

令和3（2021）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

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 CPUE）をチューニング指数としたコホート解析により推定した。資源量（0歳以上の総重量）は、1981～2011年漁期（4月～翌年3月）には91.0万～142.7万トンの範囲で安定して推移していたが、2012年漁期以降は減少傾向にある。2020年漁期の資源量は98.7万トンであった。親魚量は1981～2009年漁期にかけて15.1万～32.2万トンの範囲で安定して推移していたが、2010年漁期に急増し、2012年漁期には57.1万トンに達した。その後、2018年漁期には27.0万トンまで減少し、2020年漁期は27.8万トンであった。加入量（0歳魚の資源尾数）は、1981年級群以降4億～54億尾の範囲で変動しており、30億尾を上回った年級群（卓越年級群）は、1981、1991、1994、1995、2005および2007年に発生した。2007年以降では、2009年級群の加入量が26億尾と比較的高豊度であった一方で、2010年級群および2015年級群の加入量は5億尾以下と評価期間を通して最も低い水準であった。近年では2020年漁期に6歳魚となった2014年級群、および4歳魚となった2016年級群の加入量が比較的多い。また、これまで調査船調査により現存量が多いと仮定していた2017年級群は、3歳魚となった2020年漁期のコホート解析結果からも高い加入豊度であることが推定された。今後、2016年級群および2017年級群が親魚量の主体となり、短期的には本系群の資源量は安定的に推移すると考えられる。

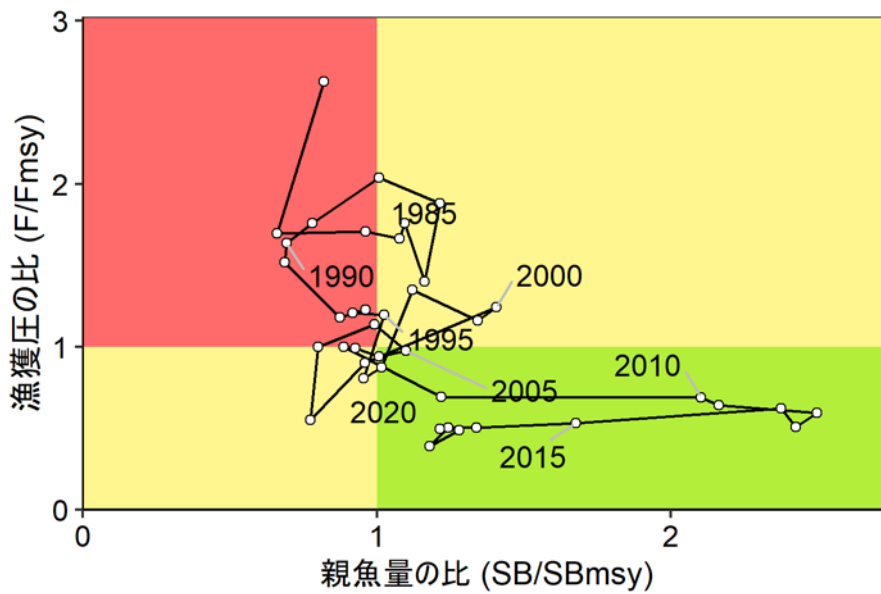
令和2年12月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、本系群の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準、および漁獲管理規則が定められた。目標管理基準値は最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（22.8万トン）であり、本系群の2020年漁期の親魚量は、これを上回る。また、本系群の2020年漁期の漁獲圧は、MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は近年5年間（2016～2020年漁期）の推移から「横ばい」と判断される。本系群の漁獲シナリオでは、漁獲圧が Fmsy を超過することが見込まれ無い限り、2021～2023年漁期の ABC は17.0万トンで固定すると定められている。将来予測において2022～2023年漁期に予測される漁獲圧は Fmsy を下回ると予測された。

項目	値	説明
管理基準値と MSY に関する値		
SBtarget	22.8 万トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit	15.1 万トン	これまで観測された最小親魚量 (SBmin)
SBban	6.0 万トン	漁獲管理規則 ($\beta=0.8$) で 10 年間漁獲しながら 50% の確率で目標管理基準値まで回復する親魚量の閾値
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) =(0.01, 0.02, 0.07, 0.12, 0.33, 0.56, 0.81, 0.67, 0.64, 0.72, 0.72)	
%SPR (Fmsy)	19.7%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	17.1 万トン	最大持続生産量 MSY
2020 年漁期の親魚量と漁獲圧		
SB2020	27.8 万トン	2020 年漁期の親魚量
F2020	2020 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, 0.02, 0.02, 0.04, 0.21, 0.32, 0.15, 0.29, 0.18, 0.28, 0.28)	
%SPR (F2020)	37.7%	2020 年漁期の %SPR
%SPR (F2016-2020)	37.0%	現状 (2016~2019 年漁期) の漁獲圧に対応する %SPR
目標管理基準値および MSY を実現する水準に対する比率		
SB2020/ SBtarget (SBmsy)	1.22	目標管理基準値 (MSY を実現する親魚量) に対する 2020 年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	0.49	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2020 年漁期の漁獲圧の比*

*2020 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率

再生産関係：ホッケー・スティック型（自己相関なし）

親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
親魚量の動向	横ばい



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 (%)
2017	88.5	28.4	9.3	0.50	10
2018	109.0	27.0	7.7	0.39	7
2019	89.0	29.3	9.0	0.49	10
2020	98.7	27.8	9.7	0.49	10
2021	104.5	39.3	12.7	0.46	12
2022	103.9	42.5	—	—	—

2021年、2022年の値は将来予測に基づいた推定値である。

2022年漁期の ABC (万トン)	2022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/F2016-2020)	2022年漁期の 漁獲割合(%)
17.0	42.5	1.34	16

コメント:

- ABCの算定には、令和2年12月に開催された「資源管理方針に関する検討会」にて取り纏められた漁獲シナリオでの漁獲管理規則を用いた。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

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

*は直近3年間の加入量の推算に用いた加入量指標値である。

**はコホート解析におけるチューニング指数である。

年齢別・漁期年別漁獲尾数は、主要水揚港での漁法別・時期別の漁獲物サンプルから推定した年齢組成情報に基づき算出した。道東海域の沖合底びき網漁業(以下、「沖底」という)の年齢別漁獲尾数は、2015年漁期まではオッタートロール漁法(以下、「オッタートロール」という)の漁獲物サンプルから得られた年齢組成情報、2016年漁期以降はオッタートロールに加えてかけまわし漁法(以下、「かけまわし」という)の漁獲物サンプルから得られた

年齢組成情報も用いて算出した。なお、本系群に関する漁期は4月～翌年3月であり、年齢の起算日も4月1日としている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

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

(2) 年齢・成長

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

(3) 成熟・産卵

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

本系群の加入量変動要因については、資源量推定等高精度化推進事業などにおいて現在も調査中である。本系群の再生産構造には、1980年代や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～春季の噴火湾周辺海域の水温が例年よりも高かった2009年以前に比べて、冬季～春季の水温が低い2010年以降は仔稚魚期におけるサイズが小型であり高豊度の年級群が発生していない(Kuroda et al. 2020)。なお、高水温下であったにもかかわらず加入量は少ない年級群や(例えば1997年級群)、大型であったにもかかわらず加入量はさほど多くない年級群もあり(例えば2008年級群)、水温や体長などから加入量を予測するには更なる検討が必要である。

(4) 被捕食関係

餌生物は、主にオキアミ類や橈脚類をはじめとする浮遊性甲殻類であるが、小型魚類、イカ類、底生甲殻類および環形動物なども摂餌している（前田ほか 1983、Yamamura et al. 2002）。本種を餌とする捕食者として、道東海域ではマダラ、アブラガレイ、イトヒキダラ等が報告されているほか、大型魚による共食いもみられる（Yamamura 2004、Yamamura and Nobetsu 2011）。また、海獣類の餌生物としても重要である（Tamura and Fujise 2002）。前述のとおり、共食いや他種による捕食圧が高いと考えられる本系群については、仔魚期のサイズが大きい場合に高豊度の加入が得られる可能性が示唆されている（Funamoto et al. 2013）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

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

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

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

(2) 漁獲量の推移

本系群の漁獲量を図3-1と表3-1に示す。漁獲量は2000年代前半に20.0万トン台から急減し、2002年漁期には10.9万トンまで落ち込んだが、その後、増加に転じ、2005年漁期から2014年漁期はTAC規制なども働き14.3万～17.5万トンの範囲で安定して推移していた。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、2020年漁期は9.7万トンであった。漁獲量に占める各海域の比率は、2004年漁期から2013年漁期まで、襟裳以西で道東よりも多い傾向が続いていたが、2014年漁期以降は道東の漁獲量が襟裳以西を上回っている。北方四島水域では、日本とロシアとの地先沖合漁業協定に基づき沖底による漁獲が行われてきた。平成27年の日ロ漁業委員会により同水域でのスケトウダラの割当量は大幅に減少し、2015年漁期以降の漁獲実績はない。韓国漁船による漁獲は1987年漁期から始まり、1998年漁期には漁獲量が7.5万トンに達したが、新日韓漁業協定に基づき1999年漁期で終了した（表3-1）。

年齢別漁獲尾数を図 3-2 と補足資料 5 に示す。1980 年代には 0、1 歳魚の漁獲が多かったが、これらは主に東北太平洋岸において漁獲されたもので、同海域の漁獲量の減少に伴い 1990 年代以降は少ない状態が続いている。また、1990 年代には 2、3 歳魚の漁獲が多かったのに対し、2000 年代後半以降は、漁獲の中心が 4 歳以上となっている。2020 年漁期は 4 歳魚（2016 年級群）の割合が最も高く 51% を占めていた。

(3) 漁獲努力量

漁獲量が総漁獲量に占める割合の大きい漁業は、北海道を根拠地とする（以下、「北海道根拠」という）沖底と襟裳以西海域の沿岸漁業である。2020 年漁期は、北海道根拠の沖底が総漁獲量の 58%、襟裳以西海域の沿岸漁業が総漁獲量の 29% を漁獲した。これら漁業の漁獲努力量を図 3-3、3-4、3-5 と表 3-2 に示す。

北海道根拠の沖底の漁獲努力量として、スケトウダラの有漁操業の網数の推移を図 3-3 に示した。襟裳以西海域のかけまわしについては、2000～2012 年漁期は 4,000 網前後で推移していたが、2013～2014 年漁期に操業隻数の減少に伴い減少し、2015 年漁期以降は 2,700 網前後で推移している。2020 年漁期はおよそ 2,100 網に減少した。道東海域と北方四島水域のかけまわしについては 1980 年代以降減少傾向を示したが、2003 年漁期以降は 8,000 網前後で推移している。これらの海域のオッターコントロールについては 1980 年代以降減少傾向を示した後、2000～2006 年漁期には横ばい傾向となったが、2007～2016 年漁期は再び減少傾向を示した。2016 年漁期以降は 1,000～1,400 網で推移している。スケトウダラを主体とした操業での漁獲努力量として、1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が 50% 以上の操業での網数の推移を図 3-4 に示した。この操業における漁獲努力量は、襟裳以西海域のかけまわしでは 1996 年漁期以降漸減傾向である一方、道東海域のかけまわしでは 1996～2004 年漁期の増減の後には漸増傾向にある。道東海域のオッターコントロールについては 2000 年漁期以降漸増傾向を示したが、2007 年漁期以降は減少傾向にある。2020 年漁期はいずれの海域、漁法においても減少した。

襟裳以西海域の沿岸漁業である刺し網の漁獲努力量として、刺し網の漁獲成績報告書に記載された、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 年度にかけて急減し、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、1981～2020 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 (刺し網漁業の漁獲成績報告書から得られる資源量指標値、および刺し網漁業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1、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、2018~2020年級群の資源尾数についてはスケトウダラ音響トロール調査で得られた1歳魚の現存量指標値を用いた調査結果による推定を行った(補足資料2)。

(2) 資源量指標値の推移

2003年漁期以降の襟裳以西海域における刺し網の資源量指標値を図4-1に示す。この刺し網の資源量指標値は、前述した刺し網の漁獲努力量を基に月別・漁区別CPUEを算出し、それらを月別に合算したものである。各月の資源量指標値は、各月に漁場を通過する魚群量を表していると考えられるため、10月~翌年1月の資源量指標値の合計値を、漁期全体における産卵親魚の来遊量の指標とみなした。刺し網の資源量指標値の合計値は、2010年漁期をピークに2016年漁期まで減少傾向にあった。その後は横ばいで推移しており、2020年漁期は2019年漁期からやや減少した。

2010年漁期以降については、渡島と胆振地区の刺し網船団の代表船(18隻)から操業日誌を収集し、操業日ごとの操業位置(緯度・経度)、使用した網数(反)、漁獲量等のデータを用いて標準化CPUE(資源量指標値)を算出した。この値についても、漁獲成績報告書から得られる上述の指標とは別の面からみた産卵親魚の来遊量の指標として扱った。標準化CPUEも2016年漁期まで減少傾向にあったが、2017年漁期以降は増加傾向にあり、2020年漁期は2013年漁期並みの値となった(図4-2)。

北海道根拠の沖底の年齢別標準化CPUEを図4-3に示す。これは漁獲成績報告書にて報告された1日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が50%以上の日別・漁船別の操業情報と、年齢査定の結果に基づき、1999年以降のひと網当たりの漁獲尾数について、デルタ型2段階モデルを用いて年齢別(3~7歳)に標準化CPUEを算出したものである(詳細は補足資料3および標準化CPUEについての文書(FRA-SA2020-SC03-101)を参照)。3歳魚のCPUEは2003年漁期および2008年漁期に高く、これらはそれぞれ2000年級群および2005年級群に相当する。4歳魚CPUEでは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、年齢を経ってから他に比べて高いCPUEが示される年級群もみられた(たとえば2007年級群および2009年級群)。2012年漁期に低い3歳魚CPUE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。近年5年間の加入群では、2016年級群が3~4歳魚時点(2019~2020年漁期)は2014年級群よりも高いCPUEを示している。また、3歳魚時点の情報に限られるが、2017年級群は近年5年間の年級群のなかでは最も高い3歳魚CPUEを示している。

(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)、資源量、および親魚量を図

4-4、4-5、4-6、4-7 と表 4-1 に示す（詳細は補足資料 5 参照）。

加入量は、1981 年漁期以降 4 億～54 億尾で変動したと推定された（図 4-4、表 4-1）。その中で、加入量が 30 億尾を上回った年級群を卓越年級群とすると、1981、1991、1994、1995、2005 および 2007 年級群が卓越年級群となった。また、1982、1988、1989 および 2000 年級群も 27 億～29 億尾という高い加入量を示し、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 2009 年級群が比較的高豊度である 26 億尾と推定されたのに対し、2010 年級群および 2015 年級群の加入量は、5 億尾以下と評価期間を通して最も低い水準となっている。2008 年以降、卓越年級群の発生はみられない。近年では 2020 年漁期に 4 歳魚となった 2016 年級群、および 3 歳魚となった 2017 年級群の加入量が比較的多く、それぞれ 25 億尾および 22 億尾と推定された。直近 3 年の加入量（2018～2020 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 月のすけとうだら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。ここで 2018、2019 および 2020 年級群については、調査で得られた現存量指標値が低く、それぞれ 10 億尾、9 億尾および 13 億尾と推算された。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）および資源尾数（0 歳以上の総尾数）は、1981～2011 年漁期には 91.0 万～142.7 万トン・41 億～93 億尾の範囲で推移していた。資源尾数は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に、資源量はその 1～2 年後に増加する傾向にあった（図 4-5、4-6、表 4-1）。2012 年漁期から資源量は減少に転じ、2014 年漁期以降は 80.0 万～109.0 万トンで推移している。2020 年漁期は 98.7 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、その漁期年の年級群を生み出した親魚量を示す。1981～2009 年漁期の親魚量は 15.1 万～32.2 万トンの範囲で安定して推移していたが、2010 年漁期以降急増し、2012 年漁期には 57.1 万トンに達した（図 4-7、表 4-1）。その後、減少に転じ、2018 年漁期には 27.0 万トンになった。その後は横ばい傾向で推移し、2020 年漁期は 27.8 万トンと推定された。2010 年漁期から 2012 年漁期にかけての親魚量の急増は、卓越年級群である 2005 および 2007 年級群の産卵加入による。これらの卓越年級群は 2015 年漁期および 2017 年漁期に 10+歳に、比較的高豊度であった 2009 年級群も 2019 年漁期に 10+歳になるなど、高豊度年級の高齢化が進んでいる。近年の資源量・親魚量の減少の原因としては、これらの高豊度年級が減少したこと、2008 年以降には卓越年級群の発生が確認されていないこと、および、特に 2010、2011、2015 年級群の豊度が低いことが挙げられる。

コホート解析に使用した自然死亡係数（ M ）の値が資源計算に与える影響をみるため、3 歳以上の M である 0.25 を ± 0.05 で変化させた場合（2 歳以下の M についても連動）の 2020 年漁期の資源量と親魚量を推定した。2020 年漁期の資源量および親魚量は、ともに M が大きくなると増加し、 M が小さくなると減少した（図 4-8）。

漁獲係数 F の推移は年齢によって変動パターンが異なるが、2010 年漁期以降はいずれの年齢の F 値も低下し、特に 6 歳以上の高齢魚でも低い 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 年漁期から 2012 年漁期までは 11～13%の範囲で安定して横ばい傾向であった（図 4-10、表 4-1）。その後、資源量が減少に転じた 2013 年漁期からは 2 年連続で上昇して

2014年漁期に17%となったが、2015年漁期以降は漁獲量の減少に伴い漁獲割合も低下に転じ、2018年漁期には7%となった。その後2019年漁期および2020年漁期は10%と推定された。

前述の通り、直近3年の加入量を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に基づいて仮定しており、昨年度の評価では2017～2019年漁期の加入量は23.9億尾、10.0億尾および9.2億尾としていた。このうち、2017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たが、大きな変化はなかった(21.5億尾)。昨年度の評価からの各漁期年における資源量および親魚量推定値の変化は±6%未満であった。

項目	値	説明
SB2020	27.8 万トン	2020年漁期の親魚量
F2020	2020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, 0.02, 0.02, 0.04, 0.21, 0.32, 0.15, 0.29, 0.18, 0.28, 0.28)	
U2020	10%	2020年漁期の漁獲割合

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

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量 (SPR) を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図 4-11 に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。1981年漁期以降、%SPR は増減をくりかえしながらも概ね増加傾向にある。2011年漁期以降は30～40%の範囲で推移しており(2018年漁期の41.4%を除く)、2020年漁期は37.7%であった。現状の漁獲圧として近年5年間(2016～2020年漁期)の平均F値から%SPRを算出すると37.0%となった。

現状の漁獲圧に対する YPR と %SPR の関係を図 4-12 に示す。このとき F の選択率として、令和2年12月に開催された「資源管理方針に関する検討会」に提供した MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた値(境ほか2020)を用いた。なお、後述する Fmsy は %SPR に換算すると19.7%に相当する。Fmsy の選択率は、令和2(2020)年度の資源評価で推定された2015～2019年漁期の年齢別F値および年齢別平均体重に基づく。現状の漁獲圧(F2016-2020)はFmsyを下回る。

項目	値	説明
%SPR (F2020)	37.7%	2020年漁期の%SPR
%SPR (F2016-2020)	37.0%	現状(2016～2020年漁期)の漁獲圧に対応する%SPR

(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」に提供された本系群の再生産関係式には、ホッケー・スティック型

再生産関係が適用されている（境ほか 2020）。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下表に示す。ホッケー・スティックの折れ点は親魚量 15.1 万トンに位置する（下表のパラメータ b）。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。

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	11.795	150,944	0.580	-

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き（尾/kg）、b は HS の折れ点となる親魚量（トン）である。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準および管理基準値等

上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」では現在（1981 年漁期以降）の環境下における最大持続生産量 MSY は 17.1 万トンと推定された。令和 2 年度に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て、この MSY を実現する親魚量（SBmsy : 22.8 万トン）を目標管理基準値とする資源管理目標が定められた。また、歴史的に観察されたことのある最低親魚量（15.1 万トン）が限界管理基準値、管理基準値に従い規定される漁獲管理規則での漁獲の元でも 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。MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）と共に諸数値を下表に示す。

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。歴史的に観察されたことのある最低親魚量。
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%の確率で目標管理基準値まで回復する親魚量の閾値。
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F） （0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上） =(0.01, 0.02, 0.07, 0.12, 0.33, 0.56, 0.81, 0.67, 0.64, 0.72, 0.72)	
%SPR (Fmsy)	19.7%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	17.1 万トン	最大持続生産量

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量（SBmsy）と漁獲の強さ（Fmsy もしくは Umsy）を基準にした神戸プロット（神戸チャート）を図 4-14 に示す。本系群における 2020 年漁期の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy すなわち目標管理基準値）を上回り、過去に観察されたことのある

る最低親魚量（SBlimit すなわち限界管理基準値）を上回る。2020年漁期の親魚量はSBmsyの1.22倍である。また、2020年漁期の漁獲圧はMSYを実現する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、2020年漁期の漁獲圧はFmsyの0.49倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは、各年のFの選択率の下でFmsyの漁獲圧を与えるFを%SPR換算して求めた値と、各年のF値との比である。親魚量の動向は、近年5年間（2016～2020年漁期）の推移から横ばいと判断される。本系群の親魚量は、2009年漁期以降はSBmsyを上回る水準に維持されている。

項目	値	説明
SB2020/ SBmsy (SBtarget)	1.22	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値)に対する2020年漁期の親魚量の比
F2020/ Fmsy	0.49	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する2020年漁期の漁獲圧の比*

* 2020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率

親魚量の水準	MSYを実現する水準を上回る
漁獲圧の水準	MSYを実現する水準を下回る
親魚量の動向	横ばい

5. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した2020年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて2021～2052年漁期まで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、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し10,000回の繰り返し計算を行った。2021年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2016-2020）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2016～2020年漁期の漁獲圧に対応する%SPRを与えるF値とした。2022年漁期以降の漁獲圧は、令和2年12月に開催された「資源管理方針に関する検討会」および「水産政策審議会」を経て資源管理基本方針に定められた漁獲シナリオに従った。

(2) 漁獲管理規則

漁獲管理規則（HCR）は、目標管理基準値以上に親魚量を維持・回復できる確率を勘して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定める漁獲シナリオである。「漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針」における1系資源の管理規則では、親魚量が限界管理基準値を下回ると禁漁水準まで直線的に漁獲圧を下げるとともに、漁獲圧の上限となるFmsyには安全係数となるチューニングパラメータ β を乗じるものを提示している（図4-15）。

(3) 2022年漁期の予測値とABCの算定

本系群の「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17万トン固定とし、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」が用いられる。漁獲量を17万トンに固定する際、その漁獲量に相当する漁獲圧がFmsyを超過することが見込まれる場合には漁獲シナリオの見直しを行うとされている。本系群の将来予測で2022年漁期および2023年漁期に予測される漁獲圧がFmsyを上回る確率はいずれも0%であった（表5-1）。漁獲シナリオの見直しの必要は無いと考えられることから、2022年漁期のABCとして17.0万トンを提示する。なお、2022年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を上回り、平均42.5万トンと見込まれた。

2022年漁期のABC (万トン)	2022年漁期の親魚量の 予測平均値 (万トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2016-2020)	2022年漁期の 漁獲割合(%)
17.0	42.5	1.34	16
コメント: ・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おける漁獲管理規則を用いた。			

(4) 2023年漁期以降の予測

漁獲管理規則(4-15)に基づく中長期的な将来予測の結果を図5-1および表5-1、5-2に示す。漁獲管理規則に基づく管理を10年間継続した場合、2031年漁期の親魚量の予測値は、 β を0.9とした場合には平均25.9万トンである(80%予測区間は16.9万～36.6万トン)。予測値が目標管理基準値を上回る確率は59%、限界管理基準値を上回る確率は96%、禁漁水準を上回る確率は100%である。本系群では、直近では2016年級群および2017年級群が比較的高豊度と推定されるため、短期的には資源量は安定的に推移すると予測されるが、2018～2019年級群の豊度が低いと仮定されていることには注意を要する。今後、再生産関係で予測される平均的な加入が発生すれば、中長期的には親魚量は高い確率で目標管理基準値以上に維持されることが期待される。

参考情報として、現状の漁獲圧(F2016-2020)を継続した場合および2024年漁期以降に異なる β を使用した場合の将来予測結果についても示す。2031年漁期の親魚量の予測値は、2024年漁期以降に β を0.6とした場合は平均36.1万トン(80%予測区間は24.4万～49.7万トン)、 β を0.4とした場合は平均47.4万トン(80%予測区間は32.9万～64.0万トン)であり、限界管理基準値を上回る確率は100%である。一方、現状の漁獲圧を継続した場合の親魚量の予測値は43.3万トン(80%予測区間は29.9万～58.7万トン)であり限界管理基準値を上回る確率は100%である。いずれの場合も目標管理基準値を上回る確率は90%を上回る。

考慮している不確実性：加入量					
項目	2031年漁期の親魚量 (万トン)	80% 予測区間 (万トン)	2031年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget	SBlimit	SBban
漁獲管理規則で使用する β					
$\beta=0.9$	25.9	16.9-36.6	59	96	100
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合等）					
$\beta=1.0$	23.6	15.4-33.4	46	91	100
$\beta=0.6$	36.1	24.4-49.7	94	100	100
$\beta=0.4$	47.4	32.9-64.0	100	100	100
$\beta=0.2$	65.5	47.0-86.8	100	100	100
$\beta=0$	96.6	71.2-125.7	100	100	100
F2016-2020	43.5	30.1-59.0	99	100	100

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、2020年漁期の親魚量はMSYを実現する水準を上回る。本系群では卓越年級群を含む豊度の高い年級群が発生した後に資源量が増加する傾向にあるため、引き続き親魚量を高豊度の年級群が発生し得る適正な水準に維持し、持続的な利用を図ることが必要である。本系群への漁獲圧はMSYを実現する水準を下回っており、資源状態に対し過剰な漁獲圧を与えている状況ではない。

近年10年間は卓越年級群が発生したことを示す情報が得られておらず、2010年級、2011年級、および2015年級など、特に加入量が低い年級群が散発したことから、資源量・親魚量ともに減少が続いていた。しかし、2016年級群および2017年級群が比較的高い加入量で加入したことで、資源量・親魚量の減少は抑制されたと考えられる。今後、これらの年級群を適切な漁獲圧で利用することで、資源の維持・回復が期待される。

7. その他

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

8. 引用文献

- Beamish, R. J. and G.A. McFarlane (1995) A discussion of the importance of aging errors, and an application to walleye pollock: the world's largest fishery. In Recent developments in fish otolith research, pp.545-565.
- Funamoto, T. (2007) Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. Fish. Oceanogr., **16**, 515-525.
- Funamoto, T., O. Yamamura, T. Kono, T. Hamatsu and A. Nishimura (2013) Abiotic and biotic factors affecting recruitment variability of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) off the Pacific coast of Hokkaido, Japan. Fish. Oceanogr., **22**, 193-206.
- Funamoto, T., O. Yamamura, O. Shida, K. Itaya, K. Mori, Y. Hiyama and Y. Sakurai (2014) Comparison of factors affecting recruitment variability of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Pacific Ocean and the Sea of Japan off northern Japan. Fish. Sci., **80**, 117-126.
- 濱津友紀・八吹圭三 (1995) 北海道東部太平洋沿岸に分布するスケトウダラ *Theragra chalcogramma* の産卵回遊と産卵場. 北海道区水産研究所研究報告, **59**, 31-41.
- Hamatsu, T., 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Kuroda, H., T. Saito, T. Kaga, A. Takasuka, Y. Kamimura, S. Furuichi, T. Nakanowatari (2020) Unconventional sea surface temperature regime around Japan in the 2000s-2010s: Potential influences on major fisheries resources. Front. Mar. Sci. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.574904>
- 小林時正 (1985) I-2 スケトウダラ漁業とその資源の利用. 漁業資源研究会議報, **24**, 47-62.
- 児玉純一・永島 宏・小林徳光 (1988) 金華山周辺海域に生息するスケトウダラ資源について. 第9回東北海区底魚研究チーム会議会議報告, 24-31.
- 前田辰昭・高橋豊美・上野元一 (1981) 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生活年周期. 日水誌, **47**, 741-746.
- 前田辰昭・高橋豊美・上野元一 (1983) 噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ成魚群の生活期別生態について. 日水誌, **49**, 577-585.
- Nakatani, T. (1988) Studies on the early life history of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Funka Bay and vicinity, Hokkaido. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., **35**, 1-46.

- Nishimura, A., T. Hamatsu, K. Yabuki and O. Shida (2002) Recruitment fluctuations and biological response of walleye pollock in the Pacific coast of Hokkaido. *Fish. Sci.*, **68**(Suppl.), 206-209.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES J. Mar. Sci.*, **74**(9), 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・石野光弘・河村眞美・成松庸二・貞安一廣 令和2(2020)年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_suketou_p_20201014.pdf (last accessed 15 October 2019)
- Shida, O., T. Hamatsu, A. Nishimura, A. Suzaki, J. Yamamoto, K. Miyashita and Y. Sakurai (2007) Interannual fluctuations in recruitment of walleye pollock in the Oyashio region related to environmental changes. *Deep-Sea Res. II*, **54**, 2822-2831.
- Tamura, T. and Y. Fujise (2002) Geographical and seasonal changes of the prey species of minke whale in the Northwestern Pacific. *ICES J. Mar. Sci.*, **59**, 516-528.
- Tsuji, S. (1989) Alaska pollock population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, I: Japanese fisheries and population studies. *Mar. Behav. Physiol.*, **15**, 147-205.
- ヴェリカノフ, A. Ya. (2013) オホーツク海南西部と国後島と択捉島沿岸におけるスケトウダラの分布特性と資源動向. 「オホーツクの生態系とその保全」 桜井泰憲, 大島慶一郎, 大泰司紀之編, 北海道大学出版, 札幌市, 131-138.
- Widrig, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. *Fish. Bull. U.S.*, **56**, 141-166.
- Yamamura, O. (2004) Trophodynamic modeling of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Doto area, northern Japan: model description and baseline simulations. *Fish. Oceanogr.* **13**(Suppl. 1), 138-154.
- Yamamura, O., S. Honda, O. Shida and T. Hamatsu (2002) Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **238**, 187-198.
- Yamamura O and T. Nobetsu (2011) Food habits of threadfin hakeling *Laemonema longipes* along the Pacific coast of northern Japan. *J. Mar. Bio. Assoc. UK*, 1-9.
- 尹 泰憲 (1981) 北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期. 北大水産彙報, **32**, 22-38.

(執筆: 石野光弘、境 磨、千村昌之、河村眞美、千葉 悟、成松庸二、濱津友紀)

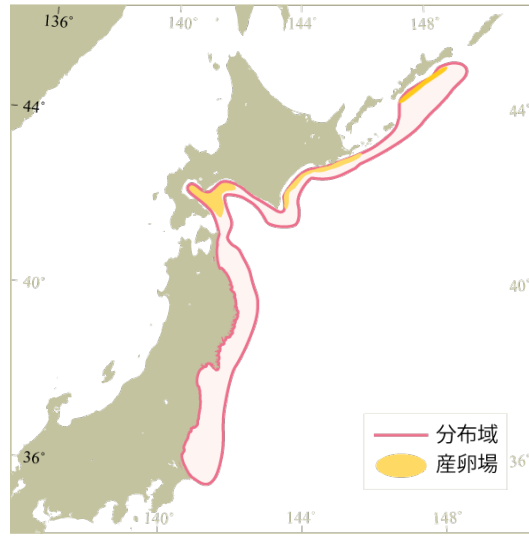


図 2-1. スケトウダラ太平洋系群の分布域と産卵場
Honda et al. (2004) より転載

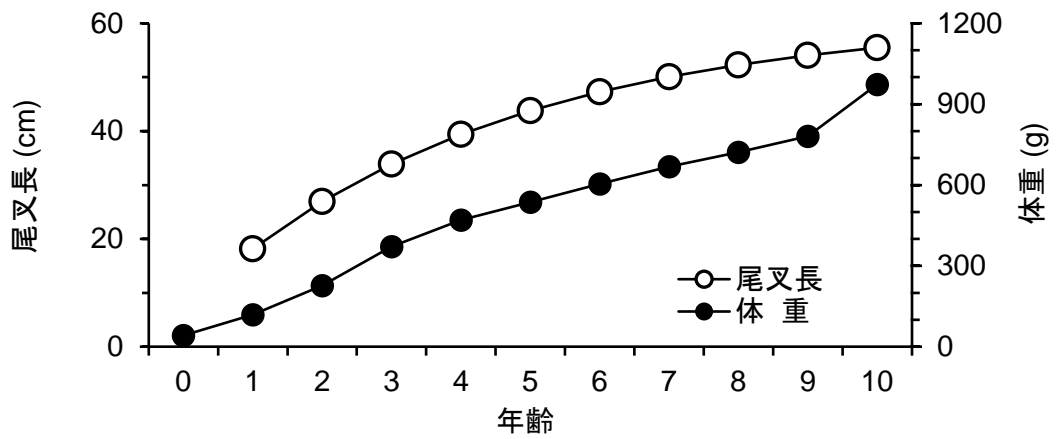


図 2-2. 年齢と成長 (10歳の体重は10歳以上の平均値)

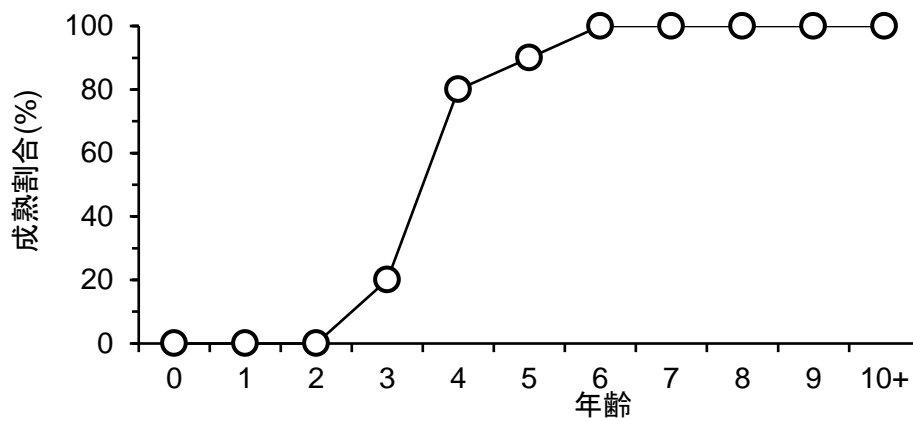


図 2-3. 年齢別成熟割合

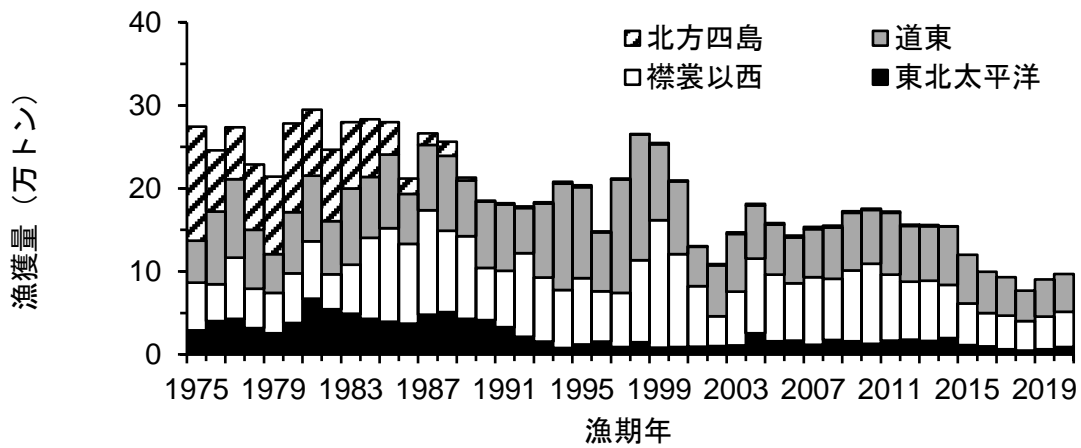


図 3-1. 海域別漁獲量

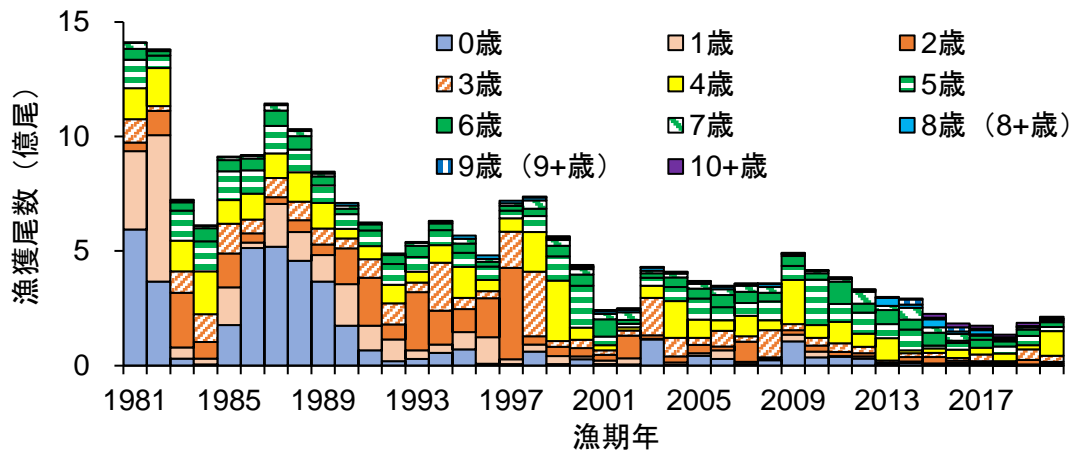


図 3-2. 年齢別漁獲尾数

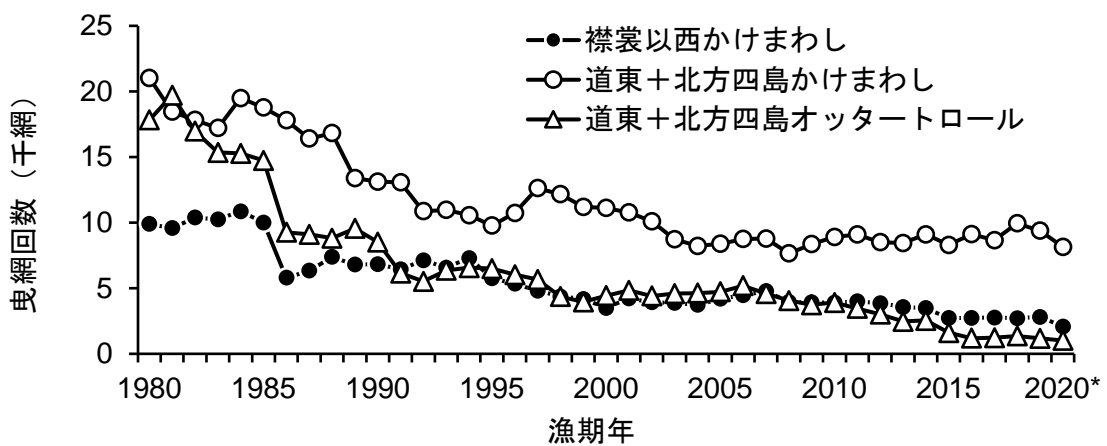


図 3-3. 北海道根拠の沖底でのスケトウダラ有漁網数

月別・船別・漁区別集計値に基づく。

*2020年漁期は暫定値。

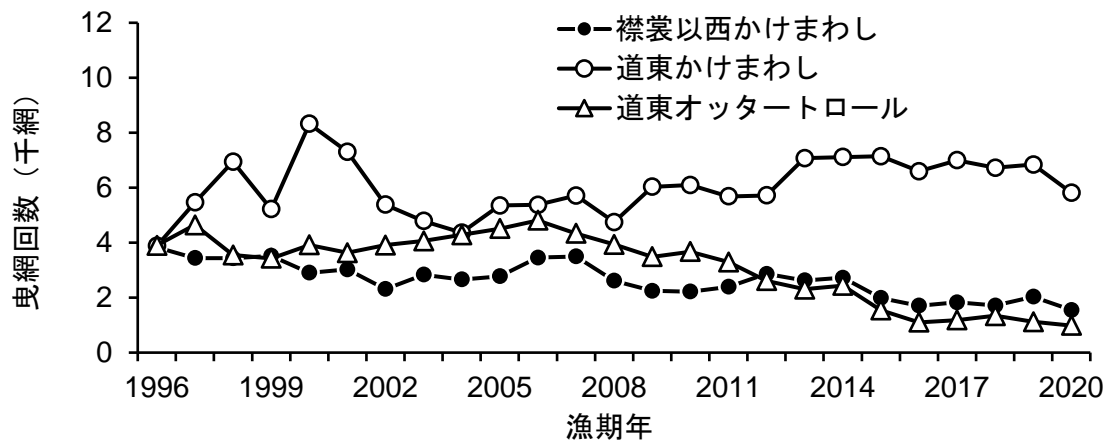


図 3-4. 北海道根拠の沖底での 1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が 50% 以上の操業での網数
日別・船別・漁区別集計値に基づく。

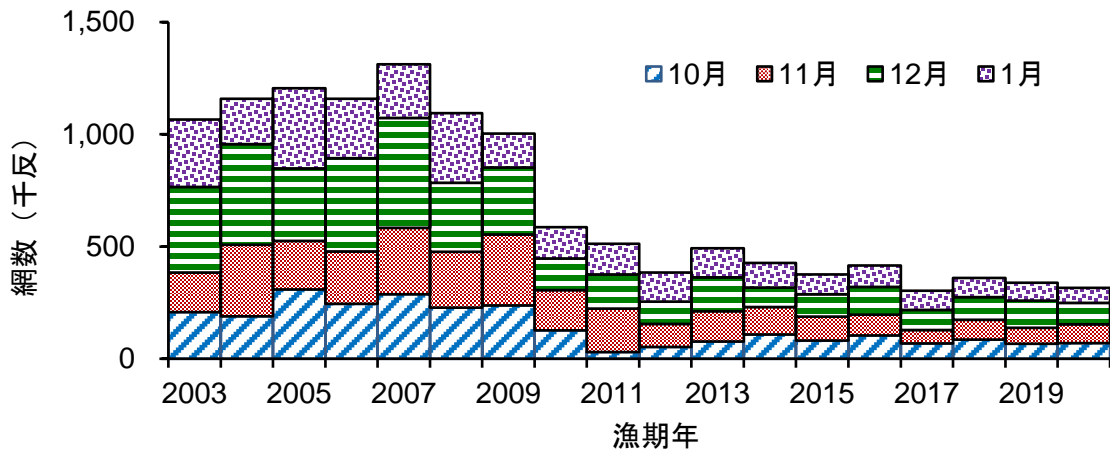


図 3-5. 襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網の網数 (補正值)

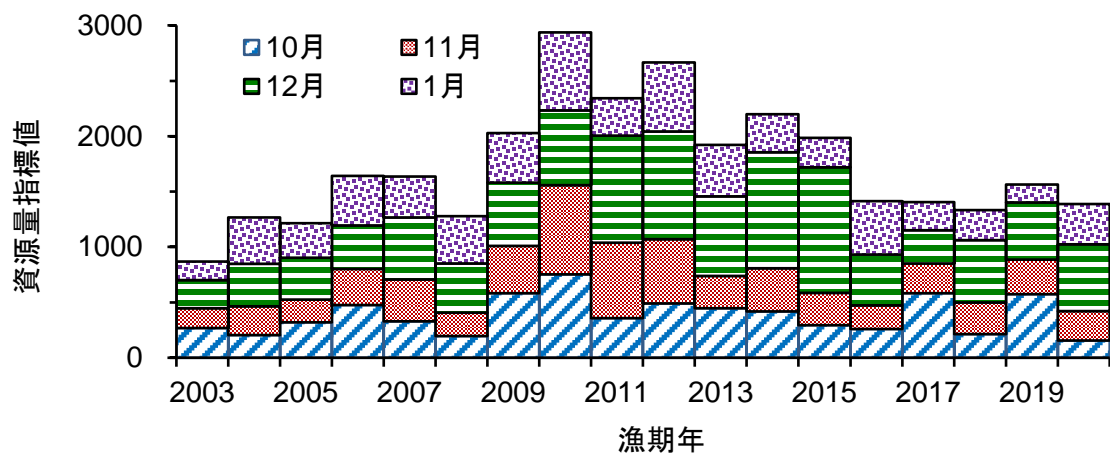


図 4-1. 漁獲成績報告書から算出した襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網の資源量指標値

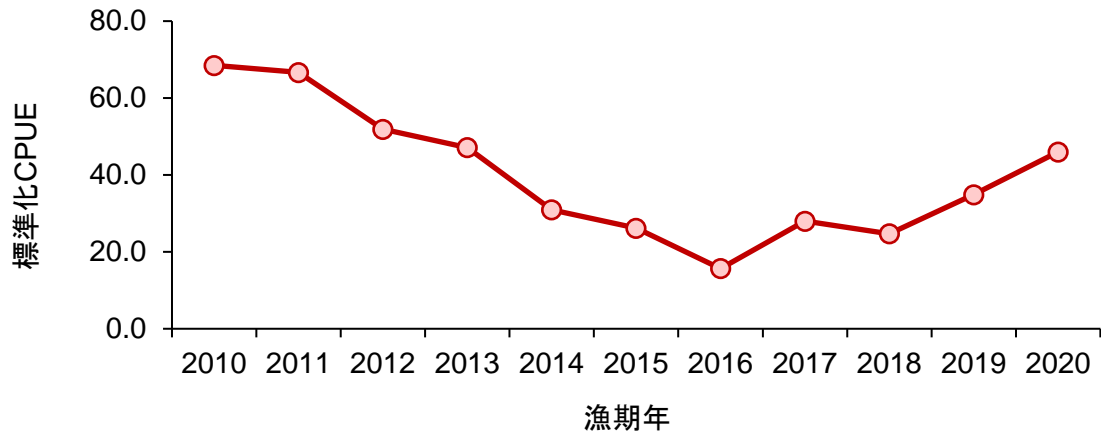


図 4-2. 操業日誌に基づく襟裳以西海域のすけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE

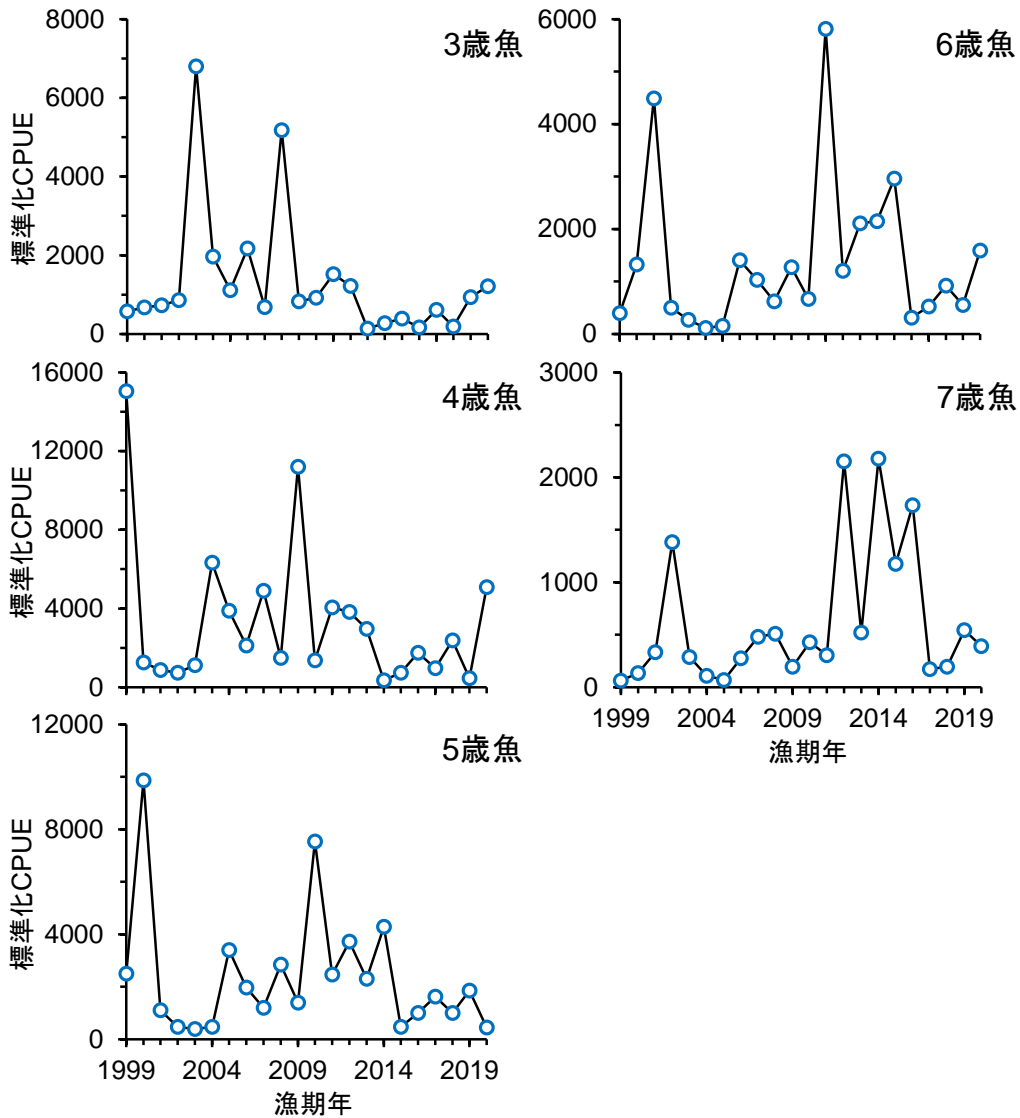


図 4-3. 北海道根拠の沖底の年齢別標準化 CPUE

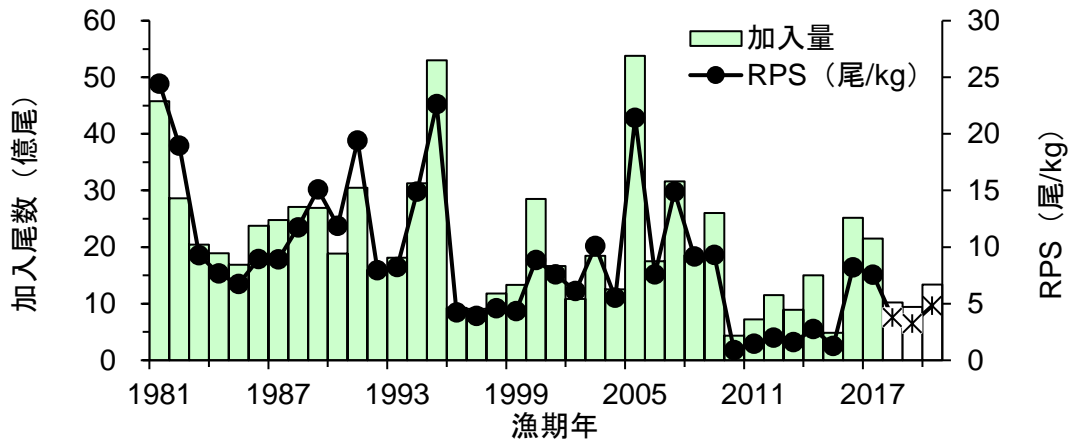


図 4-4. 加入量（0 歳魚の資源尾数）と再生産成功率（RPS）の推移
 調査からの推算値を与えた加入量（白抜き部分）に対応する再生産成功率は*で示した。

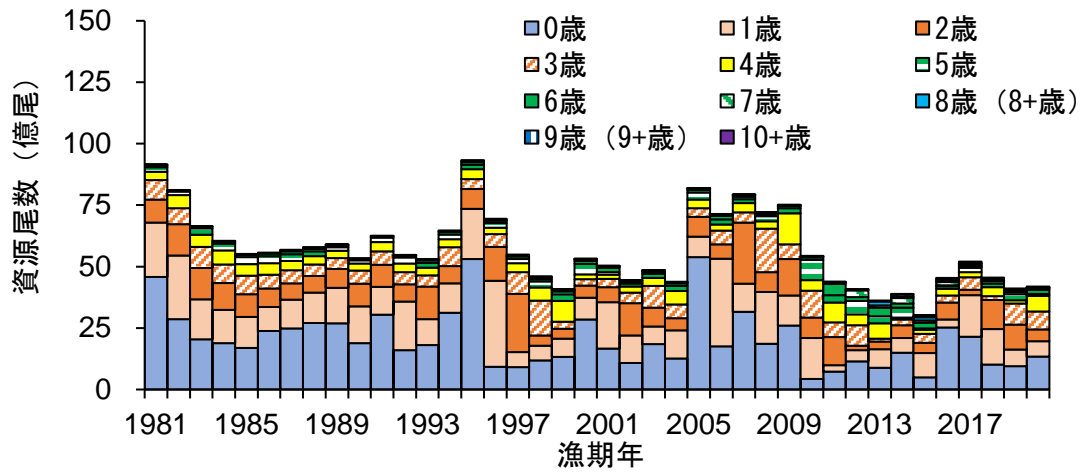


図 4-5. 年齢別資源尾数の推移

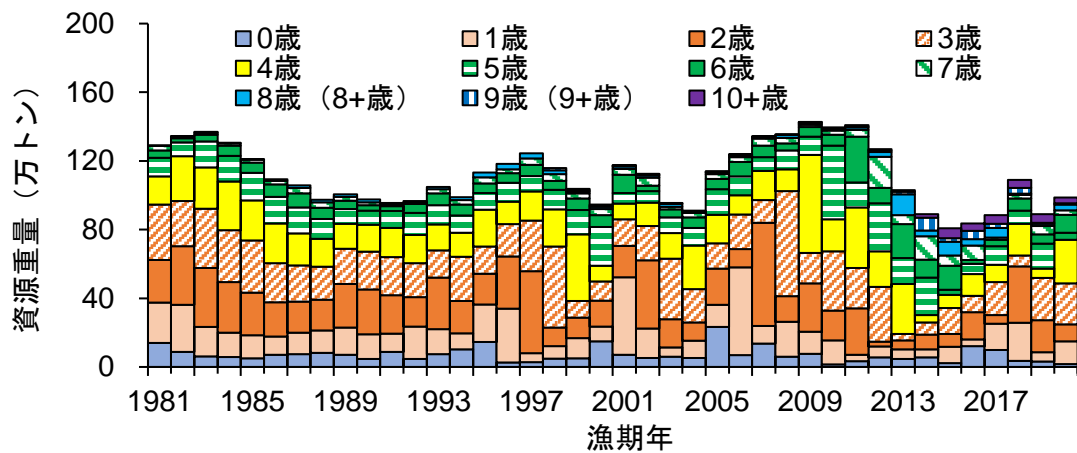


図 4-6. 年齢別資源重量の推移

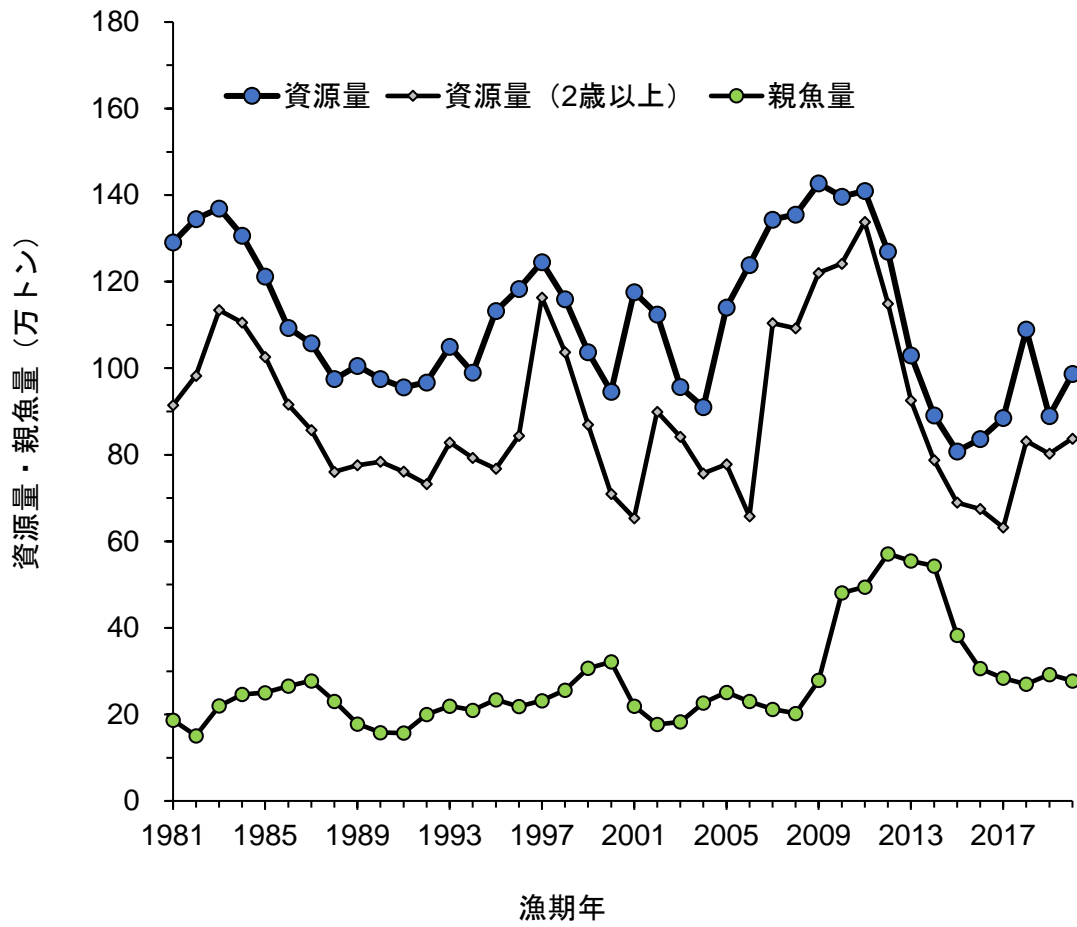


図 4-7. 資源量 (0 歳以上の総重量および 2 歳以上の総重量)、および親魚量の推移

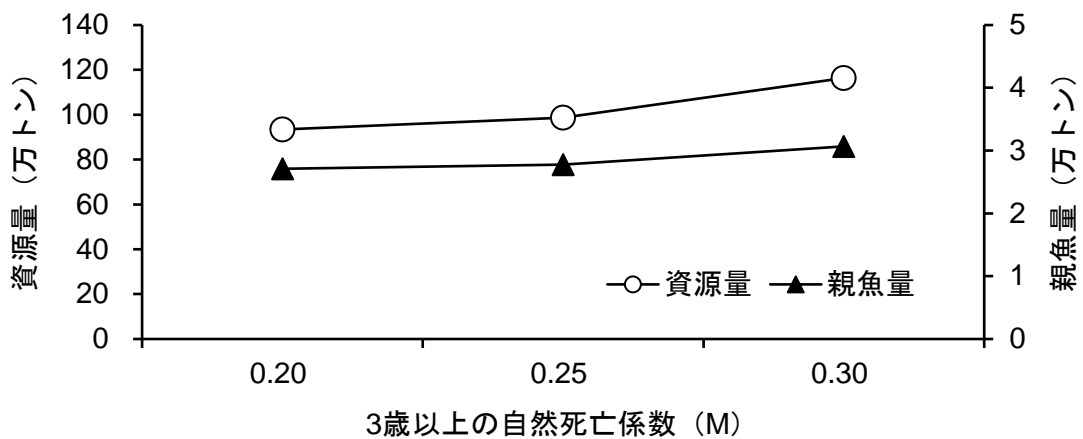


図 4-8. 資源量と親魚量に対する自然死亡係数 M の影響 (2020 年漁期の資源量と親魚量)

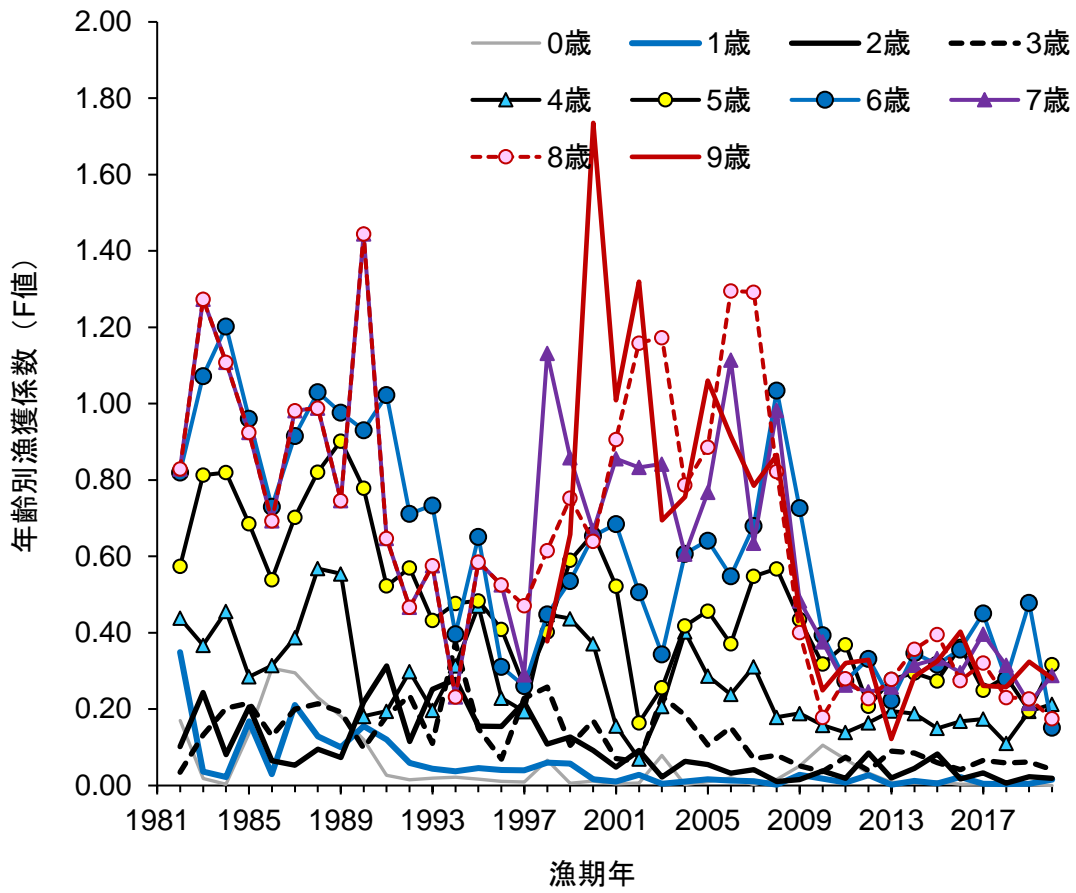


図 4-9. 各年齢の F の経年推移
10 歳以上の F は 9 歳と同じである。

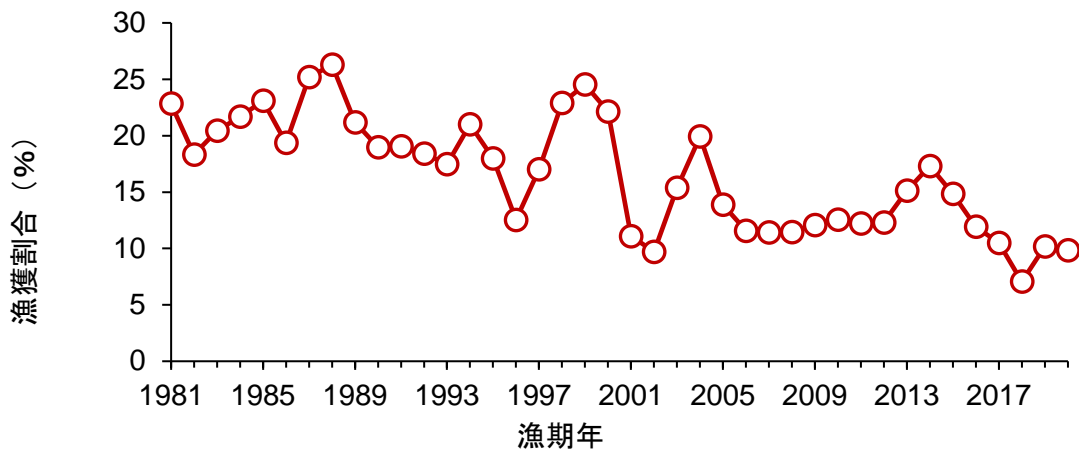


図 4-10. 漁獲割合の経年推移

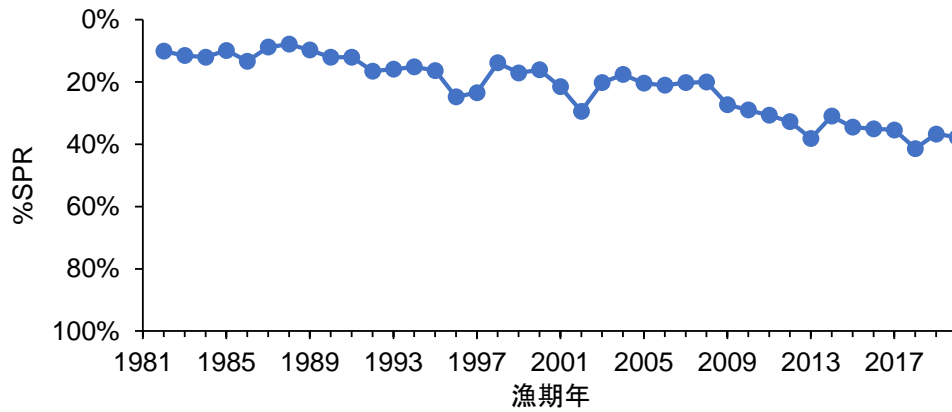


図 4-11. 各漁期年の F における %SPR の経年推移

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

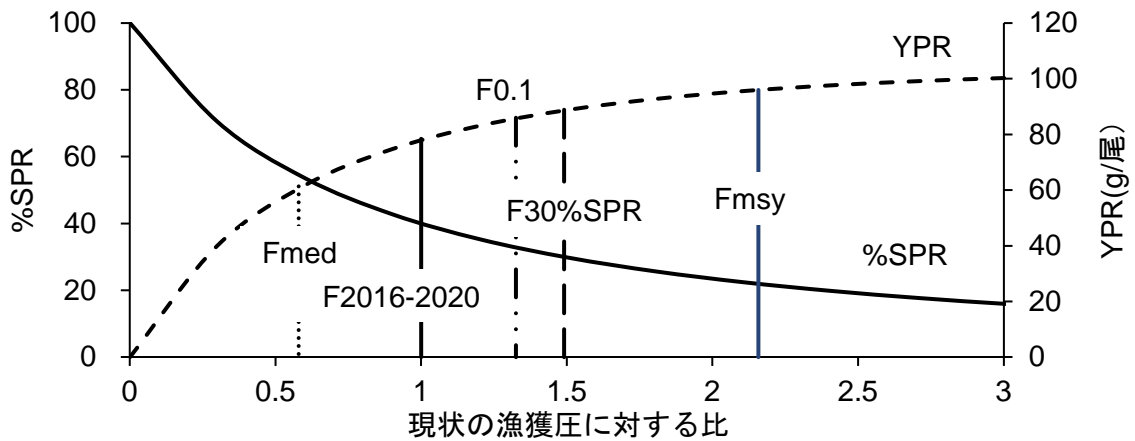


図 4-12. 現状の漁獲圧に対する YPA と %SPR の関係

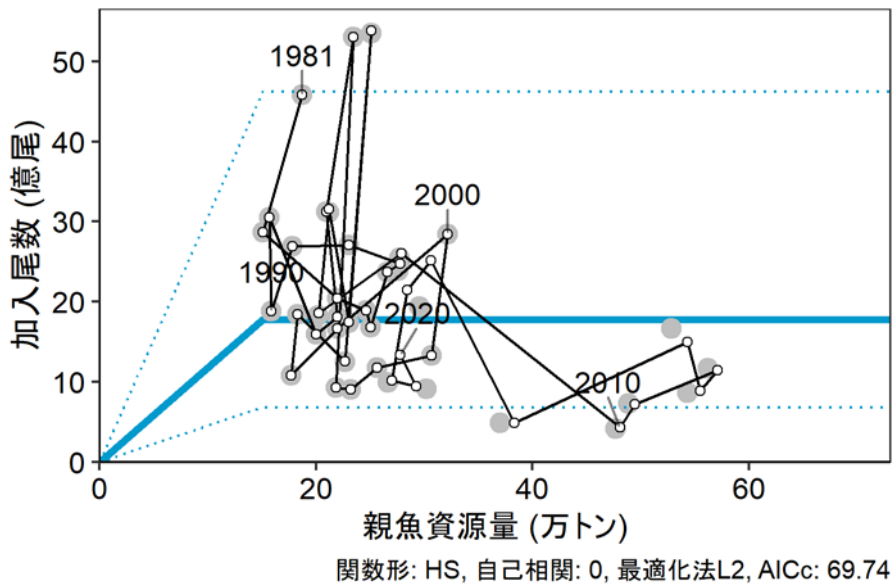


図 4-13. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

灰色の丸は令和 2（2020）年度の資源評価における親魚量と加入量のデータである。青線はそれらのデータで推定された再生産関係式を示し、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 2020）。白色の丸は令和 3 年（2021）年度の資源評価における親魚量と加入量のデータを示す。図中の数字は年級群を示す。

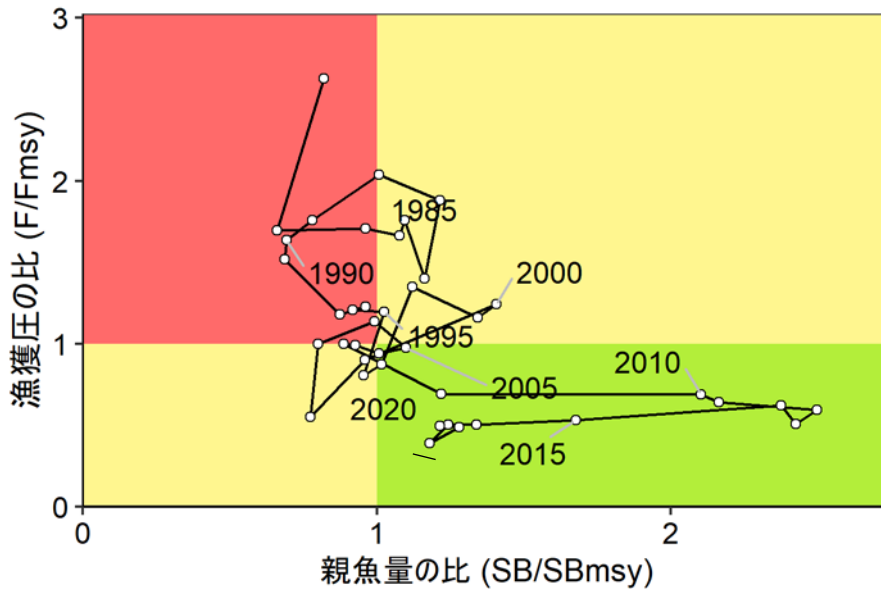


図 4-14. 最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）および MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する、親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

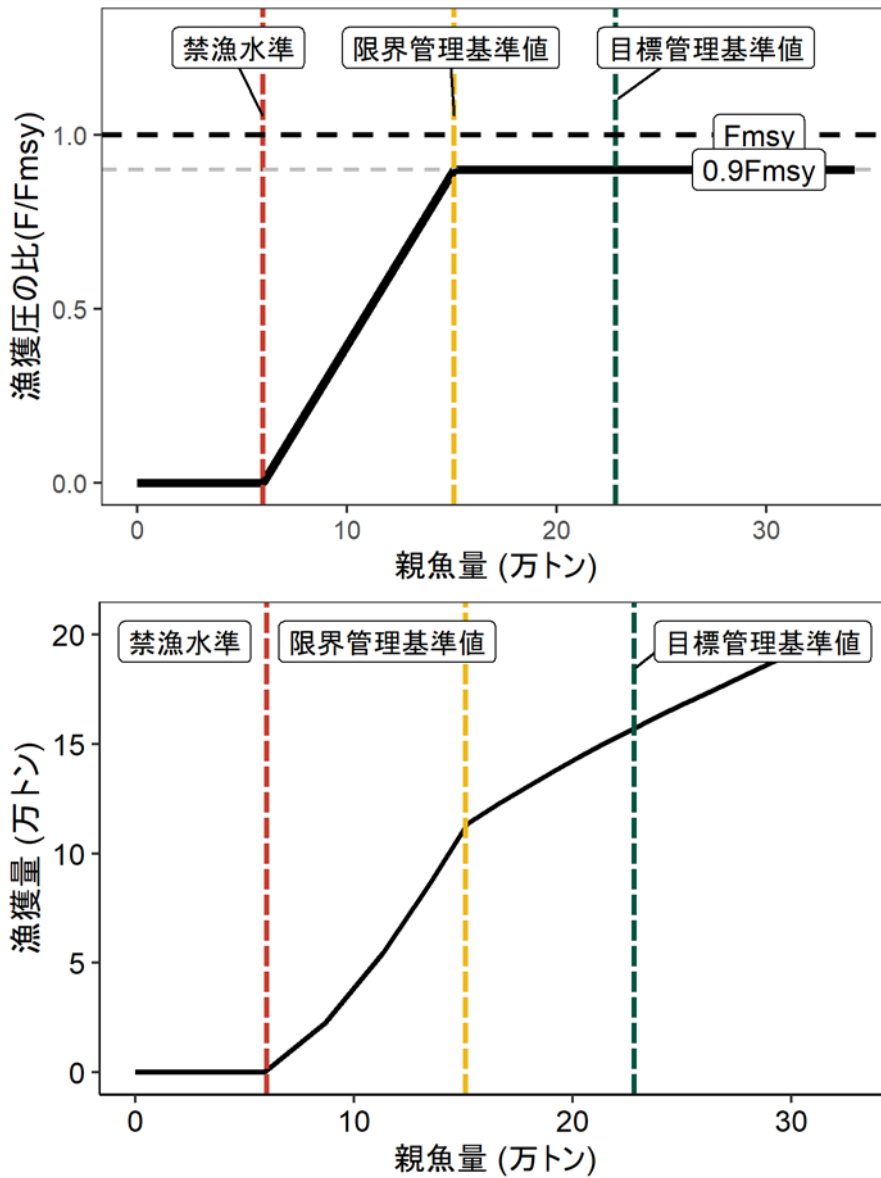


図 4-15. 漁獲管理規則 (β を 0.9 とした場合のものを示す)

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

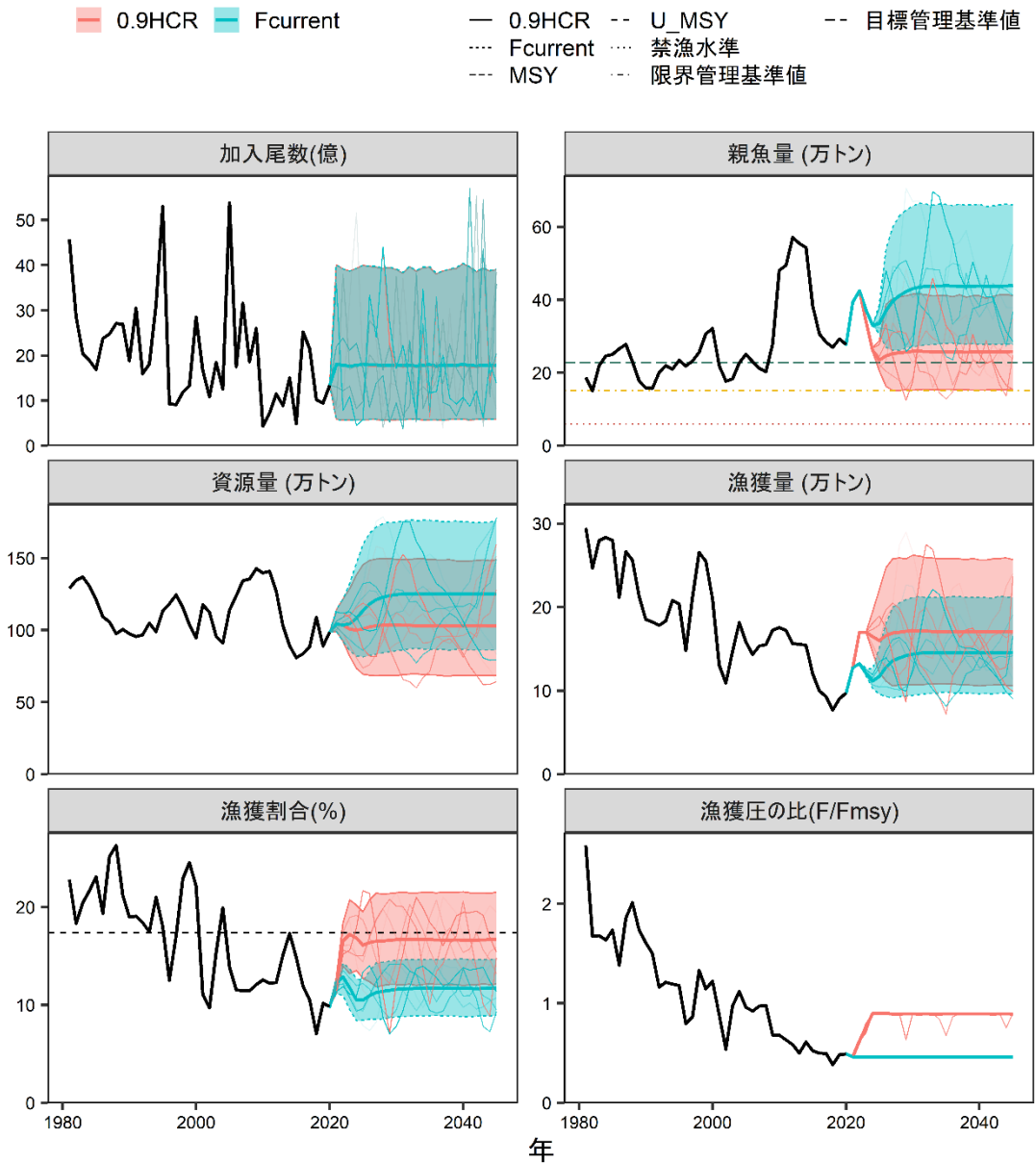


図 5-1. 漁獲シナリオに基づく漁獲を行った場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2016-2020）で漁獲を続けた場合（緑色）とでの将来予測の比較
 漁獲シナリオでは、2022年漁期・2023年漁期は漁獲量を17万トンで固定し、2024年漁期以降は $\beta=0.9$ の漁獲管理規則に従う。2021年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2016-2020）により仮定した。太実線は平均値、網掛けは80%予測区間、細線は3通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値、黄破線は限界管理基準値、赤点線は禁漁水準を示す。

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*	9,160	8,453	707	42,168	13,795	28,372	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。

*2019、2020年漁期は暫定値。

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

漁期年	道東				北方四島	全海域		合計
	海域計	沖底	沿岸漁業	韓国漁船	沖底	日本漁船	韓国漁船	
1975	50,893				137,145	274,381		274,381
1976	87,657				73,591	245,771		245,771
1977	94,744				62,291	273,573		273,573
1978	70,766				78,939	228,959		228,959
1979	47,027				93,002	214,045		214,045
1980	73,666				106,621	278,149		278,149
1981	78,986	75,326	3,660	0	79,553	294,765	0	294,765
1982	64,197	60,012	4,185	0	85,856	246,506	0	246,506
1983	91,975	83,470	8,505	0	79,868	279,916	0	279,916
1984	73,093	67,031	6,062	0	69,696	283,354	0	283,354
1985	88,621	79,431	9,190	0	39,124	279,919	0	279,919
1986	60,113	53,349	6,764	0	18,517	211,733	0	211,733
1987	78,658	58,540	4,700	15,418	14,106	236,801	29,671	266,472
1988	90,147	64,198	3,400	22,549	17,089	221,187	35,183	256,370
1989	66,955	55,894	2,369	8,692	3,647	196,741	16,396	213,137
1990	79,786	61,399	3,011	15,376	1,011	167,041	18,218	185,259
1991	79,748	61,724	2,621	15,403	1,603	166,906	15,403	182,309
1992	54,515	32,396	3,133	18,986	1,851	159,211	18,986	178,197
1993	89,097	54,609	1,768	32,721	1,751	150,653	32,721	183,374
1994	128,104	68,152	2,937	57,015	2,433	151,026	57,015	208,041
1995	109,375	44,689	7,841	56,845	2,350	146,869	56,845	203,714
1996	71,292	31,803	4,080	35,409	1,037	112,874	35,409	148,283
1997	136,633	86,156	3,711	46,766	1,007	165,153	46,766	211,919
1998	151,551	71,301	5,725	74,525	313	190,934	74,525	265,459
1999	91,398	77,005	5,316	9,076	1,425	245,649	9,076	254,725
2000	87,840	81,155	6,685	0	1,041	209,568	0	209,568
2001	47,346	42,487	4,859	0	805	130,426	0	130,426
2002	61,130	59,606	1,524	0	1,757	109,069	0	109,069
2003	69,406	67,457	1,949	0	2,146	147,114	0	147,114
2004	64,149	58,487	5,662	0	1,759	181,435	0	181,435
2005	60,145	53,442	6,703	0	1,883	158,268	0	158,268
2006	54,954	50,467	4,487	0	2,432	143,246	0	143,246
2007	58,009	53,384	4,625	0	2,430	153,549	0	153,549
2008	61,852	57,297	4,554	0	2,409	155,254	0	155,254
2009	69,574	63,756	5,818	0	1,828	172,499	0	172,499
2010	64,889	60,283	4,606	0	1,485	175,474	0	175,474
2011	74,303	70,549	3,754	0	1,579	172,239	0	172,239
2012	67,127	61,911	5,216	0	1,244	156,172	0	156,172
2013	65,437	60,959	4,478	0	1,519	155,823	0	155,823
2014	70,256	65,424	4,832	0	400	154,337	0	154,337
2015	58,667	55,812	2,855	0	0	120,003	0	120,003
2016	49,742	46,601	3,141	0	0	99,748	0	99,748
2017	46,170	42,563	3,607	0	0	92,919	0	92,919
2018	36,883	34,965	1,919	0	0	76,949	0	76,949
2019*	44,866	43,300	1,566	0	0	90,477	0	90,477
2020*	45,806	43,901	1,904	0	0	97,133	0	97,133

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。

*2019、2020年漁期は暫定値。

表 3-2. 北海道根拠の沖底の漁獲量、漁獲努力量

漁期年	スケトウダラ有漁操業*					
	襟裳以西		道東+北方四島			
	かけまわし		かけまわし		オッタートロール	
	漁獲量 千トン	網数 千網	漁獲量 千トン	網数 千網	漁獲量 千トン	網数 千網
1980	13.3	9.9	57.7	21.0	96.2	17.8
1981	7.9	9.6	35.4	18.5	121.2	19.7
1982	7.7	10.4	25.0	17.8	115.8	17.0
1983	7.8	10.3	25.4	17.2	114.8	15.4
1984	9.2	10.9	26.1	19.5	123.0	15.3
1985	12.5	10.0	21.8	18.8	96.4	14.7
1986	14.1	5.8	21.9	17.8	50.6	9.3
1987	13.2	6.3	20.6	16.4	50.4	9.1
1988	7.5	7.4	17.9	16.8	61.7	8.8
1989	9.4	6.8	9.5	13.4	48.9	9.6
1990	10.0	6.8	9.9	13.1	51.4	8.5
1991	13.3	6.4	19.8	13.1	42.5	6.1
1992	16.7	7.1	11.2	10.9	22.5	5.5
1993	13.3	6.6	17.0	11.0	38.9	6.4
1994	21.9	7.3	22.2	10.6	47.4	6.6
1995	24.2	5.8	15.3	9.8	30.3	6.5
1996	13.0	5.3	8.1	10.7	24.4	6.0
1997	13.1	4.8	21.9	12.6	65.0	5.7
1998	16.5	4.4	27.7	12.2	43.6	4.4
1999	28.3	4.2	28.4	11.2	49.8	4.0
2000	21.6	3.5	39.4	11.1	42.5	4.4
2001	19.8	4.2	23.2	10.8	20.0	4.8
2002	15.2	3.9	26.3	10.1	35.0	4.4
2003	19.7	3.9	25.4	8.7	44.0	4.6
2004	19.9	3.7	21.3	8.2	38.7	4.6
2005	19.8	4.2	24.1	8.4	31.0	4.7
2006	19.7	4.5	23.4	8.8	29.3	5.2
2007	26.7	4.8	21.6	8.8	34.0	4.6
2008	21.7	4.0	26.4	7.7	32.9	4.1
2009	19.0	3.9	31.0	8.4	34.3	3.7
2010	19.0	3.9	31.2	8.9	30.3	3.9
2011	19.8	4.0	37.9	9.1	34.1	3.5
2012	20.1	3.9	38.0	8.5	24.8	3.0
2013	20.2	3.6	44.3	8.4	18.1	2.5
2014	21.5	3.5	45.4	9.1	20.3	2.5
2015	15.8	2.7	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	2.1	33.6	8.2	10.3	1.0

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。

*月別・船別・漁区別集計値に基づく。

**2020年漁期は暫定値。

表 3-2. 北海道根拠の沖底の漁獲量、漁獲努力量、CPUE (続き)

漁期年	1日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が50%以上の操業*								
	襟裳以西			道東					
	かけまわし			かけまわし			オッタートロール		
	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網	漁獲量 千トン	網数 千網	CPUE トン/網
1996	12.4	3.8	3.3	6.7	3.9	1.7	22.5	3.9	5.8
1997	12.4	3.4	3.6	19.5	5.5	3.6	64.4	4.6	13.9
1998	16.4	3.4	4.8	25.8	6.9	3.7	41.7	3.5	11.8
1999	28.2	3.5	8.0	26.8	5.2	5.1	48.8	3.4	14.3
2000	21.4	2.9	7.4	38.0	8.3	4.6	41.6	3.9	10.6
2001	19.5	3.0	6.5	21.3	7.3	2.9	19.4	3.6	5.3
2002	15.0	2.3	6.5	23.4	5.4	4.4	34.6	3.9	8.9
2003	19.3	2.8	6.8	22.7	4.8	4.7	43.7	4.1	10.8
2004	19.7	2.7	7.4	18.9	4.4	4.3	38.7	4.3	9.0
2005	19.3	2.8	6.9	22.0	5.3	4.1	31.0	4.5	6.9
2006	19.6	3.5	5.7	20.2	5.4	3.8	29.2	4.8	6.1
2007	26.4	3.5	7.5	18.2	5.7	3.2	33.9	4.3	7.8
2008	19.4	2.6	7.4	23.3	4.7	4.9	32.8	3.9	8.3
2009	16.6	2.2	7.4	28.6	6.0	4.7	34.2	3.5	9.8
2010	16.9	2.2	7.6	26.2	6.1	4.3	30.3	3.7	8.2
2011	17.6	2.4	7.3	31.5	5.7	5.5	34.1	3.3	10.4
2012	19.8	2.9	6.9	31.9	5.7	5.6	24.7	2.6	9.5
2013	20.1	2.6	7.7	41.3	7.1	5.8	18.0	2.3	7.8
2014	21.4	2.7	7.9	43.9	7.1	6.2	20.3	2.4	8.3
2015	15.2	2.0	7.7	42.5	7.1	6.0	11.8	1.5	7.6
2016	14.5	1.7	8.5	34.2	6.6	5.2	9.9	1.1	9.0
2017	9.0	1.8	4.9	31.5	7.0	4.5	9.5	1.2	8.1
2018	10.3	1.7	6.0	24.8	6.7	3.7	8.3	1.3	6.2
2019	12.1	2.0	6.0	31.9	6.8	4.7	9.6	1.1	8.6
2020**	13.5	1.5	8.7	32.2	5.8	5.5	10.3	1.0	10.5

漁期年は4月～翌年3月。

*日別・船別・漁区別集計値に基づく。

**2020年漁期は暫定値。

表 4-1. 資源解析結果

漁期年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	2歳魚以上の 資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	0歳加入尾数 (億尾)	漁獲割合 (%)	%SPR	再生産成功率 (尾/kg)
1981	295	1,291	915	187	45.8	23	7	24.4
1982	247	1,345	983	151	28.6	18	10	19.0
1983	280	1,369	1,134	220	20.4	20	11	9.3
1984	283	1,307	1,106	246	18.9	22	12	7.7
1985	280	1,212	1,026	250	16.9	23	10	6.7
1986	212	1,093	916	266	23.7	19	13	8.9
1987	266	1,058	857	278	24.8	25	9	8.9
1988	256	975	761	231	27.1	26	8	11.7
1989	213	1,006	776	178	26.9	21	10	15.1
1990	185	976	784	158	18.8	19	12	11.9
1991	182	956	761	157	30.5	19	12	19.4
1992	178	967	732	200	15.9	18	16	8.0
1993	183	1,050	829	220	18.1	17	16	8.2
1994	208	990	793	210	31.3	21	15	14.9
1995	204	1,132	768	234	53.0	18	16	22.6
1996	148	1,183	844	219	9.3	13	25	4.2
1997	212	1,245	1,164	232	9.1	17	23	3.9
1998	265	1,159	1,037	256	11.8	23	14	4.6
1999	255	1,038	869	307	13.3	25	17	4.3
2000	210	946	709	322	28.5	22	16	8.9
2001	130	1,176	654	220	16.7	11	21	7.6
2002	109	1,125	899	177	10.8	10	29	6.1
2003	147	957	842	183	18.5	15	20	10.1
2004	181	910	757	227	12.6	20	18	5.5
2005	158	1,140	778	251	53.8	14	20	21.4
2006	143	1,239	658	230	17.5	12	21	7.6
2007	154	1,343	1,104	212	31.6	11	20	14.9
2008	155	1,355	1,092	203	18.6	11	20	9.2
2009	172	1,427	1,220	279	26.0	12	27	9.3
2010	175	1,396	1,242	481	4.3	13	29	0.9
2011	172	1,410	1,338	495	7.2	12	31	1.5
2012	156	1,269	1,149	571	11.5	12	33	2.0
2013	156	1,030	926	555	8.9	15	38	1.6
2014	154	891	788	543	15.0	17	31	2.8
2015	120	808	690	383	4.9	15	34	1.3
2016	100	837	675	306	25.2	12	35	8.2
2017	93	885	632	284	21.5	10	35	7.6
2018	77	1,090	832	270	10.2	7	41	3.8
2019	90	890	803	293	9.4	10	37	3.2
2020	97	987	837	278	13.4	10	38	4.8

漁期年は4月～翌年3月。

2018～2020年漁期の0歳加入尾数は仮定値。2018～2020年漁期の資源量、漁獲割合、%SPR、および再生産成功率は当該仮定値の影響を受ける。

表 5-2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

2022 年漁期および 2023 年漁期の漁獲量を 17 万トンで固定し、2024 年漁期以降に用いる漁獲管理規則の調整係数 β を 0~1.0 で変更した場合と、現状の漁獲圧を継続した場合の将来予測の結果を示す。2021 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2016-2020) により仮定した。

(a) 親魚量の平均値 (万トン)

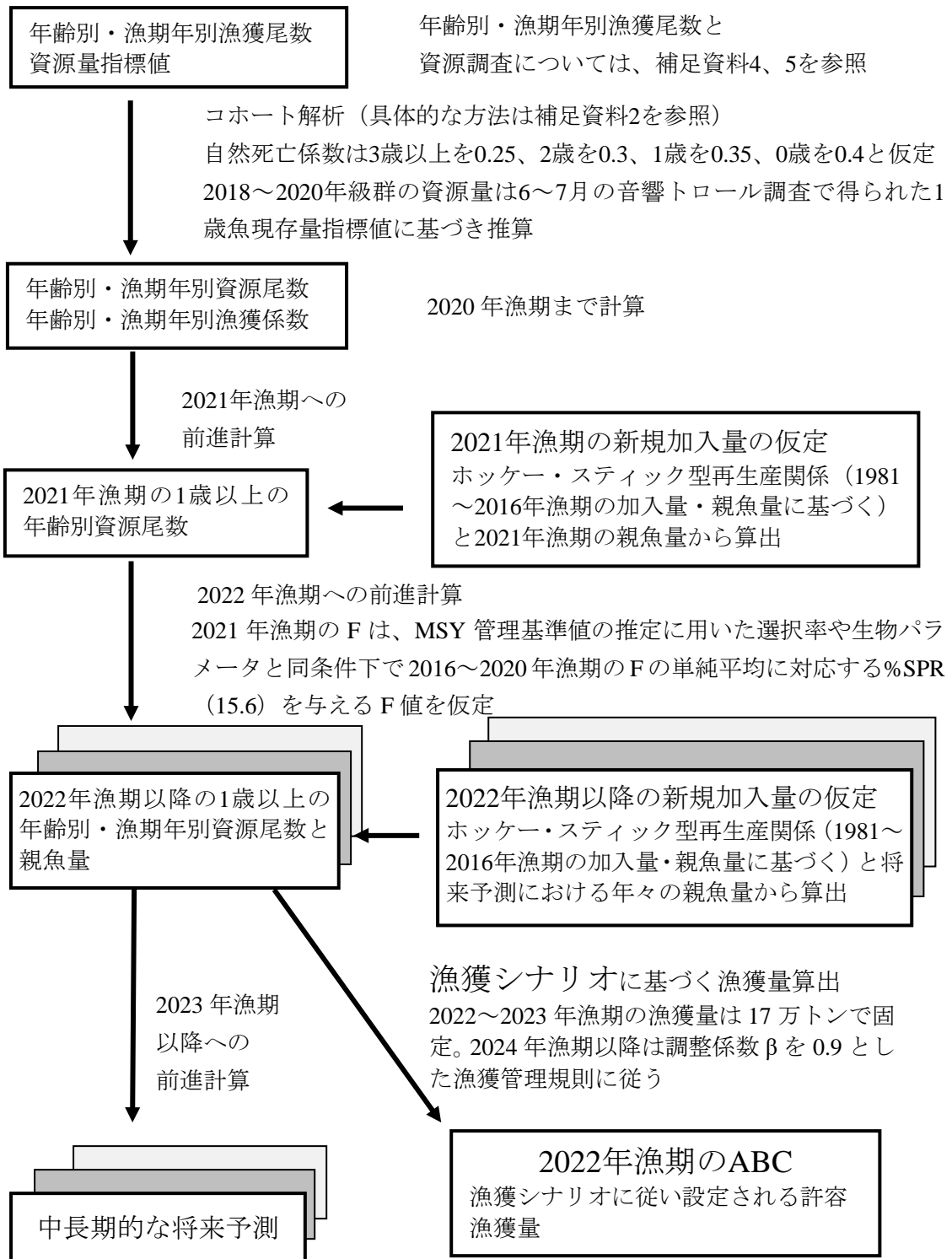
β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	22.4	23.0	23.3	23.3	23.5	23.6	23.6	23.5	23.3	23.3
0.9	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	23.5	24.6	25.3	25.4	25.7	25.9	25.9	25.9	25.7	25.7
0.8	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	24.6	26.4	27.5	27.9	28.3	28.6	28.7	28.7	28.5	28.5
0.7	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	25.7	28.4	30.1	30.9	31.4	31.9	32.0	32.1	32.0	31.9
0.6	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	27.0	30.5	33.0	34.3	35.2	35.8	36.1	36.2	36.2	36.1
0.5	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	28.3	32.9	36.3	38.3	39.7	40.6	41.1	41.4	41.4	41.4
0.4	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	29.6	35.5	40.1	43.0	45.1	46.5	47.4	47.9	48.3	48.2
0.3	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	31.1	38.5	44.4	48.6	51.7	53.9	55.3	56.2	57.3	57.3
0.2	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	32.6	41.7	49.5	55.3	59.8	63.2	65.5	67.1	69.9	69.9
0.1	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	34.3	45.3	55.3	63.4	69.8	75.0	78.8	81.6	88.2	88.5
0.0	27.8	39.3	42.4	34.1	26.2	36.0	49.3	62.0	73.1	82.4	90.3	96.6	101.5	116.9	118.2
F2016-2020	27.8	39.3	42.4	37.3	33.0	33.4	37.0	39.6	41.2	42.2	43.1	43.5	43.7	43.7	43.7

黄色網掛けは目標管理基準値を下回ることを示す。

(b) 漁獲量の平均値 (万トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2042	2052
1.0	9.7	12.7	17.0	17.0	17.9	16.9	17.2	17.3	17.3	17.4	17.4	17.4	17.3	17.2	17.2
0.9	9.7	12.7	17.0	17.0	16.5	16.0	16.6	16.9	17.0	17.1	17.2	17.2	17.1	17.1	17.1
0.8	9.7	12.7	17.0	17.0	15.0	15.0	15.9	16.4	16.6	16.7	16.8	16.8	16.8	16.8	16.7
0.7	9.7	12.7	17.0	17.0	13.4	13.9	15.0	15.7	16.0	16.2	16.3	16.4	16.4	16.3	16.3
0.6	9.7	12.7	17.0	17.0	11.8	12.6	13.9	14.8	15.2	15.4	15.6	15.7	15.7	15.7	15.7
0.5	9.7	12.7	17.0	17.0	10.0	11.1	12.5	13.6	14.1	14.5	14.7	14.8	14.9	14.9	14.9
0.4	9.7	12.7	17.0	17.0	8.2	9.4	10.9	12.0	12.7	13.1	13.4	13.6	13.7	13.8	13.8
0.3	9.7	12.7	17.0	17.0	6.3	7.5	8.9	10.1	10.8	11.3	11.6	11.9	12.0	12.2	12.2
0.2	9.7	12.7	17.0	17.0	4.3	5.3	6.5	7.5	8.2	8.7	9.1	9.4	9.6	9.9	9.9
0.1	9.7	12.7	17.0	17.0	2.2	2.8	3.6	4.3	4.7	5.1	5.4	5.7	5.8	6.2	6.2
0.0	9.7	12.7	17.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F2016-2020	9.7	12.7	13.2	12.1	11.2	11.7	12.8	13.6	13.9	14.2	14.4	14.5	14.5	14.5	14.5

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 計算方法

(1) コホート計算

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

年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数は、これらの情報に基づき、コホート解析により推定した。コホート解析では、スケトウダラの生活史に基づき 4 月を起点とし、0 歳~10+歳の年齢別に各値を求めた。年齢別資源尾数(N)の計算には Pope (1972) の式を用い、プラスグループの資源尾数については平松(1999)の方法を用いた。3 歳以上の自然死亡係数(M)は、道東海域における沖底の CPUE と漁獲努力量を基に、Widrig (1954) の方法により推定した(補足表 2-2)。一方、3 歳未満の M は、一般に若齢魚の M が高齢魚のそれよりも高いことを考慮して推定した。資源評価によって推定する資源量は、漁期年が始まる 4 月 1 日における初期資源量であるが、4 月は産卵終了直後である。そのため、ある漁期年の初期資源量の内、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、2020 年漁期の親魚量とは、2019 年漁期末に産卵を行った親魚量であり、2020 年級群を産み出した親魚量のことである。よって、親魚量の計算には、補足表 2-3 に示した成熟割合(図 2-3 の成熟割合を 1 歳分高齢にずらした割合)を用い、各漁期年の初期資源量と、この成熟割合の積により親魚量を算出した。

近年、本系群の 0~2 歳魚は漁獲の主対象ではないため、その漁獲尾数は各年級群の豊度に応じたものとはならない可能性が高く、まだ 0~2 歳魚の漁獲尾数の情報しかない直近 3 年間の年級群の加入量のコホート解析による推定精度は低いと考えられる。したがって、最近年の 0~2 歳魚を構成する 2018~2020 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することとした(後述)。

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

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

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

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年 a 歳魚の漁獲尾数、 M_a は a 歳魚

の自然死亡係数である。なお、後述の $F_{a,y}$ は y 年漁期の a 歳の F 、 m_a は a 歳における成熟割合、 $w_{a,y}$ は y 年漁期 a 歳における体重である。

1997~1999 年にかけてプラスグループとする年齢を延長しているため、1996 年以前の 7 歳および 8+歳の資源尾数はそれぞれ(2)、(3)式、1999 年以降の 9 歳および 10+歳の資源尾数はそれぞれ(4)、(5)式により求めた。1997 年、1998 年のプラスグループは、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。

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

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

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

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

最新の資源評価の最終年 Y の 3 歳~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。

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

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

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

最近年の F は、最近年における 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 歳~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 歳~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 歳~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 $\alpha=20$ とした。レ

トロスぺ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。

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

$$RMSPE_{SSB'} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n \left(\frac{SSB'_k{}^{Ri} - SSB'_k}{SSB'_k} \right)^2} \quad (9)$$

$$RMSPE_{F'_a} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=Y-i}^n \left(\frac{F_{a,k}{}^{Ri} - F'_{a,k}}{F'_{a,k}} \right)^2} \quad (10)$$

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

ここで Ri は i 年分のレトロスぺ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。レトロスぺ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 ≤ λ < 1) および η (0 ≤ η ≤ 1) の組み合わせは親魚量および各年齢 F 値のレトロスぺクティブ年数分の 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。補足表 2-6 に 0.05 区切りでの探索結果、補足表 2-7 に 0.005 区切りでの探索結果を示す。探索の結果、λ が 0.905、η が 0.975 の場合に親魚量および年齢別 F 値の RMSPE の平均が最小 (0.0797222) 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 0.179 であり、ペナルティを与えることでレトロスぺクティブ解析での推定値のばらつきが抑えられたが、データを 5 年抜いた場合の親魚量推定値および 6 歳魚 F 値の逸脱は抑えるには至らなかった (補足図 2-1 および 2-2)。以降の解析にこの結果を用いた。なお、最小化させる負の対数尤度 -lnL は以下の (12) 式で定義した (Hashimoto et al. 2018)。指標値と資源尾数あるいは親魚量との間にはべき乗関係を仮定した。

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

ここで、I_{a,y} は y 年漁期の a 歳の CPUE (補足資料 3)、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 (補足資料

3)、 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、刺し網漁業の資源量指標値と標準化 CPUE はそれぞれ 2003 年漁期以降、2010 年漁期以降である。各チューニング指標値と予測値との残差プロットについては補足図 2-3 に、 b_a 、 q_a 、 b' 、 b'' 、 q' 、 q'' 、 σ_a 、 σ' 、 σ'' の推定結果については補足表 2-9 に示した。また、チューニング後のコホート解析による資源解析結果の詳細は補足資料 5 に示した。なお、前述の通り、本解析に使用した λ は 0.905、 η は 0.975 である。

(2) 直近 3 年間の加入量

2018~2020 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、2018 年度までのデータについて各々対数変換し線形関係式を求め、これに直近 3 年間の調査 (2019 年度~2021 年度) の 1 歳魚の現存尾数指標値を当てはめることで、2018~2020 年級の 1 歳魚における資源尾数を線形外挿し

て求めた。ここから、2018～2020年漁期の0歳魚の資源尾数、および2019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 2018～2020 年級の 1 歳魚時点の資源尾数は、それぞれ 682 百万尾、630 百万尾、および 898 百万尾であった。また、後進計算により推算された 0 歳魚時点での資源尾数（加入量）は、それぞれ 1019 百万尾、943 百万尾、および 1339 百万尾であった。

（3）再生産関係と最大持続生産量 MSY の推定について

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（2020）年度の資源評価報告書の補足資料 10（境ほか 2020）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 年度の資源評価で更新された各種設定が使用された。すなわち、再生産関係は、資源評価で推定された 1981～2016 年級群の加入量および親魚量に基づくホッカー・スティック型とし、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。また、選択率は、各年齢の漁獲係数（F 値）の 2015～2019 年漁期の平均値とし、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。

（4）将来予測方法

将来予測での各年の加入量は、令和 2 年 12 月に開催された「資源管理方針に関する検討会」に提供されたホッカー・スティック型再生産関係式と各年の親魚量とで算出される値を用いた。なお、再生産関係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。詳細は「令和 2（2020）年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価」の補足資料 10（境ほか 2020）を参照されたい。

将来予測における漁獲係数 F は、「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測に用いたパラメータは補足表 9-1 に示す。将来予測では、上記会議において MSY を実現する水準の推定シミュレーションで用いた選択率（すなわち、令和 2（2020）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。年齢別平均体重についても、 F_{msy} の計算時の仮定との一貫性を保つため、 F_{msy} 算出時の値と同一とし

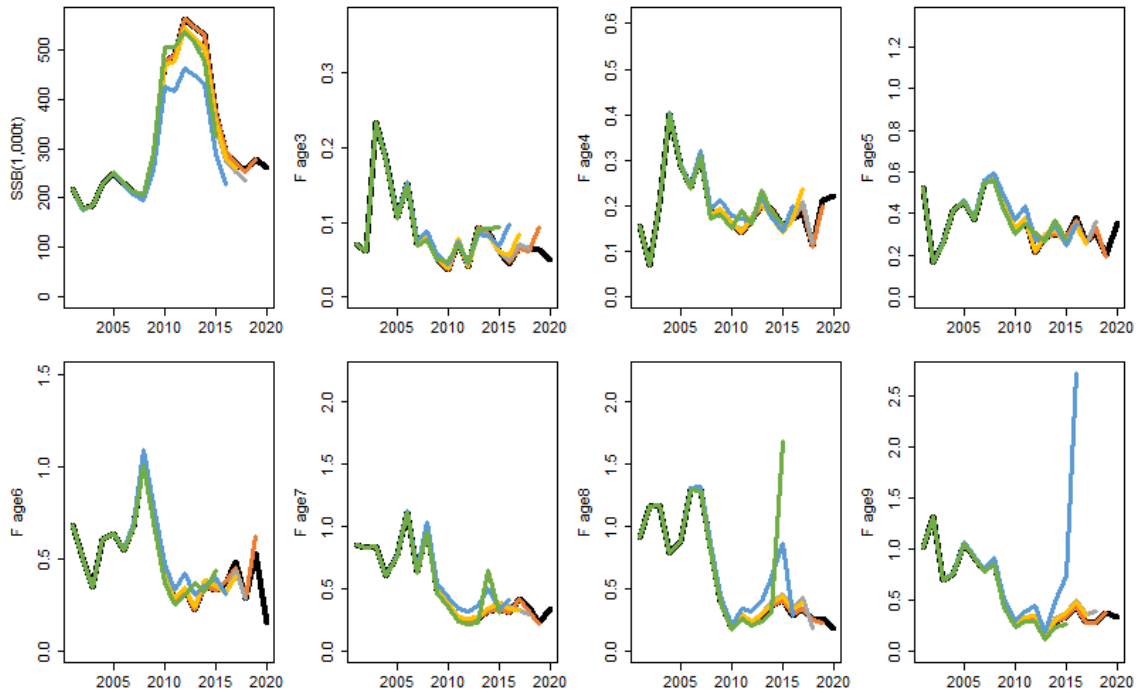
た。

将来の資源量の推定は、(22) 式で示したコホート解析の前進法より行った。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。

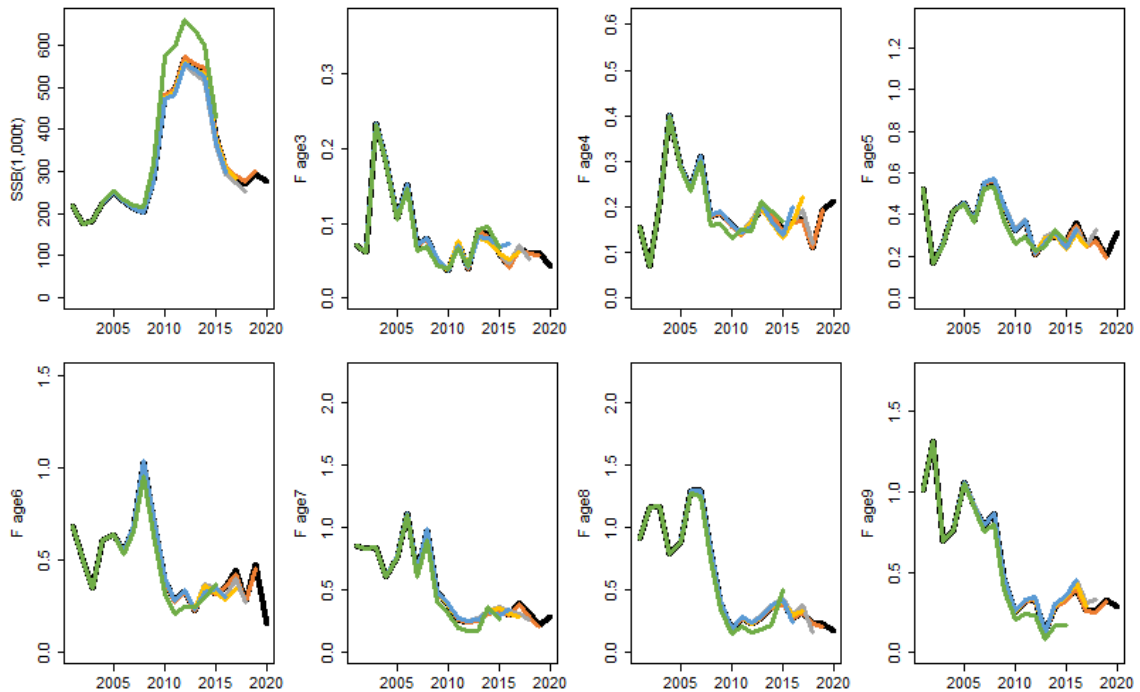
$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M_a) \quad (22)$$

年齢別漁獲尾数は上記で求めた資源尾数と各漁獲シナリオから仮定される F 値に基づき (23) 式により予測した。なお、2021 年漁期の F 値は、現状の漁獲圧 (F2016-2020) を与えた。F2016-2020 は、上記の選択率の下で 2016~2020 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。

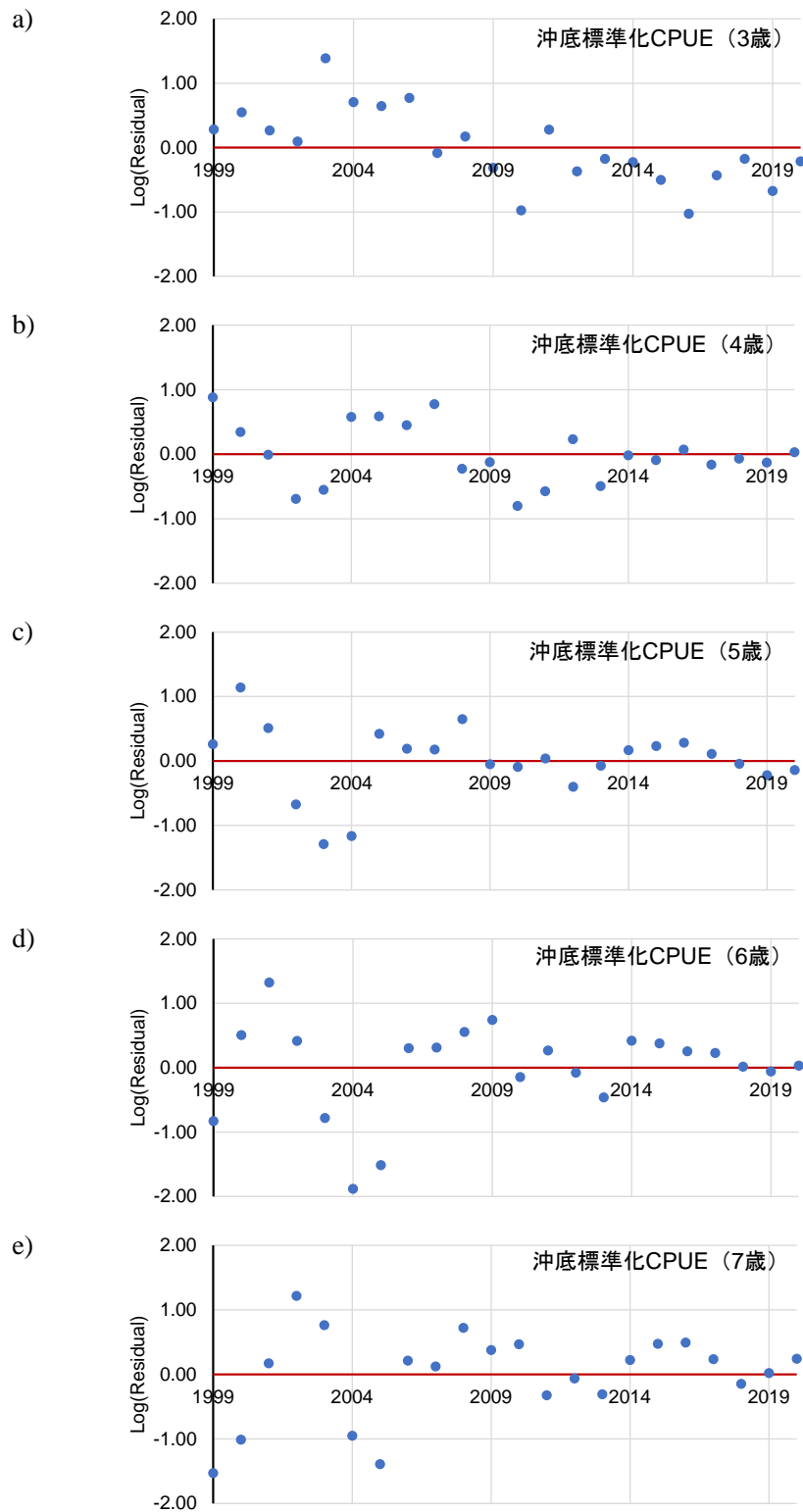
$$C_{a,y} = N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y})) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (23)$$



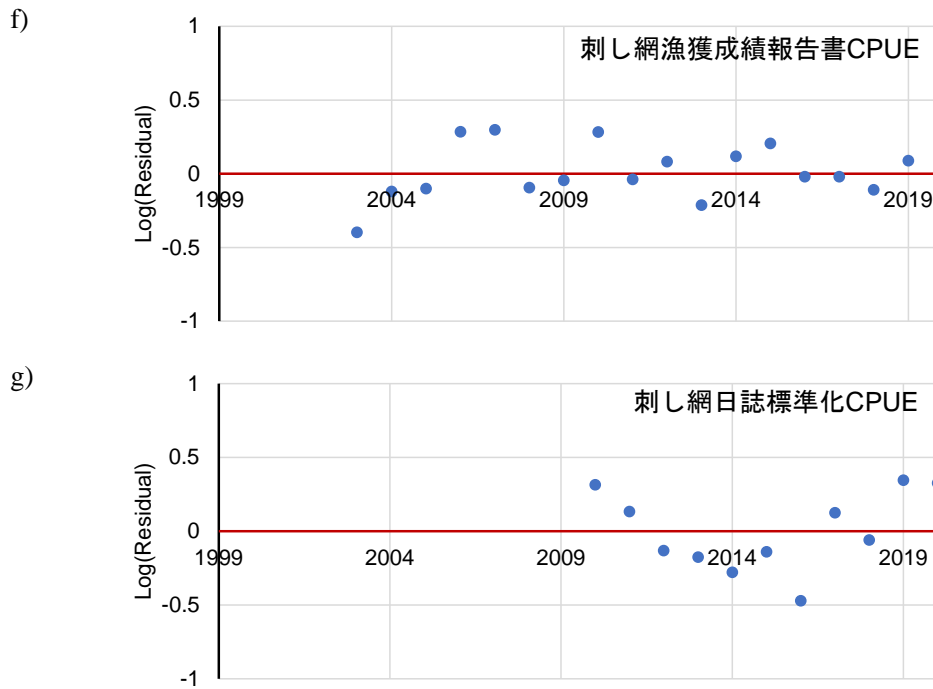
補足図 2-1. リッジ VPA でのレトロスペクティブ解析結果
ペナルティを与えなかった場合の結果を示す。



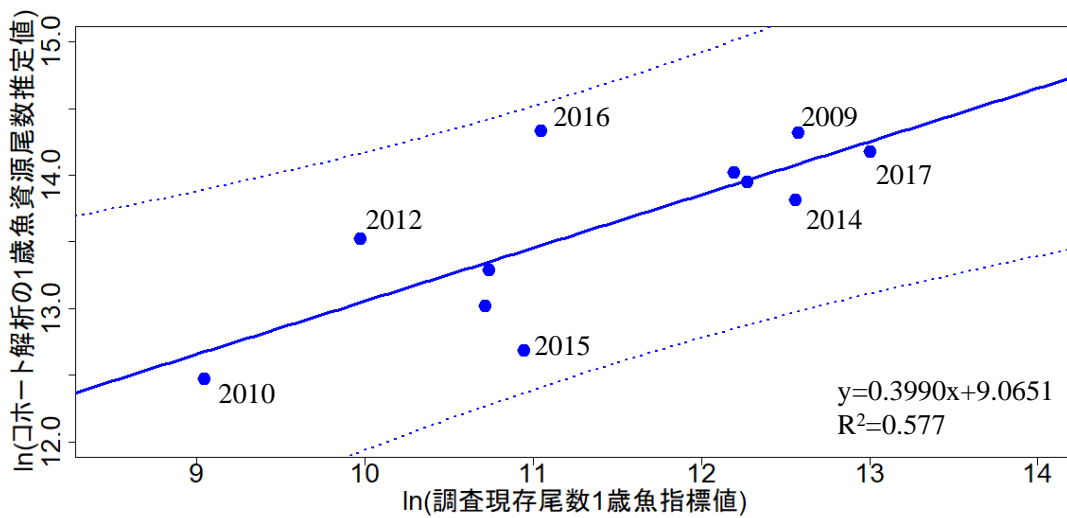
補足図 2-2. リッジ VPA でペナルティを与えた場合のレトロスペクティブ解析結果
ペナルティ λ を 0.540、 η を 0.945 とした場合の結果を示す。



補足図 2-3. 各チューニング指標値の残差プロット



補足図 2-3. (続き) 各チューニング指標値の残差プロット



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 2017 年級までの 1 歳魚時点の資源尾数について、両情報を対数変換の上で線形関係を検討した。ただし、調査により卓越年級としての豊度が捉えられなかった 2005 年級および 2007 年級は解析から除いた。プロットに添えた年号はそのプロットに対応した年級群を示す。得られた関係式から、直近 3 年級（2018～2020 年級群）の資源量を推算した。

補足表 2-1. 年齢別平均体重 (g)

漁期年	1988以前	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	31	27	25	29	30	42	33	28	29	32	41	39	53	44	49	32	42
1歳	106	109	96	95	94	138	79	106	89	85	121	158	97	238	155	76	88
2歳	267	332	284	246	248	227	264	222	221	201	258	300	304	297	301	216	213
3歳	405	453	419	409	400	343	338	397	368	338	335	347	432	467	461	395	349
4歳	489	492	539	452	464	500	435	525	485	452	400	459	473	530	565	470	463
5歳	564	585	618	529	538	547	526	536	557	541	476	520	526	583	586	517	510
6歳	639	682	662	594	612	643	607	591	632	639	522	549	591	626	639	625	579
7歳	788	819	820	806	718	777	686	641	583	738	639	605	651	680	705	682	646
8歳 (8+歳)	999	879	1,030	1,024	841	1,222	881	782	814	869	740	658	758	727	783	738	695
9歳 (9+歳)											828	689	843	717	831	840	787
10歳												751	902	1,302	1,037	1,198	997

漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	44	40	43	32	30	37	48	50	54	38	48	48	46	36	35	13
1歳	152	143	89	96	105	84	141	139	76	77	95	124	91	154	80	209
2歳	265	184	242	188	189	208	236	160	164	165	183	227	224	278	184	209
3歳	422	359	316	347	300	318	393	381	308	313	402	341	379	398	284	325
4歳	460	453	455	417	449	431	433	480	464	479	477	461	479	498	460	401
5歳	525	530	527	512	542	524	502	505	530	548	539	559	598	557	563	529
6歳	575	594	595	615	590	636	576	579	565	611	603	634	646	660	668	631
7歳	625	642	665	682	700	696	749	655	614	632	638	650	721	722	762	708
8歳 (8+歳)	675	686	661	692	687	770	761	909	719	653	654	713	739	742	783	809
9歳 (9+歳)	711	755	796	749	684	837	1,020	853	785	742	712	727	788	761	794	836
10歳	968	994	982	1,110	713	1,152	1,085	1,062	884	1,063	819	797	807	832	847	874

補足表 2-2. 自然死亡係数 M

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

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

補足表 2-3. 親魚量計算に用いた年齢別成熟割合 (%)

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

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

補足表 2-4. 沖底の年齢別標準化 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
3歳	577	675	727	858	6,798	1,968	1,112	2,176	679	5,181	831
4歳	15,052	1,263	874	736	1,121	6,329	3,880	2,113	4,899	1,483	11,197
5歳	2,502	9,866	1,100	464	389	474	3,395	1,964	1,196	2,847	1,390
6歳	398	1,323	4,491	499	270	112	155	1,408	1,033	624	1,273
7歳	64	136	335	1,384	289	109	70	275	481	511	195

漁期年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3歳	922	1,518	1,222	136	272	390	164	615	190	935	1,211
4歳	1,367	4,056	3,824	2,958	345	737	1,745	966	2,379	450	5,080
5歳	7,540	2,469	3,721	2,304	4,288	474	999	1,626	998	1,853	441
6歳	668	5,816	1,206	2,110	2,150	2,963	311	525	923	552	1,589
7歳	429	306	2,152	521	2,180	1,175	1,735	173	195	544	392

補足表 2-5. 刺し網の CPUE (チューニング指数)

資源量指標値											
漁期年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
漁獲量/反(kg)	867	1,265	1,215	1,641	1,635	1,279	2,028	2,937	2,344	2,666	
標準化CPUE								68	67	52	

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
漁獲量/反(kg)	1,922	2,199	1,984	1,415	1,404	1,332	1,563	1,388
標準化CPUE	47	31	26	16	28	25	35	46

補足表 2-7. パナルテイλとηを0.005刻みで変化させた場合の親魚量・年齢別F値のRMSPE（平方二乗誤差率）の平均値

RMSPE	Lamda																				
	0.850	0.855	0.860	0.865	0.870	0.875	0.880	0.885	0.890	0.895	0.900	0.905	0.910	0.915	0.920	0.925	0.930	0.935	0.940	0.945	0.950
Eta	0.900	0.093	0.094	0.095	0.097	0.098	0.099	0.101	0.103	0.107	0.110	0.112	0.115	0.119	0.123	0.127	0.132	0.138	0.145	0.153	0.164
	0.905	0.092	0.093	0.094	0.095	0.096	0.097	0.099	0.101	0.105	0.107	0.110	0.113	0.116	0.120	0.124	0.129	0.134	0.141	0.149	0.159
	0.910	0.090	0.091	0.092	0.093	0.094	0.095	0.096	0.099	0.103	0.105	0.107	0.110	0.113	0.117	0.121	0.125	0.130	0.137	0.144	0.154
	0.915	0.089	0.089	0.090	0.091	0.092	0.094	0.095	0.096	0.100	0.102	0.105	0.107	0.110	0.114	0.117	0.122	0.127	0.133	0.140	0.149
	0.920	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091	0.092	0.093	0.094	0.098	0.100	0.102	0.105	0.107	0.111	0.114	0.118	0.123	0.129	0.135	0.144
	0.925	0.086	0.086	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091	0.092	0.095	0.097	0.099	0.102	0.104	0.108	0.111	0.115	0.119	0.125	0.131	0.139
	0.930	0.084	0.085	0.086	0.086	0.087	0.088	0.089	0.090	0.093	0.095	0.097	0.099	0.102	0.104	0.108	0.111	0.116	0.121	0.127	0.134
	0.935	0.083	0.083	0.084	0.085	0.085	0.086	0.087	0.088	0.091	0.092	0.094	0.096	0.099	0.101	0.104	0.108	0.112	0.117	0.122	0.129
	0.940	0.082	0.082	0.083	0.083	0.084	0.085	0.085	0.086	0.089	0.090	0.092	0.093	0.096	0.098	0.101	0.104	0.108	0.112	0.118	0.124
	0.945	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082	0.083	0.084	0.084	0.086	0.088	0.089	0.091	0.093	0.095	0.098	0.101	0.104	0.108	0.113	0.119
	0.950	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.082	0.082	0.082	0.083	0.085	0.087	0.088	0.090	0.092	0.094	0.097	0.100	0.104	0.109	0.114
	0.955	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.082	0.083	0.084	0.086	0.087	0.089	0.091	0.093	0.096	0.100	0.104	0.109
	0.960	0.081	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.081	0.081	0.082	0.083	0.085	0.086	0.088	0.090	0.092	0.095	0.099	0.104
	0.965	0.081	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.081	0.081	0.082	0.083	0.085	0.087	0.089	0.091	0.095	0.098
	0.970	0.082	0.081	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.081	0.082	0.083	0.085	0.087	0.089	0.091	0.093
	0.975	0.083	0.082	0.082	0.081	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.081	0.082	0.083	0.085	0.087	0.089
	0.980	0.084	0.084	0.083	0.083	0.082	0.082	0.081	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.081	0.082	0.082	0.084
	0.985	0.087	0.087	0.086	0.086	0.085	0.084	0.084	0.083	0.082	0.082	0.082	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.081	0.082
	0.990	0.092	0.092	0.091	0.090	0.089	0.088	0.088	0.088	0.086	0.086	0.085	0.085	0.084	0.084	0.083	0.083	0.083	0.082	0.082	0.082
	0.995	0.102	0.101	0.100	0.100	0.099	0.098	0.098	0.097	0.095	0.095	0.094	0.093	0.092	0.092	0.091	0.090	0.089	0.089	0.088	0.087
1.000	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.171	0.171	0.171	0.171	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.173	0.173	0.173

0.05刻みで最小となった組み合わせの周囲を更に探索した。

補足表 2-8. チューニングにおいて年度中央親魚量計算に用いた年齢別成熟割合

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

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

補足表 2-9. 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	1.236	1.981×10^{-08}	0.576	0.755	1.019×10^{-01}	0.185
4	1.345	9.641×10^{-09}	0.456			
5	1.169	4.388×10^{-07}	0.530			
6	1.094	1.954×10^{-06}	0.711	b''	q''	σ''
7	1.014	8.140×10^{-06}	0.678	1.221	4.853×10^{-06}	0.257

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、2020)

	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2016-2020 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.011	0.009	0.004	44	0.40	0.0
1 歳	0.021	0.017	0.008	107	0.35	0.0
2 歳	0.083	0.067	0.031	218	0.30	0.0
3 歳	0.154	0.124	0.057	360	0.25	0.0
4 歳	0.404	0.326	0.151	475	0.25	0.2
5 歳	0.701	0.565	0.262	563	0.25	0.8
6 歳	1.000	0.805	0.373	642	0.25	0.9
7 歳	0.832	0.670	0.310	698	0.25	1.0
8 歳	0.791	0.637	0.295	726	0.25	1.0
9 歳	0.891	0.717	0.332	756	0.25	1.0
10 歳以上	0.891	0.717	0.332	819	0.25	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 F2015-2019*の選択率)。

注 2：令和 2 年度に更新された Fmsy。

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2016～2020 年漁期の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。この F 値は 2021 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料3 資源量指標値の標準化

(1) 沖合底曳き網漁業の年齢別標準化 CPUE

沖底の年齢別標準化 CPUE は、以下の手順により算出した。

- 1) 道東を釧路以東（沖底漁業小海区 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・白尻・恵山沖（同 24～27）にそれぞれ分割し、これらの 4 海域の沖底漁獲物に対応した年齢組成推定用サンプルが得られている年・月を漁法ごと（オッタートロール・かけまわし）に抽出する。
- 2) 抽出された年・月・漁法について、漁船ごとに沖底漁獲成績報告書からスケトウダラの漁獲が 50%以上の操業日の操業情報を抽出する。
- 3) 年・月・漁法・海域別の年齢組成データが、同時期・海域・漁法のスケトウダラ狙いの漁獲物年齢組成を反映していると見做し、年齢別の漁獲量・努力量データを求める。
- 4) スケトウダラ狙いの漁獲情報であっても、年齢によりゼロキャッチが生じる場合があるため、デルタ型 2 段階モデル (Lo et al. 1992) を標準化に使用する。これは第 1 段階として、ゼロキャッチデータの割合について二項分布を用いた一般化線形モデル (GLM) により推定し、次に第 2 段階として非ゼロキャッチデータに対数正規分布を仮定した GLM を適用し、最終的に非ゼロキャッチデータの割合と非ゼロキャッチ部分の応答変数 (CPUE) を掛け合わせることで標準化 CPUE を得る方法である。フルモデルの説明変数として、第 1 段階では、漁期年、月、年齢、漁法、および海域を、第 2 段階では、漁期年、月、年齢、漁法、船 ID、馬力を用い、主効果および交互作用について BIC を用いた変数選択を行い最終的なモデルを得る。先行研究例 (Rodríguez-Marín et al. 2003) に従い、最終的なモデルでは、年齢別の CPUE の年トレンドを得るため、漁期年と年齢の交互作用項について最小二乗平均 (lsmean) を算出する。
- 5) 最終的に選択されたモデルは昨年度と同じものとなった。モデル式は以下の通り；

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

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

ここで Year は漁期年、Age は年齢、Month は月、VesselID は船 ID、Area は海域である。標準化における詳細は標準化 CPUE に関する文書 (FRA-SA2020-SC03-101) を参照のこと。

(2) 刺し網漁業の標準化 CPUE (操業日誌)

刺し網漁業の標準化 CPUE (操業日誌) は、以下の方法により算出した (函館・栽培水産試験場 印刷中)。

- 1) データとなる操業日誌は、2010 年度より渡島および胆振地区のスケトウダラ刺し網船団の代表船 (18 隻) が、操業日ごとの操業位置 (緯度・経度)、使用した網数 (反)、漁獲量 (kg) を記録したものをを用いた。
- 2) CPUE の標準化には正規分布を仮定した一般化線形モデルを利用し、応答変数に対数変換した船別日別の CPUE を、説明変数に年、月、漁具の中央部の水深、漁具の浸漬日数、根拠港、操業エリアを用いた。CPUE は操業エリア、月、水深ごとに年変動パターン

ンに違いが見られたので、これらの説明変数はそれぞれ年との交互作用項としてモデル化した。操業データの中には漁獲が 0 であったデータも含まれたため、応答変数は CPUE に定数項を加えたものを対数変換したものとした。この定数項には、平均 CPUE の 10% の値を与えた (constant)。

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

ここで、CPUE は船別日別の漁獲量 (kg) を努力量 (網長) で割った値、Year は操業日誌の記録が行われた 2010~2019 年漁期、Month は 10~翌年 2 月とした (年によっては 2 月以前に操業が終了していることもある)。Area は沖底漁区を基準とした操業エリア、Depth は漁具の中央における水深 (7 階級: ~100 m、~150 m、~200 m、~250 m、~300 m、~350 m、~400 m)、Duration は漁具の浸漬日数 (1~3 日)、Port は根拠港である)。すべての説明変数はカテゴリカル変数として用いた。

引用文献

- 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**(2), 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. Aqua. Sci.*, **49**, 2515-2526.
- 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**(9), 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.
- 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** (6), 1216-1231.
- 境 磨・山下夕帆・千村昌之・石野光弘 (2019) 平成 31(2019)年度スケトウダラ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_suketou_p.pdf (last accessed 15 October 2019)
- 田中栄次 (2012) 新訂水産資源解析学. 成山堂書店, 東京.
- Widrig, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. *Fish. Bull. U.S.*, **56**, 141-166.
- 函館・栽培水産試験場 (印刷中) スケトウダラ(道南太平洋海域). 2021 年度水産資源管理会議評価書, 北海道立総合研究機構水産研究本部.

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

(水研機構・水産資源研究所釧路・開発調査センター：6～7月)

北海道太平洋岸における1、2歳魚の現存量を把握するために、計量魚群探知機とトロールネットによる調査を実施している。調査は1996年から実施しているが、現在の調査海域にまで調査規模が拡大されたのは2001年以降である。2018年度より過去の調査データについて魚探反応の割当等の見直しに取り組んでいる。本稿では再解析が終了した2006年度調査以降のデータについて記載する(補足図4-1)。本調査から推定された1歳魚の現存尾数は、卓越年級群である2005および2007年級群については平均的な値もしくは低い値となっているが、それ以外の年級群については資源評価に基づく年級群豊度と類似した傾向となっている。資源評価で加入量に本調査からの推算値を与えた年級のうち、2017年級群については、データを見直した期間の中で最も高い1歳魚の現存尾数が得られている。当該年級群については2019年度調査でも高い2歳魚現存尾数として捉えられており、今後の資源利用を支える年級群となることが期待される。ただし、前述の通り、特に卓越年級群である2005および2007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

(水研機構・水産資源研究所釧路：12～3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)による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年代以降急増し、2010年漁期にピークに達した。しかし、その後は急減しており、2015～2019年漁期の卵数は、2000年代以降では最低レベルにある。卵数が産卵親魚の来遊量を反映していると仮定すると、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。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) スケトウダラ仔稚魚春季定量調査

(水研機構・水産資源研究所釧路：4月)

噴火湾周辺海域における仔魚の現存量を把握するため、計量魚群探知機とフレームトロールネットによる調査を実施している。本調査では、比較的高豊度の年級群であった2009年級群や、過去最低の加入であった2010年級群については仔魚の魚探反応量でも高い、および低い値となった。卓越年級群である2005および2007年級群については、仔魚の魚探反応量が低い、もしくは平均的な値となっており、かならずしも魚探反応量が加入動向と一致しない(補足図4-3)。なお2011年度および2020年度の調査は中止となった。2021年度の調査結果は解析中である。

(4) スケトウダラ産卵親魚来遊調査（北海道立総合研究機構函館水産試験場：8～9月）

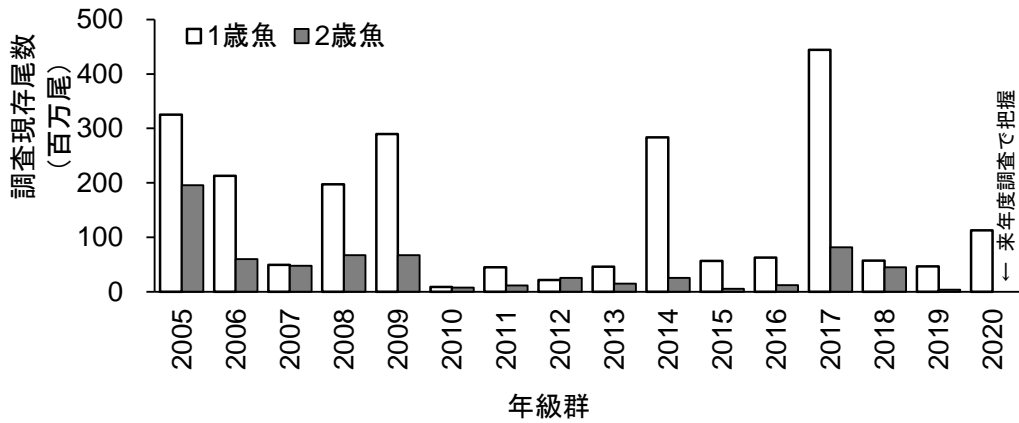
主産卵場である噴火湾周辺海域における来遊親魚量を把握するために、計量魚群探知機とトロールネットによる調査を実施している。親魚の魚探反応量は、2009～2011年漁期に高い値を示した後、2012、2013年漁期には大きく減少した。その後、2014年漁期には高い値が観察されたが、その原因として例年よりも早く親魚が産卵場へ来遊した可能性が考えられている。2015年漁期に魚探反応量が再び減少して以降は、2018年漁期に一旦低下した以外は概ね2019年漁期まで横ばい傾向である（補足図4-4）。

(5) 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（水研機構・水産資源研究所八戸：4月）、底魚類資源量調査（水研機構・水産資源研究所八戸：9～11月）、マダラ・スケトウダラ新規加入量調査（岩手県水産技術センター：4～6月、宮城県水産技術総合センター：5～7月、福島県水産海洋研究センター・福島県水産資源研究所：7～12月）

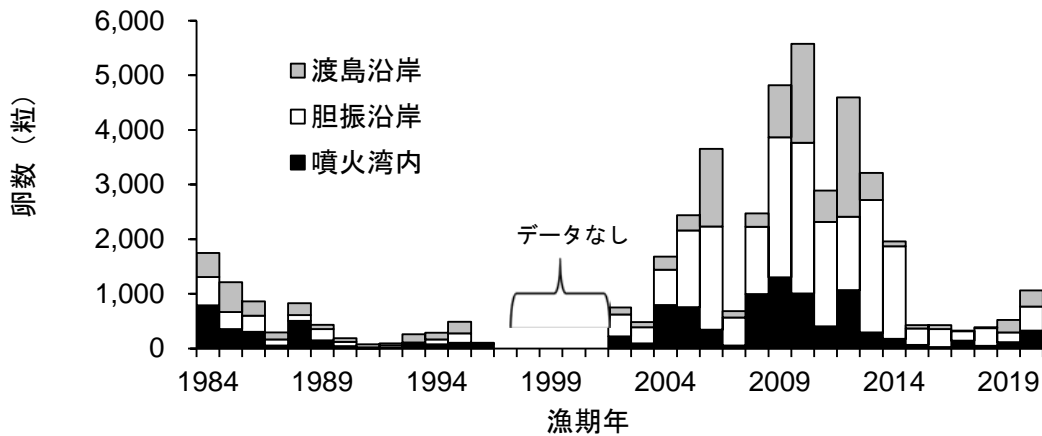
東北海域における0、1歳魚の現存量を把握するために、主に着底トロールを用いた調査を実施している。1980年代は、東北海域も本系群の重要な成育場となっていたが、1990年代以降は道東海域以東が主要な成育場となっているため、東北海域における現存量から本系群の加入量を推測するのは難しいと考えられる。1例として、10月の東北海域における0歳魚の現存量を補足図4-5に示す。卓越年級群である2005および2007年級群については、0歳魚現存量は平均的な値もしくは低い値となっている。2015～2018年級群の現存量は平均以下の値で推移していたが、2019年級群は平均を上回ったが、2020年級群は再び減少した。

(6) 千島列島南西海域でのロシアのTAC

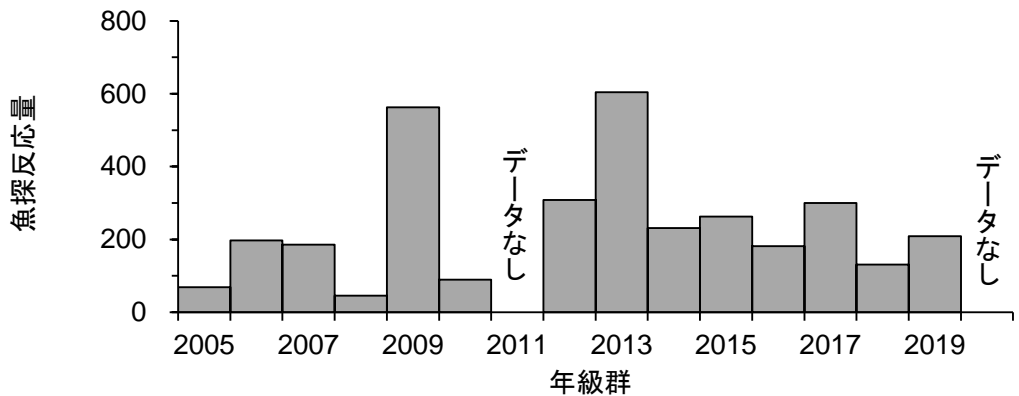
千島列島南西海域ではロシアの大型トロール船が操業しているが、漁獲量や漁獲物の特性などの詳細な情報は得られていない。補足図4-6にこれらの海域を含む海区に設定されたロシアのTACを示す（ロシアでの海区名：南クリル）。この海区のTACは2009年以降急増し、2011年以降は8.9万～11.5万トンの範囲にある。このTACが当該海域の資源量を反映したものと仮定すると、その資源状況は2021年も良好な状況にあると考えられる。



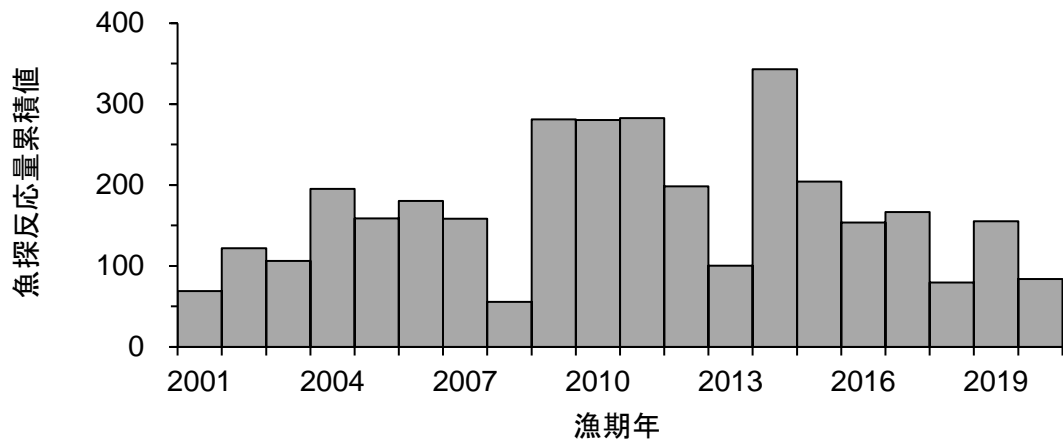
補足図 4-1. スケトウダラ音響トロール調査 (6~7月) で推定された北海道太平洋岸における1、2歳魚の現存尾数



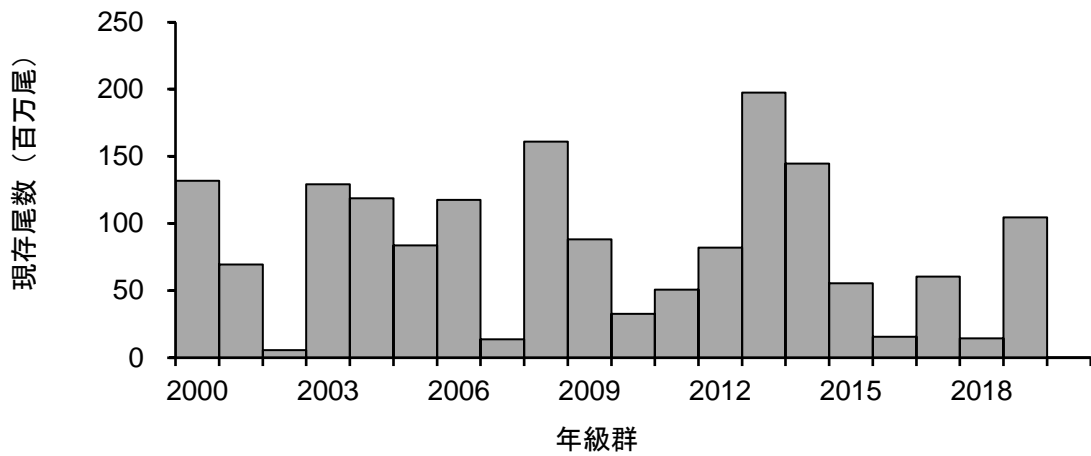
補足図 4-2. スケトウダラ卵・仔魚分布調査 (12~3月) における噴火湾周辺海域での卵の採集数



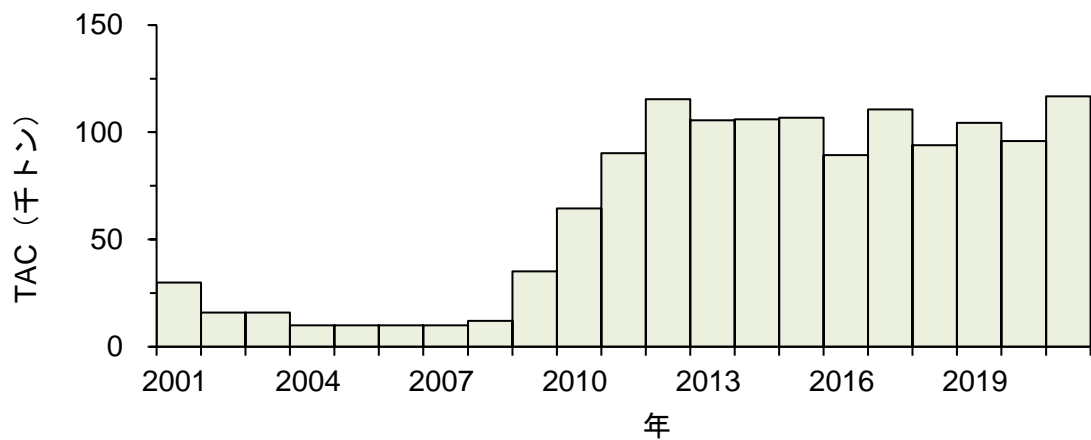
補足図 4-3. スケトウダラ仔稚魚春季定量調査 (4月) における噴火湾周辺海域における仔魚の魚探反応量



補足図 4-4. 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 4-5. 底魚類資源調査 (9~11 月) における東北海域での 0 歳魚現存尾数



補足図 4-6. 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	65,540	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	0.307	0.295	0.231	0.182	0.120	0.027	0.015	0.020
1歳	0.203	0.349	0.037	0.022	0.168	0.030	0.211	0.129	0.100	0.155	0.120	0.059	0.044
2歳	0.048	0.102	0.244	0.081	0.206	0.065	0.095	0.074	0.219	0.313	0.115	0.115	0.252
3歳	0.155	0.035	0.132	0.202	0.216	0.129	0.200	0.214	0.193	0.098	0.182	0.236	0.111
4歳	0.611	0.438	0.368	0.456	0.285	0.314	0.387	0.568	0.554	0.181	0.195	0.298	0.197
5歳	1.337	0.574	0.813	0.820	0.686	0.539	0.703	0.821	0.902	0.779	0.523	0.570	0.433
6歳	1.510	0.820	1.073	1.202	0.961	0.730	0.916	1.030	0.977	0.931	1.023	0.712	0.734
7歳	2.229	0.829	1.274	1.108	0.925	0.693	0.981	0.989	0.746	1.444	0.647	0.467	0.576
8+歳	2.229	0.829	1.274	1.108	0.925	0.693	0.981	0.989	0.746	1.444	0.647	0.467	0.576
%SPR	7%	10%	11%	12%	10%	13%	9%	8%	10%	12%	12%	16%	16%

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	4,578,178	2,864,137	2,043,096	1,888,943	1,685,414	2,374,249	2,477,575	2,708,200	2,691,020	1,882,832	3,048,396	1,593,251	1,811,022
1歳	2,216,568	2,582,086	1,619,882	1,344,873	1,262,097	985,077	1,171,245	1,236,469	1,441,109	1,503,612	1,119,504	1,988,668	1,052,080
2歳	924,684	1,274,958	1,283,027	1,100,371	927,019	751,664	673,965	668,551	765,864	919,049	907,201	699,486	1,321,461
3歳	796,741	653,174	852,730	744,947	751,937	558,821	522,010	473,583	450,258	527,071	547,057	491,287	461,858
4歳	336,899	531,186	491,241	581,806	473,914	471,743	382,444	332,920	297,692	289,182	372,344	355,108	302,305
5歳	191,508	142,411	266,856	264,886	287,151	277,582	268,356	202,250	146,852	133,195	187,895	238,645	205,224
6歳	67,814	39,184	62,463	92,169	90,869	112,656	126,075	103,471	69,290	46,384	47,606	86,743	105,111
7歳	33,831	11,663	13,438	16,640	21,573	27,075	42,280	39,297	28,757	20,319	14,237	13,331	33,161
8+歳	2,323	3,032	4,994	4,015	5,309	8,306	13,775	16,360	16,126	16,573	6,777	8,567	10,693
合計	9,148,546	8,101,831	6,637,727	6,038,648	5,505,284	5,567,171	5,677,724	5,781,101	5,906,967	5,338,217	6,251,015	5,475,085	5,302,917

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	140,143	87,674	62,541	57,823	51,592	72,678	75,841	82,901	72,515	47,479	88,625	47,539	76,029
1歳	235,692	274,558	172,245	143,003	134,201	104,745	124,541	131,476	157,178	143,957	106,194	187,503	144,880
2歳	247,207	340,851	343,008	294,176	247,832	200,952	180,180	178,732	254,358	260,768	222,987	173,185	300,595
3歳	322,425	264,326	345,082	301,465	304,293	226,143	211,247	191,649	204,135	220,663	223,574	196,369	158,406
4歳	164,912	260,015	240,462	284,793	231,981	230,918	187,206	162,964	146,396	155,977	168,431	164,614	151,287
5歳	107,918	80,251	150,378	149,267	161,814	156,422	151,223	113,971	85,979	82,348	99,475	128,314	112,206
6歳	43,307	25,023	39,889	58,860	58,030	71,943	80,513	66,078	47,259	30,704	28,265	53,130	67,571
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,336	33,319	30,968	23,563	16,658	11,475	9,578	25,753
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,297	13,760	16,343	14,170	17,067	6,940	7,203	13,063
合計	1,290,585	1,344,919	1,369,185	1,306,511	1,212,048	1,093,435	1,057,829	975,083	1,005,552	975,621	955,965	967,435	1,049,788

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	48,092	56,959	46,396	46,184	37,441	32,593	29,279	31,195	33,686	32,923	30,257
5歳	86,334	64,201	120,302	119,414	129,451	125,138	120,978	91,177	68,784	65,879	79,580	102,651	89,765
6歳	38,976	22,521	35,900	52,974	52,227	64,749	72,462	59,470	42,533	27,634	25,438	47,817	60,814
7歳	26,661	9,191	10,590	13,113	17,001	21,336	33,319	30,968	23,563	16,658	11,475	9,578	25,753
8+歳	2,320	3,029	4,989	4,011	5,304	8,297	13,760	16,343	14,170	17,067	6,940	7,203	13,063
合計	187,274	150,944	219,874	246,471	250,379	265,703	277,960	230,551	178,328	158,433	157,119	200,172	219,651

補足資料5 資源解析結果の詳細(続き)(2020年漁期)

年齢別漁獲尾数 (千尾)	
漁期年	2020
0歳	102
1歳	8,125
2歳	7,633
3歳	26,332
4歳	107,969
5歳	18,032
6歳	20,601
7歳	8,584
8歳	5,707
9歳	2,205
10+歳	7,956
合計	213,248

年齢別漁獲重量 (トン)	
漁期年	2020
0歳	1
1歳	1,701
2歳	1,597
3歳	8,552
4歳	43,261
5歳	9,531
6歳	12,995
7歳	6,074
8歳	4,619
9歳	1,845
10+歳	6,956
合計	97,133

年齢別漁獲係数	
漁期年	2020
0歳	0.000
1歳	0.015
2歳	0.019
3歳	0.042
4歳	0.213
5歳	0.317
6歳	0.152
7歳	0.289
8歳	0.175
9歳	0.280
10+歳	0.280
%SPR	38%

年齢別資源尾数 (千尾)	
漁期年	2020
0歳	1,339,215
1歳	630,492
2歳	479,196
3歳	729,814
4歳	636,844
5歳	75,229
6歳	165,613
7歳	38,790
8歳	40,273
9歳	10,217
10+歳	36,863
合計	4,182,547

年齢別資源重量 (トン)	
漁期年	2020
0歳	17,458
1歳	132,004
2歳	100,250
3歳	237,028
4歳	255,171
5歳	39,765
6歳	104,469
7歳	27,447
8歳	32,591
9歳	8,547
10+歳	32,230
合計	986,960

年齢別親魚重量 (トン)	
漁期年	2020
0歳	0
1歳	0
2歳	0
3歳	0
4歳	51,034
5歳	31,812
6歳	94,022
7歳	27,447
8歳	32,591
9歳	8,547
10+歳	32,230
合計	277,682