

令和 4（2022）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
開発調査センター

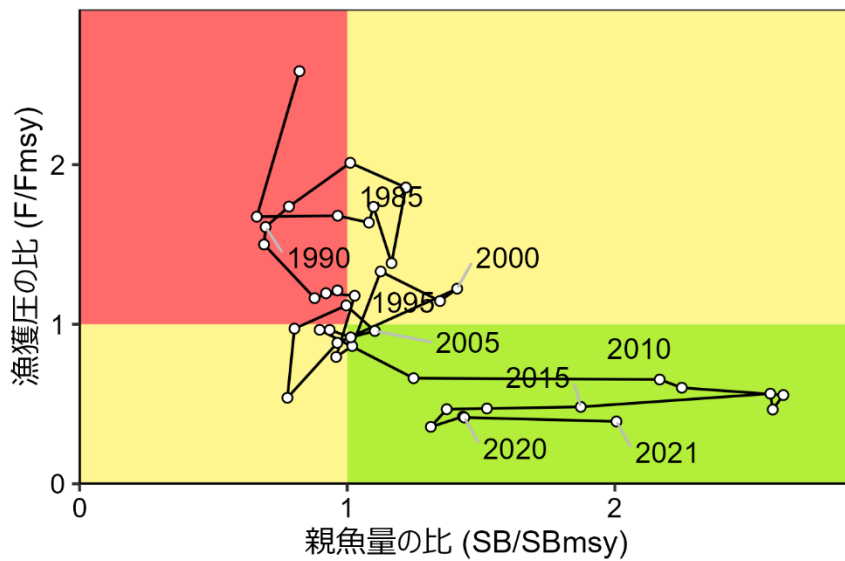
参画機関: 北海道立総合研究機構釧路水産試験場、北海道立総合研究機構栽培水産試験場、北海道立総合研究機構函館水産試験場、青森県産業技術センター水産総合研究所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋研究センター、福島県水産資源研究所、茨城県水産試験場、海洋生物環境研究所

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 147.1 万トンへ増加した後、2011～2015 年漁期に 147.9 万トンから 86.0 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、2021 年漁期の資源量は 110.0 万トンであった。親魚量は 2010 年漁期に急増し、2012 年漁期に 59.9 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。2021 年漁期は増加し 45.7 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（28 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 年には 4.6 億～6.4 億尾と評価期間のなかでも低い水準の年級群もみられる。調査船調査の結果から 2018 年以降は高豊度の年級群が発生していないと考えられるため、2016、2017 年級群による資源量・親魚量の増加は短期的なものに留まると予測される。

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、2021 年漁期の親魚量はこれを上回る。また 2021 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（2017～2021 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、漁獲圧が Fmsy を超過することが見込まれない限り 2021～2023 年漁期の ABC は 17.0 万トンで固定すると定められている。将来予測において、2023 年漁期に予測される漁獲圧は Fmsy を下回ると予測された。

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
2021 年漁期の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2021 年漁期の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年漁期の親魚量の動向	増加
2023 年漁期の ABC	17.0 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 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	984	313	93	0.47	9
2018	1,224	299	77	0.36	6
2019	989	327	90	0.42	9
2020	1,072	328	97	0.42	9
2021	1,100	457	112	0.39	10
2022	1,089	513	134	0.39	12
2023	1,080	425	170	0.62	16
・2022、2023 年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。 ・2023 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。道東海域では、沿岸漁業の年齢別漁獲尾数については沖底の漁獲物サンプルの情報を引き延ばすことで年齢別漁獲尾数を作成しているが、

これを同海域の沿岸漁業で収集している漁獲物サンプルに基づいた場合も検討し、その結果を補足資料 7 に示した。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）。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、近年では2013、2014、および2015年漁期にTACの期中改訂による漁獲枠の拡大も行われている。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年漁期は11.2万トンであった。漁獲量に占める各海域の比率は、2004～2013年漁期に、襟裳以西で道東よりも多い傾向が続いていたが、2014年漁期以降は道東の漁獲量が襟裳以西を上回っている。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（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。2021 年漁期は 4 歳魚（2017 年級群）および 5 歳魚（2016 年級群）が全体の漁獲量の 66%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。2021 年漁期は、北海道根拠の沖底が総漁獲量の 56%、襟裳以西海域の刺し網が総漁獲量の 24%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、2020～2021 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 年代～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る。これらの海域のオッターコントロールについても 1980 年代～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 50%以上の操業での網数の推移を図 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漸増傾向にある。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（以下漁績とする）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年があるため、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、1981～2021 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、2019~2021 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

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 4-1 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。

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。2021 年漁期は 2020 年漁期からやや減少した (図 4-2)。

北海道根拠の沖底の年齢別標準化 CPUE を図 4-3 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 50%以上の日別・漁船別の操業情報と、年齢査定の結果に基づき、1999 年以降のひと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-SA2022-SC05-101) 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)。2012 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。直近 5 年間の加入群 (2017~2021 年級群) 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。2021 年漁期は 2017 年級群も比較的高い 4 歳時の CPUE を示したが、2020 年漁期の 2016 年級群の 4 歳時の CPUE よりは下回った。

(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 4.6 億～54.9 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 27 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、および 2018 年級群の加入量は、4.6 億～6.4 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（2019～2021 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 年間の年級群は調査で得られた現存量指標値が低く、0 歳魚時点で 9.6 億～15.9 億尾と算出され、いずれも 2017 年級群のような高豊度の加入群ではないことが考えられた。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 147.1 万トンに増加した後、2011～2015 年漁期には 147.9 万トンから 86.0 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 33 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資源量は増加傾向に転じている。2021 年漁期の資源量は 110.0 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。1981～2009 年漁期の親魚量は 15.1 万～32.2 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 59.9 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 2021 年漁期は 45.7 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（2 歳以下の M についても連動）の 2021 年漁期の資源量と親魚量を推定した。2021 年漁期の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 11～13%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 16%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 6%となった。2021 年漁期は 10%と推定された。

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を用いて推定している。昨年度の評価では、2018～2020 年級群の加入量を 10.2 億尾、9.4 億尾、13.4 億尾と仮定していた。このうち 2018 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、6.4 億尾に下方修正された。また、2021 年漁期の情報の追加によって親魚量の増加傾向が明らかになり、コホート計算による近年の加入量の推定値は全体的に上方修正された。そのなかでも、2016 年級群は 2021 年漁期において 5 歳魚としての年齢別漁獲尾数が多く、年齢別標準化 CPUE も高いことから、加入時点での推定値が 32.3 億尾に大きく上方修正され、卓越年級群であると判断された（昨年度の推定値は加入時点で 25.2 億尾）。2013～2015 年級群の加入量の上方修正には、2021 年漁期の 7 歳の沖底標準化 CPUE と漁績に基づく刺し網の資源量指標値（親魚量の指標値）の値が高いことが影響したと考えられる。

（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。2010 年漁期以降、30%以上で推移するようになり、2018 年漁期は 44%まで上昇した。2021 年の %SPR は 42%と推定された。現状の漁獲圧として直近 5 年間（2017～2021 年漁期）の平均 F 値から %SPR を算出すると 41%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 の選択率としては、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（F2017-2021）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ケー・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。ホッケー・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。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齡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、2021 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、2021 年漁期の漁獲圧は Fmsy の半分以下（0.39 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、2021 年漁期の親魚量は SBmsy の 2.01 倍である。親魚量の動向は、直近 5 年間（2017～2021 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 2021 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2022～2053 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。2022 年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2017-2021）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 2017～2021 年漁期の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2023 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

「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」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 Fmsy 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) 2023 年漁期の予測値と ABC の算定

本系群の将来予測で 2023 年漁期に予測される漁獲圧が F_{msy} を上回る確率は 0%と推定され、漁獲量を 17.0 万トンで固定とする漁獲シナリオの見直しの必要は無いと考えられることから、2023 年漁期の ABC として 17.0 万トンを提示する（補足表 3-4）。なお、2023 年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値および限界管理基準値を上回り、平均 42.5 万トンと見込まれた。

(4) 2024 年漁期以降の予測

2024 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 に示す。2023 年漁期の漁獲量を 17.0 万トンとし、2024 年漁期以降は調整係数 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 25.8 万トン（90%予測区間は 15.3 万～41.3 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、2018～2021 年級群は高豊度ではないと考えられることから、短期的には資源量は増大した後、再び減少傾向に転じると考えられる。資源の増減に合わせて漁獲量の上限値を定めることが重要である。

参考情報として、2024 年漁期以降に異なる調整係数 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（ $F_{2017-2021}$ ）を継続した場合の予測結果についても示す。2024 年漁期に予測される漁獲量の平均値が、前年（2023 年漁期）の 17.0 万トンを上回るのは β が 0.8 以上の場合であった。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 84%、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 28.6 万トン（90%予測区間は 17.0 万～45.3 万トン）、0.7 であれば 31.9 万トン（90%予測区間は 19.2 万～50.2 万トン）、0.6 以下であれば 36 万トン以上となった。2023 年漁期も含めて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 47.9 万トンになると予測された。これは調整係数 β を 0.4 程度とした漁獲管理規則での漁獲に相当する。

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、2021 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。

本年度の資源評価の結果、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た。また 2017 年級群も比較的豊度が高いと考えられた。調査船調査の結果からは 2018 年以降、高豊度の年級群の発生は認められないことから、近年の資源量・親魚量の増加は短期的な現象に留まり、再び資源減少に転じると考えられる。

7. その他

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。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.
- Kajiwara, 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 (2022) 令和 4 (2022) 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-SA2022-SC05-101)
- 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/digests2020/details/202012.pdf> (last accessed 5 August 2022)
- 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.
- 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.

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.

(執筆者: 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)

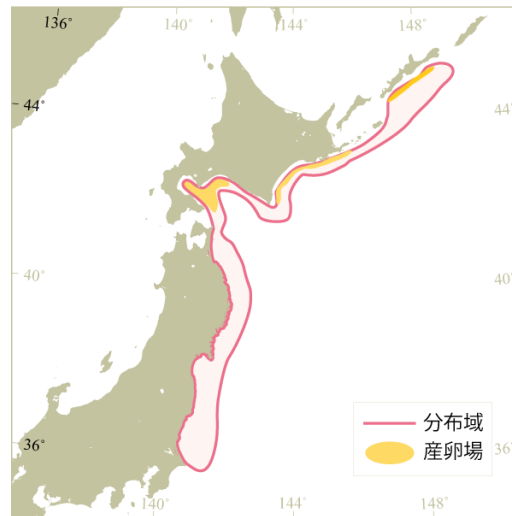


図 2-1. スケトウダラ太平洋系群の分布域と産卵場

Honda et al. (2004) より転載

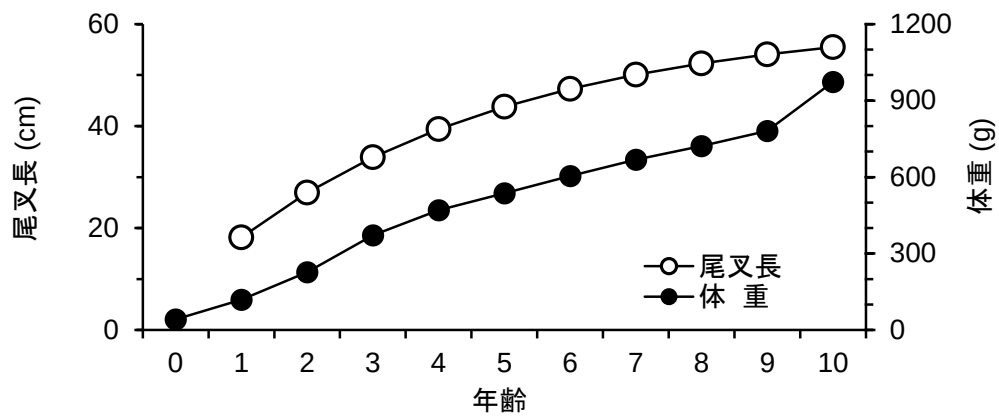


図 2-2. 年齢と成長（10歳の体重は10歳以上の複数の年齢の平均値）

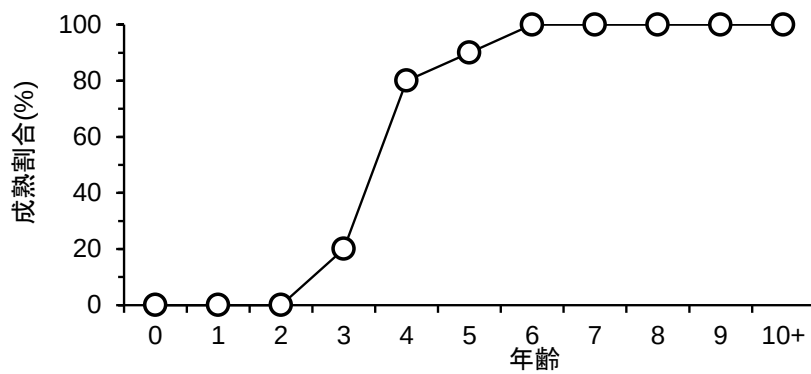


図 2-3. 年齢別成熟割合

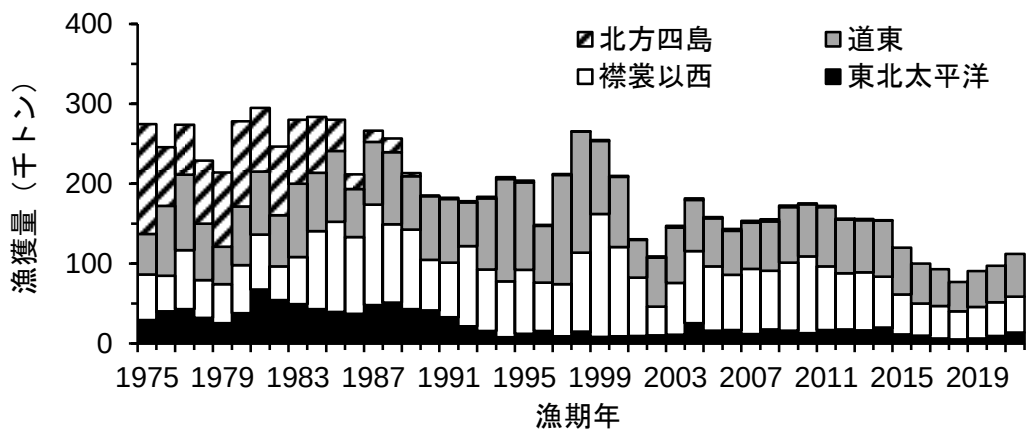


図 3-1. 海域別漁獲量

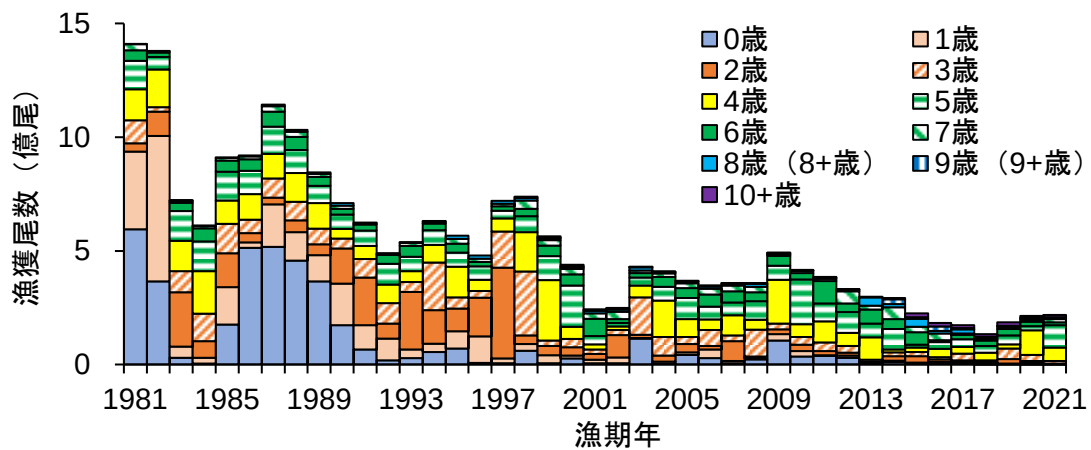


図 3-2. 年齢別漁獲尾数

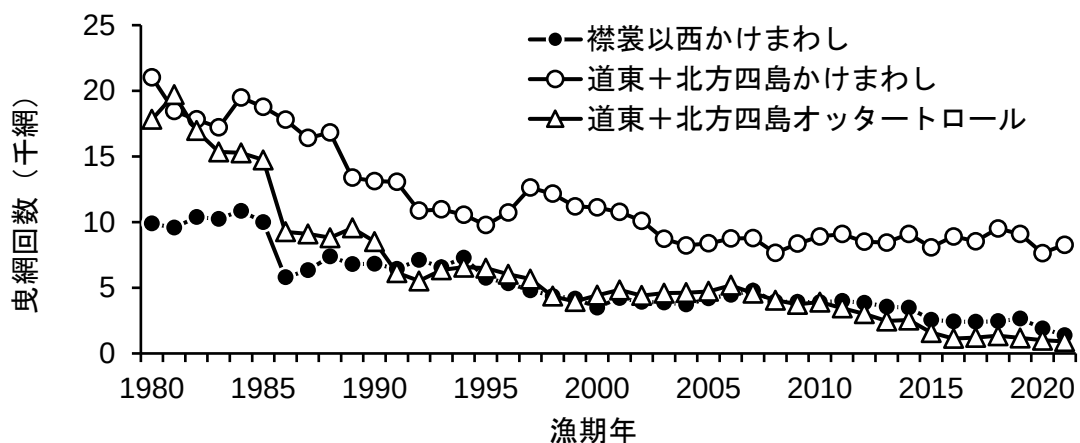


図 3-3. 北海道根拠の沖合底びき網漁業でのスケトウダラ有漁網数
月別・船別・漁区別集計値に基づく。

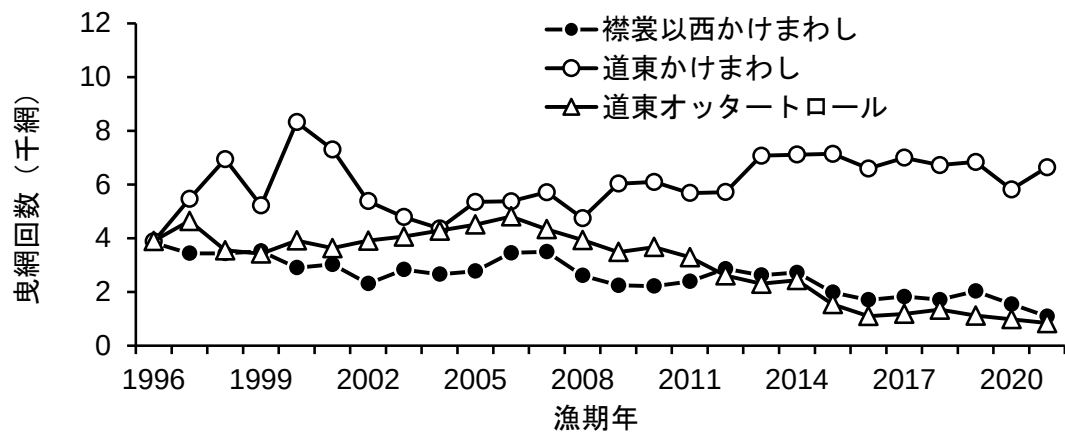


図 3-4. 北海道根拠の沖合底びき網漁業での 1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が 50%以上の操業での網数の日別・船別・漁区別集計値に基づく。

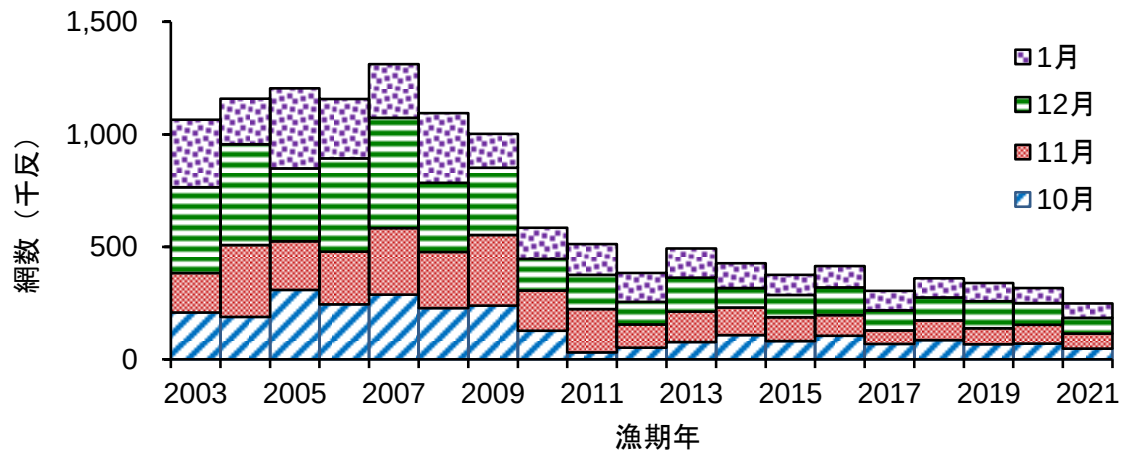


図 3-5. 襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網漁業の網数（補正值）

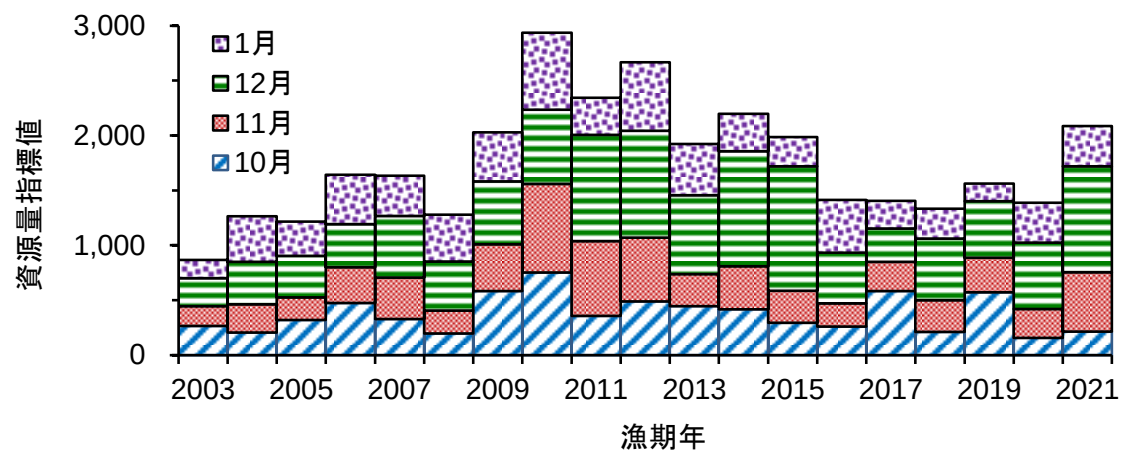


図 4-1. 漁獲成績報告書から算出した襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値

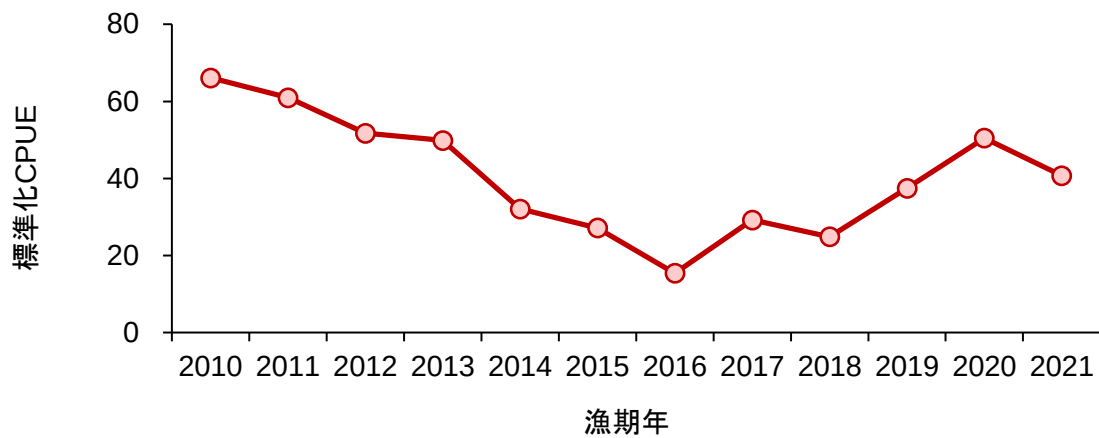


図 4-2. 操業日誌に基づく襟裳以西海域のすけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE

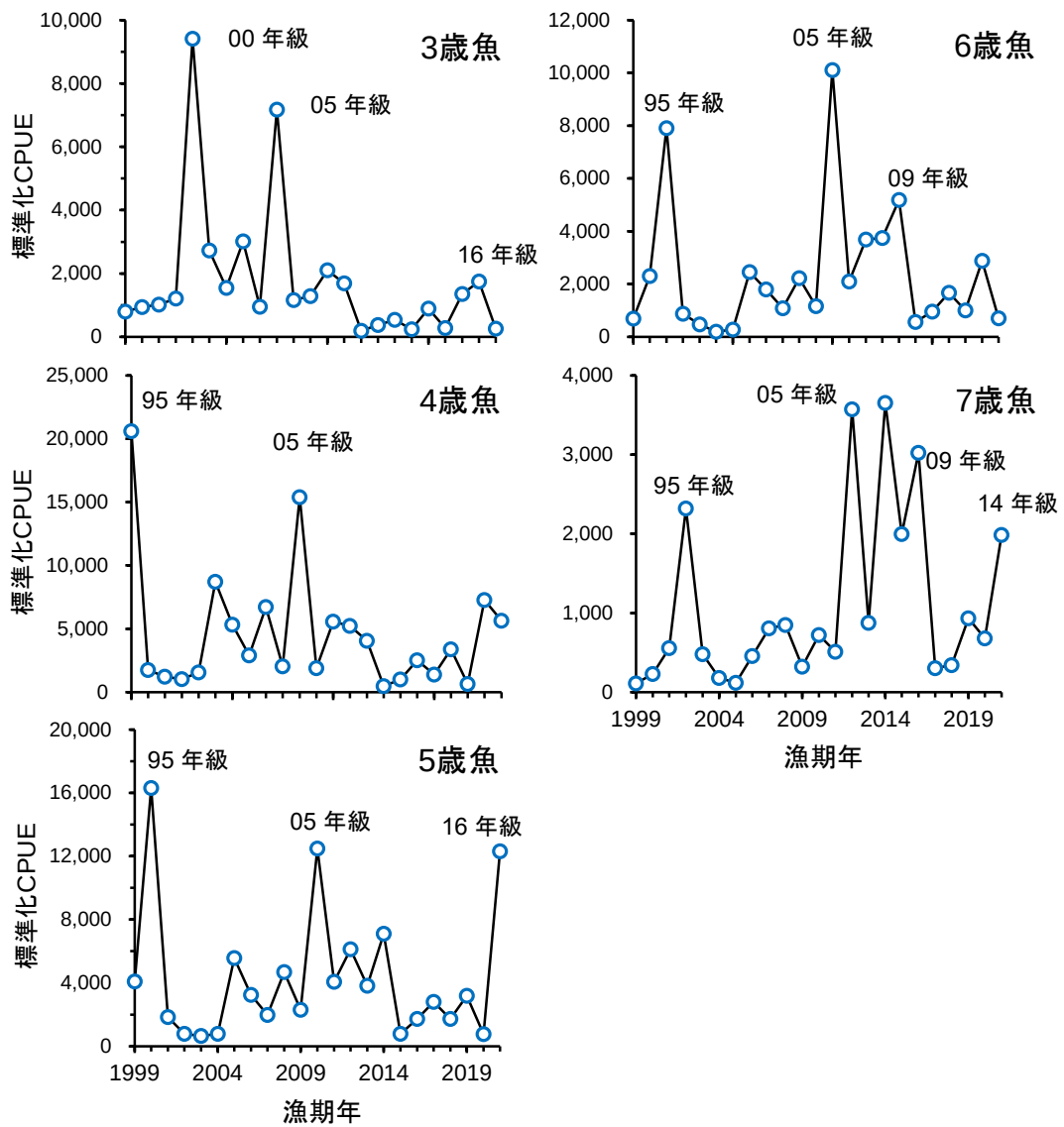


図 4-3. 北海道根拠の沖合底びき網漁業での年齢別標準化 CPUE

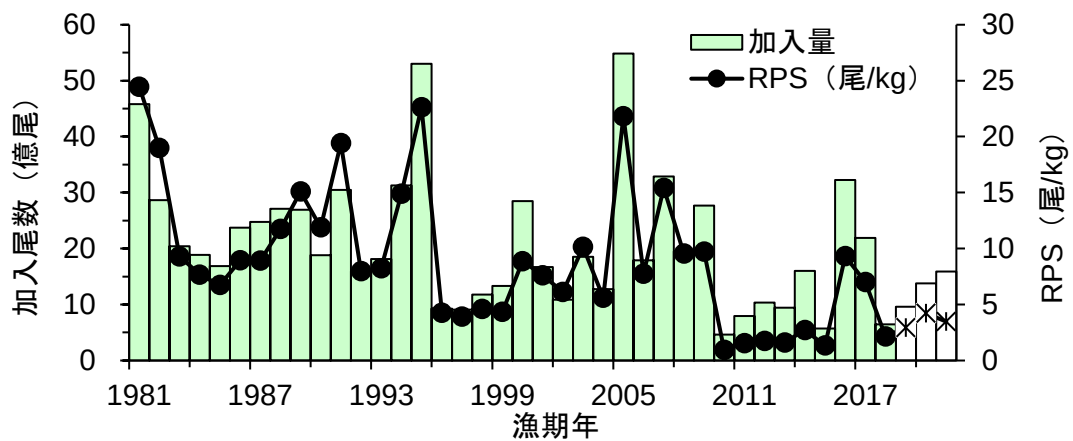


図 4-4. 加入量（0 歳魚の資源尾数）と再生産成功率（RPS）の推移

調査からの推算値を与えた加入量（白抜き部分）に対応する再生産成功率は*で示した。

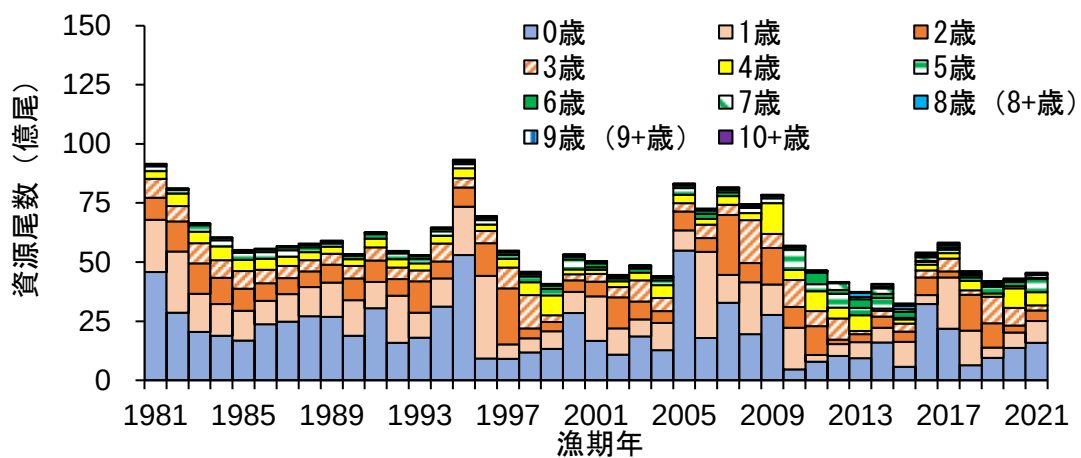


図 4-5. 年齢別資源尾数の推移

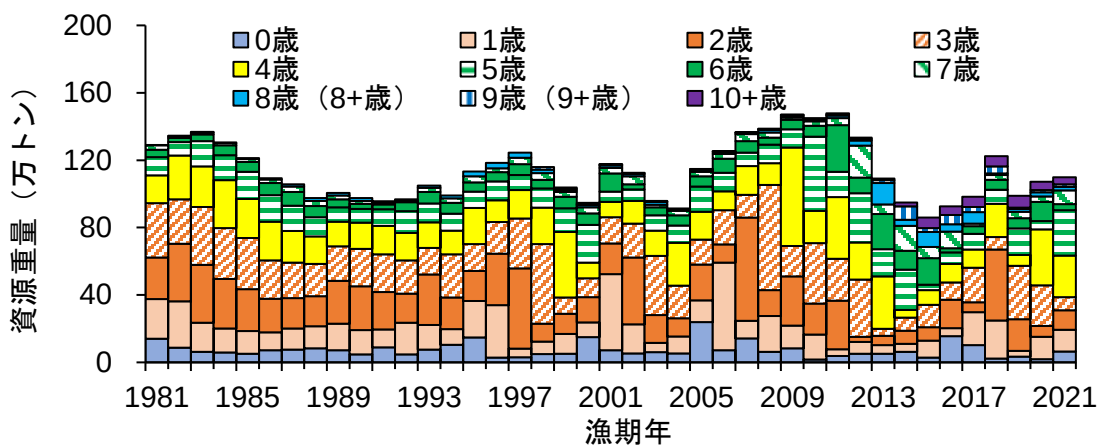


図 4-6. 年齢別資源重量の推移

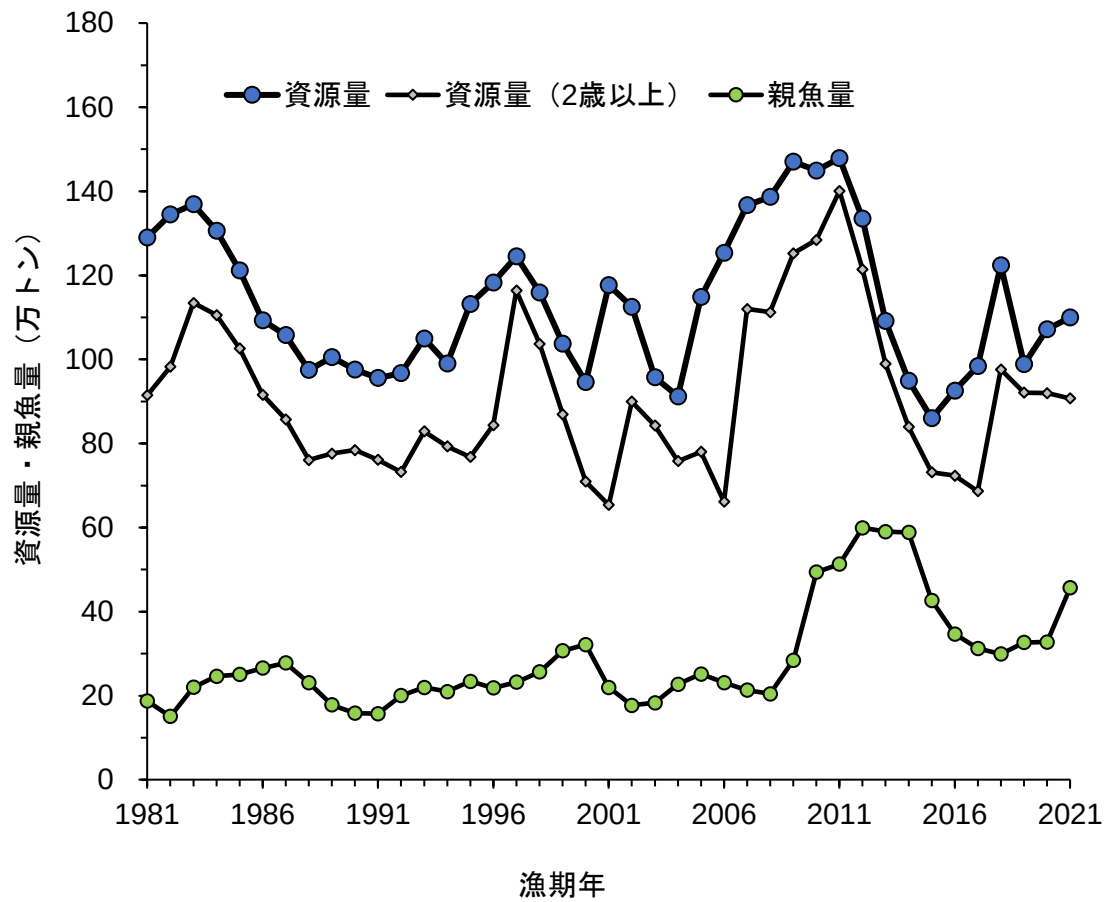


図 4-7. 資源量 (0 歳以上の総重量および 2 歳以上の総重量)、および親魚量の推移

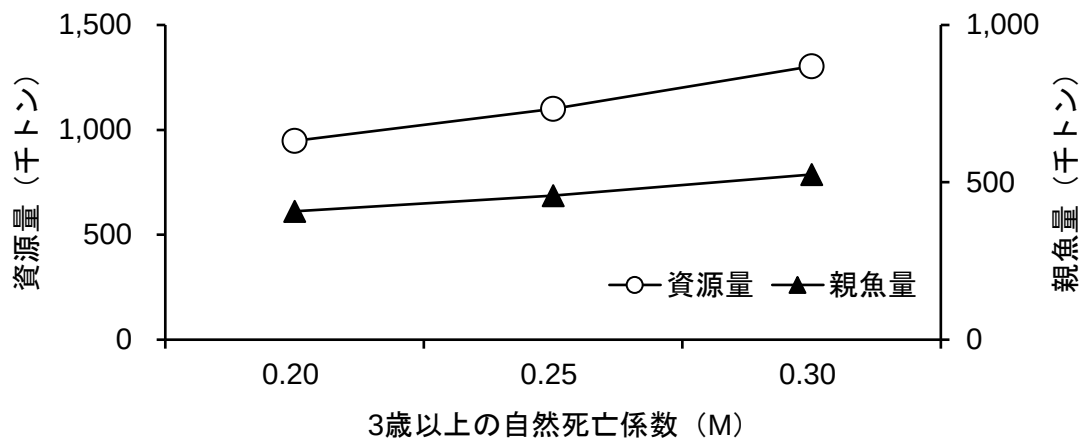


図 4-8. 資源量と親魚量に対する自然死亡係数 M の影響 (2021 年漁期の資源量と親魚量)

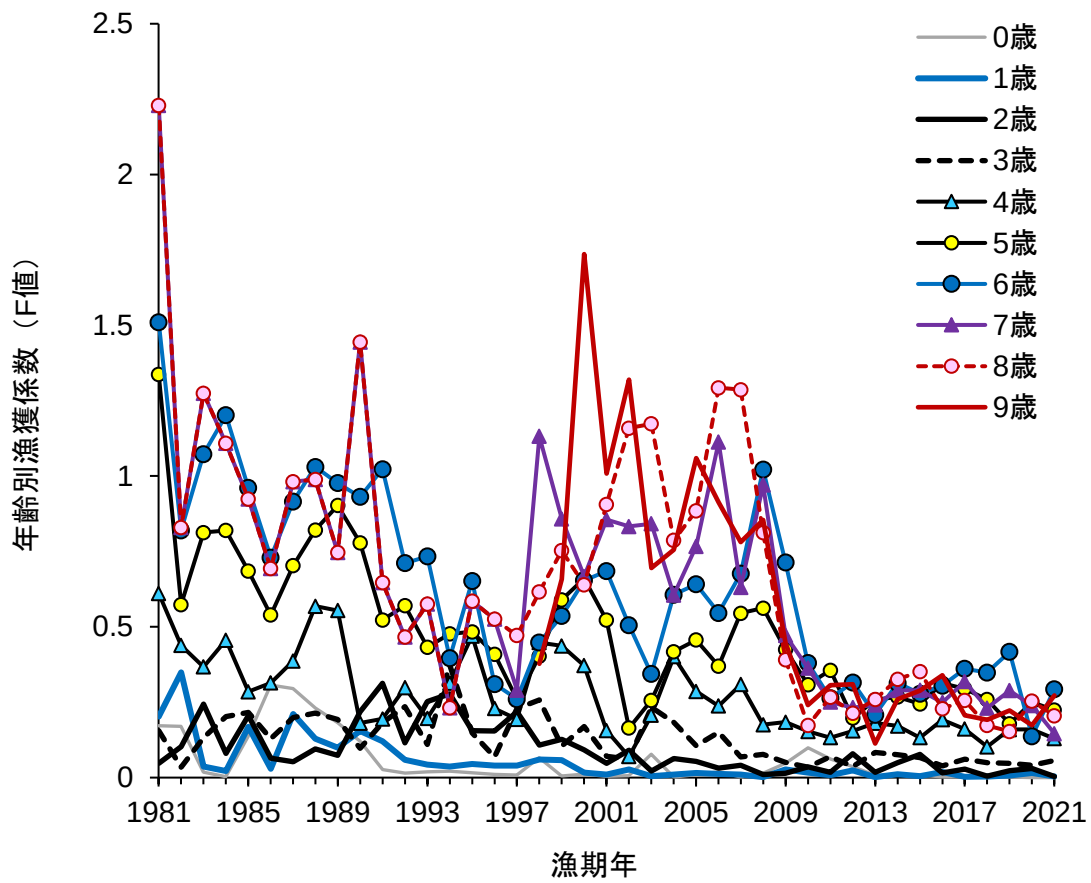


図 4-9. 各年齢の F の経年推移

10 歳以上の F は 9 歳と同じである。

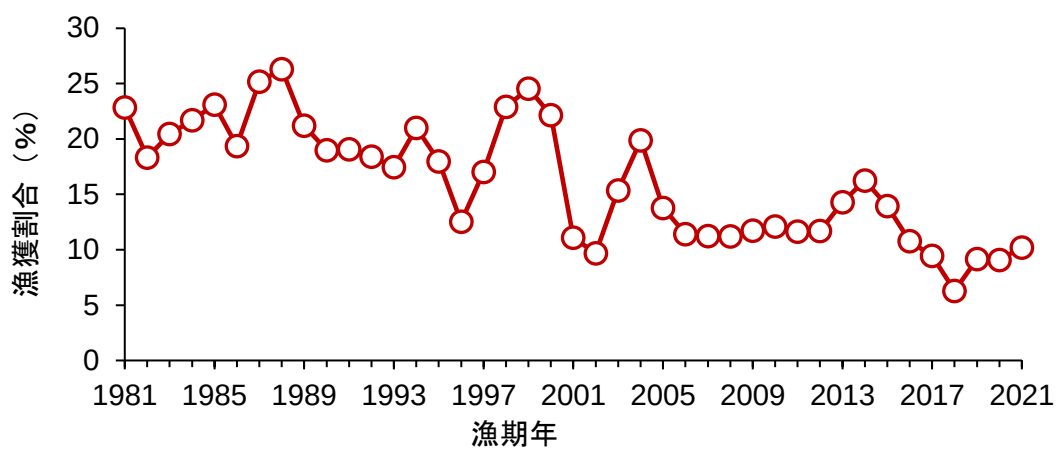


図 4-10. 漁獲割合の経年推移

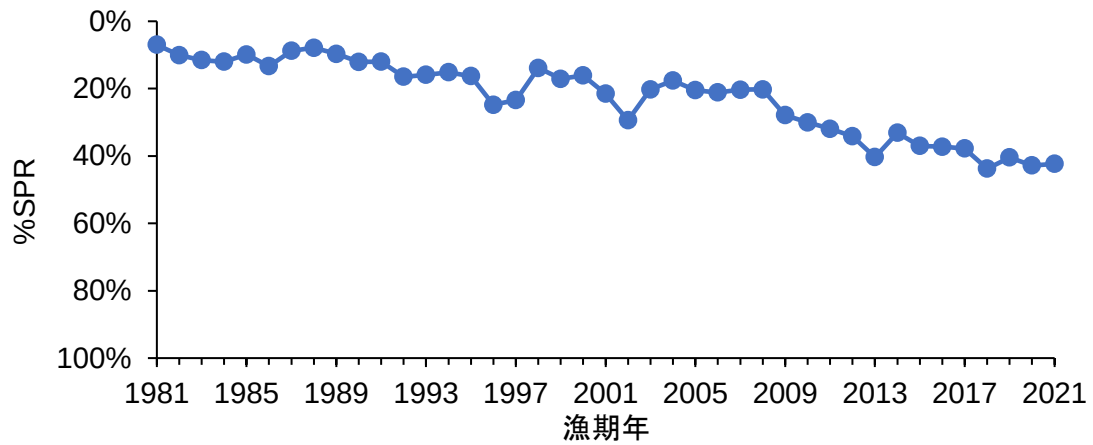


図 4-11. 各漁期年の F における %SPR の経年推移

%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、F が高い（低い）と %SPR は小さく（大きく）なる。

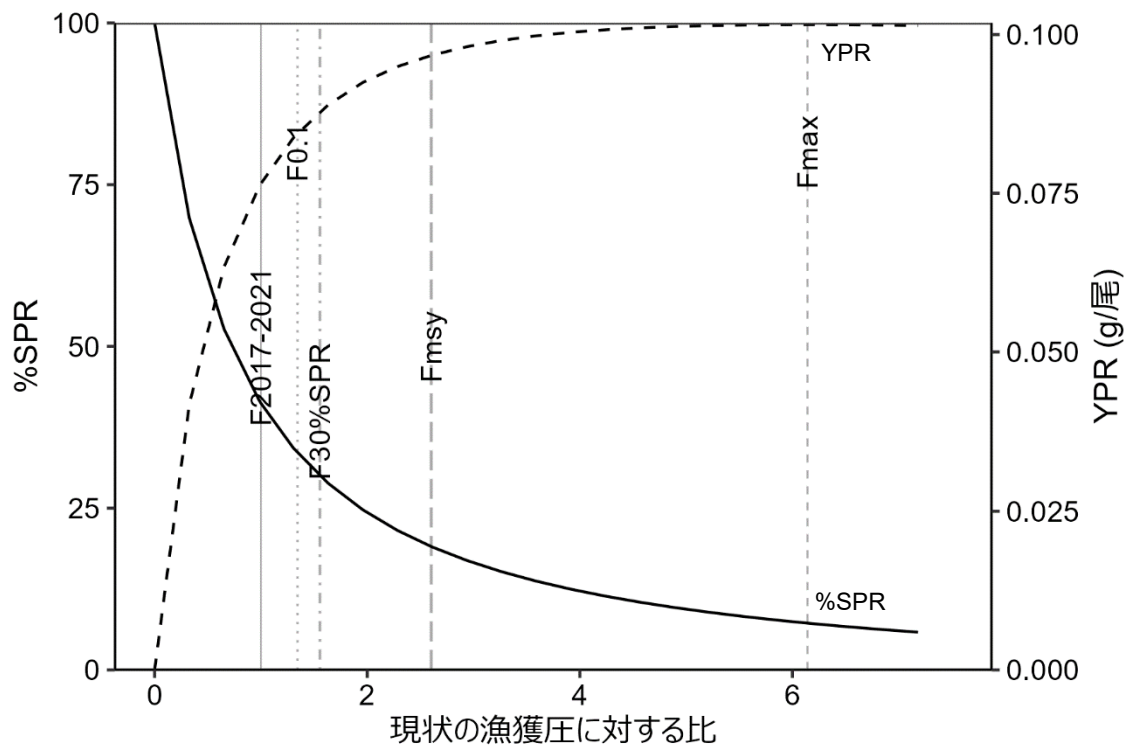


図 4-12. 現状の漁獲圧に対する YPA と %SPR の関係

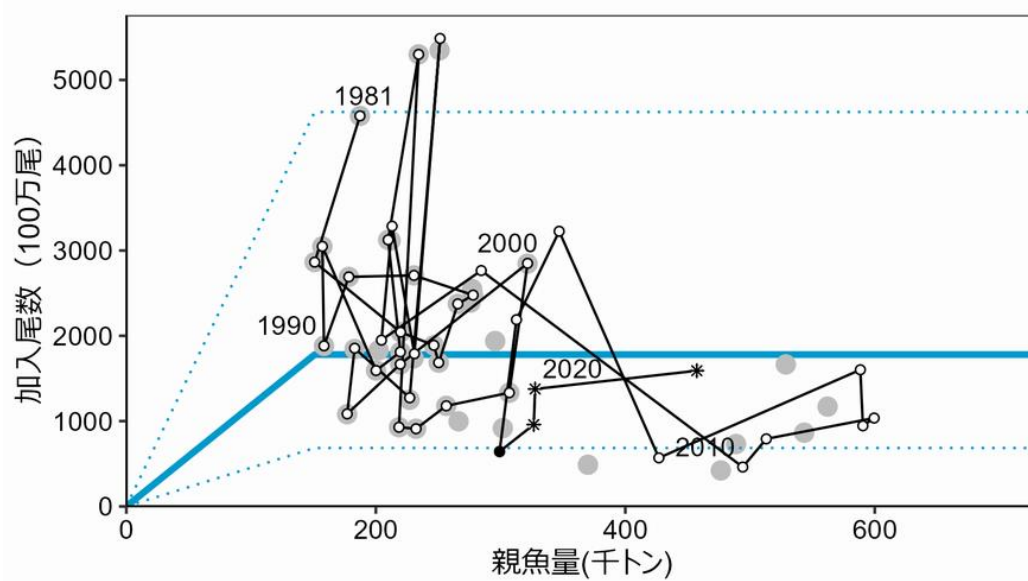


図 4-13. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

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 2018 年級群を●で示す。図中の数字は年級群を示す。

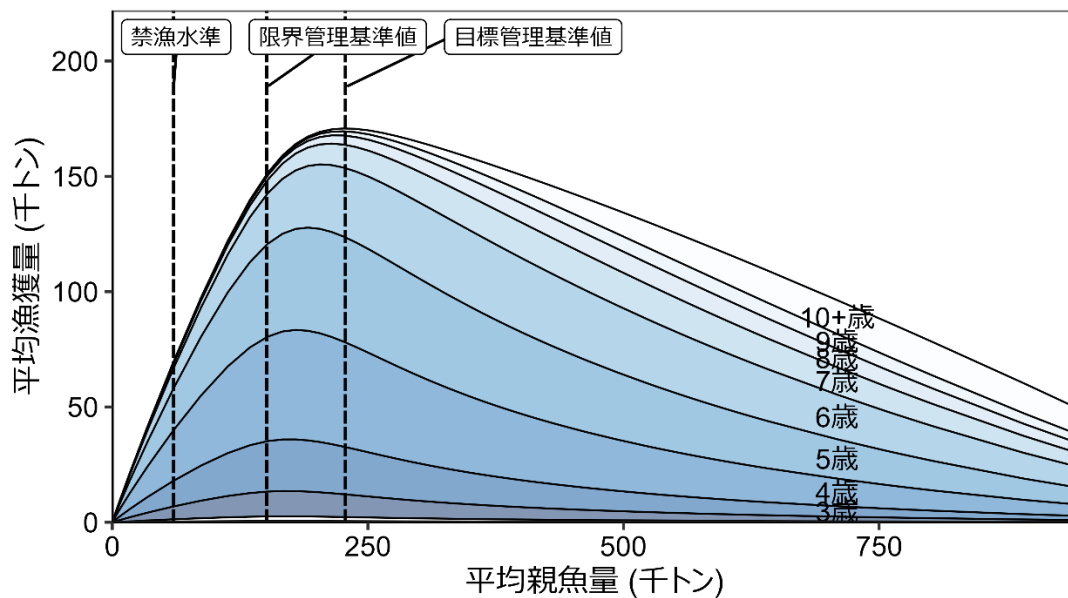


図 4-14. 管理基準値と年齢別漁獲量曲線

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。

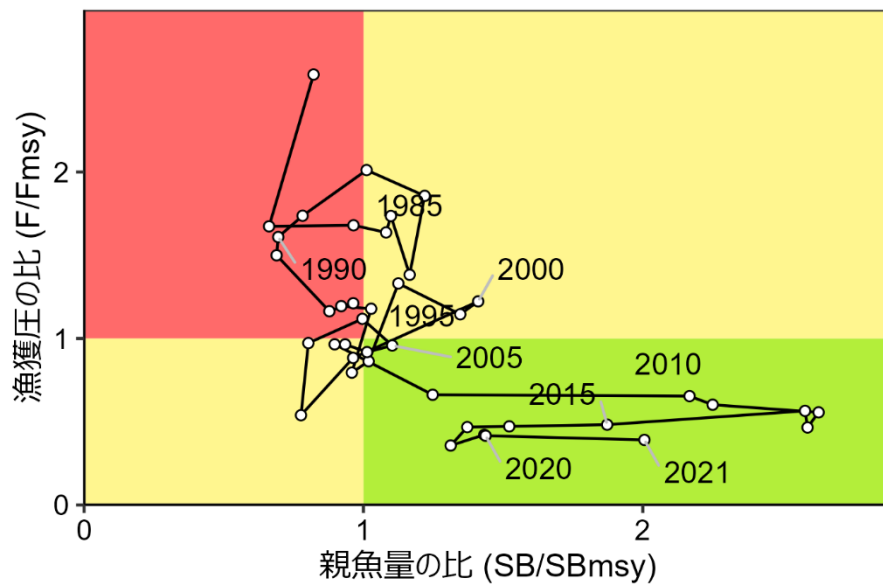
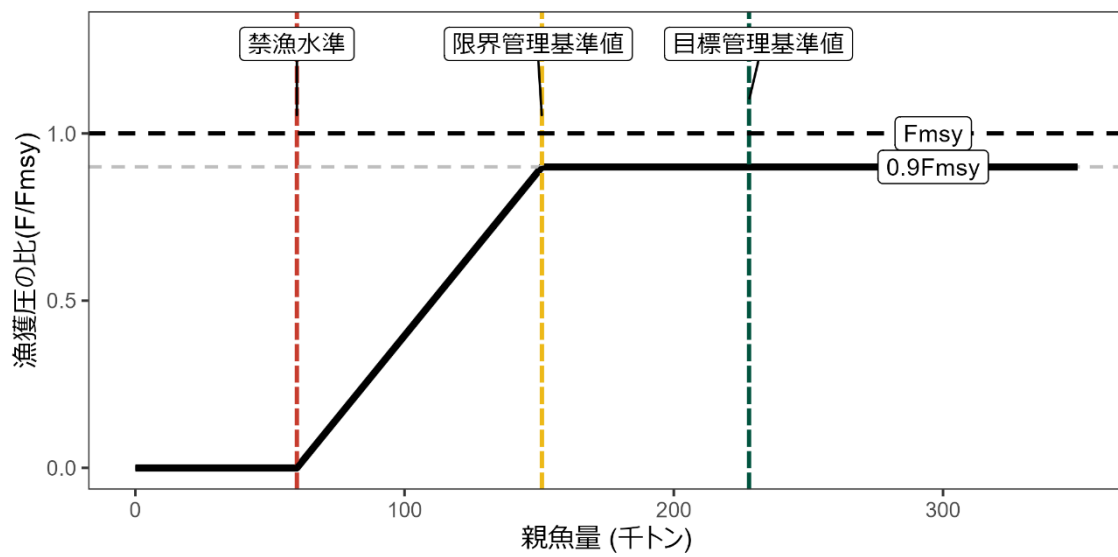


図 4-15. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SB_{msy}) および MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) に対する、親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

a)



b)

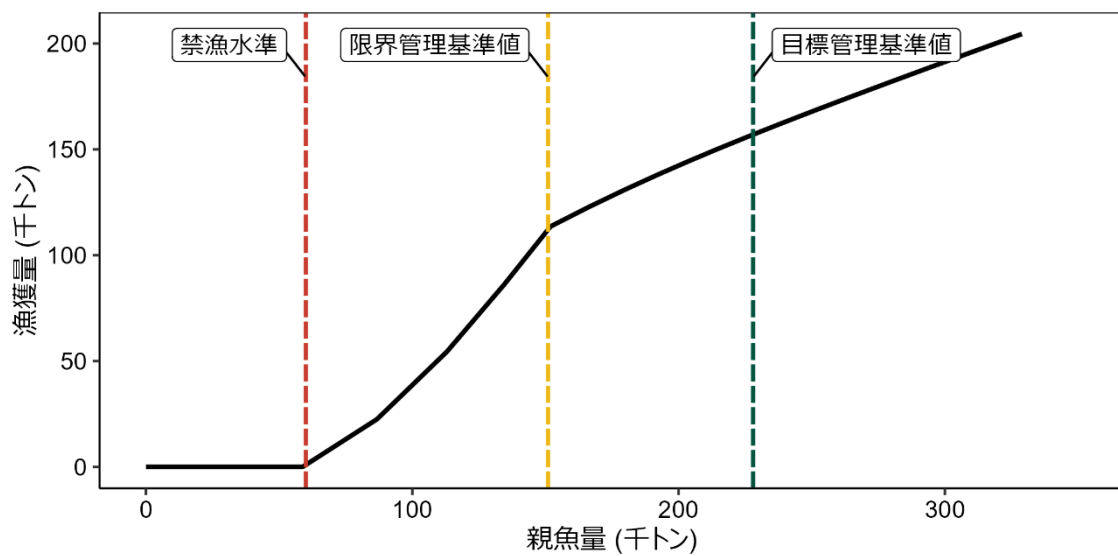
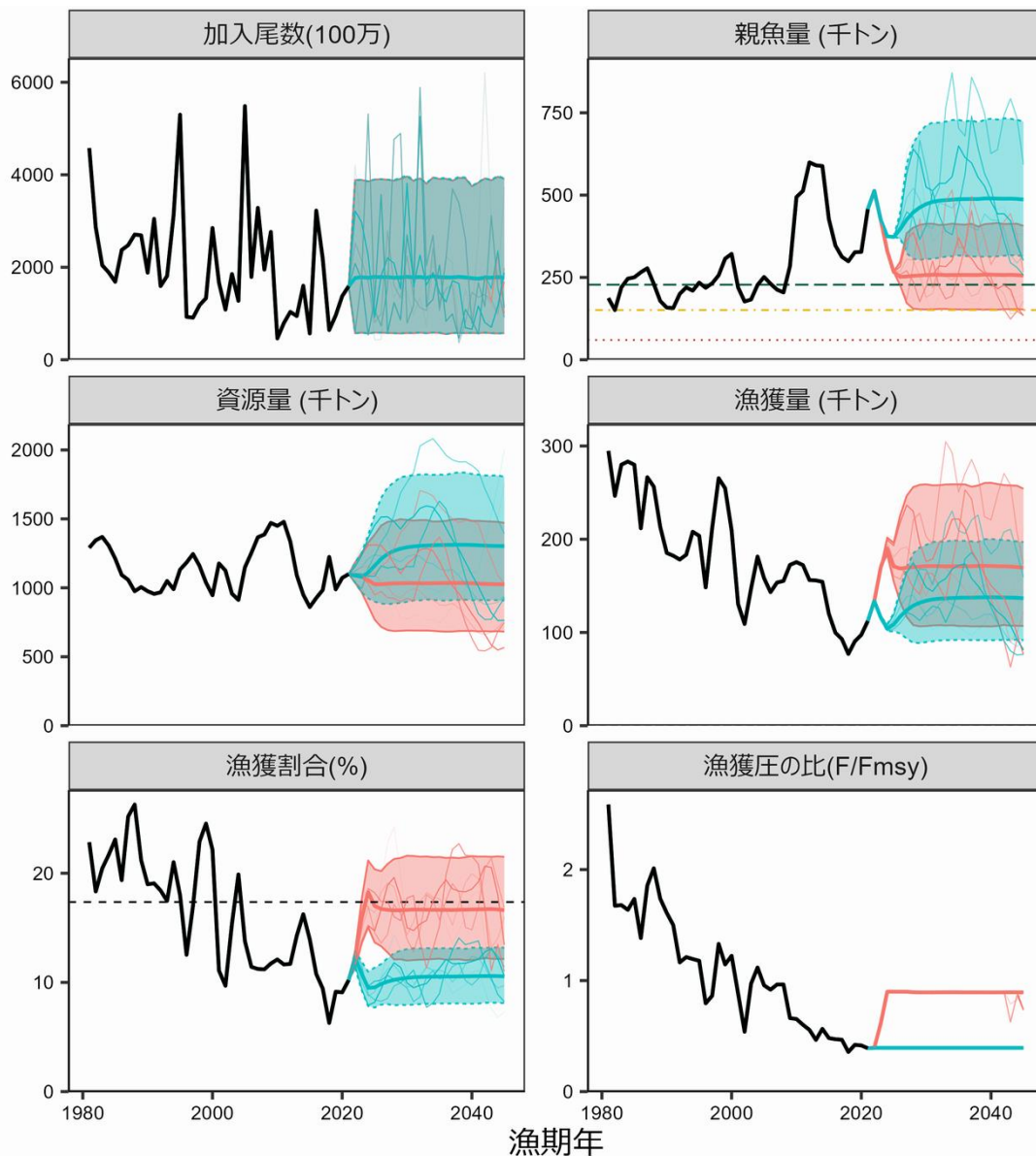


図 5-1. 漁獲管理規則 (β を 0.9 とした場合のものを示す)

黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.9F_{msy}$ 、黒太線は漁獲管理規則、赤破線は禁漁水準、黄破線は限界管理基準値、緑破線は目標管理基準値をそれぞれ示す。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。



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

図 5-2. 2024 年漁期以降に漁獲管理規則 ($\beta=0.9$) を用いた場合と現状の漁獲圧 (F2017-2021) 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、2023 年漁期は 17.0 万トンで漁獲し 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、2023 年漁期も含めて現状の漁獲圧 (F2017-2021) 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 (U_{msy}) である。2022 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2017-2021) 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	
1982	54,378	41,886	12,492	42,075	7,955	34,120	
1983	49,258	38,304	10,954	58,815	8,205	50,610	
1984	42,763	27,482	15,281	97,802	9,582	88,220	
1985	39,477	29,388	10,089	112,697	13,233	99,464	
1986	37,052	24,099	12,953	96,051	11,831	84,220	
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	
1992	21,403	19,447	1,956	100,428	18,559	81,869	
1993	15,734	14,347	1,387	76,792	14,312	62,480	
1994	7,689	6,939	750	69,814	23,115	46,699	
1995	12,222	11,526	696	79,766	24,725	55,041	
1996	15,734	14,914	820	60,219	13,473	46,746	
1997	9,078	8,662	416	65,201	13,339	51,861	
1998	14,911	14,303	607	98,684	17,417	81,267	
1999	8,293	7,591	702	153,609	29,195	124,414	
2000	8,901	8,280	621	111,787	21,799	89,988	
2001	9,403	9,048	355	72,872	19,947	52,925	
2002	10,175	9,179	996	36,006	15,405	20,601	
2003	10,813	8,736	2,077	64,749	19,866	44,883	
2004	25,432	23,844	1,588	90,095	20,261	69,833	
2005	15,839	14,045	1,793	80,401	19,885	60,516	
2006	16,817	14,567	2,250	69,043	19,846	49,197	
2007	11,716	10,791	925	81,395	27,072	54,323	
2008	17,440	14,738	2,702	73,552	21,741	51,812	
2009	15,847	14,070	1,777	85,251	19,305	65,945	
2010	12,998	12,175	822	96,103	19,086	77,017	
2011	16,781	16,304	477	79,577	19,846	59,731	
2012	17,687	17,215	472	70,114	20,109	50,004	
2013	16,400	15,293	1,108	72,467	20,244	52,223	
2014	19,752	18,220	1,532	63,929	21,541	42,388	
2015	11,428	10,778	650	49,908	16,024	33,885	
2016	9,697	9,303	394	40,308	14,756	25,552	
2017	6,134	5,681	453	40,615	9,234	31,381	
2018	4,911	4,537	374	35,155	10,554	24,601	
2019	6,226	5,477	750	39,385	12,362	27,023	
2020*	9,160	8,453	707	42,306	13,795	28,510	
2021*	13,764	13,331	433	44,654	10,903	33,751	

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。

*2020、2021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		79,553	294,765		294,765
1982	64,197	60,012	4,185		85,856	246,506		246,506
1983	91,975	83,470	8,505		79,868	279,916		279,916
1984	73,093	67,031	6,062		69,696	283,354		283,354
1985	88,621	79,431	9,190		39,124	279,919		279,919
1986	60,113	53,349	6,764		18,517	211,733		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		1,041	209,568		209,568
2001	47,346	42,487	4,859		805	130,426		130,426
2002	61,130	59,606	1,524		1,757	109,069		109,069
2003	69,406	67,457	1,949		2,146	147,114		147,114
2004	64,149	58,487	5,662		1,759	181,435		181,435
2005	60,145	53,442	6,703		1,883	158,268		158,268
2006	54,954	50,467	4,487		2,432	143,246		143,246
2007	58,009	53,384	4,625		2,430	153,549		153,549
2008	61,852	57,297	4,554		2,409	155,254		155,254
2009	69,574	63,756	5,818		1,828	172,499		172,499
2010	64,889	60,283	4,606		1,485	175,474		175,474
2011	74,303	70,549	3,754		1,579	172,239		172,239
2012	67,127	61,911	5,216		1,244	156,172		156,172
2013	65,437	60,959	4,478		1,519	155,823		155,823
2014	70,256	65,424	4,832		400	154,337		154,337
2015	58,667	55,812	2,855			120,003		120,003
2016	49,742	46,601	3,141			99,748		99,748
2017	46,170	42,563	3,607			92,919		92,919
2018	36,883	34,965	1,919			76,949		76,949
2019	44,869	43,300	1,569			90,480		90,480
2020*	45,874	43,901	1,972			97,339		97,339
2021*	53,653	51,617	2,036			112,071		112,071

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。

*2020、2021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	11.8	0.9

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。

*2021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	1日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が50%以上の操業								
	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	12.4	3.8	3.3	6.7	3.9	1.7	22.5	3.9	5.8
1997	12.4	3.4	3.6	19.5	5.5	3.6	64.4	4.6	13.9
1998	16.4	3.4	4.8	25.8	6.9	3.7	41.7	3.5	11.8
1999	28.2	3.5	8.0	26.8	5.2	5.1	48.8	3.4	14.3
2000	21.4	2.9	7.4	38.0	8.3	4.6	41.6	3.9	10.6
2001	19.5	3.0	6.5	21.3	7.3	2.9	19.4	3.6	5.3
2002	15.0	2.3	6.5	23.4	5.4	4.4	34.6	3.9	8.9
2003	19.3	2.8	6.8	22.7	4.8	4.7	43.7	4.1	10.8
2004	19.7	2.7	7.4	18.9	4.4	4.3	38.7	4.3	9.0
2005	19.3	2.8	6.9	22.0	5.3	4.1	31.0	4.5	6.9
2006	19.6	3.5	5.7	20.2	5.4	3.8	29.2	4.8	6.1
2007	26.4	3.5	7.5	18.2	5.7	3.2	33.9	4.3	7.8
2008	19.4	2.6	7.4	23.3	4.7	4.9	32.8	3.9	8.3
2009	16.6	2.2	7.4	28.6	6.0	4.7	34.2	3.5	9.8
2010	16.9	2.2	7.6	26.2	6.1	4.3	30.3	3.7	8.2
2011	17.6	2.4	7.3	31.5	5.7	5.5	34.1	3.3	10.4
2012	19.8	2.9	6.9	31.9	5.7	5.6	24.7	2.6	9.5
2013	20.1	2.6	7.7	41.3	7.1	5.8	18.0	2.3	7.8
2014	21.4	2.7	7.9	43.9	7.1	6.2	20.3	2.4	8.3
2015	15.2	2.0	7.7	42.5	7.1	6.0	11.8	1.5	7.6
2016	14.5	1.7	8.5	34.2	6.6	5.2	9.9	1.1	9.0
2017	9.0	1.8	4.9	31.5	7.0	4.5	9.5	1.2	8.1
2018	10.3	1.7	6.0	24.8	6.7	3.7	8.3	1.3	6.2
2019	12.1	2.0	6.0	31.9	6.8	4.7	9.6	1.1	8.6
2020	13.5	1.5	8.7	32.2	5.8	5.5	10.3	1.0	10.5
2021*	10.7	1.1	9.9	38.8	6.6	5.8	11.7	0.8	14.0

漁期年は4月～翌年3月。

*2021年漁期は暫定値。

表 4-1. 資源解析結果

漁期年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	2歳魚以上の 資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	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	295	1,291	915	187	45.8	23	7	2.59	24.4
1982	247	1,345	983	151	28.6	18	10	1.67	19.0
1983	280	1,369	1,134	220	20.4	20	11	1.68	9.3
1984	283	1,307	1,106	246	18.9	22	12	1.64	7.7
1985	280	1,212	1,026	250	16.9	23	10	1.74	6.7
1986	212	1,093	916	266	23.7	19	13	1.38	8.9
1987	266	1,058	857	278	24.8	25	9	1.86	8.9
1988	256	975	761	231	27.1	26	8	2.01	11.7
1989	213	1,006	776	178	26.9	21	10	1.74	15.1
1990	185	976	784	158	18.8	19	12	1.61	11.9
1991	182	956	761	157	30.5	19	12	1.50	19.4
1992	178	967	732	200	15.9	18	16	1.16	8.0
1993	183	1,050	829	220	18.1	17	16	1.21	8.2
1994	208	990	793	210	31.3	21	15	1.19	14.9
1995	204	1,132	768	234	53.0	18	16	1.18	22.6
1996	148	1,183	844	219	9.3	13	25	0.80	4.2
1997	212	1,245	1,164	232	9.1	17	23	0.86	3.9
1998	265	1,159	1,037	256	11.8	23	14	1.33	4.6
1999	255	1,038	870	307	13.3	25	17	1.15	4.3
2000	210	946	710	322	28.5	22	16	1.22	8.9
2001	130	1,177	654	220	16.7	11	21	0.88	7.6
2002	109	1,125	900	177	10.8	10	29	0.54	6.1
2003	147	958	842	183	18.5	15	20	0.97	10.1
2004	181	912	758	227	12.7	20	18	1.12	5.6
2005	158	1,149	780	251	54.9	14	20	0.96	21.8
2006	143	1,254	662	231	17.9	11	21	0.92	7.8
2007	154	1,367	1,120	213	32.9	11	20	0.96	15.4
2008	155	1,387	1,112	204	19.5	11	20	0.97	9.5
2009	172	1,471	1,252	284	27.7	12	28	0.66	9.7
2010	175	1,450	1,284	494	4.6	12	30	0.65	0.9
2011	172	1,479	1,401	513	7.9	12	32	0.60	1.5
2012	156	1,335	1,214	599	10.4	12	34	0.56	1.7
2013	156	1,091	990	590	9.5	14	40	0.47	1.6
2014	154	950	840	588	16.0	16	33	0.57	2.7
2015	120	860	732	427	5.7	14	37	0.48	1.3
2016	100	926	724	347	32.3	11	37	0.47	9.3
2017	93	984	687	313	21.9	9	38	0.47	7.0
2018	77	1,224	976	299	6.4	6	44	0.36	2.1
2019	90	989	921	327	9.6	9	40	0.42	2.9
2020	97*	1,072	920	328	13.8	9	43	0.42	4.2
2021	112*	1,100	907	457	15.9	10	42	0.39	3.5

漁期年は4月～翌年3月。

2019～2021年漁期の0歳加入尾数は仮定値。2019～2021年漁期の資源量、漁獲割合、%SPR、および再生産成功率は当該仮定値の影響を受ける。

*2020、2021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	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	100	100	100	100	100	51	44	45	45	46	46	46	45	45	44
0.9	100	100	100	100	100	92	58	58	58	58	59	59	58	58	57
0.8	100	100	100	100	100	100	74	71	71	71	73	72	72	72	72
0.7	100	100	100	100	100	100	89	84	84	84	84	86	85	85	84
0.6	100	100	100	100	100	100	98	94	93	93	94	94	94	95	94
0.5	100	100	100	100	100	100	100	99	98	98	98	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	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2017-2021	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	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	100	100	100	100	100	100	97	91	91	91	91	92	91	91	90
0.9	100	100	100	100	100	100	100	96	96	95	96	96	96	96	95
0.8	100	100	100	100	100	100	100	99	98	98	98	98	99	99	98
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	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	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2017-2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

2023 年漁期の漁獲量を 17.0 万トンで固定し、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 2023 年漁期も含めて現状の漁獲圧 (F2017-2021) を継続した場合の将来予測の結果を示す。2022 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2017-2021) により仮定した。

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)

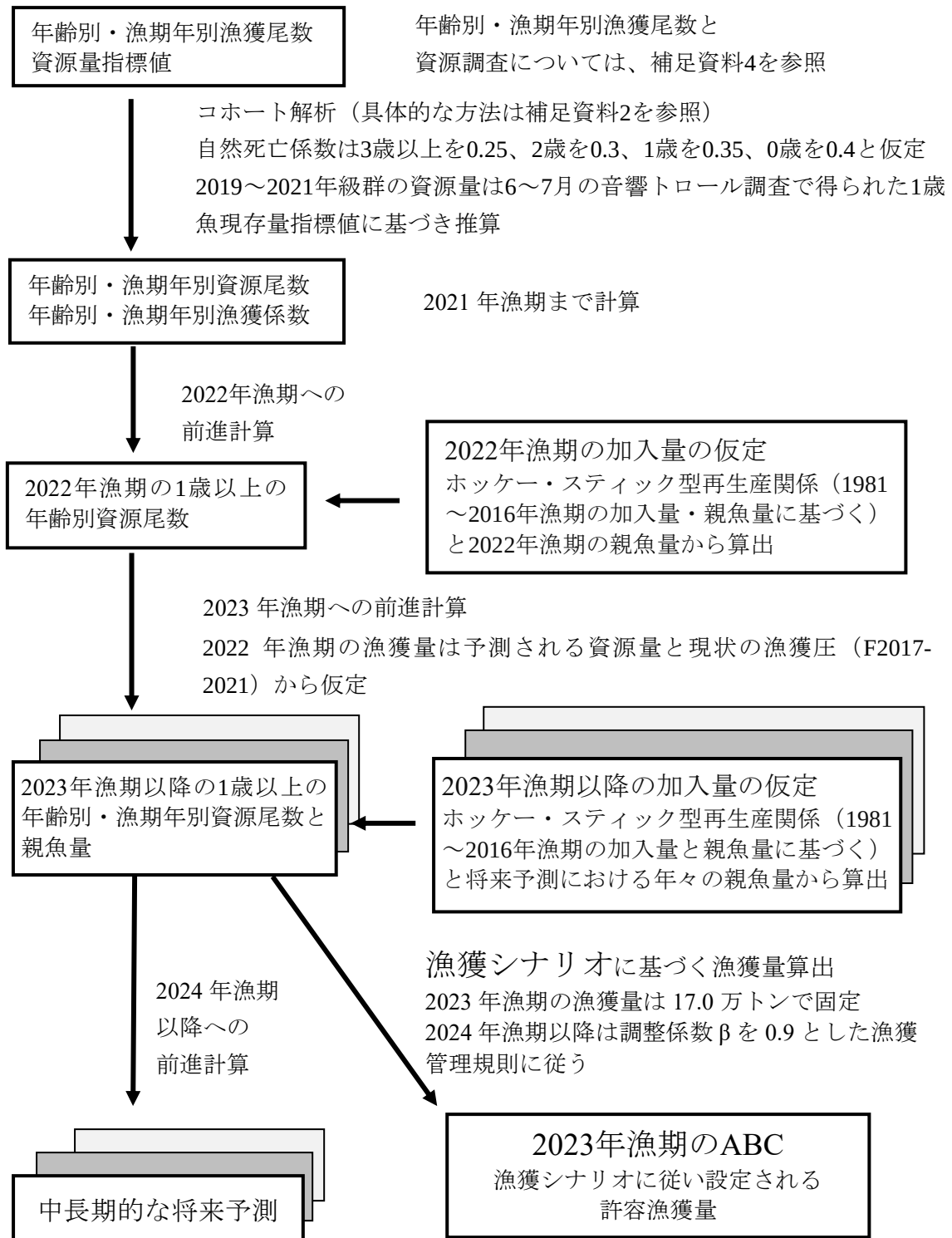
β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	457	513	425	330	254	234	232	233	234	235	235	235	234	234	233
0.9	457	513	425	330	267	252	253	255	256	258	258	258	257	258	256
0.8	457	513	425	330	280	271	276	281	283	285	286	286	286	286	285
0.7	457	513	425	330	294	293	303	310	315	318	319	320	320	321	319
0.6	457	513	425	330	308	317	333	345	353	357	360	361	361	363	361
0.5	457	513	425	330	324	343	368	386	398	406	410	413	413	416	414
0.4	457	513	425	330	340	373	409	435	453	465	473	477	479	485	482
0.3	457	513	425	330	357	405	455	493	520	540	553	561	565	576	572
0.2	457	513	425	330	376	442	509	563	604	634	656	670	680	702	698
0.1	457	513	425	330	395	482	572	647	708	755	791	817	836	886	883
0	457	513	425	330	416	528	646	750	839	913	972	1019	1055	1176	1180
F2017-2021	457	513	425	375	373	397	426	448	462	473	479	483	485	489	486

(b) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2043	2053
1	112	134	170	206	179	174	173	173	173	174	174	173	173	172	172
0.9	112	134	170	190	171	169	169	170	171	171	171	171	171	171	170
0.8	112	134	170	173	161	162	164	166	167	167	168	168	168	168	167
0.7	112	134	170	155	149	153	157	160	162	163	163	163	163	163	163
0.6	112	134	170	136	136	143	148	152	155	156	157	157	157	157	157
0.5	112	134	170	116	120	130	137	142	145	147	148	149	149	149	149
0.4	112	134	170	95	103	113	122	128	132	134	136	137	137	138	138
0.3	112	134	170	73	82	93	102	109	113	117	119	120	121	122	122
0.2	112	134	170	50	59	69	77	83	88	91	94	95	97	99	99
0.1	112	134	170	26	31	38	43	48	52	54	57	58	59	62	62
0	112	134	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2017-2021	112	134	116	104	109	117	124	129	132	134	135	136	137	137	137

2023 年漁期の漁獲量を 17.0 万トンで固定し、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 2023 年漁期も含めて現状の漁獲圧 (F2017-2021) を継続した場合の将来予測の結果を示す。2022 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2017-2021) により仮定した。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源量計算方法

(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、スケトウダラの生活史に基づき 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、2021 年漁期の親魚量とは、2020 年漁期末に産卵を行った親魚量であり、2021 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 2019～2021 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。

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

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 $\alpha=50$ 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いえる。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 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。

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

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

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

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

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

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

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については補足図 2-1 に、 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。また、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 ($\lambda=0.850$ 、 $\eta=0.950$) を解析に用いた（補足資料 6）。

(2) 直近 3 年間の加入量

2019～2021 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（2020～2022 年度）の 1 歳魚の現存尾数指標値を当てはめることで、2019～2021 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、2019～2021 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 2-2 に示す。線形外挿された 2019～2021 年級の 1 歳魚時点の資源尾数は、それぞれ 641 百万尾、922 百万尾、および 1066 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 959 百万尾、1376 百万尾、および 1590 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ケ－・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 2021 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 2022～2053 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ケ－・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。将来予測における漁獲圧は、漁獲シナリオに従い 2023 年漁期には 17 万トンの漁獲をもたらす年齢別漁獲係数 F を推算して与えた。2024 年漁期以降は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。2022 年漁期の F 値には、現状の漁獲圧（ $F_{2017-2021}$ ）を用いた。 $F_{2017-2021}$ は、上記の選択率の下で 2017～2021 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) 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. 4.1.2) (R Core Team 2022) にてパッケージ “frasyr (ver. 2.2.0.3)” を用いて実施した。

補注 1. 沖合底曳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）と鷗川・登別・臼尻・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、漁船ごとに沖底の漁績からスケトウダラの漁獲が 50%以上の操業日の操業情報を抽出する。
- 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]： $\text{positive rate} \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Age} + \text{Area} + \text{Year} \times \text{Age} + \text{error term},$

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

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-SA2022-SC05-101) を参照のこと。

なお 2) の沖底の漁績から船別にスケトウダラの漁獲が 50%以上の操業日の操業情報を抽出するデータフィルタリング手法について、Biseau (1998) の 90%説明レベル（操業を漁期年毎に漁獲量の多い順に総漁獲量の 90%に達するまで抽出する）を用いる場合についても検討した。得られた標準化 CPUE は文書（FRA-SA2022-SC05-101）に掲載したほか、これをチューニング指標値として使用した場合の資源解析結果を補足資料 7 に示した。

補注 2. 刺し網の標準化 CPUE（操業日誌）

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 2022）。

- 1) データとなる操業日誌は、2010 年度より渡島、および胆振地区のスケトウダラ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、根拠港、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）。

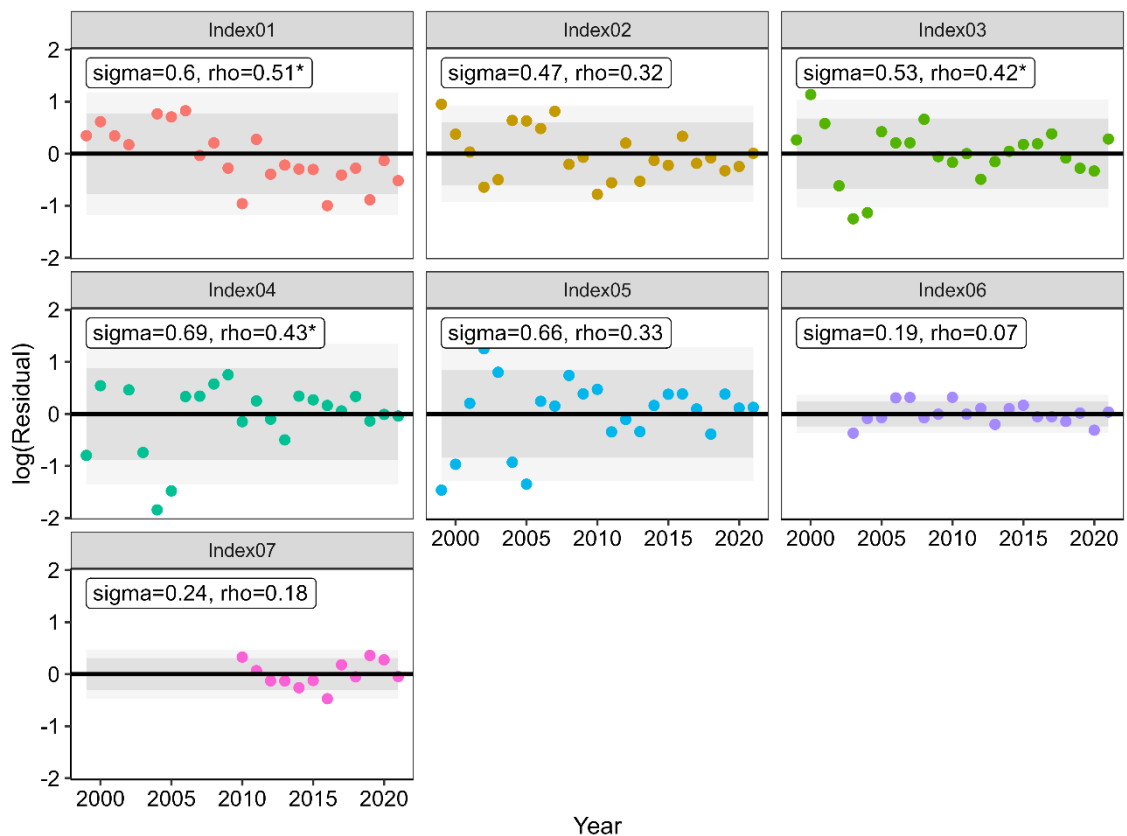
$$\log(\text{CPUE} + \text{constant}) \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{Depth} + \text{Duration} + \text{Port} + \text{Year} \times \text{Month} \\ + \text{Year} \times \text{Area} + \text{Year} \times \text{Depth} + \text{error term}$$

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）、Port は根拠港である。すべての説明変数はカテゴリーカル変数として用いた。

引用文献

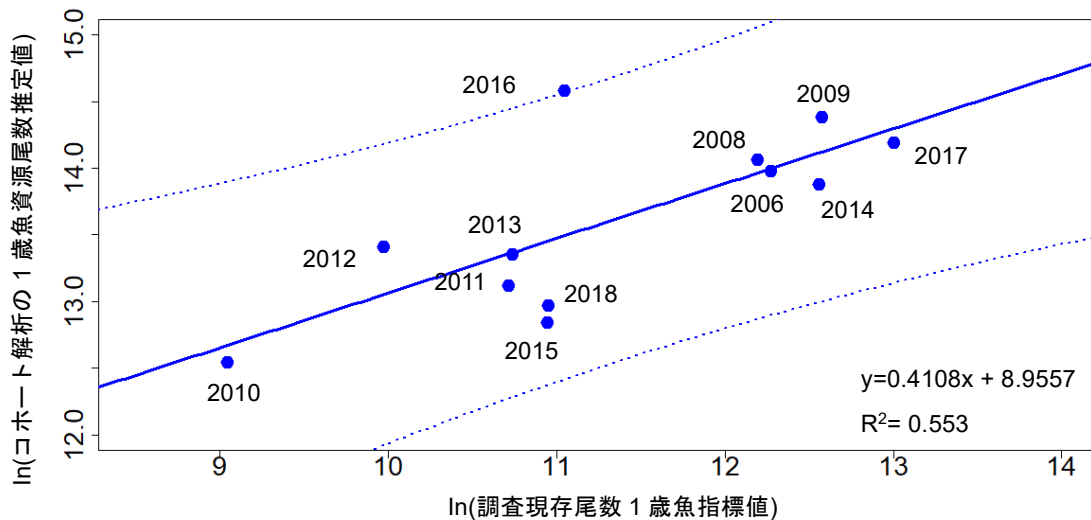
- Biseau, A (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.* **11**: 119-136.
- 函館・栽培・釧路水産試験場 (2022) スケトウダラ (太平洋海域) . 2022 年度北海道周辺海域における主要魚種の資源評価書, 北海道立総合研究機構水産研究本部. 21p., https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/shigen/02_walleyepollock_PO_2022.pdf (last accessed 6 February 2023)
- 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・佐藤隆太・伊藤正木・濱津友紀・成松庸二・岩原由佳 (2022) 令和 4 (2022) 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-SA2022-SC05-101)
- 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/digests2020/details/202012.pdf> (last accessed 5 August 2022)
- 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

Index01～05 は沖底の年齢別標準化 CPUE であり、それぞれ Index01 は 3 歳魚、Index 02 は 4 歳魚、Index 03 は 5 歳魚、Index 04 は 6 歳魚、Index 05 は 7 歳魚の CPUE である。Index06 はすけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値、Index07 は同漁業の標準化 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。 σ 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。 ρ は残差の自己相関係数である。



補足図 2-2. 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（2006～2022 年度の指標値）と、コホート解析で推定される 2018 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。プロットに添えた年号はそのプロットに対応した年級群を示す。得られた関係式から、直近 3 年級群（2019～2021 年級群）の資源量を推算した。

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
0歳	31	27	25	29	30	42	33	28	29	32	41	39	53	44	49	32	42
1歳	106	109	96	95	94	138	79	106	89	85	121	158	97	238	155	76	88
2歳	267	332	284	246	248	227	264	222	221	201	258	300	304	297	301	216	213
3歳	405	453	419	409	400	343	338	397	368	338	335	347	432	467	461	395	349
4歳	489	492	539	452	464	500	435	525	485	452	400	459	473	530	565	470	463
5歳	564	585	618	529	538	547	526	536	557	541	476	520	526	583	586	517	510
6歳	639	682	662	594	612	643	607	591	632	639	522	549	591	626	639	625	579
7歳	788	819	820	806	718	777	686	641	583	738	639	605	651	680	705	682	646
8歳（8+歳）	999	879	1,030	1,024	841	1,222	881	782	814	869	740	658	758	727	783	738	695
9歳（9+歳）											828	689	843	717	831	840	787
10歳												751	902	1,302	1,037	1,198	997
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	44	40	43	32	30	37	48	50	54	38	48	48	46	36	35	13	40
1歳	152	143	89	96	105	84	141	139	76	77	95	124	91	154	80	210	139
2歳	265	184	242	188	189	208	236	160	164	165	183	227	224	278	184	209	262
3歳	422	359	316	347	300	318	393	381	308	313	402	341	379	398	283	325	362
4歳	460	453	455	417	449	431	433	480	464	479	477	461	479	498	463	401	443
5歳	525	530	527	512	542	524	502	505	530	548	539	559	598	557	564	529	490
6歳	575	594	595	615	590	636	576	579	565	611	603	634	646	660	671	631	641
7歳	625	642	665	682	700	696	749	655	614	632	638	650	721	722	767	708	658
8歳（8+歳）	675	686	661	692	687	770	761	909	719	653	654	713	739	742	794	809	744
9歳（9+歳）	711	755	796	749	684	837	1,020	853	785	742	712	727	788	761	806	837	863
10歳	968	994	982	1,110	713	1,152	1,085	1,062	884	1,063	819	797	807	832	848	875	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	800	939	1,021	1,208	9,413	2,725	1,543	3,014	945	7,177	1,156	1,283
4歳	20,598	1,741	1,215	1,019	1,552	8,719	5,317	2,903	6,724	2,037	15,402	1,886
5歳	4,082	16,303	1,839	775	650	786	5,564	3,239	1,969	4,689	2,293	12,492
6歳	692	2,307	7,908	877	473	195	270	2,451	1,798	1,086	2,218	1,167
7歳	110	229	558	2,319	481	181	117	456	806	850	324	721

漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
3歳	2,106	1,688	188	376	535	240	888	275	1,356	1,748	256
4歳	5,561	5,230	4,063	475	1,014	2,508	1,383	3,390	642	7,262	5,630
5歳	4,060	6,117	3,819	7,109	791	1,725	2,806	1,715	3,175	755	12,305
6歳	10,105	2,096	3,687	3,749	5,190	566	954	1,673	999	2,877	705
7歳	509	3,573	876	3,656	1,999	3,024	303	340	934	680	1,986

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								66	61	52

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
漁獲量/反(kg)	1,922	2,199	1,984	1,415	1,404	1,332	1,563	1,388	2,085
標準化CPUE	50	32	27	15	29	25	37	51	41

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 年以前は 8 歳以上、1998 年は 9 歳以上、1999 年以降は 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	1.237	1.309×10^{-04}	0.602	0.712	2.329×10	0.188
4	1.316	1.987×10^{-04}	0.470			
5	1.213	1.348×10^{-03}	0.528			
6	1.096	6.143×10^{-03}	0.690	b''	q''	σ''
7	1.021	1.345×10^{-02}	0.657	1.301	1.237×10^{-02}	0.240

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)	F2017-2021 (注 3)	自然死亡 係数	平均体重 (g)	成熟率
0	0.011	0.009	0.003	0.40	44	0.0
1	0.021	0.017	0.007	0.35	107	0.0
2	0.083	0.067	0.026	0.30	218	0.0
3	0.154	0.124	0.049	0.25	360	0.0
4	0.404	0.326	0.128	0.25	475	0.2
5	0.701	0.565	0.222	0.25	563	0.8
6	1.000	0.805	0.317	0.25	642	0.9
7	0.832	0.670	0.264	0.25	698	1.0
8	0.791	0.637	0.251	0.25	726	1.0
9	0.891	0.717	0.283	0.25	756	1.0
10+	0.891	0.717	0.283	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 F 値の選択率)。

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 2017～2021 年漁期の年齢別の平均 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 2022 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
SB2021	45.7 万トン	2021 年漁期の親魚量
F2021	2021 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, 0.06, 0.13, 0.22, 0.29, 0.15, 0.20, 0.27, 0.27)	
U2021	10%	2021 年漁期の漁獲割合
%SPR (F2021)	42.3%	2021 年漁期の %SPR
%SPR (F2017-2021)	41.2%	現状 (2018～2021 年漁期) の漁獲圧に対応する %SPR*
管理基準値との比較		
SB2021/ SBmsy	2.01	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 2021 年漁期の親魚量の比
F2021/ Fmsy	0.39	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 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	

* 2021 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

2023 年漁期の ABC (万トン)	2023 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/F2017-2021)	2023 年漁期の 漁獲割合 (%)
17.0	42.5	1.56	16
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					
$\beta=0.9$	25.8	15.3-41.3	58	96	100
上記と異なる β を使用した場合等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	23.5	14.1-37.9	44	91	100
$\beta=0.8$	28.6	17.0-45.3	72	98	100
$\beta=0.7$	31.9	19.2-50.2	85	99	100
$\beta=0.6$	36.0	22.1-55.9	94	100	100
$\beta=0.5$	41.0	25.6-62.8	98	100	100
$\beta=0$	97.2	67.9-135.8	100	100	100
F2017-2021	47.9	30.7-72.0	99	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	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0.000	0.003	0.005	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
1	0.004	0.007	0.010	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
2	0.004	0.026	0.041	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
3	0.057	0.049	0.076	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
4	0.129	0.128	0.200	0.293	0.293	0.293	0.293	0.292	0.291	0.291	0.291	0.291	0.291
5	0.224	0.222	0.347	0.508	0.508	0.508	0.508	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505
6	0.293	0.317	0.495	0.725	0.725	0.725	0.725	0.721	0.720	0.720	0.720	0.720	0.721
7	0.146	0.264	0.412	0.603	0.603	0.603	0.603	0.600	0.599	0.599	0.599	0.599	0.599
8	0.205	0.251	0.392	0.573	0.573	0.573	0.573	0.570	0.569	0.570	0.570	0.570	0.570
9	0.272	0.283	0.441	0.646	0.646	0.646	0.646	0.642	0.641	0.641	0.642	0.642	0.642
10+	0.272	0.283	0.441	0.646	0.646	0.646	0.646	0.642	0.641	0.641	0.642	0.642	0.642

年齢別平均資源尾数 (100 万尾)

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	1,591	1,768	1,786	1,773	1,793	1,786	1,788	1,770	1,773	1,790	1,774	1,785	1,765
1	923	1,066	1,181	1,191	1,179	1,192	1,188	1,189	1,178	1,179	1,190	1,180	1,187
2	445	648	746	824	827	818	828	825	826	818	819	826	819
3	217	328	467	530	575	576	571	577	575	576	570	571	577
4	556	159	244	337	370	400	402	398	402	401	402	398	398
5	551	380	109	155	196	215	233	233	231	234	233	233	231
6	56	343	237	60	73	92	101	109	109	108	110	109	110
7	124	33	194	112	23	27	35	38	41	41	41	42	41
8	28	83	20	100	48	10	12	15	16	18	18	18	18
9	17	18	50	10	44	21	4	5	7	7	8	8	8
10+	47	38	33	42	21	27	19	10	6	5	5	5	5
合計	4,554	4,864	5,068	5,135	5,147	5,164	5,179	5,169	5,164	5,177	5,169	5,175	5,159

2023 年漁期の ABC は固定値 (17 万トン) とし、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、2022 年漁期以降の年齢別 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 年漁期の平均年齢別 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	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	64	78	79	78	79	79	79	78	78	79	78	79	78
1	129	114	126	127	126	127	127	127	125	126	127	126	126
2	117	141	163	180	181	179	181	180	180	179	179	181	179
3	79	118	168	191	207	207	205	208	207	207	205	205	207
4	246	76	116	160	176	190	191	189	191	191	191	189	189
5	270	214	62	87	110	121	131	131	130	132	131	132	130
6	36	220	152	39	47	59	65	70	70	70	71	70	70
7	81	23	136	79	16	19	24	27	29	29	29	29	29
8	21	60	14	73	35	7	8	11	12	13	13	13	13
9	15	14	38	8	33	16	3	4	5	5	6	6	6
10+	42	31	27	34	17	22	16	8	5	4	4	4	4
合計	1,100	1,089	1,080	1,055	1,026	1,026	1,030	1,032	1,033	1,034	1,033	1,033	1,032

年齢別平均漁獲尾数（100 万尾）＊

年齢\年	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
0	0	5	8	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
1	3	6	10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2	2	15	26	42	42	41	42	41	41	41	41	42	41
3	11	14	30	49	53	54	53	53	53	53	53	53	53
4	60	17	39	76	83	90	90	89	90	89	90	89	89
5	98	67	28	55	69	75	82	82	81	82	82	82	81
6	13	82	82	27	33	42	46	49	50	49	50	50	50
7	15	7	58	45	9	11	14	15	16	16	16	17	16
8	5	16	6	39	18	4	5	6	6	7	7	7	7
9	4	4	16	4	18	9	2	2	3	3	3	3	3
10+	10	8	10	18	9	11	8	4	3	2	2	2	2
合計	219	240	313	380	361	363	367	368	368	369	369	369	368

2023 年漁期の ABC は固定値（17 万トン）とし、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、2022 年漁期以降の年齢別 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 年漁期の平均年齢別 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、2017年級群については、データを見直した期間の中で最も高い1歳魚の現存尾数が得られている。当該年級群については2019年度調査でも高豊度の2歳魚現存尾数として捉えられており、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年程度低迷した後、2021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)

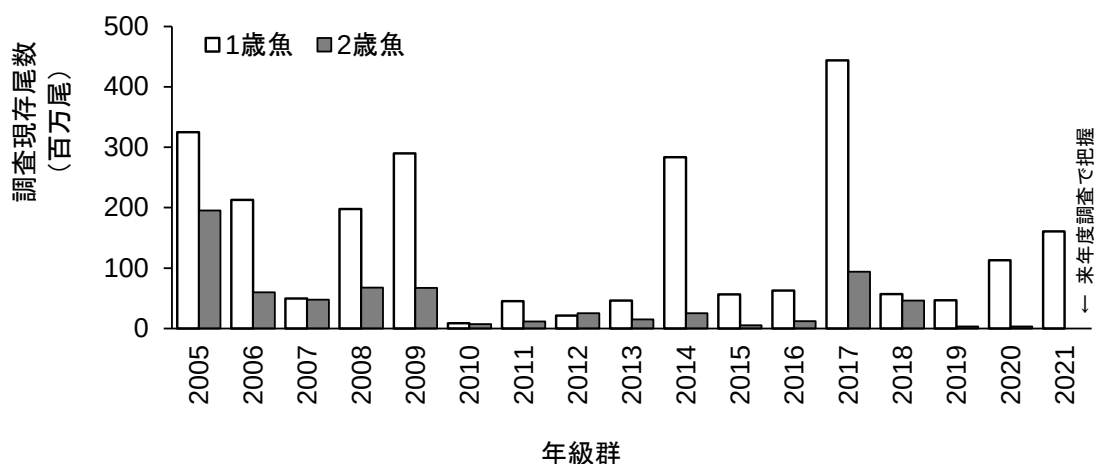
主産卵場である噴火湾周辺海域における来遊親魚量を把握するために、計量魚群探知機とトロールネットによる調査を実施している。親魚の魚探反応量は、2009～2011年漁期に高い値を示した後、2012、2013年漁期には大きく減少した。その後、2014年漁期には高い値が観察されたが、その原因として例年よりも早く親魚が産卵場へ来遊した可能性が考えられている。2015年漁期に魚探反応量が再び減少して以降は、2018年漁期に一旦低下した以外は概ね横ばい傾向で推移した(補足図4-3)。

(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）、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）

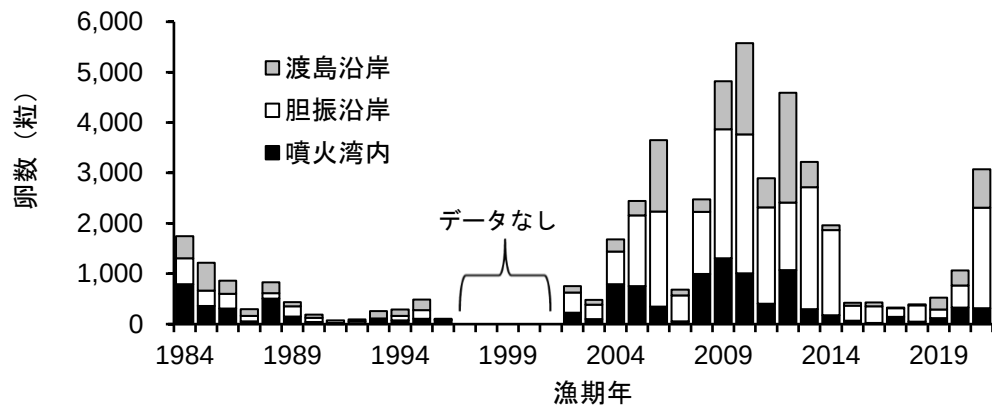
東北海域における0、1歳魚の現存量を把握するために、主に着底トロールを用いた調査を実施している。1980年代は、東北海域も本系群の重要な成育場となっていたが、1990年代以降は道東海域以東が主要な成育場となっているため、東北海域における現存量から本系群の加入量を推測するのは難しいと考えられる。1例として、10月の東北海域における0歳魚の現存量を補足図4-4に示す。卓越年級群である2005年級群および2007年級群については、0歳魚現存量は平均的な値もしくは低い値となっている。2015～2021年級群の現存量は、2019年級群以外は、平均以下の値で推移していた。特に2020・2021年級群は極めて低い値になっており、親潮第1分枝の南下傾向の弱化など海洋環境変化の影響が考えられる。

(5) 千島列島南西海域でのロシアのTAC

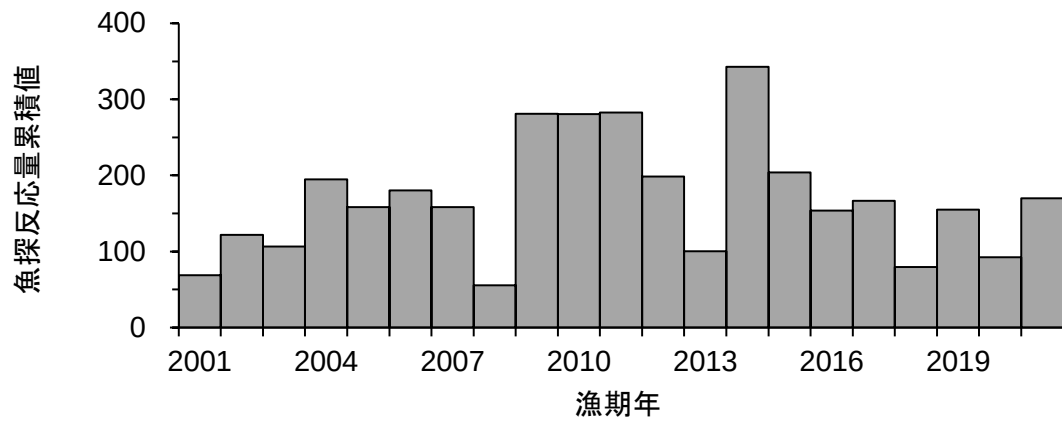
千島列島南西海域ではロシアの大型トロール船が操業しているが、漁獲量や漁獲物の特性などの詳細な情報は得られていない。補足図4-5にこれらの海域を含む海区に設定されたロシアのTACを示す（ロシアでの海区名：南クリル）。この海区のTACは2009年以降急増し、2011年以降は8.9万～13.5万トンである。このTACが当該海域の資源量を反映したものと仮定すると、その資源状況は2022年も良好な状況にあると考えられる。



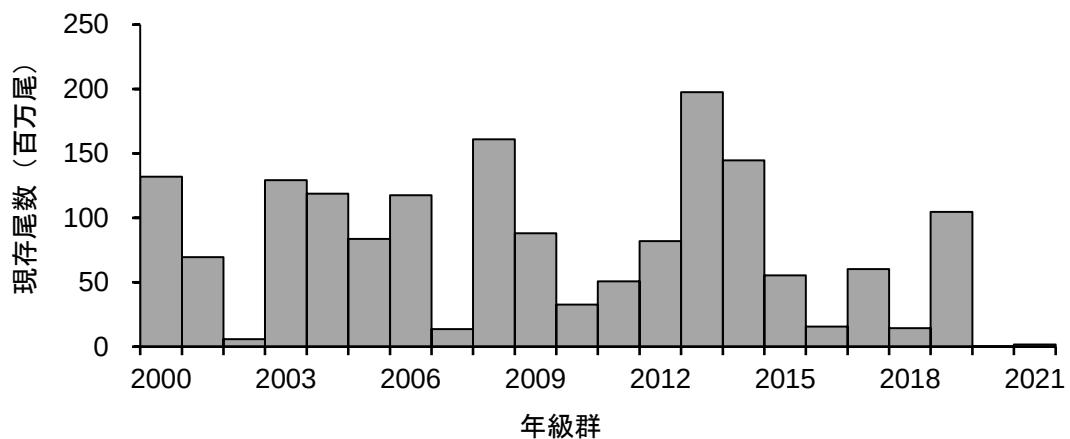
補足図 4-1. スケトウダラ音響トロール調査（6～7月）で推定された北海道太平洋岸における1、2歳魚の現存尾数



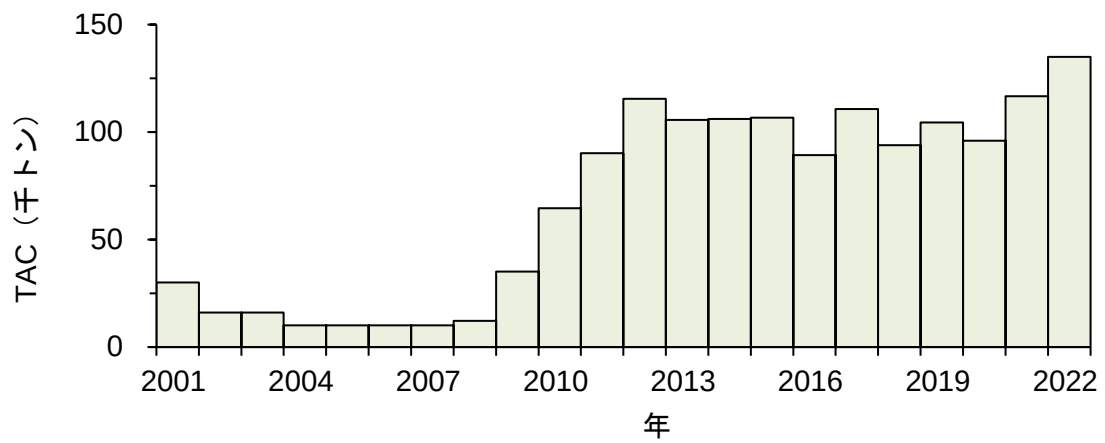
補足図 4-2. スケトウダラ卵・仔魚分布調査 (12月～翌年3月) における噴火湾周辺海域での卵の採集数



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. マダラ・スケトウダラ新規加入量調査における東北海道での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	0.020	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

%SPR	6.95	10.07	11.5	12	9.87	13.33	8.76	7.85	9.69	12.04	11.99	16.48	15.88	15.13
------	------	-------	------	----	------	-------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

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	4,578,178	2,864,137	2,043,096	1,888,943	1,685,414	2,374,249	2,477,575	2,708,201	2,691,020	1,882,832	3,048,396	1,593,252	1,811,024	3,125,015
1歳	2,216,568	2,582,086	1,619,882	1,344,873	1,262,097	985,077	1,171,245	1,236,469	1,441,109	1,503,612	1,119,504	1,988,668	1,052,081	1,190,509
2歳	924,684	1,274,958	1,283,027	1,100,371	927,019	751,664	673,965	668,551	765,864	919,049	907,201	699,486	1,321,461	709,626
3歳	796,741	653,174	852,730	744,947	751,937	558,821	522,010	473,583	450,258	527,071	547,057	491,287	461,858	760,713
4歳	336,899	531,186	491,241	581,806	473,914	471,743	382,444	332,920	297,692	289,182	372,344	355,108	302,305	322,055
5歳	191,508	142,411	266,856	264,886	287,151	277,582	268,356	202,250	146,852	133,195	187,895	238,645	205,224	193,333
6歳	67,814	39,184	62,463	92,169	90,869	112,656	126,075	103,471	69,290	46,384	47,606	86,743	105,111	103,693
7歳	33,831	11,663	13,438	16,640	21,573	27,075	42,280	39,297	28,757	20,319	14,237	13,331	33,161	39,297
8+歳	2,323	3,032	4,994	4,015	5,309	8,306	13,775	16,360	16,126	16,573	6,777	8,567	10,693	19,205

合計	9,148,546	8,101,831	6,637,727	6,038,648	5,505,284	5,567,171	5,677,724	5,781,101	5,906,967	5,338,217	6,251,016	5,475,086	5,302,920	6,463,447
----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

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	51,592	72,678	75,841	82,901	72,515	47,479	88,625	47,539	76,029	103,241
1歳	235,692	274,558	172,245	143,003	134,201	104,745	124,541	131,476	157,178	143,957	106,194	187,503	144,880	93,671
2歳	247,207	340,851	343,008	294,176	247,832	200,952	180,180	178,732	254,358	260,768	222,987	173,185	300,595	187,369
3歳	322,425	264,326	345,082	301,465	304,293	226,143	211,247	191,649	204,135	220,663	223,574	196,369	158,406	257,274
4歳	164,912	260,015	240,462	284,793	231,981	230,918	187,206	162,964	146,396	155,977	168,431	164,614	151,287	139,948
5歳	107,918	80,251	150,378	149,267	161,814	156,422	151,223	113,971	85,979	82,348	99,475	128,314	112,206	101,695
6歳	43,307	25,023	39,889	58,860	58,030	71,943	80,513	66,078	47,259	30,704	28,265	53,130	67,571	62,948
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,336	33,319	30,968	23,563	16,658	11,475	9,578	25,753	26,947
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,297	13,760	16,343	14,170	17,067	6,940	7,203	13,063	16,929

合計	1,290,585	1,344,919	1,369,185	1,306,511	1,212,048	1,093,435	1,057,829	975,083	1,005,552	975,621	955,965	967,435	1,049,788	990,022
----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	---------	-----------	---------	---------	---------	-----------	---------

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	31,195	33,686	32,923	30,257	27,990
5歳	86,334	64,201	120,302	119,414	129,451	125,138	120,978	91,177	68,784	65,879	79,580	102,651	89,765	81,356
6歳	38,976	22,521	35,900	52,974	52,227	64,749	72,462	59,470	42,533	27,634	25,438	47,817	60,814	56,653
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,336	33,319	30,968	23,563	16,658	11,475	9,578	25,753	26,947
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,297	13,760	16,343	14,170	17,067	6,940	7,203	13,063	16,929

合計	187,274	150,944	219,874	246,471	250,379	265,703	277,960	230,551	178,328	158,433	157,119	200,172	219,651	209,875
----	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

補足資料 5 資源解析結果の詳細（続き）（1995～2008 年漁期）

年齢別漁獲尾数 （千尾）														
漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	70,418	7,993	6,569	61,599	5,958	27,594	6,056	5,744	114,337	2,780	42,282	28,337	6,045	23,733
1歳	76,250	115,758	20,345	29,459	34,815	12,005	16,029	25,435	2,874	10,256	11,400	38,510	10,602	4,092
2歳	100,255	170,534	399,891	36,850	41,164	37,096	24,826	98,938	14,412	26,745	36,457	15,736	86,920	7,312
3歳	48,542	30,280	157,997	282,344	24,353	36,070	20,019	22,838	163,587	81,749	31,267	69,567	25,017	118,764
4歳	134,986	48,312	57,979	172,858	264,805	53,201	21,992	14,399	52,560	160,240	78,735	46,107	88,392	43,795
5歳	62,083	58,855	33,454	69,918	106,187	181,795	37,473	15,359	34,983	60,826	92,555	57,224	56,202	81,685
6歳	39,503	20,748	20,780	31,671	45,545	49,360	75,129	16,893	19,479	42,433	43,241	52,472	48,918	38,650
7歳	21,240	13,680	11,173	36,853	25,119	24,351	23,950	33,630	11,363	16,781	21,206	25,145	26,290	24,471
8歳（8+歳）	14,132	14,146	11,787	11,873	7,222	6,798	11,916	9,457	13,908	3,648	9,222	10,382	6,937	12,951
9歳（9+歳）				4,791	5,238	4,126	3,756	4,608	1,687	2,573	1,551	3,021	1,658	1,185
10+歳					3,921	6,314	1,106	1,592	882	1,057	1,636	789	1,078	1,035
合計	567,408	480,307	719,974	738,215	564,328	438,710	242,252	248,893	430,072	409,089	369,553	347,291	358,060	357,671

年齢別漁獲重量 （トン）															
漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
0歳	1,957	236	213	2,556	230	1,454	264	279	3,714	117	1,841	1,136	262	763	
1歳	8,073	10,340	1,721	3,576	5,494	1,168	3,823	3,949	219	899	1,732	5,504	944	394	
2歳	22,208	37,734	80,519	9,503	12,343	11,274	7,374	29,801	3,117	5,709	9,661	2,891	21,023	1,372	
3歳	19,284	11,136	53,408	94,524	8,443	15,567	9,346	10,520	64,595	28,494	13,191	24,988	7,911	41,159	
4歳	70,884	23,431	26,201	69,156	121,511	25,146	11,656	8,137	24,727	74,163	36,200	20,905	40,250	18,279	
5歳	33,299	32,806	18,087	33,307	55,167	95,628	21,829	9,002	18,090	31,019	48,630	30,343	29,608	41,833	
6歳	23,336	13,112	13,288	16,533	25,023	29,162	47,063	10,800	12,171	24,576	24,846	31,157	29,104	23,764	
7歳	13,624	7,970	8,241	23,554	15,209	15,848	16,282	23,694	7,748	10,843	13,255	16,140	17,486	16,690	
8歳（8+歳）	11,050	11,519	10,240	8,786	4,751	5,150	8,658	7,408	10,258	2,536	6,225	7,119	4,583	8,964	
9歳（9+歳）				3,965	3,611	3,476	2,693	3,827	1,418	2,025	1,103	2,279	1,320	887	
10+歳					2,944	5,695	1,440	1,651	1,057	1,054	1,584	784	1,059	1,148	
合計	203,714	148,283	211,919	265,460	254,725	209,568	130,426	109,069	147,114	181,435	158,268	143,246	153,549	155,254	

年齢別漁獲係数														
漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	0.016	0.011	0.009	0.066	0.005	0.012	0.004	0.006	0.078	0.003	0.009	0.020	0.002	0.015
1歳	0.045	0.040	0.040	0.060	0.058	0.016	0.010	0.028	0.005	0.011	0.016	0.013	0.011	0.002
2歳	0.156	0.155	0.219	0.108	0.127	0.092	0.048	0.091	0.022	0.063	0.054	0.031	0.041	0.010
3歳	0.149	0.069	0.229	0.258	0.105	0.170	0.071	0.061	0.233	0.183	0.106	0.151	0.069	0.078
4歳	0.470	0.229	0.194	0.448	0.437	0.372	0.156	0.070	0.207	0.402	0.286	0.238	0.309	0.176
5歳	0.484	0.409	0.260	0.403	0.590	0.660	0.523	0.164	0.256	0.418	0.456	0.370	0.545	0.562
6歳	0.652	0.311	0.260	0.448	0.536	0.654	0.685	0.506	0.344	0.607	0.641	0.547	0.677	1.022
7歳	0.586	0.525	0.290	1.132	0.858	0.667	0.856	0.833	0.842	0.606	0.767	1.113	0.631	0.971
8歳（8+歳）	0.586	0.525	0.472	0.616	0.753	0.640	0.906	1.159	1.173	0.787	0.885	1.293	1.287	0.812
9歳（9+歳）				0.378	0.658	1.735	1.009	1.319	0.695	0.756	1.059	0.913	0.781	0.854
10+歳					0.658	1.735	1.009	1.319	0.695	0.756	1.059	0.913	0.781	0.854
%SPR	16.29	24.77	23.39	13.83	17.07	16.09	21.49	29.41	20.21	17.59	20.44	21.1	20.3	20.2

年齢別資源尾数 （千尾）														
漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	5,299,788	928,199	910,566	1,179,095	1,332,984	2,849,981	1,667,755	1,084,775	1,854,458	1,273,765	5,486,382	1,789,762	3,285,430	1,949,319
1歳	2,049,262	3,494,901	615,647	604,993	739,939	888,648	1,887,808	1,112,971	722,443	1,149,469	851,554	3,643,014	1,176,513	2,197,341
2歳	808,450	1,380,082	2,365,641	416,760	401,601	492,200	616,142	1,316,860	762,946	506,685	801,408	590,510	2,534,861	820,175
3歳	398,057	512,624	875,609	1,408,321	277,026	262,084	332,702	435,081	890,398	552,799	352,342	562,318	423,916	1,803,059
4歳	407,880	267,169	372,510	542,494	847,634	194,257	172,279	241,442	318,687	549,078	358,378	246,811	376,541	308,069
5歳	183,368	198,532	165,436	238,945	269,948	426,448	104,338	114,763	175,329	201,810	286,210	209,621	151,527	215,245
6歳	93,462	88,020	102,677	99,319	124,388	116,526	171,685	48,189	75,823	105,673	103,491	141,222	112,753	68,411
7歳	54,306	37,927	50,239	61,626	49,399	56,680	47,191	67,407	22,621	41,861	44,851	42,439	63,677	44,642
8歳（8+歳）	36,132	39,219	35,524	29,266	15,472	16,304	22,653	15,616	22,818	7,590	17,792	16,216	10,861	26,391
9歳（9+歳）				17,264	12,315	5,676	6,698	7,126	3,817	5,497	2,691	5,718	3,467	2,336
10+歳					9,218	8,687	1,972	2,462	1,996	2,259	2,838	1,493	2,254	2,041
合計	9,330,706	6,946,672	5,493,851	4,598,084	4,079,925	5,317,492	5,031,223	4,446,694	4,851,336	4,396,487	8,307,936	7,249,124	8,141,800	7,437,028

年齢別資源重量 （トン）															
漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
0歳	147,262	27,357	29,502	48,923	51,376	150,201	72,694	52,770	60,244	53,511	238,866	71,740	142,309	62,652	
1歳	216,972	312,184	52,090	73,446	116,764	86,460	450,232	172,818	54,993	100,718	129,385	520,632	104,773	211,532	
2歳	179,083	305,366	476,326	107,473	120,422	149,588	182,997	396,650	164,992	108,166	212,364	108,478	613,094	153,929	
3歳	158,131	188,522	295,986	471,485	96,045	113,107	155,325	200,416	351,591	192,681	148,650	201,980	134,047	624,871	
4歳	214,184	129,574	168,342	217,037	388,954	91,817	91,308	136,435	149,926	254,126	164,769	111,905	171,461	128,582	
5歳	98,352	110,661	89,443	113,826	140,245	224,322	60,778	67,262	90,662	102,915	150,382	111,151	79,826	110,232	
6歳	55,212	55,623	65,659	51,846	68,341	68,845	107,548	30,808	47,376	61,203	59,466	83,855	67,083	42,063	
7歳	34,834	22,095	37,054	39,387	29,909	36,887	32,081	47,492	15,424	27,048	28,035	27,241	42,354	30,448	
8歳（8+歳）	28,252	31,936	30,863	21,658	10,177	12,352	16,460	12,234	16,831	5,275	12,009	11,120	7,175	18,266	
9歳（9+歳）				14,289	8,489	4,782	4,803	5,919	3,207	4,326	1,913	4,315	2,759	1,750	
10+歳					6,921	7,835	2,569	2,553	2,391	2,253	2,747	1,484	2,214	2,265	
合計	1,132,283	1,183,319	1,245,265	1,159,370	1,037,644	946,195	1,176,794	1,125,356	957,637	912,223	1,148,586	1,253,901	1,367,095	1,386,590	

年齢別親魚重量 （トン）														
漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
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	42,837	25,915	33,668	43,407	77,791	18,363	18,262	27,287	29,985	50,825	32,954	22,381	34,292	25,716
5歳	78,682	88,529	71,555	91,061	112,196	179,458	48,623	53,810	72,529	82,332	120,305	88,921	63,861	88,185
6歳	49,691	50,060	59,093	46,661	61,507	61,960	96,793	27,727	42,639	55,082	53,519	75,469	60,374	37,856
7歳	34,834	22,095	37,054	39,387	29,909	36,887	32,081	47,492	15,424	27,048	28,035	27,241	42,354	30,448
8歳（8+歳）	28,252	31,936	30,863	21,658	10,177	12,352	16,460	12,234	16,831	5,275	12,009	11,120	7,175	18,266
9歳（9+歳）				14,289	8,489	4,782	4,803	5,919	3,207	4,326	1,913	4,315	2,759	1,750
10+歳					6,921	7,835	2,569	2,553	2,391	2,253	2,747	1,484	2,214	2,265
合計	234,295	218,536	232,232	256,464	306,990	321,637	219,589	177,021	183,007	227,143	251,483	230,931	213,029	204,487

補足資料 5 資源解析結果の詳細（続き）（2009～2021 年漁期）

年齢別漁獲尾数 （千尾）													
漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	106,104	35,453	39,169	30,360	5,983	11,325	3,979	6,177	7,012	158	2,276	102	405
1歳	28,654	24,789	1,810	10,115	1,198	6,114	4,664	5,988	5,897	4,265	2,400	8,188	3,098
2歳	19,908	26,866	18,367	12,865	5,172	19,759	28,019	10,295	6,242	5,972	19,756	7,674	1,613
3歳	26,208	34,131	37,725	28,163	9,471	16,239	18,946	10,099	28,682	8,107	45,926	26,403	10,689
4歳	192,822	55,943	93,150	58,028	97,712	13,366	19,752	37,272	29,555	34,307	18,184	108,256	59,524
5歳	61,453	197,168	78,636	91,388	61,399	90,110	12,066	29,090	34,999	30,031	40,519	18,098	97,610
6歳	43,000	28,608	98,311	38,778	61,438	43,699	55,641	8,916	18,703	23,399	26,960	20,659	12,578
7歳	6,367	9,816	10,681	52,755	17,421	51,820	23,217	29,736	5,308	6,907	10,951	8,615	14,824
8歳	3,763	1,305	4,085	5,628	35,931	13,845	35,626	11,006	18,461	1,752	2,945	5,724	4,612
9歳	2,899	1,310	1,421	2,766	1,964	21,618	6,997	18,942	6,237	8,632	1,440	2,214	3,665
10+歳	461	995	1,741	1,830	1,054	4,497	17,138	16,171	12,679	11,195	14,518	7,978	9,936
合計	491,637	416,385	385,095	332,676	298,744	292,393	226,046	183,690	173,776	134,724	185,874	213,911	218,552

年齢別漁獲重量 （トン）													
漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	3,177	1,326	1,891	1,507	323	436	191	298	326	6	79	1	16
1歳	3,015	2,076	255	1,406	91	472	444	743	535	656	192	1,717	432
2歳	3,773	5,596	4,335	2,065	848	3,257	5,134	2,333	1,397	1,658	3,630	1,607	423
3歳	7,868	10,838	14,822	10,738	2,913	5,075	7,621	3,445	10,865	3,223	13,010	8,577	3,871
4歳	86,654	24,122	40,307	27,850	45,373	6,398	9,425	17,174	14,158	17,080	8,414	43,379	26,376
5歳	33,285	103,238	39,513	46,188	32,560	49,387	6,501	16,260	20,940	16,719	22,865	9,566	47,876
6歳	25,376	18,201	56,668	22,435	34,700	26,703	33,536	5,656	12,088	15,438	18,080	13,031	8,058
7歳	4,456	6,830	7,999	34,565	10,691	32,749	14,820	19,314	3,827	4,985	8,400	6,096	9,759
8歳	2,584	1,005	3,110	5,114	25,851	9,038	23,312	7,851	13,637	1,300	2,337	4,633	3,431
9歳	1,982	1,096	1,449	2,361	1,542	16,042	4,982	13,779	4,913	6,567	1,160	1,852	3,162
10+歳	329	1,147	1,888	1,944	932	4,780	14,038	12,896	10,233	9,319	12,310	6,977	8,843
合計	172,499	175,474	172,239	156,172	155,823	154,337	120,003	99,748	92,919	76,949	90,477	97,436	112,248

年齢別漁獲係数													
漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.048	0.099	0.062	0.036	0.008	0.009	0.009	0.002	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000
1歳	0.027	0.017	0.008	0.024	0.002	0.012	0.005	0.019	0.003	0.003	0.007	0.015	0.004
2歳	0.015	0.036	0.018	0.079	0.018	0.050	0.077	0.016	0.028	0.005	0.023	0.030	0.004
3歳	0.051	0.035	0.070	0.036	0.083	0.077	0.067	0.039	0.062	0.050	0.048	0.041	0.057
4歳	0.184	0.154	0.133	0.155	0.181	0.172	0.133	0.192	0.161	0.103	0.160	0.160	0.129
5歳	0.425	0.308	0.356	0.197	0.258	0.268	0.245	0.313	0.295	0.259	0.179	0.250	0.224
6歳	0.713	0.380	0.263	0.316	0.209	0.314	0.279	0.305	0.361	0.349	0.417	0.137	0.293
7歳	0.472	0.364	0.251	0.232	0.241	0.289	0.290	0.318	0.231	0.289	0.238	0.146	0.146
8歳	0.391	0.173	0.267	0.214	0.260	0.326	0.351	0.229	0.256	0.173	0.153	0.254	0.205
9歳	0.446	0.241	0.306	0.310	0.113	0.260	0.288	0.339	0.207	0.192	0.222	0.174	0.272
10+歳	0.446	0.241	0.306	0.310	0.113	0.260	0.288	0.339	0.207	0.192	0.222	0.174	0.272
%SPR	27.86	30.01	31.93	34.17	40.32	33.08	37	37.25	37.79	43.77	40.44	42.81	42.32

年齢別資源尾数 （千尾）													
漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	2,765,464	461,330	791,921	1,035,898	945,223	1,601,972	569,244	3,225,769	2,189,204	642,896	959,516	1,376,467	1,590,755
1歳	1,287,237	1,766,875	280,212	498,772	669,527	628,704	1,064,561	378,318	2,157,240	1,461,727	430,816	641,319	922,590
2歳	1,545,005	883,046	1,224,286	195,943	342,988	470,802	437,908	746,269	261,570	1,515,232	1,026,481	301,576	445,056
3歳	601,307	1,127,433	631,053	891,165	134,085	249,639	331,772	300,294	543,988	188,403	1,117,371	743,431	216,808
4歳	1,299,415	445,170	847,925	458,172	669,186	96,067	180,088	241,664	224,957	398,347	139,574	829,679	555,685
5歳	201,275	841,821	297,330	578,160	305,615	434,932	63,021	122,821	155,316	149,115	279,957	92,653	550,620
6歳	95,546	102,522	481,611	162,165	369,621	183,830	259,204	38,433	69,981	90,074	89,628	182,273	56,187
7歳	19,170	36,464	54,597	288,319	92,073	233,642	104,603	152,765	22,063	37,996	49,500	46,010	123,723
8歳	13,172	9,311	19,735	33,095	177,987	56,332	136,230	60,975	92,732	12,498	23,496	28,887	28,230
9歳	9,124	6,938	6,100	11,765	20,807	106,907	31,653	74,656	37,775	55,927	8,188	15,700	17,446
10+歳	1,450	5,271	7,473	7,781	11,167	22,238	77,532	63,735	76,793	72,532	82,547	56,582	47,299
合計	7,838,165	5,686,180	4,642,244	4,161,235	3,738,280	4,085,066	3,255,816	5,405,699	5,831,619	4,624,745	4,207,074	4,314,578	4,554,398

年齢別資源重量 （トン）													
漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	82,809	17,254	38,230	51,412	51,035	61,603	27,324	155,494	101,674	23,326	33,250	17,954	63,908
1歳	135,443	147,986	39,550	69,328	50,618	48,536	101,301	46,947	195,851	224,810	34,489	134,443	128,522
2歳	292,778	183,919	288,986	31,446	56,214	77,606	80,233	169,080	58,540	420,748	188,627	63,136	116,773
3歳	180,529	357,999	247,933	339,798	41,243	78,023	133,452	102,436	206,060	74,892	316,529	241,518	78,518
4歳	583,954	191,951	366,905	219,895	310,738	45,982	85,927	111,357	107,766	198,318	64,584	332,462	246,231
5歳	109,019	440,781	149,405	292,205	162,070	238,376	33,955	68,653	92,926	83,014	157,983	48,971	270,070
6歳	56,386	65,225	277,609	93,820	208,758	112,334	156,225	24,379	45,228	59,427	60,105	114,969	35,995
7歳	13,416	25,370	40,889	188,906	56,503	147,656	66,769	99,222	15,908	27,423	37,969	32,558	81,454
8歳	9,047	7,172	15,027	30,071	128,056	36,771	89,143	43,497	68,497	9,278	18,646	23,379	21,004
9歳	6,239	5,805	6,223	10,040	16,333	79,330	22,540	54,307	29,757	42,546	6,597	13,137	15,054
10+歳	1,034	6,074	8,108	8,267	9,869	23,640	63,509	50,827	61,975	60,379	69,994	49,482	42,096
合計	1,470,655	1,449,538	1,478,863	1,335,188	1,091,438	949,858	860,379	926,201	984,182	1,224,161	988,774	1,072,011	1,099,625

年齢別親魚重量 （トン）													
漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	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
2歳	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
4歳	116,791	38,390	73,381	43,979	62,148	9,196	17,185	22,271	21,553	39,664	12,917	66,492	49,246
5歳	87,216	352,625	119,524	233,764	129,656	190,701	27,164	54,923	74,341	66,411	126,386	39,177	216,056
6歳	50,748	58,703	249,848	84,438	187,882	101,100	140,603	21,941	40,705	53,484	54,094	103,472	32,396
7歳	13,416	25,370	40,889	188,906	56,503	147,656	66,769	99,222	15,908	27,423	37,969	32,558	81,454
8歳	9,047	7,172	15,027	30,071	128,056	36,771	89,143	43,497	68,497	9,278	18,646	23,379	21,004
9歳	6,239	5,805	6,223	10,040	16,333	79,330	22,540	54,307	29,757	42,546	6,597	13,137	15,054
10+歳	1,034	6,074	8,108	8,267	9,869	23,640	63,509	50,827	61,975	60,379	69,994	49,482	42,096
合計	284,491	494,139	512,999	599,465	590,448	588,396	426,913	346,989	312,736	299,185	326,604	327,698	457,306

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 50 を用いた。

$$-(1 - \lambda)\ln L + \lambda \sum_{a=3}^9 F_{a,2019}^2 \quad (1)$$

$$-(1 - \lambda)\ln L + \alpha \lambda \left[(1 - \eta) \sum_{a=4}^9 F_{a,2019}^2 + \eta F_{3,2019}^2 \right] \quad (2)$$

※ 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。

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

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

※ 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。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、推定のばらつきの度合いを表現するには十分ではない。

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

※ 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

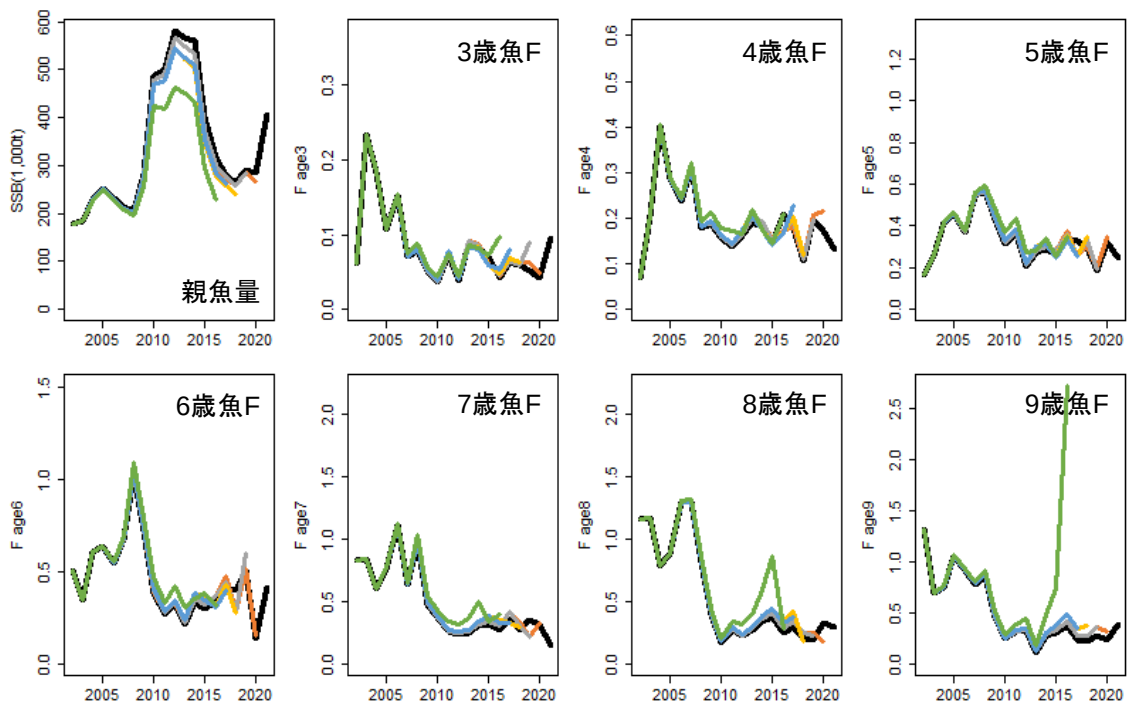
ペナルティの λ ($0 \leq \lambda < 1$) および η ($0 \leq \eta \leq 1$) の組み合わせは、まずそれぞれ 0 から 1

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 0.850、 η が 0.950 の場合に親魚量および年齢別 F 値の RMSPE の平均が最小 (0.08572) 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 0.190 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抑えられた (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 0.850、 η が 0.950) の、最小から 2 番目 (λ が 0.855、 η が 0.950)、および 3 番目 (λ が 0.845、 η が 0.945) の場合との差は、幾つかの年齢別 F 値でのわずかなばらつきの差に過ぎず、それぞれの最終年 (2021 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明確に推定値のばらつきが小さくなっており、リッジペナルティ手法の導入は安定した推定に大きく寄与しているものと考えられた。

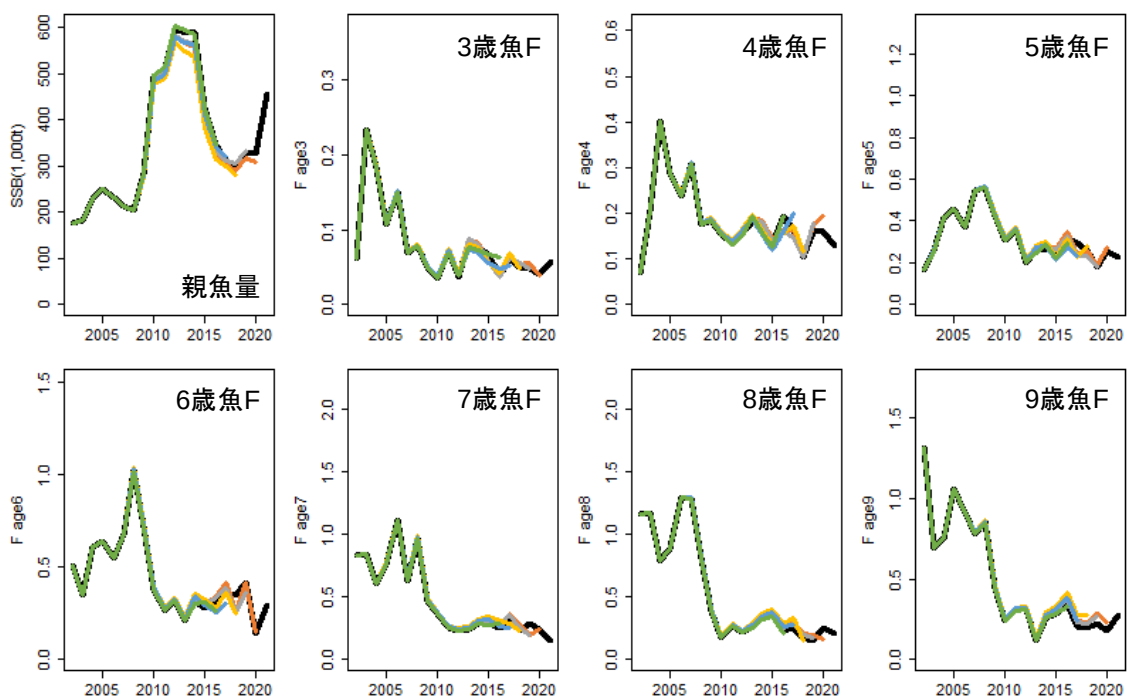
本系群ではリッジペナルティを 3 歳の F 値魚とそれ以外の年齢 (4～9 歳魚) の F 値とで、パラメータ η を用いてペナルティの重みを変えている。もし η を使用せず、全ての年齢の F 値に与えるペナルティの重みを同じにした場合 (λ だけを用いる場合)、RMSPE の平均が最小となるのは λ が 0.2 の場合であった。ただし、この場合、RMSPE は 3 歳魚の F 値で他の年齢と比べて明確に大きくなった (補足表 6-4)。3 歳魚の F 値のレトロスペクティブパターンは、リッジペナルティを与えない場合と同様に一貫した過大推定の傾向が見られることから (補足図 6-3)、本系群での 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

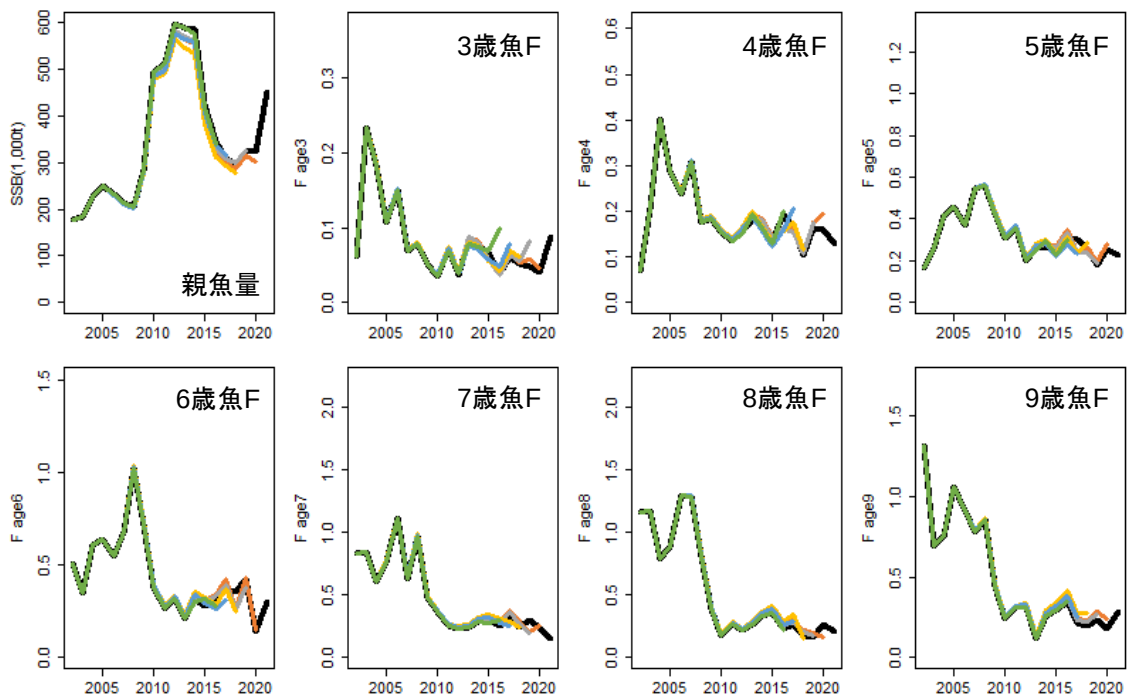
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities 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
親魚量では過小推定、F 値は 3 歳魚、4 歳魚、9 歳魚では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 0.850、 η を 0.950 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 0.20 とし、 η を使用しない場合の結果を示す。

補足表 6-1. ペナルティ λ 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	0.190	0.118	0.108	0.102	0.098	0.099	0.102	0.105	0.110	0.116	0.125	0.136	0.151	0.172	0.209	2.112	4.848	8.784	/	
	0.05	0.190	0.118	0.108	0.102	0.098	0.099	0.101	0.104	0.108	0.114	0.122	0.132	0.144	0.162	0.190	0.247	4.371	8.363	/	
	0.1	0.190	0.119	0.109	0.103	0.099	0.098	0.100	0.103	0.106	0.111	0.119	0.127	0.139	0.155	0.178	0.223	4.248	8.164	/	
	0.15	0.190	0.120	0.110	0.103	0.099	0.098	0.099	0.102	0.105	0.109	0.116	0.124	0.134	0.148	0.168	0.206	4.086	1.59E+08	/	
	0.2	0.190	0.120	0.110	0.104	0.100	0.098	0.099	0.101	0.103	0.107	0.113	0.120	0.129	0.142	0.160	0.191	1.929	5.473	/	
	0.25	0.190	0.121	0.111	0.105	0.100	0.097	0.098	0.100	0.102	0.105	0.110	0.117	0.125	0.136	0.152	0.179	0.250	5.208	/	
	0.3	0.190	0.122	0.112	0.106	0.101	0.098	0.097	0.099	0.101	0.103	0.107	0.113	0.121	0.131	0.145	0.168	0.221	4.929	/	
	0.35	0.190	0.123	0.113	0.107	0.102	0.098	0.097	0.098	0.099	0.102	0.105	0.110	0.117	0.126	0.139	0.159	0.200	4.647	/	
	0.4	0.190	0.124	0.114	0.108	0.103	0.099	0.097	0.097	0.098	0.100	0.103	0.107	0.113	0.121	0.132	0.150	0.183	4.339	/	
	0.45	0.190	0.125	0.115	0.109	0.104	0.100	0.097	0.096	0.097	0.099	0.101	0.104	0.109	0.116	0.126	0.141	0.169	2.013	/	
	0.5	0.190	0.126	0.116	0.110	0.105	0.101	0.098	0.096	0.096	0.097	0.099	0.102	0.105	0.112	0.121	0.134	0.157	0.223	/	
0.55	0.190	0.127	0.118	0.111	0.106	0.102	0.099	0.096	0.095	0.096	0.097	0.099	0.102	0.107	0.115	0.126	0.145	0.192	5.308	/	
0.6	0.190	0.128	0.119	0.113	0.108	0.104	0.100	0.097	0.095	0.095	0.095	0.096	0.097	0.099	0.103	0.110	0.119	0.135	0.170	4.785	/
0.65	0.190	0.130	0.121	0.115	0.110	0.105	0.102	0.098	0.095	0.095	0.094	0.094	0.095	0.097	0.099	0.104	0.112	0.126	0.152	4.251	/
0.7	0.190	0.132	0.123	0.117	0.112	0.107	0.104	0.100	0.097	0.094	0.094	0.093	0.094	0.095	0.096	0.099	0.106	0.117	0.137	0.210	/
0.75	0.190	0.134	0.125	0.119	0.114	0.110	0.106	0.102	0.099	0.096	0.096	0.093	0.092	0.094	0.095	0.099	0.108	0.124	0.168	8.991	/
0.8	0.190	0.136	0.127	0.122	0.117	0.113	0.109	0.105	0.102	0.099	0.099	0.095	0.092	0.091	0.091	0.092	0.094	0.112	0.141	5.338	/
0.85	0.190	0.139	0.131	0.125	0.121	0.117	0.113	0.109	0.106	0.102	0.099	0.099	0.096	0.092	0.090	0.090	0.093	0.100	0.120	2.102	/
0.9	0.190	0.143	0.135	0.130	0.125	0.122	0.118	0.115	0.111	0.108	0.105	0.101	0.097	0.094	0.090	0.088	0.091	0.102	0.151	/	
0.95	0.190	0.150	0.142	0.137	0.133	0.130	0.126	0.123	0.120	0.117	0.114	0.111	0.107	0.103	0.099	0.095	0.090	0.086	0.088	0.106	/
1	0.190	0.189	0.189	0.189	0.189	0.188	0.188	0.188	0.187	0.187	0.187	0.187	0.186	0.185	0.185	0.185	0.184	0.185	0.188	0.199	/

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

RMSPE	λ_{max}																					
ϵ_{a}	0.850	0.09258	0.09295	0.09336	0.09382	0.09433	0.09491	0.09565	0.09657	0.09757	0.09866	0.09984	0.10112	0.10251	0.10402	0.10568	0.10749	0.10949	0.11169	0.11414	0.11689	0.11997
	0.855	0.09204	0.09239	0.09277	0.09319	0.09366	0.09419	0.09480	0.09556	0.09652	0.09756	0.09869	0.09993	0.10127	0.10273	0.10432	0.10607	0.10799	0.11011	0.11246	0.11509	0.11805
	0.860	0.09152	0.09184	0.09220	0.09259	0.09302	0.09350	0.09405	0.09468	0.09548	0.09647	0.09756	0.09874	0.10003	0.10144	0.10297	0.10465	0.10650	0.10854	0.11080	0.11332	0.11615
	0.865	0.09100	0.09130	0.09163	0.09200	0.09240	0.09285	0.09335	0.09391	0.09456	0.09540	0.09643	0.09756	0.09880	0.10015	0.10163	0.10324	0.10502	0.10698	0.10915	0.11156	0.11427
	0.870	0.09049	0.09077	0.09108	0.09142	0.09180	0.09221	0.09267	0.09319	0.09377	0.09445	0.09532	0.09639	0.09757	0.09887	0.10029	0.10184	0.10355	0.10542	0.10750	0.10982	0.11241
	0.875	0.09000	0.09026	0.09054	0.09085	0.09120	0.09159	0.09202	0.09249	0.09303	0.09363	0.09434	0.09524	0.09636	0.09760	0.09895	0.10044	0.10208	0.10388	0.10587	0.10809	0.11054
	0.880	0.08952	0.08975	0.09001	0.09030	0.09062	0.09098	0.09138	0.09182	0.09232	0.09287	0.09350	0.09423	0.09516	0.09633	0.09763	0.09905	0.10062	0.10235	0.10425	0.10637	0.10874
	0.885	0.08906	0.08927	0.08950	0.08977	0.09006	0.09039	0.09076	0.09117	0.09163	0.09214	0.09271	0.09336	0.09412	0.09509	0.09631	0.09767	0.09917	0.10082	0.10264	0.10467	0.10692
	0.890	0.08862	0.08880	0.08901	0.08925	0.08951	0.08982	0.09015	0.09053	0.09096	0.09143	0.09196	0.09256	0.09323	0.09402	0.09502	0.09630	0.09772	0.09930	0.10104	0.10297	0.10513
	0.895	0.08819	0.08835	0.08853	0.08875	0.08899	0.08926	0.08957	0.08991	0.09030	0.09074	0.09123	0.09178	0.09240	0.09311	0.09393	0.09495	0.09629	0.09779	0.09945	0.10129	0.10334
	0.900	0.08780	0.08793	0.08808	0.08827	0.08848	0.08872	0.08900	0.08931	0.08967	0.09007	0.09053	0.09104	0.09161	0.09225	0.09298	0.09383	0.09489	0.09629	0.09787	0.09962	0.10156
	0.905	0.08743	0.08754	0.08766	0.08782	0.08800	0.08821	0.08845	0.08874	0.08906	0.08943	0.08984	0.09031	0.09084	0.09143	0.09210	0.09287	0.09375	0.09482	0.09630	0.09795	0.09980
	0.910	0.08710	0.08718	0.08727	0.08740	0.08755	0.08773	0.08794	0.08819	0.08847	0.08881	0.08918	0.08961	0.09010	0.09064	0.09126	0.09196	0.09275	0.09367	0.09476	0.09631	0.09805
	0.915	0.08681	0.08686	0.08692	0.08701	0.08713	0.08728	0.08746	0.08767	0.08792	0.08821	0.08855	0.08894	0.08938	0.08988	0.09045	0.09109	0.09182	0.09265	0.09360	0.09473	0.09632
	0.920	0.08657	0.08658	0.08662	0.08667	0.08676	0.08687	0.08701	0.08719	0.08740	0.08765	0.08795	0.08830	0.08869	0.08915	0.08967	0.09026	0.09093	0.09168	0.09254	0.09353	0.09470
	0.925	0.08640	0.08637	0.08637	0.08639	0.08644	0.08651	0.08662	0.08676	0.08693	0.08714	0.08739	0.08769	0.08805	0.08845	0.08892	0.08946	0.09007	0.09076	0.09155	0.09244	0.09347
	0.930	0.08635	0.08625	0.08620	0.08618	0.08618	0.08622	0.08628	0.08638	0.08651	0.08668	0.08689	0.08714	0.08744	0.08780	0.08822	0.08870	0.08925	0.08988	0.09060	0.09141	0.09234
	0.935	0.08651	0.08632	0.08618	0.08607	0.08602	0.08600	0.08602	0.08607	0.08616	0.08628	0.08644	0.08665	0.08690	0.08720	0.08756	0.08798	0.08848	0.08904	0.08969	0.09043	0.09128
	0.940	0.08732	0.08689	0.08647	0.08620	0.08604	0.08593	0.08587	0.08586	0.08589	0.08596	0.08607	0.08623	0.08642	0.08667	0.08697	0.08734	0.08776	0.08826	0.08884	0.08950	0.09027
	0.945	0.08836	0.08788	0.08742	0.08697	0.08653	0.08612	0.08595	0.08583	0.08577	0.08577	0.08581	0.08591	0.08605	0.08623	0.08647	0.08677	0.08713	0.08755	0.08806	0.08864	0.08932
0.950	0.08962	0.08911	0.08861	0.08811	0.08763	0.08715	0.08669	0.08625	0.08593	0.08580	0.08572	0.08573	0.08579	0.08591	0.08608	0.08631	0.08659	0.08694	0.08736	0.08786	0.08845	0.08913
0.955	0.09111	0.09058	0.09005	0.08953	0.08900	0.08848	0.08797	0.08748	0.08699	0.08653	0.08610	0.08586	0.08577	0.08585	0.08599	0.08619	0.08646	0.08679	0.08720	0.08769	0.08829	0.08895
0.960	0.09284	0.09231	0.09176	0.09122	0.09067	0.09013	0.08958	0.08904	0.08851	0.08799	0.08748	0.08699	0.08653	0.08610	0.08595	0.08592	0.08600	0.08616	0.08639	0.08670	0.08709	0.08759
0.965	0.09486	0.09432	0.09377	0.09322	0.09266	0.09210	0.09154	0.09097	0.09041	0.08985	0.08930	0.08875	0.08821	0.08770	0.08720	0.08674	0.08631	0.08623	0.08628	0.08644	0.08670	0.08709
0.970	0.09722	0.09668	0.09613	0.09558	0.09502	0.09445	0.09388	0.09331	0.09274	0.09216	0.09158	0.09100	0.09043	0.08986	0.08929	0.08874	0.08820	0.08769	0.08721	0.08675	0.08709	0.08759
0.975	0.10001	0.09948	0.09894	0.09839	0.09783	0.09727	0.09671	0.09614	0.09556	0.09498	0.09440	0.09381	0.09322	0.09263	0.09203	0.09144	0.09085	0.09026	0.08967	0.08910	0.08855	0.08905
0.980	0.10340	0.10288	0.10235	0.10182	0.10127	0.10073	0.10017	0.09961	0.09905	0.09848	0.09790	0.09732	0.09673	0.09614	0.09554	0.09494	0.09433	0.09372	0.09310	0.09247	0.09183	0.09234
0.985	0.10766	0.10716	0.10666	0.10614	0.10562	0.10510	0.10457	0.10403	0.10349	0.10294	0.10239	0.10183	0.10126	0.10069	0.10011	0.09953	0.09893	0.09833	0.09771	0.09708	0.09644	0.09695
0.990	0.11341	0.11295	0.11248	0.11200	0.11152	0.11103	0.11054	0.11004	0.10954	0.10903	0.10851	0.10800	0.10747	0.10694	0.10641	0.10587	0.10532	0.10476	0.10419	0.10360	0.10300	0.10351
0.995	0.12250	0.12209	0.12168	0.12126	0.12084	0.12041	0.11999	0.11955	0.11912	0.11868	0.11824	0.11780	0.11736	0.11691	0.11646	0.11601	0.11555	0.11509	0.11462	0.11415	0.11366	0.11417

0.05 刻みで最小となった組み合わせの周囲を更に探索した。

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 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 (2021 年漁期) の親魚量推定値

λ	η	RMSPE									Estimated SSB2021 (1000 t)
		Average	SSB	F age3	F age4	F age5	F age6	F age7	F age8	F age9	
0	0	0.189731	0.079	0.187	0.096	0.102	0.128	0.166	0.223	0.535	407.3
0.850	0.950	0.085725	0.034	0.105	0.077	0.078	0.091	0.098	0.097	0.106	456.9
0.855	0.950	0.085728	0.034	0.104	0.078	0.078	0.091	0.098	0.097	0.106	458.5
0.845	0.945	0.085766	0.034	0.105	0.078	0.078	0.091	0.097	0.097	0.106	459.1

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)

	RMSPE								
λ	Average	SSB	Fage3	Fage4	Fage5	Fage6	Fage7	Fage8	Fage9
0.00	0.1897	0.0791	0.1871	0.0965	0.1025	0.1284	0.1662	0.2231	0.5351
0.05	0.1172	0.0563	0.1959	0.0820	0.0817	0.0969	0.1208	0.1364	0.1675
0.10	0.1068	0.0476	0.1979	0.0783	0.0767	0.0903	0.1091	0.1165	0.1379
0.15	0.1002	0.0405	0.1990	0.0765	0.0747	0.0879	0.1017	0.1031	0.1183
0.20	0.0960	0.0344	0.1994	0.0762	0.0752	0.0881	0.0970	0.0953	0.1025
0.25	0.0962	0.0345	0.1993	0.0771	0.0774	0.0903	0.0950	0.0936	0.1024
0.30	0.0977	0.0383	0.1987	0.0789	0.0810	0.0940	0.0956	0.0931	0.1019
0.35	0.0999	0.0437	0.1977	0.0815	0.0855	0.0988	0.0981	0.0930	0.1011
0.40	0.1029	0.0507	0.1964	0.0849	0.0909	0.1045	0.1021	0.0939	0.1000
0.45	0.1079	0.0596	0.1947	0.0894	0.0973	0.1113	0.1074	0.0994	0.1044
0.50	0.1145	0.0709	0.1929	0.0951	0.1049	0.1193	0.1141	0.1070	0.1119
0.55	0.1228	0.0860	0.1913	0.1025	0.1141	0.1289	0.1227	0.1162	0.1207
0.60	0.1337	0.1071	0.1904	0.1124	0.1256	0.1409	0.1341	0.1277	0.1316
0.65	0.1495	0.1401	0.1913	0.1262	0.1411	0.1571	0.1501	0.1437	0.1463
0.70	0.1763	0.2034	0.1974	0.1482	0.1646	0.1820	0.1757	0.1694	0.1694
0.75	1.9550	13.5279	0.2980	0.2858	0.3027	0.3197	0.3096	0.3002	0.2963
0.80	5.1870	38.4158	0.4374	0.4248	0.4411	0.4572	0.4463	0.4398	0.4337
0.85	3.61E+07	2.89E+08	0.6066	0.6017	0.6125	0.6287	0.6311	0.6359	0.6451
0.90	2.57E+08	2.06E+09	0.7281	0.7328	0.7341	0.7502	0.7603	0.7728	0.7921

補足資料 7 年齢別漁獲尾数やチューニング指標値の作成手法変更の検討について

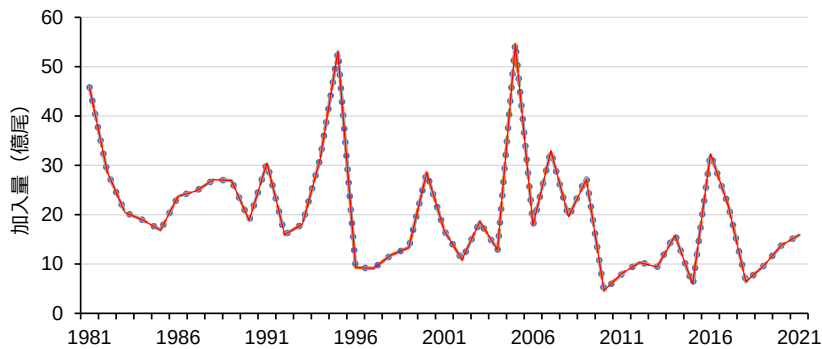
道東海域では、漁獲量の大半（直近 5 年間（2017～2021 年漁期）では漁獲量 92～97%）が沖底によるため、沿岸漁業の漁獲量も含めて沖底の漁獲物サンプルの年齢組成の情報に基づきコホート計算に用いる年齢別漁獲尾数を作成している。これを 2014 年漁期以降の沿岸漁業の漁獲量については同漁業からの漁獲物サンプルに基づいて年齢別漁獲尾数を作成した場合について、そのコホート解析での計算への影響を検討した。また、チューニング指標値として用いている沖底の年齢別標準化 CPUE について、データの抽出方法を現在の方法（船別にスケトウダラの漁獲が 50%以上の操業日の情報を用いる）から Biseau(1998)の 90%説明レベル（操業を漁期年毎に漁獲量の多い順に総漁獲量の 90%に達するまで抽出する）に変更した標準化 CPUE（FRA-SA2022-SC05-101）をコホート解析のチューニングに用いた場合の影響についても検討した。

いずれの手法変更を行った場合でも、コホート解析の推定結果に与える影響は軽微であった（補足図 7-1、補足表 7-1）。これらの手法変更は、今後精査を進めて来年度以降の資源評価に反映させる予定である。

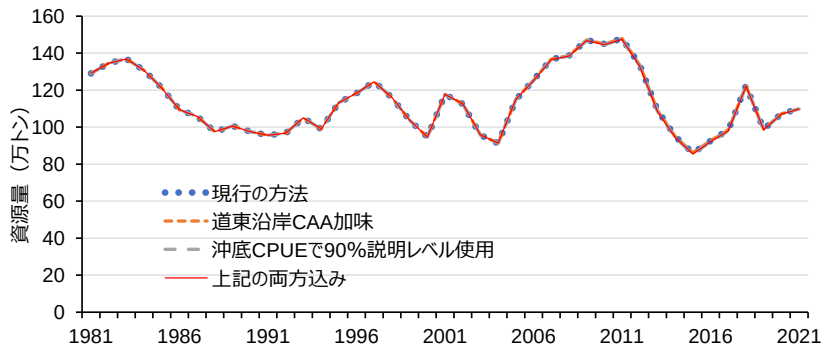
引用文献

- 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.
- 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 (2022) 令和 4 (2022) 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-SA2022-SC05-101)

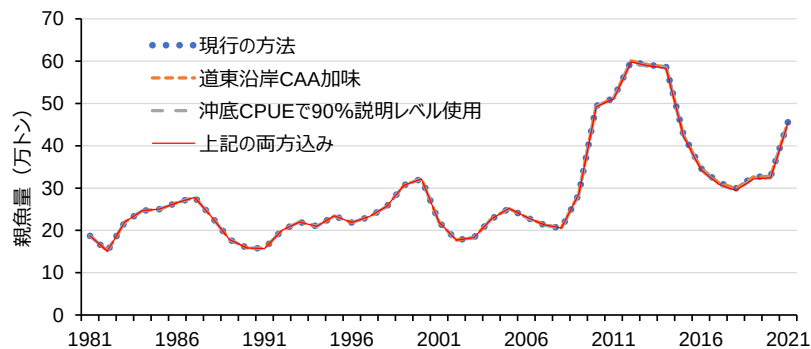
a) 加入量



b) 資源量



c) 親魚量



補足図 7-1. 年齢別漁獲尾数およびチューニング指標値の作成手法を一部変更した場合のコホート解析の結果の比較

年齢別漁獲尾数（CAA）を作成する際に道東の沿岸漁業の漁獲物サンプルを反映させた場合、沖合底びき網漁業（沖底）の年齢別標準化 CPUE を作成するにあたり漁獲成績報告書からのデータ抽出手法を変更した場合、および両方の変更を反映させた場合について、コホート解析からの a) 加入量、b) 資源量、c) 親魚量の推定結果を示す。コホート解析ではリッジ VPA を使用しているが、今回の検討ではいずれの計算でもペナルティの重みには現行の方法で採用した値 ($\lambda=0.850$ 、 $\eta=0.950$) を用いた。

補足表 7-1. 年齢別漁獲尾数およびチューニング指標値の作成手法を一部変更した場合の
コホート解析の最終年の推定値の差

現行手法での推定からの 2021 年漁期の値の変化(%)	加入量	資源量	親魚量
道東沿岸 CAA 加味	0.007 % 減	0.001 % 減	0.033 % 減
沖底 CPUE で 90%説明レベル使用	0.260 % 減	0.146 % 減	0.330 % 減
上記の両方込み	0.269 % 減	0.158 % 減	0.347 % 減

年齢別漁獲尾数（CAA）を作成する際に道東の沿岸漁業の漁獲物サンプルを反映させた場合、沖合底びき網漁業（沖底）の年齢別標準化 CPUE を作成するにあたり漁獲成績報告書からのデータ抽出手法を変更した場合、および両方の変更を反映させた場合について、コホート解析からの加入量、資源量、および親魚量の 2021 年漁期の推定値の差を現行の方法から変化量（%）で示す。コホート解析ではリッジ VPA を使用しているが、今回の検討ではいずれの計算でもペナルティの重みには現行の方法で採用した値（ $\lambda=0.850$ 、 $\eta=0.950$ ）を用いた。