

令和 6（2024）年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価

水産研究・教育機構

水産資源研究所 水産資源研究センター（境 磨・千村昌之・千葉 悟・
濱邊昂平・佐藤隆太・桑原風沙・伊藤正木・濱津友紀・鈴木勇人）
開発調査センター

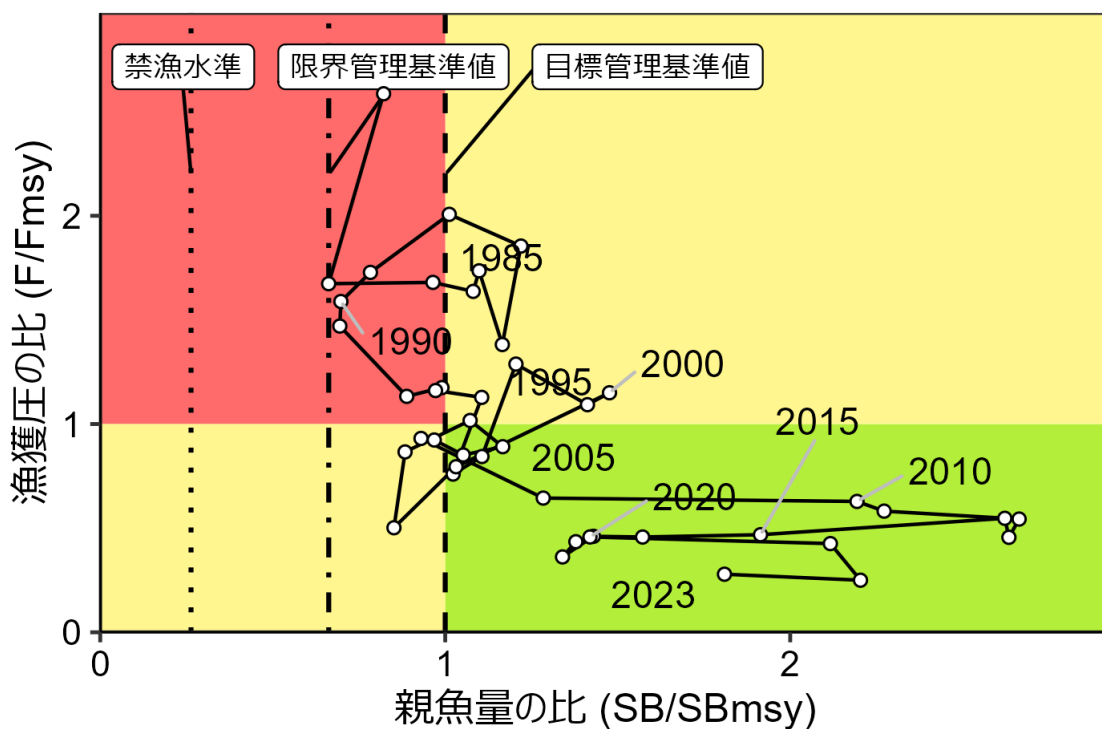
参画機関：北海道立総合研究機構釧路水産試験場、北海道立総合研究機構栽培水産試験場、
北海道立総合研究機構函館水産試験場、青森県産業技術センター水産総合研究
所、岩手県水産技術センター、宮城県水産技術総合センター、福島県水産海洋
研究センター、福島県水産資源研究所、茨城県水産試験場、海洋生物環境研究
所

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。本系群の資源量（0歳以上の総重量）は、2004～2009年漁期（4月～翌年3月）に増加、2011～2015年漁期に減少、2016～2018年漁期に増加、その後は直近2023年漁期まで減少と、増減を繰り返している。2023年漁期は1981年漁期以降で最低の76.8万トンまで減少したと推定された。親魚量でも同様の増減が資源量に遅れて見られており、2010～2012年漁期に増加、その後2018年漁期まで減少、2019～2022年漁期に増加し、直近2023年漁期は減少し41.3万トンと推定された。これらの増減は、加入量の変動によりもたらされていると考えられる。特に、2005、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）、2009年に高豊度の年級群が加入した後は、卓越年級群の2016年級と高豊度年級群の2017年級群以外の加入量は非常に少ない。特に2010、2018、2019年級群は2.4億～4.7億尾と極端に少なく、2015、2020年級群も6億尾前後と低い水準の年級群であることに注意を要する。なお、調査船調査の結果からは2022年級群が比較的高豊度と推定されていることから、直近年にみられた資源量・親魚量の減少は短期的なものに留まる可能性がある。

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、2023年漁期の親魚量はこれを上回る。また2023年漁期の漁獲圧は、SBmsyを維持する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近5年間（2019～2023年漁期）の推移から「横ばい」と判断される。本系群の漁獲シナリオでは、2025年漁期以降は調整係数を0.9とした漁獲管理規則に従うとされている。これに基づき算出された2025年漁期のABCは19.3万トンである。

要 約 図 表



最大持続生産量(MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	22.8 万トン
2023 年漁期の親魚量の水準	MSY を実現する水準(SBmsy)を上回る
2023 年漁期の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る
2023 年漁期の親魚量の動向	横ばい
MSY	17.1 万トン
2025 年漁期の ABC	19.3 万トン
コメント:	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 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「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。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。 ・ ABC は千トン未満を四捨五入した値である。 ・ 本系群の漁期年は 4 月～翌年 3 月である。 	

直近 5 年と将来 2 年の資源量、親魚量、漁獲量、F/Fmsy、および漁獲割合					
漁期年	資源量 (万トン)	親魚量 (万トン)	漁獲量 (万トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2019	98.6	31.4	9.0	0.43	9
2020	99.0	32.4	9.7	0.46	10
2021	95.5	48.3	11.2	0.43	12
2022	91.5	50.2	7.9	0.25	9
2023	76.8	41.3	5.8	0.28	8
2024	101.9	37.8	8.5	0.34	8
2025	108.7	32.5	19.3	0.90	18

・ 2024、2025 年漁期の値は将来予測に基づく平均値である。
・ 2025 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	主要港漁業種類別水揚量(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(水産機構、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、水産機構) ・リングネット スケトウダラ音響トロール調査(6～7月、水産機構)* ・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、水産機構)、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(水産機構)** ・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。

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)。耳石の放射性炭素を用いた回遊履歴分析では、日本海生まれの一部の個体で太平洋との一時的な行き来があるものの、太平洋生まれの個体はふ化から漁獲されるまで概ね同じ海域に分布すると考えられている (Ando et al. 2024)。

(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、概ね 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)。

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

(4) 被捕食関係

餌生物は、主にオキアミ類や橈脚類をはじめとする浮遊性甲殻類であるが、小型魚類、イカ類、底生甲殻類および環形動物なども摂餌している (前田ほか 1983、Yamamura et al. 2002)。本種を餌とする捕食者として、道東海域ではマダラ、アブラガレイ、イトヒキダラ等が報告されているほか、大型魚による共食いもみられる (Yamamura 2004、Yamamura and Nobetsu 2011、Wang et al. 2022)。また、海獣類の餌生物としても重要である (Tamura and Fujise 2002)。前述のとおり、共食いや他種による捕食圧が高いと考えられる本系群については、仔魚期のサイズが大きい場合に高豊度の加入が得られる可能性が示唆されている

(Funamoto et al. 2013)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群は、沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）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漁法（以下、「オッタートロール」という）とかけまわし漁法（以下、「かけまわし」という）が含まれる。1980年代には北方四島水域や東北太平洋岸における漁獲量も多かったが、近年の主漁場は北海道の渡島・胆振地方と十勝・釧路地方である。渡島・胆振地方においては沿岸漁業が主体であり、主漁期は10月～翌年1月である。一方、十勝・釧路地方においては沖底が主体であり、主漁期は9～11月である。なお、千島列島南西海域では、ロシアの大型トロール船が操業を行っているが、その詳細は不明である。

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

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

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量を図3-1と表3-1に示す。漁獲量は2000年代前半に20万トン台から急減し、2002年漁期には10.9万トンまで落ち込んだが、その後、増加に転じ、2005～2014年漁期はTAC規制なども働き14.3万～17.5万トンで安定して推移した。しかし、2015～2018年漁期は減少傾向となり、2018年漁期には7.7万トンまで減少した。2019年漁期以降は増加に転じ、2021年漁期には11.2万トンに至ったが2022年漁期は道東での漁獲量が大きく減少し7.8万トンとなった。2023年漁期は襟裳以西および東北太平洋の漁獲量も2022年漁期から大きく減少し5.8万トンとなった。漁獲量に占める各海域の比率は、2004～2013年漁期には襟裳以西で道東よりも多い傾向が続いていたが、2014～2021年漁期は道東の漁獲量が襟裳以西を上回っている。2022年漁期以降は道東での漁獲量の低迷により、襟裳以西のほうが道東よりも多い状況となっている。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(2015)年の日ロ漁業委員会により同水域でのスケトウダラの割当量は大幅に減少し、2015年漁期以降の漁獲実績はない。韓国漁船による漁獲は1987年漁期から始まり、1998年漁期には漁獲量が7.5万トンに達したが、新日韓漁業協定に基づき1999年漁期で終了した。東北太平洋の漁獲量は2016年漁期以降では2021、2022年漁期を除き1万トンを下回っており、2023年漁期は0.8万トンであった(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。2023 年漁期は前年漁期と同様に 2017 年級群（6 歳魚）および 2016 年級群（7 歳魚）の漁獲が多く、両年級群だけで漁獲尾数の 53%、漁獲重量の 67% を占めた。また 2 歳魚（2021 年級群）の漁獲が特に東北太平洋で多く、漁獲尾数の 23%、漁獲重量の 8% を占めた。

(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。2023 年漁期は、北海道根拠の沖底が総漁獲量の 50%、襟裳以西海域の刺し網が総漁獲量の 30% 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の有漁網数は、2000 年代は 4 千網前後で推移していたが、2010 年代前半に操業隻数の減少に伴い減少し、2016～2020 年漁期は 2.5 千網前後、2021～2023 年漁期は 1.2 千～1.5 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は、1980～2000 年代に減少し、2003 年漁期以降は 8 千網前後で横ばい傾向にあったが、2022 年漁期以降は 7 千網程度まで減少した。これらの海域のオッターロールの有漁網数も 1980～2000 年代に減少し、その後 2000～2006 年漁期には横ばい傾向となったが、2007 年漁期以降は再び減少傾向にある。スケトウダラを主体とした操業での漁獲努力量として、1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が多い順に、1 年の漁獲量の 90% を占める操業を抽出し、その網数の推移を図 3-4 に示した。この操業における漁獲努力量は、襟裳以西海域のかけまわしでは 1996 年漁期以降漸減傾向である一方、道東海域のかけまわしでは 1996～2004 年漁期の増減の後には 2015 年漁期まで漸増傾向であった。その後は横ばいで推移したが、2022 年漁期に大きく減少して 2023 年漁期も低い水準となった。道東海域のオッターロールでは、2000 年漁期以降漸増傾向を示したが、2007 年漁期以降は減少傾向にある。

襟裳以西海域の刺し網の漁獲努力量として、刺し網の漁獲成績報告書（以下、「漁績」という）に記載された、南かやべ、鹿部、およびいぶり中央漁業協同組合による使用反数の月別集計値を図 3-5 に示した。なお、刺し網の仕様は漁業協同組合ごとに異なるため、網の長さで反数を補正した。集計対象とした漁区は、ほぼ毎年使用されている 179、182～194 および 197 番漁区に限定した。集計期間は、TAC による操業規制などで 2 月以降は操業しなかった漁期年があるため、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、1981～2023 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、2021~2023 年級群の資源尾数についてはスケトウダラ音響トロール調査で得られた 1 歳魚の現存量指標値を用いた調査結果による推定を行った (補足資料 2)。

(2) 資源量指標値の推移

北海道根拠の沖底の年齢別標準化 CPUE を図 4-1 に示す。これは沖底の漁績に報告された 1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が多い順に、1 年の漁獲量の 90% になるまで日別・船別・漁区別の操業データを抽出したものと、年齢査定の結果に基づき、1999 年以降の 1 網当たりの漁獲尾数について、デルタ型 2 段階モデルを用いて年齢別 (3~7 歳) に標準化 CPUE を算出したものである (詳細は補足資料 2 および年齢別標準化 CPUE についての文書 FRA-SA2024-SC01-201 (境ほか 2024) 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 (例えば 2007 年級群および 2009 年級群)。2013 年漁期に 3 歳時点の CPUE が低い値を示した 2010 年級群は、その後いずれの年齢でも低い CPUE を示した。2011 年級群以降の加入群では、2014 年級が 2021 年漁期に 7 歳時点でも高い CPUE を示した。2016 年級群は 2019~2023 年漁期に 3~7 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。特に 2023 年漁期の 7 歳時点での CPUE は過去最高である。また、2017 年級群は 2020~2023 年漁期に 3~6 歳魚として高い CPUE を示したが、3 歳時点の CPUE を除いて 2016 年級群よりは低い値となった。なお、2018 年級群の 3~5 歳時点の CPUE や、2019 年級群の 3~4 歳時点の CPUE は非常に低いことに注意を要する。

2003 年漁期以降の襟裳以西海域における刺し網の資源量指標値を図 4-2 に示す。この刺し網の資源量指標値は、前述した刺し網の漁獲努力量を基に月別・漁区別 CPUE を算出し、それらを月別に合算したものである。各月の資源量指標値は、各月に漁場を通過する魚群量を表していると考えられるため、10 月~翌年 1 月の資源量指標値の合計値を、漁期全体における産卵親魚の来遊量の指標とみなした。刺し網の資源量指標値の合計値は、2010 年漁期をピークに 2016 年漁期まで減少傾向にあった。その後は横ばいで推移したが、2021 年漁期は 2014 年漁期並みの水準まで増加した。2022、2023 年漁期は 2021 年漁期よりも減少したが、直近 5 年間 (2019~2023 年漁期) では高い水準にある。

2010年漁期以降については、渡島と胆振地区の刺し網船団の代表船（18隻）から操業日誌を収集し、操業日ごとの操業位置（緯度・経度）、使用した網数（反）、漁獲量等のデータを用いて標準化 CPUE（資源量指標値）を算出した。この値についても、漁績から得られる上述の指標とは別の面からみた産卵親魚の来遊量の指標として扱った。刺し網の標準化 CPUE は 2010～2016 年漁期に減少、2018～2021 年漁期に増加し、2022 年漁期以降は再び減少に転じている（図 4-3）。

（3）資源量と漁獲圧の推移

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

加入量は、1981 年漁期以降 2.4 億～54.4 億尾で変動したと推定された（図 4-4、表 4-1）。その中で、加入量が 30 億尾を上回った年級群を卓越年級群と定義すると、1981、1991、1994、1995、2005、2007、および 2016 年級群が卓越年級群となった。また、1982、1988、1989、2000、および 2009 年級群も 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る 36.3 億尾となり、翌年の 2017 年級群も 23.1 億尾と比較的高豊度である。一方で、2010、2018、および 2019 年級群の加入量は、2.4 億～4.7 億尾と評価期間を通して極端に少なく、2015 および 2020 年級群も 6 億尾前後と低い水準となっている。直近 3 年間の加入量（2021～2023 年級群）は、コホート解析による推定精度が低いと考えられるため、6～7 月のスケトウダラ音響トロール調査で得られた現存量指標値とコホート解析で推定された資源尾数との関係に基づき線形外挿により推算した。これらの 3 年間の年級群のうち、2022 年級群は 0 歳時点で 20.9 億尾と算出され、比較的高豊度の加入群であると考えられた。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 92.6 万トンから 148.3 万トンに増加した後、2011～2015 年漁期には 149.7 万トンから 86.4 万トンへ減少するなど、大きな増減を示した。資源尾数（0歳以上の総尾数）は 31 億～93 億尾で増減し、前述の卓越年級群やそれに次ぐ豊度の高い年級群が発生した漁期年の 1～2 年後に資源量が増加する傾向にあった（図 4-5、4-6、表 4-1）。前述の通り、2016 年級群および 2017 年級群は豊度の高い年級群と考えられ、これらが加入したことで資源量は 2018 年漁期まで増加し、その後は減少傾向にある。2023 年漁期の資源量は過去最低の 76.8 万トンと推定された。

親魚量は、その漁期年の初期資源量のうち成熟しているものに相当し、前年の冬に産卵してその漁期年の年級群を生み出した親魚量を示す。すなわち、ある漁期年に 0 歳で加入する年級群は、卵の時点では前年の漁期年の冬に産卵されたものである。1981～2009 年漁期の親魚量は 15.1 万～33.7 万トンで推移していたが、2010 年漁期に急増し、2012 年漁期には 60.7 万トンに達した（図 4-7、表 4-1）。その後は 2018 年漁期まで減少していたが、近年は再度増加して 2022 年漁期には 50.2 万トンとなった。2023 年漁期は減少して 41.3 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 年級群の成熟による。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年漁期以降、2016年漁期まで卓越年級群の発生がみられず、特に2010、2015年級群は豊度が著しく低かった。加入量が少ない状況が続いたことで、2018年漁期までの親魚量の減少がもたらされたと考えられる。2021年漁期以降は、豊度の高い2016年級群および2017年級群の成熟によって親魚量が増加した。

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

漁獲係数Fの推移は年齢によって変動パターンが異なるが、2010年漁期以降はいずれの年齢のF値も低下し、特に6歳以上の高齢魚で低いF値で安定して推移している(図4-9)。漁獲割合は、20万トン台の漁獲量がみられた2000年代前半までは20%前後で推移していたが、2006~2012年漁期は11~12%で安定して横ばい傾向であった(図4-10、表4-1)。その後、資源量が減少に転じた2013年漁期からは2年連続で上昇して2014年漁期に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。その後は増加し2021年漁期には12%まで上昇したが、2022年漁期以降は漁獲量が大きく減少したため2022年漁期には9%、2023年漁期には8%と低下した。

前述の通り、本系群では直近3年の加入量にはスケトウダラ音響トロール調査で得られた1歳魚の現存量指標値とコホート計算からの推定値との回帰式を用いて推定している。昨年度の評価では、2020、2021、2022年級群の加入量をそれぞれ11.8億尾、14.5億尾、22.1億尾と推定していた。このうち2020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、6.4億尾に大幅に下方修正された。2021、2022年級群についても、それぞれ14.2億尾、20.9億尾に下方修正されたが、これは新たに回帰式の推定に加わった2020年級群が低豊度であることで回帰式の傾きが昨年度のものに比べて緩やかになったことによる(補足資料7)。なお、新たに加わった2023年級群は、調査での1歳魚現存量指標値が2021年級群と同程度であり、その加入量は14.8億尾と推定された。

(4) 加入量あたり漁獲量(YPR)、加入量あたり親魚量(SPR)、および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量(SPR)を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図4-11に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合(%SPR)の推移を示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きな値となる。1981年漁期以降、%SPRは増減をくりかえしながらも概ね増加傾向にある。2010年漁期以降、30%以上で推移するようになり、2018年漁期に44%まで上昇した後、2019~2021年漁期の%SPRは40~41%で推移していたが、2022年漁期および2023年漁期はそれぞれ55%および54%へ急上昇した。現状の漁獲圧として直近5年間(2019~2023年漁期)の平均F値から%SPRを算出すると45%となった。

Fmsyに対するYPRと%SPRの関係を図4-12に示す。このとき、Fの選択率にはFmsyでの値を用いた。Fmsy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」へ提供する際に推定したものであり(境ほか2021)、令和2(2020)年度の資源評価で推定した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。Fmsyは%SPRに換算すると19.7%に相当し、F30%SPR、F0.1を上回る。現状の漁獲圧(F2019-2023)はこ

これらの F_{msy} 、 $F_{30\%SPR}$ 、および $F_{0.1}$ を下回る。

(5) 再生産関係

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

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準

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

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量（ SB_{msy} ）と、それを維持する漁獲圧（ F_{msy} ）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、2023 年漁期の親魚量および漁獲圧の値と SB_{msy} および F_{msy} との比較結果を補足表 3-3 に示す。漁獲圧（ F ）の比（ F/F_{msy} ）は、各年の F の選択率の下で F_{msy} 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 F_{msy} を下回っており、2023 年漁期の漁獲圧は F_{msy} の半分以下（0.28 倍）である。また、親魚量は、2009 年漁期以降は SB_{msy} を上回っており、2023 年漁期は SB_{msy} の 1.81 倍である。親魚量の動向は、直近 5 年間（2019～2023 年漁期）の推移から横ばいと判断される。

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

推定した 2023 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024～2055 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。2024 年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（ $F_{2019-2023}$ ）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 2019～2023 年漁期の漁獲圧に対応する%SPR を与える F 値とした。2025 年漁期以降の漁獲圧は、令和 2 年 12 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て資源管理基本方針に定められた漁獲シナリオに従った。

(2) 漁獲管理規則

「令和 6（2024）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2024-ABCWG02-01）」（水産研究・教育機構 2024）では、1A 系資源の漁獲管理規則として、親魚量が限界管理基準値を下回ると禁漁水準まで直線的に漁獲圧を下げるとともに、漁獲圧の上限となる F_{msy} には調整係数 β を乗じるものを基本としている（図 5-1）。ただし本系群での「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオでは、2021～2023 年漁期の漁獲量は 17.0 万トンで固定とし、2024 年漁期以降の漁獲量は、親魚量が 2031 年漁期に目標管理基準値を 50%以上の確率で上回り、かつ将来の漁獲量が最大となるように、 $\beta=0.9$ とする漁獲管理規則を用いることとされており、2021～2023 年漁期は漁獲量一定方策が用いられた。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た。

(3) 2025 年漁期の予測値と ABC の算定

本系群の将来予測では資源量や親魚量は年初め（漁獲前）の資源尾数を基に計算される。また 2025 年漁期の親魚量を構成する年級群はいずれも 2023 年漁期までに加入しており、その予測値は将来予測における加入量の不確実性の仮定の影響を受けない。そのため、2025 年漁期の親魚量はいずれの繰り返し計算でも同値となり 32.5 万トンと見込まれた。これは目標管理基準値および限界管理基準値を上回るため、漁獲シナリオ（調整係数 β を 0.9 とする漁獲管理規則）に基づき算出される漁獲量は同年に予測される資源量と $0.9F_{msy}$ に基づき算出される。以上から算定された 2025 年漁期の ABC として 19.3 万トンを提示する（補足表 3-4）。

(4) 2026 年漁期以降の予測

2026 年漁期以降も含めた将来予測の結果を図 5-2 および表 5-1、5-2、補足表 3-6 に示す。漁獲シナリオに則した調整係数 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 25.6 万トン（90%予測区間は 15.4 万～40.8 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 58%、限界管理基準値を上回る確率は 96%である。本系群では、2016 年級群が卓越年級群であり 2017 年級群も比較的高豊度と推定されるが、2018～2019 年級群は非常に低い豊度と考えられる。一方で 2022 年級群は調査船調査に基づくと比較的高豊度と推定されるため、直近年にみられた資源量・親魚量の減少は短期的なものに留まる可能性がある。資源の増減に合わせて漁獲量の上限值を定めることが重要である。

参考情報として、異なる調整係数 β を用いた漁獲管理規則に従う場合と現状の漁獲圧（F2019-2023； $\beta=0.34$ に相当）を継続した場合の予測結果についても示す（補足表 3-5）。

2031年漁期の親魚量が目標管理基準値を上回る確率は、調整係数 β が0.8であれば72%、0.7であれば85%、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28.4万トン（90%予測区間は17.1万～44.7万トン）、0.7であれば31.7万トン（90%予測区間は19.5万～49.3万トン）、0.6以下であれば35万トン以上となった。現状の漁獲圧での漁獲を継続した場合は、2031年漁期の平均親魚量は50.9万トンになると予測された。

6. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1981年漁期以降大きく落ち込むことなく推移しており、2023年漁期の親魚量はMSYを実現する水準（SBmsy）を上回る。また、漁獲圧はSBmsyを維持する水準（Fmsy）を下回っており、資源に対し過剰な漁獲圧を与えている状況ではない。本系群では卓越年級群を含む豊度の高い年級群が発生した後に資源量が増加する傾向にあるため、引き続き親魚量を高豊度の年級群が発生し得る適正な水準に維持し、持続的な利用を図ることが必要である。

近年の加入群のなかでは、2016年級群は2007年級群以来の卓越年級群であると考えられる。また2017年級群も比較的豊度が高いと考えられる。一方で、2018および2019年級群の豊度は極めて低く、直近2023年漁期にみられるように資源量・親魚量は今後減少傾向になると考えられる。ただし調査船調査から推定されるように2022年級群は比較的高豊度の可能性があることから、資源量・親魚量の減少は短期的なものに留まり、その後資源は再び増加していくと予測される。

7. その他

本系群では、2022年漁期に道東海域での沖底での漁獲量が急減したが、推定された資源量の推移は漁獲量減少とは一致せず、何らかの環境要因により漁場形成の不調が生じた結果として漁獲量減少が起きたと考えられる。2023年漁期も道東海域の漁獲量は低い状態が継続しており、引き続き原因解明のための検討を進める必要がある。また、産卵親魚が漁獲の主体である襟裳以西でも、親魚量の推移ほどは漁獲量が伸びていない。これは、襟裳以西での主要漁業である刺し網でも近年は漁場形成が不調であることが考えられる。例えば近年の渡島海域では、産卵期直前の親魚の分布が沖側にシフトし、漁場までの距離が遠くなっていることが指摘されている（武藤・志田 2022）。また、襟裳以西では海底直上からスケトウダラが浮いた状態で分布する場合があることが指摘されており（黒坂ほか 2022）、当該海域で操業する沖底かけまわしや刺し網で漁獲されにくい状況も生じているものと考えられる。

TAC以外の管理方策として、北海道では未成魚保護のため海洋水産資源開発促進法に基づく資源管理協定において体長制限（体長30 cmまたは全長34 cm）が実施されてきた。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とされている。このため、北海道では0～2歳魚の漁獲量は非常に少ない。このような若齢魚を含む未成魚の保護は、産卵親魚の確保に効果があると考えられるため、引き続き実施することが望ましい。本系群の資源量は、卓越年級群を含む豊度の高い年級群が発生した後に増加する傾向がみられる。そのため、今後も豊度の高い年級群の発生が見込

めるように、親魚量を維持することが重要である。

8. 引用文献

- Ando, K. Y. Yokoyama, Y. Miyairi, O. Sakai, T. Hamatsu, Y. Yamashita, M. Chimura, and T. Nagata (2024) Otolith radiocarbon signatures provide distinct migration history of walleye pollock around Hokkaido, Japan in the North-Western Pacific. *Ecology and Evolution*, **14**, e11288.
- 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, and T. Takatsu (2022) Effect of egg size on the growth rate and survival of wild walleye pollock *Gadus chalcogrammus* larvae. *Fish. Oceanogr.* **31**, 238-254.
- 小林時正 (1985) I-2 スケトウダラ漁業とその資源の利用. 漁業資源研究会議報, **24**, 47-62.
- 児玉純一・永島 宏・小林徳光 (1988) 金華山周辺海域に生息するスケトウダラ資源について. 第9回東北海区底魚研究チーム会議報告, 24-31.
- Kuroda, H., T. Saito, T. Kaga, A. Takasuka, Y. Kamimura, S. Furuichi, and T. Nakanowatari (2020) Unconventional sea surface temperature regime around Japan in the 2000s-2010s: Potential

- influences on major fisheries resources. *Front. Mar. Sci.* **7**, 574904
- 武藤卓志・志田修 (2022) 近年の道南太平洋海域における産卵期直前のスケトウダラ成魚の分布の変化. *北水試研報*, **101**, 11-23.
- 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.
- 黒坂浩平・保尊脩・山崎恵市・貞安一廣 (2022) 令和 2 年度海洋水産資源開発事業報告書 (沖合底びき網 (かけまわし): 北海道太平洋海域). 水産研究・教育機構開発調査センター, 横浜, 138pp.
- 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・濱邊昂平・佐藤隆太・桑原風沙・伊藤正木・濱津友紀・鈴木勇人 (2024) 令和 6 (2024) 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-SA2024-SC01-201.
- 境 磨・千村昌之・石野光弘・河村眞美・成松庸二・貞安一廣 (2021) 令和 2 (2020) 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 83pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2020/details_2020_12.pdf (last accessed 28 August 2024)
- Shida, O., T. Hamatsu, A. Nishimura, A. Suzaki, J. Yamamoto, K. Miyashita and Y. Sakurai (2007) Interannual fluctuations in recruitment of walleye pollock in the Oyashio region related to environmental changes. *Deep-Sea Res. II*, **54**, 2822-2831.
- 水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2024-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 23pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf
- Tamura, T. and Y. Fujise (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the Northwestern Pacific. *ICES J. Mar. Sci.*, **59**, 516-528.
- Tsuji, S. (1989) Alaska pollock population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I: Japanese fisheries and population studies. *Mar. Behav. Physiol.*, **15**, 147-205.
- ヴェリカノフ, A. Ya. (2013) オホーツク海南西部と国後島と択捉島沿岸におけるスケトウダラの分布特性と資源動向. 「オホーツクの生態系とその保全」 桜井泰憲, 大島慶一郎, 大泰司紀之編, 北海道大学出版, 札幌市, 131-138.
- Wang, R., M. Chimura, K. Sadayasu, M. Ishino and O. Yamamura (2022) Summer diet and feeding strategy of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) inhabiting the southern coast of Hokkaido, Japan.

- Marine Biology Research **18**, 435-447.
- Widrig, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. Fish. Bull. U.S., **56**, 141-166.
- Yamamura, O. (2004) Trophodynamic modeling of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Doto area, northern Japan: model description and baseline simulations. Fish. Oceanogr. **13** (Suppl. 1), 138-154.
- Yamamura, O., S. Honda, O. Shida and T. Hamatsu (2002) Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. Mar. Ecol. Prog. Ser., **238**, 187-198.
- Yamamura O and T. Nobetsu (2011) Food habits of threadfin hakeling *Laemonema longipes* along the Pacific coast of northern Japan. J. Mar. Bio. Assoc. UK, 1-9.
- 尹 泰憲 (1981) 北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期. 北大水産彙報, **32**, 22-38.

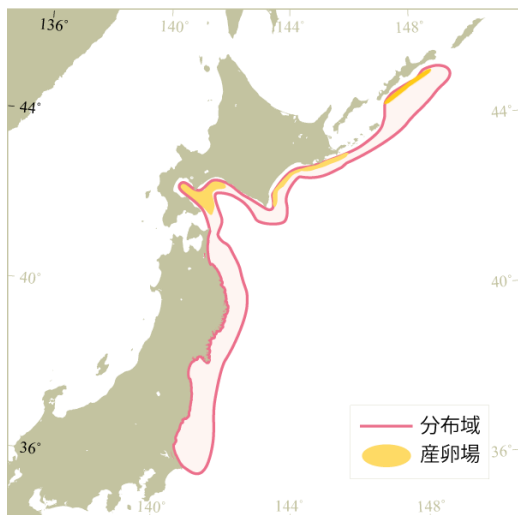


図 2-1. スケトウダラ太平洋系群の分布域と産卵場
Honda et al. (2004) より転載。

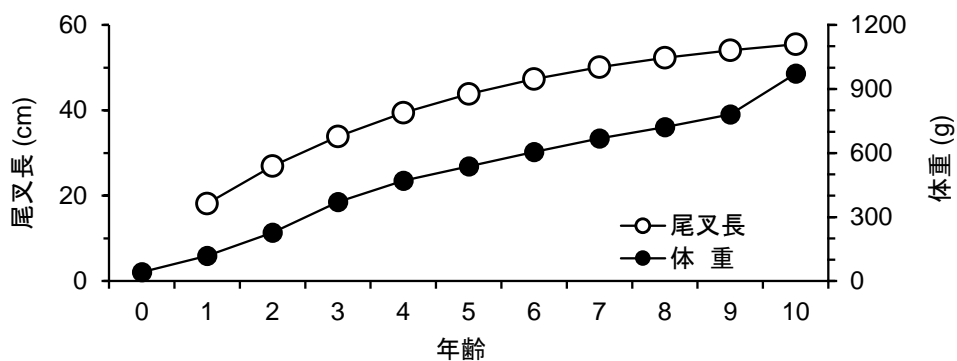


図 2-2. 年齢と成長 (10 歳の体重は 10 歳以上の複数の年齢の平均値)

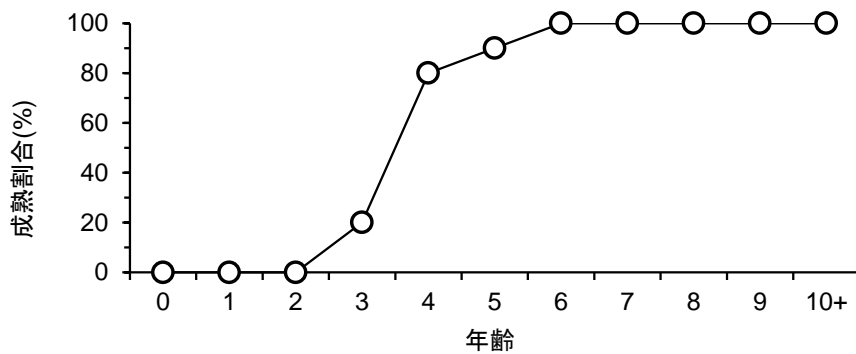


図 2-3. 年齢別成熟割合

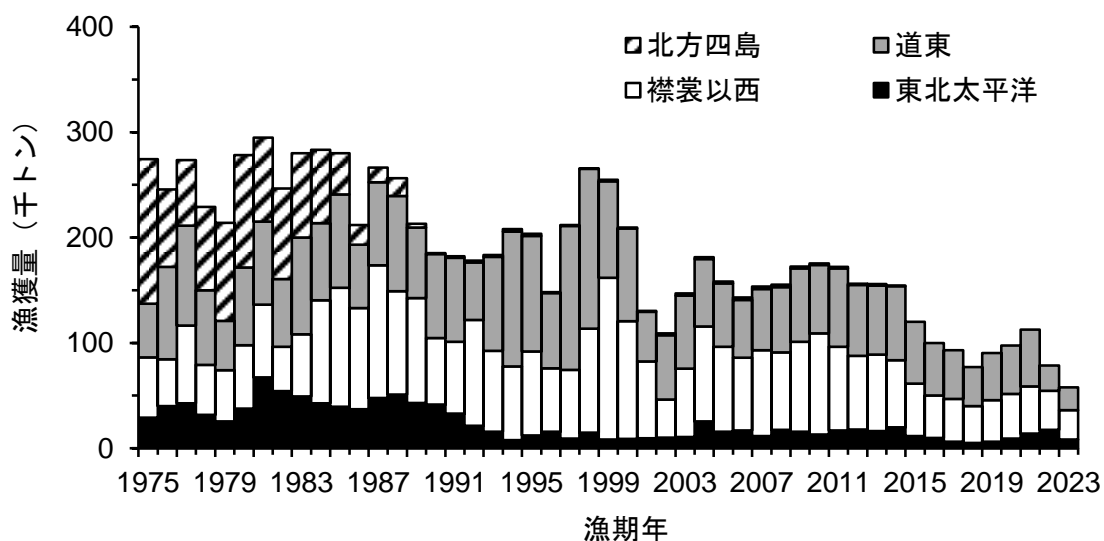


図 3-1. 海域別漁獲量

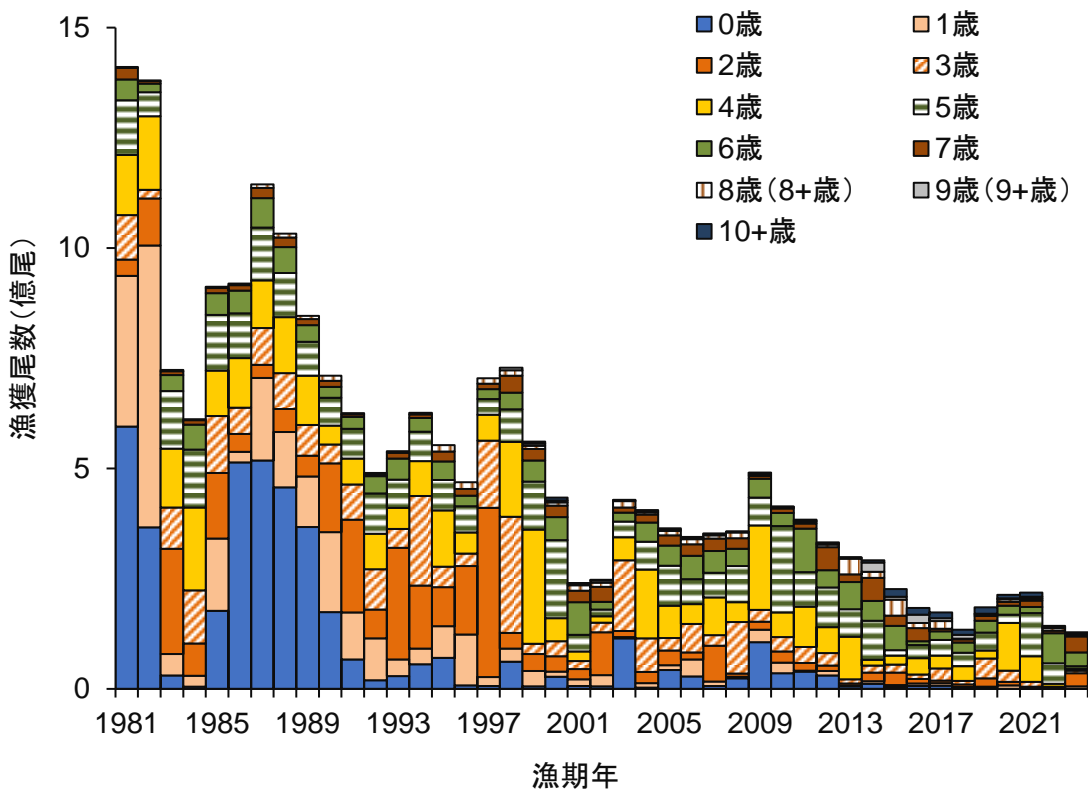


図 3-2. 年齢別漁獲尾数

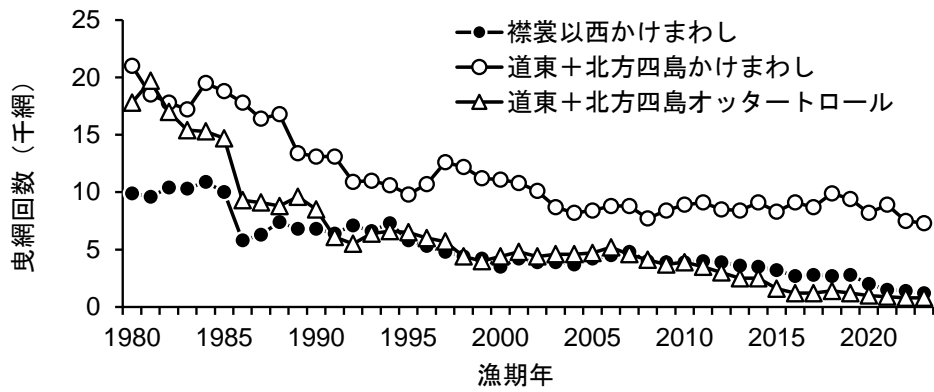


図 3-3. 北海道根拠の沖合底びき網漁業でのスケトウダラ有漁網数
月別・船別・漁区別集計値に基づく。

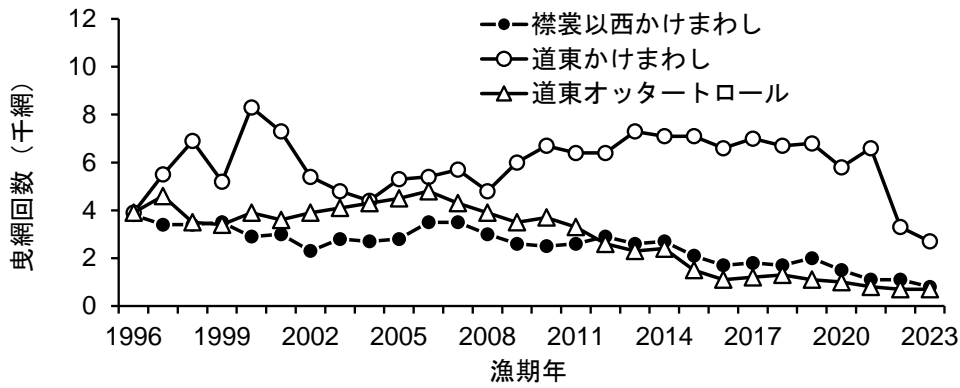


図 3-4. 北海道根拠の沖合底びき網漁業について 1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラの
割合が多い順に 1 年の総漁獲量の 90% を占める操業までを抜き出して集計した網数
日別・船別・漁区別集計値に基づく。

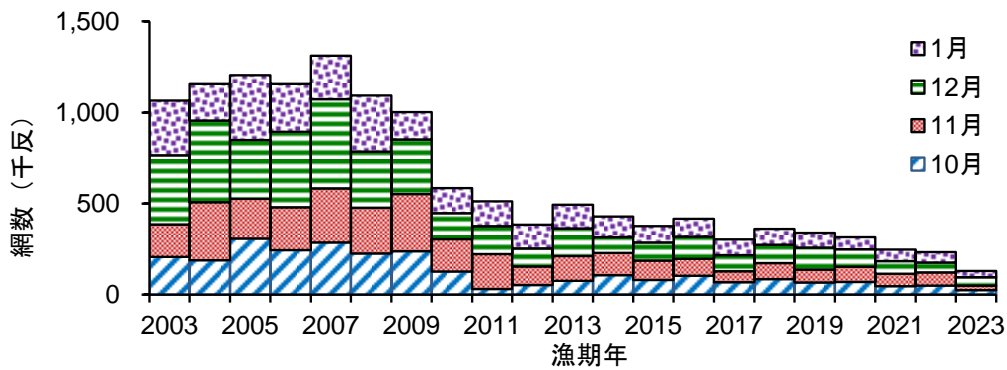


図 3-5. 襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網漁業の網数（補正值）

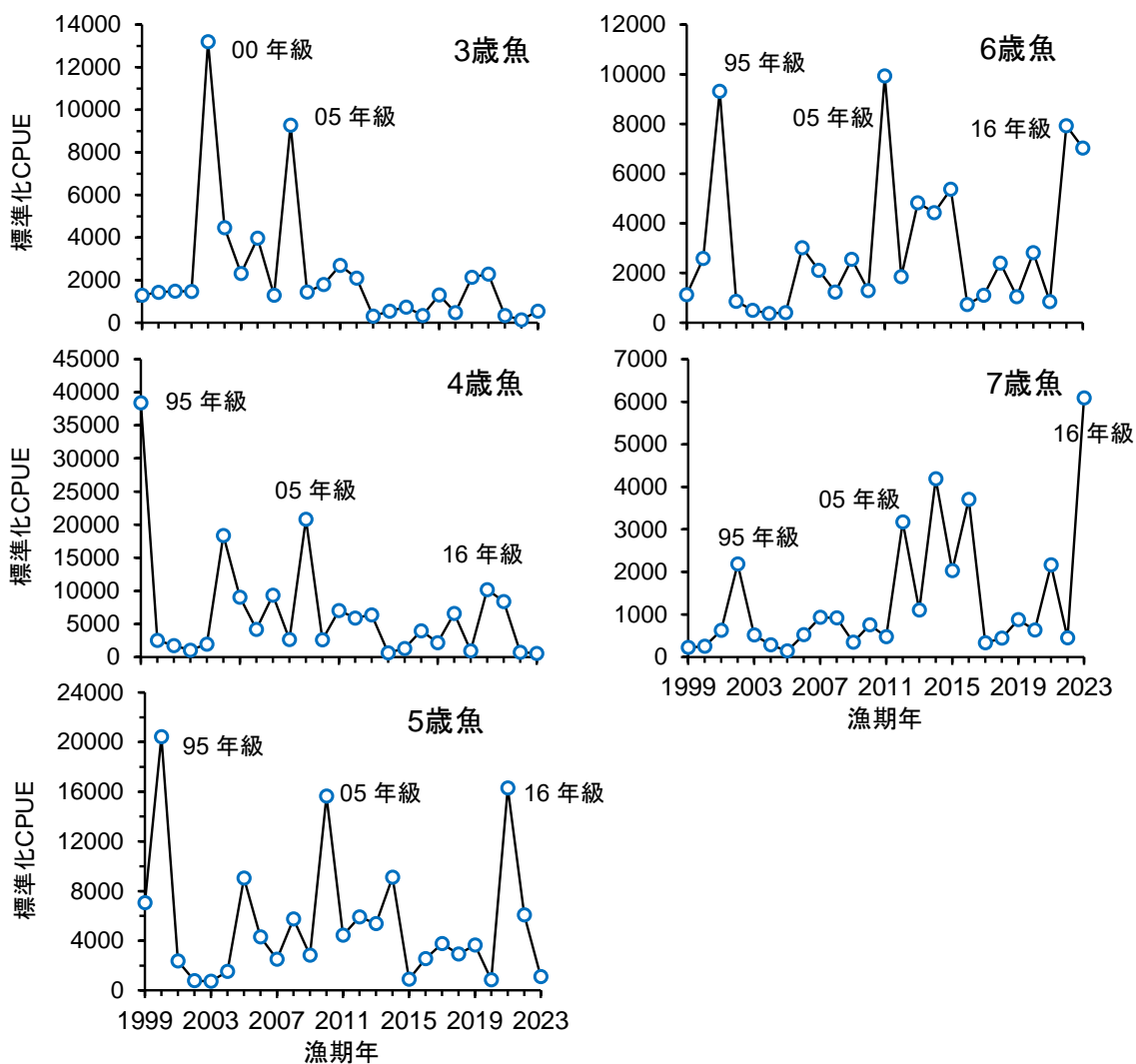


図 4-1. 北海道根拠の沖合底びき網漁業での年齢別標準化 CPUE

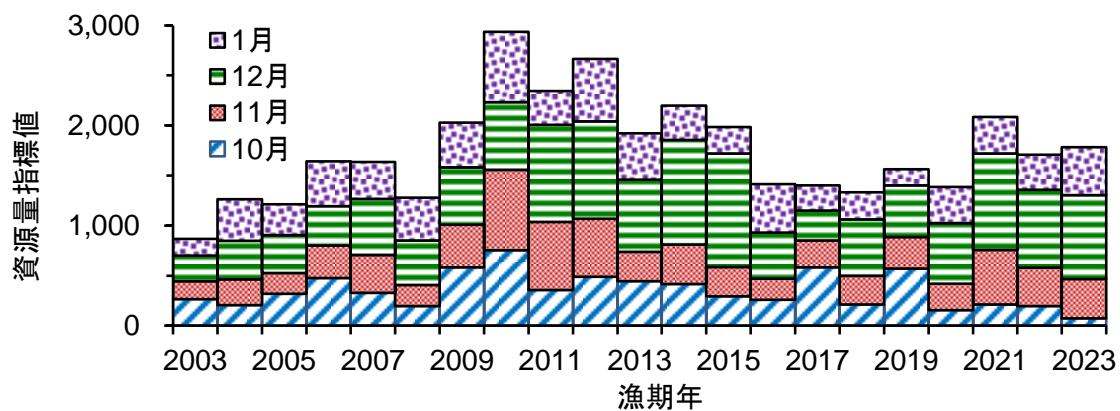


図 4-2. 漁獲成績報告書から算出した襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値

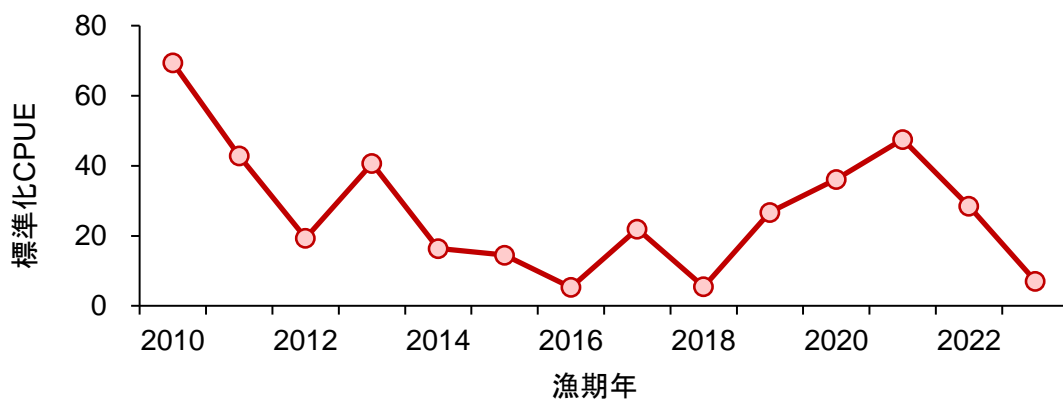


図 4-3. 操業日誌に基づく襟裳以西海域のすけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE

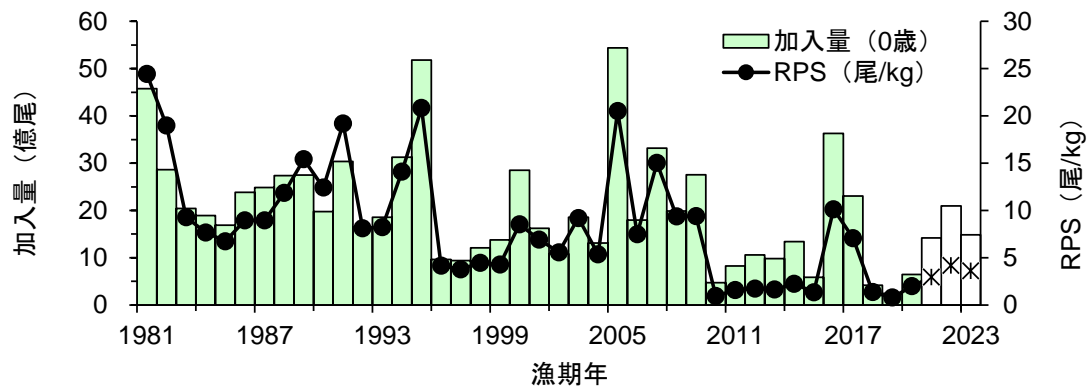


図 4-4. 加入量（0歳魚の資源尾数）と再生産成功率（RPS）の推移
 調査からの推算値に基づく加入量（白抜き）に対応する再生産成功率は*で示した。

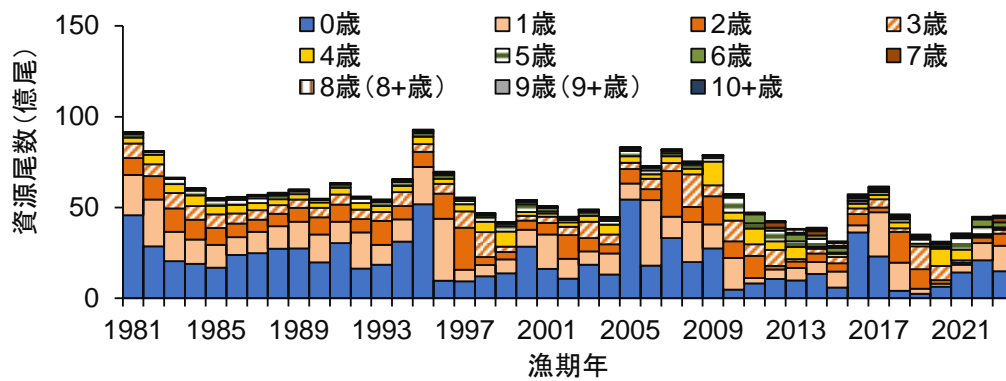


図 4-5. 年齢別資源尾数の推移

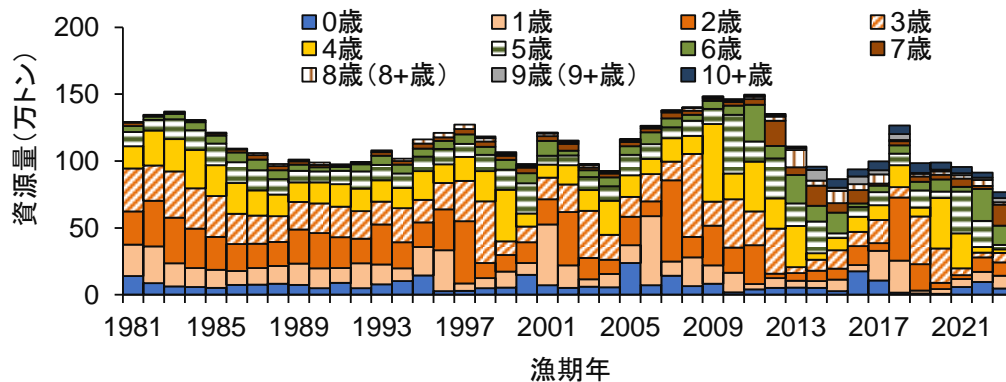


図 4-6. 年齢別資源重量の推移

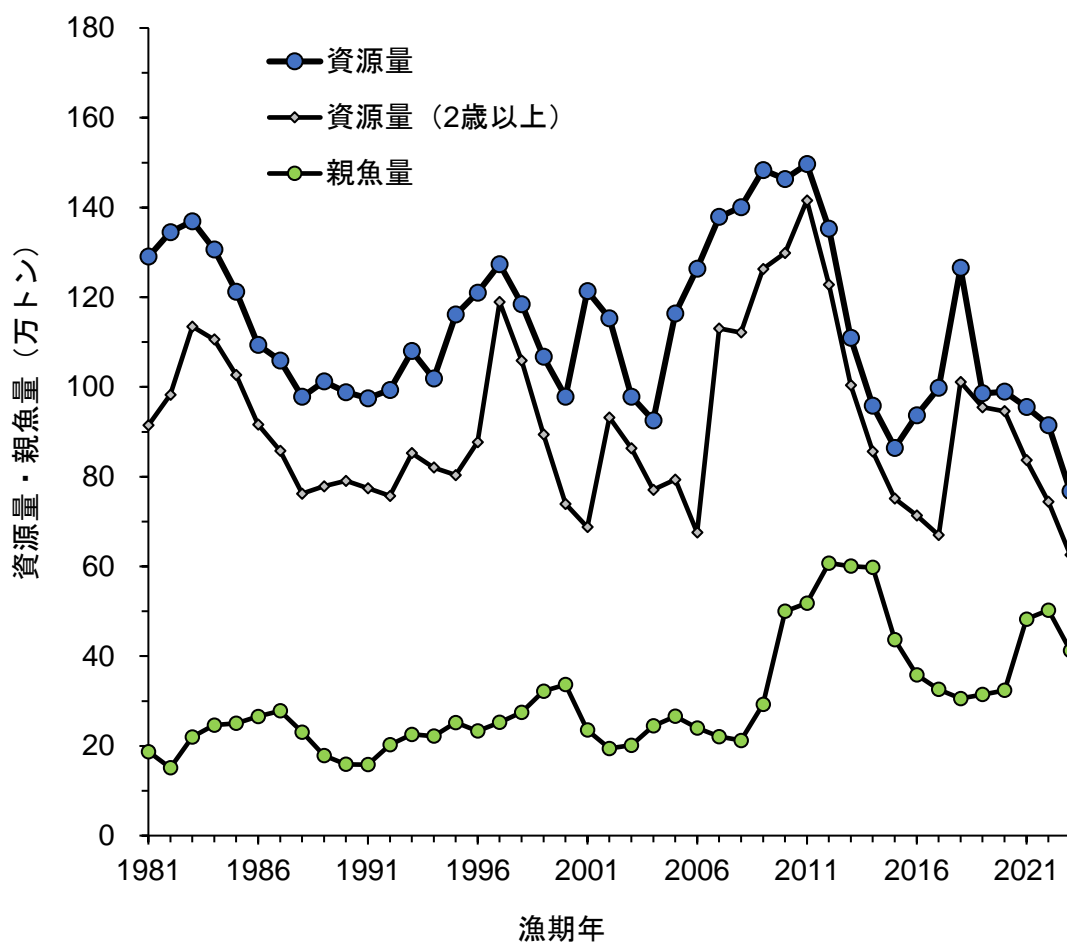


図 4-7. 資源量 (0 歳以上の総重量および 2 歳以上の総重量)、および親魚量の推移

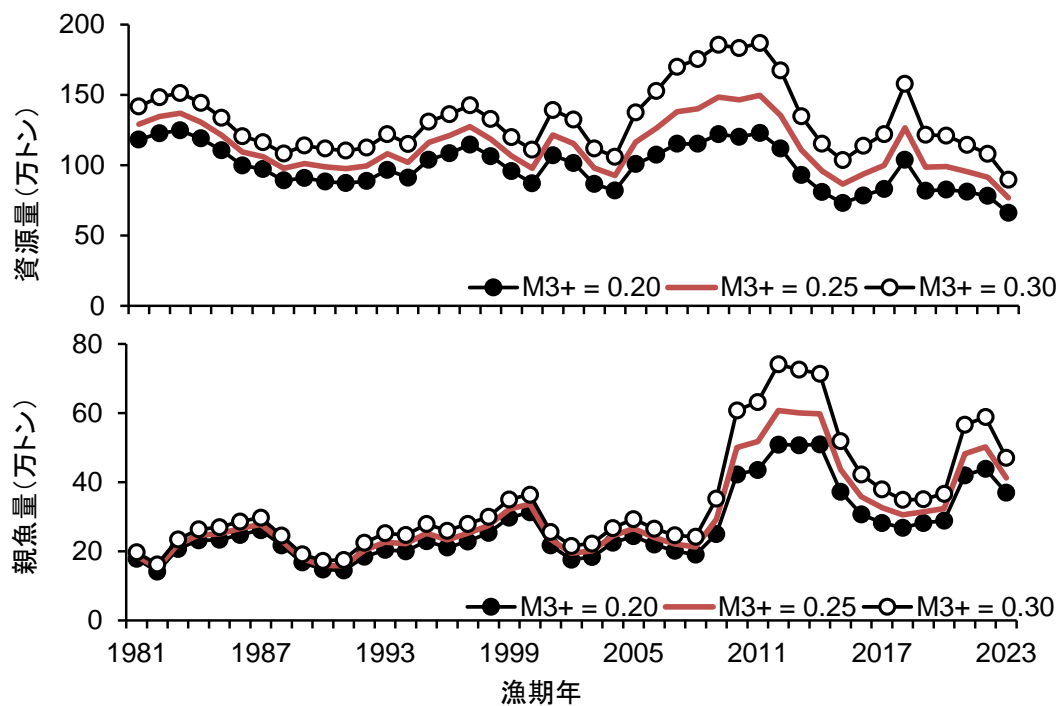


図 4-8. 自然死亡係数 M を変化させた場合の資源量および親魚量

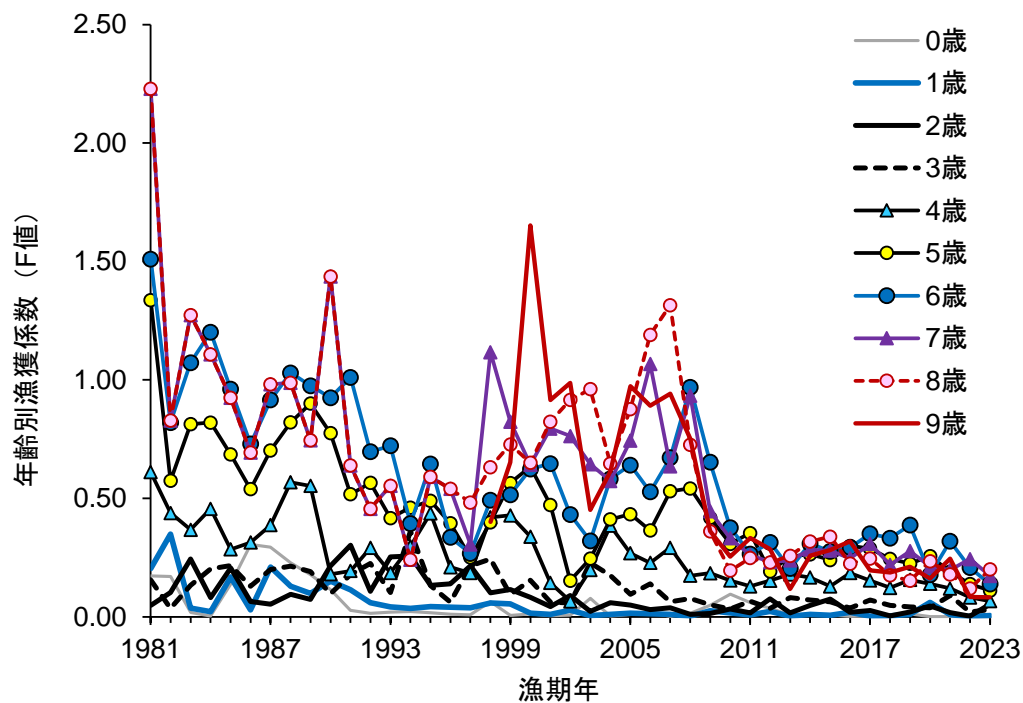


図 4-9. 各年齢の漁獲係数 (F 値) の推移
10 歳以上の F 値は 9 歳と同じである。

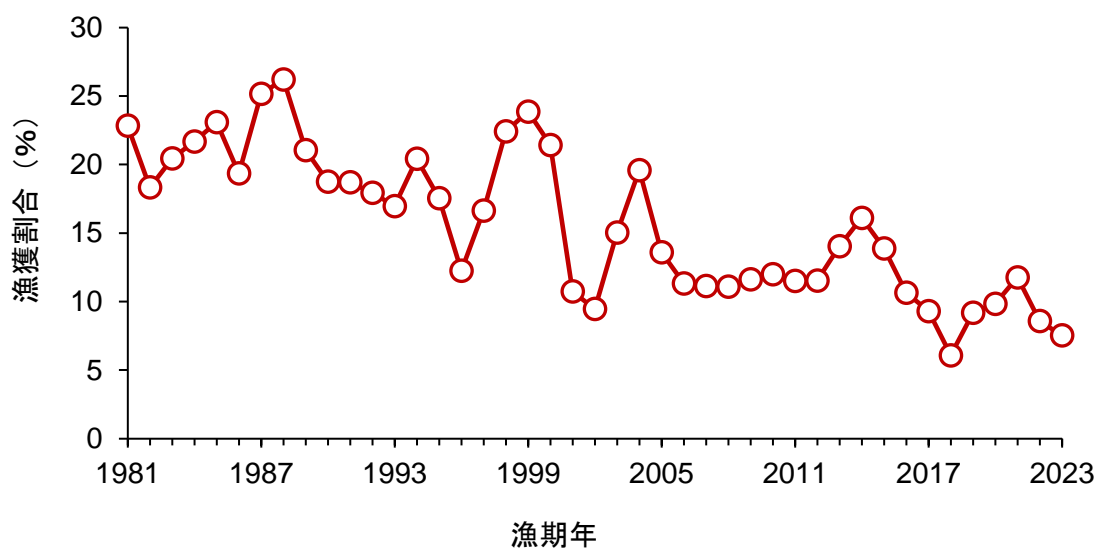


図 4-10. 漁獲割合の推移

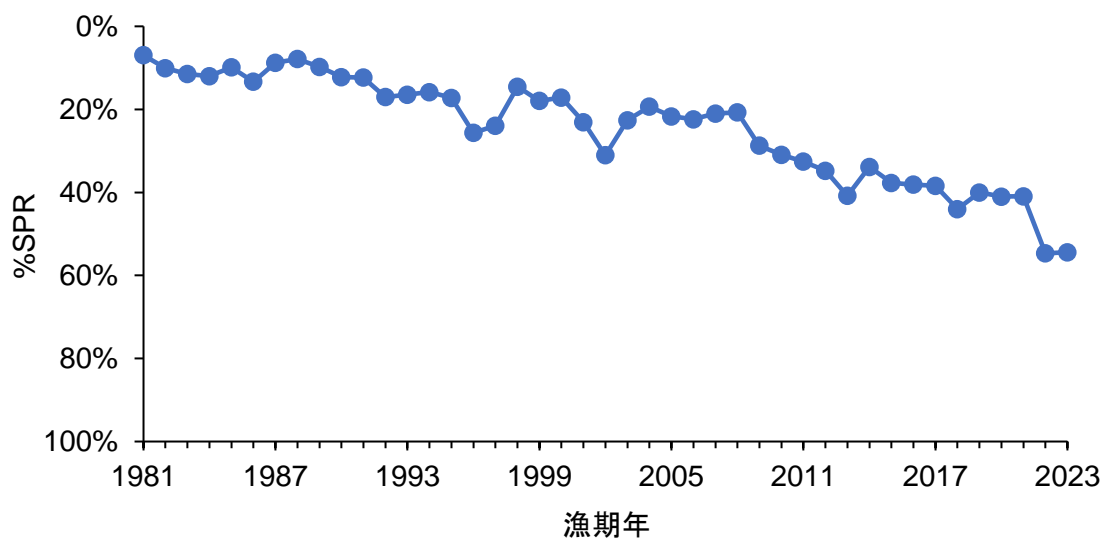


図 4-11. 各漁期年の年齢別漁獲係数 (F 値) における %SPR の経年推移

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

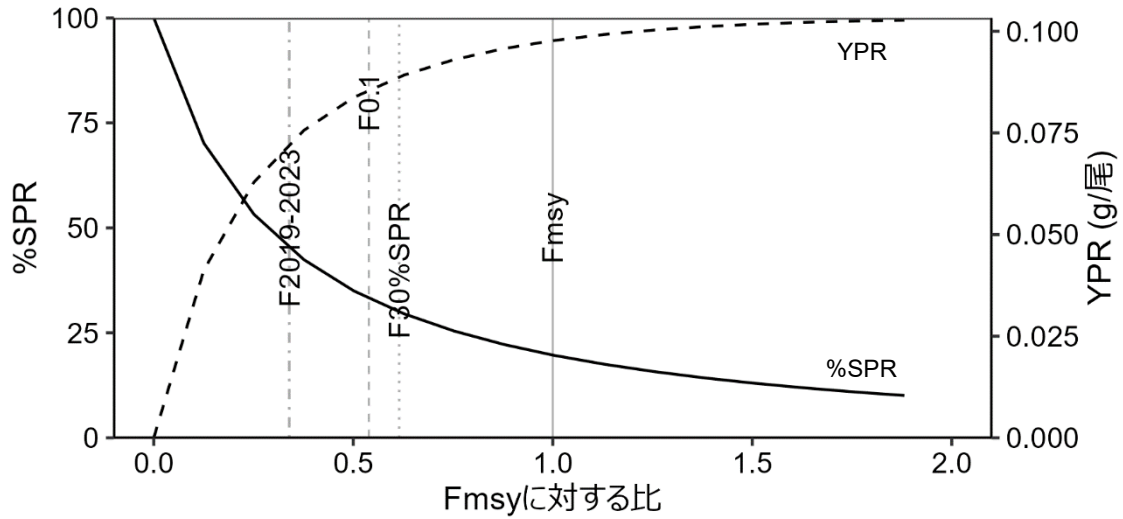


図 4-12. Fmsy に対する YPR と%SPR の関係

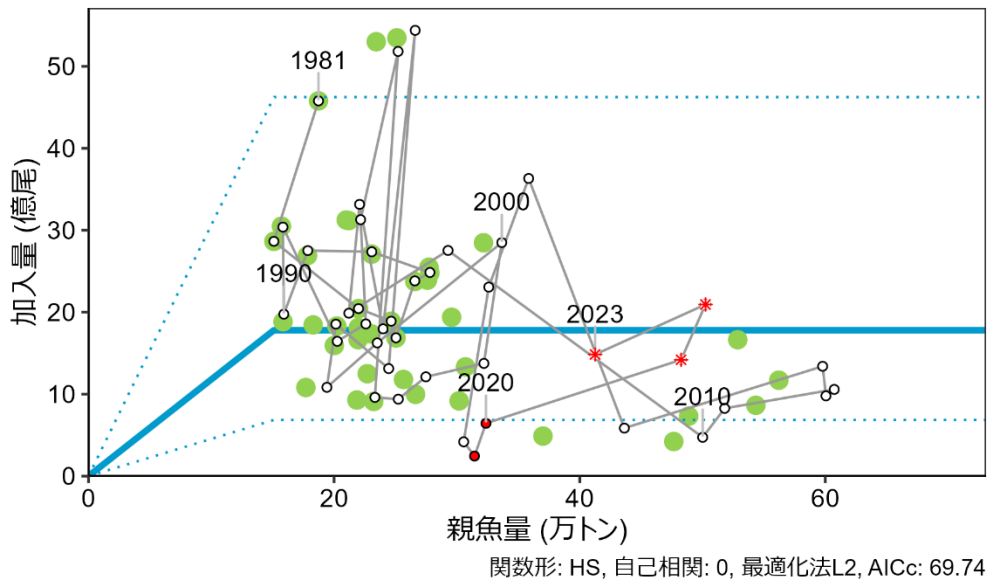


図 4-13. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

緑色プロットは令和 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）。丸プロットは本年度の資源評価における親魚量と加入量のデータであり、直近 5 年分は赤色とした。そのうち直近 3 年分は加入量を調査船調査の結果に基づき推算している（*印のプロット）。図中の数字は年級群を示す。

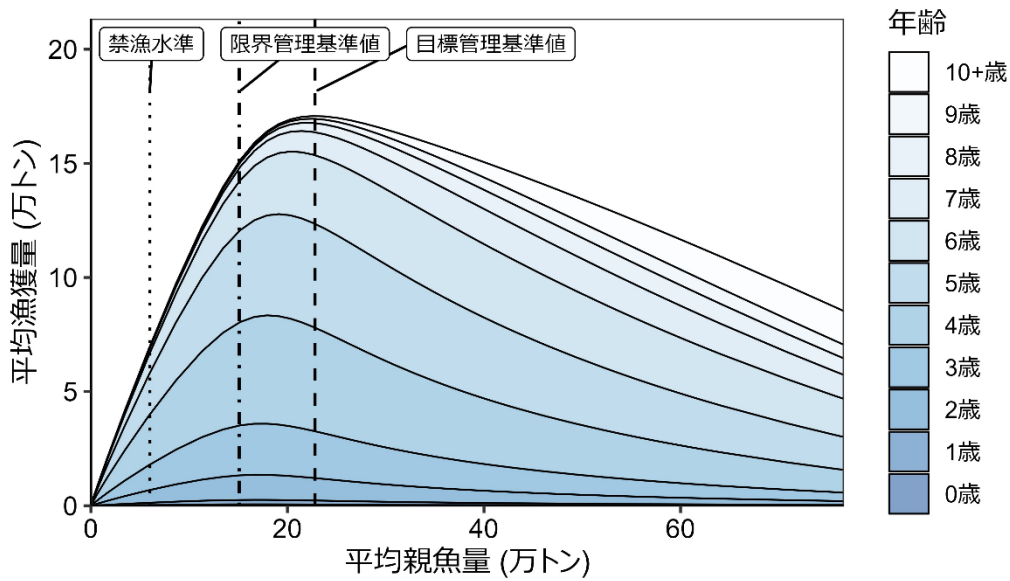


図 4-14. 管理基準値と年齢別漁獲量曲線

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

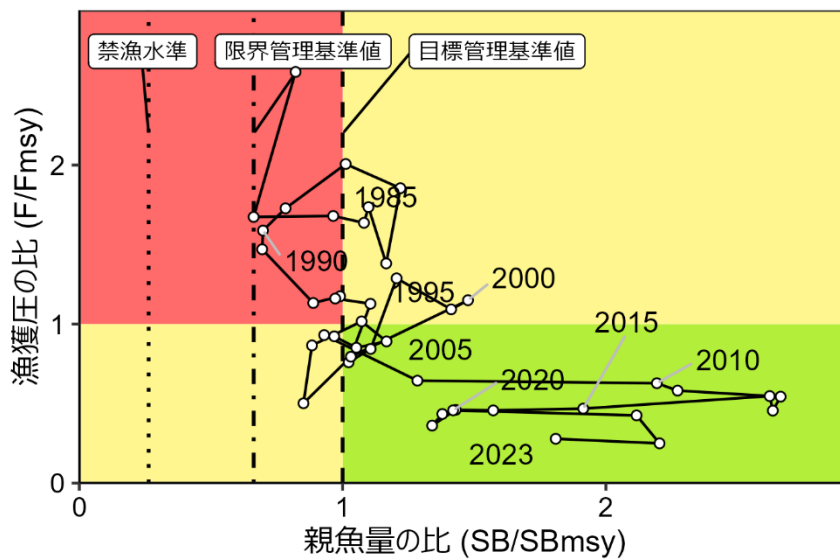
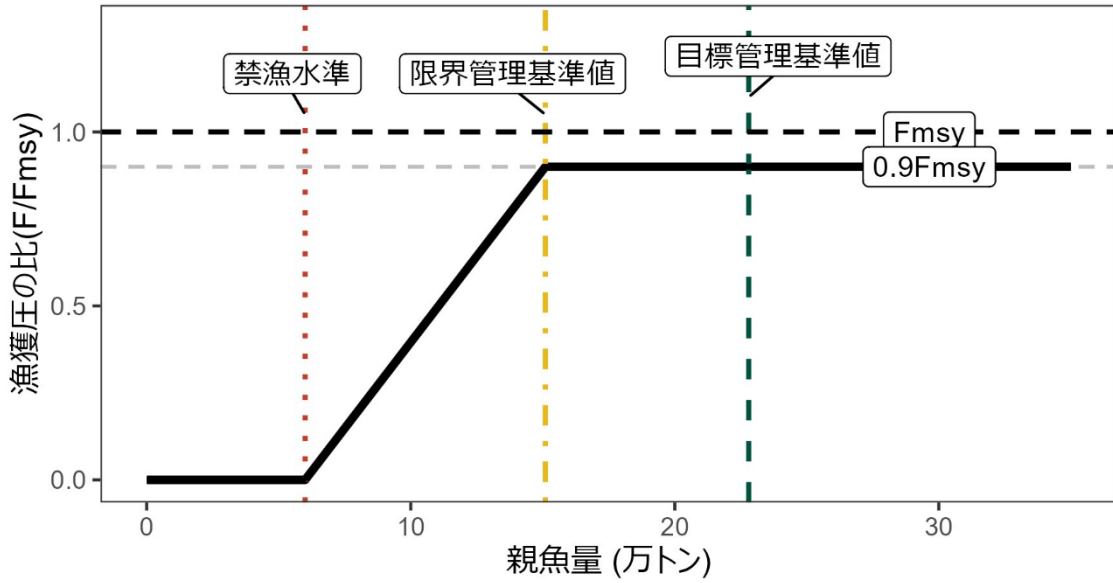


図 4-15. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) および SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する、親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

a)



b)

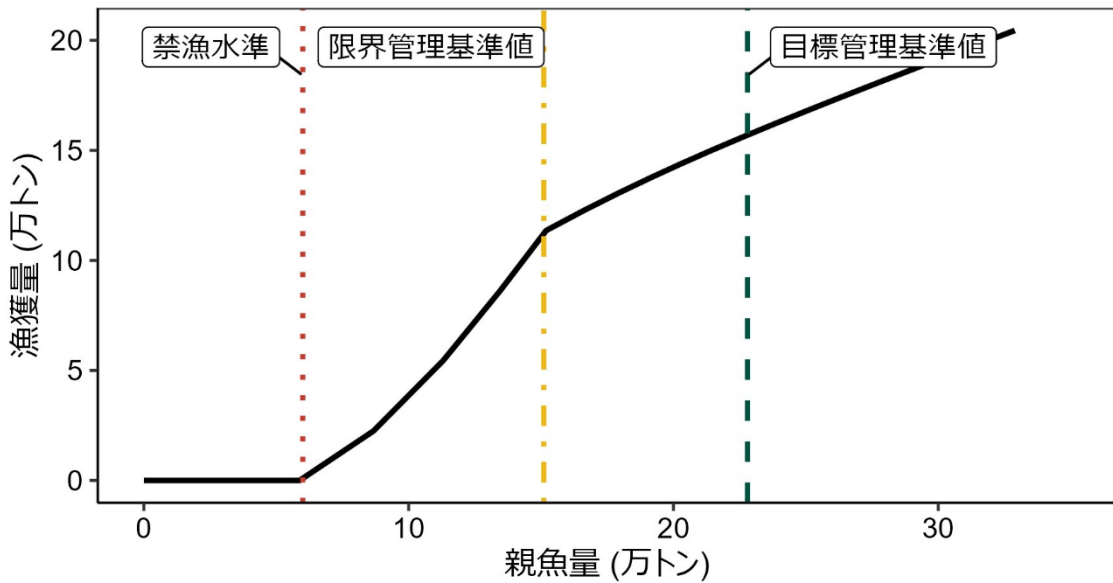


図 5-1. 漁獲管理規則（調整係数 β を 0.9 とした場合のものを示す）

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

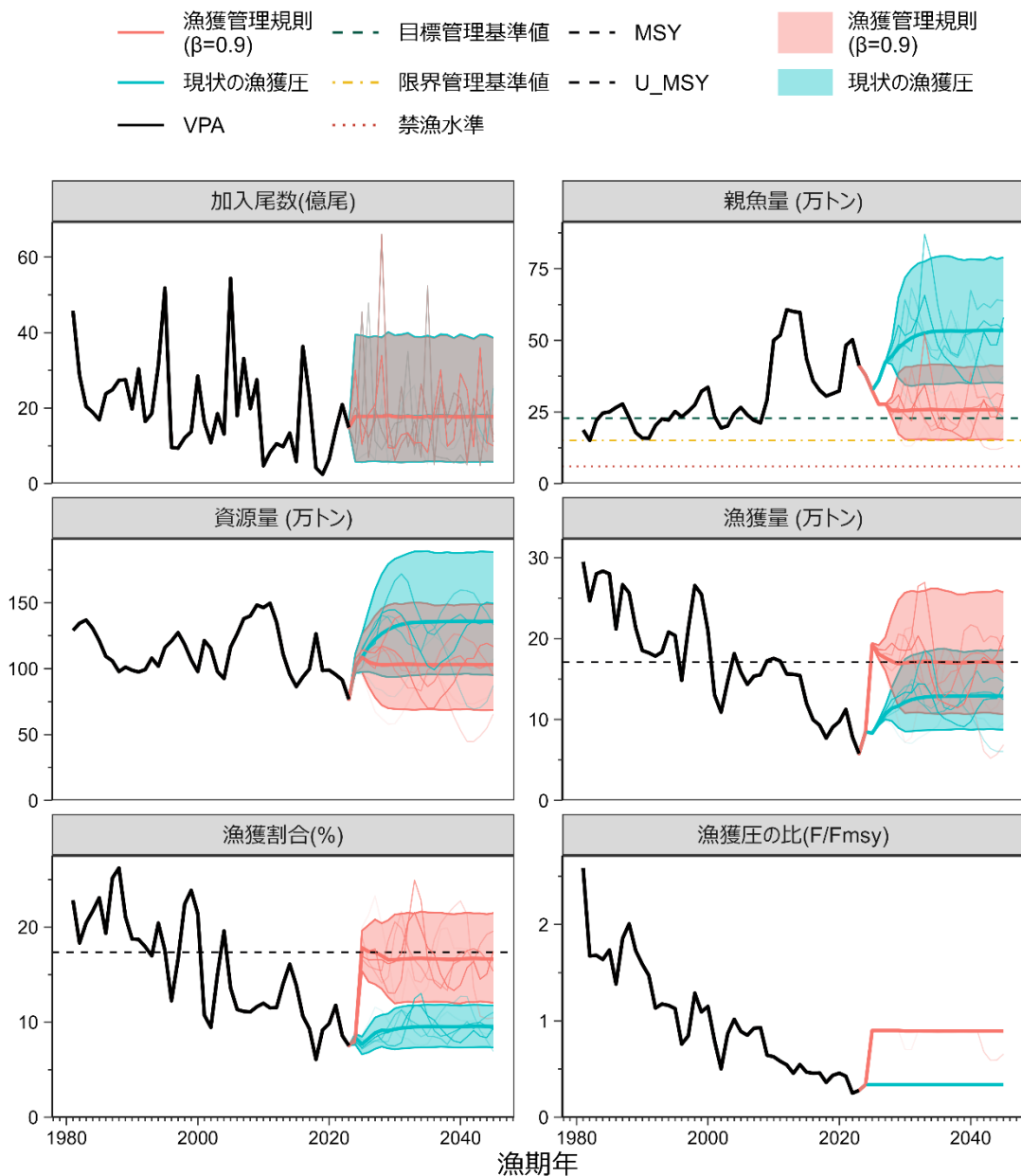


図 5-2. 漁獲シナリオに則した漁獲管理規則に従って漁獲を続けた場合と現状の漁獲圧 (F2019-2023) で漁獲を続けた場合との将来予測の比較

2025 年漁期以降を漁獲シナリオに則した漁獲管理規則 (調整係数 β は 0.9) に従った場合を赤色で、現状の漁獲圧 (F2019-2023) で漁獲した場合を青色で示した。太実線は平均値、網掛けは 90% 区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄一点鎖線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。漁獲量の図の黒破線は最大持続生産量 (MSY) を、漁獲割合の図の黒破線は目標管理基準値を維持する漁獲割合 (Umsy) を示す。2024 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2019-2023) により仮定した。

表 3-1. スケトウダラ太平洋系群の海域別漁獲量（漁期年集計：トン）

漁期年	東北太平洋			襟裳以西			
	海域計	沖底	沿岸漁業	海域計	沖底	沿岸漁業	韓国漁船
1975	29,157			57,186			
1976	40,065			44,458			
1977	42,829			73,709			
1978	31,796			47,458			
1979	25,400			48,616			
1980	37,769			60,093			
1981	67,423	53,327	14,096	68,803	8,311	60,492	0
1982	54,378	41,886	12,492	42,075	7,955	34,120	0
1983	49,258	38,304	10,954	58,815	8,205	50,610	0
1984	42,763	27,482	15,281	97,802	9,582	88,220	0
1985	39,477	29,388	10,089	112,697	13,233	99,464	0
1986	37,052	24,099	12,953	96,051	11,831	84,220	0
1987	47,845	36,053	11,792	125,863	14,215	97,395	14,253
1988	51,047	41,971	9,076	98,087	7,803	77,649	12,634
1989	43,007	35,475	7,532	99,528	9,987	81,837	7,704
1990	41,375	35,913	5,462	63,088	11,204	49,041	2,842
1991	32,788	28,361	4,427	68,169	14,745	53,424	0
1992	21,403	19,447	1,956	100,428	18,559	81,869	0
1993	15,734	14,347	1,387	76,792	14,312	62,480	0
1994	7,689	6,939	750	69,814	23,115	46,699	0
1995	12,222	11,526	696	79,766	24,725	55,041	0
1996	15,734	14,914	820	60,219	13,473	46,746	0
1997	9,078	8,662	416	65,201	13,339	51,861	0
1998	14,911	14,303	607	98,684	17,417	81,267	0
1999	8,293	7,591	702	153,609	29,195	124,414	0
2000	8,901	8,280	621	111,787	21,799	89,988	0
2001	9,403	9,048	355	72,872	19,947	52,925	0
2002	10,175	9,179	996	36,006	15,405	20,601	0
2003	10,813	8,736	2,077	64,749	19,866	44,883	0
2004	25,432	23,844	1,588	90,095	20,261	69,833	0
2005	15,839	14,045	1,793	80,401	19,885	60,516	0
2006	16,817	14,567	2,250	69,043	19,846	49,197	0
2007	11,716	10,791	925	81,395	27,072	54,323	0
2008	17,440	14,738	2,702	73,552	21,741	51,812	0
2009	15,847	14,070	1,777	85,251	19,305	65,945	0
2010	12,998	12,175	822	96,103	19,086	77,017	0
2011	16,781	16,304	477	79,577	19,846	59,731	0
2012	17,687	17,215	472	70,114	20,109	50,004	0
2013	16,400	15,293	1,108	72,467	20,244	52,223	0
2014	19,752	18,220	1,532	63,929	21,541	42,388	0
2015	11,428	10,778	650	49,908	16,024	33,885	0
2016	9,697	9,303	394	40,308	14,756	25,552	0
2017	6,134	5,681	453	40,615	9,234	31,381	0
2018	4,911	4,537	374	35,155	10,554	24,601	0
2019	6,226	5,477	750	39,385	12,362	27,023	0
2020	9,249	8,542	707	42,313	13,803	28,510	0
2021	13,973	13,540	433	44,747	10,936	33,811	0
2022*	17,467	15,307	2,161	36,998	11,599	25,399	0
2023*	8,453	8,364	90	27,678	9,196	18,482	0

漁期年は4月～翌年3月。

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

襟裳以西の沿岸漁業：知内町～えりも町えりも。

*2022、2023年漁期は暫定値。

表 3-1. (続き)

漁期年	道東				北方四島	全海域		
	海域計	沖底	沿岸漁業	韓国漁船	沖底	日本漁船	韓国漁船	合計
1975	50,893				137,145	274,381		274,381
1976	87,657				73,591	245,771		245,771
1977	94,744				62,291	273,573		273,573
1978	70,766				78,939	228,959		228,959
1979	47,027				93,002	214,045		214,045
1980	73,666				106,621	278,149		278,149
1981	78,986	75,326	3,660	0	79,553	294,765	0	294,765
1982	64,197	60,012	4,185	0	85,856	246,506	0	246,506
1983	91,975	83,470	8,505	0	79,868	279,916	0	279,916
1984	73,093	67,031	6,062	0	69,696	283,354	0	283,354
1985	88,621	79,431	9,190	0	39,124	279,919	0	279,919
1986	60,113	53,349	6,764	0	18,517	211,733	0	211,733
1987	78,658	58,540	4,700	15,418	14,106	236,801	29,671	266,472
1988	90,147	64,198	3,400	22,549	17,089	221,187	35,183	256,370
1989	66,955	55,894	2,369	8,692	3,647	196,741	16,396	213,137
1990	79,786	61,399	3,011	15,376	1,011	167,041	18,218	185,259
1991	79,748	61,724	2,621	15,403	1,603	166,906	15,403	182,309
1992	54,515	32,396	3,133	18,986	1,851	159,211	18,986	178,197
1993	89,097	54,609	1,768	32,721	1,751	150,653	32,721	183,374
1994	128,104	68,152	2,937	57,015	2,433	151,026	57,015	208,041
1995	109,375	44,689	7,841	56,845	2,350	146,869	56,845	203,714
1996	71,292	31,803	4,080	35,409	1,037	112,874	35,409	148,283
1997	136,633	86,156	3,711	46,766	1,007	165,153	46,766	211,919
1998	151,551	71,301	5,725	74,525	313	190,934	74,525	265,459
1999	91,398	77,005	5,316	9,076	1,425	245,649	9,076	254,725
2000	87,840	81,155	6,685	0	1,041	209,568	0	209,568
2001	47,346	42,487	4,859	0	805	130,426	0	130,426
2002	61,130	59,606	1,524	0	1,757	109,069	0	109,069
2003	69,406	67,457	1,949	0	2,146	147,114	0	147,114
2004	64,149	58,487	5,662	0	1,759	181,435	0	181,435
2005	60,145	53,442	6,703	0	1,883	158,268	0	158,268
2006	54,954	50,467	4,487	0	2,432	143,246	0	143,246
2007	58,009	53,384	4,625	0	2,430	153,549	0	153,549
2008	61,852	57,297	4,554	0	2,409	155,254	0	155,254
2009	69,574	63,756	5,818	0	1,828	172,499	0	172,499
2010	64,889	60,283	4,606	0	1,485	175,474	0	175,474
2011	74,303	70,549	3,754	0	1,579	172,239	0	172,239
2012	67,127	61,911	5,216	0	1,244	156,172	0	156,172
2013	65,437	60,959	4,478	0	1,519	155,823	0	155,823
2014	70,256	65,424	4,832	0	400	154,337	0	154,337
2015	58,667	55,812	2,855	0	0	120,003	0	120,003
2016	49,742	46,601	3,141	0	0	99,748	0	99,748
2017	46,170	42,563	3,607	0	0	92,919	0	92,919
2018	36,883	34,965	1,919	0	0	76,949	0	76,949
2019	44,869	43,300	1,569	0	0	90,480	0	90,480
2020	45,874	43,901	1,972	0	0	97,436	0	97,436
2021	53,758	51,701	2,058	0	0	112,478	0	112,478
2022*	24,041	22,637	1,404	0	0	78,506	0	78,506
2023*	21,731	19,979	1,752	0	0	57,862	0	57,862

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。

*2022、2023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	16.0	3.2	44.0	8.3	11.8	1.6
2016	14.7	2.7	36.7	9.1	9.9	1.2
2017	9.2	2.8	33.0	8.7	9.5	1.2
2018	10.5	2.7	26.7	9.9	8.3	1.4
2019	12.4	2.8	33.6	9.4	9.7	1.2
2020	13.8	2.0	33.6	8.2	10.3	1.0
2021	10.9	1.5	39.8	8.9	11.9	0.9
2022	11.6	1.4	15.7	7.5	7.0	0.8
2023*	9.2	1.2	13.3	7.3	6.7	0.8

漁期年は4月～翌年3月。

スケトウダラ有漁操業：スケトウダラが漁獲された操業。

*2023年漁期は暫定値。

表 3-2. (続き)

漁期年	スケトウダラの割合の多い順に1年の漁獲量の90%を占める操業を抜き出して集計								
	襟裳以西			道東					
	かけまわし			かけまわし			オッタートロール		
	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網
1996	12.3	3.7	3.3	6.1	3.3	1.8	21.9	3.7	6.0
1997	11.3	2.8	4.0	16.2	3.5	4.7	62.2	4.2	14.8
1998	16.1	3.2	5.1	23.8	5.6	4.3	39.1	3.1	12.7
1999	26.8	2.6	10.3	21.8	2.7	8.0	47.0	3.0	15.8
2000	20.2	2.4	8.4	33.5	6.2	5.4	39.4	3.3	12.1
2001	19.1	2.7	7.1	19.3	5.7	3.4	17.9	2.9	6.3
2002	14.0	1.7	8.2	21.1	3.6	5.8	33.4	3.4	9.8
2003	17.9	2.3	7.8	19.8	3.0	6.6	42.4	3.6	11.9
2004	18.7	2.2	8.7	15.5	2.6	5.9	37.7	3.6	10.4
2005	18.3	2.1	8.9	18.3	3.2	5.7	30.4	4.0	7.5
2006	19.0	2.8	6.8	17.3	3.6	4.9	28.6	4.5	6.4
2007	25.5	2.8	9.1	15.1	3.7	4.1	33.2	3.9	8.5
2008	20.4	2.2	9.4	20.0	3.0	6.8	32.1	3.5	9.0
2009	17.5	1.9	9.1	24.3	4.0	6.0	33.8	3.1	10.8
2010	17.4	1.9	9.2	24.8	4.6	5.4	29.8	3.3	9.0
2011	18.0	1.9	9.6	30.1	4.6	6.5	33.6	3.0	11.2
2012	18.5	2.0	9.1	31.0	4.7	6.6	24.4	2.4	10.1
2013	18.8	2.0	9.5	37.0	5.5	6.7	17.4	1.9	9.0
2014	20.7	2.3	9.2	37.7	5.3	7.1	20.0	2.3	8.8
2015	15.1	1.8	8.4	38.1	5.7	6.7	11.5	1.4	8.5
2016	14.2	1.5	9.7	31.1	5.2	6.0	9.9	1.1	9.3
2017	8.7	1.6	5.5	28.5	5.2	5.4	9.5	1.2	8.2
2018	9.9	1.4	7.1	22.9	5.5	4.2	8.1	1.3	6.5
2019	11.8	1.7	6.8	28.8	5.4	5.3	9.5	1.0	9.3
2020	12.8	1.3	9.8	29.1	4.3	6.7	10.0	0.9	11.5
2021	9.9	0.9	11.6	34.9	4.9	7.1	11.6	0.8	15.1
2022	11.3	1.0	11.4	12.8	2.5	5.1	6.7	0.6	10.3
2023*	9.0	0.8	11.9	10.7	2.1	5.1	6.5	0.7	9.6

漁期年は4月～翌年3月。

*2023年漁期は暫定値。

表 4-1. 資源解析結果

漁期年	漁獲量 (万トン)	資源量 (万トン)	2歳魚以上 の資源量 (万トン)	親魚量 (万トン)	加入量 (0歳魚の 資源尾数; 億尾)	漁獲割合 (%)	%SPR	F/Fmsy	再生産 成功率 (尾/kg)
1981	29.5	129.1	91.5	18.7	45.8	23	7	2.59	24.4
1982	24.7	134.5	98.3	15.1	28.6	18	10	1.67	19.0
1983	28.0	136.9	113.4	22.0	20.4	20	11	1.68	9.3
1984	28.3	130.7	110.6	24.6	18.9	22	12	1.64	7.7
1985	28.0	121.2	102.6	25.0	16.9	23	10	1.74	6.7
1986	21.2	109.4	91.6	26.6	23.8	19	13	1.38	9.0
1987	26.6	105.9	85.8	27.8	24.8	25	9	1.85	8.9
1988	25.6	97.8	76.2	23.1	27.4	26	8	2.01	11.9
1989	21.3	101.2	77.9	17.9	27.5	21	10	1.73	15.4
1990	18.5	98.8	79.1	15.9	19.8	19	12	1.59	12.4
1991	18.2	97.5	77.4	15.8	30.4	19	12	1.47	19.2
1992	17.8	99.3	75.7	20.3	16.4	18	17	1.13	8.1
1993	18.3	108.0	85.3	22.6	18.6	17	16	1.17	8.2
1994	20.8	101.9	82.0	22.2	31.3	20	16	1.16	14.1
1995	20.4	116.1	80.3	25.2	51.8	18	17	1.13	20.6
1996	14.8	121.0	87.7	23.3	9.6	12	26	0.76	4.1
1997	21.2	127.4	118.9	25.2	9.4	17	24	0.84	3.7
1998	26.5	118.4	105.8	27.5	12.1	22	15	1.29	4.4
1999	25.5	106.7	89.4	32.2	13.8	24	18	1.09	4.3
2000	21.0	97.8	73.9	33.7	28.5	21	17	1.15	8.5
2001	13.0	121.4	68.8	23.5	16.3	11	23	0.79	6.9
2002	10.9	115.3	93.2	19.4	10.8	9	31	0.50	5.6
2003	14.7	97.8	86.3	20.1	18.5	15	23	0.87	9.2
2004	18.1	92.6	77.1	24.4	13.1	20	19	1.02	5.4
2005	15.8	116.4	79.4	26.6	54.4	14	22	0.89	20.4
2006	14.3	126.4	67.5	24.0	18.0	11	22	0.85	7.5
2007	15.4	137.9	113.0	22.1	33.2	11	21	0.92	15.0
2008	15.5	140.1	112.1	21.2	19.9	11	21	0.93	9.4
2009	17.2	148.3	126.3	29.3	27.5	12	29	0.64	9.4
2010	17.5	146.4	129.9	50.0	4.7	12	31	0.63	0.9
2011	17.2	149.7	141.6	51.8	8.3	12	33	0.58	1.6
2012	15.6	135.3	122.8	60.7	10.6	12	35	0.54	1.7
2013	15.6	110.9	100.4	60.1	9.8	14	41	0.46	1.6
2014	15.4	95.8	85.6	59.8	13.4	16	34	0.55	2.2
2015	12.0	86.4	75.1	43.6	5.9	14	38	0.47	1.3
2016	10.0	93.7	71.4	35.8	36.3	11	38	0.46	10.1
2017	9.3	99.8	67.0	32.6	23.1	9	38	0.46	7.1
2018	7.7	126.6	101.1	30.6	4.2	6	44	0.36	1.4
2019	9.0	98.6	95.5	31.4	2.4	9	40	0.43	0.8
2020	9.7	99.0	94.6	32.4	6.4	10	41	0.46	2.0
2021	11.2	95.5	83.7	48.3	14.2	12	41	0.43	2.9
2022	7.9*	91.5	74.4	50.2	20.9	9	55	0.25	4.2
2023	5.8*	76.8	62.6	41.3	14.8	8	54	0.28	3.6

漁期年は4月～翌年3月。

2021～2023年漁期の0歳加入尾数は調査結果に基づき推定した。2021～2023年漁期の資源量、漁獲割合、%SPR、および再生産成功率は当該推定値の影響を受ける。

*2022、2023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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055		
1.0	100	100	100	100	49	42	44	45	46	46	46	45	44	44		
0.9			100	100	97	57	57	58	59	59	59	59	58	58	58	
0.8			100	100	100	76	71	72	72	73	73	73	72	72	72	
0.7			100	100	100	93	85	85	85	86	85	85	85	85	85	
0.6			100	100	100	100	95	94	95	95	95	94	94	94	94	
0.5			100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99	99	98	
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
F2019-2023			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	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055		
1.0	100	100	100	100	100	96	91	91	92	92	91	91	90	91		
0.9			100	100	100	100	96	96	96	96	96	96	95	96	95	
0.8			100	100	100	100	99	98	99	99	99	98	98	98	98	
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
F2019-2023			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

2025年漁期以降に用いる漁獲管理規則の調整係数 β を 0~1.0 で変更した場合、および現状の漁獲圧 (F2019-2023) を継続した場合の将来予測の結果を示す。2024年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2019-2023) により仮定した。資源管理基本方針における現在の漁獲シナリオは 2021~2031年漁期について定められている。なお現状の漁獲圧 (F2019-2023) は、親魚量が限界管理基準値以上の場合の漁獲管理規則において調整係数 β が 0.34 のときの漁獲圧に相当する。

表 5-2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

(a) 親魚量の平均値 (千トン)

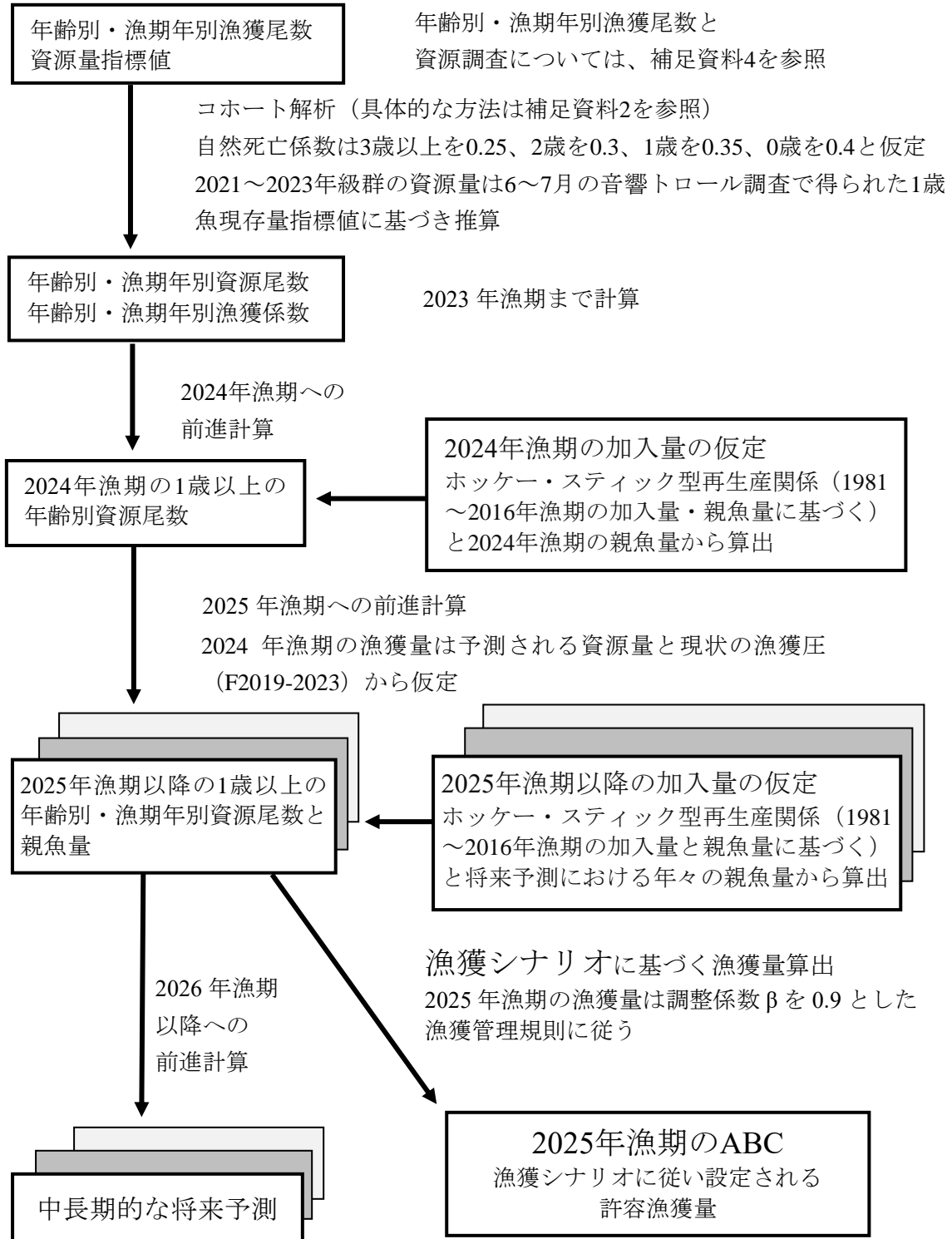
β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055
1.0	378	325	264	258	234	231	232	234	235	235	236	234	233	232
0.9			277	277	255	253	255	256	257	258	259	258	256	255
0.8			290	298	279	280	282	284	285	286	287	286	285	284
0.7			304	320	307	310	314	317	319	320	321	320	319	318
0.6			318	345	339	346	352	357	360	361	363	362	361	360
0.5			334	373	375	388	398	405	410	413	415	415	414	413
0.4			350	404	417	438	454	465	473	477	481	482	482	480
0.3			367	438	465	498	522	541	553	561	567	570	573	571
0.2			386	476	521	570	607	636	657	671	682	688	699	697
0.1			405	518	587	658	713	759	794	819	839	852	884	882
0.0			426	565	663	764	846	918	977	1022	1060	1087	1175	1179
F2019-2023			360	424	445	473	494	509	519	525	530	532	534	532

(b) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2045	2055
1.0	85	209	190	182	176	172	172	173	174	174	174	173	172	172
0.9		193	181	176	172	169	170	171	171	172	171	171	170	170
0.8		175	170	169	167	165	166	167	168	168	168	168	167	167
0.7		157	157	160	160	159	161	162	163	163	164	163	163	163
0.6		138	143	149	152	151	154	156	157	157	157	157	157	157
0.5		118	127	136	140	141	145	147	148	149	149	149	149	149
0.4		96	108	119	125	127	132	134	136	137	138	138	138	137
0.3		74	86	98	105	109	113	117	119	120	121	122	122	122
0.2		51	61	72	79	83	88	92	94	96	97	98	99	99
0.1		26	33	40	45	48	52	55	57	58	60	60	62	62
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2019-2023		83	95	107	114	117	121	125	126	128	128	129	129	129

2025年漁期以降に用いる漁獲管理規則の調整係数 β を 0~1.0 で変更した場合、および現状の漁獲圧 (F2019-2023) を継続した場合の将来予測の結果を示す。2024年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2019-2023) により仮定した。資源管理基本方針における現在の漁獲シナリオは 2021~2031年漁期について定められている。なお現状の漁獲圧 (F2019-2023) は、親魚量が限界管理基準値以上の場合の漁獲管理規則において調整係数 β が 0.34 のときの漁獲圧に相当する。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 計算方法

(1) 年齢別漁獲尾数

年齢別漁獲尾数は漁業別・海域別に求めた。海域は大きく3つ（道東、襟裳以西、および東北太平洋）に分け、それぞれの海域内をさらに2~3海域に分割し、各海域で年齢別漁獲尾数の推定のための漁獲物サンプルを収集した。

道東では沖底については東西で2海域に分け、その主要水揚げ港である釧路にて、両海域の漁獲物サンプルを収集した。2015年漁期まではオッタートロールから漁獲物サンプルを得ていたが、2016年漁期以降はオッタートロールに加えてかけまわしの漁獲物サンプルも収集している。道東の沿岸漁業については、1994年漁期以降、釧路および広尾の刺し網から漁獲物サンプルを得た。襟裳以西でも沖底については東西で2海域に分け、それぞれの主要水揚げ港である室蘭・浦河にて両海域の漁獲物サンプルを収集した。襟裳以西の沿岸漁業については、主要漁法である刺し網を対象に、渡島・胆振・日高の3つに分けた海域の各主要水揚げ港（鹿部・登別・様似）で漁獲物サンプルを得た。各海域・各漁業の漁獲物サンプルは沖底では基本的に毎月、沿岸漁業では盛漁期に1~2ヵ月毎に収集した。漁獲物サンプルは1件あたり100尾程度であり、すべての個体を年齢査定し、漁獲物サンプルごとに年齢組成を得た。この年齢組成を対応する海域別・月別・漁業別の漁獲量で引き延ばし、年齢別漁獲尾数を推定した。漁獲物サンプルが得られなかった月・海域については、隣接する月・海域の年齢組成の情報を用いた。直近2023年漁期の漁獲物サンプルの収集情報として、補足表2-1に道東の沖底および襟裳以西の沖底と刺し網での漁獲物サンプルと、その年齢組成の引き延ばしに対応する当該漁業の漁獲量を示した。

東北太平洋では、漁期年を3つ（4~8月、9~12月、1~3月）に分け、それぞれの時期に対応したAge-length-keyを、主に4月の調査船若鷹丸での漁獲物サンプル、10月の調査船若鷹丸での漁獲物サンプル、1~3月の八戸市場での沖底漁獲物サンプルの年齢査定結果に基づき作成した。これを2つに分けた海域（岩手県以北と宮城県以南）で、それぞれ各県の試験研究機関が得た体長組成に時期別に当てはめ、時期別・海域別の漁獲量で引き延ばすことで、年齢別漁獲尾数を推定した。直近2023年漁期のAge-length-keyを補足表2-2に示した。

なお、過去の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。

(2) コホート計算

年齢別資源尾数、資源量、親魚量、漁獲係数を、コホート解析により推定した。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2-3）。コホート解析では、スケトウダラ的生活史に基づき4月を起点とし、年齢別に各値を求めた。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年漁期以前は8歳以上（8+歳）、1998年漁期は9歳以上（9+歳）、1999年漁期以降は10歳以上（10+歳）とした。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2-4)。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、2023年漁期の親魚量とは、2022年漁期末に産卵を行った親魚量であり、2023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2-5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2021~2023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2-6)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2-7)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年漁期にプラスグループとする年齢を延長しているため、1996年漁期以前の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年漁期以降の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年漁期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 年漁期および 1998 年漁期を除き、プラスグループより 1 歳下の年齢の F と等しいとした。

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

最終年の 3～9 歳魚の F は、リッジ VPA (Okamura et al. 2017) の手法に準じて推定した。なお、0～2 歳の F 値は直近 3 年間の加入量に調査からの推算値を与えていることからコホート計算の前進法により得られた年齢別資源尾数(後述)と年齢別漁獲尾数から算出した。また 10+歳の F 値は 9 歳の F 値と同じと仮定した。リッジ VPA は F の大きさに応じてペナルティを課すことで、推定の不安定性を軽減させる手法である。チューニング指標値への適合度を示す尤度 L (負の対数尤度 $-\ln L$ として定義) と F の二乗値へのペナルティを重みづけした目的関数を (8) 式で定義し、これを最小化するように F を推定した。その際、特にレトロスペクティブバイアスの強い 3 歳の F 値と、それ以外の年齢 (4～9 歳) の F 値とでペナルティの重みを η により変える手法を用いた。それぞれの λ および η は、レトロスペクティブ解析により得られる親魚量および各年齢 F 値 (3～9 歳) の推定値の差が最小になる値を探索して用いた。なお、(8) 式の α は λ および η の探索を容易にするためにペナルティ項に便宜的に与える重みであり、本解析では $\alpha=100$ とした。レトロスペクティブ解析による推定値間の差の指標には (9) (10) 式に示した平方二乗誤差率 (RMSPE: Root Mean Square Percentage Error) を用いた。

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

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

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

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

ここで R_i は i 年分のレトロスペクティブ計算の値であることを示す。また、 n は推定値の差を比較する範囲であり、本解析ではコホート年数分だけ比較するため $n=11$ とした。親魚量は (11) 式で定義される。すなわち、RMSPE は前年のデータを用いた推定結果と、最新データを i 年分落とした場合とでのコホート年数分の推定値の差を割合として示したものとイえる。レトロスペクティブ計算においてデータを遡る年数は 5 年とし、 λ ($0 \leq \lambda < 1$) および η ($0 \leq \eta \leq 1$) 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。

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

ここで、 $I_{a,y}$ は y 年漁期の a 歳の沖底の標準化 CPUE (補注 1)、 $D_{a,y}$ は y 年漁期の漁期中央における a 歳の資源尾数、 J_y は刺し網による資源量指標値、 K_y は刺し網による標準化 CPUE (補注 2)、 S_y は漁期中親魚量である。 $D_{a,y}$ と S_y はそれぞれ (13) および (14) 式により求めた。漁期中親魚量の計算には補足表 2-8 に示した漁期中成熟割合 (図 2-3 の成熟割合) を用いた。

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ここで、n は各チューニング指標値のデータの年数である。チューニング指標値の期間は、沖底の年齢別標準化 CPUE については 1999 年漁期以降、刺し網の資源量指標値と標準化 CPUE はそれぞれ 2003 年漁期以降、2010 年漁期以降である。各チューニング指標値と予測値との残差プロットおよび経年推移については補足図 2-1 および補足図 2-2 に、各チューニング指標値と予測値とのべき乗関係については補足図 2-3 に示した。それぞれにおいて問題のある残差傾向は見られないと判断し、指標値と予測値との関係はべき乗関係を仮定して問題ないと考えられた。b_a、q_a、b'、b''、q'、q''、σ_a、σ'、σ''の推定結果については補足表 2-9 に示した。チューニング後のコホート解析による資源解析結果の詳細は補足資料 5 に示した。探索の結果、親魚量および年齢別 F 値の RMSPE の平均が最小となった λ と η の組み合わせ (λ=0.785、η=0.955) を解析に用いた (補足資料 6)。

(3) 直近 3 年間の加入量

2021～2023 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、2020 年級群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 年級群を対象とした調査 (2022～2024 年度) の 1 歳魚の現存尾数指標値を当てはめることで、2021～2023 年級群の 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、2021～2023 年漁期の 0 歳魚の資源尾数、および 2022 年漁期の 2 歳魚の資源尾数を、それぞれコホート解析の後進計算 ((1) 式) および前進計算 ((21) 式) により求めた。なお、各年齢 F 値は (7) 式で求めた。

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

調査での現存尾数指標値とコホート解析での資源尾数推定値との関係および線形関係式を補足図 2-4 に示す。線形外挿された 2021～2023 年級群の 1 歳魚時点の資源尾数は、それぞれ 9.51 億尾、14.03 億尾、および 9.95 億尾であった。また、後進計算により推算された 2021～2023 年級群の 0 歳魚時点での資源尾数 (加入量) は、それぞれ 14.20 億尾、20.94 億尾、および 14.84 億尾であった。

(4) 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、当該資源評価での 1981～2016 年漁期の加入量および親魚量に基づき最小二乗法でパラメータを推定したホッカー・スティック型関係式（加入量の残差の自己相関は考慮しない）とし、将来予測で用いたのと同様の自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重および漁獲の選択率がシミュレーションの条件付けに用いられた。選択率および漁獲物の平均体重には 2015～2019 年漁期における平均値が用いられた（補足表 2-10）。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。

(5) 将来予測の方法

推定した 2023 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 2024～2055 年漁期の将来予測計算を行った。10 歳以上のプラスグループについては、前年の 9 歳と 10 歳以上から前進させた。

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

将来予測での各年の加入量には、前述の MSY の推定で用いたホッカー・スティック型再生産関係式と上記の前進計算で得た各年の親魚量とで算出される値を用いた。加入量の不確実性として、その予測値に対数正規分布に従う誤差を与えた。将来予測における 2025 年漁期以降の漁獲圧は、漁獲シナリオに則した調整係数 β に 0.9 を用いた漁獲管理規則に従った。その際、選択率には MSY の算出に用いた選択率（すなわち、令和 2 年度の資源評価での将来予測に用いた 2015～2019 年漁期の平均年齢別 F 値に基づく選択率）を引き続き使用した。2024 年漁期の F 値には、現状の漁獲圧 ($F_{2019-2023}$) を用いた。 $F_{2019-2023}$ は、上記の選択率の下で 2019～2023 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。

(6) モデル診断

「令和 6 (2024) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針 (FRA-SA2024-ABCWG02-03)」(水産研究・教育機構 2024) に従って、本系群の資源評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。チューニング指標値を一つずつ取り除き推定結果への影響をみるジャックナイフ解析では、チューニング指標値

から年齢別標準化 CPUE のうち沖底 3 歳 CPUE を外した場合にコホート解析で加入量が推定される最終年の年級群 (2020 年級群) の資源尾数の推定が大きく上振れする (補足図 2-5)。これは、直近 2023 年漁期までのデータでは、2020 年級群の豊度の推定が 3 歳の標準化 CPUE に大きく依存するためである。他のチューニング指標値については、それぞれ一つだけ除いても推定値には大きく影響しない。これは 3 歳の資源尾数以外は複数の指標値がチューニングに関係しており、推定にあたり一つの指標値のみに大きく依存しないこと、およびそれぞれの指標値が持つ変化の傾向が、指標値間で大きく異なることが考えられる (補足図 2-5、2-6)。チューニングでの F の推定への初期値の影響をみるジッター解析の結果からは、初期値を様々に変えた場合でも推定される各年齢の F 値が変化しないことに加え、初期値を変えて推定値を得た場合でもその対数尤度が変わらないことから、使用した初期値でモデルは問題なく収束していることが確認され、推定値が局所解に陥っていることはないことが示された (補足図 2-7)。また、ブートストラップ法による信頼区間の推定結果からは、チューニング指標値の存在する 1999 年漁期以降について親魚量や資源量の推定値に明瞭なバイアスは生じていないことが示された (補足図 2-8)。

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

(7) 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. 4.4.0) (R Core Team 2024) にてパッケージ “frasyr (ver. 2.4.0.0)” を用いて実施した。

補注 1. 沖合底びき網漁業の年齢別標準化 CPUE

沖底の年齢別標準化 CPUE は、以下の手順により算出した。

- 1) 道東を釧路以東 (沖底小海区 31~35) と釧路以西 (同 30、36、37)、襟裳以西を浦河・静内沖 (同 28、29) と鶴川・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、1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が多い順に、1 年の漁獲量の 90% を占める操業 (すなわち Biseau (1998) の 90% 説明レベルに相当する操業データ) を抽出する。
- 3) 年・月・漁法・海域別の年齢組成データが、同時期・海域・漁法のスケトウダラ狙いの漁獲物年齢組成を反映していると見做し、年齢別の漁獲量・努力量データを求める。
- 4) スケトウダラ狙いの漁獲情報であっても、年齢によりゼロキャッチが生じる場合があるため、デルタ型 2 段階モデル (Lo et al. 1992) を標準化に使用する。これは第 1 段階として、ゼロキャッチデータの割合について二項分布を用いた一般化線形混合モデル (GLMM) 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 GLMM 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、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。ただし、近年の盛漁期のずれの影響を考慮し、月の効果は変量効果として扱った。また、月の効果との交互作用、およびデータの欠損が起きる交互作用についても変量効果として扱った。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) を算出した。

5) 最終的に選択されたモデルの式は以下の通りである；

[第 1 段階]：

$$\text{positive rate} \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Age} + \text{Area} + \text{Month} + \text{Year} \times \text{Age} + \text{error term},$$

[第 2 段階]：

$$\begin{aligned} \log(\text{CPUE}) \sim & \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Age} + \text{Area} + \text{Fishery} + \text{Month} + \text{Year} \times \text{Age} + \text{Age} \times \text{Area} + \\ & \text{Age} \times \text{Fishery} + \text{Year} \times \text{Month} + \text{Year} \times \text{Area} + \text{Age} \times \text{Month} + \text{Area} \times \text{Month} + \\ & \text{Fishery} \times \text{Month} + \text{error term} \end{aligned}$$

ここで Year は漁期年、Age は年齢、Month は月、Area は海域である。数式内で斜体にした月の主効果、漁期年と月、漁期年と海域、年齢と月、海域と月、漁法と月の交互作用は変量効果である。標準化における詳細は標準化 CPUE に関する文書 (FRA-SA2024-SC01-201) を参照のこと。

補注 2. すけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE (操業日誌)

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

- 1) データとなる操業日誌は、2010 年漁期より渡島、および胆振地区のすけとうだら固定式刺し網船団の代表船 (18 隻) が、操業日ごとの操業位置 (緯度・経度)、使用した網数 (反)、漁獲量 (kg) を記録したものをを用いた。
- 2) CPUE の標準化には正規分布を仮定した一般化線形モデルを利用し、応答変数に対数変換した船別日別の CPUE を、説明変数に年、月、漁具の中央部の水深、漁具の浸漬日数、船団名、操業エリアを用いた。CPUE は操業エリア、月、水深ごとに年変動パターンに違いが見られたので、これらの説明変数はそれぞれ年との交互作用としてモデル化した。操業データの中には漁獲が 0 であったデータも含まれたため、応答変数は CPUE に定数項を加えたものを対数変換したものとした。この定数項には、平均 CPUE の 10% の値を与えた (constant)。
- 3) 最終的に選択されたモデルは以下の通りである。
- 4) 年と操業エリアとの交互作用項が選択されたため、標準化 CPUE は最小二乗平均を操業エリアの面積で重みづけして算出した。

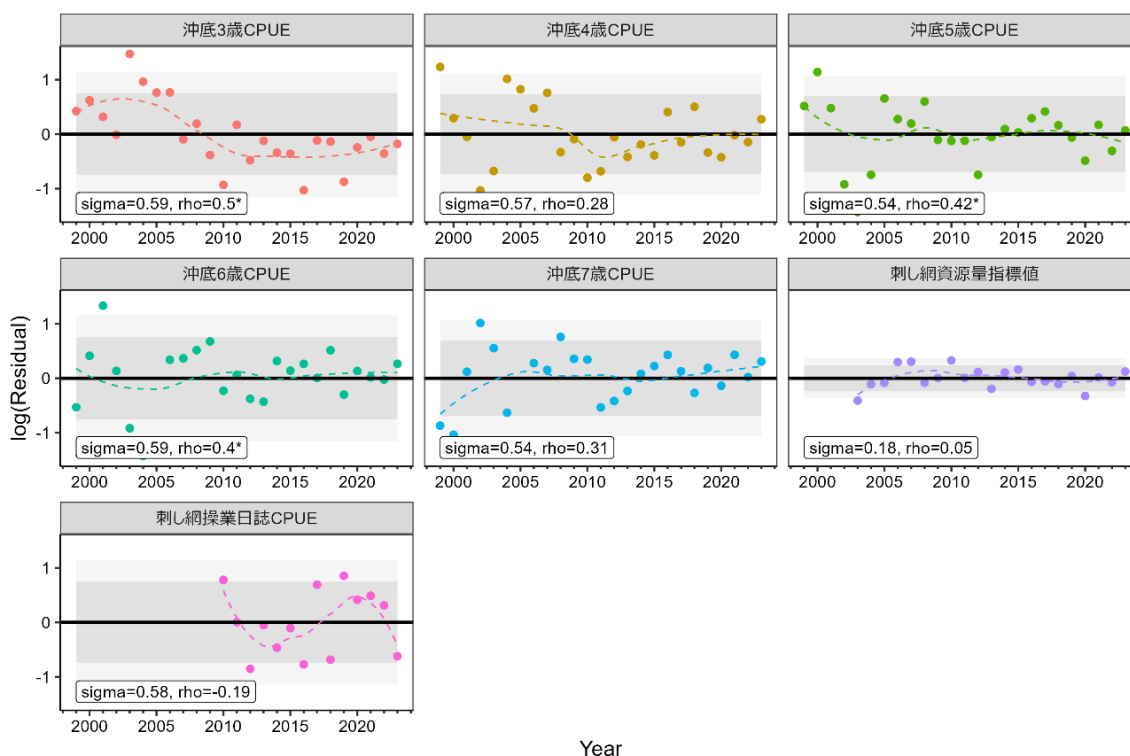
$$\begin{aligned} \log(\text{CPUE} + \text{constant}) \sim & \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Area} + \text{Depth} + \text{Duration} + \text{Group} + \\ & \text{Year} \times \text{Month} + \text{Year} \times \text{Area} + \text{Year} \times \text{Depth} + \text{error term} \end{aligned}$$

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 2010~2023 年漁期、Month は 10 月、11 月、12 月、および翌年 1~2

月（1月と2月のデータは合わせて扱った）、Areaは沖底漁区を基準として3つに分割した操業エリア、Depthは漁具の中央における水深（4階級：～100 m、～200 m、～300 m、～350 m以深）、Durationは漁具の浸漬日数（1～3日）、Groupは船団名である。すべての説明変数はカテゴリカル変数として用いた。

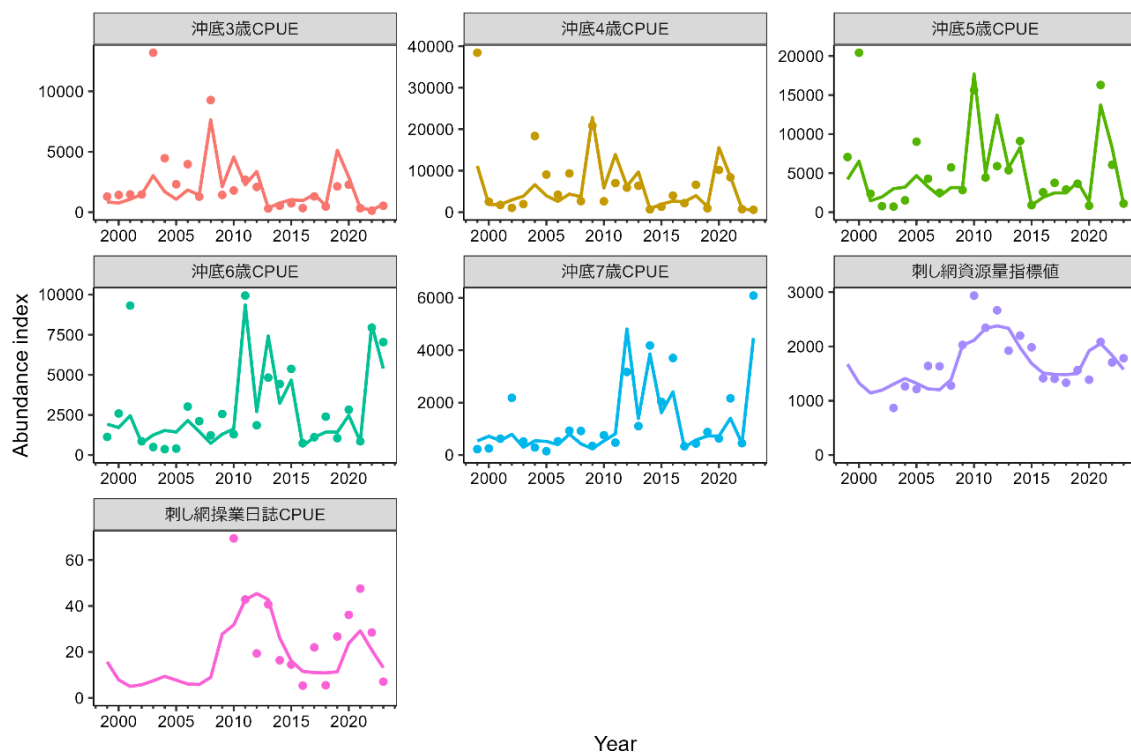
引用文献

- Biseau, A (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquat. Living Resour.* **11**, 119-136.
- 函館・栽培・釧路水産試験場 (印刷中) スケトウダラ太平洋海域. 2024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.
- 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 (2024) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez-Marín, E., H. Arrizabalaga, M. Ortiz, C. Rodríguez-Cabello, G. Moreno, and L.T. Kell (2003) Standardization of bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, catch per unit effort in the baitboat fishery of the Bay of Biscay (Eastern Atlantic). *ICES J. Mar. Sci.*, **60**, 1216-1231.
- 境 磨・千村昌之・千葉 悟・濱邊昂平・佐藤隆太・桑原風沙・伊藤正木・濱津友紀・鈴木勇人 (2024) 令和 6 (2024) 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-SA2024-SC01-201.
- 境 磨・千村昌之・石野光弘・河村眞美・成松庸二・貞安一廣 (2021) 令和 2 (2020) 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産研究・教育機構, 東京, 83pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2020/details_2020_12.pdf (last accessed 28 August 2024)
- 水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2024-ABCWG02-03, 水産研究・教育機構, 横浜, 13pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-03.pdf
- Widrig, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. *Fish. Bull. U.S.*, **56**, 141-166.



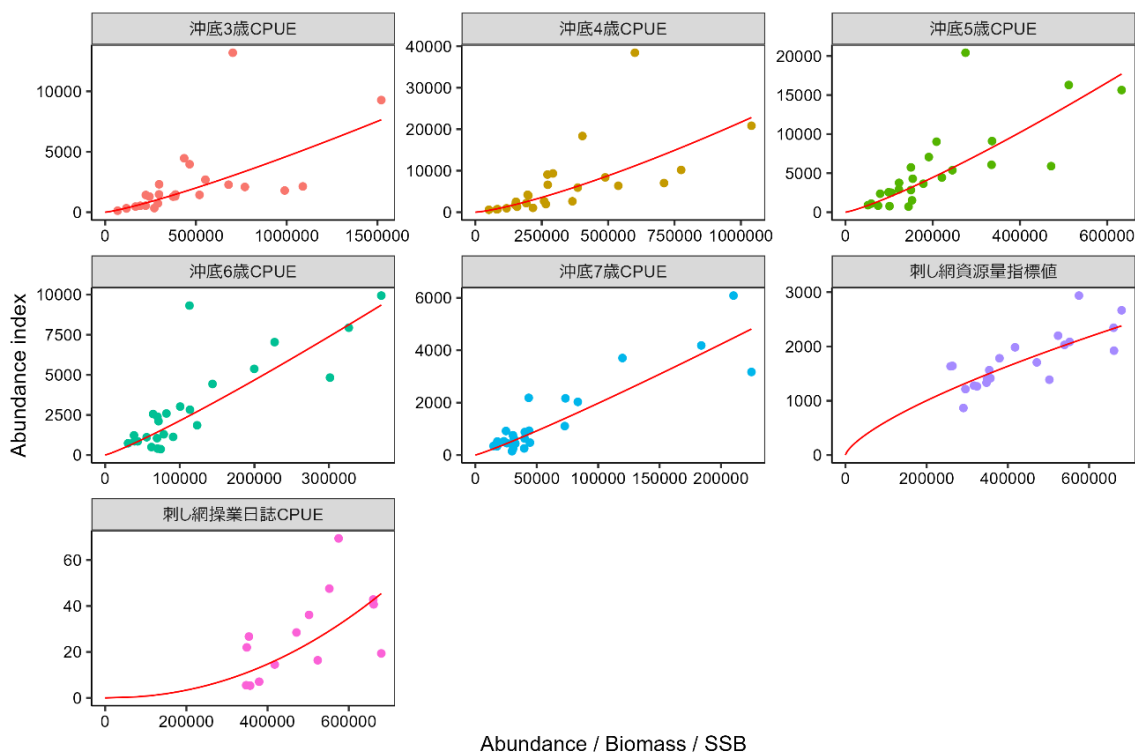
補足図 2-1. 各チューニング指標値の残差プロット

チューニングに用いた沖合底びき網漁業の3~7歳の年齢別標準化CPUE、すけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値、同漁業の操業日誌に基づく標準化CPUEへのあてはまりを示す。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。



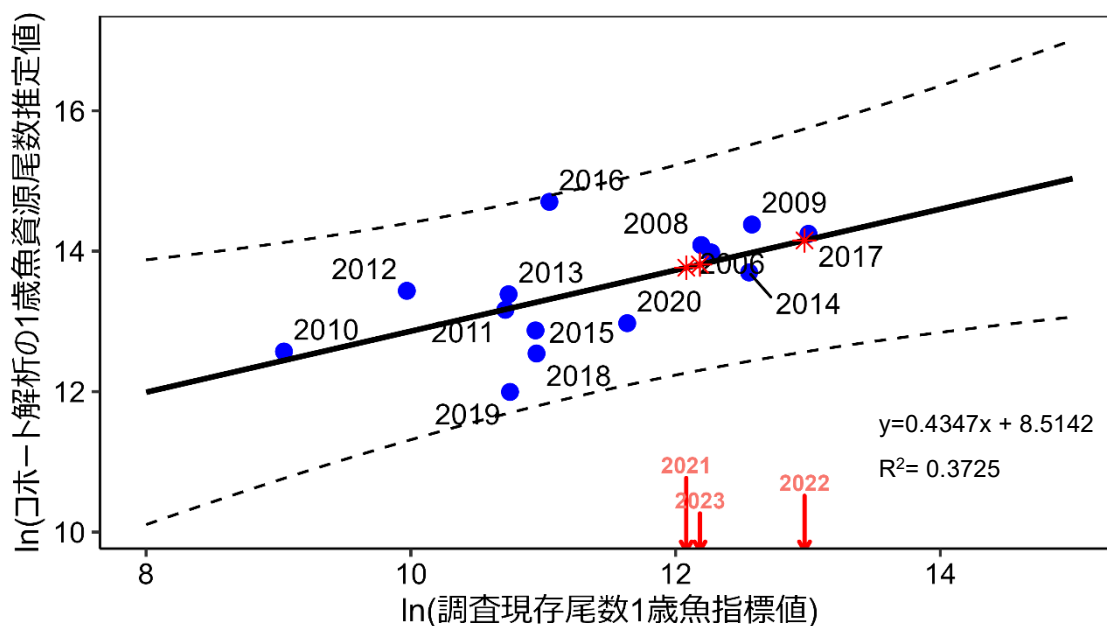
補足図 2-2. 資源尾数または親魚量とチューニング指標値の経年推移

チューニングに用いた沖合底びき網漁業の 3～7 歳の年齢別標準化 CPUE に対する各年齢の資源尾数の経年推移、すけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値に対する親魚量の経年推移、同漁業の操業日誌に基づく標準化 CPUE に対する産卵親魚量の経年推移を示す。



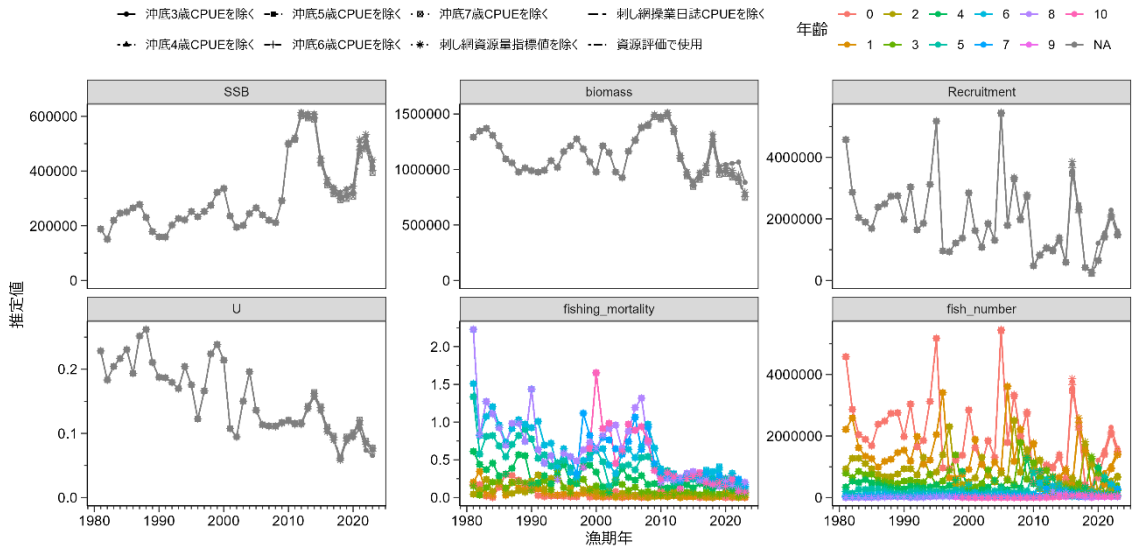
補足図 2-3. 資源尾数または親魚量とチューニング指標値との関係

チューニングに用いた沖合底びき網漁業の 3~7 歳の年齢別標準化 CPUE について各年齢の資源尾数との関係、すけとうだら固定式刺し網漁業の資源量指標値について親魚量との関係、同漁業の操業日誌に基づく標準化 CPUE について産卵親魚量との関係を示す。



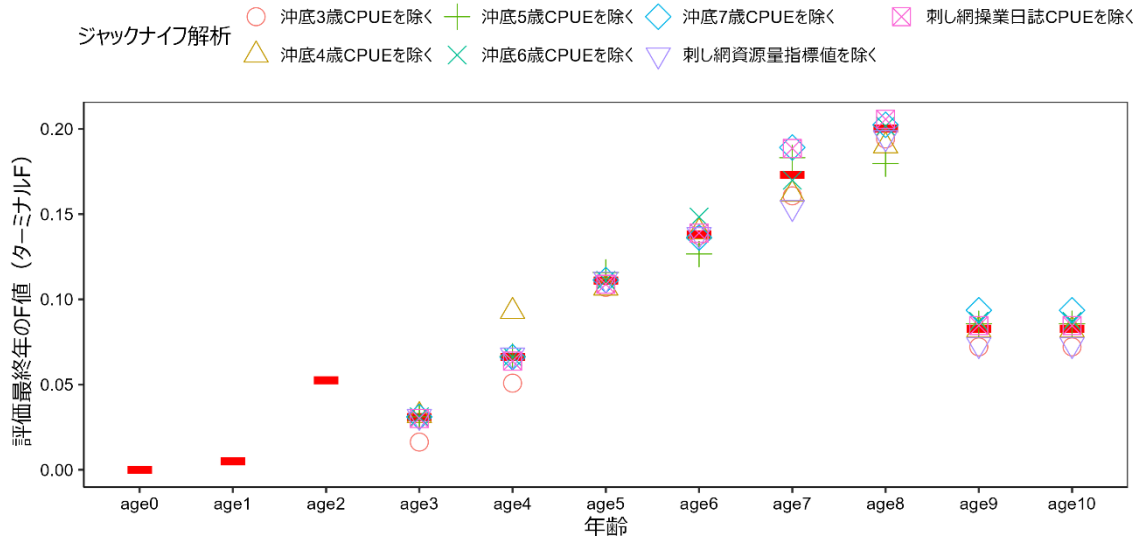
補足図 2-4. 調査での現存尾数指標値とコホート解析での資源尾数推定値との関係、線形関係式（太実線）および95%予測区間（点線）

調査データ（2006～2021年度の指標値）と、コホート解析で推定される2020年級群までの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群としての豊度が捉えられなかった2005年級群および2007年級群は解析から除いた。プロットに添えた数字はそのプロットに対応した年級群を示す。直近3年級群（2021～2023年級群）の資源量はそれぞれ2022～2024年度の調査で得られた1歳魚現存尾数（赤矢印、数字は年級を示す）を関係式に当てはめて推算した。これらの直近3年級群の関係式上の位置は*で示した。



補足図 2-5. ジャックナイフ解析によるチューニング指標値の影響評価

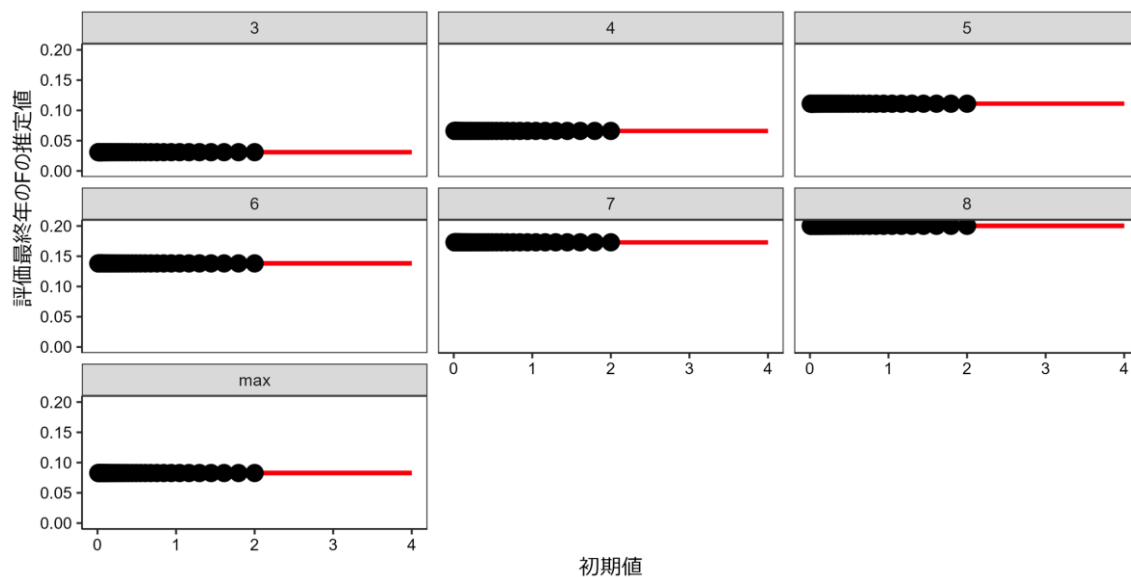
沖合底びき網漁業の 3~7 歳の年齢別標準化 CPUE や、すけとうだら固定式刺し網の資源量指標値、同漁業の操業日誌標準化 CPUE を一つずつ抜いて資源解析を行うことで、推定値への影響力の強い指標値を検討した。



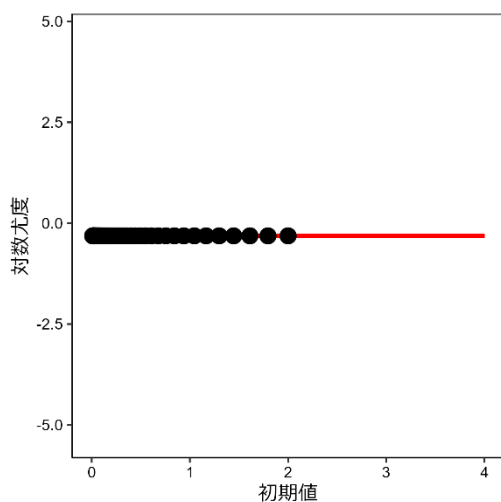
補足図 2-6. ジャックナイフ解析による最終年の年齢別漁獲係数（ターミナル F）の推定へのチューニング指標値の影響評価

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

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



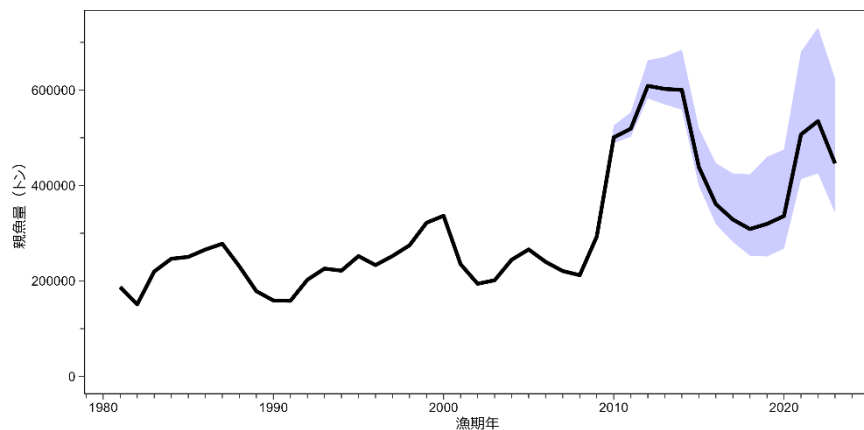
(b) 初期値を変えた場合の推定における対数尤度



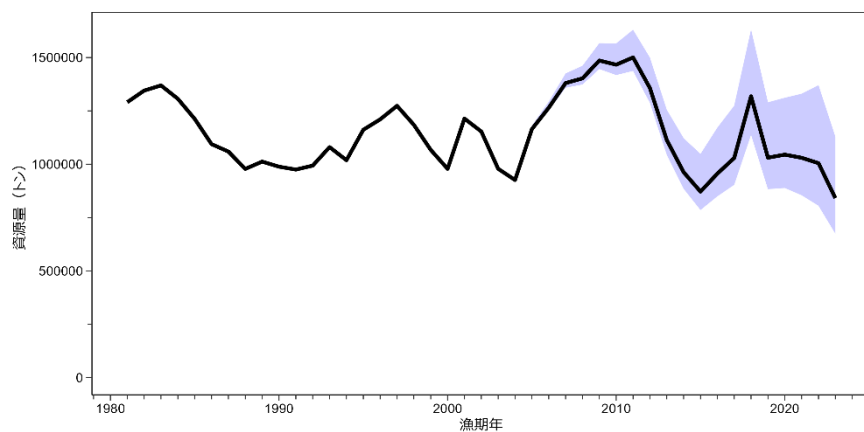
補足図 2-7. ジッター解析による初期値と最終年の年齢別漁獲係数 (F 値) の推定値 (3~9 歳) (a) および対数尤度 (b)

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

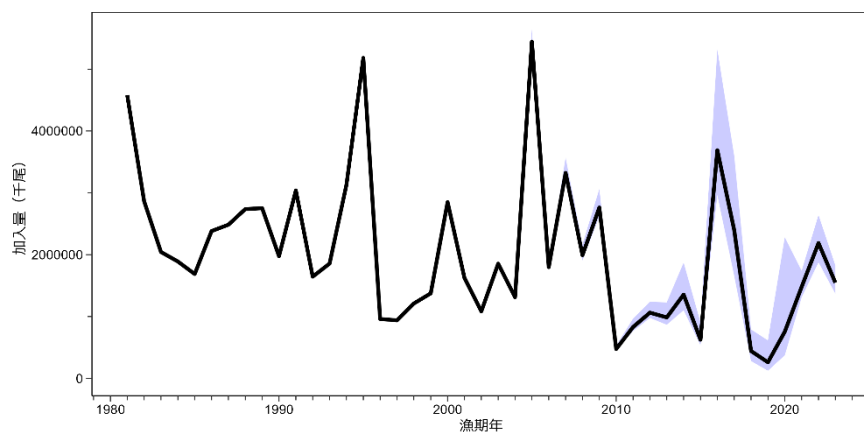
(a) 親魚量



(b) 資源量



(c) 加入量



補足図 2-8. チューニング指標値のブートストラップ 500 回による親魚量 (a) と資源量 (b) 加入量 (c) の 90%信頼区間と中央値 (黒実線)。

補足表 2-1. 年齢別漁獲尾数の作成に用いた道東（沖底）および襟裳以西（沖底・刺し網）での漁獲物サンプルの収集状況とその年齢組成に対応する当該漁業の漁獲量

a) 道東海域（東部）の沖底

月	4	5	9	10	11	12	1	2	3
オッター	○	○	○	○	○	○	○	○	○
漁獲量(t)	18.3	121.2	543.0	593.4	780.4	818.7	562.3	710.4	511.4
かけまわし	○	○	○	11月の サンプル使用	○	○	12月の サンプル使用	3月の サンプル使用	○
漁獲量(t)	27.6	428.7	70.8	67.4	30.0	287.0	117.6	121.2	850.3

b) 道東海域（西部）の沖底

月	4	5	9	10	11	12	1	2	3
オッター	漁獲無し	かけまわしの サンプル使用	○	○	10・12月の サンプル使用	○	○	1・3月の サンプル使用	○
漁獲量(t)	0.0	90.3	510.5	631.4	21.1	146.8	132.5	51.7	431.5
かけまわし	○	○	○	9・11月の サンプル使用	○	○	○	○	○
漁獲量(t)	61.9	1372.3	2303.2	701.2	1229.4	3383.3	788.8	753.1	710.4

c) 襟裳以西海域（東部）の沖底

月	4	5	9	10	11	12	1	2	3
かけまわし	前年3月の サンプル使用	漁獲無し	10月の サンプル使用	○	○	○	12月のサンプル使用		
漁獲量(t)	108.8	0.0	935.1	633.7	255.4	297.4	203.2	44.9	2.1

d) 襟裳以西海域（西部）の沖底

月	10~11	12	1~3
かけまわし	○	○	○
漁獲量(t)	2125.7	3437.4	1145.6

e) 襟裳以西海域のすけとうだら固定式刺し網

月	10	11	12	1~3
渡島刺し網	○	○	○	○
漁獲量(t)	343.7	1062.7	5140.1	1808.0

月	10	11	12	1	2~3
胆振刺し網	○	○	○	○	○
漁獲量(t)	330.3	990.1	3918.6	3202.5	419.3

月	10~12	1~3
日高刺し網	○	○
漁獲量(t)	1571.6	1139.4

直近 2023 年漁期のサンプル収集結果を示す。丸印は当該月にサンプルを確保したことを示す。サンプルが確保できなかった際は、隣接する月のサンプルの年齢組成を用いて年齢別漁獲尾数を作成した。

補足表 2-3. 年齢別平均体重 (g)

漁期年	1988以前	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	31	27	25	29	30	42	33	28	29	32	41	39	53	44	49	32	42	44
1歳	106	109	96	95	94	138	78	104	89	84	121	158	97	241	155	76	87	152
2歳	267	332	284	246	248	227	264	221	220	201	259	301	303	297	301	216	210	265
3歳	405	453	419	409	400	343	338	398	368	338	334	347	432	466	461	395	348	421
4歳	489	492	539	452	464	500	434	524	485	453	400	459	472	530	565	471	462	460
5歳	564	585	618	529	538	547	526	540	558	549	479	521	526	583	587	519	510	525
6歳	639	682	662	594	612	643	604	603	639	649	536	552	594	626	640	626	579	579
7歳	788	819	820	806	718	777	685	657	600	756	642	608	666	685	705	682	648	629
8歳 (8+歳)	999	879	1,030	1,024	841	1,222	896	808	820	891	743	662	794	730	782	737	674	688
9歳 (9+歳)											816	694	887	700	822	829	766	737
10+歳												751	904	1,277	1,030	1,081	886	926

漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	40	43	32	30	37	48	50	54	38	48	48	47	36	35	13	40	46	32
1歳	143	89	97	105	84	142	139	76	77	95	124	91	155	80	217	141	78	67
2歳	182	242	188	190	208	237	160	162	165	183	226	220	278	183	232	265	360	151
3歳	359	316	346	300	318	393	381	308	312	402	340	377	397	283	327	366	470	319
4歳	453	456	418	449	431	433	480	464	479	478	460	479	497	463	400	444	423	426
5歳	530	527	512	540	524	502	505	531	548	540	560	599	557	564	529	491	482	467
6歳	594	595	615	590	633	576	579	565	611	603	635	648	660	670	630	639	580	522
7歳	641	666	682	698	695	737	655	614	632	639	649	721	723	767	707	660	707	614
8歳	690	656	692	687	754	759	897	720	653	654	714	738	742	789	809	744	749	787
9歳	754	823	751	683	836	998	852	782	743	712	727	788	761	804	835	864	858	793
10+歳	927	961	1,106	714	1,072	1,033	1,060	876	1,053	820	798	807	832	848	874	893	890	967

補足表 2-4. 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 2-5. 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 2-6. 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	2011
3歳	1,295	1,426	1,477	1,467	13,196	4,468	2,311	3,973	1,291	9,281	1,436	1,798	2,691
4歳	38,430	2,529	1,757	1,057	1,963	18,363	9,075	4,210	9,347	2,686	20,836	2,636	7,037
5歳	7,067	20,421	2,374	781	722	1,525	9,033	4,294	2,501	5,741	2,837	15,642	4,444
6歳	1,132	2,592	9,317	857	499	368	404	3,023	2,115	1,230	2,558	1,295	9,941
7歳	226	255	626	2,185	519	289	148	527	931	920	348	759	475

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3歳	2,093	312	543	730	344	1,310	471	2,136	2,279	335	129	538
4歳	5,933	6,379	681	1,324	4,005	2,178	6,617	957	10,189	8,401	741	594
5歳	5,904	5,379	9,114	902	2,562	3,762	2,915	3,652	840	16,292	6,076	1,107
6歳	1,858	4,828	4,432	5,372	736	1,113	2,398	1,053	2,828	855	7,938	7,039
7歳	3,172	1,106	4,184	2,031	3,705	336	441	879	632	2,167	454	6,088

補足表 2-7. 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	2013	
漁獲量/反(kg)	867	1,265	1,215	1,641	1,635	1,279	2,028	2,937	2,344	2,666	1,922	
標準化CPUE								69.4	42.8	19.3	40.7	

漁期年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
漁獲量/反(kg)	2,199	1,984	1,415	1,404	1,332	1,563	1,388	2,085	1,706	1,783
標準化CPUE	16.4	14.5	5.3	22.0	5.5	26.7	36.1	47.6	28.5	7.0

補足表 2-8. チューニングにおいて漁期年中央の親魚量計算に用いた年齢別成熟割合

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

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

補足表 2-9. 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	1.201	2.873×10^{-04}	0.586	0.706	$2.388 \times 10^{+01}$	0.185
4	1.301	3.393×10^{-04}	0.568			
5	1.198	1.984×10^{-03}	0.545			
6	1.127	4.971×10^{-03}	0.591	b''	q''	σ''
7	1.098	6.390×10^{-03}	0.540	2.124	4.369×10^{-05}	0.582

補足表 2-10. 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) 等

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2019- 2023 (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	0.006	0.35	107	0.0
2	0.083	0.067	0.023	0.30	218	0.0
3	0.154	0.124	0.042	0.25	360	0.0
4	0.404	0.326	0.111	0.25	475	0.2
5	0.701	0.565	0.192	0.25	563	0.8
6	1.000	0.805	0.273	0.25	642	0.9
7	0.832	0.670	0.227	0.25	698	1.0
8	0.791	0.637	0.216	0.25	726	1.0
9	0.891	0.717	0.244	0.25	756	1.0
10+	0.891	0.717	0.244	0.25	819	1.0

注 1：令和 2 年度の研究機関会議で MSY を実現する水準の更新推定の際に使用した選択率 (すなわち令和 2 年度資源評価での 2015～2019 年漁期の平均の年齢別漁獲係数 (F 値) に基づく選択率)。

注 2：令和 2 年度に更新された Fmsy。

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2019～2023 年漁期の年齢別の平均の F 値に相当する漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2024 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
SBtarget	22.8 万トン	目標管理基準値。 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	15.1 万トン	限界管理基準値。 これまで観測された最小親魚量 (SBmin)
SBban	6.0 万トン	禁漁水準。 漁獲管理規則 ($\beta=0.8$) で 10 年間漁獲しながら 50% 以上の確率で目標管理基準値まで回復する親魚量の閾値
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (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
SB2023	41.3 万トン	2023 年漁期の親魚量
F2023	2023 年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) = (0.00, 0.01, 0.05, 0.03, 0.07, 0.11, 0.14, 0.17, 0.20, 0.08, 0.08)	
U2023	8%	2023 年漁期の漁獲割合
%SPR (F2023)	54.4%	2023 年漁期の%SPR
%SPR (F2019-2023)	45.2%	現状(2019~2023 年漁期)の漁獲圧に対応する%SPR
管理基準値との比較		
SB2023/ SBmsy	1.81	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値、SBmsy)に対する 2023 年漁期の親魚量の比
F2023/ Fmsy	0.28	SBmsy を維持する漁獲圧(Fmsy)に対する 2023 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	SBmsy を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	横ばい	

* 2023 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

2025 年漁期の ABC (万トン)	2025 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/F2019-2023)	2025 年漁期の 漁獲割合(%)
19.3	32.5	2.65	17.7
コメント: ・ABC の設定は、令和 2 年 12 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ「水産政策審議会」を経て定められた漁獲シナリオ(調整係数 β を 0.9 とした漁獲管理規則)に基づく。 ・ABC は千トン未満を四捨五入した値である。			

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 年漁期の平均親魚量 (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
2025 年漁期以降に漁獲シナリオで使用する β					
$\beta=0.9$	25.6	15.4 – 40.8	58	96	100
上記と異なる β を使用した場合等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	23.4	14.1 – 37.4	45	91	100
$\beta=0.8$	28.4	17.1 – 44.7	72	98	100
$\beta=0.7$	31.7	19.5 – 49.3	85	100	100
$\beta=0.6$	35.7	22.4 – 54.8	94	100	100
$\beta=0.5$	40.5	26.1 – 61.4	99	100	100
$\beta=0.0$	91.8	67.7 – 126.4	100	100	100
F2019-2023	50.9	34.0 – 74.9	100	100	100

補足表 3-6. 漁獲シナリオに対応する将来予測の年齢別詳細情報

年齢別漁獲係数 (F 値) *

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0	0.000	0.003	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
1	0.005	0.006	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
2	0.053	0.023	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060
3	0.031	0.042	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111	0.111
4	0.066	0.111	0.293	0.293	0.293	0.293	0.293	0.291	0.291	0.292	0.291	0.291	0.291
5	0.111	0.192	0.508	0.508	0.508	0.508	0.508	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505
6	0.138	0.273	0.725	0.725	0.725	0.725	0.725	0.721	0.720	0.721	0.721	0.720	0.720
7	0.173	0.227	0.603	0.603	0.603	0.603	0.603	0.599	0.599	0.600	0.599	0.599	0.599
8	0.200	0.216	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.570	0.570	0.570	0.570	0.570	0.569
9	0.083	0.244	0.646	0.646	0.646	0.646	0.645	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.641
10+	0.083	0.244	0.646	0.646	0.646	0.646	0.645	0.642	0.642	0.642	0.642	0.642	0.641

年齢別平均資源尾数 (100 万尾)

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0	1,484	1,775	1,781	1,778	1,788	1,780	1,808	1,774	1,764	1,786	1,760	1,760	1,784
1	1,403	995	1,186	1,184	1,183	1,189	1,184	1,203	1,180	1,174	1,188	1,171	1,171
2	669	983	697	824	822	821	826	822	835	819	815	825	813
3	223	470	712	486	574	573	572	576	574	582	571	568	575
4	60	168	351	496	339	400	399	399	401	400	406	398	396
5	71	44	117	204	288	197	232	232	232	233	232	236	232
6	276	49	28	55	96	135	92	109	109	109	109	109	111
7	260	187	29	11	21	36	51	35	41	41	41	41	41
8	20	170	116	12	5	9	15	22	15	18	18	18	18
9	41	13	107	51	5	2	4	7	10	7	8	8	8
10+	46	62	46	62	46	21	9	5	5	6	5	5	5
合計	4,551	4,916	5,170	5,163	5,166	5,164	5,194	5,183	5,165	5,174	5,154	5,139	5,153

2025 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、2024 年漁期以降の年齢別漁獲係数 (F 値) の選択率には MSY の算出に用いた選択率 (すなわち、令和 2 年度の資源評価での将来予測に用いた 2015～2019 年漁期の平均の F 値に基づく選択率) を用いた (補足表 2-10)。

補足表 3-6. (続き)

年齢別平均資源量 (千トン)

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0	48	78	79	78	79	79	80	78	78	79	78	78	79
1	94	106	126	126	126	127	126	128	126	125	127	125	125
2	101	215	152	180	180	179	180	180	182	179	178	180	178
3	71	169	256	175	206	206	206	207	206	209	205	204	207
4	25	80	167	236	161	190	190	190	191	190	193	189	188
5	33	25	66	115	162	111	131	131	131	131	131	133	130
6	144	32	18	35	61	87	59	70	70	70	70	70	71
7	159	131	20	7	14	25	36	24	29	29	29	29	29
8	16	124	84	9	3	6	11	16	11	13	13	13	13
9	32	10	81	39	4	1	3	5	7	5	6	6	6
10+	44	51	37	51	38	17	8	4	4	5	4	4	4
合計	768	1,019	1,087	1,051	1,035	1,029	1,029	1,033	1,034	1,035	1,033	1,031	1,030

年齢別平均漁獲尾数 (100 万尾) *

年齢\年	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0	0	4	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
1	6	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2	29	19	35	42	42	41	42	41	42	41	41	41	41
3	6	17	66	45	53	53	53	53	53	54	53	53	53
4	3	16	79	111	76	90	90	89	90	89	91	89	88
5	7	7	41	72	101	69	82	81	81	82	81	83	81
6	31	10	13	25	43	61	42	49	49	49	50	49	50
7	36	34	12	4	8	14	20	14	16	16	16	16	16
8	3	29	45	5	2	3	6	8	6	7	7	7	7
9	3	2	45	21	2	1	2	3	4	3	3	3	3
10+	3	12	19	26	19	9	4	2	2	2	2	2	2
合計	128	155	380	377	373	369	366	367	369	370	370	369	368

2025 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、2024 年漁期以降の年齢別漁獲係数 (F 値) の選択率には MSY の算出に用いた選択率 (すなわち、令和 2 年度の資源評価での将来予測に用いた 2015~2019 年漁期の平均の F 値に基づく選択率) を用いた (補足表 2-10)。

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。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1歳魚の現存尾数が推定された。資源評価で加入量に本調査からの推算値を与えた年級群のうち、2022年級群は2017年級群に次ぐ高い1歳魚の現存尾数が得られており、今後の資源利用を支える年級群となることが期待される。ただし、前述の通り、特に卓越年級群である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、2021～2023年漁期の卵数は2,000～3,000粒程度へと増加した。卵数が産卵親魚の来遊量を反映すると仮定すると、噴火湾周辺への来遊量は、2010年漁期前後のピークは過ぎたと考えられるが、2015年漁期以降5～6年低迷した後、2021～2023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) スケトウダラ産卵来遊群分布調査

(北海道立総合研究機構函館水産試験場・釧路水産試験場：11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、道総研では8月、11月、1月に計量魚群探知機による現存量調査を実施している。そのうち11月の調査は、2015年漁期以降、函館水産試験場調査船「金星丸」および釧路水産試験場調査船「北辰丸」により北海道太平洋沿岸全域をカバーしている(函館・栽培・釧路水産試験場 印刷中)。当該調査により推定された襟裳以西海域の親魚現存量は、2015年漁期は19.8万トンであったが、2018年漁期には7.7万トンまで減少した。その後、2021年漁期には41.3万トンまで急増したが、2022年漁期は19.0万トン、2023年漁期は22.4万トンであった(補足図4-3)。

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

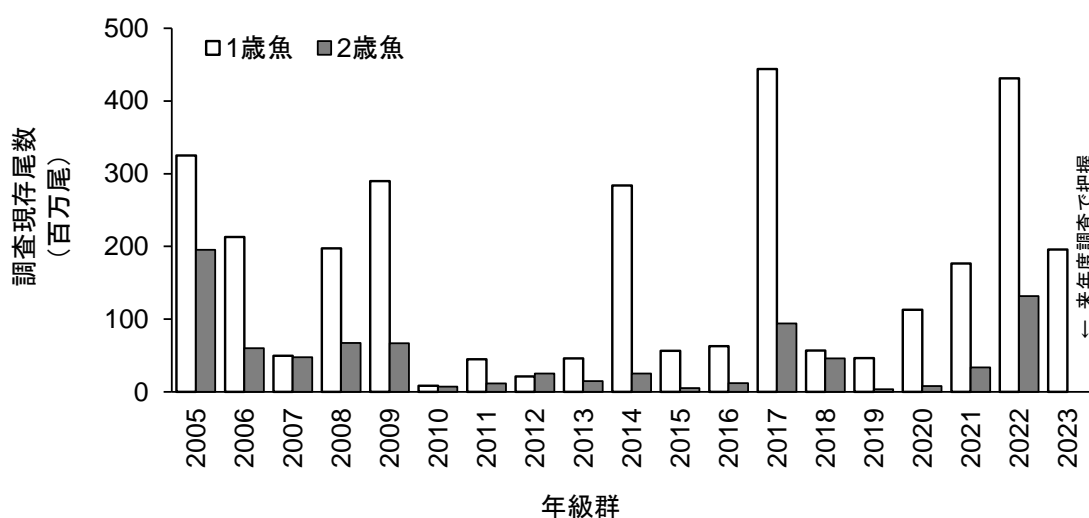
東北海域における0、1歳魚の現存量を把握するために、主に着底トロールを用いた調査を実施している。1980年代は、東北海域も本系群の重要な成育場となっていたが、1990年代以降は道東海域以東が主要な成育場となっているため、東北海域における現存量から本系群の加入量を推測するのは難しいと考えられる。1例として、10月の底魚類資源量調査での東北海域における0歳魚の現存量を補足図4-4に示す。卓越年級群である2005年級群および2007年級群については、0歳魚現存量は平均的な値もしくは低い値となっている。近年は2020、2021、2023年級群が極めて低い値になっていたが、2022年級群は全年の平均値を上回る値となった。東北沖での若齢魚の分布には、親潮第1分枝の南下傾向などの海洋環境変化の影響が考えられている。

(5) 千島列島南西海域でのロシアのTAC

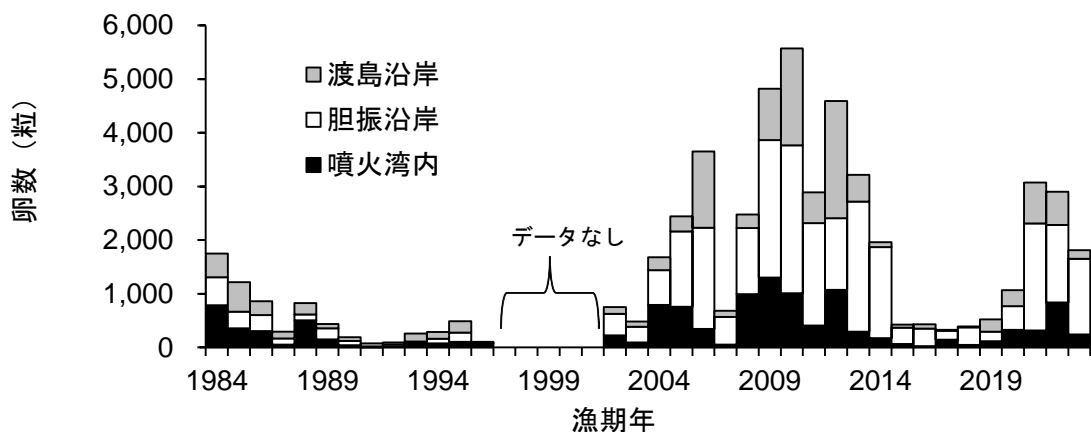
千島列島南西海域ではロシアの大型トロール船が操業しているが、漁獲量や漁獲物の特性などの詳細な情報は得られていない。補足図4-5にこれらの海域を含む海区に設定されたロシアのTACを示す（ロシアでの海区名：南クリル）。この海区のTACは2009年以降急増し、2011年以降は8.9万～14.3万トンである。このTACが当該海域の資源量を反映したものと仮定すると、その資源状況は2024年も良好な状況にあると考えられる。

引用文献

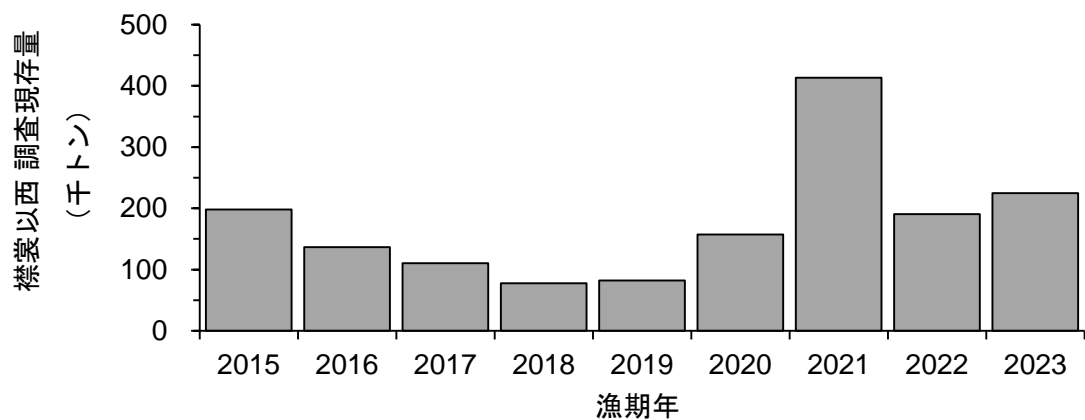
函館・栽培・釧路水産試験場（印刷中）スケトウダラ太平洋海域, 2024年度北海道周辺海域における主要魚種の資源評価書, 北海道立総合研究機構水産研究本部,



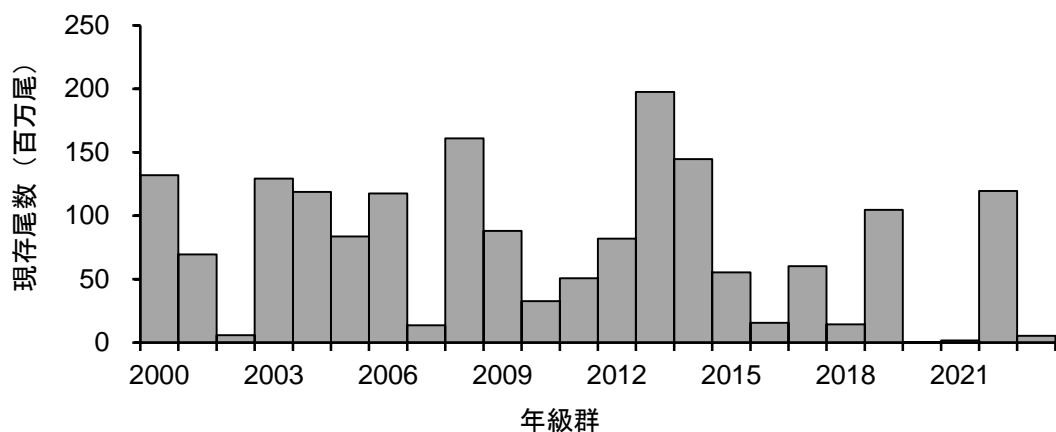
補足図4-1. スケトウダラ音響トロール調査（6～7月）で推定された北海道太平洋岸における1、2歳魚の現存量



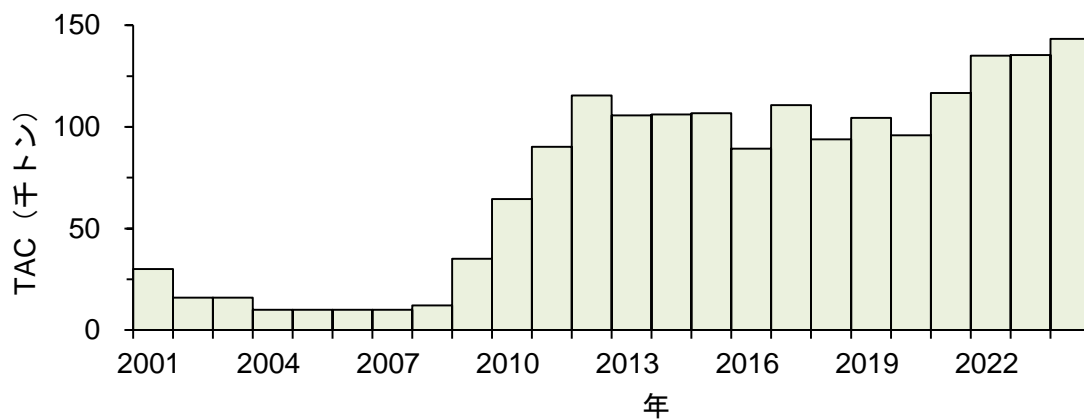
補足図 4-2. スケトウダラ卵・仔魚分布調査における産卵盛期 (1~2月) の噴火湾周辺海域での卵の採集数



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



補足図 4-4. 底魚類資源量調査における東北海域での 0 歳魚現存尾数



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

補足資料5 資源解析結果の詳細 (1981~1993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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

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
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
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
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
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
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
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
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
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

年齢別漁獲係数													
漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
0歳	0.173	0.170	0.018	0.003	0.137	0.305	0.294	0.228	0.178	0.114	0.027	0.015	0.019
1歳	0.203	0.349	0.037	0.022	0.168	0.030	0.210	0.128	0.098	0.151	0.114	0.059	0.042
2歳	0.048	0.102	0.244	0.081	0.206	0.065	0.053	0.095	0.073	0.215	0.302	0.108	0.253
3歳	0.155	0.035	0.132	0.202	0.216	0.129	0.200	0.214	0.192	0.097	0.178	0.225	0.103
4歳	0.611	0.438	0.368	0.456	0.285	0.314	0.387	0.568	0.553	0.180	0.194	0.291	0.186
5歳	1.337	0.574	0.813	0.820	0.686	0.539	0.703	0.821	0.900	0.775	0.517	0.565	0.417
6歳	1.510	0.820	1.073	1.202	0.961	0.730	0.915	1.030	0.975	0.925	1.011	0.697	0.722
7歳	2.229	0.829	1.274	1.108	0.925	0.693	0.981	0.988	0.745	1.437	0.638	0.456	0.553
8+歳	2.229	0.829	1.274	1.108	0.925	0.693	0.981	0.988	0.745	1.437	0.638	0.456	0.553
%SPR	6.95	10.07	11.5	12.01	9.87	13.34	8.79	7.88	9.78	12.25	12.34	17.03	16.46

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
0歳	4,578,302	2,864,381	2,043,460	1,890,023	1,687,345	2,381,911	2,484,721	2,737,186	2,751,770	1,976,054	3,038,144	1,644,684	1,856,761
1歳	2,216,602	2,582,169	1,620,046	1,345,116	1,262,821	986,371	1,176,381	1,241,259	1,460,539	1,544,334	1,181,993	1,981,796	1,086,557
2歳	924,691	1,274,982	1,283,085	1,100,486	927,191	752,174	674,878	672,171	769,239	932,740	935,897	743,521	1,316,619
3歳	796,743	653,180	852,748	744,990	752,022	558,948	522,388	474,259	452,939	529,571	557,200	512,546	494,480
4歳	336,899	531,188	491,246	581,819	473,948	471,809	382,543	333,214	298,218	291,270	374,291	363,008	318,862
5歳	191,508	142,411	266,857	264,889	287,162	277,608	268,407	202,327	147,081	133,605	189,521	240,161	211,377
6歳	67,814	39,184	62,463	92,170	90,872	112,664	126,095	103,511	69,350	46,563	47,925	88,009	106,292
7歳	33,831	11,663	13,438	16,640	21,574	27,077	42,286	39,313	28,789	20,366	14,376	13,580	34,147
8+歳	2,323	3,032	4,994	4,015	5,310	8,306	13,777	16,367	16,144	16,611	6,843	8,727	11,011
合計	9,148,713	8,102,189	6,638,336	6,040,149	5,508,244	5,576,869	5,691,476	5,819,606	5,994,068	5,491,115	6,346,190	5,596,031	5,436,106

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
0歳	140,147	87,682	62,552	57,856	51,651	72,913	76,060	83,788	74,152	49,830	88,327	49,074	77,949
1歳	235,696	274,567	172,263	143,029	134,278	104,883	125,087	131,986	159,297	147,856	112,122	186,855	149,627
2歳	247,209	340,857	343,023	294,207	247,878	201,088	180,424	179,700	255,479	264,653	230,040	184,088	299,493
3歳	322,425	264,329	345,090	301,482	304,328	226,195	211,400	191,923	205,351	221,710	227,719	204,866	169,595
4歳	164,912	260,016	240,464	284,800	231,997	230,950	187,254	163,108	146,654	157,103	169,311	168,276	159,572
5歳	107,918	80,251	150,378	149,269	161,820	156,437	151,252	114,015	86,114	82,602	100,336	129,130	115,569
6歳	43,307	25,023	39,890	58,861	58,032	71,949	80,526	66,104	47,299	30,822	28,454	53,906	68,330
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,338	33,324	30,981	23,588	16,696	11,587	9,757	26,519
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,298	13,762	16,350	14,185	17,107	7,007	7,337	13,451
合計	1,290,595	1,344,944	1,369,239	1,306,628	1,212,290	1,094,050	1,059,089	977,953	1,012,120	988,378	974,905	993,287	1,080,106

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
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	32,982	52,003	48,093	56,960	46,399	46,190	37,451	32,622	29,331	31,421	33,862	33,655	31,914
5歳	86,334	64,201	120,303	119,415	129,456	125,149	121,002	91,212	68,891	66,081	80,269	103,304	92,456
6歳	38,976	22,521	35,901	52,975	52,229	64,754	72,473	59,493	42,570	27,740	25,609	48,515	61,497
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,338	33,324	30,981	23,588	16,696	11,587	9,757	26,519
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,298	13,762	16,350	14,185	17,107	7,007	7,337	13,451
合計	187,274	150,945	219,875	246,474	250,390	265,729	278,012	230,657	178,565	159,045	158,335	202,568	225,837

補足資料 5 (続き) (1994~2006年漁期)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	55,572	70,418	7,993	6,569	61,599	5,954	27,594	6,056	5,744	114,336	2,780	42,282	28,337
1歳	35,866	71,918	114,951	20,074	29,296	34,178	11,591	15,677	25,433	2,870	9,976	11,369	38,421
2歳	142,931	88,497	155,274	383,846	35,607	38,906	34,288	22,884	96,763	14,133	25,273	33,342	15,416
3歳	202,823	45,833	28,404	152,275	263,681	22,871	34,477	18,237	22,344	160,073	76,222	28,200	64,744
4歳	79,062	128,261	47,921	58,726	169,722	259,045	52,055	21,561	14,239	52,628	155,925	73,101	44,943
5歳	67,259	68,632	59,458	35,486	74,192	109,346	177,225	37,854	15,449	35,619	63,153	91,068	56,486
6歳	31,130	42,467	24,083	22,466	37,693	47,479	52,049	74,379	17,129	19,934	43,954	45,706	53,636
7歳	7,584	22,447	15,242	12,399	38,380	25,933	25,982	25,666	33,989	17,733	17,974	22,715	26,025
8歳(8+歳)	3,813	14,571	14,940	12,560	12,659	7,514	7,546	12,609	9,871	14,274	4,807	10,558	11,157
9歳(9+歳)					5,214	5,363	4,420	3,848	4,818	1,865	3,157	2,563	3,453
10+歳						3,938	6,370	1,195	1,644	1,086	1,846	2,863	1,513
合計	626,040	553,042	468,265	704,401	728,043	560,527	433,596	239,966	247,423	428,549	405,067	363,767	344,130

年齢別漁獲重量 (トン)

漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	1,836	1,957	236	213	2,556	230	1,454	264	279	3,714	117	1,841	1,136
1歳	2,797	7,499	10,257	1,695	3,553	5,391	1,122	3,781	3,949	218	866	1,730	5,494
2歳	37,697	19,600	34,172	77,289	9,216	11,729	10,406	6,796	29,161	3,048	5,313	8,838	2,812
3歳	68,601	18,225	10,450	51,481	88,178	7,930	14,906	8,506	10,297	63,180	26,493	11,869	23,242
4歳	34,328	67,268	23,235	26,615	67,915	118,802	24,590	11,423	8,043	24,765	72,081	33,619	20,370
5歳	35,350	37,064	33,152	19,484	35,543	57,006	93,181	22,052	9,062	18,482	32,185	47,839	29,957
6歳	18,817	25,586	15,379	14,571	20,214	26,225	30,928	46,588	10,958	12,472	25,430	26,443	31,861
7歳	5,198	14,741	9,152	9,377	24,622	15,758	17,315	17,591	23,949	7,999	11,653	14,286	16,677
8歳(8+歳)	3,416	11,773	12,249	11,194	9,406	4,975	5,991	9,204	7,718	10,517	3,241	7,263	7,693
9歳(9+歳)					4,256	3,724	3,920	2,693	3,959	1,545	2,419	1,889	2,603
10+歳						2,956	5,755	1,527	1,694	1,174	1,636	2,652	1,402
合計	208,041	203,714	148,283	211,919	265,459	254,725	209,568	130,426	109,069	147,114	181,435	158,268	143,246

年齢別漁獲係数

漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	0.022	0.017	0.010	0.009	0.064	0.005	0.012	0.005	0.006	0.078	0.003	0.010	0.019
1歳	0.036	0.043	0.041	0.038	0.058	0.055	0.015	0.010	0.028	0.005	0.010	0.016	0.013
2歳	0.257	0.132	0.139	0.214	0.101	0.115	0.082	0.043	0.089	0.022	0.060	0.050	0.030
3歳	0.362	0.132	0.062	0.215	0.244	0.094	0.154	0.061	0.058	0.227	0.175	0.095	0.139
4歳	0.298	0.437	0.210	0.185	0.420	0.428	0.339	0.143	0.066	0.198	0.384	0.268	0.228
5歳	0.461	0.490	0.395	0.251	0.399	0.565	0.633	0.472	0.153	0.246	0.411	0.433	0.365
6歳	0.393	0.645	0.335	0.268	0.492	0.515	0.624	0.647	0.432	0.320	0.583	0.640	0.527
7歳	0.240	0.591	0.540	0.305	1.117	0.824	0.642	0.795	0.763	0.645	0.573	0.744	1.067
8歳(8+歳)	0.240	0.591	0.540	0.483	0.632	0.728	0.650	0.824	0.915	0.961	0.647	0.877	1.190
9歳(9+歳)					0.401	0.652	1.652	0.916	0.987	0.452	0.613	0.974	0.891
10+歳						0.652	1.652	0.916	0.987	0.452	0.613	0.974	0.891
%SPR	15.86	17.23	25.66	23.93	14.54	17.97	17.17	23.08	31.06	22.62	19.36	21.69	22.41

年齢別資源尾数 (千尾)

漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	3,128,906	5,181,785	960,401	938,709	1,211,181	1,375,024	2,849,582	1,625,269	1,083,315	1,854,176	1,312,089	5,438,826	1,796,767
1歳	1,221,167	2,051,870	3,415,801	637,232	623,858	761,446	916,831	1,887,540	1,084,492	721,465	1,149,281	877,244	3,611,137
2歳	733,921	830,434	1,385,556	2,310,579	432,199	415,033	507,891	636,350	1,316,967	742,879	505,998	801,510	608,639
3歳	757,126	420,680	539,031	892,800	1,381,339	289,533	273,977	346,743	451,723	892,349	538,174	353,100	565,076
4歳	347,461	410,660	287,179	394,731	560,931	843,090	205,305	182,948	253,950	332,084	553,698	351,865	250,108
5歳	206,227	200,831	206,632	181,365	255,591	287,074	427,993	113,953	123,453	185,211	212,183	293,617	209,521
6歳	108,484	101,254	95,840	108,454	109,931	133,581	127,076	176,921	55,341	82,511	112,809	109,516	148,302
7歳	40,217	57,015	41,380	53,387	64,637	52,351	62,133	53,033	72,147	27,984	46,668	49,067	44,956
8歳(8+歳)	20,221	37,011	40,560	37,180	30,636	16,469	17,885	25,460	18,652	26,193	11,440	20,483	18,168
9歳(9+歳)					17,872	12,688	6,196	7,269	8,700	5,815	7,803	4,667	6,635
10+歳						9,317	8,929	2,258	2,969	3,386	4,562	5,214	2,907
合計	6,563,730	9,291,541	6,972,380	5,554,436	4,688,174	4,195,606	5,403,798	5,057,745	4,471,710	4,874,051	4,454,705	8,305,109	7,262,215

年齢別資源重量 (トン)

漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	103,369	143,983	28,306	30,414	50,254	52,998	150,180	70,842	52,698	60,235	55,121	236,796	72,021
1歳	95,244	213,955	304,804	53,821	75,662	120,103	88,744	455,259	168,401	54,894	99,783	133,477	516,351
2歳	193,569	183,926	304,923	465,242	111,859	125,117	154,137	188,992	396,885	160,229	106,375	212,453	111,031
3歳	256,082	167,278	198,301	301,838	461,936	100,390	118,458	161,726	208,169	352,203	187,059	148,616	202,854
4歳	150,863	215,376	139,243	178,896	224,460	386,655	96,981	96,928	143,441	156,264	255,966	161,819	113,358
5歳	108,391	108,457	115,213	99,582	122,447	149,661	225,029	66,385	72,411	96,104	108,135	154,239	111,118
6歳	65,576	61,006	61,203	70,338	58,953	73,783	75,510	110,816	35,405	51,623	65,266	63,360	88,093
7歳	27,563	37,443	24,847	40,377	41,467	31,811	41,407	36,349	50,835	19,078	30,257	30,860	28,809
8歳(8+歳)	18,114	29,903	33,256	33,136	22,763	10,905	14,199	18,584	14,584	19,300	7,713	14,091	12,528
9歳(9+歳)					14,590	8,810	5,495	5,088	7,149	4,818	5,978	3,440	5,002
10+歳						6,993	8,068	2,884	3,060	3,661	4,043	4,829	2,694
合計	1,018,771	1,161,328	1,210,096	1,273,642	1,184,390	1,067,226	978,208	1,213,853	1,153,039	978,408	925,696	1,163,980	1,263,858

年齢別親魚重量 (トン)

漁期年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
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	30,173	43,075	27,849	35,779	44,892	77,331	19,396	19,386	28,688	31,253	51,193	32,364	22,672
5歳	86,713	86,766	92,171	79,665	97,957	119,729	180,023	53,108	57,928	76,883	86,508	123,391	88,894
6歳	59,018	54,905	55,083	63,304	53,058	66,405	67,959	99,735	31,865	46,461	58,739	57,024	79,284
7歳	27,563	37,443	24,847	40,377	41,467	31,811	41,407	36,349	50,835	19,078	30,257	30,860	28,809
8歳(8+歳)	18,114	29,903	33,256	33,136	22,763	10,905	14,199	18,584	14,584	19,300	7,713	14,091	12,528
9歳(9+歳)					14,590	8,810	5,495	5,088	7,149	4,818	5,978	3,440	5,002
10+歳						6,993	8,068	2,884	3,060	3,661	4,043	4,829	2,694
合計	221,580	252,093	233,205	252,262	274,727	321,984	336,548	235,133	194,109	201,454	244,431	265,999	239,882

補足資料5 (続き) (2007~2019年漁期)

年齢別漁獲尾数 (千尾)

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	6,045	23,727	106,104	35,453	39,169	30,360	5,978	11,320	3,979	6,175	6,967	157	2,276
1歳	10,567	3,842	27,759	24,205	1,755	10,101	1,126	5,737	4,629	5,959	5,856	4,193	2,346
2歳	81,516	6,992	18,579	25,262	17,731	12,678	5,079	19,509	27,971	10,184	6,053	5,833	19,193
3歳	23,555	116,890	26,463	32,664	36,214	27,613	9,489	15,879	18,392	10,003	27,150	8,040	44,874
4歳	85,466	45,055	191,782	55,989	91,531	58,831	96,523	13,395	20,213	37,028	29,410	33,348	18,333
5歳	56,336	82,271	63,185	195,794	78,546	90,349	62,525	88,825	12,357	29,677	35,544	29,946	40,231
6歳	48,921	38,933	42,696	29,720	98,506	38,857	61,453	44,719	55,273	8,995	19,582	23,395	27,075
7歳	28,284	24,151	6,664	10,199	11,631	52,137	17,386	52,313	23,414	29,684	5,460	7,181	11,202
8歳	7,779	12,822	3,688	1,637	4,435	6,221	35,442	13,697	35,730	11,385	17,974	1,897	3,202
9歳	2,316	1,172	2,832	1,485	1,678	3,043	2,084	21,328	7,005	18,852	6,260	8,563	1,467
10+歳	1,641	1,041	467	1,327	2,140	1,869	1,283	4,786	16,983	15,684	12,745	11,649	14,552
合計	352,425	356,896	490,218	413,734	383,334	332,059	298,369	291,507	225,945	183,625	173,001	134,200	184,749

年齢別漁獲重量 (トン)

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	262	763	3,177	1,326	1,891	1,507	323	435	191	298	325	6	79
1歳	941	373	2,917	2,027	250	1,404	86	444	441	739	532	651	187
2歳	19,737	1,312	3,525	5,265	4,204	2,023	824	3,209	5,116	2,297	1,331	1,620	3,518
3歳	7,450	40,500	7,945	10,374	14,232	10,529	2,920	4,955	7,390	3,404	10,247	3,194	12,717
4歳	38,947	18,846	86,190	24,141	39,593	28,243	44,833	6,413	9,654	17,048	14,083	16,573	8,493
5歳	29,677	42,149	34,097	102,529	39,466	45,660	33,184	48,681	6,667	16,610	21,299	16,666	22,696
6歳	29,106	23,933	25,193	18,826	56,779	22,482	34,708	27,325	33,305	5,708	12,684	15,435	18,153
7歳	18,845	16,476	4,651	7,087	8,576	34,172	10,669	33,055	14,952	19,279	3,938	5,192	8,594
8歳	5,101	8,871	2,535	1,234	3,365	5,580	25,521	8,941	23,382	8,135	13,262	1,406	2,526
9歳	1,906	880	1,936	1,242	1,675	2,591	1,629	15,842	4,988	13,713	4,931	6,513	1,180
10+歳	1,577	1,151	333	1,423	2,210	1,982	1,124	5,038	13,918	12,517	10,286	9,692	12,338
合計	153,549	155,254	172,499	175,474	172,239	156,172	155,823	154,337	120,003	99,748	92,919	76,949	90,480

年齢別漁獲係数

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.002	0.015	0.048	0.096	0.060	0.036	0.007	0.010	0.008	0.002	0.004	0.000	0.011
1歳	0.011	0.002	0.026	0.017	0.007	0.023	0.002	0.011	0.006	0.018	0.003	0.003	0.010
2歳	0.038	0.010	0.014	0.033	0.017	0.076	0.017	0.048	0.074	0.019	0.026	0.004	0.021
3歳	0.063	0.077	0.051	0.033	0.066	0.036	0.081	0.071	0.063	0.037	0.070	0.048	0.041
4歳	0.292	0.174	0.184	0.153	0.129	0.152	0.179	0.166	0.129	0.185	0.153	0.122	0.156
5歳	0.530	0.542	0.418	0.308	0.354	0.191	0.255	0.264	0.240	0.299	0.289	0.244	0.225
6歳	0.672	0.969	0.653	0.376	0.265	0.314	0.204	0.310	0.276	0.292	0.350	0.332	0.387
7歳	0.635	0.934	0.445	0.332	0.261	0.231	0.238	0.283	0.280	0.247	0.308	0.220	0.277
8歳	1.316	0.727	0.361	0.195	0.248	0.229	0.258	0.318	0.339	0.225	0.246	0.175	0.152
9歳	0.941	0.750	0.361	0.254	0.333	0.285	0.117	0.258	0.282	0.319	0.196	0.187	0.211
10+歳	0.941	0.750	0.361	0.254	0.333	0.285	0.117	0.258	0.282	0.319	0.196	0.187	0.211
%SPR	21	20.73	28.75	30.95	32.6	34.8	40.8	33.85	37.72	38.15	38.41	44.03	40.03

年齢別資源尾数 (千尾)

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	3,315,868	1,987,662	2,753,382	473,172	826,526	1,057,681	979,255	1,339,873	585,458	3,631,686	2,306,042	418,272	244,573
1歳	1,181,208	2,217,744	1,312,944	1,758,776	288,150	521,969	684,128	651,520	888,876	389,187	2,429,337	1,540,082	280,248
2歳	2,512,473	823,513	1,559,593	901,913	1,219,070	201,583	359,345	481,152	454,303	622,495	269,253	1,707,009	1,081,758
3歳	437,622	1,791,124	604,055	1,139,384	646,410	887,847	138,424	261,838	339,655	312,481	452,389	194,258	1,259,563
4歳	382,946	320,033	1,291,774	447,085	858,527	471,467	667,088	99,431	189,907	248,292	234,533	328,361	144,193
5歳	155,122	222,815	209,481	836,788	298,780	587,846	315,261	434,347	65,616	130,062	160,694	156,700	226,299
6歳	113,326	71,093	100,925	107,384	478,904	163,374	378,082	190,347	259,882	40,197	75,103	93,781	95,611
7歳	68,164	45,086	21,009	40,921	57,403	286,040	92,945	240,218	108,778	153,618	23,367	41,209	52,390
8歳	12,045	28,125	13,799	10,481	22,870	34,441	176,757	57,042	140,916	64,054	93,443	13,380	25,756
9歳	4,303	2,516	10,589	7,492	6,718	13,897	21,333	106,381	32,337	78,214	39,838	56,911	8,747
10+歳	3,049	2,234	1,747	6,695	8,568	8,535	13,136	23,873	78,397	65,070	81,112	77,423	86,783
合計	8,186,126	7,511,945	7,879,296	5,730,091	4,711,925	4,234,680	3,825,754	3,886,022	3,144,124	5,735,355	6,165,109	4,627,386	3,505,921

年齢別資源重量 (トン)

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	143,628	63,890	82,447	17,697	39,900	52,493	52,905	51,542	28,102	175,095	107,572	15,259	8,475
1歳	105,244	215,291	137,969	147,291	41,027	72,560	52,265	50,450	84,749	48,291	220,613	239,294	22,375
2歳	608,325	154,555	295,906	187,968	289,006	32,163	58,333	79,157	83,086	140,421	59,220	474,168	198,278
3歳	138,417	620,597	181,350	361,879	254,037	338,533	42,603	81,702	136,467	106,330	170,741	77,177	356,938
4歳	174,510	133,863	580,548	192,771	371,365	226,341	309,850	47,602	90,698	114,320	112,303	163,187	66,798
5歳	81,715	114,152	113,043	438,191	150,124	297,078	167,320	238,044	35,401	72,796	96,293	87,210	127,664
6歳	67,423	43,702	59,553	68,022	276,042	94,523	213,537	116,307	156,595	25,506	48,646	61,872	64,107
7歳	45,415	30,757	14,663	28,438	42,325	187,477	57,036	151,786	69,465	99,771	16,857	29,792	40,193
8歳	7,899	19,458	9,484	7,904	17,350	30,896	127,281	37,235	92,217	45,766	68,947	9,922	20,324
9歳	3,542	1,890	7,237	6,266	6,707	11,834	16,674	79,018	23,027	56,895	31,384	43,289	7,036
10+歳	2,930	2,471	1,246	7,178	8,850	9,052	11,502	25,129	64,249	51,930	65,458	64,420	73,579
合計	1,379,048	1,400,626	1,483,446	1,463,606	1,496,733	1,352,951	1,109,304	957,972	864,056	937,120	998,036	1,265,590	985,766

年齢別親魚重量 (トン)

漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
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	34,902	26,773	116,110	38,554	74,273	45,268	61,970	9,520	18,140	22,864	22,461	32,637	13,360
5歳	65,372	91,321	90,435	350,553	120,099	237,663	133,856	190,435	28,321	58,237	77,035	69,768	102,131
6歳	60,681	39,332	53,598	61,220	248,438	85,071	192,183	104,676	140,936	22,955	43,782	55,685	57,696
7歳	45,415	30,757	14,663	28,438	42,325	187,477	57,036	151,786	69,465	99,771	16,857	29,792	40,193
8歳	7,899	19,458	9,484	7,904	17,350	30,896	127,281	37,235	92,217	45,766	68,947	9,922	20,324
9歳	3,542	1,890	7,237	6,266	6,707	11,834	16,674	79,018	23,027	56,895	31,384	43,289	7,036
10+歳	2,930	2,471	1,246	7,178	8,850	9,052	11,502	25,129	64,249	51,930	65,458	64,420	73,579
合計	220,741	212,001	292,772	500,113	518,042	607,260	600,502	597,799	436,35				

補足資料 5 (続き) (2020~2023 年漁期)

年齢別漁獲尾数 (千尾)				
漁期年	2020	2021	2022	2023
0歳	98	399	1,256	18
1歳	7,998	3,039	1,173	5,841
2歳	7,466	1,589	803	29,486
3歳	25,878	10,503	1,361	5,996
4歳	107,915	58,553	6,851	3,373
5歳	19,123	97,654	46,369	6,557
6歳	20,217	13,972	68,030	31,398
7歳	8,538	14,490	6,269	36,418
8歳	5,711	4,594	5,817	3,208
9歳	2,267	3,658	1,467	2,843
10+歳	7,927	9,869	3,032	3,195
合計	213,136	218,320	142,430	128,332

年齢別漁獲重量 (トン)				
漁期年	2020	2021	2022	2023
0歳	1	16	58	1
1歳	1,735	428	91	393
2歳	1,729	422	289	4,442
3歳	8,465	3,839	640	1,910
4歳	43,162	25,972	2,901	1,436
5歳	10,125	47,920	22,333	3,062
6歳	12,744	8,931	39,447	16,401
7歳	6,037	9,561	4,435	22,352
8歳	4,621	3,420	4,355	2,525
9歳	1,892	3,160	1,259	2,253
10+歳	6,924	8,808	2,699	3,088
合計	97,436	112,478	78,506	57,862

年齢別漁獲係数				
漁期年	2020	2021	2022	2023
0歳	0.000	0.000	0.001	0.000
1歳	0.061	0.008	0.001	0.005
2歳	0.045	0.017	0.003	0.053
3歳	0.038	0.090	0.020	0.031
4歳	0.139	0.120	0.082	0.066
5歳	0.255	0.191	0.138	0.111
6歳	0.178	0.319	0.208	0.138
7歳	0.212	0.197	0.244	0.173
8歳	0.235	0.178	0.119	0.200
9歳	0.161	0.246	0.084	0.083
10+歳	0.161	0.246	0.084	0.083
%SPR	41	40.93	54.69	54.4

年齢別資源尾数 (千尾)				
漁期年	2020	2021	2022	2023
0歳	644,008	1,419,379	2,093,915	1,484,090
1歳	162,079	431,611	951,112	1,402,565
2歳	195,518	107,501	301,600	669,252
3歳	784,867	138,418	78,271	222,740
4歳	941,347	588,418	98,530	59,756
5歳	96,119	637,888	406,588	70,689
6歳	140,738	57,981	410,608	275,730
7歳	50,569	91,765	32,825	259,746
8歳	30,916	31,849	58,680	20,032
9歳	17,233	19,038	20,750	40,566
10+歳	60,263	51,358	42,887	45,590
合計	3,123,656	3,575,206	4,495,765	4,550,756

年齢別資源重量 (トン)				
漁期年	2020	2021	2022	2023
0歳	8,426	57,462	96,605	47,581
1歳	35,169	60,845	73,954	94,260
2歳	45,284	28,527	108,589	100,825
3歳	256,740	50,594	36,780	70,947
4歳	376,502	261,004	41,715	25,447
5歳	50,892	313,020	195,827	33,014
6歳	88,716	37,063	238,087	144,031
7歳	35,756	60,550	23,221	159,419
8歳	25,018	23,711	43,927	15,770
9歳	14,388	16,444	17,813	32,151
10+歳	52,641	45,839	38,176	44,067
合計	989,532	955,058	914,694	767,511

年齢別親魚重量 (トン)				
漁期年	2020	2021	2022	2023
0歳	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0
3歳	0	0	0	0
4歳	75,300	52,201	8,343	5,089
5歳	40,714	250,416	156,662	26,411
6歳	79,844	33,356	214,278	129,627
7歳	35,756	60,550	23,221	159,419
8歳	25,018	23,711	43,927	15,770
9歳	14,388	16,444	17,813	32,151
10+歳	52,641	45,839	38,176	44,067
合計	323,661	482,517	502,419	412,535

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、2019年度の評価から最終年のF値の推定を年齢別に行っており、また、推定の不安定性の軽減のためリッジVPAの手法(Okamura et al. 2017)を導入している。リッジVPAでは、最終年の年齢別F値を最尤推定する際に、チューニング指標値への適合度を示す尤度L(負の対数尤度 $-\ln L$ として定義)とFの二乗値へペナルティを重みづけした目的関数を用いて、推定の不安定性を軽減させる。通常は(1)式のように各年齢のF値の二乗値に一律にペナルティ λ を与えるが、本系群では3歳のF値のレトロスペクティブバイアスが特に強いため、(2)式を用いて特にバイアスの強い3歳のF値とそれ以外の年齢(4~9歳)のF値とで、ペナルティの重みを変える手法を用いている。ペナルティの重み λ および η はともに0~1の値をとる。 α は λ および η の探索を容易にするために便宜的に与える重みであり、本年度は α に100を用いた。

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

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

※ 補足資料2の(8)式を再掲

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

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

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

※ 補足資料2の(9)(10)式を再掲

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

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

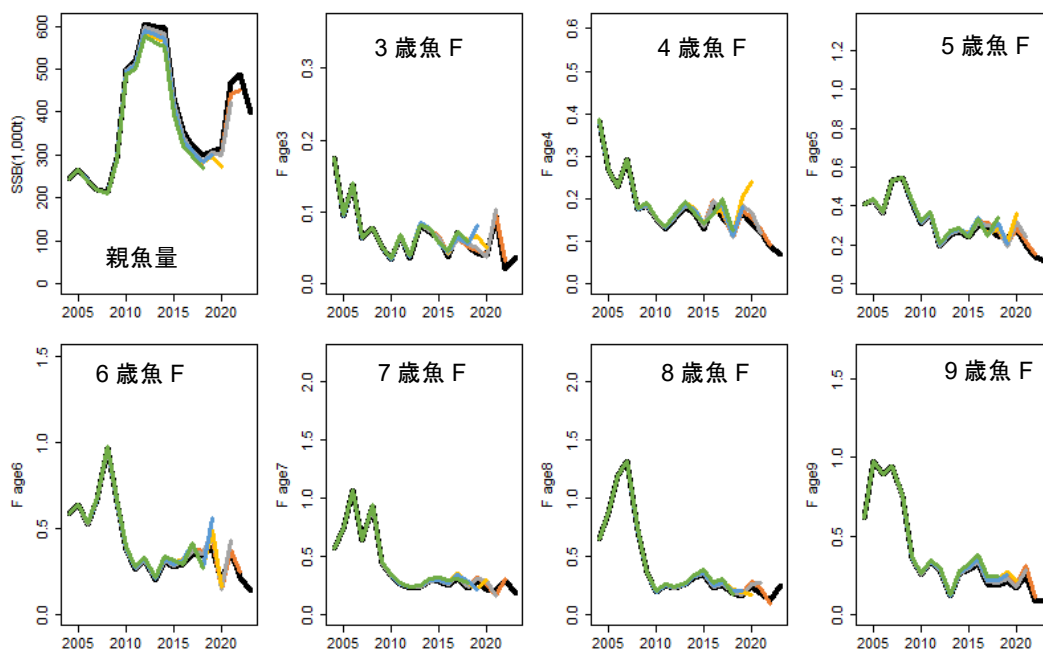
※ 親魚量のレトロスペクティブバイアス ρ の計算する場合の例

ペナルティの λ ($0 \leq \lambda < 1$) および η ($0 \leq \eta \leq 1$) の組み合わせは、まずそれぞれ 0 から 1 までの範囲を 0.05 区切りで探索し、親魚量および各年齢 F 値の RMSPE の平均が最小となった組み合わせの周囲をさらに 0.005 区切りで探索して得た。補足表 6-1 に 0.05 区切りでの探索結果、補足表 6-2 に 0.005 区切りでの探索結果を示す。探索の結果、 λ が 0.785、 η が 0.955 の場合に親魚量および年齢別 F 値の RMSPE の平均が最小 (0.07568) 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 0.11763 であり、ペナルティを与えることでレトロスペクティブ解析での推定値のばらつきが低減された (補足図 6-1 および 6-2)。RMSPE の平均が最小になる場合、および、RMSPE の平均が最小から 2 番目、3 番目の場合について、ペナルティを与えない場合を含めて親魚量および年齢別 F 値の各 RMSPE、および推定される最終年の親魚量を補足表 6-3 に示す。RMSPE の平均が最小になるペナルティを与えた場合 (λ が 0.785、 η が 0.955) の、最小から 2 番目 (λ が 0.780、 η が 0.955)、および 3 番目 (λ が 0.800、 η が 0.960) の場合との差は極めて微小であり、それぞれの直近年 (2023 年漁期) の親魚量推定値を比較しても、その差は 3 百~4 百トン程度であった。これらのペナルティを与えた結果は、ペナルティを与えない場合と比べると推定値のばらつきが低減されており、評価手法の前年度からの継続性の観点から本年度評価でもリッジペナルティ手法を継続使用することが妥当と考えられた。

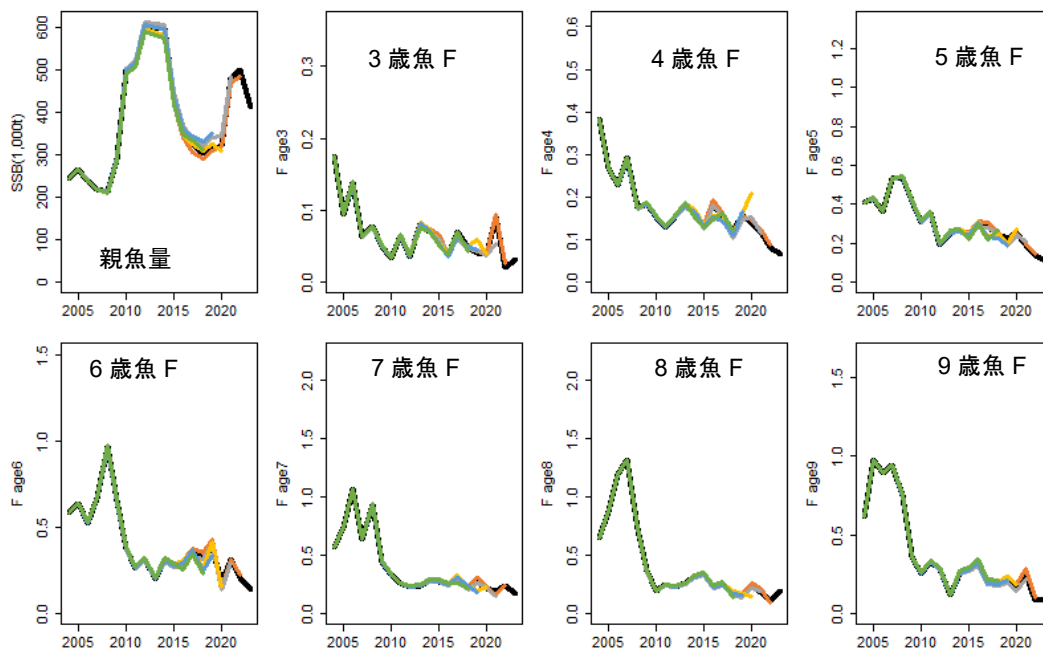
本系群ではリッジペナルティを 3 歳の F 値魚とそれ以外の年齢 (4~9 歳魚) の F 値とで、パラメータ η を用いてペナルティの重みを変えている。もし η を使用せずに、全ての年齢の F 値に与えるペナルティの重みを同じにした場合 (λ だけを用いる場合)、RMSPE の平均値が最小となるのは λ が 0.15 の場合であった。ただしこの場合、RMSPE の平均値は η を使用する場合よりも大きく、特に 3 歳魚の F 値で他の年齢と比べて明確に大きくなった (補足表 6-4)。3 歳魚の F 値のレトロスペクティブパターンは、リッジペナルティを与えない場合と同様に一貫した過大推定の傾向が見られることから (補足図 6-3)、本系群での η を用いた手法は引き続き適切な推定のために有用であると考えられた。

引用文献

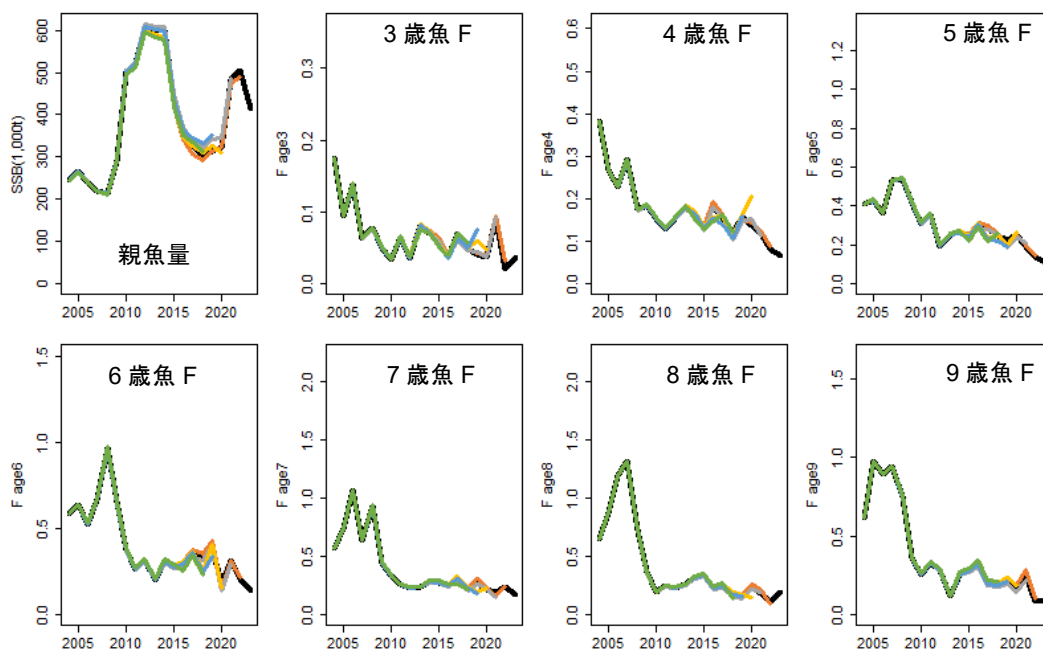
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. ICES J. Mar. Sci., **56**, 473-488.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities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



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



補足図 6-2. 評価で採用したリッジ VPA のペナルティのレトロスペクティブ解析結果
ペナルティ λ を 0.785、 η を 0.955 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 0.15 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	0.1176	0.0937	0.0845	0.0822	0.0852	0.0910	0.0993	0.1103	0.1229	0.1371	0.1530	0.1712	0.1924	0.2190	0.3607	0.7318	1.6685	3.0824				
	0.05	0.1176	0.0944	0.0849	0.0820	0.0843	0.0895	0.0970	0.1072	0.1191	0.1326	0.1477	0.1649	0.1849	0.2093	0.2447	0.3821	1.1306	2.8934				
	0.1	0.1176	0.0952	0.0854	0.0820	0.0835	0.0881	0.0947	0.1041	0.1154	0.1282	0.1426	0.1591	0.1781	0.2010	0.2322	0.3583	1.0013	2.7688				
	0.15	0.1176	0.0959	0.0860	0.0821	0.0828	0.0867	0.0925	0.1010	0.1117	0.1239	0.1376	0.1533	0.1715	0.1932	0.2217	0.3382	0.5235	1.6862				
	0.2	0.1176	0.0968	0.0866	0.0823	0.0822	0.0854	0.0906	0.0981	0.1080	0.1195	0.1327	0.1477	0.1650	0.1857	0.2122	0.3187	0.4546	1.5719				
	0.25	0.1176	0.0976	0.0873	0.0826	0.0817	0.0842	0.0888	0.0953	0.1044	0.1152	0.1277	0.1420	0.1586	0.1783	0.2032	0.2418	0.4083	1.4485				
	0.3	0.1176	0.0985	0.0880	0.0830	0.0814	0.0831	0.0871	0.0926	0.1007	0.1109	0.1227	0.1363	0.1521	0.1710	0.1944	0.2279	0.3732	1.3258	3.6198			
	0.35	0.1176	0.0994	0.0889	0.0836	0.0812	0.0822	0.0854	0.0902	0.0972	0.1066	0.1176	0.1305	0.1456	0.1635	0.1857	0.2160	0.3454	1.1645	3.3533			
	0.4	0.1176	0.1004	0.0898	0.0843	0.0814	0.0814	0.0839	0.0880	0.0939	0.1022	0.1125	0.1246	0.1389	0.1560	0.1770	0.2049	0.3196	0.9147	3.0831			
	0.45	0.1176	0.1014	0.0911	0.0851	0.0818	0.0809	0.0825	0.0859	0.0907	0.0979	0.1074	0.1187	0.1321	0.1482	0.1681	0.1940	0.2356	0.4555	1.7786			
	0.5	0.1176	0.1025	0.0924	0.0861	0.0823	0.0805	0.0814	0.0840	0.0880	0.0939	0.1022	0.1126	0.1251	0.1403	0.1590	0.1832	0.2189	0.3880	1.5906			
	0.55	0.1176	0.1036	0.0939	0.0872	0.0832	0.0808	0.0805	0.0822	0.0855	0.0900	0.0970	0.1065	0.1180	0.1320	0.1496	0.1722	0.2042	0.3443	1.3843	5.2682		
	0.6	0.1176	0.1048	0.0955	0.0886	0.0842	0.0813	0.0800	0.0808	0.0831	0.0868	0.0923	0.1003	0.1107	0.1236	0.1398	0.1609	0.1899	0.3052	1.1324	4.5991		
	0.65	0.1176	0.1060	0.0973	0.0904	0.0856	0.0823	0.0802	0.0798	0.0811	0.0838	0.0879	0.0941	0.1032	0.1148	0.1296	0.1490	0.1756	0.2181	0.5086	3.9693		
	0.7	0.1176	0.1073	0.0993	0.0926	0.0874	0.0837	0.0811	0.0794	0.0796	0.0812	0.0842	0.0885	0.0956	0.1058	0.1189	0.1364	0.1607	0.1974	0.3779	2.0981		
	0.75	0.1176	0.1087	0.1014	0.0951	0.0898	0.0857	0.0826	0.0803	0.0789	0.0792	0.0809	0.0840	0.0887	0.0965	0.1078	0.1232	0.1448	0.1772	0.3118	1.8213		
	0.8	0.1176	0.1102	0.1038	0.0981	0.0930	0.0884	0.0849	0.0821	0.0799	0.0784	0.0786	0.0801	0.0831	0.0878	0.0962	0.1091	0.1277	0.1560	0.2064	1.4680		
	0.85	0.1176	0.1118	0.1065	0.1015	0.0969	0.0925	0.0885	0.0852	0.0824	0.0800	0.0782	0.0777	0.0786	0.0811	0.0857	0.0942	0.1091	0.1327	0.1741	0.4373		
	0.9	0.1176	0.1134	0.1094	0.1055	0.1017	0.0980	0.0943	0.0906	0.0871	0.0842	0.0815	0.0791	0.0773	0.0768	0.0781	0.0818	0.0895	0.1066	0.1388	0.2195		
	0.95	0.1176	0.1152	0.1128	0.1104	0.1078	0.1052	0.1025	0.0997	0.0968	0.0937	0.0904	0.0870	0.0839	0.0809	0.0782	0.0760	0.0763	0.0812	0.0968	0.1473		
1	0.1176	0.1172	0.1168	0.1164	0.1160	0.1156	0.1152	0.1148	0.1144	0.1139	0.1135	0.1130	0.1125	0.1120	0.1114	0.1109	0.1105	0.1105	0.1111	0.1126			

RMSPE の平均が最小となる組み合わせである λ が 0.75、 η が 0.95 (太字) の周囲を更に 0.005 刻みで探索した。

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

RMSPE		Lamda																			
		0.725	0.730	0.735	0.740	0.745	0.750	0.755	0.760	0.765	0.770	0.775	0.780	0.785	0.790	0.795	0.800	0.805	0.810	0.815	0.820
Eta	0.925	0.07646	0.07658	0.07673	0.07690	0.07711	0.07735	0.07762	0.07792	0.07826	0.07863	0.07904	0.07950	0.07999	0.08053	0.08112	0.08175	0.08244	0.08318	0.08399	0.08485
	0.930	0.07614	0.07621	0.07629	0.07641	0.07655	0.07672	0.07692	0.07716	0.07743	0.07773	0.07808	0.07846	0.07888	0.07935	0.07986	0.08042	0.08103	0.08170	0.08242	0.08321
	0.935	0.07597	0.07598	0.07601	0.07606	0.07613	0.07624	0.07637	0.07653	0.07673	0.07696	0.07722	0.07753	0.07787	0.07826	0.07870	0.07918	0.07971	0.08029	0.08093	0.08162
	0.940	0.07595	0.07591	0.07588	0.07587	0.07588	0.07592	0.07598	0.07607	0.07619	0.07634	0.07652	0.07674	0.07700	0.07731	0.07765	0.07805	0.07849	0.07898	0.07953	0.08013
	0.945	0.07634	0.07617	0.07601	0.07587	0.07582	0.07579	0.07578	0.07580	0.07584	0.07591	0.07602	0.07615	0.07632	0.07653	0.07678	0.07708	0.07742	0.07781	0.07826	0.07876
	0.950	0.07695	0.07674	0.07654	0.07634	0.07616	0.07599	0.07584	0.07575	0.07572	0.07572	0.07574	0.07579	0.07586	0.07598	0.07613	0.07632	0.07656	0.07684	0.07717	0.07756
	0.955	0.07780	0.07755	0.07730	0.07706	0.07683	0.07661	0.07641	0.07621	0.07603	0.07587	0.07573	0.07569	0.07568	0.07570	0.07576	0.07584	0.07597	0.07613	0.07635	0.07661
	0.960	0.07891	0.07862	0.07834	0.07806	0.07779	0.07752	0.07727	0.07702	0.07679	0.07656	0.07636	0.07616	0.07599	0.07583	0.07572	0.07570	0.07572	0.07577	0.07586	0.07600
	0.965	0.08034	0.08002	0.07970	0.07939	0.07908	0.07877	0.07848	0.07818	0.07790	0.07762	0.07736	0.07710	0.07686	0.07664	0.07643	0.07623	0.07606	0.07591	0.07580	0.07581
	0.970	0.08214	0.08179	0.08145	0.08111	0.08077	0.08043	0.08010	0.07977	0.07944	0.07912	0.07881	0.07850	0.07820	0.07791	0.07763	0.07737	0.07711	0.07688	0.07667	0.07647
	0.975	0.08439	0.08404	0.08368	0.08332	0.08295	0.08259	0.08223	0.08187	0.08151	0.08115	0.08080	0.08045	0.08010	0.07976	0.07943	0.07910	0.07879	0.07848	0.07819	0.07790

RMSPE の平均が最小となる組み合わせは、 λ が 0.785、 η が 0.955 の場合 (太字) であった。

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漁獲係数 (F 値) の平方二乗誤差率 (RMSPE) の平均が最小、最小から 2 番目、および 3 番目となるペナルティ λ および η と、その際の各数値の RMSPE、および直近年 (2023 年漁期) の親魚量推定値

λ	η	RMSPE									直近2023年漁期の親魚量 (1000 t)
		SSB	F age3	F age4	F age5	F age6	F age7	F age8	F age9	Average	
0	—	0.05094	0.17132	0.11473	0.11010	0.11583	0.12613	0.13278	0.11926	0.11764	397.6
0.785	0.955	0.03378	0.10370	0.08278	0.07368	0.08561	0.08776	0.07722	0.06095	0.07568	412.5
0.780	0.955	0.03341	0.10387	0.08292	0.07361	0.08528	0.08781	0.07757	0.06106	0.07569	412.1
0.800	0.960	0.03516	0.10347	0.08244	0.07407	0.08682	0.08778	0.07643	0.06056	0.07584	412.2

λ を 0.785、 η を 0.955 とした RMSPE が最小となる組み合わせを評価に用いた (太字)。

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

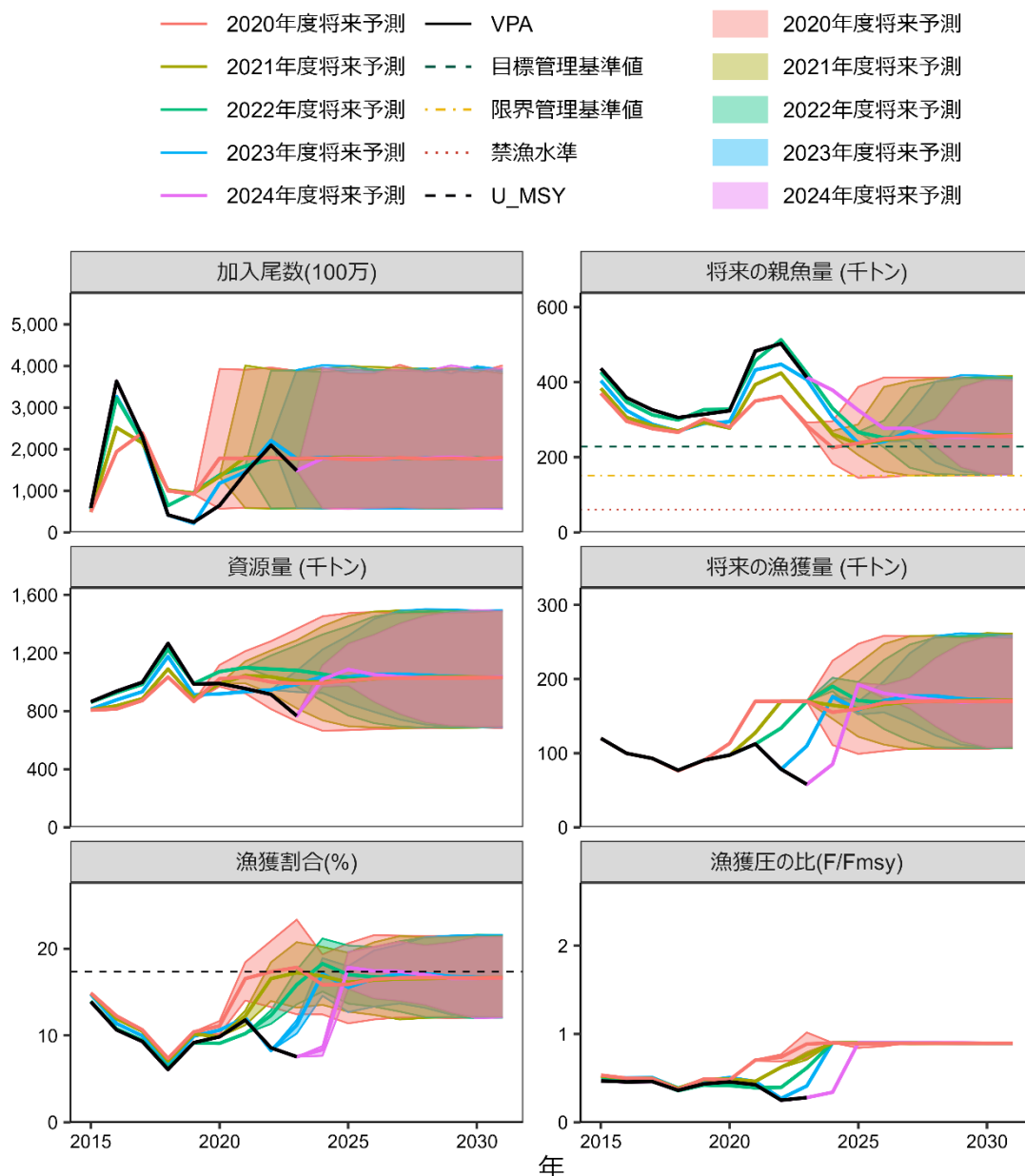
λ	RMSPE									直近2023年漁期の親魚量 (1000 t)
	SSB	F age3	F age4	F age5	F age6	F age7	F age8	F age9	Average	
0.00	0.051	0.171	0.115	0.110	0.116	0.126	0.133	0.119	0.118	397.6
0.05	0.035	0.158	0.094	0.083	0.088	0.101	0.102	0.086	0.093	402.9
0.10	0.031	0.151	0.086	0.074	0.083	0.090	0.084	0.069	0.083	408.2
0.15	0.034	0.147	0.082	0.074	0.086	0.087	0.076	0.059	0.081	413.8
0.20	0.043	0.146	0.083	0.077	0.092	0.089	0.077	0.057	0.083	419.8
0.25	0.055	0.145	0.086	0.084	0.100	0.095	0.084	0.055	0.088	426.2
0.30	0.070	0.146	0.090	0.093	0.109	0.103	0.093	0.059	0.096	433.1
0.35	0.087	0.149	0.097	0.103	0.120	0.113	0.104	0.074	0.106	440.7
0.40	0.106	0.152	0.105	0.115	0.131	0.125	0.117	0.091	0.118	449.1
0.45	0.128	0.157	0.115	0.128	0.144	0.138	0.131	0.108	0.131	458.6
0.50	0.153	0.164	0.127	0.142	0.158	0.152	0.147	0.126	0.146	469.5
0.55	0.182	0.173	0.141	0.157	0.173	0.168	0.164	0.146	0.163	482.1
0.60	0.217	0.186	0.158	0.175	0.190	0.187	0.185	0.168	0.183	497.2
0.65	0.263	0.203	0.179	0.196	0.211	0.210	0.210	0.194	0.208	515.7
0.70	0.561	0.274	0.253	0.266	0.282	0.287	0.292	0.284	0.312	539.5
0.75	1.015	0.337	0.318	0.329	0.345	0.353	0.360	0.355	0.426	572.0
0.80	7.685	0.443	0.425	0.436	0.451	0.460	0.467	0.464	1.354	620.9
0.85	22.503	0.536	0.515	0.525	0.537	0.545	0.551	0.549	3.283	707.1
0.90	40.395	0.631	0.608	0.615	0.624	0.629	0.635	0.634	5.596	900.3
0.95	80.321	0.777	0.762	0.769	0.773	0.774	0.777	0.776	10.716	1549.2

η を使用しない場合、 λ に 0.15 を用いると RMSPE が最小となった (太字)。

補足資料 7 昨年度以前の資源評価結果との比較

本年度の資源評価結果を 2020～2023 年度の評価結果と比較した。2020 年度の評価結果は、現行の漁獲シナリオの基になった、資源管理方針に関する検討会（第 2 回）からの依頼対応により実施した将来予測の結果である。本年度の資源評価で推定した親魚量は、2023 年度評価での推定値よりも上方修正されて 2022 年度評価での推定値と類似した値になった（補足表 7-1）。本系群では 2020 年度評価以降、2022 年度評価まで親魚量の上方修正がみられたが、2023 年度評価では下方修正されていた。本年度の評価では 2018、2019 年漁期の加入量は 2023 年度評価と同様の低い値が推定されているほか、2020 年漁期の加入量がこれまでの評価に比べて大きく下方修正されている。本編で述べた通り、2020 年級群の加入量は、これまでスケトウダラ音響トロール調査の結果から推定していたものが本年度からはコホート計算による推定値に更新され、2023 年漁期の 3 歳の標準化 CPUE が低かったこともあり、比較的少ない年級群として推定された。

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



補足図 7-1. 評価年別の加入量、親魚量、資源量、漁獲量、漁獲割合、漁獲圧の比の比較
 将来予測における漁獲量は資源管理基本方針に定められた漁獲シナリオに従った。すなわち、2020 年度評価*、2021 年度評価、および 2022 年度評価ではそれぞれ 2021～2023 年漁期、2022～2023 年漁期、および 2023 年漁期の漁獲量を 17 万トンで固定としている。いずれの将来予測でも評価年の漁獲量は現状の漁獲圧で仮定し、2024 年漁期以降は β を 0.9 とする漁獲管理規則に従うものとした。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄一点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。

*資源管理方針に関する検討会（第 2 回）からの依頼により実施した将来予測の結果。

補足表 7-1. 各漁期年の評価年別の親魚量

評価 年度	漁期年 (万トン)						
	2019年 漁期	2020年 漁期	2021年 漁期	2022年 漁期	2023年 漁期	2024年 漁期	2025年 漁期
2020*	30.2	28.0	35.0	36.2	28.4	22.5	23.7
2021	29.3	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	23.5
2022	32.7	32.8	45.7	51.3	42.5	33.0	26.7
2023	29.0	29.5	43.2	44.8	40.7	30.6	23.8
2024	31.4	32.4	48.3	50.2	41.3	37.8	32.5

黒色の数字は評価年時点で資源評価により推定された親魚量を、赤色の数字は評価年時点では将来予測結果となる親魚量予測平均値をそれぞれ示す。本年度（2024年度）の評価結果での親魚量推定値は昨年度（2023年度）の評価から上方修正され、一昨年度（2022年度）の評価と類似した数値となった。

*資源管理方針に関する検討会（第2回）からの依頼により実施した将来予測の結果。

補足資料 8 チューニング指標値変更の検討について

本系群では、襟裳以西での主要漁業である刺し網では、渡島海域において産卵期直前の親魚の分布が沖側にシフトし、近年は漁場までの距離が遠くなっていることが指摘されている（武藤・志田 2022）。本系群の VPA ではすけとうだら固定式刺し網漁業での資源量指標値や標準化 CPUE が親魚量に対する重要なチューニング指標値となっているが、これらは漁業に依存した情報であり、環境変化に伴う漁場形成の変化等が漁獲効率に影響していた場合には資源評価精度を低下させ得ることに注意が必要である。漁業とは独立した襟裳以西に来遊する親魚量を把握するため、道総研では 2015 年漁期以降、11 月の噴火湾周辺海域での計量魚群探知機を用いたスケトウダラ産卵来遊群分布調査を道東～襟裳以西の北海道太平洋沿岸全域に拡大している。本補足資料では、この調査で得られた親魚現存量を VPA のチューニング指標値として用いた場合について検討した。具体的には、現在のチューニング指標値のうち、刺し網の漁獲成績報告書に基づく資源量指標値（刺し網資源量指標値）を、親魚現存量と入れ替えて資源解析を行った。

親魚現存量を用いた資源解析を試算するにあたり、チューニングにおいてリッジペナルティは設定しなかった。推定された親魚量、資源量、および加入量を補足図 8-1 に、指標値の残差プロットや経年推移を補足図 8-2 および 8-3 に、チューニングに対応する資源尾数や親魚量と指標値との関係を補足図 8-4 に示した。親魚現存量は他のチューニング指標値に比べるとデータ年数が短いですが、当てはまりは良い（ $\sigma=0.27$ ）。推定される親魚量、資源量、および加入量は、現行の資源評価結果と比べて極端な違いは生じない。今後精査を進めて、来年度以降の資源評価への反映にむけて検討を行う予定である。

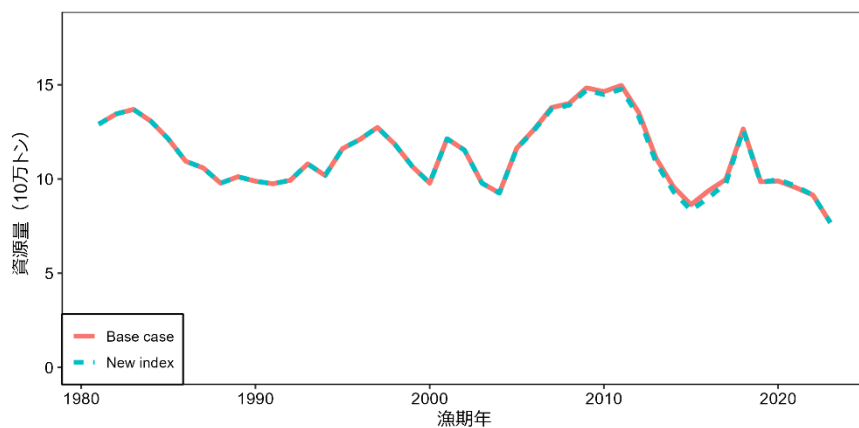
引用文献

武藤卓志・志田修 (2022) 近年の道南太平洋海域における産卵期直前のスケトウダラ成魚の分布の変化. 北水試研報, **101**, 11-23.

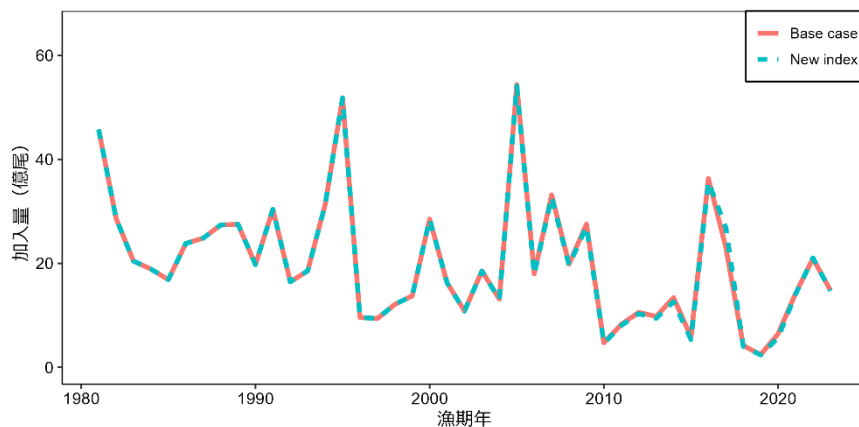
(a) 親魚量



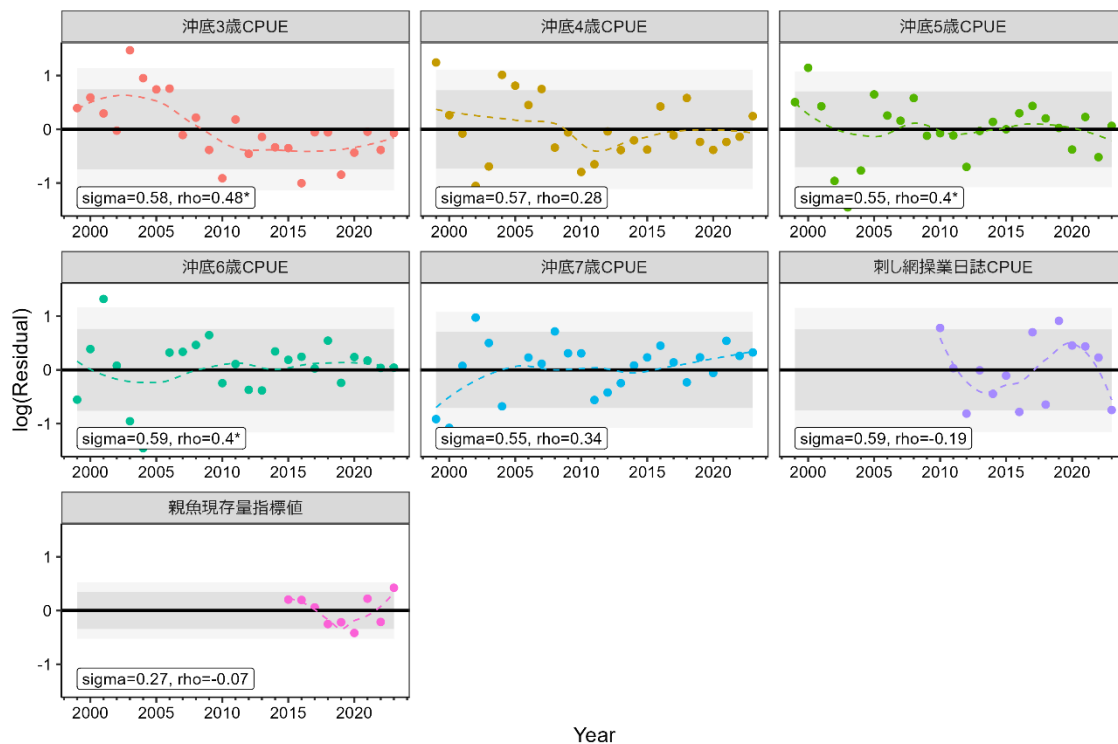
(b) 資源量



(c) 加入量

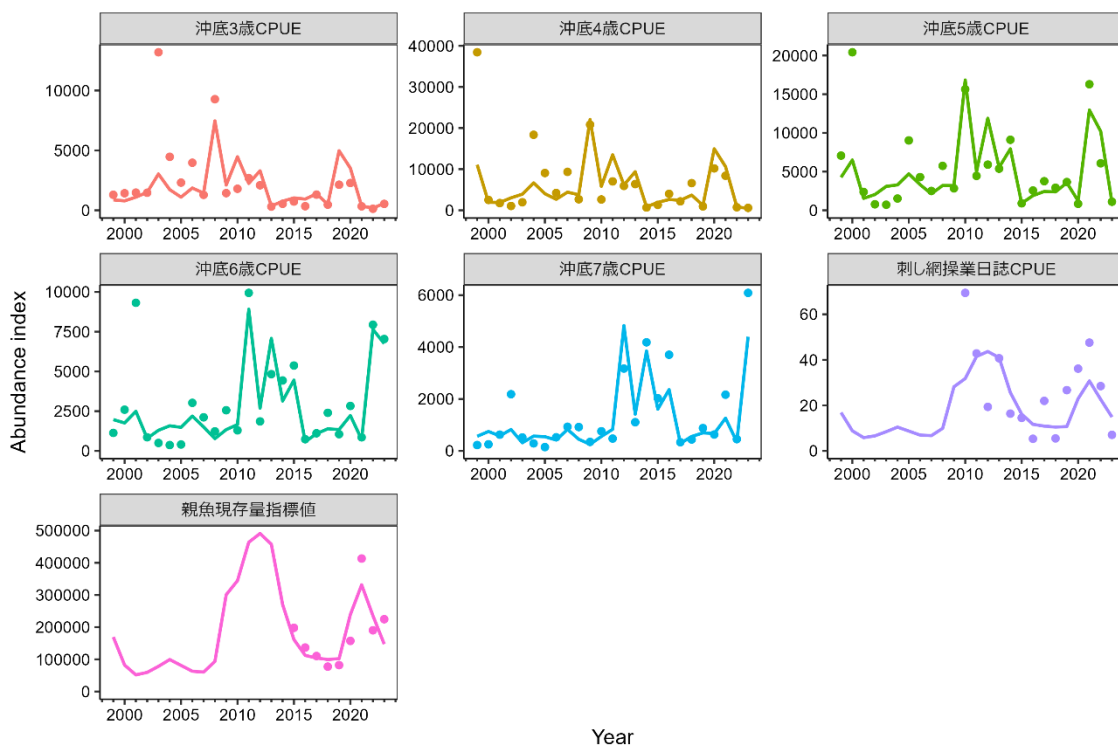


補足図 8-1. チューニング指標値について、刺し網資源量指標値を親魚現存量と入れ替えた場合（青点線：New Index）と現行の資源評価（赤実線：Base case）との資源解析結果の比較

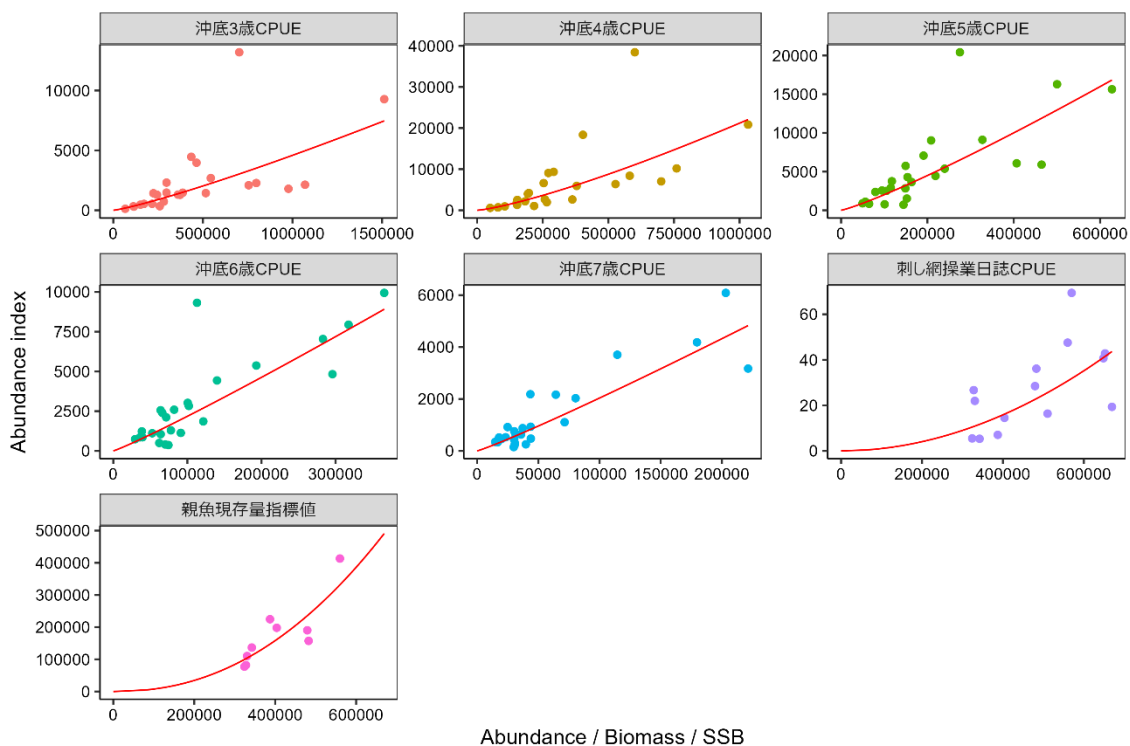


補足図 8-2. 刺し網資源量指標値の代わりに親魚現存量をチューニングに用いた場合の残差プロット

チューニングに用いた沖合底びき網漁業の3~7歳の年齢別標準化CPUE、すけとうだら固定式刺し網漁業の操業日誌に基づく標準化CPUE、および親魚現存量へのあてはまりを示す。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 8-3. 刺し網資源量指標値の代わりに親魚現存量をチューニングに用いた場合の、資源尾数または親魚量とチューニング指標値の経年推移
 チューニングに用いた沖合底びき網漁業の3～7歳の年齢別標準化CPUEに対する各年齢の資源尾数の経年推移、すけとうだら固定式刺し網漁業の操業日誌に基づく標準化CPUEに対する親魚量の経年推移、親魚現存量に対する親魚量の経年推移を示す。



補足図 8-4. 刺し網資源量指標値の代わりに親魚現存量をチューニングに用いた場合の、資源尾数または親魚量とチューニング指標値との関係
 チューニングに用いた沖合底びき網漁業の 3~7 歳の年齢別標準化 CPUE について各年齢の資源尾数との関係、すけとうだら固定式刺し網漁業の操業日誌に基づく標準化 CPUE および親魚現存量について親魚量との関係を示す。