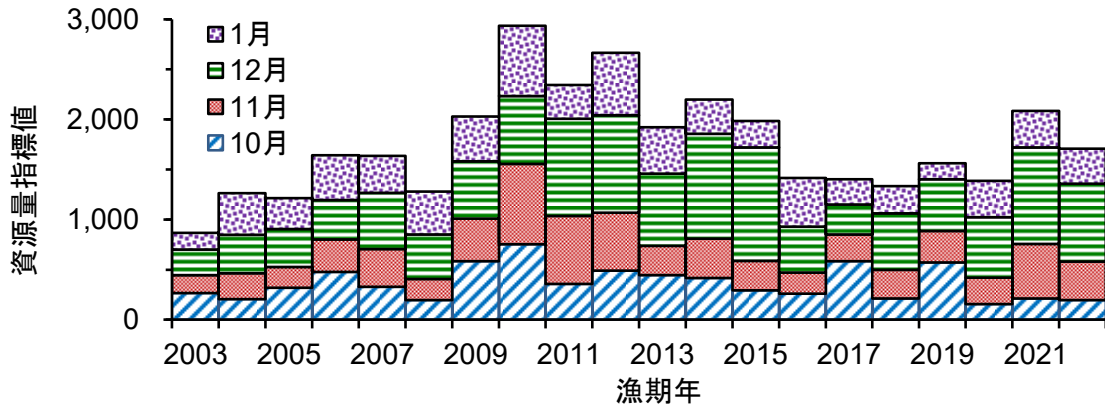


図 4-2. 漁獲成績報告書から算出した襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値

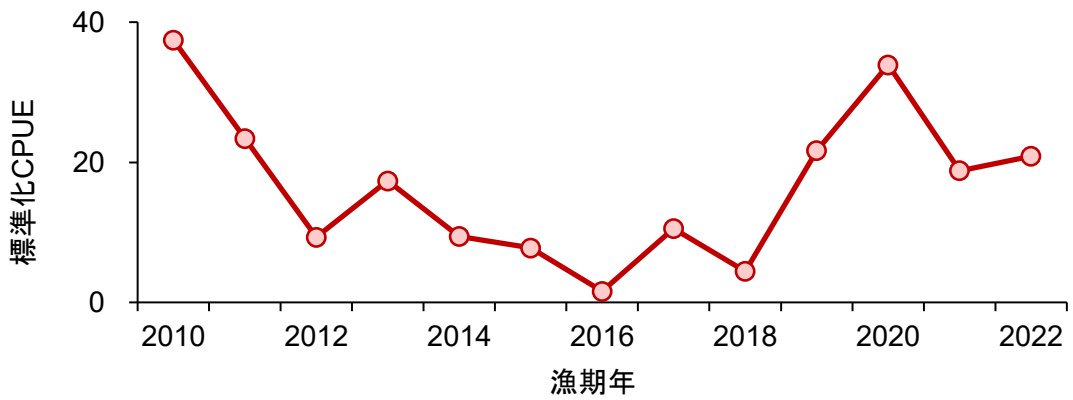


図 4-3. 操業日誌に基づく襟裳以西海域のすけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE

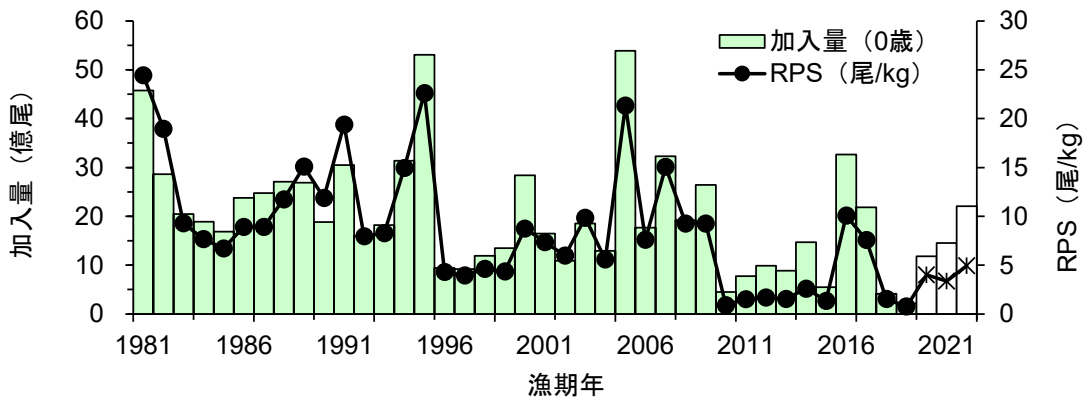


図 4-4. 加入量（0 歳魚の資源尾数）と再生産成功率（RPS）の推移
 調査からの推算値に基づく加入量（白抜き）に対応する再生産成功率は*で示した。

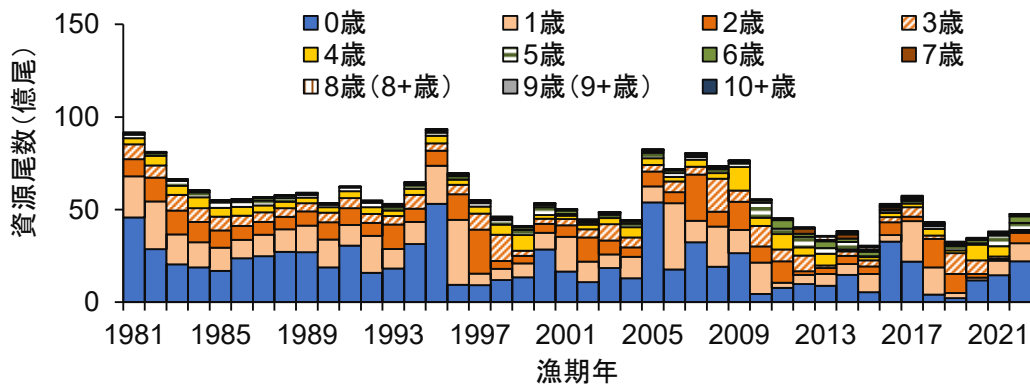


図 4-5. 年齢別資源尾数の推移

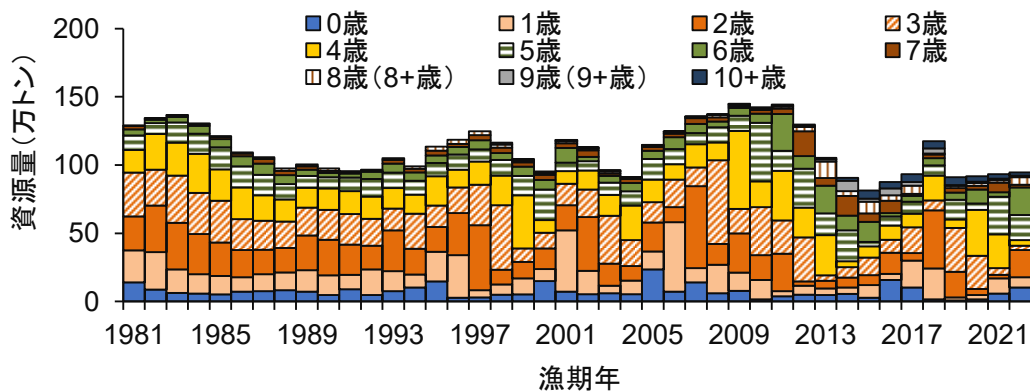


図 4-6. 年齢別資源重量の推移

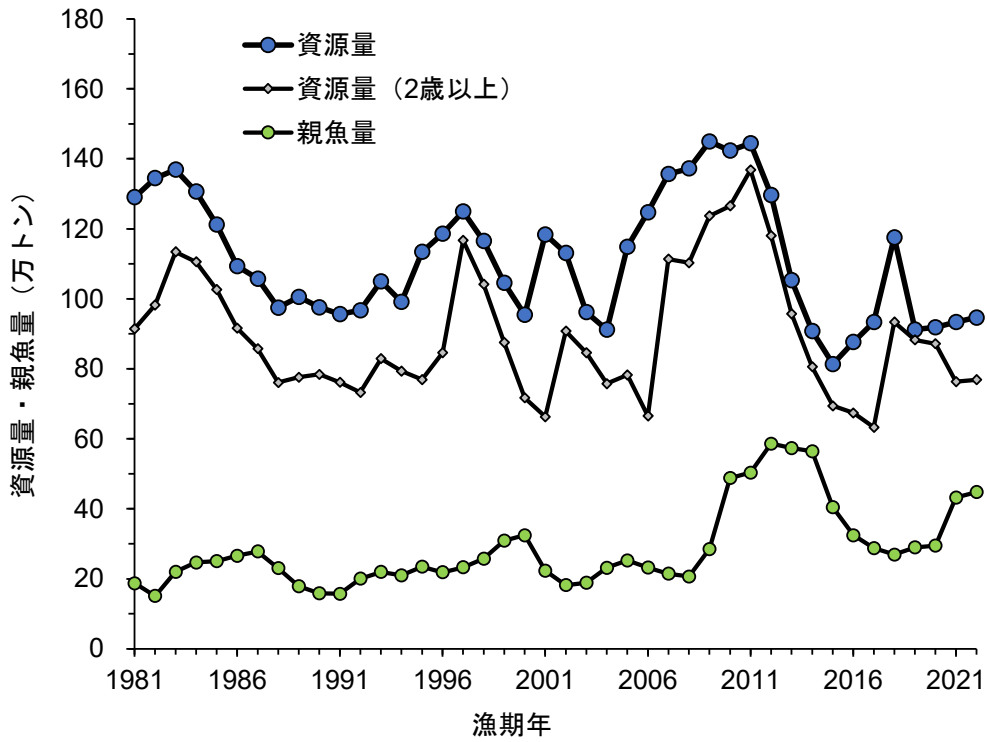


図 4-7. 資源量 (0 歳以上の総重量および 2 歳以上の総重量)、および親魚量の推移

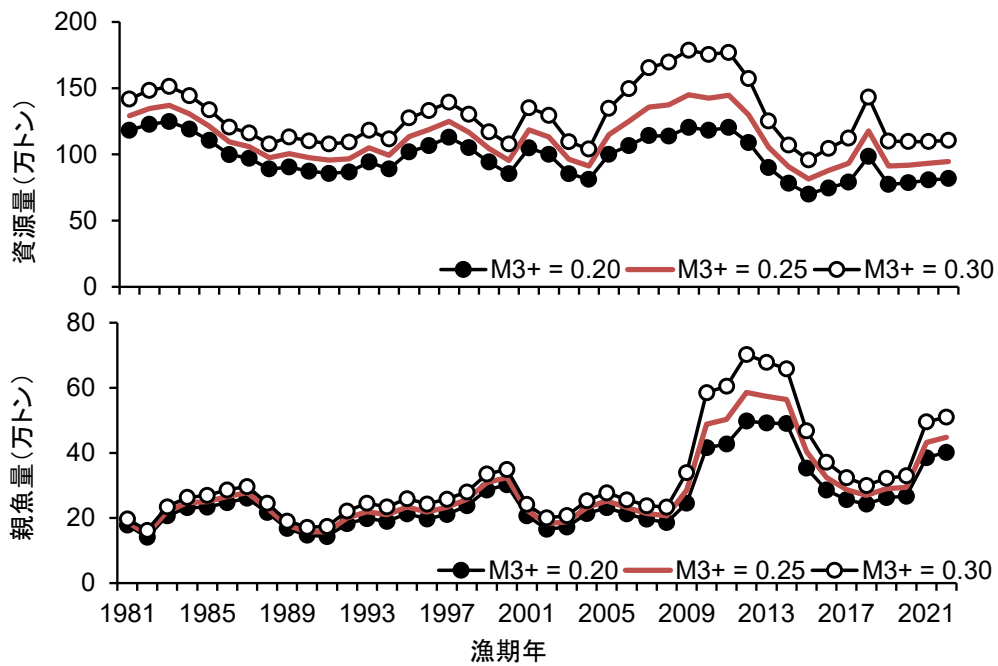


図 4-8. 自然死亡係数 M を変化させた場合の資源量および親魚量

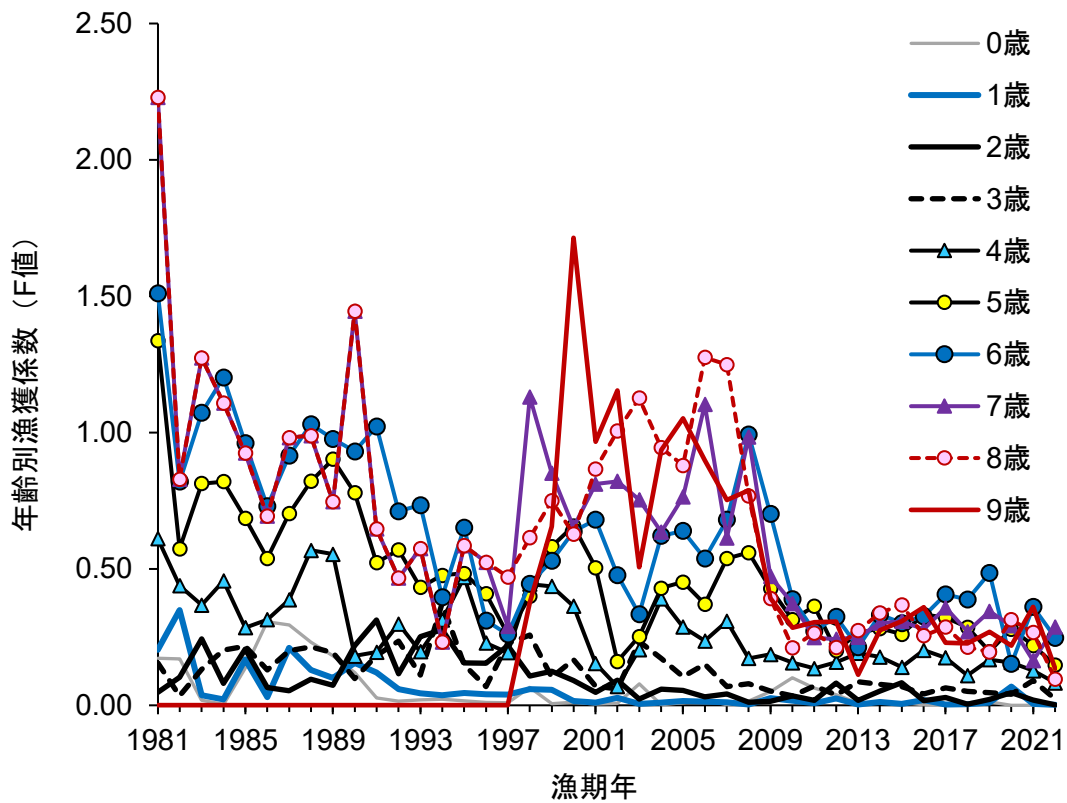


図 4-9. 各年齢の年齢別漁獲係数 (F 値) の推移
10 歳以上の F 値は 9 歳と同じである。

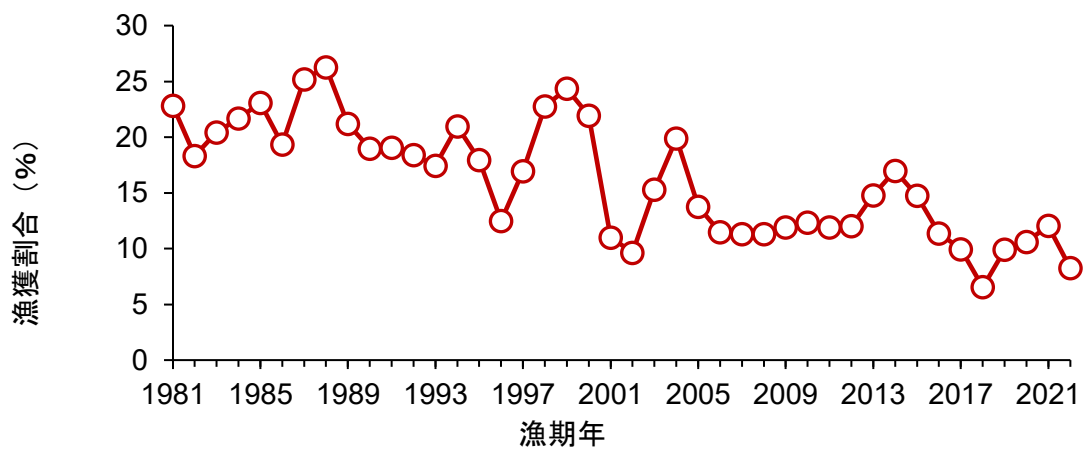


図 4-10. 漁獲割合の推移

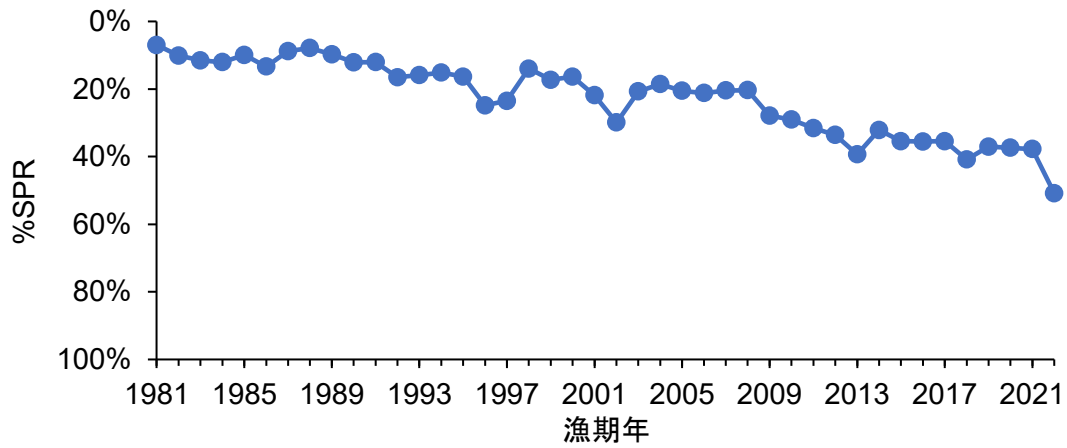


図 4-11. 各漁期年の年齢別漁獲係数 (F 値) における %SPR の経年推移

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

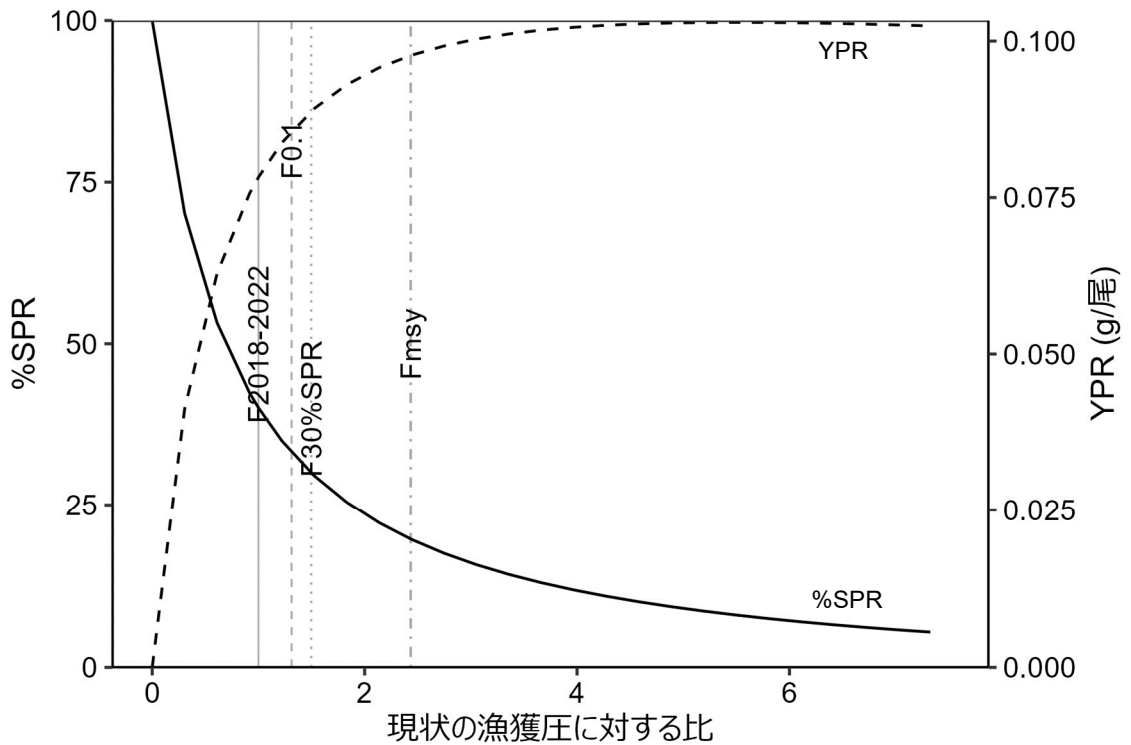


図 4-12. 現状の漁獲圧 (F2018-2022) に対する YPR と %SPR の関係

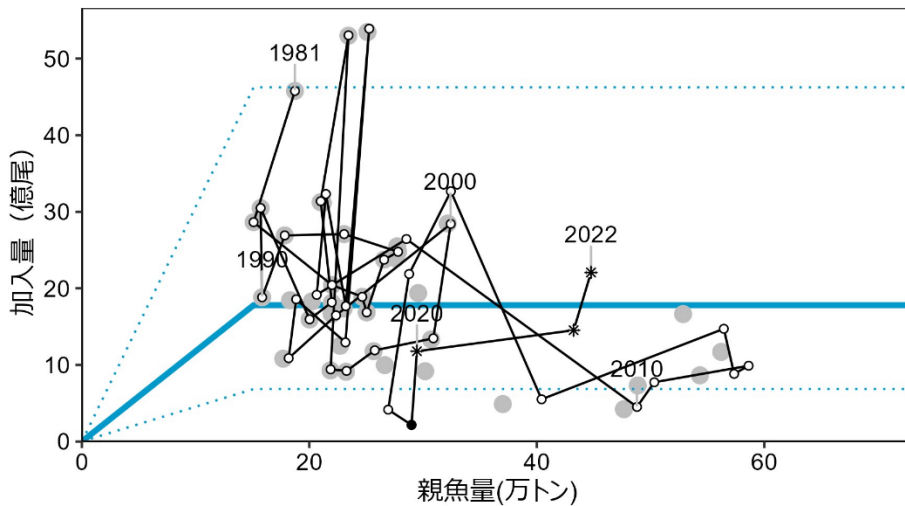


図 4-13. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

灰色の丸は令和 2 年度の資源評価における親魚量と加入量のデータを示し、青線はそれらのデータに基づき令和 2 年 9 月に開催された研究機関会議にて適用された再生産関係を示す。青点線は観察データの 90%が含まれると推定される範囲を示す（境ほか 2021）。白色の丸は本年度の資源評価における親魚量と加入量のデータを示す。*の加入量は調査からの推算値であり、今回の資源評価で新たにコホート計算から推定された 2019 年級群を●で示す。図中の数字は年級群を示す。

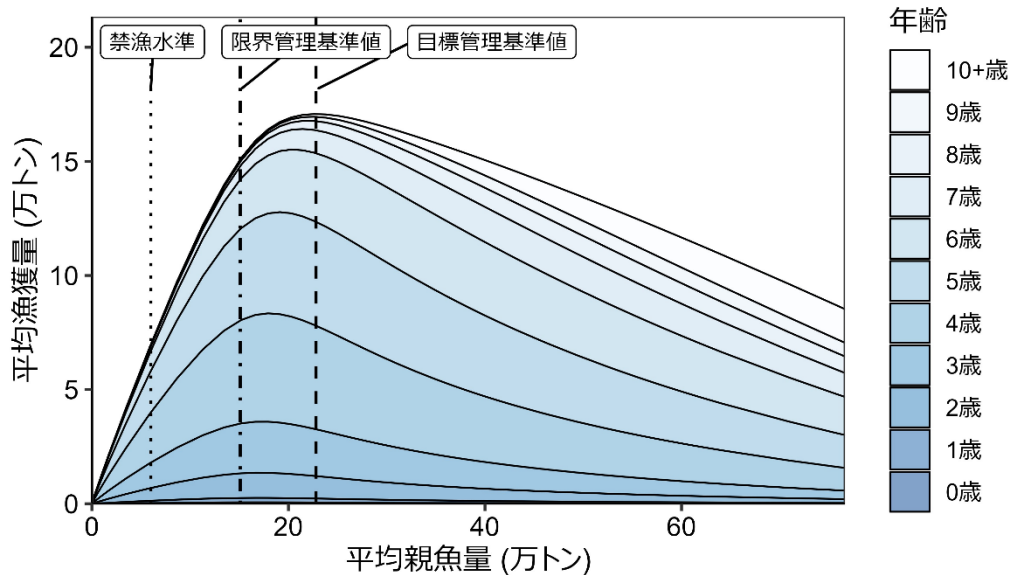


図 4-14. 管理基準値と年齢別漁獲量曲線

平衡状態での親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値の位置関係を示す。漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量(SB0)は 117.9 万トンである。

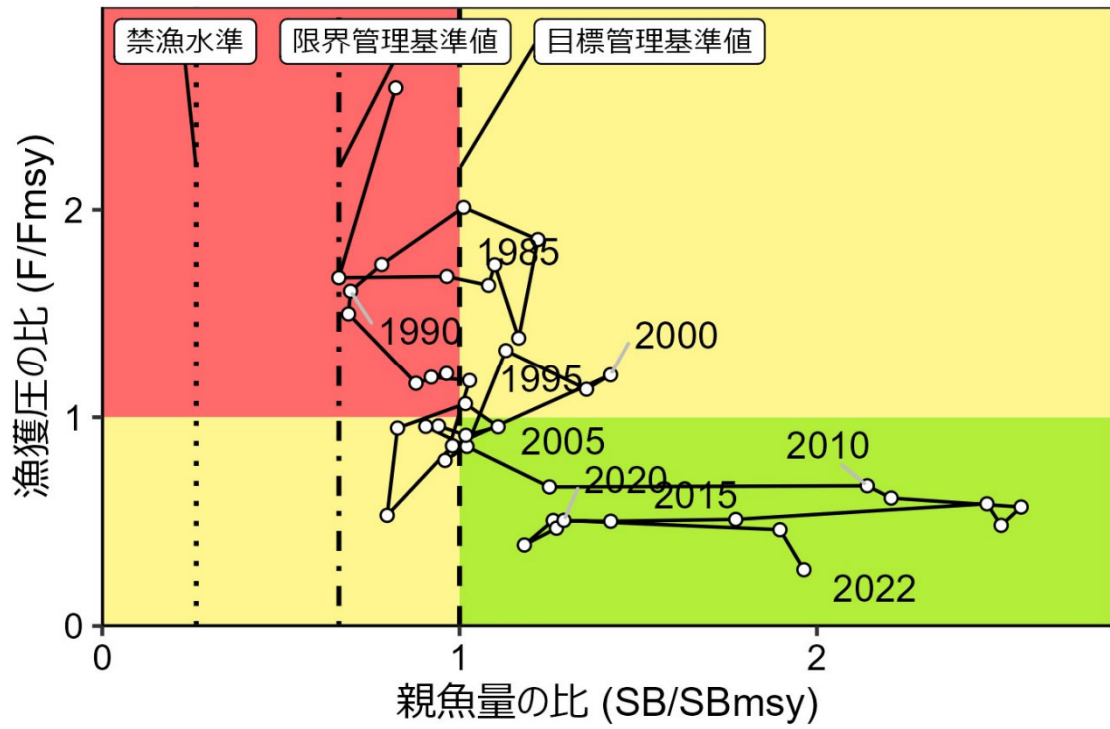
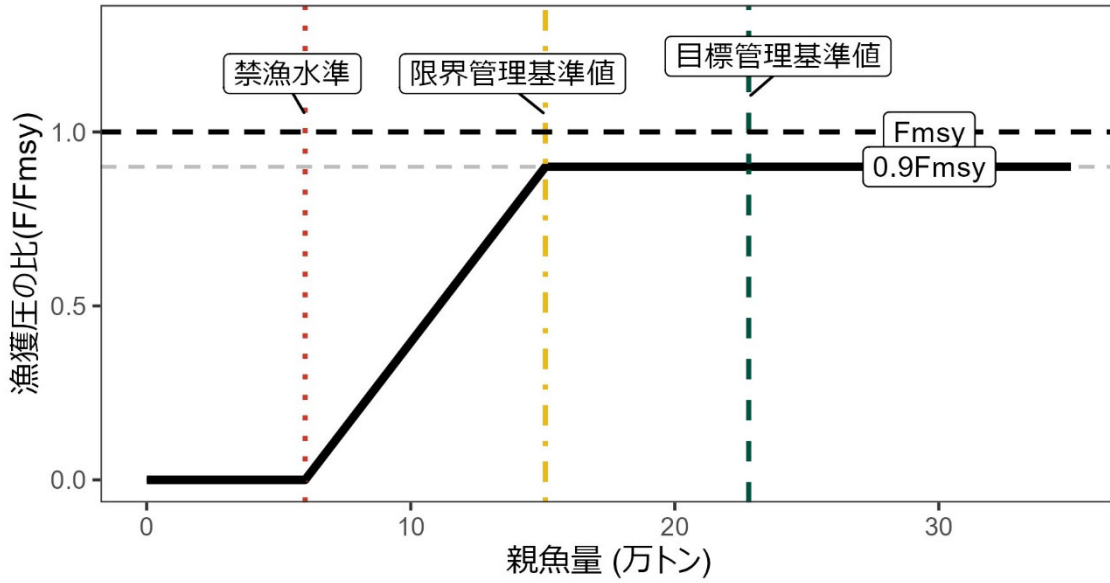


図 4-15. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) および MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) に対する、親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

a)



b)

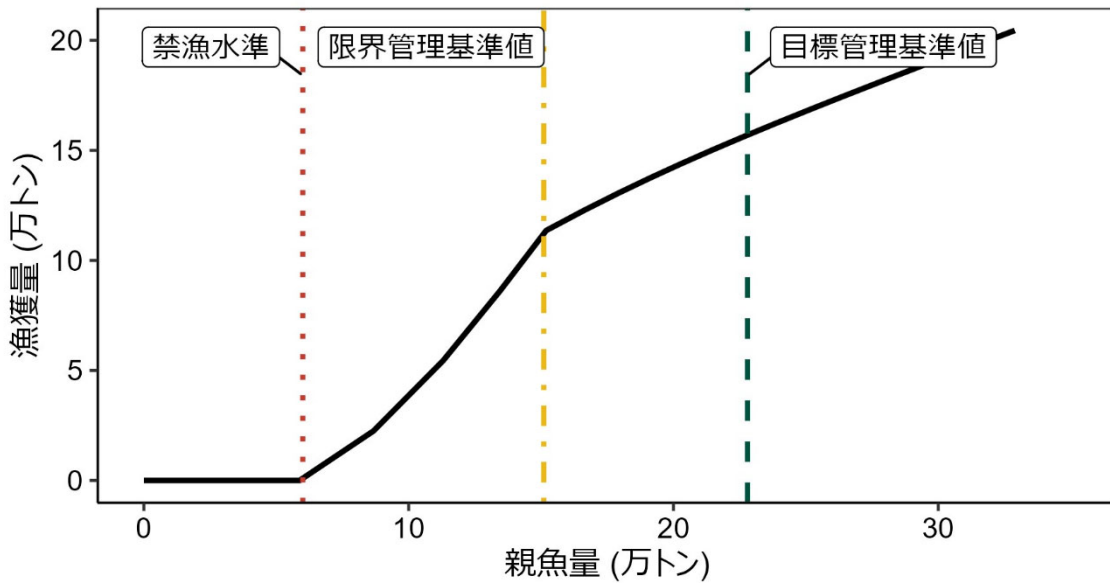


図 5-1. 漁獲管理規則 (β を 0.9 とした場合のものを示す)

黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.9F_{msy}$ 、黒太線は漁獲管理規則、赤点線は禁漁水準、黄一点鎖線は限界管理基準値、緑破線は目標管理基準値を示す。上図 a) が縦軸を漁獲圧にした漁獲管理規則の模式図を示し、下図 b) では縦軸を漁獲量として、それぞれの親魚量の下で漁獲管理規則により期待される漁獲量を示した。漁獲する年の年齢組成により漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。

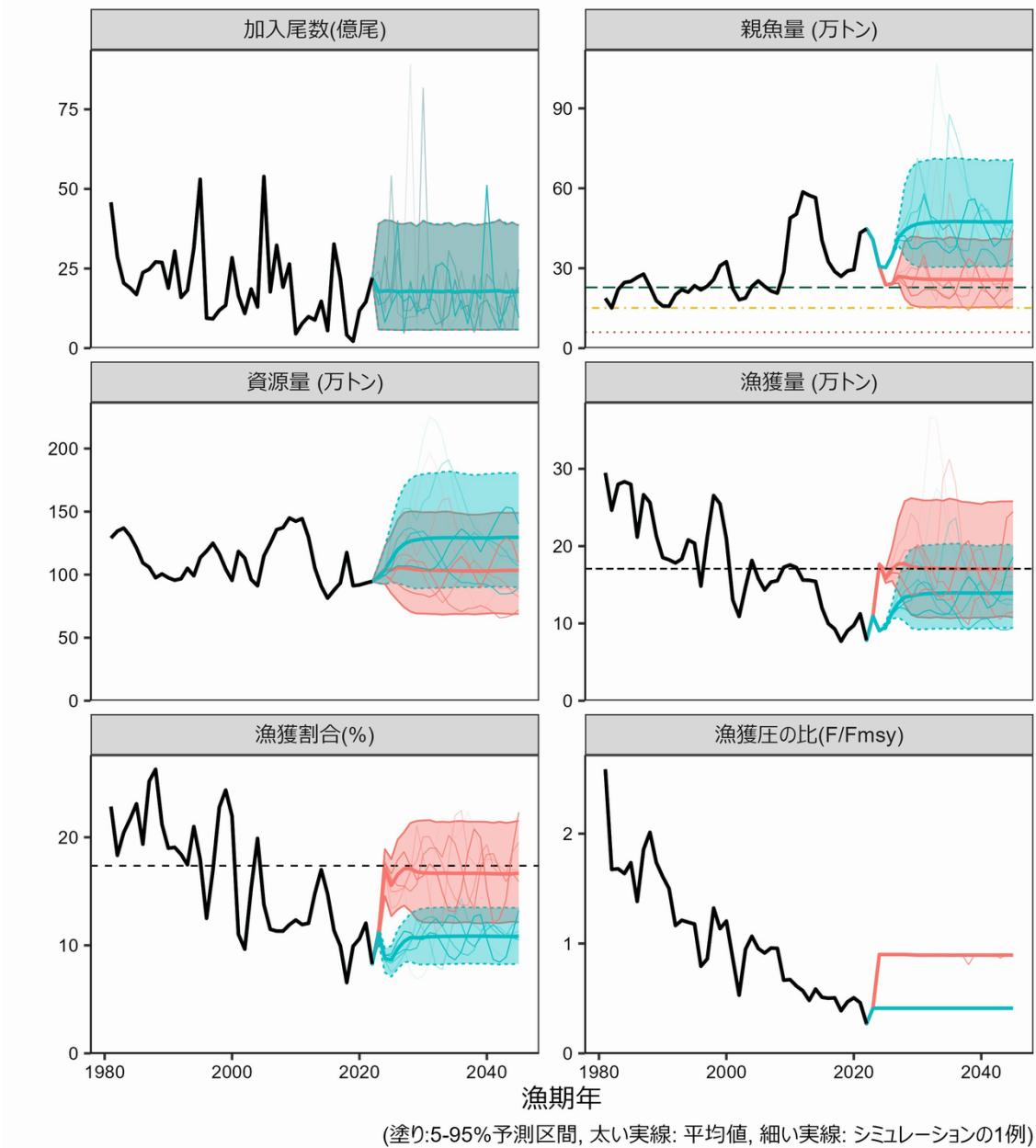


図 5-2. 漁獲管理規則 ($\beta=0.9$) を用いた場合と現状の漁獲圧 (F2018-2022) で漁獲を続けた場合とでの将来予測の比較

漁獲シナリオに従い、2024年漁期以降は調整係数 β を 0.9 にした漁獲管理規則に従った場合を赤で、現状の漁獲圧 (F2018-2022) で漁獲した場合を緑で示した。太実線は平均値、網掛けは 90% 区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑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。漁獲割合の図の破線は MSY を実現する漁獲割合 (U_{msy}) である。2023 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2022) により仮定した。

表 3-1. スケトウダラ太平洋系群の海域別漁獲量（漁期年集計：トン）

漁期年	東北太平洋			襟裳以西			
	海域計	沖底	沿岸漁業	海域計	沖底	沿岸漁業	韓国漁船
1975	29,157			57,186			
1976	40,065			44,458			
1977	42,829			73,709			
1978	31,796			47,458			
1979	25,400			48,616			
1980	37,769			60,093			
1981	67,423	53,327	14,096	68,803	8,311	60,492	0
1982	54,378	41,886	12,492	42,075	7,955	34,120	0
1983	49,258	38,304	10,954	58,815	8,205	50,610	0
1984	42,763	27,482	15,281	97,802	9,582	88,220	0
1985	39,477	29,388	10,089	112,697	13,233	99,464	0
1986	37,052	24,099	12,953	96,051	11,831	84,220	0
1987	47,845	36,053	11,792	125,863	14,215	97,395	14,253
1988	51,047	41,971	9,076	98,087	7,803	77,649	12,634
1989	43,007	35,475	7,532	99,528	9,987	81,837	7,704
1990	41,375	35,913	5,462	63,088	11,204	49,041	2,842
1991	32,788	28,361	4,427	68,169	14,745	53,424	0
1992	21,403	19,447	1,956	100,428	18,559	81,869	0
1993	15,734	14,347	1,387	76,792	14,312	62,480	0
1994	7,689	6,939	750	69,814	23,115	46,699	0
1995	12,222	11,526	696	79,766	24,725	55,041	0
1996	15,734	14,914	820	60,219	13,473	46,746	0
1997	9,078	8,662	416	65,201	13,339	51,861	0
1998	14,911	14,303	607	98,684	17,417	81,267	0
1999	8,293	7,591	702	153,609	29,195	124,414	0
2000	8,901	8,280	621	111,787	21,799	89,988	0
2001	9,403	9,048	355	72,872	19,947	52,925	0
2002	10,175	9,179	996	36,006	15,405	20,601	0
2003	10,813	8,736	2,077	64,749	19,866	44,883	0
2004	25,432	23,844	1,588	90,095	20,261	69,833	0
2005	15,839	14,045	1,793	80,401	19,885	60,516	0
2006	16,817	14,567	2,250	69,043	19,846	49,197	0
2007	11,716	10,791	925	81,395	27,072	54,323	0
2008	17,440	14,738	2,702	73,552	21,741	51,812	0
2009	15,847	14,070	1,777	85,251	19,305	65,945	0
2010	12,998	12,175	822	96,103	19,086	77,017	0
2011	16,781	16,304	477	79,577	19,846	59,731	0
2012	17,687	17,215	472	70,114	20,109	50,004	0
2013	16,400	15,293	1,108	72,467	20,244	52,223	0
2014	19,752	18,220	1,532	63,929	21,541	42,388	0
2015	11,428	10,778	650	49,908	16,024	33,885	0
2016	9,697	9,303	394	40,308	14,756	25,552	0
2017	6,134	5,681	453	40,615	9,234	31,381	0
2018	4,911	4,537	374	35,155	10,554	24,601	0
2019	6,226	5,477	750	39,385	12,362	27,023	0
2020	9,249	8,542	707	42,313	13,803	28,510	0
2021*	13,973	13,540	433	44,747	10,936	33,811	0
2022*	17,292	15,131	2,161	36,984	11,585	25,399	0

漁期年は4月～翌年3月。

東北太平洋の沿岸漁業：茨城県～青森県（大間町～階上町）、2001年漁期以前は年集計。

襟裳以西の沿岸漁業：知内町～えりも町えりも。

*2021、2022年漁期は暫定値。

表 3-1. スケトウダラ太平洋系群の海域別漁獲量（漁期年集計：トン）（続き）

漁期年	道東				北方四島	全海域		合計
	海域計	沖底	沿岸漁業	韓国漁船	沖底	日本漁船	韓国漁船	
1975	50,893				137,145	274,381		274,381
1976	87,657				73,591	245,771		245,771
1977	94,744				62,291	273,573		273,573
1978	70,766				78,939	228,959		228,959
1979	47,027				93,002	214,045		214,045
1980	73,666				106,621	278,149		278,149
1981	78,986	75,326	3,660	0	79,553	294,765	0	294,765
1982	64,197	60,012	4,185	0	85,856	246,506	0	246,506
1983	91,975	83,470	8,505	0	79,868	279,916	0	279,916
1984	73,093	67,031	6,062	0	69,696	283,354	0	283,354
1985	88,621	79,431	9,190	0	39,124	279,919	0	279,919
1986	60,113	53,349	6,764	0	18,517	211,733	0	211,733
1987	78,658	58,540	4,700	15,418	14,106	236,801	29,671	266,472
1988	90,147	64,198	3,400	22,549	17,089	221,187	35,183	256,370
1989	66,955	55,894	2,369	8,692	3,647	196,741	16,396	213,137
1990	79,786	61,399	3,011	15,376	1,011	167,041	18,218	185,259
1991	79,748	61,724	2,621	15,403	1,603	166,906	15,403	182,309
1992	54,515	32,396	3,133	18,986	1,851	159,211	18,986	178,197
1993	89,097	54,609	1,768	32,721	1,751	150,653	32,721	183,374
1994	128,104	68,152	2,937	57,015	2,433	151,026	57,015	208,041
1995	109,375	44,689	7,841	56,845	2,350	146,869	56,845	203,714
1996	71,292	31,803	4,080	35,409	1,037	112,874	35,409	148,283
1997	136,633	86,156	3,711	46,766	1,007	165,153	46,766	211,919
1998	151,551	71,301	5,725	74,525	313	190,934	74,525	265,459
1999	91,398	77,005	5,316	9,076	1,425	245,649	9,076	254,725
2000	87,840	81,155	6,685	0	1,041	209,568	0	209,568
2001	47,346	42,487	4,859	0	805	130,426	0	130,426
2002	61,130	59,606	1,524	0	1,757	109,069	0	109,069
2003	69,406	67,457	1,949	0	2,146	147,114	0	147,114
2004	64,149	58,487	5,662	0	1,759	181,435	0	181,435
2005	60,145	53,442	6,703	0	1,883	158,268	0	158,268
2006	54,954	50,467	4,487	0	2,432	143,246	0	143,246
2007	58,009	53,384	4,625	0	2,430	153,549	0	153,549
2008	61,852	57,297	4,554	0	2,409	155,254	0	155,254
2009	69,574	63,756	5,818	0	1,828	172,499	0	172,499
2010	64,889	60,283	4,606	0	1,485	175,474	0	175,474
2011	74,303	70,549	3,754	0	1,579	172,239	0	172,239
2012	67,127	61,911	5,216	0	1,244	156,172	0	156,172
2013	65,437	60,959	4,478	0	1,519	155,823	0	155,823
2014	70,256	65,424	4,832	0	400	154,337	0	154,337
2015	58,667	55,812	2,855	0	0	120,003	0	120,003
2016	49,742	46,601	3,141	0	0	99,748	0	99,748
2017	46,170	42,563	3,607	0	0	92,919	0	92,919
2018	36,883	34,965	1,919	0	0	76,949	0	76,949
2019	44,869	43,300	1,569	0	0	90,480	0	90,480
2020	45,874	43,901	1,972	0	0	97,436	0	97,436
2021*	53,759	51,701	2,058	0	0	112,478	0	112,478
2022*	24,042	22,637	1,405	0	0	78,318	0	78,318

漁期年は4月～翌年3月。

道東の沿岸漁業：えりも町庶野～根室市、2011年度以降の根室市は落石地区以外の底建網と小定置を除く。

*2021、2022年漁期は暫定値。

表 3-2. 北海道根拠の沖合底びき網漁業の漁獲量、漁獲努力量

漁期年	スケトウダラ有漁操業					
	襟裳以西		道東+北方四島			
	かけまわし		かけまわし		オッタートロール	
	漁獲量 千トン	網数 千網	漁獲量 千トン	網数 千網	漁獲量 千トン	網数 千網
1980	13.3	9.9	57.7	21.0	96.2	17.8
1981	7.9	9.6	35.4	18.5	121.2	19.7
1982	7.7	10.4	25.0	17.8	115.8	17.0
1983	7.8	10.3	25.4	17.2	114.8	15.4
1984	9.2	10.9	26.1	19.5	123.0	15.3
1985	12.5	10.0	21.8	18.8	96.4	14.7
1986	14.1	5.8	21.9	17.8	50.6	9.3
1987	13.2	6.3	20.6	16.4	50.4	9.1
1988	7.5	7.4	17.9	16.8	61.7	8.8
1989	9.4	6.8	9.5	13.4	48.9	9.6
1990	10.0	6.8	9.9	13.1	51.4	8.5
1991	13.3	6.4	19.8	13.1	42.5	6.1
1992	16.7	7.1	11.2	10.9	22.5	5.5
1993	13.3	6.6	17.0	11.0	38.9	6.4
1994	21.9	7.3	22.2	10.6	47.4	6.6
1995	24.2	5.8	15.3	9.8	30.3	6.5
1996	13.0	5.3	8.1	10.7	24.4	6.0
1997	13.1	4.8	21.9	12.6	65.0	5.7
1998	16.5	4.4	27.7	12.2	43.6	4.4
1999	28.3	4.2	28.4	11.2	49.8	4.0
2000	21.6	3.5	39.4	11.1	42.5	4.4
2001	19.8	4.2	23.2	10.8	20.0	4.8
2002	15.2	3.9	26.3	10.1	35.0	4.4
2003	19.7	3.9	25.4	8.7	44.0	4.6
2004	19.9	3.7	21.3	8.2	38.7	4.6
2005	19.8	4.2	24.1	8.4	31.0	4.7
2006	19.7	4.5	23.4	8.8	29.3	5.2
2007	26.7	4.8	21.6	8.8	34.0	4.6
2008	21.7	4.0	26.4	7.7	32.9	4.1
2009	19.0	3.9	31.0	8.4	34.3	3.7
2010	19.0	3.9	31.2	8.9	30.3	3.9
2011	19.8	4.0	37.9	9.1	34.1	3.5
2012	20.1	3.9	38.0	8.5	24.8	3.0
2013	20.2	3.6	44.3	8.4	18.1	2.5
2014	21.5	3.5	45.4	9.1	20.3	2.5
2015	15.8	2.6	44.0	8.1	11.8	1.6
2016	14.7	2.4	36.7	8.9	9.9	1.1
2017	9.2	2.4	33.0	8.5	9.5	1.2
2018	10.5	2.5	26.7	9.5	8.3	1.3
2019	12.4	2.7	33.6	9.1	9.7	1.2
2020	13.8	1.9	33.6	7.6	10.3	1.0
2021	10.9	1.4	39.8	8.3	11.9	0.9
2022*	11.6	1.4	15.7	6.4	7.0	0.8

漁期年は4月～翌年3月。

スケトウダラ有漁操業：スケトウダラが漁獲された操業。

*2022年漁期は暫定値。

表 3-2. 北海道根拠の沖合底びき網漁業の漁獲量、漁獲努力量、CPUE（続き）

漁期年	スケトウダラの割合の多い順に1年の漁獲量の90%を占める操業を抜き出して集計								
	襟裳以西			道東					
	かけまわし			かけまわし			オッタートロール		
	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網
1996	12.2	3.7	3.3	6.0	3.2	1.9	21.9	3.7	5.9
1997	11.2	2.8	4.0	16.0	3.4	4.7	62.0	4.2	14.8
1998	16.1	3.2	5.0	23.8	5.6	4.3	39.0	3.1	12.6
1999	26.7	2.5	10.7	21.4	2.6	8.2	46.6	2.9	16.1
2000	20.0	2.4	8.3	33.3	6.1	5.5	39.2	3.2	12.3
2001	19.1	2.7	7.1	19.2	5.7	3.4	17.9	2.8	6.4
2002	13.8	1.6	8.6	20.4	3.3	6.2	33.1	3.3	10.0
2003	17.6	2.2	8.0	18.8	2.7	7.0	42.1	3.5	12.0
2004	18.4	2.1	8.8	14.7	2.4	6.1	37.5	3.6	10.4
2005	18.2	2.0	9.1	17.5	2.9	6.0	30.2	3.9	7.7
2006	18.8	2.6	7.2	16.2	3.1	5.2	28.2	4.4	6.4
2007	25.3	2.7	9.4	13.8	3.1	4.5	33.0	3.8	8.7
2008	20.1	2.0	10.1	19.1	2.7	7.1	31.8	3.5	9.1
2009	17.4	1.9	9.2	23.4	3.8	6.2	33.7	3.1	10.9
2010	17.3	1.8	9.6	24.3	4.4	5.5	29.8	3.3	9.0
2011	17.9	1.9	9.4	29.9	4.6	6.5	33.5	3.0	11.2
2012	18.4	2.0	9.2	31.0	4.7	6.6	24.4	2.4	10.2
2013	18.8	2.0	9.4	37.0	5.5	6.7	17.3	1.9	9.1
2014	20.7	2.2	9.4	37.6	5.3	7.1	20.0	2.3	8.7
2015	15.0	1.8	8.3	38.0	5.7	6.7	11.5	1.4	8.2
2016	14.2	1.5	9.5	31.1	5.2	6.0	9.9	1.1	9.0
2017	8.7	1.6	5.4	28.5	5.2	5.5	9.5	1.2	7.9
2018	9.9	1.4	7.1	22.9	5.5	4.2	8.1	1.3	6.2
2019	11.8	1.7	6.9	28.8	5.4	5.3	9.5	1.0	9.5
2020	12.8	1.3	9.8	29.1	4.3	6.8	10.0	0.9	11.1
2021	9.9	0.9	11.0	34.9	4.9	7.1	11.6	0.8	14.5
2022*	11.3	1.0	11.3	12.8	2.5	5.1	6.7	0.6	11.2

漁期年は4月～翌年3月。

*2022年漁期は暫定値。

表 4-1. 資源解析結果

漁期年	漁獲量 (万トン)	資源量 (万トン)	2歳魚以上 の資源量 (万トン)	親魚量 (万トン)	加入量 (0歳魚の 資源尾数; 億尾)	漁獲割合 (%)	%SPR	F/Fmsy	再生産 成功率 (尾/kg)
1981	29.5	129.1	91.5	18.7	45.8	23	7	2.59	24.4
1982	24.7	134.5	98.3	15.1	28.6	18	10	1.67	19.0
1983	28.0	136.9	113.4	22.0	20.4	20	11	1.68	9.3
1984	28.3	130.7	110.6	24.6	18.9	22	12	1.64	7.7
1985	28.0	121.2	102.6	25.0	16.9	23	10	1.74	6.7
1986	21.2	109.3	91.6	26.6	23.7	19	13	1.38	8.9
1987	26.6	105.8	85.7	27.8	24.8	25	9	1.86	8.9
1988	25.6	97.5	76.1	23.1	27.1	26	8	2.01	11.7
1989	21.3	100.6	77.6	17.8	26.9	21	10	1.74	15.1
1990	18.5	97.6	78.4	15.8	18.8	19	12	1.61	11.9
1991	18.2	95.6	76.1	15.7	30.5	19	12	1.50	19.4
1992	17.8	96.8	73.2	20.0	16.0	18	16	1.16	8.0
1993	18.3	105.0	82.9	22.0	18.2	17	16	1.21	8.3
1994	20.8	99.1	79.4	21.0	31.4	21	15	1.19	14.9
1995	20.4	113.4	76.9	23.4	53.0	18	16	1.18	22.6
1996	14.8	118.7	84.6	21.9	9.4	12	25	0.79	4.3
1997	21.2	124.9	116.7	23.3	9.2	17	23	0.86	4.0
1998	26.5	116.5	104.1	25.8	11.9	23	14	1.32	4.6
1999	25.5	104.5	87.6	30.9	13.5	24	17	1.13	4.4
2000	21.0	95.4	71.7	32.4	28.4	22	16	1.20	8.8
2001	13.0	118.4	66.3	22.3	16.5	11	22	0.86	7.4
2002	10.9	113.1	90.7	18.2	10.9	10	30	0.53	6.0
2003	14.7	96.2	84.6	18.8	18.6	15	21	0.95	9.9
2004	18.1	91.2	75.8	23.2	12.9	20	19	1.07	5.6
2005	15.8	114.9	78.3	25.3	53.9	14	20	0.95	21.3
2006	14.3	124.8	66.5	23.2	17.7	11	21	0.91	7.6
2007	15.4	135.7	111.3	21.5	32.3	11	20	0.96	15.1
2008	15.5	137.2	110.3	20.6	19.2	11	20	0.96	9.3
2009	17.2	145.0	123.7	28.5	26.4	12	28	0.67	9.3
2010	17.5	142.4	126.5	48.8	4.5	12	29	0.67	0.9
2011	17.2	144.5	136.8	50.3	7.7	12	32	0.61	1.5
2012	15.6	129.7	118.0	58.6	9.9	12	34	0.57	1.7
2013	15.6	105.3	95.7	57.4	8.8	15	39	0.48	1.5
2014	15.4	90.8	80.6	56.4	14.7	17	32	0.59	2.6
2015	12.0	81.3	69.4	40.4	5.5	15	35	0.51	1.4
2016	10.0	87.7	67.4	32.4	32.7	11	36	0.50	10.1
2017	9.3	93.4	63.3	28.8	21.9	10	35	0.51	7.6
2018	7.7	117.6	93.4	26.9	4.2	7	41	0.39	1.5
2019	9.0	91.2	88.3	29.0	2.2	10	37	0.47	0.7
2020	9.7	91.8	87.2	29.5	11.8	11	37	0.51	4.0
2021	11.2*	93.3	76.3	43.2	14.5	12	38	0.46	3.4
2022	7.8*	94.6	76.9	44.8	22.1	8	51	0.27	4.9

漁期年は4月～翌年3月。

2020～2022年漁期の0歳加入尾数は調査結果に基づき推定した。2020～2022年漁期の資源量、漁獲割合、%SPR、および再生産成功率は当該推定値の影響を受ける。

*2021、2022年漁期は暫定値。

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

(a) 親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	100	100	100	0	0	87	50	47	46	47	46	46	45	44	45
0.9	100	100	100	100	100	100	67	61	60	59	59	58	59	57	59
0.8	100	100	100	100	100	100	84	75	74	73	72	72	72	72	73
0.7	100	100	100	100	100	100	97	89	87	86	85	85	85	85	85
0.6	100	100	100	100	100	100	100	97	95	94	94	94	95	95	94
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99
0.4	100	100	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	100	100
0.2	100	100	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	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2018-2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) 親魚量が限界管理基準値を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	100	100	100	100	100	100	99	93	91	91	91	91	91	91	90
0.9	100	100	100	100	100	100	100	98	96	96	96	96	96	96	96
0.8	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	98	98	98	99	98
0.7	100	100	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	100	100
0.5	100	100	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	100	100
0.3	100	100	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	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2018-2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

2024年漁期以降に用いる漁獲管理規則の調整係数 β を 0~1.0 で変更した場合、および現状の漁獲圧 (F2018-2022) を継続した場合の将来予測の結果を示す。2023年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2022) により仮定した。太字は資源管理基本方針に基づく管理開始から10年後を示す。なお現状の漁獲圧 (F2018-2022) は、親魚量が限界管理基準値以上の場合の漁獲管理規則において調整係数 β が 0.41 のときの漁獲圧に相当する。

表 5-2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

(a) 親魚量の平均値 (千トン)

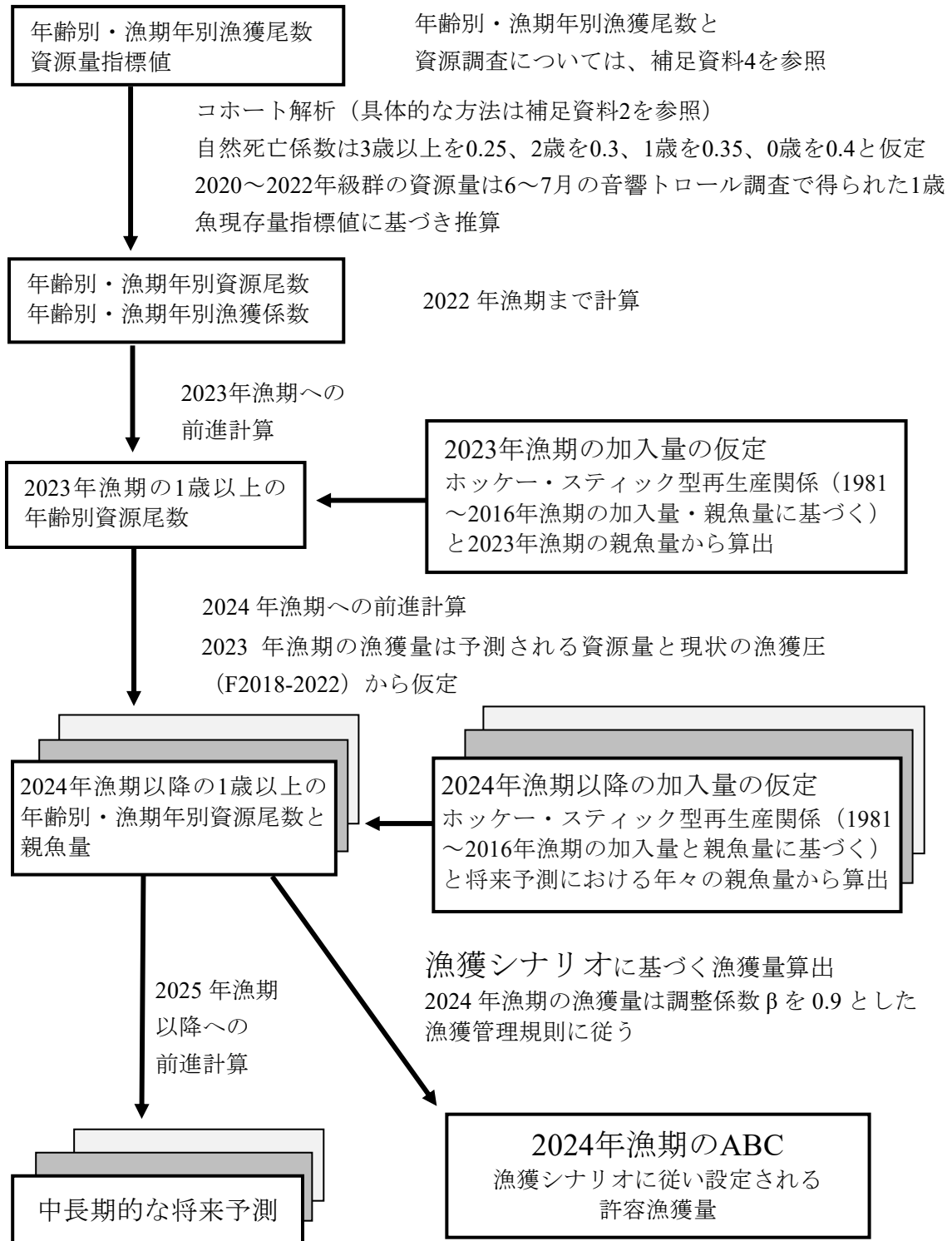
β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	448	407	306	227	225	249	243	239	237	235	235	235	234	233	234
0.9	448	407	306	238	241	269	266	262	261	259	258	258	258	257	258
0.8	448	407	306	250	259	292	293	290	289	287	286	286	286	285	286
0.7	448	407	306	262	278	318	323	323	323	321	320	320	320	319	321
0.6	448	407	306	275	300	348	358	362	363	362	362	362	362	361	363
0.5	448	407	306	289	324	382	399	408	412	413	414	415	415	414	416
0.4	448	407	306	304	350	420	448	464	473	477	480	481	482	482	485
0.3	448	407	306	320	379	465	505	532	548	558	564	568	570	573	576
0.2	448	407	306	337	412	516	573	615	643	662	675	683	689	699	702
0.1	448	407	306	354	448	575	655	719	765	797	823	840	853	883	888
0.0	448	407	306	373	488	644	754	848	921	978	1025	1061	1088	1174	1186
F2018-2022	448	407	306	302	347	416	442	457	466	469	472	473	474	474	476

(b) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2044	2054
1.0	78	110	191	167	177	182	181	176	174	174	174	173	173	173	173
0.9	78	110	176	159	171	177	177	173	172	172	171	171	171	171	171
0.8	78	110	160	149	163	171	173	170	169	168	168	168	168	168	168
0.7	78	110	144	138	154	163	166	164	164	164	163	163	163	163	164
0.6	78	110	126	125	142	153	158	157	157	157	157	157	157	157	158
0.5	78	110	108	111	129	141	147	147	148	149	149	149	149	149	149
0.4	78	110	88	94	112	125	132	134	136	137	137	138	138	138	138
0.3	78	110	68	75	92	104	112	115	118	120	121	121	122	122	123
0.2	78	110	46	53	67	78	86	89	92	95	96	97	98	99	99
0.1	78	110	24	28	37	44	49	52	55	57	59	60	60	62	63
0.0	78	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2022	78	110	90	96	114	127	134	136	137	138	139	139	139	139	140

2024 年漁期以降に用いる漁獲管理規則の調整係数 β を 0~1.0 で変更した場合、および現状の漁獲圧 (F2018-2022) を継続した場合の将来予測の結果を示す。2023 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2022) により仮定した。太字は資源管理基本方針に基づく管理開始から 10 年後を示す。なお現状の漁獲圧 (F2018-2022) は、親魚量が限界管理基準値以上の場合の漁獲管理規則において調整係数 β が 0.41 のときの漁獲圧に相当する。

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 計算方法

(1) コホート計算

年齢別・年別漁獲尾数および年齢別平均体重を、各海域における漁獲物の年齢組成や漁獲量を基に算出した（補足資料 5）。韓国船の漁獲物年齢組成に関しては詳しい情報がないが、日本の沖底船と漁場が重なることから、日本の沖底船のそれと同じとした。資源量や親魚量などを推定する際に用いる年齢別体重については、データが存在する 1989 年漁期以降に関しては、年別の値を用いたが、データが存在しない 1988 年漁期以前に関しては、1989～1993 年漁期の平均値を用いた（補足表 2-1）。年齢分解が困難な高齢魚はプラスグループとしてまとめた。プラスグループとする年齢は、1997 年以前は 8 歳以上（8+歳）、1998 年は 9 歳以上（9+歳）、1999 年以降は 10 歳以上（10+歳）とした。

年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数は、これらの情報に基づき、コホート解析により推定した。コホート解析では、スケトウダラ的生活史に基づき 4 月を起点とし、0～10+歳の年齢別に各値を求めた。年齢別資源尾数（N）の計算には Pope（1972）の式を用い、プラスグループの資源尾数については平松（1999）の方法を用いた。3 歳以上の自然死亡係数（M）は、道東海域における沖底の CPUE と漁獲努力量を基に、Widrig（1954）の方法により推定した（補足表 2-2）。一方、3 歳未満の M は、一般に若齢魚の M が高齢魚のそれよりも高いことを考慮して推定した。資源評価によって推定する資源量は、漁期年が始まる 4 月 1 日における初期資源量であるが、4 月は産卵終了直後である。そのため、ある漁期年の初期資源量のうち、成熟しているものをその漁期年の年級群を産み出した親魚量とした。つまり、2022 年漁期の親魚量とは、2021 年漁期末に産卵を行った親魚量であり、2022 年級群を産み出した親魚量のことである。よって、親魚量の計算には、補足表 2-3 に示した成熟割合（図 2-3 の成熟割合を 1 歳分高齢にずらした割合）を用い、各漁期年の初期資源量と、この成熟割合の積により親魚量を算出した。

近年、本系群の 0～2 歳魚は漁獲の主対象ではないため、その漁獲尾数は各年級群の豊度に応じたものとはならない可能性が高く、まだ 0～2 歳魚の漁獲尾数の情報しかない直近 3 年間の年級群の加入量のコホート解析による推定精度は低いと考えられる。したがって、最近年の 0～2 歳魚を構成する 2020～2022 年級群については、6～7 月に実施しているスケトウダラ音響トロール調査の結果から推算した（後述）。

チューニングには、北海道根拠の沖底の年齢別標準化 CPUE（3～7 歳：補足表 2-4）と刺し網の漁績から得られる資源量指標値および操業日誌から得られる標準化 CPUE（補足表 2-5）を用いた。沖底 CPUE が各年齢の漁期中央の資源尾数と、刺し網の資源量指標値と標準化 CPUE が漁期中央の親魚量と合うように最近年の 3～10+歳の年齢別 F を探索的に求めた。0～2 歳については、前述の通り調査結果に基づき推算された資源尾数と漁獲尾数から求めた。資源量推定の具体的な計算式は以下のとおりである。

各年の年齢別資源尾数 $N_{a,y}$ は、各年の年齢別漁獲尾数および自然死亡係数から (1) 式により計算した。

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

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年 a 歳魚の漁獲尾数、 M_a は a 歳魚の自然死亡係数である。なお、後述の $F_{a,y}$ は y 年漁期の a 歳の F 、 m_a は a 歳における成熟割合、 $w_{a,y}$ は y 年漁期 a 歳における体重である。

1997～1999 年にプラスグループとする年齢を延長しているため、1996 年以前の 7 歳および 8+歳の資源尾数はそれぞれ (2) 式および (3) 式、1999 年以降の 9 歳および 10+歳の資源尾数はそれぞれ (4) 式および (5) 式により求めた。1997、1998 年のプラスグループの資源尾数の式は、それぞれ翌年のプラスグループが延長されるため、(1) 式と同じになる。

$$N_{7,y} = \frac{C_{7,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M_7) + C_{7,y} \exp\left(\frac{M_7}{2}\right) \quad (2)$$

$$N_{8+,y} = \frac{C_{8+,y}}{C_{7,y} + C_{8+,y}} N_{8+,y+1} \exp(M_{8+}) + C_{8+,y} \exp\left(\frac{M_{8+}}{2}\right) \quad (3)$$

$$N_{9,y} = \frac{C_{9,y}}{C_{9,y} + C_{10+,y}} N_{10+,y+1} \exp(M_9) + C_{9,y} \exp\left(\frac{M_9}{2}\right) \quad (4)$$

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y} + C_{10+,y}} N_{10+,y+1} \exp(M_{10+}) + C_{10+,y} \exp\left(\frac{M_{10+}}{2}\right) \quad (5)$$

資源評価の最終年 Y の 3～10+歳の年齢別資源尾数 $N_{a,Y}$ は最近年の年齢別漁獲係数 $F_{a,Y}$ および年齢別漁獲尾数 $C_{a,Y}$ を用いて (6) 式より求めた。

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{1 - \exp(-F_{a,Y})} \quad (6)$$

漁獲係数 F は、チューニングにより推定する最終年以外は (7) 式により求めた。ただし、プラスグループの F については、その資源尾数を (1) 式で求める 1997 年および 1998 年を除き、プラスグループより 1 歳下の年齢の F と等しいとした。

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{N_{a,y}}\right) \quad (7)$$

最終年の 3～9 歳魚の F は、リッジ VPA (Okamura et al. 2017) の手法に準じて推定した。なお、0～2 歳の F 値は直近 3 年間の加入量に調査からの推算値を与えていることからコホート計算の前進法により得られた年齢別資源尾数(後述)と年齢別漁獲尾数から算出した。また 10+歳の F 値は 9 歳の F 値と同じと仮定した。リッジ VPA は F の大きさに応じてペナルティを課すことで、推定の不安定性を軽減させる手法である。チューニング指標値への適合度を示す尤度 L (負の対数尤度 $-\ln L$ として定義) と F の二乗値へのペナルティを重みづけした目的関数を (8) 式で定義し、これを最小化するように F を推定した。その際、特にレトロスペクティブバイアスの強い 3 歳の F 値と、それ以外の年齢 (4～9 歳) の F 値とでペナルティの重みを η により変える手法を用いた。それぞれの λ および η は、レトロスペクティブ解析により得られる親魚量および各年齢 F 値 (3～9 歳) の推定値の差が最小

になる値を探索して用いた。なお、(8) 式の α は λ および η の探索を容易にするためにペナルティ項に便宜的に与える重みであり、本解析では $\alpha=100$ とした。レトロスペクティブ解析による推定値間の差の指標には (9) (10) 式に示した平方二乗誤差率 (RMSPE: Root Mean Square Percentage Error) を用いた。

$$-(1-\lambda)\ln L + \alpha \lambda \left[(1-\eta) \sum_{a=4}^9 F_{a,Y}^2 + \eta F_{3,Y}^2 \right] \quad (8)$$

$$\text{RMSPE}_{SSB'} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n \left(\frac{SSB_k^{R_i} - SSB_k'}{SSB_k'} \right)^2} \quad (9)$$

$$\text{RMSPE}_{F_a'} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n \left(\frac{F_{a,k}^{R_i} - F_{a,k}'}{F_{a,k}'} \right)^2} \quad (10)$$

$$SSB_y' = \sum_{a=0}^{10+} N_{a,y} \times m_a \times w_{a,y} \quad (11)$$

ここで R_i は i 年分のレトロスペクティブ計算の値であることを示す。また、 n は推定値の差を比較する範囲であり、本解析ではコホート年数分だけ比較するため $n=11$ とした。親魚量は (11) 式で定義される。すなわち、RMSPE は前年のデータを用いた推定結果と、最新データを i 年分落とした場合とでのコホート年数分の推定値の差を割合として示したものとイえる。レトロスペクティブ計算においてデータを遡る年数は 5 年とし、 $\lambda (0 \leq \lambda < 1)$ および $\eta (0 \leq \eta \leq 1)$ の組み合わせは親魚量および各年齢 F 値のレトロスペクティブ年数分の RMSPE の平均値が最小となる値を、まずそれぞれ 0.05 区切りで探索し、最小となった組み合わせの周囲をさらに 0.005 区切りで探索して得た。なお、最小化させる負の対数尤度 $-\ln L$ は以下の (12) 式で定義した (Hashimoto et al. 2018)。指標値と資源尾数あるいは親魚量との間にはべき乗関係を仮定した。

$$\begin{aligned} -\ln L = & \sum_a \sum_y \left[\frac{[\ln I_{a,y} - (b_a \ln D_{a,y} + \ln q_a)]^2}{2\sigma_a^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \right) \right] \\ & + \sum_y \left[\frac{[\ln J_y - (b' \ln S_y + \ln q)]^2}{2\sigma^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \right) \right] \\ & + \sum_y \left[\frac{[\ln K_y - (b'' \ln S_y + \ln q'')]^2}{2\sigma''^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma''} \right) \right] \end{aligned} \quad (12)$$

ここで、 $I_{a,y}$ は y 年漁期の a 歳の沖底の標準化 CPUE (補注 1)、 $D_{a,y}$ は y 年漁期の漁期中央における a 歳の資源尾数、 J_y は刺し網による資源量指標値、 K_y は刺し網による標準化 CPUE (補注 2)、 S_y は漁期中親魚量である。 $D_{a,y}$ と S_y はそれぞれ (13) および (14) 式により求めた。漁期中親魚量の計算には補足表 2-6 に示した漁期中成熟割合 (図 2-3 の成熟割合) を用いた。

$$D_{a,y} = N_{a,y} \exp\left(-\frac{M_a + F_{a,y}}{2}\right) \quad (13)$$

$$S_y = \sum_{a=0}^{10+} D_{a,y} \times m'_a \times w_{a,y} \quad (14)$$

ここで、 m'_a は a 歳における漁期中成熟割合である。 b_a および q_a は a 歳に関する係数、 b' 、 b'' 、 q' 、 q'' はそれぞれの指標値に対応する係数であり、以下の (15) ~ (20) 式により求めた。 σ_a 、 σ' 、 σ'' は推定パラメータ（最近年の各年齢 F 値と同時推定）である。

$$q_a = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_y \ln(I_{a,y}) - \frac{b_a}{n} \sum_y \ln(D_{a,y})\right) \quad (15)$$

$$b_a = \frac{\sum_y (\ln(I_{a,y}) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(I_{a,y})) (\ln(D_{a,y}) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(D_{a,y}))}{\sum_y (\ln(D_{a,y}) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(D_{a,y}))^2} \quad (16)$$

$$q' = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_y \ln(J_y) - \frac{b'}{n} \sum_y \ln(S_y)\right) \quad (17)$$

$$b' = \frac{\sum_y (\ln(J_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(J_y)) (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))}{\sum_y (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))^2} \quad (18)$$

$$q'' = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_y \ln(K_y) - \frac{b''}{n} \sum_y \ln(S_y)\right) \quad (19)$$

$$b'' = \frac{\sum_y (\ln(K_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(K_y)) (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))}{\sum_y (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))^2} \quad (20)$$

ここで、 n は各チューニング指標値のデータの年数である。チューニング指標値の期間は、沖底の年齢別標準化 CPUE については 1999 年漁期以降、刺し網の資源量指標値と標準化 CPUE はそれぞれ 2003 年漁期以降、2010 年漁期以降である。各チューニング指標値と予測値との残差プロットおよび経年推移については補足図 2-1 および補足図 2-2 に、各チューニング指標値と予測値とのべき乗関係については補足図 2-3 に示した。それぞれにおいて問題のある残差傾向は見られないと判断し、指標値と予測値との関係はべき乗関係を仮定して問題ないと考えられた。 b_a 、 q_a 、 b' 、 b'' 、 q' 、 q'' 、 σ_a 、 σ' 、 σ'' の推定結果については補足表 2-7 に示した。チューニング後のコホート解析による資源解析結果の詳細は補足資料 5 に示した。探索の結果、親魚量および年齢別 F 値の RMSPE の平均が最小となった λ と η の組み合わせ ($\lambda=0.755$ 、 $\eta=0.985$) を解析に用いた (補足資料 6)。

(2) 直近 3 年間の加入量

2020~2022 年級群については前述の通り 6~7 月のスケトウダラ音響トロール調査の結果を用いて推算した。使用した調査データは、再解析が終了した 2006 年度調査以降の 1 歳魚の現存尾数指標値から 2005 年級群および 2007 年級群を除いたものである。この指標値とコホート計算の 1 歳魚資源尾数推定値とを、2019 年度までのデータについて各々対数変換し線形関係式を求め、これに直近 3 年間の調査 (2021~2023 年度) の 1 歳魚の現存尾数

指標値を当てはめることで、2020～2022年級の1歳魚における資源尾数を線形外挿して求めた。ここから、2020～2022年漁期の0歳魚の資源尾数、および2021年漁期の2歳魚の資源尾数を、それぞれコホート解析の後進計算（(1)式）および前進計算（(21)式）により求めた。なお、各年齢F値は（7）式で求めた。

$$N_{a+1,y+1} = (N_{a,y} \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) - C_{a,y}) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (21)$$

調査での現存尾数指標値とコホート解析での資源尾数推定値との関係および線形関係式を補足図 2-4 に示す。線形外挿された 2020～2022 年級の 1 歳魚時点の資源尾数は、それぞれ 790 百万尾、974 百万尾、および 1479 百万尾であった。また、後進計算により推算された 0 歳魚時点での資源尾数（加入量）は、それぞれ 1178 百万尾、1453 百万尾、および 2207 百万尾であった。

(3) 再生産関係と最大持続生産量 MSY について

再生産関係式の適用と最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定の詳細については、令和 2 年度資源評価報告書の補足資料 10（境ほか 2021）を参照されたい。ここで、MSY を実現する水準の推定には、適用した再生産関係と、令和 2 年度資源評価での将来予測に用いた各種設定が使用された。すなわち、再生産関係は、資源評価で推定された 1981～2016 年漁期の加入量および親魚量に基づき最小二乗法でパラメータを推定したホッカー・スティック型関係式（加入量の残差の自己相関は考慮しない）とし、将来予測で用いたのと同様の自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重および漁獲の選択率がシミュレーションの条件付けに用いられた。選択率および漁獲物の平均体重には 2015～2019 年漁期における平均値が用いられた（補足表 2-8）。以上の条件および使用した再生産関係の下で行われたシミュレーションにおいて、平衡状態における漁獲量を最大化する漁獲係数が F_{msy} 、そのときの親魚量が SB_{msy} 、平衡状態で最大化された漁獲量の平均値が最大持続生産量 (MSY) として推定された。

(4) 将来予測の方法

資源評価で推定した 2022 年漁期の資源量から、(22) 式で示したコホート解析の前進法を用いて 2023～2054 年漁期の将来予測計算を行った。10 歳以上のプラスグループについては、前年の 9 歳と 10 歳以上から前進させた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M_a) \quad (22)$$

将来予測での各年の加入量には、前述の MSY の推定で用いたホッカー・スティック型再生産関係式と上記の前進計算で得た各年の親魚量とで算出される値を用いた。加入量の不確実性として、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与えた。将来予測における 2024 年漁期以降の漁獲率は、漁獲シナリオに従い調整係数 β に 0.9 を用いた漁獲管理規則に従った。その際、選択率には MSY の算出に用いた選択率（すなわち、令和 2 年度の資源評価での将来予測に用いた 2015～2019 年漁期の平均年齢別 F 値に基づく選択率）を引き続き使用した。2023 年漁期の F 値には、現状の漁獲率 ($F_{2018-2022}$) を用いた。 $F_{2018-2022}$

は、上記の選択率の下で 2018～2022 年漁期の年齢別の平均 F 値と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算し探索的に求めた。

漁獲尾数は上記で求めた資源尾数と漁獲圧（年齢別漁獲係数 F）に基づき (23) 式により予測した。

$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (23)$$

なお、年齢別平均体重についても、MSY 計算時の仮定との一貫性を保つため、2015～2019 年漁期の平均値を用いた。将来予測における繰り返し計算は 10,000 回である。

(5) モデル診断

「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和 5 年度）（FRA-SA2023-ABCWG02-03）」（水産研究・教育機構 2023）に従って、本系群の資源評価に用いた 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。チューニング指標値を一つずつ取り除き推定結果への影響をみるジャックナイフ解析では、チューニング指標値から年齢別標準化 CPUE のうち 3 歳 CPUE を外した場合にコホート解析で加入量が推定される最終年の年級（2019 年級群）の資源尾数の推定が大きく上振れする（補足図 2-5）。これは、直近 2022 年漁期までのデータでは、2019 年級群の豊度の推定が 3 歳の標準化 CPUE に大きく依存するためである。他のチューニング指標値については、それぞれ一つだけ除いても推定値には大きく影響しない。これは 3 歳の資源尾数以外は複数の指標値がチューニングに関係しており、推定にあたり一つの指標値のみに大きく依存しないこと、およびそれぞれの指標値が持つ変化の傾向が、指標値間で大きく異なることが考えられる（補足図 2-5、2-6）。チューニングでの F の推定への初期値の影響をみるジッター解析の結果からは、初期値を様々に変えた場合でも推定される各年齢の F 値が変化しないことに加え、初期値を変えて推定値を得た場合でもその対数尤度が変わらないことから、使用した初期値でモデルは問題なく収束していることが確認され、推定値が局所解に陥っていることはないことが示された（補足図 2-7）。また、ブートストラップ法による信頼区間の推定結果からは、チューニング指標値の存在する 1999 年以降について親魚量や資源量の推定値に明瞭なバイアスは生じていないことが示された（補足図 2-8）。

その他、自然死亡係数を変えた感度試験結果は本編資料の図 4-8 に、レトロスペクティブ解析の結果は補足資料 6 に示した。

(6) 使用したプログラム

コホート解析および将来予測のいずれも、R（ver. 4.3.0）（R Core Team 2023）にてパッケージ “frasyr（ver. 2.2.0.3）” を用いて実施した。

補注 1. 沖合底びき網漁業の年齢別標準化 CPUE

沖底の年齢別標準化 CPUE は、以下の手順により算出した。

- 1) 道東を釧路以東（沖底小海区 31～35）と釧路以西（同 30、36、37）、襟裳以西を浦河・

静内沖（同 28、29）と鷓川・登別・白尻・恵山沖（同 24～27）にそれぞれ分割し、これらの 4 海域の沖底漁獲物に対応した年齢組成推定用サンプルが得られている年・月を漁法ごと（オッタートロール・かけまわし）に抽出する。

- 2) 抽出された年・月・漁法について、1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が多い順に、1 年の漁獲量の 90%を占める操業（すなわち Biseau (1998) の 90%説明レベルに相当する操業データ）を抽出する。
- 3) 年・月・漁法・海域別の年齢組成データが、同時期・海域・漁法のスケトウダラ狙いの漁獲物年齢組成を反映していると見做し、年齢別の漁獲量・努力量データを求める。
- 4) スケトウダラ狙いの漁獲情報であっても、年齢によりゼロキャッチが生じる場合があるため、デルタ型 2 段階モデル (Lo et al. 1992) を標準化に使用する。これは第 1 段階として、ゼロキャッチデータの割合について二項分布を用いた一般化線形モデル (GLM) により推定し、次に第 2 段階として非ゼロキャッチデータに対数正規分布を仮定した GLM を適用し、最終的に非ゼロキャッチデータの割合と非ゼロキャッチ部分の応答変数 (CPUE) を掛け合わせることで標準化 CPUE を得る方法である。フルモデルの説明変数として、第 1 段階では、漁期年、月、年齢、漁法、および海域を、第 2 段階では、漁期年、月、年齢、漁法、船 ID、馬力を用い、主効果および交互作用について BIC を用いた変数選択を行い最終的なモデルを得る。先行研究例 (Rodríguez-Marín et al. 2003) に従い、最終的なモデルでは、年齢別の CPUE の年トレンドを得るため、漁期年と年齢の交互作用項について最小二乗平均 (lsmean) を算出する。
- 5) 最終的に選択されたモデルは昨年度と同じものとなった。モデル式は以下の通り；

[第 1 段階]： $positive\ rate \sim Intercept + Year + Age + Area + Year \times Age + error\ term,$

[第 2 段階]： $\log(CPUE) \sim Intercept + Year + Age + Area + Month + VesselID + Year \times Age + Age \times Month + Age \times Area + error\ term$

ここで Year は漁期年、Age は年齢、Month は月、VesselID は船 ID、Area は海域である。標準化における詳細は標準化 CPUE に関する文書 (FRA-SA2023-SC09-201) を参照のこと。

補注 2. すけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE (操業日誌)

すけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE (操業日誌) は、以下の方法により算出した (函館・栽培・釧路水産試験場 2023)。

- 1) データとなる操業日誌は、2010 年度より渡島、および胆振地区のすけとうだら固定式刺し網船団の代表船 (18 隻) が、操業日ごとの操業位置 (緯度・経度)、使用した網数 (反)、漁獲量 (kg) を記録したものをを用いた。
- 2) CPUE の標準化には正規分布を仮定した一般化線形モデルを利用し、応答変数に対数変換した船別日別の CPUE を、説明変数に年、月、漁具の中央部の水深、漁具の浸漬日数、船団名、操業エリアを用いた。CPUE は操業エリア、月、水深ごとに年変動パターンに違いが見られたので、これらの説明変数はそれぞれ年との交互作用項としてモデル化した。操業データの中には漁獲が 0 であったデータも含まれたため、応答変

数は CPUE に定数項を加えたものを対数変換したものとした。この定数項には、平均 CPUE の 10% の値を与えた (constant)。

- 3) 最終的に選択されたモデルは以下の通りである。
- 4) 年と操業エリアとの交互作用項が選択されたため、標準化 CPUE は最小二乗平均を操業エリアの面積で重みづけして算出した。

$$\log(\text{CPUE} + \text{constant}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{Depth} + \text{Duration} + \text{Group} + \text{Year} \times \text{Month} + \text{Year} \times \text{Area} + \text{Year} \times \text{Depth} + \text{error term}$$

ここで、CPUE は船別日別の漁獲量 (kg) を努力量 (網長) で割った値、Year は操業日誌の記録が行われた 2010~2021 年漁期、Month は 10 月~翌年 2 月とした (年によっては 2 月以前に操業が終了していることもある)。Area は沖底漁区を基準とした操業エリア、Depth は漁具の中央における水深 (7 階級: ~100 m、~150 m、~200 m、~250 m、~300 m、~350 m、~400 m)、Duration は漁具の浸漬日数 (1~3 日)、Group は船団名である。すべての説明変数はカテゴリカル変数として用いた。

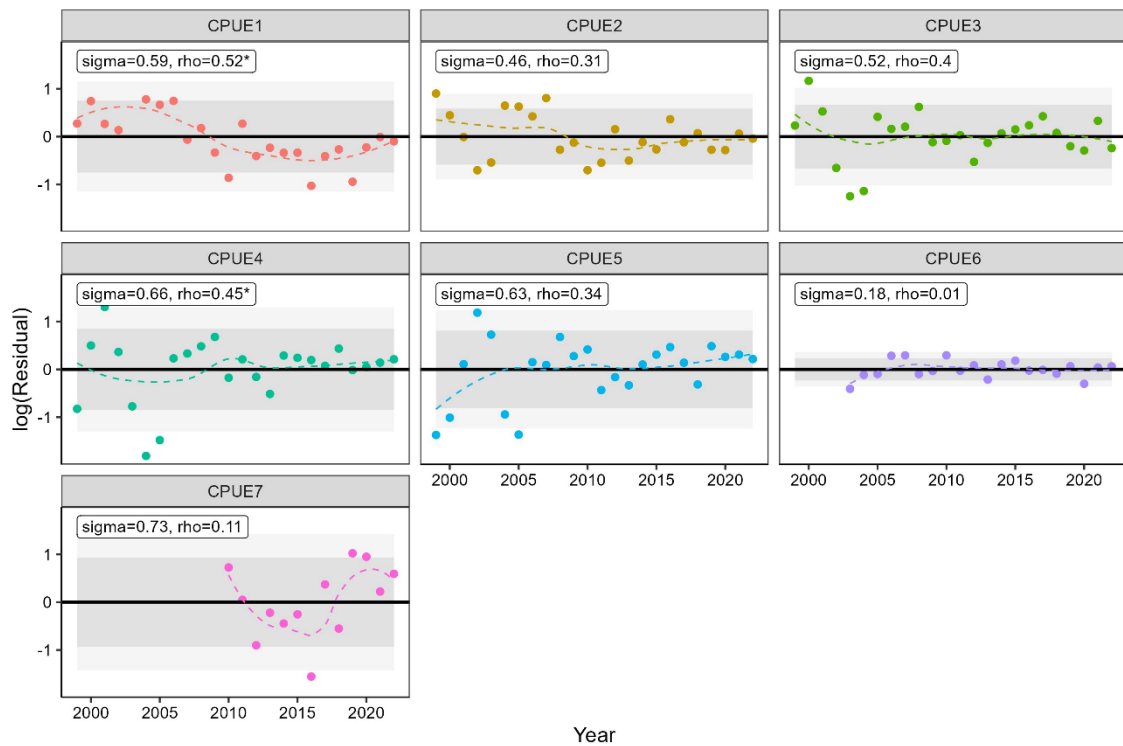
引用文献

- Biseau, A (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.* **11**: 119-136.
- 函館・栽培・釧路水産試験場 (2023) スケトウダラ太平洋海域. 2023 年度北海道周辺海域における主要魚種の資源評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部, 34-56.
- Hashimoto, M., H. Okamura, M. Ichinokawa, K. Hiramatsu, and T. Yamakawa (2018) Impact of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual population analysis. *Fish. Sci.* **84**, 335-347.
- 平松一彦 (1999) VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, **20**, 9-28.
- Lo, N.C., L. D. Jacobson, and J. L. Squire. (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2515-2526.
- 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.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using Cohort Analysis. *Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish.*, **9**, 65-74.
- R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez-Marín, E., H. Arrizabalaga, M. Ortiz, C. Rodríguez-Cabello, G. Moreno, and L.T. Kell (2003) Standardization of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, catch per unit effort in the baitboat fishery of the Bay of Biscay (Eastern Atlantic). *ICES J. Mar. Sci.*, **60**, 1216-1231.
- 境 磨・千村昌之・千葉 悟・濱邊昂平・佐藤隆太・伊藤正木・濱津友紀・鈴木勇人・岩原由佳 (2023) 令和 5 (2023) 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価 沖合底びき網漁業の年齢別標準化 CPUE について (FRA-SA2023-SC09-201)
- 境 磨・千村昌之・石野光弘・河村眞美・成松庸二・貞安一廣 (2021) 令和 2 (2020) 年度

スケトウダラ太平洋系群の資源評価 . https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2020/details_2020_12.pdf (last accessed 7 August 2023)

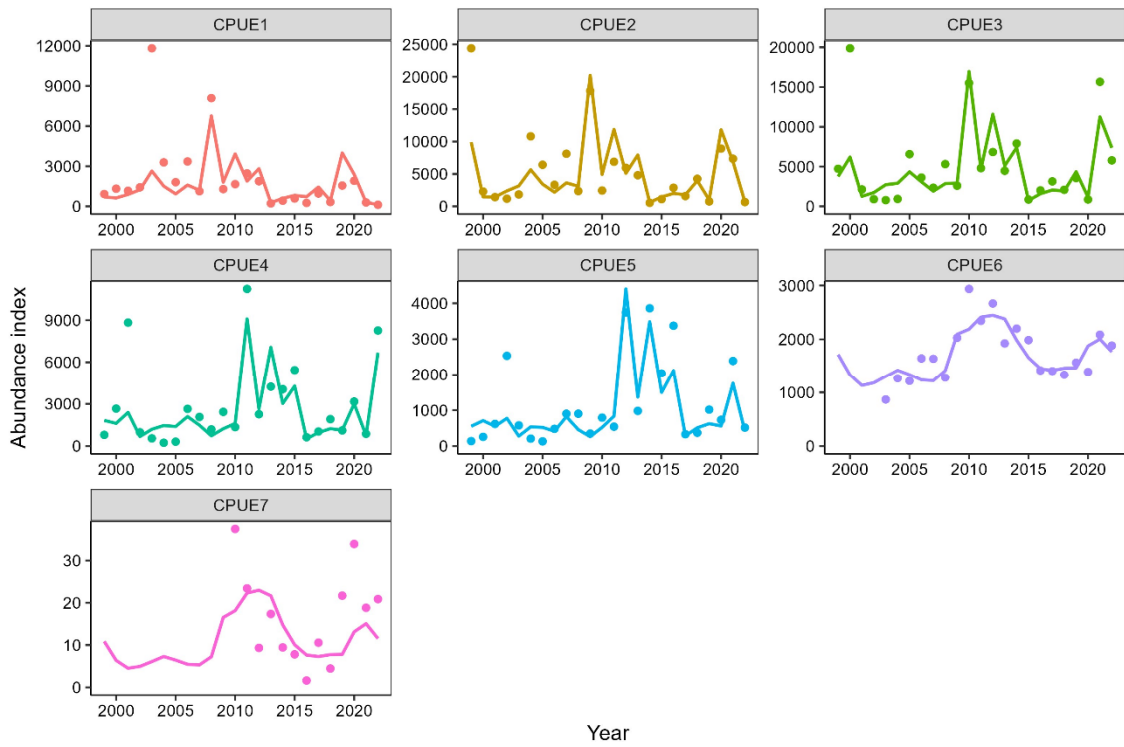
水産研究・教育機構 (2023) 令和 5 (2023) 年資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針 . FRA-SA2023-ABCWG02-03, 水産研究・教育機構, 横浜, 14pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-03.pdf

Widrig, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. Fish. Bull. U.S., **56**, 141-166.



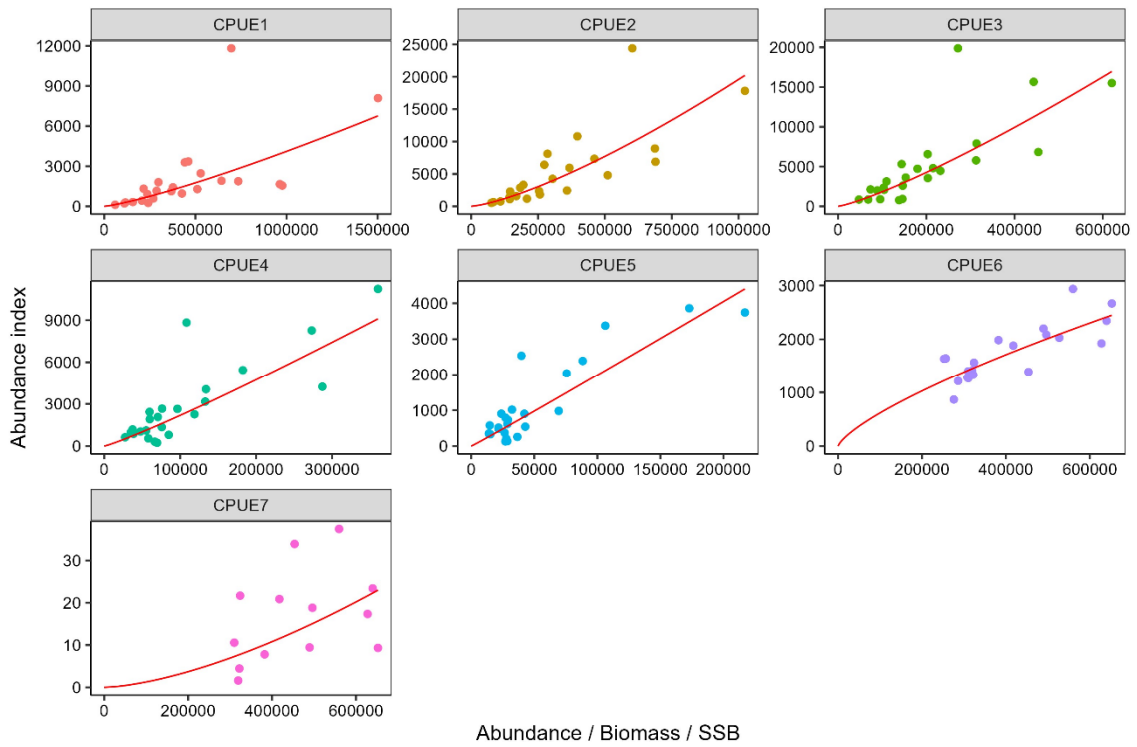
補足図 2-1. 各チューニング指標値の残差プロット

CPUE1～5 はそれぞれ沖合底びき網漁業の 3～7 歳の年齢別標準化 CPUE である。CPUE6 はすけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値、CPUE7 は同漁業の操業日誌に基づく標準化 CPUE である。灰色の濃い網掛けは 80%信頼区間、薄い網掛けは 95%信頼区間を示す。sigma の値が小さいほど、チューニング指標値のあてはまりが良いことを示す。rho は残差の自己相関係数である。



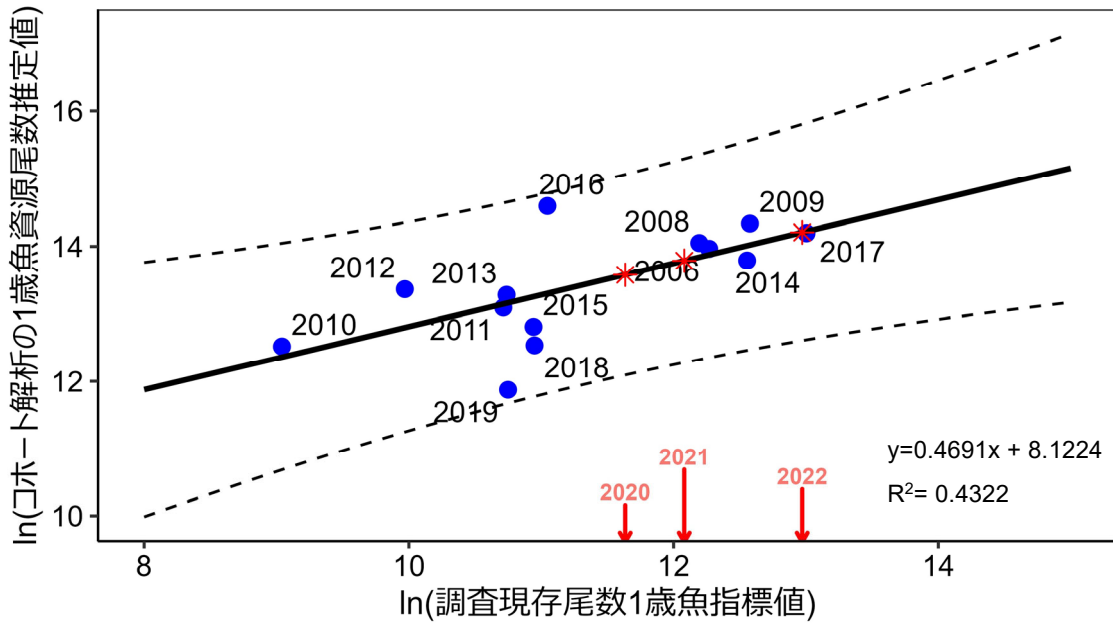
補足図 2-2. 予測資源尾数または産卵親魚量とチューニング指標値の経年推移

CPUE1～5 はそれぞれ沖合底びき網漁業の 3～7 歳の年齢別標準化 CPUE に対する各年齢の資源尾数の経年推移である。CPUE6 はすけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値に対する産卵親魚量、CPUE7 は同漁業の操業日誌に基づく標準化 CPUE に対する産卵親魚量の経年推移である。



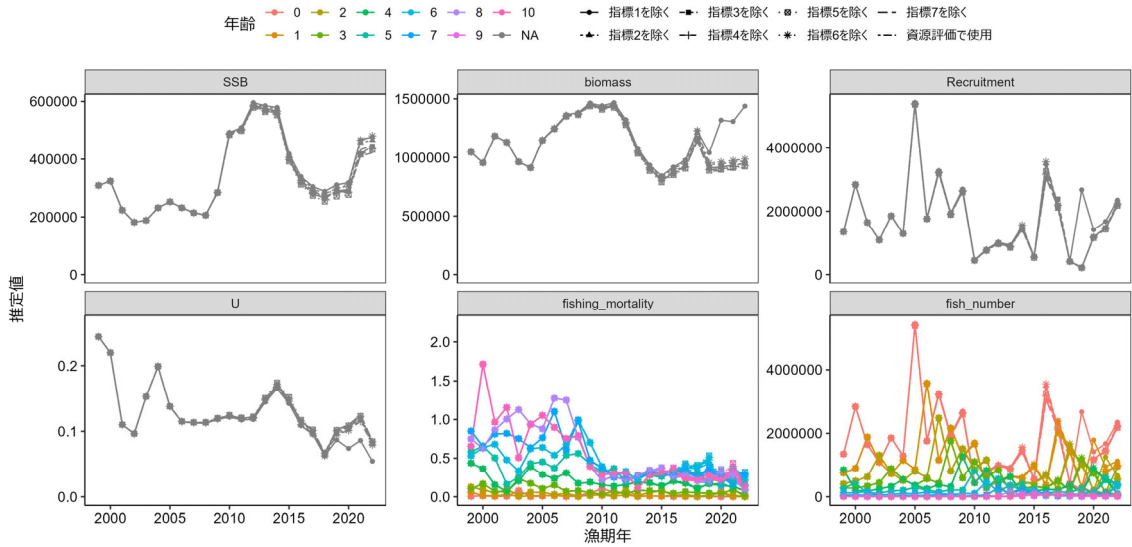
補足図 2-3. 予測資源尾数または産卵親魚量とチューニング指標値との関係

CPUE1～5 はそれぞれ沖合底びき網漁業の 3～7 歳の年齢別標準化 CPUE に対する各年齢の資源尾数の関係である。CPUE6 はすけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値に対する産卵親魚量、CPUE7 は同漁業の操業日誌に基づく標準化 CPUE に対する産卵親魚量の関係である。



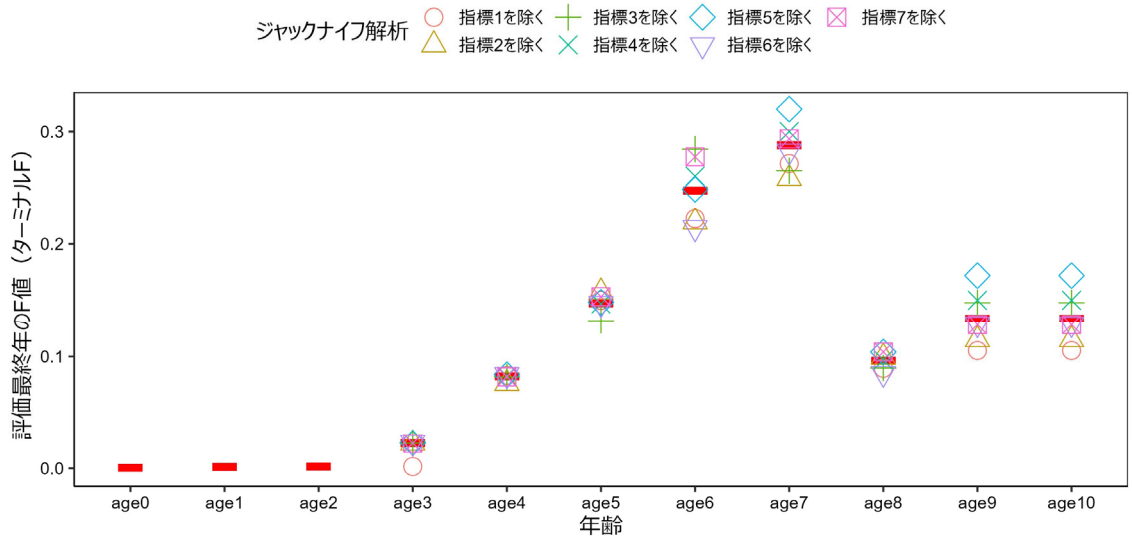
補足図 2-4. 調査での現存尾数指標値とコホート解析での資源尾数推定値との関係、線形関係式（太実線）および95%予測区間（点線）

調査データ（2006～2020年度の指標値）と、コホート解析で推定される2019年級までの1歳魚時点の資源尾数について、両情報を対数変換の上で線形関係を検討した。ただし、調査により卓越年級としての豊度が捉えられなかった2005年級および2007年級は解析から除いた。プロットに添えた数字はそのプロットに対応した年級群を示す。直近3年級群（2020～2022年級群）の資源量はそれぞれ2021～2023年度の調査で得られた1歳魚現存尾数（赤矢印、数字は年級を示す）を関係式に当てはめて推算した。これらの直近3年級群の関係式上の位置は*で示した。



補足図 2-5. ジャックナイフ解析によるチューニング指標値の影響評価

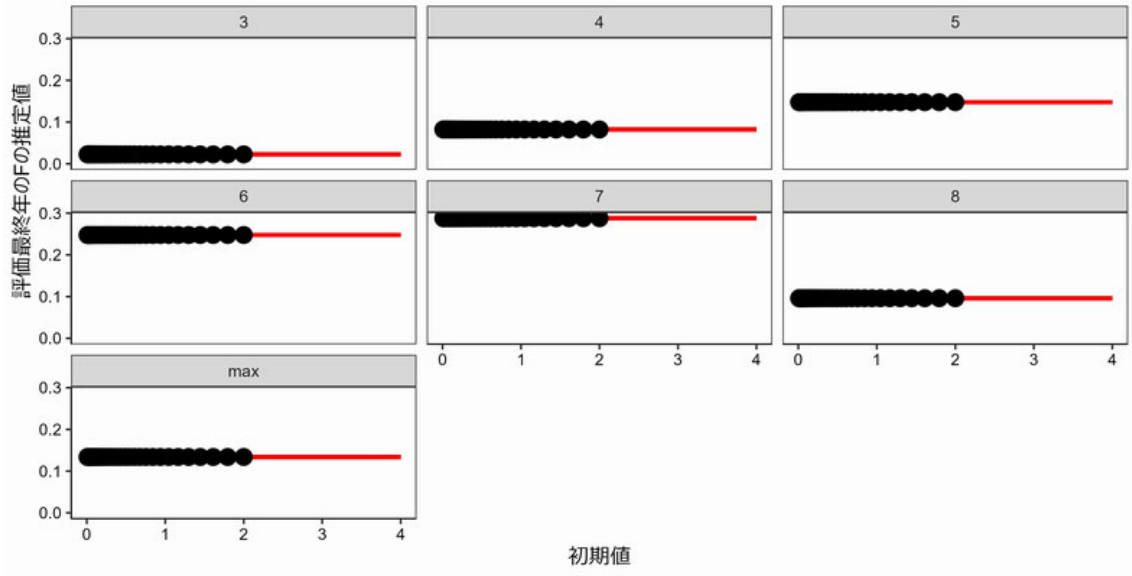
沖合底びき網漁業の3～7歳の年齢別標準化 CPUE（指標 1～5）やすけとうだら固定式刺し網の資源量指標値（指標 6）、同漁業の操業日誌標準化 CPUE（指標 7）を一つずつ抜いて資源解析を行うことで、推定値への影響力の強い指標値を検討した。



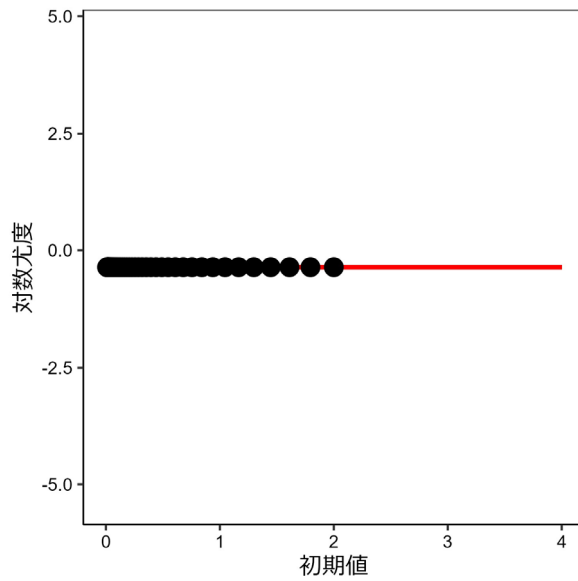
補足図 2-6. ジャックナイフ解析による最終年の年齢別漁獲係数（ターミナル F）の推定へのチューニング指標値の影響評価

沖合底びき網漁業の3～7歳の年齢別標準化 CPUE（指標 1～5）やすけとうだら固定式刺し網の資源量指標値（指標 6）、同漁業の操業日誌標準化 CPUE（指標 7）を一つずつ抜いて資源解析を行うことで、推定値への影響力の強い指標値を検討した。

(a) 初期値を変えた場合の最終年の年齢別漁獲係数 (F 値) の推定値 (3~9 歳)



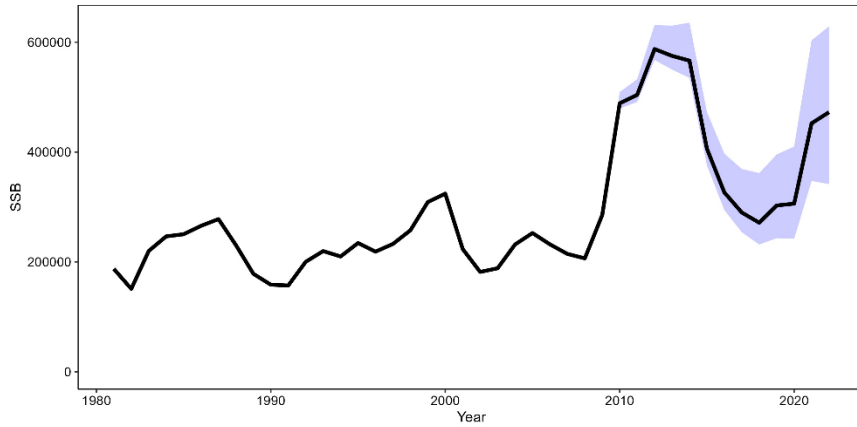
(b) 初期値を変えた場合の推定における対数尤度



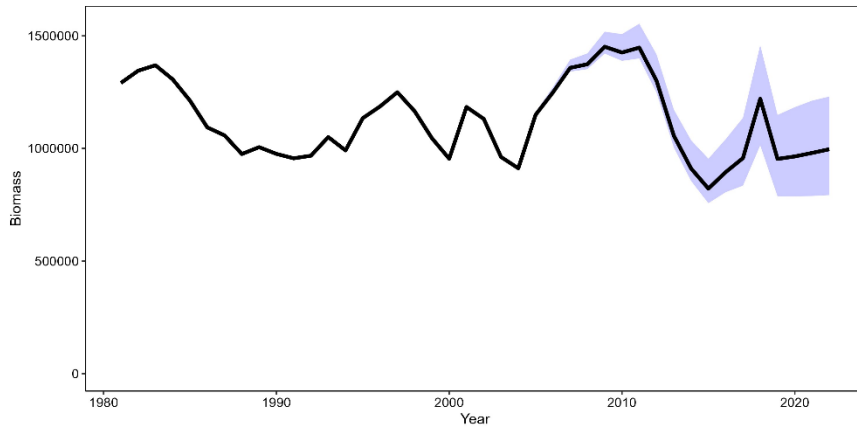
補足図 2-7. ジッター解析による初期値と最終年の年齢別漁獲係数 (F 値) の推定値 (3~9 歳) (a) および対数尤度 (b)

黒丸のプロットは、初期値 (横軸) を変えた場合の推定値 (a の縦軸) および対数尤度 (b の縦軸) をそれぞれ示す。赤線は資源評価で用いた推定値 (a) とその時の対数尤度 (b) を示す。

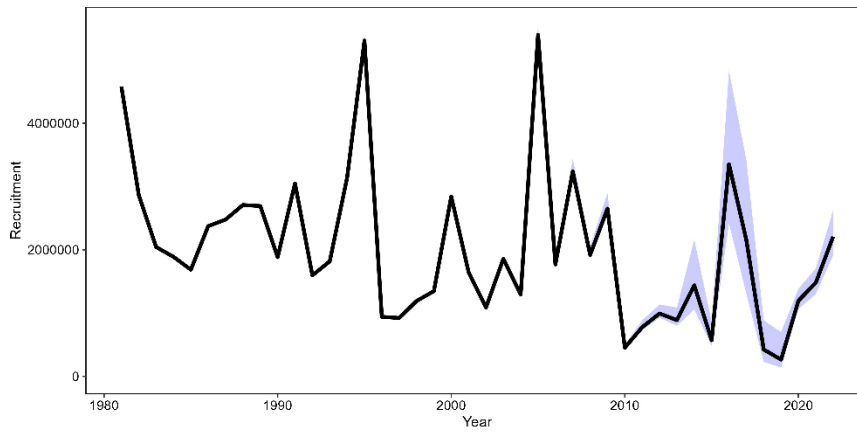
(a) 親魚量



(b) 資源量



(c) 加入量



補足図 2-8. チューニング指標値のブートストラップ 100 回による親魚量 (a) と資源量 (b) 加入量 (c) の 90%信頼区間

補足表 2-1. 年齢別平均体重 (g)

漁期年	1988以前	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	31	27	25	29	30	42	33	28	29	32	41	39	53	44	49	32	42	44
1歳	106	109	96	95	94	138	79	106	89	85	121	158	97	238	155	76	87	152
2歳	267	332	284	246	248	227	264	222	221	201	258	300	304	297	301	216	210	265
3歳	405	453	419	409	400	343	338	397	368	338	335	347	432	467	461	395	348	422
4歳	489	492	539	452	464	500	435	525	485	452	400	459	473	530	565	470	462	460
5歳	564	585	618	529	538	547	526	536	557	541	476	520	526	583	586	517	510	525
6歳	639	682	662	594	612	643	607	591	632	639	522	549	591	626	639	625	579	575
7歳	788	819	820	806	718	777	686	641	583	738	639	605	651	680	705	682	648	625
8歳 (8+歳)	999	879	1,030	1,024	841	1,222	881	782	814	869	740	658	758	727	783	738	674	675
9歳 (9+歳)											828	689	843	717	831	840	766	711
10+歳												751	902	1,302	1,037	1,198	886	968

漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
0歳	40	43	32	30	37	48	50	54	38	48	48	47	36	35	13	40	46
1歳	143	89	96	105	84	141	139	76	77	95	124	91	155	80	217	141	78
2歳	184	242	188	189	208	236	160	164	165	183	226	220	278	183	232	265	359
3歳	359	316	347	300	318	393	381	308	312	402	340	377	397	283	327	365	468
4歳	453	455	417	449	431	433	480	464	479	478	460	479	497	463	400	444	422
5歳	530	527	512	542	524	502	505	530	548	540	560	599	557	564	529	491	481
6歳	594	595	615	590	636	576	579	565	611	603	635	648	660	670	630	639	580
7歳	642	665	682	700	696	749	655	614	632	639	649	721	723	767	707	660	707
8歳	686	661	692	687	770	761	909	719	653	654	714	738	742	789	809	744	749
9歳	755	796	749	684	837	1,020	853	785	743	712	727	788	761	804	835	864	859
10+歳	994	982	1,110	713	1,152	1,085	1,062	884	1,053	820	798	807	832	848	874	893	890

補足表 2-2. 自然死亡係数 M

年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8 (8+)	9 (9+)	10+
M	0.4	0.35	0.3	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

プラスグループを 1997 年漁期以前は 8 歳以上、1998 年漁期は 9 歳以上、1999 年漁期以降は 10 歳以上とした。いずれの場合も自然死亡係数は 0.25 である。

補足表 2-3. 親魚量計算に用いた年齢別成熟割合

年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8 (8+)	9 (9+)	10+
成熟割合 (%)	0	0	0	0	20	80	90	100	100	100	100

プラスグループを 1997 年漁期以前は 8 歳以上、1998 年漁期は 9 歳以上、1999 年漁期以降は 10 歳以上とした。いずれの場合も成熟割合は 100%である。

補足表 2-4. 沖合底びき網漁業の年齢別標準化 CPUE (チューニング指標値)

標準化CPUE(ひと網当たりの漁獲尾数に基づく)												
漁期年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
3歳	921	1,319	1,160	1,422	11,814	3,288	1,805	3,355	1,130	8,090	1,290	1,658
4歳	24,398	2,292	1,425	1,177	1,833	10,811	6,415	3,320	8,116	2,356	17,832	2,442
5歳	4,726	19,878	2,130	898	781	929	6,565	3,623	2,342	5,311	2,594	15,506
6歳	801	2,664	8,828	983	552	240	317	2,645	2,069	1,188	2,430	1,350
7歳	140	259	618	2,535	577	209	133	482	901	902	349	792

漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
3歳	2,467	1,878	219	424	588	257	960	325	1,553	1,910	291	118
4歳	6,881	5,945	4,804	540	1,109	2,871	1,585	4,248	758	8,924	7,344	659
5歳	4,806	6,829	4,472	7,907	853	2,008	3,141	2,083	3,556	858	15,659	5,785
6歳	11,219	2,263	4,227	4,046	5,439	632	1,038	1,914	1,116	3,165	874	8,265
7歳	542	3,742	980	3,860	2,038	3,374	331	373	1,016	730	2,390	516

補足表 2-5. すけとうだら固定式刺し網漁業の CPUE (チューニング指数)

資源量指標値											
漁期年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
漁獲量/反(kg)	867	1,265	1,215	1,641	1,635	1,279	2,028	2,937	2,344	2,666	
標準化CPUE								37.5	23.4	9.3	

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
漁獲量/反(kg)	1,922	2,199	1,984	1,415	1,404	1,332	1,563	1,388	2,085	1,882
標準化CPUE	17.4	9.4	7.8	1.6	10.6	4.5	21.7	33.9	18.8	20.9

補足表 2-6. チューニングにおいて年度中央の親魚量計算に用いた年齢別成熟割合

年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8 (8+)	9 (9+)	10+
成熟割合 (%)	0	0	0	20	80	90	100	100	100	100	100

プラスグループを 1997 年漁期以前は 8 歳以上、1998 年漁期は 9 歳以上、1999 年漁期以降は 10 歳以上とした。いずれの場合も成熟割合は 100%である。

補足表 2-7. 係数 b と q 、および σ の推定結果

年齢 a	b_a	q_a	σ_a	b'	q'	σ'
3	1.226	1.819×10^{-04}	0.585	0.733	$2.113 \times 10^{+01}$	0.181
4	1.345	1.662×10^{-04}	0.456			
5	1.219	1.471×10^{-03}	0.520			
6	1.111	6.124×10^{-03}	0.661	b''	q''	σ''
7	1.025	1.493×10^{-02}	0.631	1.542	1.047×10^{-03}	0.727

補足表 2-8. 最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定および将来予測に用いたパラメータ値 (境ほか 2021)

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2018-2022 (注 3)	自然死亡 係数	平均体重 (g)	成熟率
0	0.011	0.009	0.004	0.40	44	0.0
1	0.021	0.017	0.007	0.35	107	0.0
2	0.083	0.067	0.028	0.30	218	0.0
3	0.154	0.124	0.051	0.25	360	0.0
4	0.404	0.326	0.134	0.25	475	0.2
5	0.701	0.565	0.232	0.25	563	0.8
6	1.000	0.805	0.331	0.25	642	0.9
7	0.832	0.670	0.275	0.25	698	1.0
8	0.791	0.637	0.262	0.25	726	1.0
9	0.891	0.717	0.295	0.25	756	1.0
10+	0.891	0.717	0.295	0.25	819	1.0

注 1：令和 2 年度の研究機関会議で MSY を実現する水準の更新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 2015～2019 年漁期の平均の年齢別漁獲係数 (F 値) に基づく選択率)。

注 2：令和 2 年度に更新された Fmsy。

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2018～2022 年漁期の年齢別の平均の F 値に相当する漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2023 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己 相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小二乗法	無	11.79454	150944.4	0.580347	-

a は折れ点までの再生産式の傾き (尾/kg)、b は折れ点となる親魚量 (トン) である。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
目標管理基準値	22.8 万トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
限界管理基準値	15.1 万トン	これまで観測された最小親魚量 (SBmin)
禁漁水準	6.0 万トン	漁獲管理規則 ($\beta=0.8$) で 10 年間漁獲しながら 50% の確率で目標管理基準値まで回復する親魚量の閾値
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) =(0.01, 0.02, 0.07, 0.12, 0.33, 0.56, 0.81, 0.67, 0.64, 0.72, 0.72)	
%SPR (Fmsy)	19.7%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	17.1 万トン	最大持続生産量 MSY

補足表 3-3. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2022	44.8 万トン	2022 年漁期の親魚量
F2022	2022 年漁期の漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) =(0.00, 0.00, 0.00, 0.02, 0.08, 0.15, 0.25, 0.29, 0.10, 0.13, 0.13)	
U2022	8%	2022 年漁期の漁獲割合
%SPR (F2022)	50.9%	2022 年漁期の %SPR
%SPR (F2018-2022)	40.1%	現状 (2018~2022 年漁期) の漁獲圧に対応する %SPR*
管理基準値との比較		
SB2022/ SBmsy	1.96	最大持続生産量を実現する親魚量 (目標管理基準値) に対する 2022 年漁期の親魚量の比
F2022/ Fmsy	0.27	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2022 年漁期の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2022 年漁期の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して算出し求めた比。

補足表 3-4. ABC と予測親魚量

2024 年漁期の ABC (万トン)	2024 年漁期の親魚量 予測平均値 (万トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2022)	2024 年漁期の 漁獲割合 (%)
17.6	30.6	2.19	17.0
コメント: ・ABC の設定は、令和 2 年 12 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(調整係数 β を 0.9 とした漁獲管理規則)に基づく。			

補足表 3-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2031 年漁期 の親魚量 (万トン)	90% 予測区間 (万トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値等を上回る確率 (%)		
			目標管理 基準値	限界管理 基準値	禁漁水準
2024 年漁期以降に漁獲管理規則で使用する β					
$\beta=0.9$	25.9	15.4 – 41.2	59	96	100
上記と異なる β を使用した場合等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	23.5	14.0 – 37.7	47	91	100
$\beta=0.8$	28.7	17.2 – 45.2	73	98	100
$\beta=0.7$	32.1	19.6 – 50.1	86	100	100
$\beta=0.6$	36.2	22.5 – 55.8	94	100	100
$\beta=0.5$	41.3	26.2 – 62.9	99	100	100
$\beta=0$	97.8	70.3 – 135.7	100	100	100
F2018-2022	46.9	30.4 – 70.3	100	100	100

補足表 3-6. 漁獲シナリオに対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数 (F 値) *

年齢\年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0	0.001	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
1	0.001	0.007	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
2	0.002	0.028	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
3	0.023	0.051	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
4	0.082	0.134	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.292	0.291	0.291	0.291	0.291	0.291
5	0.148	0.232	0.508	0.508	0.508	0.508	0.508	0.506	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505
6	0.248	0.331	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.722	0.721	0.720	0.720	0.721	0.721
7	0.288	0.275	0.603	0.603	0.603	0.603	0.603	0.601	0.599	0.599	0.599	0.599	0.599
8	0.096	0.262	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.571	0.570	0.570	0.570	0.570	0.570
9	0.134	0.295	0.646	0.646	0.646	0.646	0.646	0.644	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642
10+	0.134	0.295	0.646	0.646	0.646	0.646	0.646	0.644	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642

年齢別平均資源尾数 (100 万尾)

年齢\年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0	2,207	1,774	1,797	1,804	1,771	1,779	1,789	1,776	1,780	1,787	1,772	1,766	1,791
1	974	1,479	1,185	1,196	1,200	1,178	1,183	1,190	1,181	1,184	1,188	1,178	1,175
2	554	685	1,035	823	830	833	818	821	826	820	822	825	818
3	68	410	494	722	574	579	581	570	573	576	572	573	576
4	98	52	303	344	503	400	403	405	397	399	402	399	400
5	381	70	36	176	200	292	232	234	235	231	232	234	232
6	350	256	43	17	83	94	137	109	110	110	108	109	110
7	28	213	143	16	6	31	35	52	41	42	42	41	41
8	72	17	126	61	7	3	13	15	22	18	18	18	18
9	13	51	10	55	27	3	1	6	7	10	8	8	8
10+	27	28	46	23	32	24	11	5	4	5	6	6	5
合計	4,774	5,035	5,218	5,236	5,232	5,215	5,204	5,183	5,177	5,181	5,170	5,157	5,173

2024 年漁期以降は調整係数 β を 0.9 とした漁獲管理規則で漁獲する場合の将来予測結果。数値は 10,000 回の繰り返し計算の平均値である。

* 将来の漁獲の予測に当たり、2023 年漁期以降の年齢別漁獲係数 (F 値) の選択率には MSY の算出に用いた選択率 (すなわち、令和 2 年度の資源評価での将来予測に用いた 2015～2019 年漁期の平均の F 値に基づく選択率) を用いている (補足表 2-8)。

補足表 3-6. 漁獲シナリオに対応する将来予測の年齢別詳細情報（続き）

年齢別平均資源量（千トン）

年齢\年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0	102	78	79	80	78	78	79	78	79	79	78	78	79
1	76	158	126	127	128	125	126	127	126	126	127	126	125
2	199	150	226	180	181	182	179	179	180	179	180	180	179
3	32	147	178	260	206	208	209	205	206	207	206	206	207
4	41	25	144	163	239	190	192	192	189	190	191	190	190
5	184	40	20	99	113	165	131	132	132	130	131	132	131
6	203	165	28	11	53	60	88	70	71	71	70	70	70
7	20	149	100	11	4	22	25	36	29	29	29	29	29
8	54	12	91	44	5	2	10	11	16	13	13	13	13
9	11	38	8	42	20	2	1	4	5	7	6	6	6
10+	24	23	37	19	26	20	9	4	4	4	5	5	4
合計	946	984	1,038	1,036	1,054	1,054	1,047	1,039	1,036	1,035	1,034	1,033	1,033

年齢別平均漁獲尾数（100万尾）*

年齢\年	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
0	1	5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
1	1	8	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2	1	16	52	42	42	42	41	41	42	41	41	41	41
3	1	18	46	67	53	54	54	53	53	53	53	53	53
4	7	6	68	77	113	90	90	90	89	89	90	89	89
5	46	13	12	62	70	103	82	82	82	81	81	82	81
6	68	64	20	8	38	43	62	49	50	50	49	49	50
7	6	45	57	7	3	12	14	21	16	17	17	16	16
8	6	3	49	24	3	1	5	6	8	7	7	7	7
9	1	11	4	23	11	1	0	2	3	4	3	3	3
10+	3	6	19	10	13	10	5	2	2	2	2	2	2
合計	142	196	354	344	372	382	380	373	370	369	369	369	369

2024年漁期以降は調整係数 β を 0.9 とした漁獲管理規則で漁獲する場合の将来予測結果。数値は 10,000 回の繰り返し計算の平均値である。

* 将来の漁獲の予測に当たり、2023年漁期以降の年齢別漁獲係数(F値)の選択率にはMSYの算出に用いた選択率（すなわち、令和2年度の資源評価での将来予測に用いた2015～2019年漁期の平均のF値に基づく選択率）を用いている（補足表2-8）。

補足資料 4 調査船調査の結果と周辺情報

(1) スケトウダラ音響トロール調査

(水産機構 水産資源研究所、開発調査センター、海生研：6～7月)

北海道太平洋岸における1、2歳魚の現存量を把握するために、計量魚群探知機とトロールネットによる調査を実施している。調査は1996年から実施しているが、現在の調査海域にまで調査規模が拡大されたのは2001年以降である。2018年度より過去の調査データについて魚探反応の割当等の見直しに取り組んでいる。本稿では再解析が終了した2006年度調査以降のデータについて記載する(補足図4-1)。資源評価で卓越年級群と判断されている2007年級群および2016年級群は、本調査で得られた1歳魚の現存尾数では高い豊度が推定されなかった。それ以外の年級群については資源評価に基づく年級群豊度と類似した傾向となった。資源評価で加入量に本調査からの推算値を与えた年級のうち、2022年級群については、データを見直した期間の中で2017年級群に次ぐ高い1歳魚の現存尾数が得られており、今後の資源利用を支える年級群となることが期待される。ただし、前述の通り、特に卓越年級群である2005、2007、2016年級群について、本調査では十分に年級群豊度を捉えられなかった等の不確実性があることに注意が必要である。この不確実性の原因として、近年、北方四島水域が1、2歳時の成育場となっている可能性が考えられる。

(2) スケトウダラ卵・仔魚分布調査

(水産機構・水産資源研究所、海生研：12月～翌年3月)

北海道太平洋岸(道南～道東海域)におけるスケトウダラ卵・仔魚の現存量を把握するため、リングネット(口径80cm)を用いた採集調査を実施している。スケトウダラの卵と仔魚は、噴火湾周辺海域から道東海域にかけて広く採集されるが、道東海域での採集量は少ない。補足図4-2に産卵盛期(1～2月)に噴火湾周辺海域で採集された1網当たりの平均卵数を示す。卵数は2000年代前半以降急増し、2010年漁期にピークに達した。その後は減少して、2015～2020年漁期の卵数は、2000年代以降では低い水準にあったが、2021・2022年漁期の卵数は約3,000粒へと増加した。卵数が産卵親魚の来遊量を反映すると仮定すると、噴火湾周辺への来遊量は、2010年漁期前後のピークは過ぎたと考えられるが、2015年漁期以降5～6年低迷した後、2021、2022年漁期には再び増加したとみられる。なお、2000年代以降、海域別では胆振沿岸の割合が比較的高い傾向にある。

(3) スケトウダラ産卵親魚来遊調査

(北海道立総合研究機構函館水産試験場：8～9月)

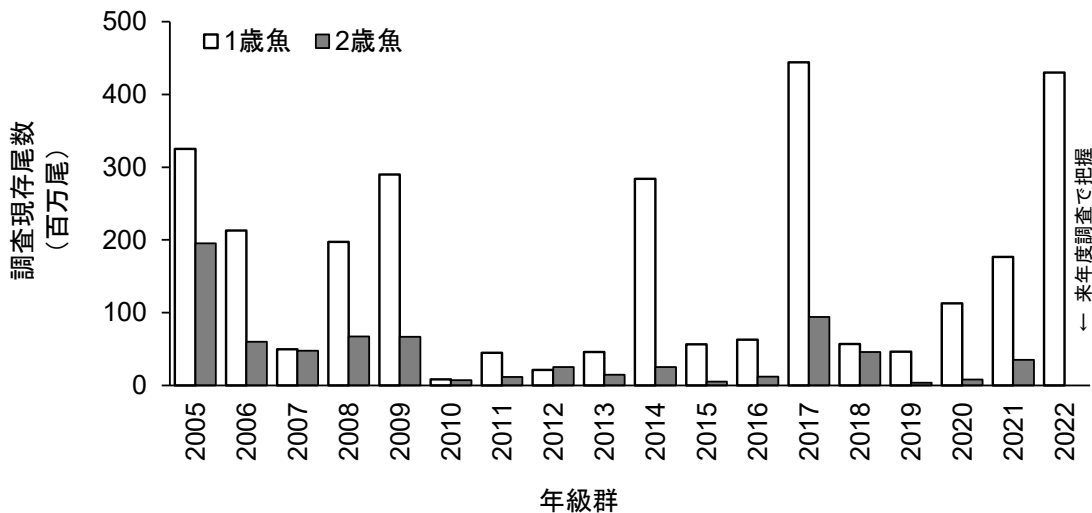
主産卵場である噴火湾周辺海域における来遊親魚量を把握するために、計量魚群探知機とトロールネットによる調査を実施している。親魚の魚探反応量は、2009～2011年漁期に高い値を示した後、2012、2013年漁期には大きく減少した。その後、2014年漁期には高い値が観察されたが、その原因として例年よりも早く親魚が産卵場へ来遊した可能性が考えられている。2015年漁期に魚探反応量が再び減少して以降は概ね横ばい傾向で推移していたが、2022年漁期は大きく増加した(補足図4-3)。

(4) マダラ・スケトウダラ新規加入量調査およびズワイガニ分布調査（水産機構・水産資源研究所：4月）、底魚類資源量調査（水産機構・水産資源研究所：10月）、マダラ・スケトウダラ新規加入量調査（岩手県水産技術センター：4～6月、宮城県水産技術総合センター：5～7月、福島県水産海洋研究センター・福島県水産資源研究所：7～12月）

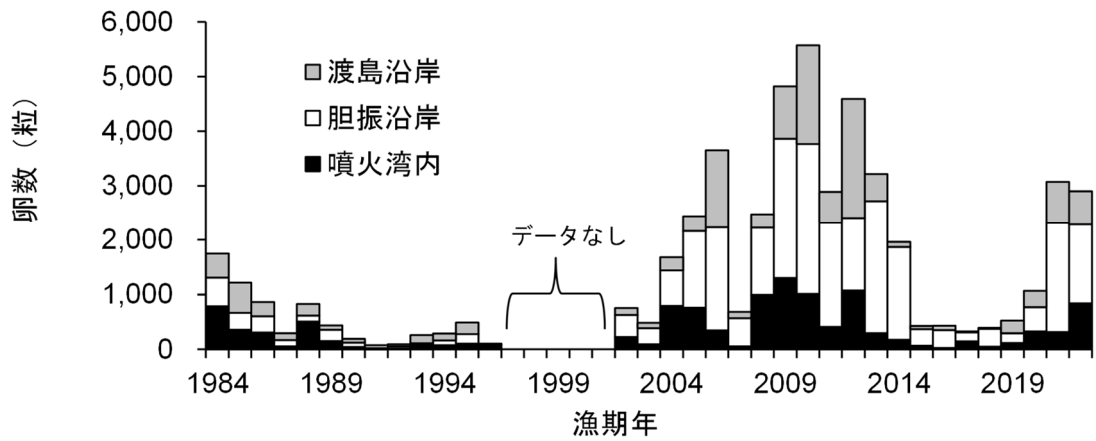
東北海域における0、1歳魚の現存量を把握するために、主に着底トロールを用いた調査を実施している。1980年代は、東北海域も本系群の重要な成育場となっていたが、1990年代以降は道東海域以東が主要な成育場となっているため、東北海域における現存量から本系群の加入量を推測するのは難しいと考えられる。1例として、10月の底魚類資源量調査での東北海域における0歳魚の現存量を補足図4-4に示す。卓越年級群である2005年級群および2007年級群については、0歳魚現存量は平均的な値もしくは低い値となっている。近年は2020、2021年級群が極めて低い値になっていたが、2022年級群は2001～2022年の平均値を上回る値となった。東北沖での若齢魚の分布には、親潮第1分枝の南下傾向などの海洋環境変化の影響が考えられている。

(5) 千島列島南西海域でのロシアのTAC

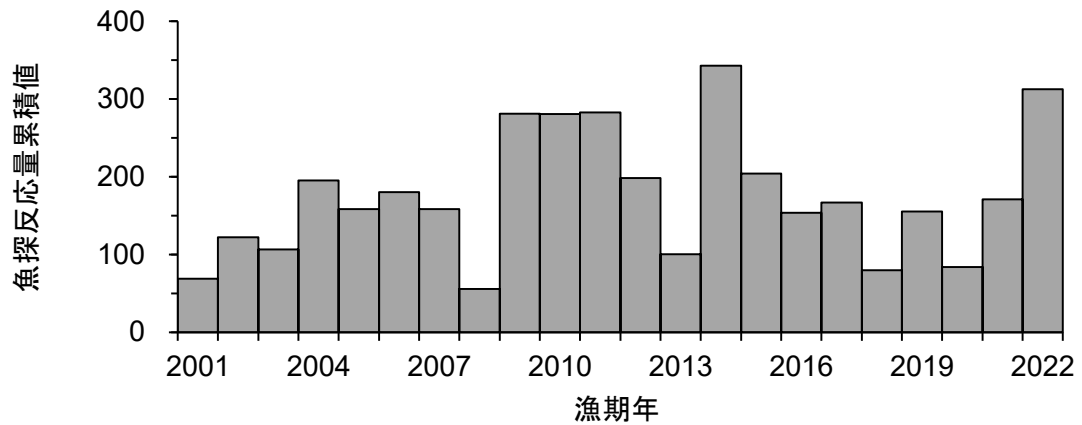
千島列島南西海域ではロシアの大型トロール船が操業しているが、漁獲量や漁獲物の特性などの詳細な情報は得られていない。補足図4-5にこれらの海域を含む海区に設定されたロシアのTACを示す（ロシアでの海区名：南クリル）。この海区のTACは2009年以降急増し、2011年以降は8.9万～13.5万トンである。このTACが当該海域の資源量を反映したものと仮定すると、その資源状況は2023年も良好な状況にあると考えられる。



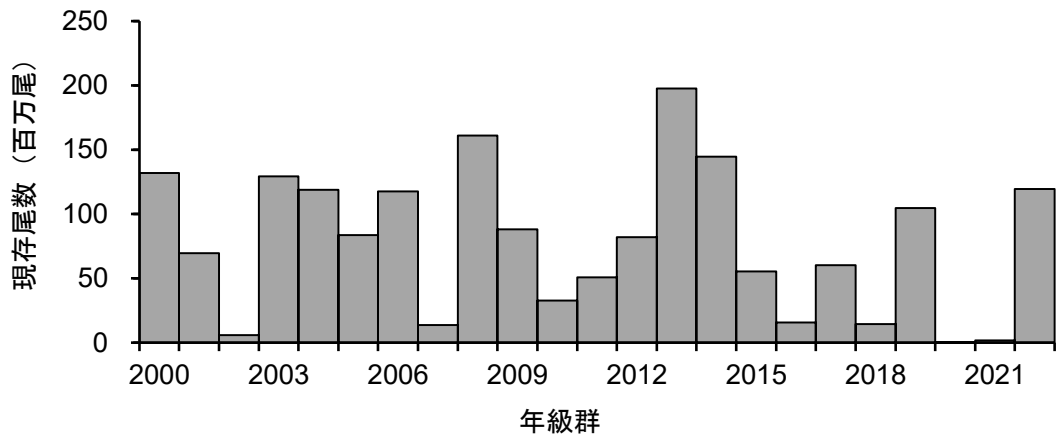
補足図 4-1. スケトウダラ音響トロール調査 (6～7月) で推定された北海道太平洋岸における1、2歳魚の現存量



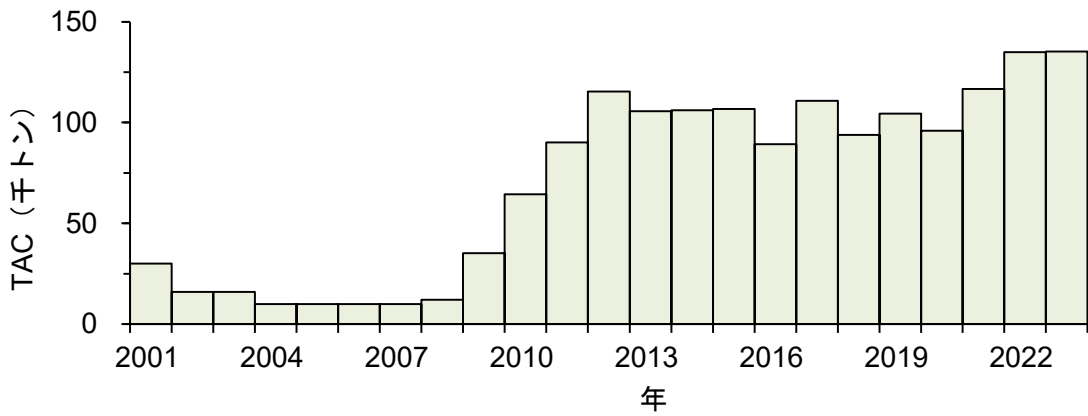
補足図 4-2. スケトウダラ卵・仔魚分布調査 (12月～翌年3月) における噴火湾周辺海域での卵の採集数



補足図 4-3. スケトウダラ産卵親魚来遊調査 (8～9月) における噴火湾周辺海域での親魚の魚探反応量



補足図 4-4. 底魚類資源量調査における東北海域での 0 歳魚現存尾数



補足図 4-5. ロシア連邦が設定している漁業海区名「南クリル」におけるスケトウダラの TAC 数量

補足資料 5 資源解析結果の詳細(1981~1994 年漁期)

年齢別漁獲尾数 (千尾)														
漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	594,529	366,429	30,115	5,007	176,725	513,309	518,240	457,112	366,705	174,167	66,851	19,430	28,650	55,572
1歳	341,925	639,149	49,009	24,655	164,059	24,071	186,800	125,630	114,936	181,518	106,516	95,215	37,837	36,319
2歳	37,002	106,635	238,807	73,472	148,636	40,474	29,863	52,302	46,816	155,443	210,041	65,450	253,570	148,305
3歳	101,209	19,775	93,260	120,398	129,027	59,792	83,425	80,606	69,665	43,217	80,385	91,002	42,652	209,139
4歳	135,940	166,383	133,364	188,057	103,686	112,225	108,326	127,396	111,782	42,289	58,173	80,832	47,709	76,429
5歳	124,604	54,898	131,058	130,792	125,754	102,104	119,575	99,969	77,036	63,600	67,524	91,496	63,610	64,709
6歳	46,630	19,352	36,268	56,894	49,512	51,509	66,731	58,726	38,124	24,802	26,906	38,974	48,231	29,972
7歳	26,641	5,801	8,542	9,838	11,485	11,949	23,329	21,777	13,346	13,702	5,987	4,388	12,808	7,177
8+歳	1,829	1,508	3,175	2,374	2,827	3,665	7,600	9,066	7,484	11,176	2,850	2,820	4,130	3,508
合計	1,410,308	1,379,930	723,597	611,486	911,711	919,098	1,143,891	1,032,586	845,893	709,915	625,232	489,608	539,198	631,129
年齢別漁獲重量 (トン)														
漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	18,199	11,217	922	153	5,410	15,713	15,864	13,993	9,882	4,392	1,944	580	1,203	1,836
1歳	36,358	67,962	5,211	2,622	17,445	2,559	19,863	13,359	12,536	17,379	10,104	8,977	5,210	2,858
2歳	9,892	28,508	63,843	19,642	39,737	10,820	7,984	13,983	15,549	44,105	51,627	16,205	57,680	39,158
3歳	40,957	8,003	37,740	48,723	52,215	24,197	33,761	32,620	31,584	18,093	32,852	36,374	14,629	70,731
4歳	66,542	81,444	65,282	92,054	50,754	54,934	53,026	62,360	54,971	22,810	26,314	37,471	23,876	33,212
5歳	70,216	30,936	73,853	73,704	70,865	57,537	67,383	56,334	45,103	39,321	35,749	49,196	34,779	34,038
6歳	29,778	12,359	23,161	36,333	31,619	32,894	42,615	37,503	26,002	16,417	15,975	23,872	31,005	18,195
7歳	20,995	4,571	6,732	7,753	9,051	9,416	18,385	17,162	10,935	11,233	4,825	3,153	9,947	4,921
8+歳	1,827	1,506	3,172	2,371	2,824	3,662	7,593	9,057	6,576	11,509	2,918	2,371	5,046	3,092
合計	294,765	246,506	279,916	283,354	279,919	211,733	266,472	256,370	213,137	185,259	182,309	178,197	183,374	208,041
年齢別漁獲係数														
漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	0.173	0.170	0.018	0.003	0.137	0.307	0.295	0.231	0.182	0.120	0.027	0.015	0.019	0.022
1歳	0.203	0.349	0.037	0.022	0.168	0.030	0.211	0.129	0.100	0.155	0.120	0.059	0.044	0.037
2歳	0.048	0.102	0.244	0.081	0.206	0.065	0.053	0.095	0.074	0.219	0.313	0.115	0.252	0.278
3歳	0.155	0.035	0.132	0.202	0.216	0.129	0.200	0.214	0.193	0.098	0.182	0.236	0.111	0.373
4歳	0.611	0.438	0.368	0.456	0.285	0.314	0.387	0.568	0.554	0.181	0.195	0.298	0.197	0.313
5歳	1.337	0.574	0.813	0.820	0.686	0.539	0.703	0.821	0.902	0.779	0.523	0.570	0.433	0.477
6歳	1.510	0.820	1.073	1.202	0.961	0.730	0.916	1.030	0.977	0.931	1.023	0.712	0.734	0.397
7歳	2.229	0.829	1.274	1.108	0.925	0.693	0.981	0.989	0.746	1.444	0.647	0.467	0.576	0.232
8+歳	2.229	0.829	1.274	1.108	0.925	0.693	0.981	0.989	0.746	1.444	0.647	0.467	0.576	0.232
合計	6.95	10.07	11.5	12	9.87	13.33	8.76	7.85	9.69	12.04	12	16.48	15.88	15.15
年齢別資源尾数 (千尾)														
漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	4,578,179	2,864,138	2,043,098	1,888,948	1,685,423	2,374,286	2,477,654	2,708,339	2,691,193	1,883,198	3,048,722	1,595,434	1,817,392	3,137,772
1歳	2,216,568	2,582,086	1,619,883	1,344,874	1,262,101	985,083	1,171,270	1,236,522	1,441,202	1,503,728	1,119,750	1,988,886	1,053,544	1,194,778
2歳	924,684	1,274,958	1,283,027	1,100,372	927,020	751,667	673,970	668,569	765,901	919,114	907,282	699,659	1,321,615	710,657
3歳	796,741	653,174	852,730	744,947	751,937	558,821	522,012	473,586	450,271	527,098	547,105	491,348	461,987	760,827
4歳	336,899	531,186	491,241	581,806	473,914	471,743	382,444	332,921	297,694	289,192	372,365	355,146	302,353	322,155
5歳	191,508	142,411	266,856	264,886	287,151	277,582	268,356	202,250	146,853	133,197	187,903	238,661	205,254	193,370
6歳	67,814	39,184	62,463	92,169	90,869	112,656	126,075	103,471	69,290	46,385	47,607	86,749	105,124	103,716
7歳	33,831	11,663	13,438	16,640	21,573	27,075	42,280	39,297	28,758	20,319	14,238	13,332	33,166	39,307
8+歳	2,323	3,032	4,994	4,015	5,309	8,306	13,775	16,360	16,126	16,573	6,777	8,568	10,695	19,210
合計	9,148,547	8,101,833	6,637,730	6,038,656	5,505,298	5,567,218	5,677,835	5,781,315	5,907,288	5,338,806	6,251,750	5,477,783	5,311,129	6,481,792
年齢別資源重量 (トン)														
漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	140,143	87,674	62,541	57,823	51,593	72,679	75,844	82,905	72,519	47,489	88,634	47,604	76,296	103,662
1歳	235,692	274,558	172,245	143,003	134,202	104,746	124,543	131,482	157,188	143,968	106,218	187,523	145,801	94,006
2歳	247,207	340,851	343,008	294,176	247,832	200,953	180,181	178,737	254,370	260,786	223,007	173,228	300,630	187,641
3歳	322,425	264,326	345,083	301,465	304,294	226,144	211,248	191,651	204,141	220,674	223,593	196,393	158,450	257,313
4歳	164,912	260,015	240,462	284,793	231,981	230,918	187,206	162,965	146,397	155,982	168,440	164,631	151,310	139,992
5歳	107,918	80,251	150,378	149,267	161,814	156,422	151,223	113,971	85,980	82,350	99,479	128,323	112,222	101,715
6歳	43,307	25,023	39,889	58,860	58,030	71,943	80,513	66,078	47,259	30,705	28,266	53,134	67,579	62,962
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,336	33,319	30,968	23,563	16,658	11,476	9,579	25,756	26,954
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,297	13,760	16,343	14,170	17,068	6,940	7,204	13,065	16,933
合計	1,290,585	1,344,919	1,369,185	1,306,512	1,212,050	1,093,438	1,057,837	975,100	1,005,587	975,680	956,053	967,619	1,050,390	991,178
年齢別親魚重量 (トン)														
漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4歳	32,982	52,003	48,092	56,959	46,396	46,184	37,441	32,593	29,279	31,196	33,688	32,926	30,262	27,998
5歳	86,334	64,201	120,302	119,414	129,452	125,138	120,978	91,177	68,784	65,880	79,584	102,659	89,777	81,372
6歳	38,976	22,521	35,900	52,974	52,227	64,749	72,462	59,470	42,533	27,634	25,439	47,820	60,821	56,666
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,336	33,319	30,968	23,563	16,658	11,476	9,579	25,756	26,954
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,297	13,760	16,343	14,170	17,068	6,940	7,204	13,065	16,933
合計	187,274	150,944	219,874	246,471	250,379	265,703	277,960	230,552	178,329	158,436	157,126	200,188	219,682	209,923

補足資料 6 リッジ VPA のペナルティ項の重みの探索について

本系群のコホート解析のチューニングでは、昨年度の評価から最終年の F 値の推定を年齢別に行っており、また、推定の不安定性の軽減のためリッジ VPA の手法 (Okamura et al. 2017) を導入している。リッジ VPA では、最終年の年齢別 F 値を最尤推定する際に、チューニング指標値への適合度を示す尤度 L (負の対数尤度 $-\ln L$ として定義) と F の二乗値へペナルティを重みづけした目的関数を用いて、推定の不安定性を軽減させる。通常は (1) 式のように各年齢の F 値の二乗値に一律にペナルティ λ を与えるが、本系群では 3 歳の F 値のレトロスペクティブバイアスが特に強いため、(2) 式を用いて特にバイアスの強い 3 歳の F 値とそれ以外の年齢 (4~9 歳) の F 値とで、ペナルティの重みを変える手法を用いている。ペナルティの重み λ および η はともに 0~1 の値をとる。 α は λ および η の探索を容易にするために便宜的に与える重みであり、本年度は α に 100 を用いた。

$$-(1 - \lambda)\ln L + \lambda \sum_{a=3}^9 F_{a,Y}^2 \tag{1}$$

$$-(1 - \lambda)\ln L + \alpha \lambda [(1 - \eta) \sum_{a=4}^9 F_{a,Y}^2 + \eta F_{3,Y}^2] \tag{2}$$

※ 補足資料 2 の (8) 式を再掲

最終的に選択した λ と η は、親魚量と年齢別 F 値 (3~9 歳) のレトロスペクティブ解析による推定値間の差が最小になる値を探索して求めた。用いた指標は以下の (3) (4) 式に示される平方二乗誤差率 (RMSPE: Root Mean Square Percentage Error) である。

$$RMSPE_{SSB} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n \left(\frac{SSB_k^{R_i} - SSB_k'}{SSB_k'} \right)^2} \tag{3}$$

$$RMSPE_{F_a} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n \left(\frac{F_{a,k}^{R_i} - F_{a,k}'}{F_{a,k}'} \right)^2} \tag{4}$$

※ 補足資料 2 の (9) (10) 式を再掲

ここで R_i は i 年分のレトロスペクティブ計算の値であることを示す。 Y は資源評価の最終年である。また、 n は推定値の差を比較する範囲であり、本解析ではコホート年数分だけ比較するため $n=11$ とした。レトロスペクティブ計算においてデータを遡る年数は 5 年とした。なお、2019 年度評価では親魚量と年齢別 F 値の他、%SPR も含めて、以下の (5) 式で定義されるレトロスペクティブバイアス ρ (Mohn 1999) を指標としたが、これは、 ρ は一定方向のバイアスを検出するには有効であるものの、推定のばらつきを表現するには十分ではない。

$$\rho_{SSB} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{SSB_{Y-i}^{R_i} - SSB_{Y-i}'}{SSB_{Y-i}'} \tag{5}$$

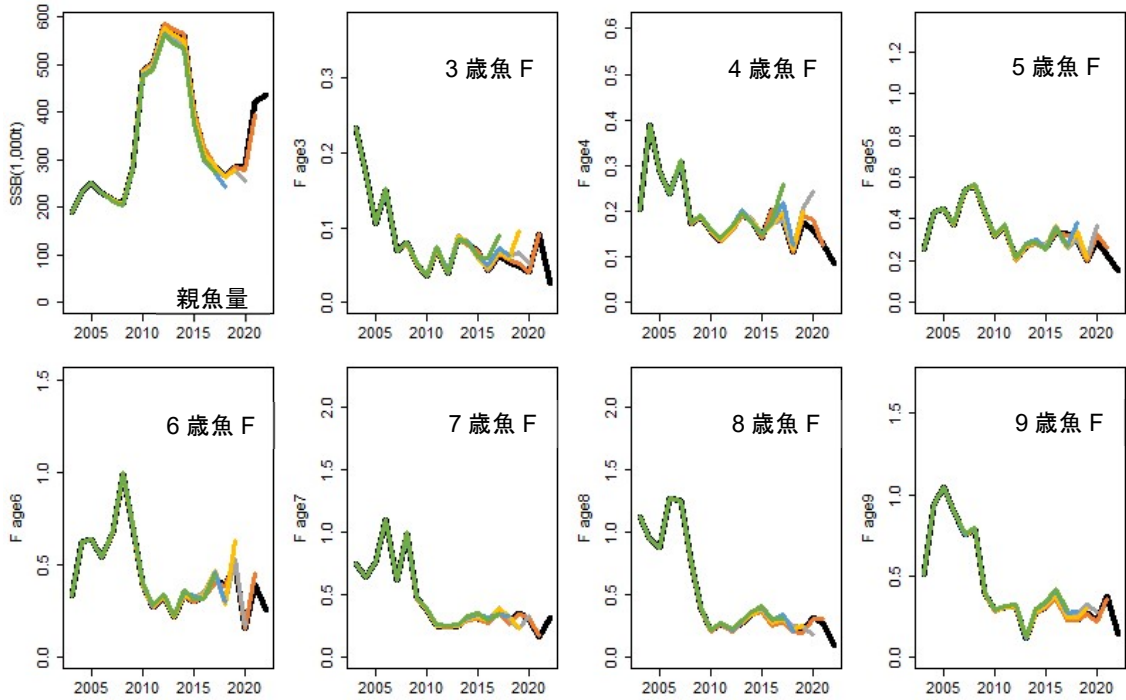
※ 親魚量のレトロスペクティブバイアス ρ の計算する場合の例

ペナルティの λ ($0 \leq \lambda < 1$) および η ($0 \leq \eta \leq 1$) の組み合わせは、まずそれぞれ0から1までの範囲を0.05区切りで探索し、親魚量および各年齢F値のRMSPEの平均が最小となった組み合わせの周囲をさらに0.005区切りで探索して得た。補足表6-1に0.05区切りでの探索結果、補足表6-2に0.005区切りでの探索結果を示す。探索の結果、 λ が0.755、 η が0.985の場合に親魚量および年齢別F値のRMSPEの平均が最小(0.073265)となった。なお、ペナルティを与えない場合の親魚量および年齢別F値のRMSPEの平均は0.088953であり、ペナルティを与えることでレトロスペクティブ解析での推定値のばらつきが低減された(補足図6-1および6-2)。RMSPEの平均が最小になる場合、および、RMSPEの平均が最小から2番目、3番目の場合について、ペナルティを与えない場合を含めて親魚量および年齢別F値の各RMSPE、および推定される最終年の親魚量を補足表6-3に示す。RMSPEの平均が最小になるペナルティを与えた場合(λ が0.755、 η が0.985)の、最小から2番目(λ が0.750、 η が0.985)、および3番目(λ が0.760、 η が0.985)の場合との差は極めて微小であり、それぞれの最終年(2022年漁期)の親魚量推定値を比較しても、その差は2千~3千トン程度であった。これらのペナルティを与えた結果は、ペナルティを与えない場合と比べると推定値のばらつきが低減されており、評価手法の前年度からの継続性の観点から本年度評価でもリッジペナルティ手法を継続使用することが妥当と考えられた。

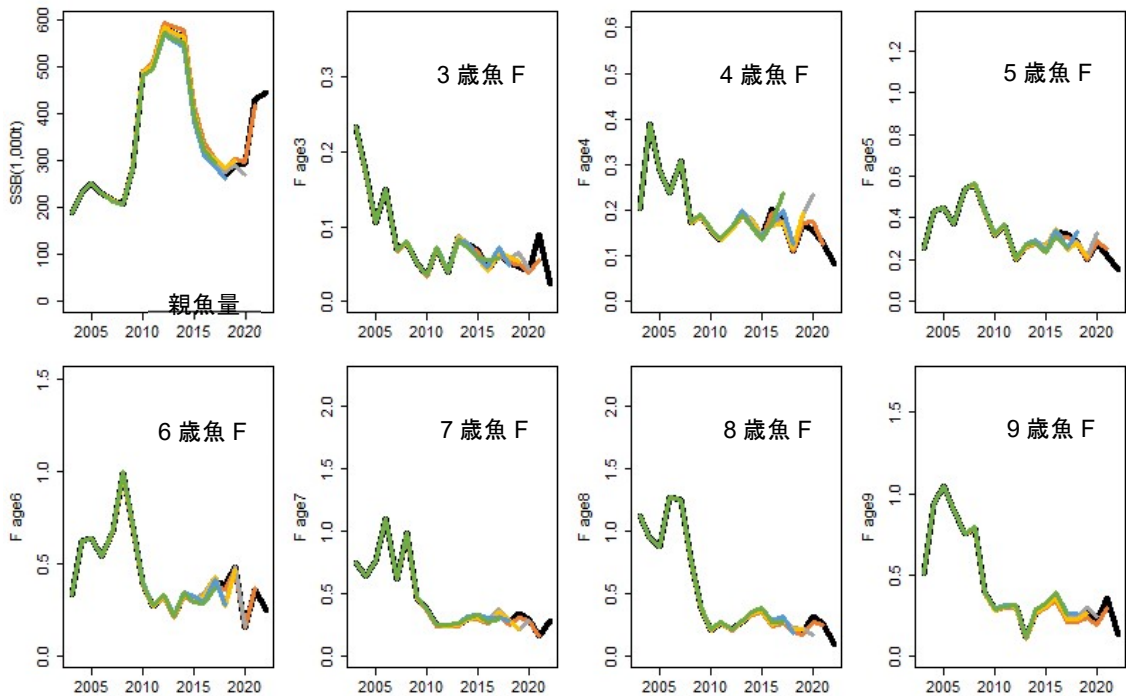
本系群ではリッジペナルティを3歳のF値魚とそれ以外の年齢(4~9歳魚)のF値とで、パラメータ η を用いてペナルティの重みを変えている。もし η を使用せず、全ての年齢のF値に与えるペナルティの重みを同じにした場合(λ だけを用いる場合)、RMSPEの平均が最小となるのは λ が0.05の場合であった。ただし、この場合、RMSPEは3歳魚のF値で他の年齢と比べて明確に大きくなった(補足表6-4)。3歳魚のF値のレトロスペクティブパターンは、リッジペナルティを与えない場合と同様に一貫した過大推定の傾向が見られることから(補足図6-3)、本系群での η を用いた手法は引き続き適切な推定のために有用であると考えられた。

引用文献

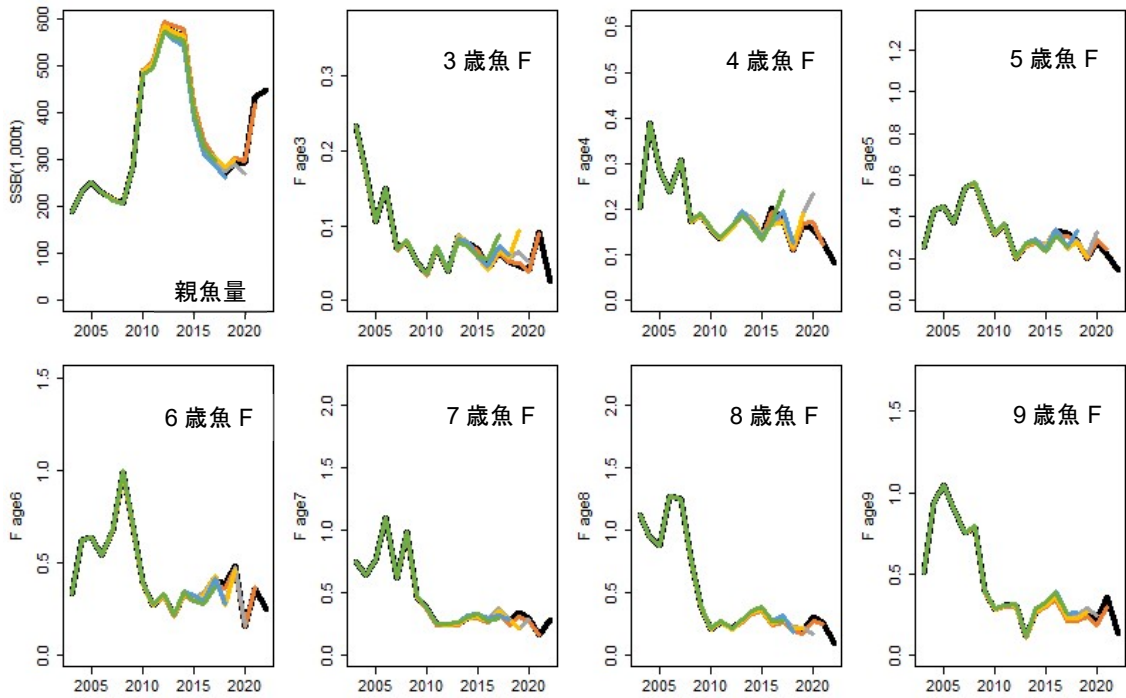
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., **74**, 2427-2436.



補足図 6-1. リッジ VPA のペナルティを与えない場合のレトロスペクティブ解析結果
親魚量ではやや過小推定、年齢別漁獲係数 (F 値) は 3~6 歳魚でやや過大推定の傾向が見られる。



補足図 6-2. 評価で採用したリッジ VPA のペナルティのレトロスペクティブ解析結果
ペナルティ λ を 0.755、 η を 0.985 とした場合の結果を示す。



補足図 6-3. リッジ VPA のペナルティを 3 歳魚とそれ以外の F 値で重みを分けない場合のレトロスペクティブ解析結果
ペナルティ λ を 0.05 とし、 η を使用しない場合の結果を示す。

補足表 6-1. パナルテイルと η を 0.05 刻みで変化させた場合の親魚量・年齢別 F 値の RMSPE (平方二乗誤差率) の平均値

RMSPE	Lamda	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	
Eta	0	0.0890	0.0788	0.0832	0.0921	0.1029	0.1157	0.1293	0.1439	0.1601	0.1785	0.2003	0.2284	0.2771	2.3846	5.0029	6.2493	7.9237	11.2175			
	0.05	0.0890	0.0787	0.0826	0.0907	0.1009	0.1130	0.1260	0.1400	0.1554	0.1728	0.1932	0.2189	0.2585	1.8573	3.10076	6.0409	7.8360				
	0.1	0.0890	0.0787	0.0819	0.0893	0.0988	0.1102	0.1227	0.1360	0.1507	0.1673	0.1865	0.2101	0.2440	0.3290	2.8906	5.8722	7.6001				
	0.15	0.0890	0.0787	0.0813	0.0880	0.0968	0.1075	0.1193	0.1321	0.1461	0.1618	0.1799	0.2018	0.2317	0.2965	2.7486	5.6244	7.3054				
	0.2	0.0890	0.0788	0.0808	0.0866	0.0949	0.1047	0.1160	0.1281	0.1414	0.1563	0.1734	0.1939	0.2207	0.2692	2.0442		7.0205				
	0.25	0.0890	0.0789	0.0802	0.0852	0.0930	0.1019	0.1126	0.1241	0.1367	0.1508	0.1670	0.1861	0.2106	0.2490	1.9275	2.4754	6.6466	9.4634			
	0.3	0.0890	0.0790	0.0797	0.0841	0.0911	0.0993	0.1092	0.1201	0.1320	0.1453	0.1605	0.1785	0.2009	0.2333	0.3204	2.3342	6.3196	8.6802			
	0.35	0.0890	0.0792	0.0793	0.0830	0.0892	0.0966	0.1057	0.1160	0.1273	0.1398	0.1541	0.1709	0.1916	0.2198	0.2794	2.7951	5.9367	8.1409			
	0.4	0.0890	0.0794	0.0789	0.0820	0.0873	0.0941	0.1022	0.1118	0.1224	0.1342	0.1476	0.1633	0.1825	0.2076	0.2501	2.5673	5.5353	7.6107			
	0.45	0.0890	0.0797	0.0786	0.0810	0.0854	0.0916	0.0988	0.1076	0.1175	0.1286	0.1411	0.1557	0.1734	0.1961	0.2300	2.3395	2.4821	7.0794			
	0.5	0.0890	0.0800	0.0783	0.0801	0.0836	0.0891	0.0955	0.1033	0.1125	0.1228	0.1344	0.1480	0.1643	0.1848	0.2137	0.2791	2.9428	6.5391			
	0.55	0.0890	0.0804	0.0782	0.0793	0.0821	0.0866	0.0923	0.0991	0.1074	0.1169	0.1276	0.1401	0.1551	0.1737	0.1989	0.2418	2.6361	5.9781	9.4404		
	0.6	0.0890	0.0808	0.0782	0.0786	0.0807	0.0841	0.0891	0.0950	0.1021	0.1108	0.1206	0.1320	0.1457	0.1626	0.1848	0.2183	0.3301	2.6056	8.2480		
	0.65	0.0890	0.0813	0.0784	0.0784	0.0781	0.0795	0.0820	0.0860	0.0910	0.0970	0.1045	0.1134	0.1237	0.1361	0.1512	0.1709	0.1989	0.2558	2.9977	7.3482	
	0.7	0.0890	0.0819	0.0788	0.0778	0.0778	0.0785	0.0802	0.0829	0.0871	0.0920	0.0982	0.1059	0.1151	0.1261	0.1396	0.1569	0.1808	0.2196	2.5374	6.4471	
	0.75	0.0890	0.0826	0.0794	0.0778	0.0778	0.0777	0.0786	0.0804	0.0831	0.0872	0.0921	0.0982	0.1061	0.1157	0.1275	0.1425	0.1629	0.1936	0.2692	5.4859	11.7284
	0.8	0.0890	0.0835	0.0802	0.0782	0.0772	0.0774	0.0774	0.0783	0.0800	0.0824	0.0862	0.0908	0.0968	0.1047	0.1147	0.1274	0.1446	0.1695	0.2131	2.1922	9.2510
	0.85	0.0890	0.0844	0.0813	0.0791	0.0776	0.0776	0.0768	0.0768	0.0775	0.0787	0.0806	0.0838	0.0880	0.0935	0.1010	0.1113	0.1252	0.1451	0.1774	0.2625	6.9811
	0.9	0.0890	0.0855	0.0828	0.0806	0.0789	0.0775	0.0775	0.0765	0.0760	0.0761	0.0766	0.0777	0.0796	0.0828	0.0874	0.0940	0.1039	0.1188	0.1424	0.1877	2.3997
	0.95	0.0890	0.0869	0.0850	0.0832	0.0816	0.0801	0.0787	0.0774	0.0774	0.0763	0.0753	0.0747	0.0746	0.0749	0.0759	0.0779	0.0822	0.0895	0.1032	0.1305	0.2034
	1	0.0890	0.0885	0.0881	0.0877	0.0873	0.0869	0.0864	0.0864	0.0864	0.0856	0.0852	0.0847	0.0843	0.0839	0.0834	0.0830	0.0828	0.0828	0.0835	0.0855	0.0900

λを0.55、ηを0.95とした場合にRMSPEが最小となった(太字)。

補足表 6-2. パナルテイ λ と η を0.005刻みで変化させた場合の親魚量・年齢別F値のRMSPE（平方二乗誤差率）の平均値

RMSPE	Lambda	0.500	0.505	0.510	0.515	0.520	0.525	0.530	0.535	0.540	0.545	0.550	0.555	0.560	0.565	0.570	0.575	0.580	0.585	0.590	0.595
Eta	0.905	0.077274	0.077406	0.077545	0.077690	0.077843	0.078004	0.078174	0.078350	0.078533	0.078726	0.078926	0.079134	0.079351	0.079576	0.079811	0.080055	0.080304	0.080560	0.080824	0.081094
	0.910	0.076829	0.076943	0.077063	0.077190	0.077324	0.077466	0.077614	0.077771	0.077935	0.078107	0.078287	0.078475	0.078671	0.078876	0.079089	0.079312	0.079543	0.079784	0.080049	0.080333
	0.915	0.076415	0.076510	0.076611	0.076718	0.076833	0.076954	0.077083	0.077219	0.077362	0.077513	0.077672	0.077839	0.078013	0.078196	0.078388	0.078588	0.078797	0.079016	0.079244	0.079481
	0.920	0.076033	0.076109	0.076191	0.076279	0.076374	0.076475	0.076582	0.076696	0.076819	0.076949	0.077086	0.077230	0.077383	0.077544	0.077713	0.077890	0.078076	0.078271	0.078475	0.078688
	0.925	0.075689	0.075745	0.075808	0.075877	0.075951	0.076031	0.076119	0.076213	0.076313	0.076420	0.076535	0.076657	0.076787	0.076924	0.077069	0.077223	0.077385	0.077555	0.077735	0.077924
	0.930	0.075385	0.075424	0.075467	0.075516	0.075571	0.075632	0.075698	0.075771	0.075849	0.075934	0.076026	0.076126	0.076232	0.076345	0.076466	0.076595	0.076732	0.076876	0.077030	0.077192
	0.935	0.075128	0.075148	0.075173	0.075204	0.075239	0.075280	0.075325	0.075377	0.075435	0.075495	0.075567	0.075643	0.075725	0.075813	0.075910	0.076013	0.076124	0.076242	0.076370	0.076505
	0.940	0.074922	0.074925	0.074933	0.074944	0.074961	0.074981	0.075007	0.075038	0.075074	0.075115	0.075162	0.075215	0.075272	0.075337	0.075410	0.075488	0.075573	0.075665	0.075765	0.075872
	0.945	0.074776	0.074762	0.074752	0.074745	0.074742	0.074745	0.074751	0.074761	0.074776	0.074796	0.074822	0.074851	0.074887	0.074928	0.074975	0.075028	0.075088	0.075152	0.075225	0.075305
	0.950	0.074696	0.074665	0.074638	0.074615	0.074594	0.074578	0.074565	0.074556	0.074552	0.074551	0.074555	0.074563	0.074575	0.074594	0.074617	0.074645	0.074679	0.074718	0.074764	0.074815
	0.955	0.074705	0.074647	0.074604	0.074564	0.074526	0.074492	0.074461	0.074434	0.074410	0.074390	0.074373	0.074360	0.074351	0.074346	0.074346	0.074351	0.074361	0.074374	0.074393	0.074418
	0.960	0.074951	0.074863	0.074776	0.074692	0.074610	0.074530	0.074453	0.074408	0.074366	0.074327	0.074291	0.074258	0.074228	0.074202	0.074180	0.074162	0.074147	0.074137	0.074131	0.074130
	0.965	0.075309	0.075210	0.075113	0.075016	0.074922	0.074829	0.074737	0.074648	0.074560	0.074475	0.074392	0.074311	0.074233	0.074180	0.074137	0.074097	0.074060	0.074027	0.073998	0.073972
	0.970	0.075801	0.075693	0.075586	0.075479	0.075374	0.075270	0.075168	0.075066	0.074966	0.074867	0.074771	0.074675	0.074581	0.074489	0.074399	0.074311	0.074225	0.074142	0.074060	0.073981
	0.975	0.076457	0.076342	0.076227	0.076113	0.075999	0.075887	0.075775	0.075664	0.075553	0.075444	0.075336	0.075228	0.075123	0.075017	0.074914	0.074811	0.074710	0.074610	0.074512	0.074416
	0.980	0.077319	0.077200	0.077080	0.076961	0.076843	0.076725	0.076607	0.076489	0.076372	0.076255	0.076138	0.076023	0.075907	0.075793	0.075679	0.075565	0.075452	0.075341	0.075230	0.075120
	0.985	0.078452	0.078334	0.078215	0.078096	0.077976	0.077857	0.077737	0.077617	0.077497	0.077377	0.077257	0.077138	0.077019	0.076899	0.076779	0.076660	0.076540	0.076421	0.076303	0.076184
	0.990	0.079954	0.079843	0.079732	0.079620	0.079507	0.079394	0.079281	0.079167	0.079052	0.078937	0.078822	0.078706	0.078590	0.078474	0.078357	0.078239	0.078121	0.078004	0.077885	0.077766
	0.995	0.081972	0.081882	0.081792	0.081701	0.081609	0.081517	0.081424	0.081330	0.081236	0.081141	0.081045	0.080949	0.080852	0.080754	0.080656	0.080557	0.080457	0.080357	0.080256	0.080154
	1.000	0.084744	0.084698	0.084655	0.084611	0.084565	0.084521	0.084476	0.084433	0.084386	0.084342	0.084297	0.084253	0.084208	0.084163	0.084120	0.084074	0.084028	0.083985	0.083945	0.083901

0.05刻みで最小となった λ と η の組み合わせの周囲を更に探索した。

補足表 6-2. (続き) ペナルティλとηを0.005刻みで変化させた場合の親魚量・年齢別F値のRMSPEの平均値

RMSPE	λ	η	0.600	0.605	0.610	0.615	0.620	0.625	0.630	0.635	0.640	0.645	0.650	0.655	0.660	0.665	0.670	0.675	0.680	0.685	0.690	0.695	
Eta	0.905	0.081771	0.082151	0.082543	0.082946	0.083362	0.083791	0.084233	0.084689	0.085159	0.085642	0.086140	0.086655	0.087186	0.087734	0.088298	0.088880	0.089482	0.090147	0.090848	0.091571		
	0.910	0.080727	0.081083	0.081450	0.081829	0.082221	0.082624	0.083041	0.083472	0.083915	0.084372	0.084845	0.085333	0.085837	0.086356	0.086893	0.087447	0.088019	0.088610	0.089220	0.089852		
	0.915	0.079727	0.080022	0.080364	0.080718	0.081083	0.081461	0.081852	0.082255	0.082672	0.083102	0.083548	0.084008	0.084483	0.084974	0.085481	0.086006	0.086548	0.087108	0.087688	0.088287		
	0.920	0.078912	0.079144	0.079386	0.079639	0.079908	0.080184	0.080475	0.080781	0.081104	0.081443	0.081794	0.082159	0.082538	0.082929	0.083332	0.083748	0.084176	0.084616	0.085066	0.085526	0.086000	
	0.925	0.078121	0.078328	0.078544	0.078771	0.079008	0.079256	0.079515	0.079784	0.080063	0.080353	0.080653	0.080964	0.081285	0.081616	0.081957	0.082308	0.082669	0.083040	0.083421	0.083811	0.084211	0.084621
	0.930	0.077364	0.077544	0.077733	0.077933	0.078142	0.078363	0.078593	0.078834	0.079086	0.079350	0.079624	0.079908	0.080201	0.080504	0.080816	0.081137	0.081466	0.081803	0.082149	0.082504	0.082867	0.083238
	0.935	0.076649	0.076801	0.076962	0.077134	0.077314	0.077505	0.077706	0.077916	0.078138	0.078372	0.078617	0.078874	0.079143	0.079425	0.079719	0.079925	0.080135	0.080349	0.080567	0.080789	0.081014	0.081242
	0.940	0.075987	0.076111	0.076243	0.076384	0.076535	0.076694	0.076864	0.077043	0.077232	0.077434	0.077646	0.077870	0.078105	0.078351	0.078607	0.078874	0.079151	0.079438	0.079735	0.079941	0.080157	0.080382
	0.945	0.075391	0.075486	0.075587	0.075699	0.075817	0.075945	0.076081	0.076228	0.076384	0.076551	0.076728	0.076917	0.077116	0.077327	0.077551	0.077787	0.078036	0.078299	0.078576	0.078868		
	0.950	0.074874	0.074939	0.075011	0.075090	0.075178	0.075273	0.075376	0.075488	0.075610	0.075741	0.075882	0.076032	0.076194	0.076367	0.076551	0.076747	0.076956	0.077178	0.077413	0.077662		
	0.955	0.074449	0.074485	0.074528	0.074577	0.074633	0.074697	0.074765	0.074833	0.074903	0.074974	0.075047	0.075121	0.075200	0.075284	0.075372	0.075464	0.075558	0.075656	0.075757	0.075861	0.075968	0.076078
	0.960	0.074134	0.074142	0.074156	0.074175	0.074200	0.074232	0.074270	0.074314	0.074365	0.074424	0.074490	0.074564	0.074647	0.074738	0.074839	0.074950	0.075071	0.075204	0.075347	0.075500	0.075662	0.075833
	0.965	0.073950	0.073932	0.073919	0.073910	0.073906	0.073906	0.073906	0.073913	0.073925	0.073942	0.073966	0.073996	0.074033	0.074077	0.074128	0.074188	0.074256	0.074332	0.074418	0.074515	0.074621	
	0.970	0.073927	0.073885	0.073845	0.073810	0.073779	0.073751	0.073727	0.073708	0.073694	0.073684	0.073684	0.073681	0.073689	0.073689	0.073701	0.073721	0.073747	0.073781	0.073822	0.073871	0.073929	
	0.975	0.074322	0.074228	0.074138	0.074050	0.073964	0.073880	0.073800	0.073719	0.073635	0.073557	0.073489	0.073425	0.073368	0.073317	0.073270	0.073228	0.073191	0.073158	0.073129	0.073103	0.073080	0.073059
	0.980	0.075011	0.074903	0.074796	0.074691	0.074587	0.074484	0.074384	0.074284	0.074187	0.074091	0.074001	0.073917	0.073838	0.073764	0.073695	0.073631	0.073572	0.073518	0.073469	0.073425	0.073386	0.073352
	0.985	0.076066	0.075948	0.075831	0.075714	0.075598	0.075482	0.075367	0.075253	0.075140	0.075028	0.074917	0.074807	0.074698	0.074590	0.074485	0.074380	0.074279	0.074178	0.074079	0.073984		
	0.990	0.077648	0.077528	0.077409	0.077290	0.077170	0.077049	0.076931	0.076811	0.076691	0.076571	0.076451	0.076332	0.076213	0.076094	0.075976	0.075857	0.075740	0.075624	0.075508	0.075393		
	0.995	0.080052	0.079949	0.079846	0.079741	0.079636	0.079531	0.079425	0.079318	0.079211	0.079103	0.078995	0.078886	0.078776	0.078667	0.078557	0.078447	0.078336	0.078226	0.078113	0.077999	0.077884	0.077768
	1.000	0.083857	0.083815	0.083764	0.083722	0.083678	0.083633	0.083590	0.083553	0.083504	0.083467	0.083424	0.083381	0.083340	0.083296	0.083256	0.083218	0.083176	0.083146	0.083108	0.083071		

0.05刻みで最小となったλとηの組み合わせの周囲を更に探索した。

補足表 6-2. (続き) ペナルティ λ と η を 0.005 刻みで変化させた場合の親魚量・年齢別 F 値の RMSPE の平均値

RMSPE	λ	0.700	0.705	0.710	0.715	0.720	0.725	0.730	0.735	0.740	0.745	0.750	0.755	0.760	0.765	0.770	0.775	0.780	0.785	0.790	0.795
Eta	0.905	0.092318	0.093088	0.093884	0.094706	0.095556	0.096435	0.097344	0.098354	0.099425	0.100528	0.101666	0.102859	0.104094	0.105378	0.106712	0.108100	0.109544	0.111050	0.112620	0.114260
	0.910	0.090596	0.091333	0.092095	0.092882	0.093696	0.094538	0.095409	0.096313	0.097249	0.098280	0.099382	0.100516	0.101706	0.102940	0.104223	0.105558	0.106948	0.108397	0.109908	0.111487
	0.915	0.088907	0.089559	0.090286	0.091038	0.091815	0.092620	0.093454	0.094317	0.095213	0.096141	0.097109	0.098154	0.099290	0.100465	0.101699	0.102980	0.104314	0.105704	0.107155	0.108671
	0.920	0.087299	0.087906	0.088536	0.089188	0.089912	0.090679	0.091473	0.092296	0.093149	0.094036	0.094955	0.095909	0.096903	0.097964	0.099142	0.100358	0.101638	0.102971	0.104360	0.105812
	0.925	0.085682	0.086254	0.086847	0.087462	0.088101	0.088763	0.089472	0.090254	0.091064	0.091905	0.092780	0.093690	0.094637	0.095615	0.096637	0.097706	0.098814	0.100018	0.101211	0.102504
	0.930	0.084058	0.084593	0.085148	0.085725	0.086325	0.086950	0.087596	0.088269	0.088969	0.089744	0.090571	0.091431	0.092327	0.093260	0.094232	0.095247	0.096305	0.097412	0.098582	0.099944
	0.935	0.082434	0.082929	0.083445	0.083982	0.084542	0.085122	0.085726	0.086355	0.087010	0.087692	0.088403	0.089145	0.089988	0.090868	0.091785	0.092743	0.093743	0.094788	0.095881	0.097027
	0.940	0.080815	0.081269	0.081743	0.082236	0.082750	0.083288	0.083847	0.084429	0.085037	0.085672	0.086333	0.087024	0.087746	0.088500	0.089304	0.090104	0.091142	0.092125	0.093153	0.094230
	0.945	0.079211	0.079622	0.080050	0.080499	0.080965	0.081455	0.081967	0.082499	0.083057	0.083640	0.084250	0.084890	0.085557	0.086255	0.086986	0.087751	0.088554	0.089420	0.090382	0.091390
	0.950	0.077626	0.078006	0.078401	0.078813	0.079199	0.079637	0.080096	0.080571	0.081082	0.081610	0.082165	0.082746	0.083355	0.083995	0.084666	0.085369	0.086108	0.086883	0.087698	0.088556
	0.955	0.076048	0.076448	0.076867	0.077297	0.077769	0.078265	0.078713	0.079127	0.079597	0.080091	0.080611	0.081157	0.081732	0.082337	0.082975	0.083646	0.084352	0.085095	0.085877	0.086700
	0.960	0.074473	0.074867	0.075282	0.075716	0.076199	0.076725	0.077260	0.077855	0.078490	0.079127	0.079808	0.080520	0.081274	0.082061	0.082881	0.083734	0.084620	0.085548	0.086518	0.087530
	0.965	0.072904	0.073299	0.073714	0.074158	0.074644	0.075163	0.075712	0.076299	0.076926	0.077600	0.078319	0.079084	0.079895	0.080751	0.081652	0.082600	0.083595	0.084638	0.085728	0.086865
	0.970	0.071334	0.071730	0.072146	0.072582	0.073049	0.073547	0.074076	0.074646	0.075257	0.075909	0.076602	0.077336	0.078111	0.078928	0.079786	0.080686	0.081628	0.082612	0.083638	0.084706
	0.975	0.069764	0.070161	0.070578	0.071016	0.071475	0.071966	0.072489	0.073044	0.073631	0.074250	0.074901	0.075584	0.076300	0.077048	0.077828	0.078640	0.079484	0.080360	0.081268	0.082208
	0.980	0.068194	0.068592	0.069000	0.069428	0.069876	0.070345	0.070835	0.071356	0.071907	0.072488	0.073099	0.073740	0.074411	0.075112	0.075843	0.076604	0.077395	0.078216	0.079067	0.079948
	0.985	0.066624	0.067023	0.067432	0.067851	0.068290	0.068749	0.069228	0.069727	0.070246	0.070785	0.071344	0.071923	0.072522	0.073141	0.073780	0.074439	0.075118	0.075817	0.076536	0.077275
	0.990	0.065054	0.065454	0.065863	0.066282	0.066721	0.067180	0.067659	0.068158	0.068677	0.069216	0.069775	0.070354	0.070953	0.071572	0.072211	0.072870	0.073549	0.074248	0.074967	0.075716
	0.995	0.063484	0.063884	0.064293	0.064712	0.065151	0.065610	0.066089	0.066588	0.067097	0.067626	0.068175	0.068744	0.069333	0.069942	0.070571	0.071220	0.071889	0.072578	0.073287	0.074016
	1.000	0.061914	0.062314	0.062723	0.063152	0.063601	0.064070	0.064559	0.065068	0.065597	0.066146	0.066715	0.067304	0.067913	0.068542	0.069191	0.069860	0.070549	0.071258	0.071987	0.072736

0.05刻みで最小となった λ と η の組み合わせの周囲を更に探索した。
 λ を0.755、 η を0.985とした場合にRMSPEが最小となった(太字)。

補足表 6-3. レトロスペクティブ解析において親魚量および年齢別漁獲係数 (F 値) の平方二乗誤差率 (RMSPE) の平均が最小、最小から 2 番目、および 3 番目となるペナルティ λ および η と、その際の各数値の RMSPE、および直近年 (2022 年漁期) の親魚量推定値

λ	η	RMSPE									Estimated SSB2022 (1000 t)
		Average	SSB	F age3	F age4	F age5	F age6	F age7	F age8	F age9	
0	—	0.08895	0.0328	0.1630	0.1091	0.0834	0.0813	0.0821	0.0848	0.0752	437.2
0.755	0.985	0.07327	0.0272	0.1083	0.0972	0.0739	0.0733	0.0800	0.0710	0.0551	447.7
0.750	0.985	0.07327	0.0272	0.1084	0.0973	0.0739	0.0731	0.0798	0.0712	0.0553	447.4
0.760	0.985	0.07327	0.0273	0.1082	0.0971	0.0739	0.0736	0.0801	0.0709	0.0549	447.9

λ を0.755、 η を0.985としたRMSPEが最小となる組み合わせを評価に用いた (太字)。

補足表 6-4. リッジペナルティの重みを 3 歳魚とそれ以外とで変えない場合 (η を使用しない場合) のレトロスペクティブ解析での平方二乗誤差率 (RMSPE)

λ	RMSPE									Estimated SSB2022 (1000 t)
	Average	SSB	Fage3	Fage4	Fage5	Fage6	Fage7	Fage8	Fage9	
0.00	0.089	0.033	0.163	0.109	0.083	0.081	0.082	0.085	0.075	437.2
0.05	0.078	0.027	0.155	0.097	0.073	0.074	0.079	0.069	0.052	449.8
0.10	0.082	0.037	0.154	0.095	0.078	0.087	0.089	0.072	0.045	462.1
0.15	0.090	0.052	0.155	0.097	0.086	0.101	0.100	0.084	0.048	474.6
0.20	0.100	0.069	0.156	0.101	0.096	0.114	0.113	0.098	0.057	487.5
0.25	0.113	0.087	0.157	0.106	0.107	0.127	0.126	0.113	0.077	501.3
0.30	0.125	0.107	0.159	0.112	0.118	0.140	0.139	0.128	0.098	516.0
0.35	0.139	0.130	0.162	0.120	0.131	0.154	0.153	0.144	0.119	532.1
0.40	0.155	0.155	0.166	0.130	0.145	0.169	0.169	0.162	0.141	549.8
0.45	0.172	0.186	0.171	0.142	0.161	0.185	0.186	0.182	0.165	569.7
0.50	0.193	0.224	0.178	0.157	0.179	0.204	0.207	0.205	0.192	592.1
0.55	0.221	0.280	0.191	0.177	0.202	0.227	0.233	0.234	0.225	617.9
0.60	0.279	0.433	0.224	0.217	0.244	0.270	0.280	0.285	0.279	648.1
0.65	2.711	19.106	0.331	0.331	0.357	0.382	0.391	0.397	0.392	684.5
0.70	3.422	24.595	0.352	0.358	0.383	0.408	0.420	0.428	0.428	730.3
0.75	6.886	51.284	0.488	0.505	0.527	0.552	0.570	0.580	0.584	791.5
0.80	9.183	68.859	0.601	0.620	0.641	0.662	0.683	0.696	0.700	882.0
0.85	1.00E+09	8.00E+09	6.70E-01	6.90E-01	7.00E-01	7.20E-01	7.30E-01	7.40E-01	7.50E-01	1038.6
0.90	3.90E+08	3.10E+09	7.70E-01	7.60E-01	7.70E-01	7.80E-01	7.90E-01	8.00E-01	8.00E-01	1384.7
0.95	3.40E+09	2.70E+10	8.90E-01	9.00E-01	9.10E-01	9.20E-01	9.30E-01	9.40E-01	9.40E-01	2606.9

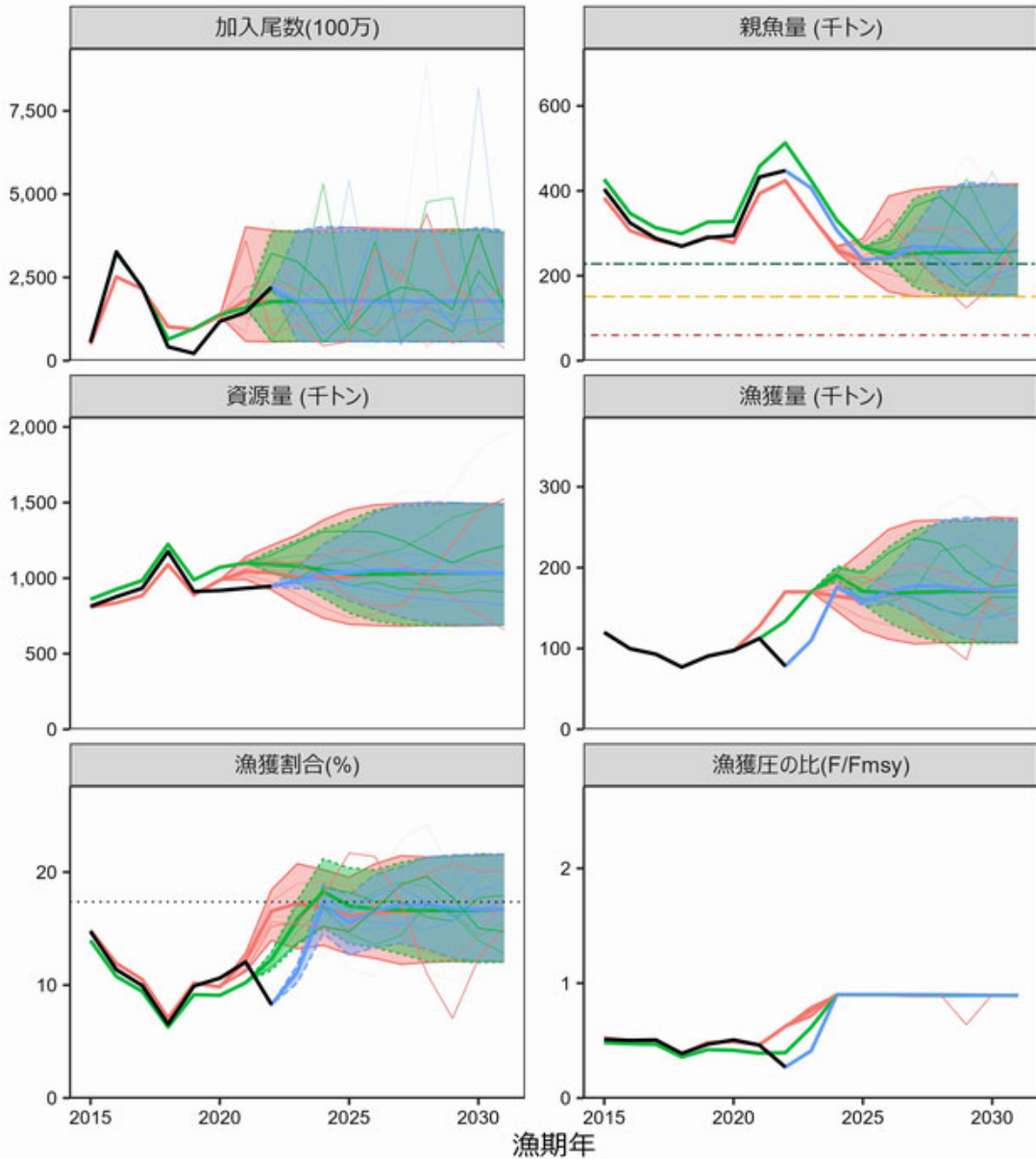
η を使用しない場合は λ を0.05とするとRMSPEが最小となった (太字)。

補足資料 7 昨年度以前の資源評価結果との比較

本年度の資源評価結果を 2021 年度および 2022 年度の評価結果と比べると、本年度推定された親魚量は 2021 年度および 2022 年度の中間的な推定値となった（補足表 7-1）。本系群では 2022 年度評価において 2021 年度評価から親魚量の上方修正がみられたが、本年度評価ではこれが下方修正となったことによる。本年度の評価では 2019 年漁期の加入量がこれまでの評価に比べて大きく下方修正されている。本編で述べた通り、2019 年級群の加入量は、これまでスケトウダラ音響トロール調査の結果から推定していたものが本年度からはコホート計算による推定値に更新されており、2022 年漁期の 3 歳の標準化 CPUE の低かったこともあり非常に少ない年級群として推定された。

将来予測においては、漁獲シナリオに基づいた予測結果を比較した（補足図 7-1）。すなわち 2024 年漁期以降は β を 0.9 とする漁獲管理規則に従う漁獲とし、その前 3 年間の漁獲量は 17 万トンで固定とする。2021 年度評価では 2022～2023 年漁期の漁獲量を、2022 年度評価では 2023 年漁期の漁獲量を 17 万トンで固定とし、その前年は現状の漁獲圧（それぞれ F2016～2020 および F2017～2021）での漁獲量とした。本年度評価での将来予測では 2023 年漁期を F2018～2022 で仮定し、2024 年漁期以降は β を 0.9 とする漁獲管理規則に従う漁獲となっている。これらの将来予測では、漁獲シナリオの運用開始から 10 年後の 2031 年漁期に予測される親魚量は目標管理基準値を 50%以上の確率で上回るとの予測結果が維持されている。これは再生産関係式で想定される加入量が続くことを仮定しているなかで、 β を 0.9 とした漁獲管理規則にて資源量に応じた漁獲を行うことによる管理効果による。

■ 2021年度将来予測 ■ 2022年度将来予測 ■ 2023年度将来予測



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

補足図 7-1. 評価年別の加入量、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比の比較
 将来予測における漁獲量は資源管理基本方針に定められた漁獲シナリオに従った。すなわち、2021 年度評価および 2022 年度評価ではそれぞれ 2022～2023 年漁期および 2023 年漁期の漁獲量を 17 万トンで固定としている。いずれの将来予測でも評価年の漁獲量は現状の漁獲圧で仮定し、2024 年漁期以降は β を 0.9 とする漁獲管理規則に従うものとした。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄破線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲割合の図の点線は MSY を実現する漁獲割合 (Umsy) である。

補足表 7-1. 各漁期年の評価年別の親魚量

(万トン)

評価年度	漁期年				
	2020年漁期	2021年漁期	2022年漁期	2023年漁期	2024年漁期
2021	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2
2022	32.8	45.7	51.3	42.5	33.0
2023	29.5	43.2	44.8	40.7	30.6

黒色の数字は評価年時点で資源評価により推定された親魚量を、赤色の数字は評価年時点では将来予測結果となる親魚量予測平均値をそれぞれ示す。本年度（2023年度）の評価結果での親魚量推定値・予測平均値は一昨年度（2021年度）の評価と昨年度（2022年度）の評価とで推定された親魚量推定値・予測平均値の間に位置する。