

令和元（2019）年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価

担当水研：北海道区水産研究所、中央水産研究所、東北区水産研究所、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

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値（沖底、及び沿岸漁業の CPUE）をチューニング指数として用いたコホート解析により推定した。資源量（0 歳以上の総重量）は、1981～2011 年漁期（4 月～翌年 3 月）には 909 千～1,400 千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。2018 年漁期の資源量は 775 千トンであった。親魚量は 1981～2009 年漁期にかけて 151 千～322 千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 554 千トンに達した。2013 年漁期以降は減少に転じており、2018 年漁期の親魚量は 271 千トンであった。加入量（0 歳魚の資源尾数）は、1981 年級群以降 5 億～53 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 25 億尾と比較的高豊度であった一方で、2010 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豊度であった。2018 年漁期に 4 歳魚となった 2015 年級群も、2010 年級群に次ぐ低い加入量であった可能性がある。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。2008 年級以降は卓越年級群の発生が観察されず、2009 年級を除き比較的低い加入量が続いており、資源量・親魚量ともに減少傾向にある。今後もこの状況が継続すれば、親魚量の減少傾向が続くことが懸念される。

平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」では、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（HS）が適用されている。最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）は、適用した再生産関係に基づき 220 千トンと推定された。この基準に従うと、本系群の 2018 年漁期の親魚量は SBmsy を上回る。また漁獲圧は MSY を実現する水準（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2014～2018 年漁期）の推移から「減少」と判断される。

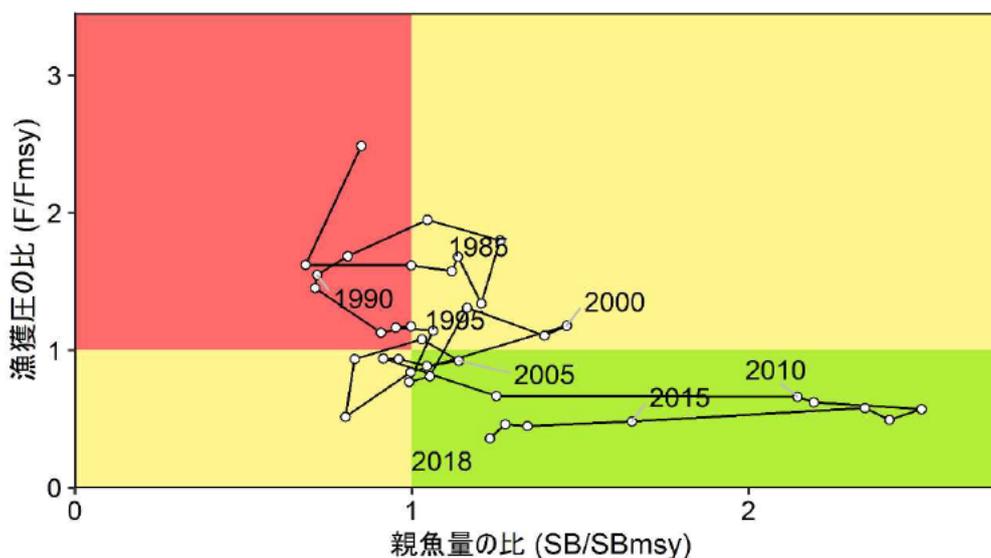
本資料における管理基準値等については、資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー一国会）における検討材料として、研究機関会議において暫定的に提案されたものである。これらについては、ステークホルダー会合を経て最終化される。

項目	値	備考
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	220 千トン	最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量
Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) = (0.02, 0.02, 0.08, 0.14, 0.37, 0.61, 0.68, 0.68, 0.68, 0.68, 0.68)	
%SPR (Fmsy)	19%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	176 千トン	最大持続生産量
2018 年漁期の親魚量と漁獲圧		
SB2018	271 千トン	2018 年漁期の親魚量
F2018	(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, 0.01, 0.05, 0.10, 0.29, 0.25, 0.24, 0.15, 0.32, 0.32)	
%SPR (F2018)	43%	2018 年漁期の %SPR
%SPR (F2014-2018)	36%	現状 (2014~2018 年漁期) の漁獲圧に対応する %SPR
MSY を実現する水準に対する比率		
SB2018/SBmsy	1.23	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2018 年漁期の親魚量の比
F2018/Fmsy	0.36	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2018 年漁期の漁獲圧の比*

* 2018 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：ホッカー・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	減少



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（水研、北海道～茨城県（6）道県）
資源量指標値 ・産卵量指標値 ・加入量指標値 ・親魚量指標値	スケトウダラ卵・仔魚分布調査（12～3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）。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 40cm、7 歳で 50cm 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 歳を越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 36~41cm、雄で 33~38cm 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、冬季の噴火湾周辺海域の水温が例年よりも高かった 1991、1995、2000 年や、仔魚期のサイズが大きかった 2005、2007 年には高豊度の年級群が生み出されたのに対し、水温が低く仔稚魚期におけるサイズが小型であった 2010、2011 年には年級群豊度が低い。ただし、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200千トン台から急減し、2002年漁期には109千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143千～175千トンの範囲で安定して推移していた。しかし、2015年漁期以降は減少傾向となり、2017年漁期には93千トン、2018年漁期には76千トンまで減少した。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75千トンに達したが、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4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。2018年漁期における4歳以上の割合は87%で、特に4歳魚（2014年級群）と5歳魚（2015年級群）の割合がそれぞれ26%と22%で高かった。

(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。2018年漁期は、北海道根拠の沖底が総漁獲量の60%、襟裳以西海域の刺し網が総漁獲量の31%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、2001年漁期以降は横ばい傾向を示していたが、近年3年間はやや減少傾向にある。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、2005年漁期以降は横ばい傾向にある。これらの海域のオッターロールについては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年漁期以降は再び減少傾向にある。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では（図3-4）、襟裳以西海域のかけまわしについては1996年漁期以降漸減傾向にある。道東海域のかけまわしについては1996～2004年漁期に比較的大きく増減したが、その後は漸増傾向にある。道東海域のオッターロールについては2000年漁期以降漸増傾向を示したが、2007年漁期以降は減少傾向にある。

襟裳以西海域の刺し網の漁獲努力量として、刺し網の漁獲成績報告書に記載された、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. 資源の状況

(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、1981～2018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（スケトウダラ狙い：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。したがって、最近年の 0～2 歳魚を構成する 2016～2018 年級群の加入量については、調査船調査の結果（補足資料

3) を参考に、昨年度評価と同様に近年 5 年級群 (2011~2015 年級群) の平均加入量を仮定値として与えた (補足資料 2 (1))。

(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 年漁期をピークに減少に転じている。その後、2016 年漁期以降の CPUE は横ばいで推移している。

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ており、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 は 2016 年漁期まで減少傾向にあったが、2017、2018 年漁期は横ばいで推移している (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 2 および補足資料 5 を参照)。1995 年級群および 2005 年級群が、ほぼすべての年齢で高い CPUE を示したのに対し、2007 年級群および 2009 年級群は 5 歳以降に他の年級群に比べて CPUE の高さが目立つ結果となった。2010 年級群は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、2014 年級が 2017 年漁期に 3 歳魚、2018 年漁期に 4 歳魚として漁獲され、それぞれ他漁期に比べてやや高い CPUE を示している。しかし、過去に卓越年級群等の高豊度年級群で見られたような高い CPUE とまではなっていない。

(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 4 参照)。

加入量は、1981 年漁期以降 5 億~53 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 25 億尾と推定されたのに対し、2010 年級群の加入量は、5 億尾以下と非常に低い値となっている。また、2018 年漁期に 4 歳魚となった 2015 年級群も、2010 年級群に次ぐ低い加入量であった可能性がある。2008 年以降、卓越年級群の発生はみられず、2009 年級を除き比較的低い加入量が続いている。直近 3 年の加入量 (2016~2018 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、

調査船調査結果などを基に、2011～2015 年級群の平均加入量（10.0 億尾）と仮定した。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 909 千～1,400 千トン・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、2016 年以降は 800 千トンを下回っている。2018 年漁期は 775 千トンと推定された。

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 151 千～322 千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 554 千トンに達した（図 4-7、表 4-1）。その後、減少傾向に転じ、2018 年漁期には 271 千トンになった。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 2018 年漁期に 9 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・親魚量の減少は、これらの高豊度年級が減少したこと、2008 年以降には 2009 年級群を除き比較的高豊度の年級群が発生していないこと、また、特に 2010、2011、2015 年級群の豊度が低いと考えられることに起因する。

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 2018 年漁期の資源量と親魚量を推定した。2018 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、200 千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 12～13%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 年連続で増加して 2014 年漁期に 18%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減少に転じ、2018 年漁期には 10%となった。

項目	値	備考
SB2018	271 千トン	2018 年漁期の親魚量
F2018	(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, 0.01, 0.05, 0.10, 0.29, 0.25, 0.24, 0.15, 0.32, 0.32)	
U2018	10%	2018 年漁期の漁獲割合

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

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図 4-11 に年ごとに漁獲が無かったと仮定し

た場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合 (%SPR) の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。1981 年漁期以降、%SPR は増減をくりかえしながらも概ね増加傾向にある。2011 年漁期以降、30%以上で推移するようになり、2018 年漁期は 43% となった。現状の漁獲圧として近年 5 年間 (2014~2018 年漁期) の平均 F 値から %SPR を算出すると 36% となった。

現状の漁獲圧に対する YPR と %SPR の関係を図 4-12 に示す。このとき、F の選択率としては、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた値 (境ほか 2019) を用いた。なお、後述する Fmsy は %SPR に換算すると 19% に相当する。Fmsy の選択率は平成 30 (2018) 年度の資源評価で推定された 2013~2017 年漁期の年齢別 F 値に基づくが、本年度の資源評価からプラスグループを 8 歳以上から 10 歳以上に延長しているため、8 歳、9 歳、10 歳以上の選択率は、上記の選択率の 8 歳以上の値と同じとした。年齢別平均体重についても Fmsy 算出時の値を使用し、8 歳、9 歳、10 歳以上の年齢別平均体重については、Fmsy 算出時の 8 歳以上の平均体重と同じとした。現状の漁獲圧 (F2014-2018) は Fmsy や F30%SPR を下回る。

項目	値	備考
%SPR (F2018)	43%	2018 年漁期の %SPR
%SPR (F2014-2018)	36%	現状 (2014~2018 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「管理基準値等に関する研究機関会議」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 2019)。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、平成 30 (2018) 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。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッカー・スティック型	最小二乗法	無	12.455	150,944	0.532

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き、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

現在 (1981 年漁期以降) の環境下において最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy)、および MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) として、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において示された推定値 (境ほか 2019) を下表に示す。

項目	値	備考
SBmsy	220 千トン	最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量

Fmsy	(0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) = (0.02, 0.02, 0.08, 0.14, 0.37, 0.61, 0.68, 0.68, 0.68, 0.68, 0.68)	
%SPR (Fmsy)	19%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	176 千トン	最大持続生産量 MSY

(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 および補足資料 7 に示す。漁獲圧 (F) の比 (F/Fmsy) は、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を %SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。本系群における F は、2001 年漁期以降、2004 年漁期以外は Fmsy を下回っており、2018 年漁期の F は Fmsy の 0.36 倍である。また、親魚量は、2009 年漁期以降は SBmsy を上回っており、2018 年漁期の親魚量は SBmsy の 1.23 倍である。親魚量の動向は、近年 5 年間 (2014~2018 年漁期) の推移から減少と判断される。

項目	値	備考
SB2018/SBmsy	1.23	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2018 年漁期の親魚量の比
F2018/Fmsy	0.36	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2018 年漁期の漁獲圧の比*

* 2018 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	減少

5. 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、2018 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。しかし、現段階では近年 10 年間に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、2008 年級以降は 2009 年級を除き比較的低い加入量が続いており、資源量・親魚量ともに減少傾向にある。今後もこの状況が継続すれば、親魚量の減少傾向が続くことが懸念される。

6. 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。

7. 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.
- 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.
- 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・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. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_suketou_p.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.
- Widrig, T. M. (1954) Method of estimating fish populations, with application to Pacific sardine. Fish. Bull. U.S., 56, 141-166.
- Yamamura, O. (2004) Trophodynamic modeling of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Doto area, northern Japan: model description and baseline simulations. Fish. Oceanogr. 13(Suppl. 1), 138-154.
- Yamamura, O., S. Honda, O. Shida and T. Hamatsu (2002) Diets of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Doto area, northern Japan: ontogenetic and seasonal variations. Mar. Ecol. Prog. Ser., 238, 187-198.
- Yamamura O and T. Nobetsu (2011) Food habits of threadfin hakeling *Laemonema longipes* along the Pacific coast of northern Japan. J. Mar. Bio. Assoc. UK, 1-9.
- 尹 泰憲 (1981) 北海道噴火湾周辺海域におけるスケトウダラ雌魚の生殖周期. 北大水産彙報, 32, 22-38.

(執筆者：境 磨、山下夕帆、千村昌之、石野光弘、成松庸二、貞安一廣)

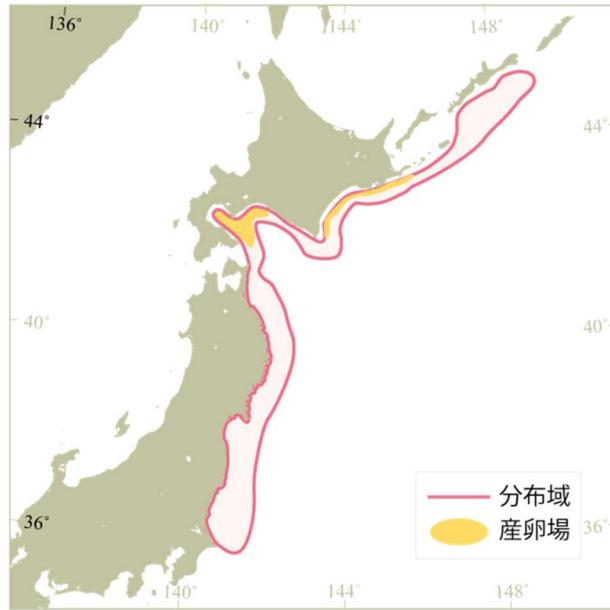


図 2-1. スケトウダラ太平洋系群の分布域と産卵場

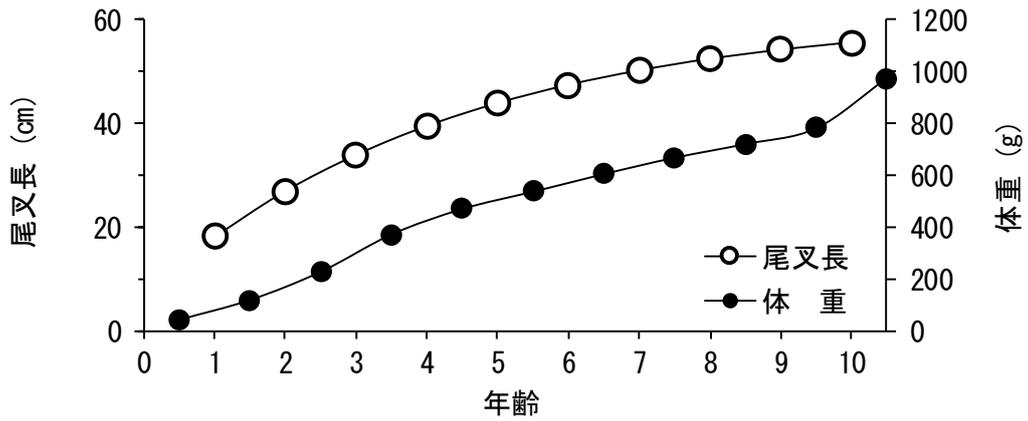


図 2-2. 年齢と成長 (10歳の体重は10歳以上の平均値)

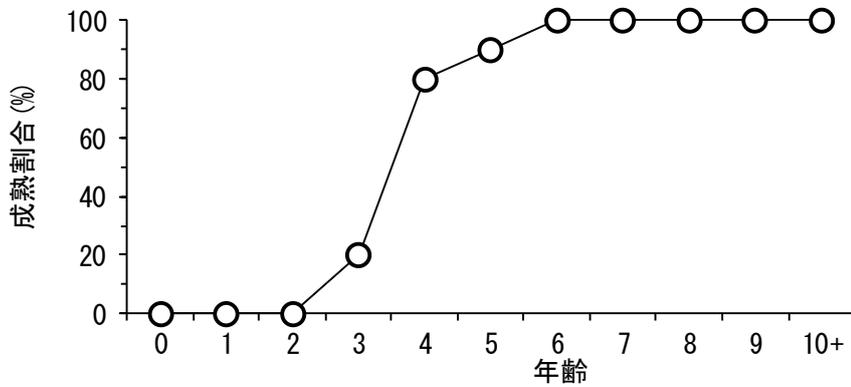


図 2-3. 年齢別成熟割合

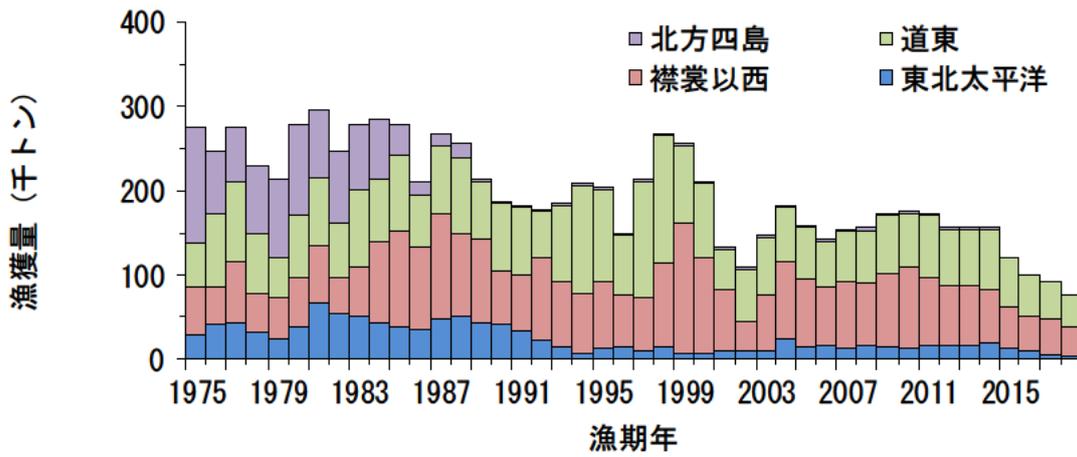


図 3-1. 海域別漁獲量

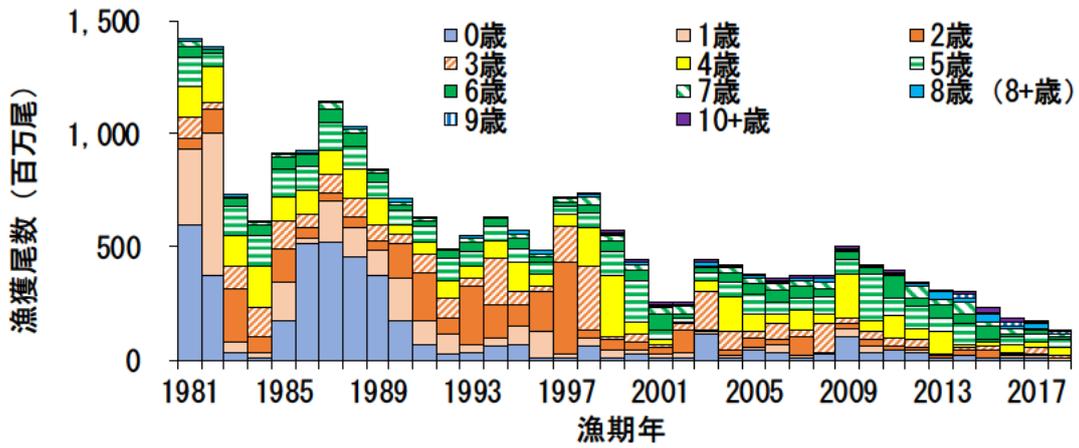


図 3-2. 年齢別漁獲尾数

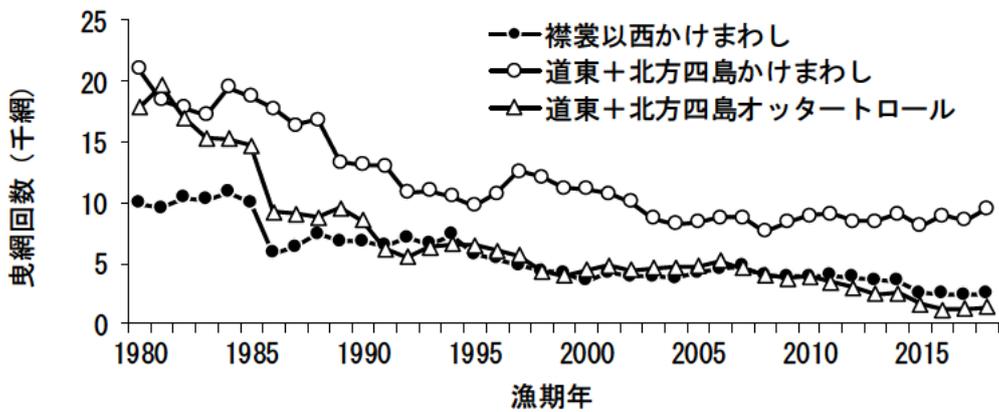


図 3-3. 北海道根拠の沖底でのスケトウダラ有漁網数
月別・船別・漁区別集計値に基づく

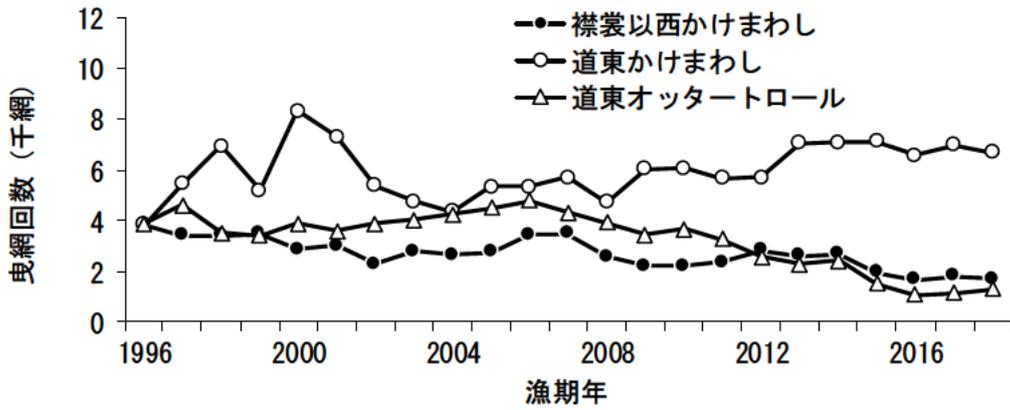


図 3-4. 北海道根拠の沖底での 1 日の総漁獲量に占めるスケトウダラ漁獲量の割合が 50% 以上の操業での網数
日別・船別・漁区別集計値に基づく

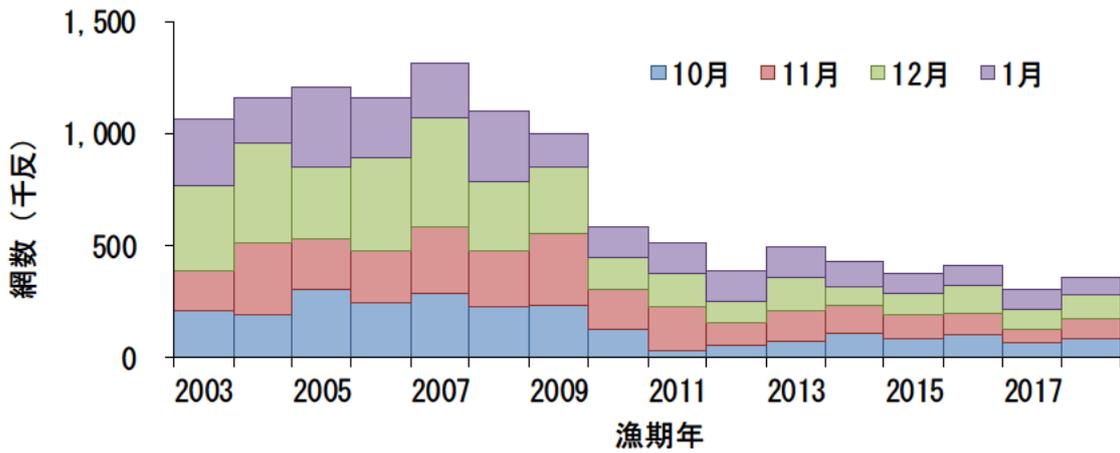


図 3-5. 襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網の網数 (補正值)

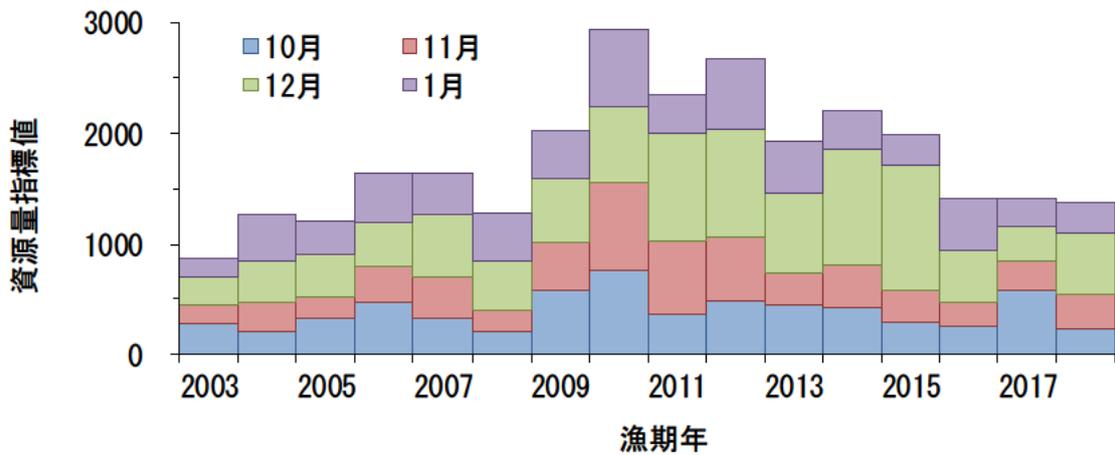


図 4-1. 漁獲成績報告書から算出した襟裳以西海域におけるすけとうだら固定式刺し網の資源量指標値

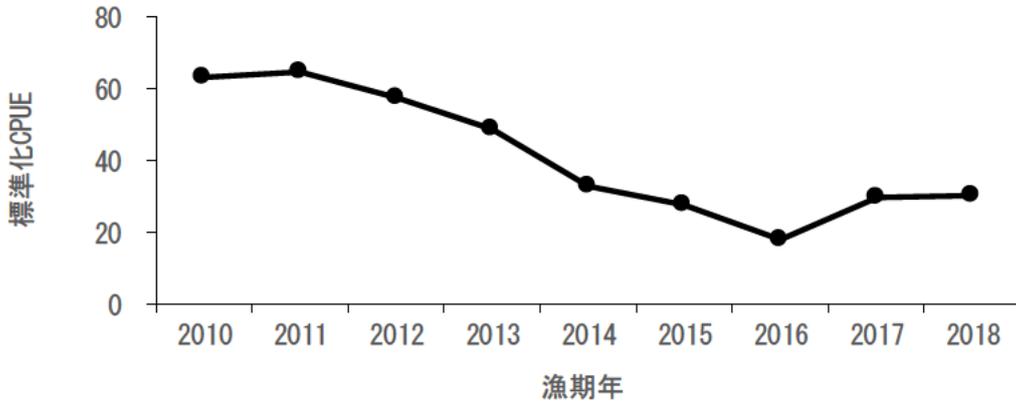


図 4-2. 操業日誌に基づく襟裳以西海域のすけとうだら固定式刺し網の標準化 CPUE

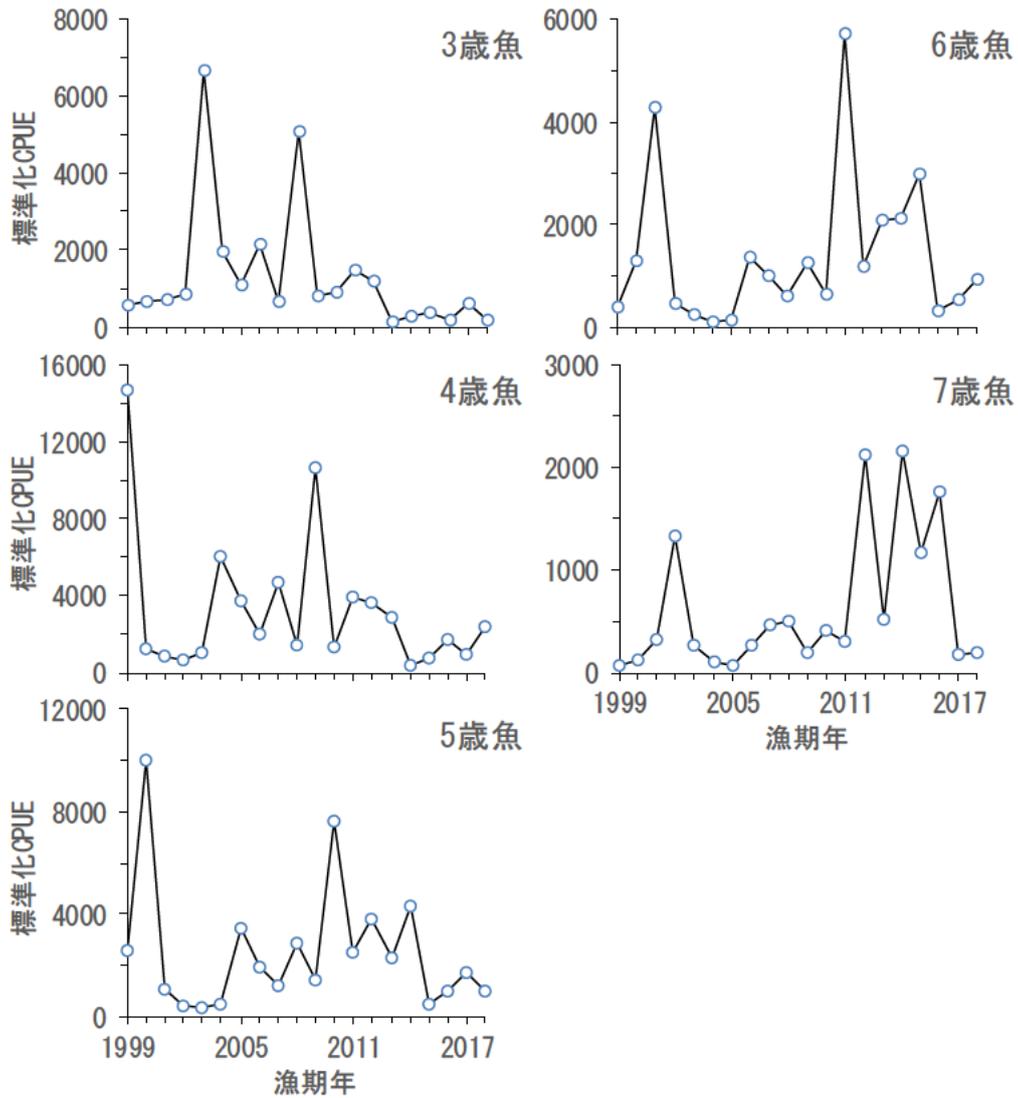


図 4-3. 北海道根拠の沖底の年齢別標準化 CPUE

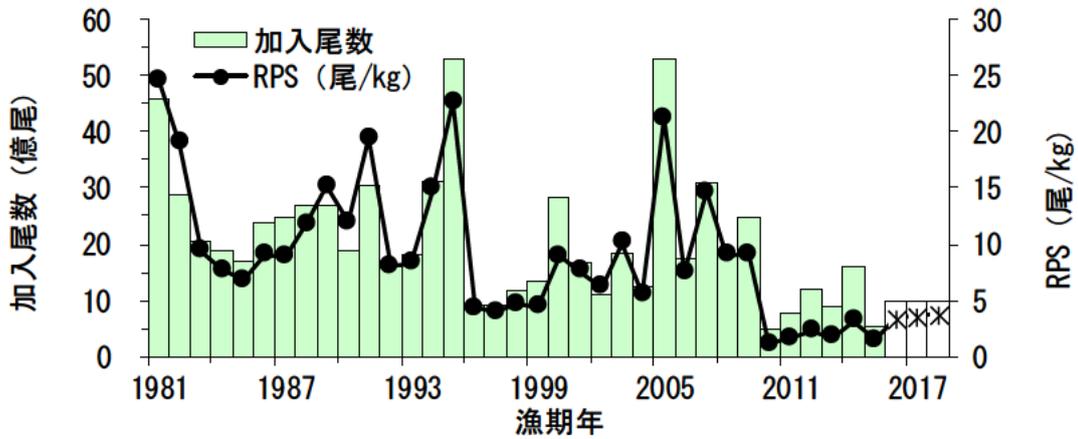


図 4-4. 加入量（0 歳魚の資源尾数）と再生産成功率（RPS）の推移
 仮定値を与えた加入量（白抜き部分）に対応する再生産成功率は*で示した

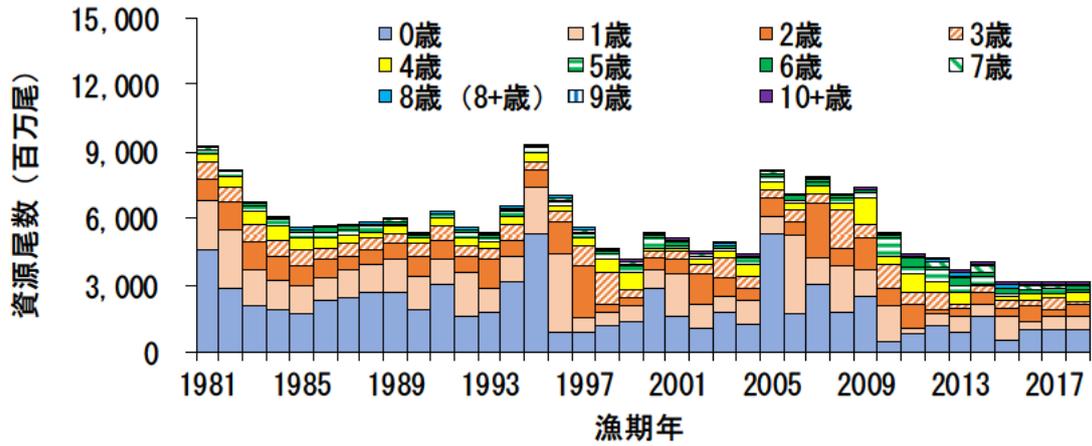


図 4-5. 年齢別資源尾数の推移

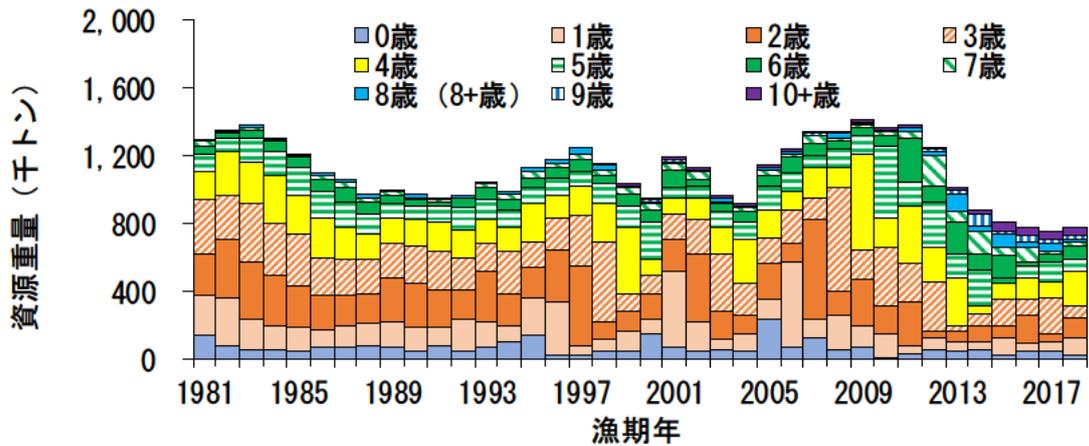


図 4-6. 年齢別資源重量の推移

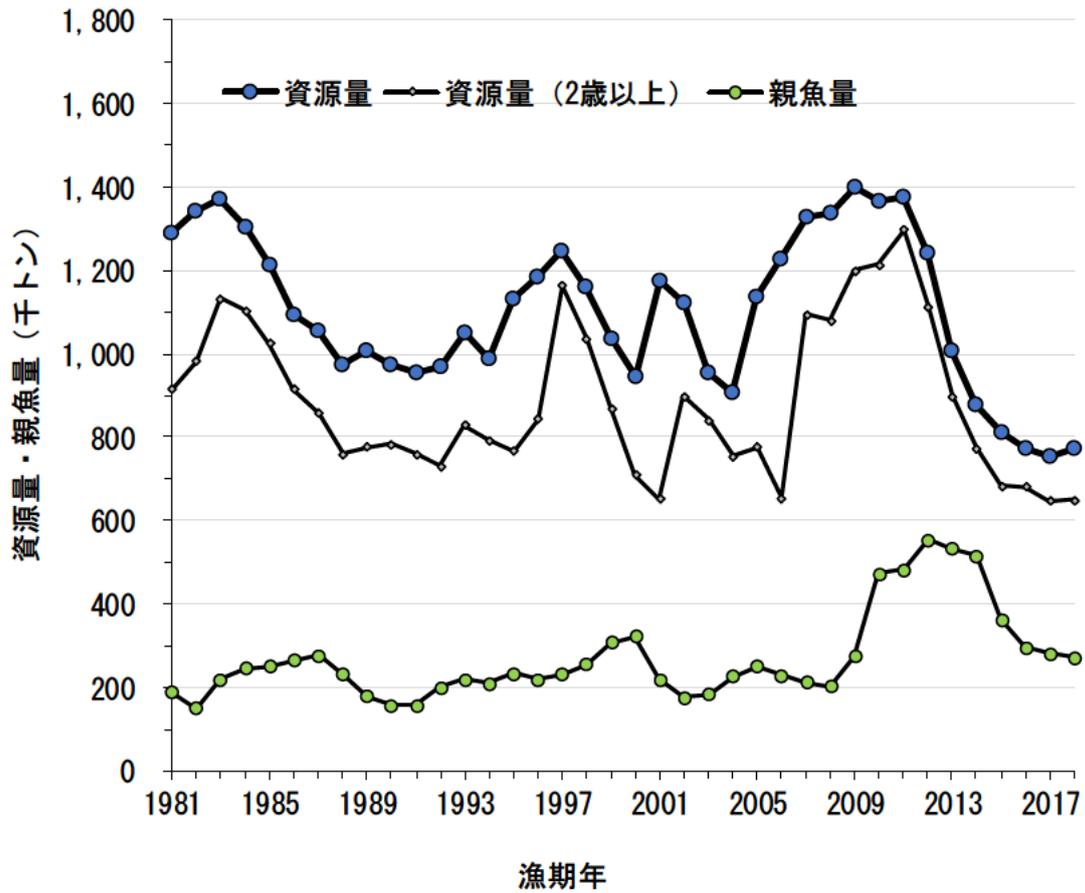


図 4-7. 資源量 (0 歳以上の総重量および 2 歳以上の総重量)、および親魚量の推移

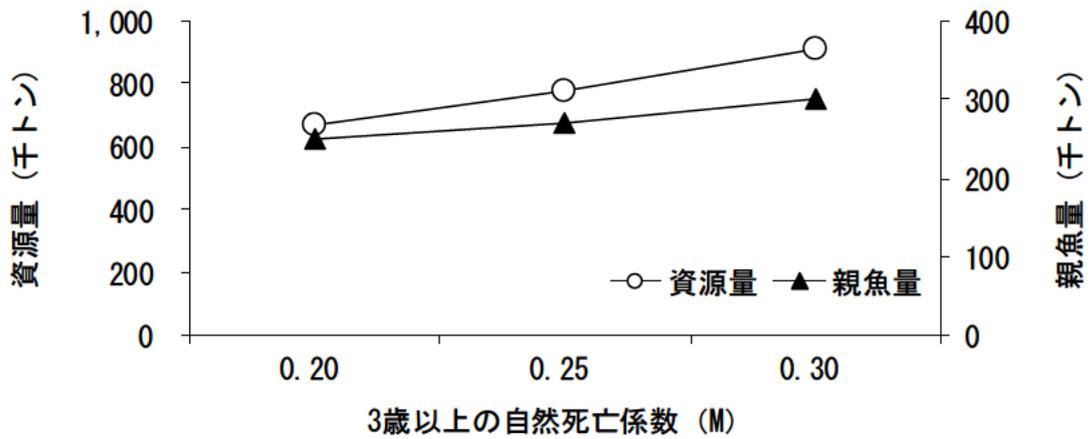


図 4-8. 資源量と親魚量に対する自然死亡係数 M の影響 (2018 年漁期の資源量と親魚量)

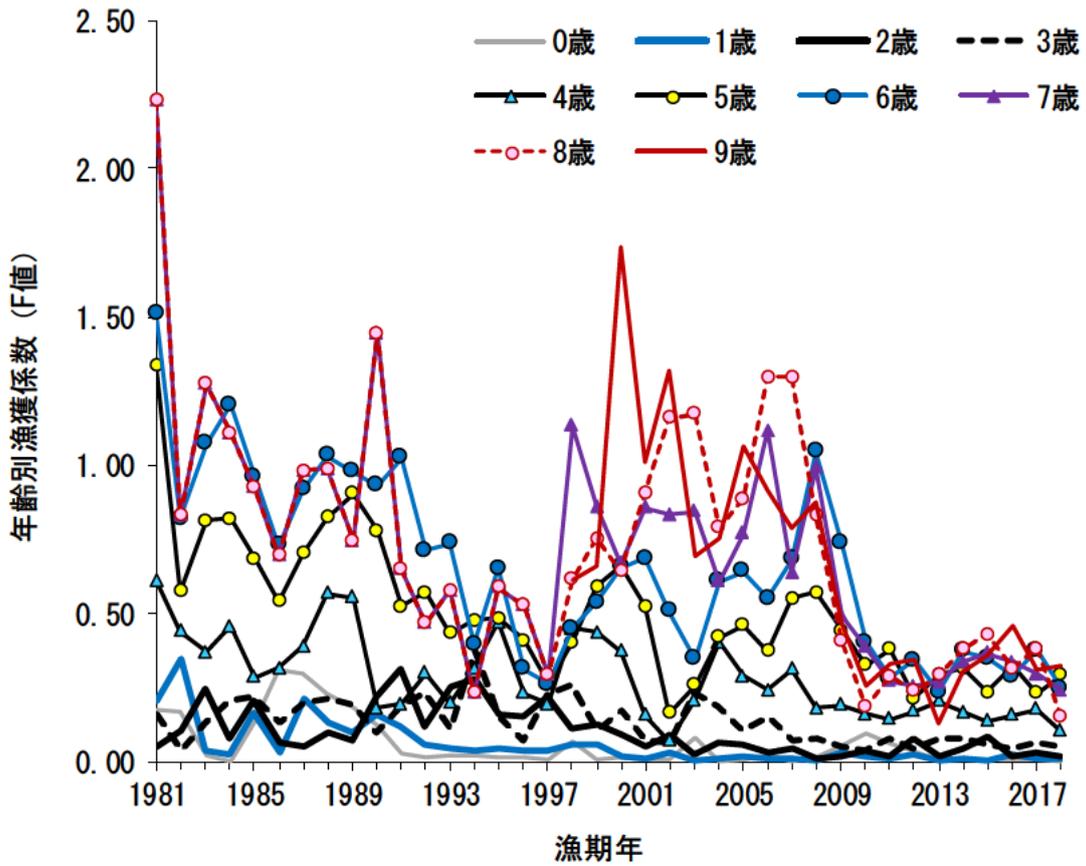


図 4-9. 各年齢の F の経年推移
10 歳以上の F は 9 歳と同じである。

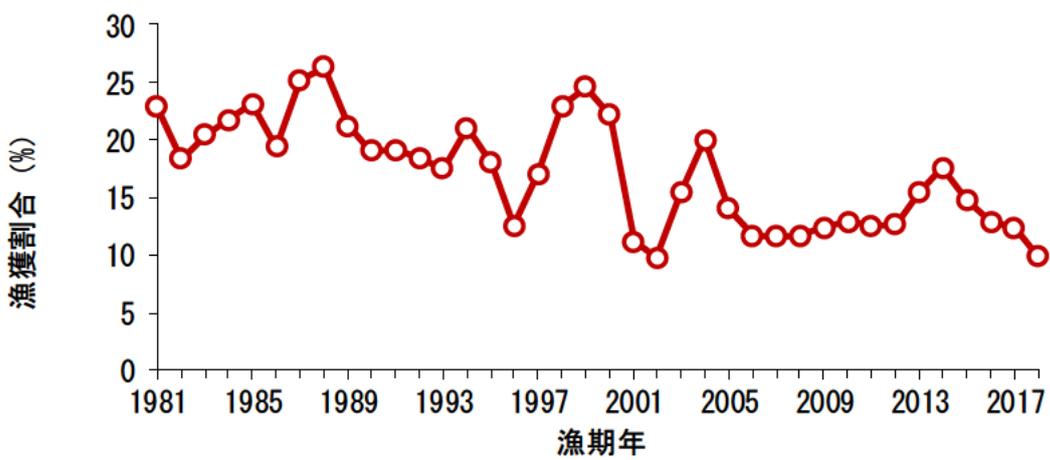


図 4-10. 漁獲割合の経年推移

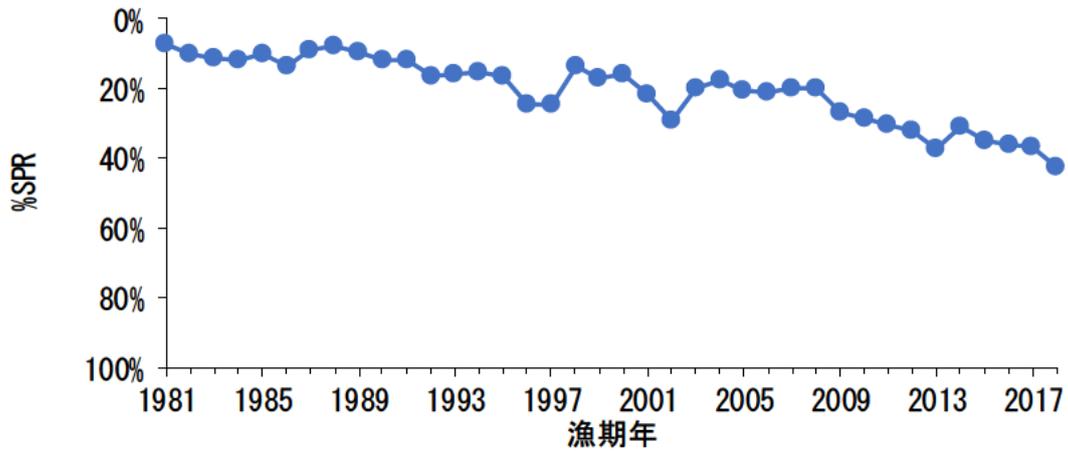


図 4-11. 各漁期年の F における %SPR の経年推移
 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、
 F が高い（低い）と %SPR は小さく（大きく）なる。

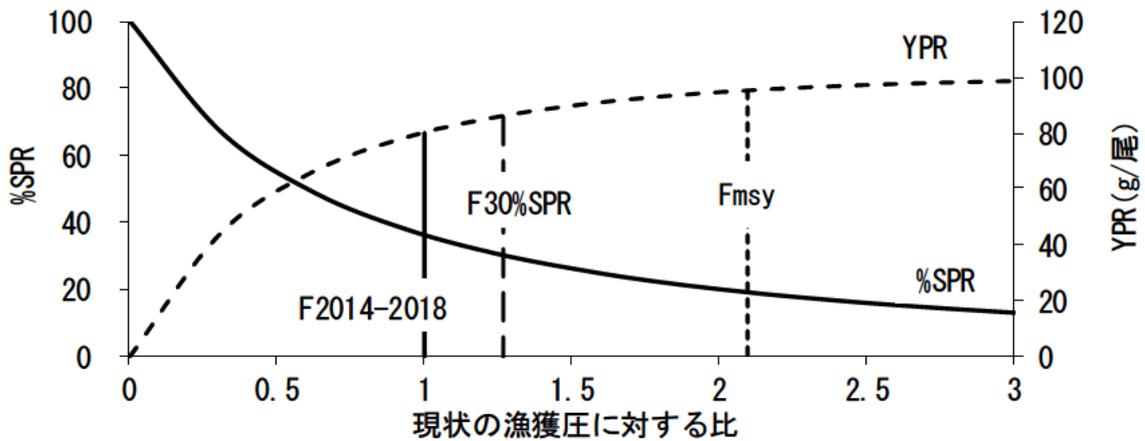


図 4-12. 現状の漁獲圧に対する YPA と %SPR の関係

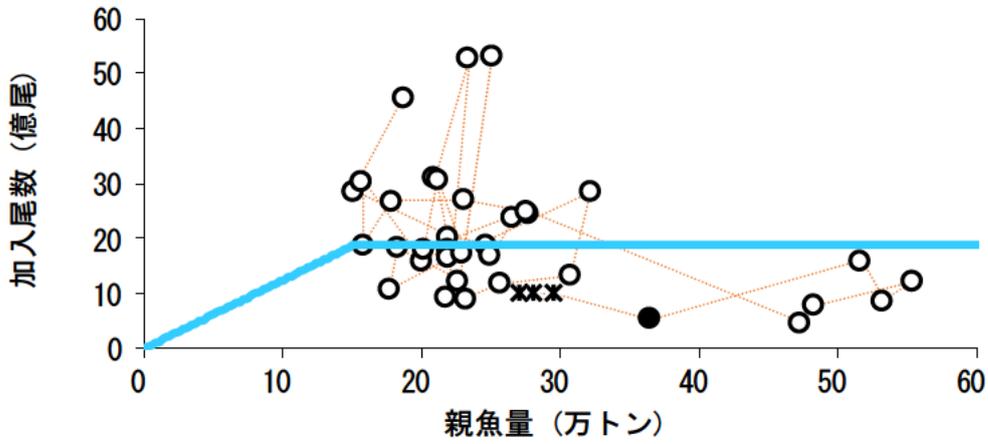


図 4-13. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

青線は平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（境ほか 2019）で適用された再生産関係式。 $*$ の加入量は仮定値。
今回の資源評価で新たに推定された 2015 年級群を●で示す。

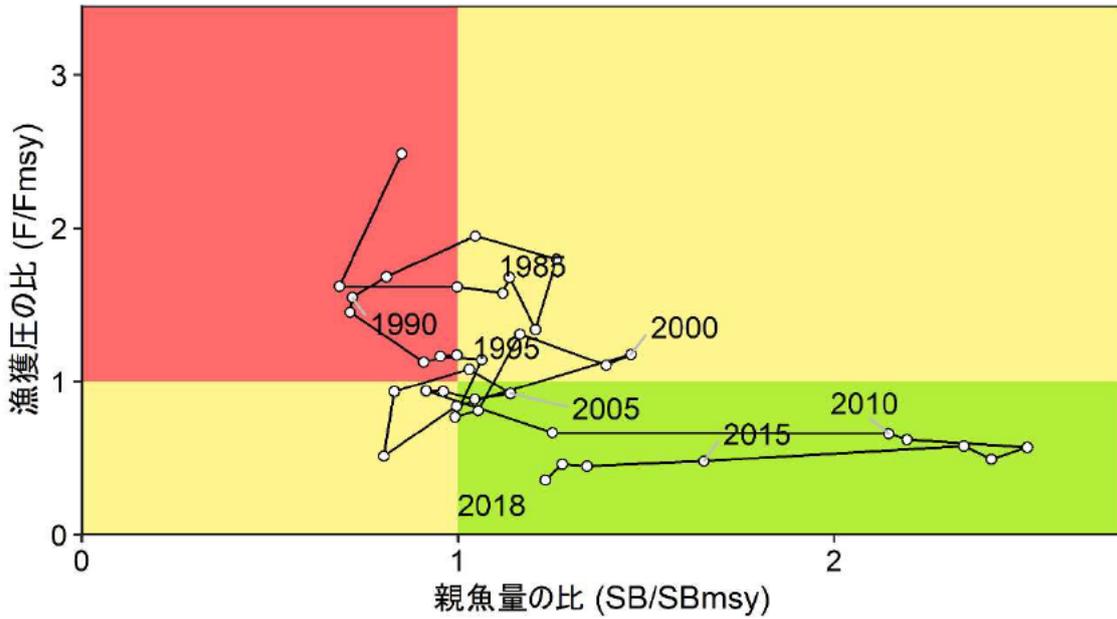


図 4-14. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) および MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) に対する、親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

表 3-1. スケトウダラ太平洋系群の海域別漁獲量（漁期年集計：トン）

漁期年	東北太平洋			襟裳以西			
	海域計	沖底	沿岸漁業	海域計	沖底	沿岸漁業	韓国漁船
1975	29,157			57,186			
1976	40,065			44,458			
1977	42,829			73,709			
1978	31,796			47,458			
1979	25,400			48,616			
1980	37,769			60,093			
1981	67,423	53,327	14,096	68,803	8,311	60,492	
1982	54,378	41,886	12,492	42,075	7,955	34,120	
1983	49,258	38,304	10,954	58,815	8,205	50,610	
1984	42,763	27,482	15,281	97,802	9,582	88,220	
1985	39,477	29,388	10,089	112,697	13,233	99,464	
1986	37,052	24,099	12,953	96,051	11,831	84,220	
1987	47,845	36,053	11,792	125,863	14,215	97,395	14,253
1988	51,047	41,971	9,076	98,087	7,803	77,649	12,634
1989	43,007	35,475	7,532	99,528	9,987	81,837	7,704
1990	41,375	35,913	5,462	63,088	11,204	49,041	2,842
1991	32,788	28,361	4,427	68,169	14,745	53,424	
1992	21,403	19,447	1,956	100,428	18,559	81,869	
1993	15,734	14,347	1,387	76,792	14,312	62,480	
1994	7,689	6,939	750	69,814	23,115	46,699	
1995	12,222	11,526	696	79,766	24,725	55,041	
1996	15,734	14,914	820	60,219	13,473	46,746	
1997	9,078	8,662	416	65,201	13,339	51,861	
1998	14,911	14,303	607	98,684	17,417	81,267	
1999	8,293	7,591	702	153,609	29,195	124,414	
2000	8,901	8,280	621	111,787	21,799	89,988	
2001	9,403	9,048	355	72,872	19,947	52,925	
2002	10,175	9,179	996	36,006	15,405	20,601	
2003	10,813	8,736	2,077	64,749	19,866	44,883	
2004	25,432	23,844	1,588	90,095	20,261	69,833	
2005	15,839	14,045	1,793	80,401	19,885	60,516	
2006	16,817	14,567	2,250	69,043	19,846	49,197	
2007	11,716	10,791	925	81,395	27,072	54,323	
2008	17,440	14,738	2,702	73,552	21,741	51,812	
2009	15,847	14,070	1,777	85,251	19,305	65,945	
2010	12,998	12,175	822	96,103	19,086	77,017	
2011	16,781	16,304	477	79,577	19,846	59,731	
2012	17,687	17,215	472	70,114	20,109	50,004	
2013	16,400	15,293	1,108	72,467	20,244	52,223	
2014	19,752	18,220	1,532	63,929	21,541	42,388	
2015	11,428	10,778	650	49,908	16,024	33,885	
2016	9,697	9,303	394	40,308	14,756	25,552	
2017*	6,134	5,681	453	40,615	9,234	31,381	
2018*	4,128	3,754	374	35,149	10,548	24,601	

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

*2017、2018年漁期は暫定値

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

漁期年	道東				北方四島	全海域		合計
	海域計	沖底	沿岸漁業	韓国漁船	沖底	日本漁船	韓国漁船	
1975	50,893				137,145	274,381		274,381
1976	87,657				73,591	245,771		245,771
1977	94,744				62,291	273,573		273,573
1978	70,766				78,939	228,959		228,959
1979	47,027				93,002	214,045		214,045
1980	73,666				106,621	278,149		278,149
1981	78,986	75,326	3,660		79,553	294,765		294,765
1982	64,197	60,012	4,185		85,856	246,506		246,506
1983	91,975	83,470	8,505		79,868	279,916		279,916
1984	73,093	67,031	6,062		69,696	283,354		283,354
1985	88,621	79,431	9,190		39,124	279,919		279,919
1986	60,113	53,349	6,764		18,517	211,733		211,733
1987	78,658	58,540	4,700	15,418	14,106	236,801	15,418	252,219
1988	90,147	64,198	3,400	22,549	17,089	221,187	22,549	243,736
1989	66,955	55,894	2,369	8,692	3,647	196,741	8,692	205,433
1990	79,786	61,399	3,011	15,376	1,011	167,041	15,376	182,417
1991	79,748	61,724	2,621	15,403	1,603	166,906	15,403	182,309
1992	54,515	32,396	3,133	18,986	1,851	159,211	18,986	178,197
1993	89,097	54,609	1,768	32,721	1,751	150,653	32,721	183,374
1994	128,104	68,152	2,937	57,015	2,433	151,026	57,015	208,041
1995	109,375	44,689	7,841	56,845	2,350	146,869	56,845	203,714
1996	71,292	31,803	4,080	35,409	1,037	112,874	35,409	148,283
1997	136,633	86,156	3,711	46,766	1,007	165,153	46,766	211,919
1998	151,551	71,301	5,725	74,525	313	190,934	74,525	265,459
1999	91,398	77,005	5,316	9,076	1,425	245,649	9,076	254,725
2000	87,840	81,155	6,685		1,041	209,568		209,568
2001	47,346	42,487	4,859		805	130,426		130,426
2002	61,130	59,606	1,524		1,757	109,069		109,069
2003	69,406	67,457	1,949		2,146	147,114		147,114
2004	64,149	58,487	5,662		1,759	181,435		181,435
2005	60,145	53,442	6,703		1,883	158,268		158,268
2006	54,954	50,467	4,487		2,432	143,246		143,246
2007	58,009	53,384	4,625		2,430	153,549		153,549
2008	61,852	57,297	4,554		2,409	155,254		155,254
2009	69,574	63,756	5,818		1,828	172,499		172,499
2010	64,889	60,283	4,606		1,485	175,474		175,474
2011	74,303	70,549	3,754		1,579	172,239		172,239
2012	67,127	61,911	5,216		1,244	156,172		156,172
2013	65,437	60,959	4,478		1,519	155,823		155,823
2014	70,256	65,424	4,832		400	154,337		154,337
2015	58,667	55,812	2,855			120,003		120,003
2016	49,742	46,601	3,141			99,748		99,748
2017*	46,168	42,563	3,606			92,917		92,917
2018*	36,869	34,965	1,904			76,146		76,146

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

*2017、2018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	2.6	44.0	8.1	11.8	1.6
2016	14.7	2.4	36.7	8.9	9.9	1.1
2017	9.2	2.4	33.0	8.5	9.5	1.2
2018*	10.5	2.5	26.7	9.5	8.3	1.3

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。

*2018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

漁期年は4月～翌年3月。

データは1996年漁期以降について集計した。

*2018年漁期は暫定値。

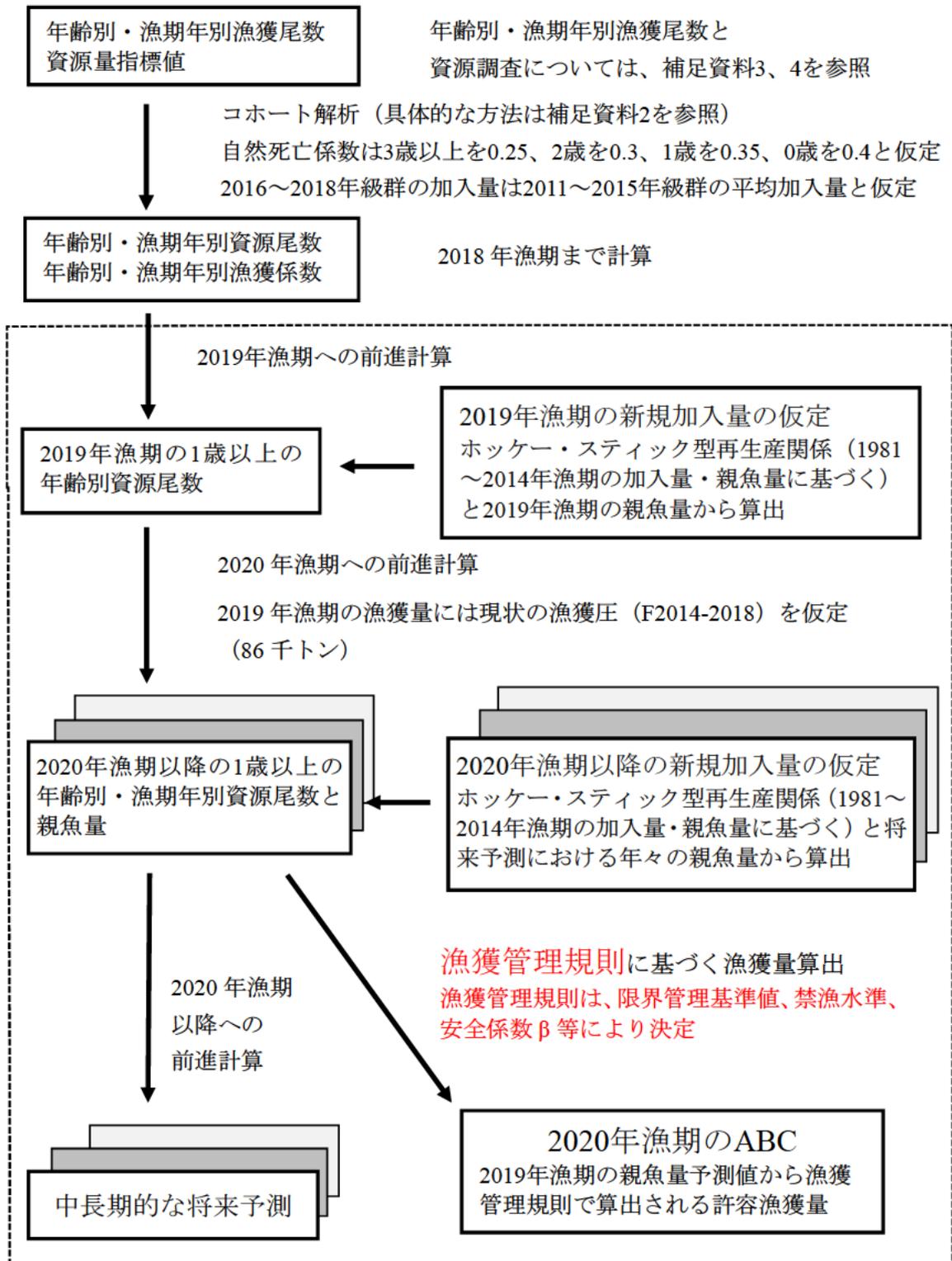
表 4-1. 資源解析結果

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	25	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	8.8
2001	130	1,176	654	220	16.6	11	21	7.6
2002	109	1,124	899	177	10.8	10	29	6.1
2003	147	956	841	183	18.4	15	20	10.1
2004	181	909	756	227	12.4	20	18	5.5
2005	158	1,135	777	251	53.2	14	20	21.2
2006	143	1,229	656	230	17.2	12	21	7.5
2007	154	1,329	1,094	212	30.8	12	20	14.6
2008	155	1,336	1,080	202	18.0	12	20	8.9
2009	172	1,400	1,200	276	25.0	12	27	9.1
2010	175	1,366	1,215	473	4.7	13	29	1.0
2011	172	1,377	1,299	483	7.8	13	30	1.6
2012	156	1,242	1,114	554	12.2	13	32	2.2
2013	156	1,007	900	533	8.7	15	37	1.6
2014	154	880	774	517	16.0	18	31	3.1
2015	120	811	684	364	5.2	15	35	1.4
2016	100	773	682	296	10.0	13	36	3.4
2017	93	753	647	281	10.0	12	37	3.5
2018	76	775	649	271	10.0	10	43	3.7

漁期年は4月～翌年3月。

2016～2018年漁期の0歳加入尾数は仮定値。また、2016～2018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。

補足資料1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は、資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等（赤字）の議論を踏まえて作成される（<http://www.jfa.maff.go.jp/j/press/signen/190612.html>）。

補足資料2 資源量計算方法

(1) 加入量の仮定

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い。そのため、コホート解析では、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2016~2018年級群の加入量については、昨年度評価と同様に仮定値を置くこととした。

2016年級群および2018年級群については、スケトウダラ音響トロール調査や道東太平洋スケトウダラ資源トロール調査の結果から、現状では卓越でない可能性が高い。一方、2017年級群については、スケトウダラ音響トロール調査で1歳魚の現存尾数（2018年調査）および2歳魚現存尾数（2019年調査）がいずれも多いという結果が得られている。ただし、これまで調査データでは必ずしも全ての卓越年級群の発生を捕捉できておらず（例えば2015年漁期に8歳になってから卓越年級群であると確認された2007年級群）、現段階で調査結果だけに基づいて2017年級群に卓越年級群に相当する年級群豊度があるか否かは不確実である（補足資料3）。

以上より、本年度の評価では、これらの2016~2018年級群の豊度について、昨年度評価と同様の仮定を引き続き用いることとし、近年5年級群（2011~2015年級群）の平均加入量（10.0億尾）と仮定した。

(2) 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4）。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、1998年は9歳魚以上、1999年以降は10歳魚以上とした。

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、2018年漁期の親魚量とは、2017年漁期末に産卵を行った親魚量であり、2018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。

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年齢別の F を探索的に求めた。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 の計算は、プラスグループの F と最近年の F 以外は (7) 式により求めた。

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

プラスグループの F は、プラスグループより 1 歳下の年齢の F と等しいとした。

最近年における3~9歳魚のFを、リッジVPA (Okamura et al. 2017) の手法に基づき推定した。なお、0歳~2歳のF値は直近3年間の加入量に仮定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歳以上の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変える手法を用いた。それぞれの重み λ ($0 \leq \lambda < 1$) および η ($0 \leq \eta \leq 1$)は、これらの値を0.01刻みで変化させた場合に(9)~(11)式に示した親魚量、%SPR、および各年齢F値(3歳~9歳)のレトロスペクティブバイアス ρ の絶対値の平均が最も小さくなる値とした。

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

$$\rho_{SSB'} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{SSB'_{Y-i}^{Ri} - SSB'_{Y-i}}{SSB'_{Y-i}} \quad (9)$$

$$\rho_{\%SPR'} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{\%SPR'_{Y-i}^{Ri} - \%SPR'_{Y-i}}{\%SPR'_{Y-i}} \quad (10)$$

$$\rho_{Fa'} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{Fa'_{Y-i}^{Ri} - Fa'_{Y-i}}{Fa'_{Y-i}} \quad (11)$$

$$SSB'_y = \sum_{a=0}^{10+} N_{a,y} \times m_a \times w_{a,y} \quad (12)$$

ここで、Pはレトロスペクティブ計算においてデータを遡る年数であり、近年の範囲として5年を用いた。Ri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。 ρ は最新データをi年分落とした場合の最終年(Y-i年)における推定値との相対値(Mohn 1999)の平均値である。最小化させる負の対数尤度 $-\ln L$ は以下の(13)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。

$$\begin{aligned} -\ln L = & \sum_a \sum_y \left[\frac{[\ln I_{a,y} - (b_a \ln D_{a,y} + \ln q_a)]^2}{2\sigma_a^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_a} \right) \right] \\ & + \sum_y \left[\frac{[\ln J_y - (b' \ln S_y + \ln q')]^2}{2\sigma'^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma'} \right) \right] \\ & + \sum_y \left[\frac{[\ln K_y - (b'' \ln S_y + \ln q'')]^2}{2\sigma''^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma''} \right) \right] \end{aligned} \quad (13)$$

ここで、 $I_{a,y}$ はy年漁期のa歳のCPUE、 $D_{a,y}$ 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、 S_y は漁期中親魚量である。 $D_{a,y}$ と S_y はそれぞれ(14)および(15)式により求めた。漁期中親魚量の計算には補

足表 2-6 に示した漁期中成熟割合（図 2-3 の成熟割合）を用いた。

$$D_{a,y} = N_{a,y} \exp\left(-\frac{M_a + F_{a,y}}{2}\right) \quad (14)$$

$$S_y = \sum_{a=0}^{10+} D_{a,y} \times m'_a \times w_{a,y} \quad (15)$$

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、以下の式により求めた。 σ_a 、 σ' 、 σ'' は推定パラメータ（ターミナル F と同時推定）である。

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

$$b_a = \frac{\sum_y (\ln(I_{a,y}) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(I_{a,y})) (\ln(D_{a,y}) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(D_{a,y}))}{\sum_y (\ln(D_{a,y}) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(D_{a,y}))^2} \quad (17)$$

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

$$b' = \frac{\sum_y (\ln(J_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(J_y)) (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))}{\sum_y (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))^2} \quad (19)$$

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

$$b'' = \frac{\sum_y (\ln(K_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(K_y)) (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))}{\sum_y (\ln(S_y) - \frac{1}{n} \sum_y \ln(S_y))^2} \quad (21)$$

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。 b_a 、 q_a 、 b' 、 b'' 、 q' 、 q'' 、 σ_a 、 σ' 、 σ'' の推定結果については補足表 2-7 に示す。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。

2015～2017 年級群の加入量については仮定値を当てはめたため、それらの 1 歳以上における年齢別資源尾数は、コホート解析の前進法を用いた (22) 式により算出した。

$$N_{a+1,y+1} = (N_{a,y} \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) - C_{a,y}) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (22)$$

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 4 に示した。なお、推定された λ は 0.99、 η は 0.93 であった。これらのペナルティの重さの探索およびレトロスペクティブ解析の詳細は補足資料 6 に示した。

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、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」の報告書 (境ほか 2019)

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、平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価での将来予測に用いた各種設定が使用された。すなわち、再生産関係は、資源評価で推定された 1981～2014 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 2013～2017 年漁期の平均値 (すなわち平成 30 年度資源評価での $F_{current}$) に基づくものとし、漁獲物の平均体重には 2013～2017 年漁期における平均値が用いられた (補足表 2-8)。以上の条件および使用した再生産関係の下で行われたシミュレーションにおいて、平衡状態における漁獲量を最大化する漁獲係数が F_{msy} 、そのときの親魚量が SB_{msy} 、平衡状態で最大化された漁獲量の平均値が最大持続生産量 (MSY) として推定された。

補注 1. 沖合底曳き網漁業の年齢別標準化 CPUE

沖底の年齢別標準化 CPUE は、以下の手順により算出した。

- 1) 道東を釧路以東 (沖底漁業小海区 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・臼尻・恵山沖 (同 24～27) にそれぞれ分割し、これらの 4 海域の沖底漁獲物に対応した年齢組成推定用サンプルが得られている年・月を漁法ごと (オッタートロール・かけまわし) に抽出する。
- 2) 抽出された年・月・漁法について、漁船ごとに沖底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。

補注 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、及び胆振地区のスケトウダラ刺し網船団の代表船 (18 隻) が、操業日ごとの操業位置 (緯度・経度)、使用した網数 (反)、漁獲量 (Kg) を記録したものをを用いた。
- 2) CPUE の標準化には正規分布を仮定した一般化線形モデルを利用し、応答変数に対数変換した船別日別の CPUE を、説明変数に年、月、漁具の中央部の水深、漁具の浸漬日数、根拠港、操業エリアを用いた。CPUE は操業エリア、月、水深ごとに年変動パターンに違いが見られたので、これらの説明変数はそれぞれ年との交互作用項としてモデル化した。操業データの中には漁獲が 0 であったデータも含まれたため、応答変数は CPUE に定数項を加えたものを対数変換したものとした。この定数項には、平均 CPUE の 10% の値を与えた (constant)。

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

ここで、CPUE は船別日別の漁獲量 (kg) を努力量 (網長) で割った値、Year は操業日誌の記録が行われた 2010~2018 年、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: ~100m、~150m、~200m、~250m、~300m、~350m、~400m)、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. http://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) . 2019 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
0歳	31	27	25	29	30	42	33	28	29	32	41	39	53	44	49	32
1歳	106	109	96	95	94	138	79	106	89	85	121	158	97	238	155	76
2歳	267	332	284	246	248	227	264	222	221	201	258	300	304	297	301	216
3歳	405	453	419	409	400	343	338	397	368	338	335	347	432	467	461	395
4歳	489	492	539	452	464	500	435	525	485	452	400	459	473	530	565	470
5歳	564	585	618	529	538	547	526	536	557	541	476	520	526	583	586	517
6歳	639	682	662	594	612	643	607	591	632	639	522	549	591	626	639	625
7歳	788	819	820	806	718	777	686	641	583	738	639	605	651	680	705	682
8歳 (8+歳)	999	879	1,030	1,024	841	1,222	881	782	814	869	740	658	758	727	783	738
9歳 (9+歳)											828	689	843	717	831	840
10歳												751	902	1,302	1,037	1,198

漁期年	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	42	44	40	43	32	30	37	48	50	54	38	48	48	47	23
1歳	88	152	143	89	96	105	84	141	139	76	77	95	124	88	155
2歳	213	265	184	242	188	189	208	236	160	164	165	183	227	223	277
3歳	349	422	359	316	347	300	318	393	381	308	313	402	341	379	396
4歳	463	460	453	455	417	449	431	433	480	464	479	477	461	479	498
5歳	510	525	530	527	512	542	524	502	505	530	548	539	559	598	556
6歳	579	575	594	595	615	590	636	576	579	565	611	603	634	646	660
7歳	646	625	642	665	682	700	696	749	655	614	632	638	650	721	723
8歳 (8+歳)	695	675	686	661	692	687	770	761	909	719	653	654	713	738	747
9歳 (9+歳)	787	711	755	796	749	684	837	1,020	853	785	742	712	727	789	761
10歳	997	968	994	982	1,110	713	1,152	1,085	1,062	884	1,063	819	797	807	832

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	573	659	705	856	6,681	1,947	1,102	2,141	664	5,087	812
4歳	14,653	1,209	839	689	1,066	6,061	3,703	2,016	4,679	1,412	10,630
5歳	2,592	10,007	1,090	457	376	468	3,438	1,973	1,205	2,893	1,413
6歳	393	1,291	4,279	467	256	106	147	1,380	1,005	613	1,247
7歳	60	124	319	1,327	274	102	64	266	458	499	186

漁期年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
3歳	898	1,491	1,198	136	274	386	169	628	195
4歳	1,300	3,885	3,673	2,881	338	728	1,739	961	2,357
5歳	7,631	2,519	3,815	2,333	4,333	482	1,041	1,708	1,035
6歳	650	5,723	1,196	2,101	2,138	2,986	315	536	939
7歳	415	299	2,125	515	2,151	1,168	1,753	176	197

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								63	65	57	

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018
漁獲量/反(kg)	1,922	2,199	1,984	1,415	1,404	1,371
標準化CPUE	49	33	28	18	29	30

補足表 2-6. 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 2-7. 係数 b と q 、および σ の推定結果

年齢 a	b_a	q_a	σ_a	b'	q'	σ'
3	1.351	2.094×10^{-09}	0.581	0.794	6.316×10^{-02}	0.190
4	1.377	4.945×10^{-09}	0.476			
5	1.238	1.235×10^{-07}	0.556			
6	1.172	4.628×10^{-07}	0.751	b''	q''	σ''
7	1.084	2.305×10^{-06}	0.735	1.380	6.218×10^{-07}	0.168

補足表 2-8. 最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定に用いたパラメータ値 (境ほか 2019)

年齢	自然死亡 係数	成熟率	平均重量 (g)	選択率 (注 1)	$F_{current}$ (注 2)
0	0.40	0.0	47	0.026	0.007
1	0.35	0.0	96	0.025	0.007
2	0.30	0.0	195	0.111	0.032
3	0.25	0.0	348	0.200	0.059
4	0.25	0.2	472	0.548	0.160
5	0.25	0.8	555	0.906	0.265
6	0.25	0.9	612	0.996	0.291
7	0.25	1.0	651	1.000	0.292
8+歳	0.25	1.0	696	1.000	0.292

注 1: MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率は、平成 30 年度資源評価での $F_{current}$ の選択率 (2013~2017 年漁期の平均 F の選択率) である。

注 2: 平成 30 年度資源評価での $F_{current}$ (2013~2017 年漁期の平均 F 値)

補足資料3 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

(開発調査センター・北海道区水産研究所：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3-1)。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仮定値を与えている年級のうち、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歳時の主成育場となり、北海道太平洋岸の1、2歳魚の現存尾数から加入量を推定しにくくなっている可能性が考えられる。

(2) 道東太平洋スケトウダラ資源調査

(北海道立総合研究機構釧路水産試験場：11月)

11月の道東海域における0歳魚の現存量を把握するため、トロールネットによる漁獲調査を実施している。トロールによる0歳魚のCPUEについて卓越年級群で1995年、2005年、2007年級群についてみると、1995年級群は高い値、2005年級群は最高値であったが、2007年級群は低い値であり、卓越年級群の中でも結果に違いが認められる(補足図3-2)。近年では、2015年級群について高い値が見られるが、当該年級群については本年度の資源評価では2010年級群程度の低豊度の可能性があり、その結果の解釈には注意を要する。2017年級群については、本調査でも前述のスケトウダラ音響調査と同様に高い値が見られる。

(3) スケトウダラ卵・仔魚分布調査

(北海道区水産研究所：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3-3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、2015～2018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高い傾向にある。

(4) スケトウダラ仔稚魚春季定量調査

(北海道区水産研究所：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 3-4）。

(5) 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）

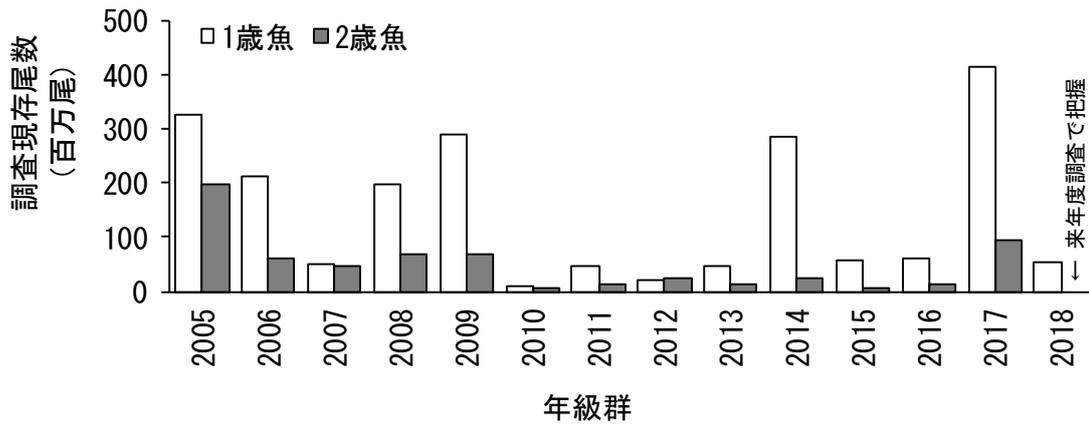
主産卵場である噴火湾周辺海域における来遊親魚量を把握するために、計量魚群探知機とトロールネットによる調査を実施している。親魚の魚探反応量は、2009～2011 年漁期に高い値を示した後、2012、2013 年漁期には大きく減少した。その後、2014 年漁期には高い値が観察されたが、その原因として例年よりも早く親魚が産卵場へ来遊した可能性が考えられている。2015 年漁期以降の魚探反応量は再び減少し、2018 年漁期は 2001 年漁期や 2008 年漁期と並ぶ低水準となっている（補足図 3-5）。

(6) 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（東北区水産研究所：4月）、マダラ・スケトウダラ新規加入量調査（岩手県水産技術センター：4～6月、宮城県水産技術総合センター：5～7月、福島県水産海洋研究センター・福島県水産資源研究所：7～12月）

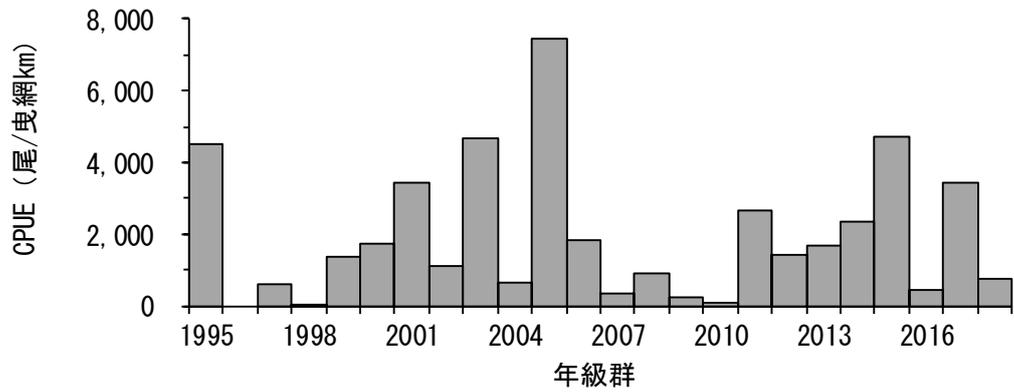
東北海域における 0、1 歳魚の現存量を把握するために、主に着底トロールを用いた調査を実施している。1980 年代は、東北海域も本系群の重要な成育場となっていたが、1990 年代以降は道東海域以東が主要な成育場となっているため、東北海域における現存量から本系群の加入量を推測するのは難しいと考えられる。1 例として、10 月の東北海域における 0 歳魚の現存量を補足図 3-6 に示す。卓越年級群である 2005 および 2007 年級群については、0 歳魚現存量は平均的な値もしくは低い値となっている。近年の年級群（2015～2018 年級群）の現存量は平均以下の値で推移している。

(7) 千島列島南西海域でのロシアの TAC

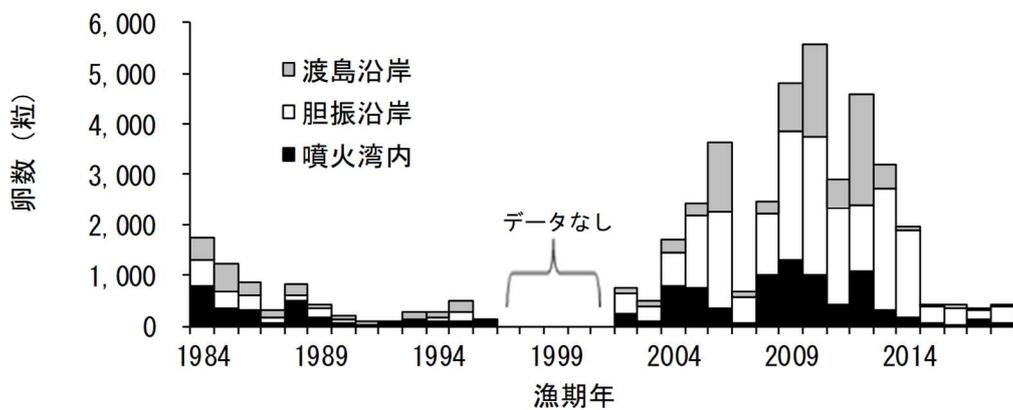
千島列島南西海域ではロシアの大型トロール船が操業しているが、漁獲量や漁獲物の特性などの詳細な情報は得られていない。補足図 3-7 にこれらの海域を含む海区に設定されたロシアの TAC を示す（ロシアでの海区名：南クリル）。この海区の TAC は 2009 年以降急増し、2011 年以降は 89 千～115 千トンの範囲にある。この TAC が当該海域の資源量を反映したものと仮定すると、その資源状況は 2019 年も良好な状況にあると考えられる。



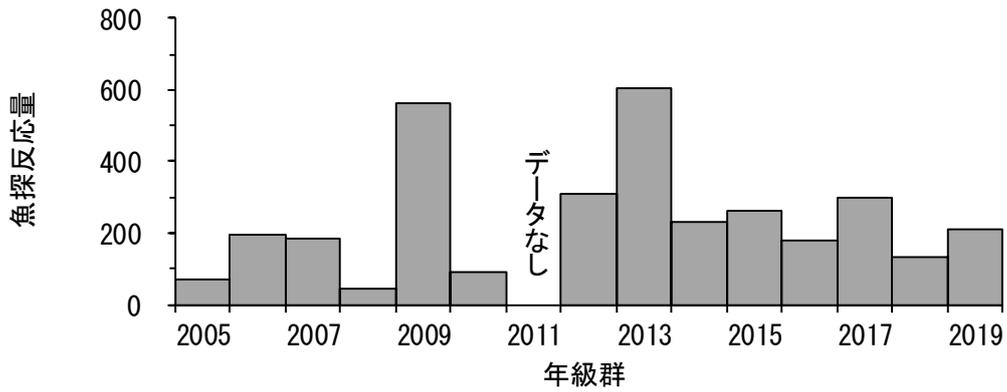
補足図 3-1. スケトウダラ音響トロール調査 (6~7月) で推定された北海道太平洋岸における1、2歳魚の現存尾数



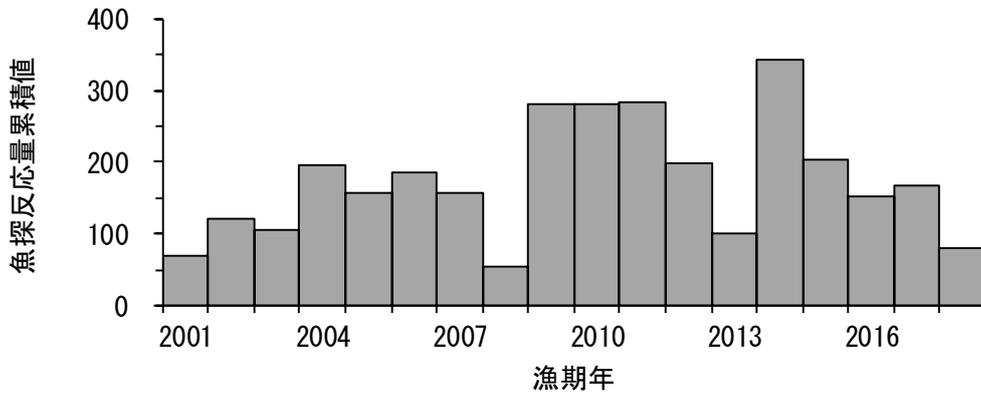
補足図 3-2. 道東太平洋スケトウダラ資源調査 (11月) における道東海域での0歳魚のトロール CPUE



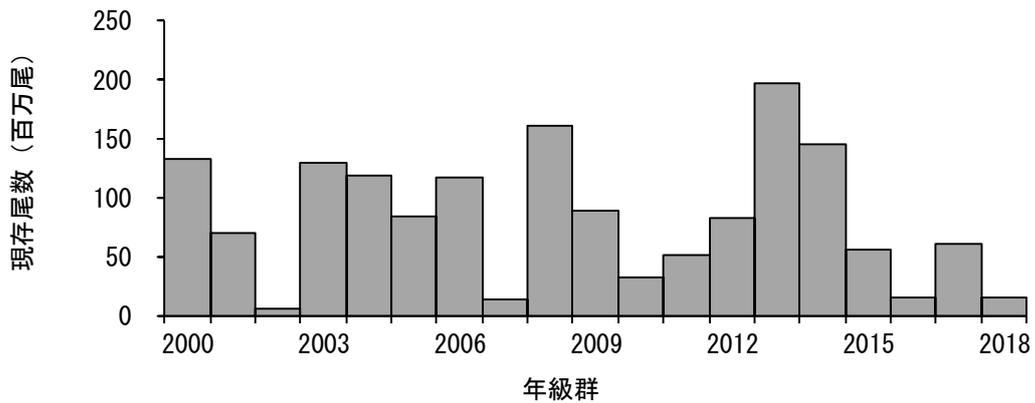
補足図 3-3. スケトウダラ卵・仔魚分布調査 (12~3月) における噴火湾周辺海域での卵の採集数



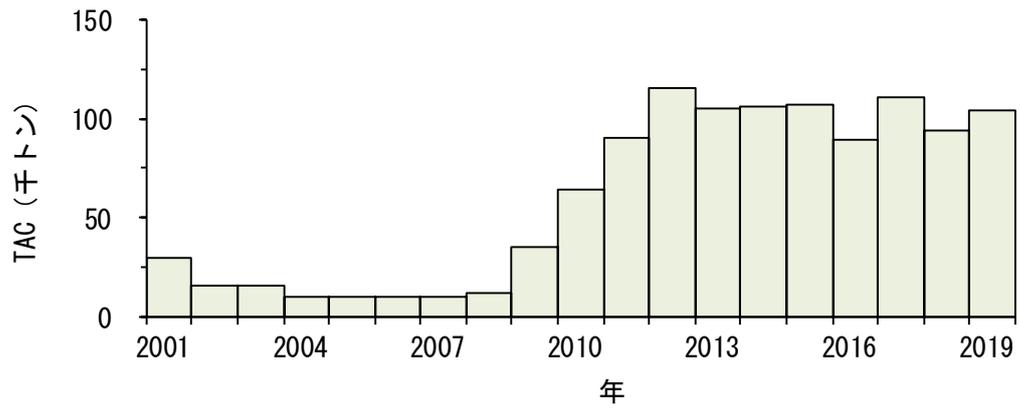
補足図 3-4. スケトウダラ仔稚魚春季定量調査（4月）における噴火湾周辺海域における仔魚の魚探反応量



補足図 3-5. 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 3-6. マダラ・スケトウダラ新規加入量調査における東北海道での0歳魚現存尾数



補足図 3-7. 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4 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	374,352	644,474	581,825	570,928	381,718	438,850	449,844	364,253	354,230	451,866	374,963	472,711
----	-----------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

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	0.053	0.095	0.074	0.219	0.313	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	1,593,250	1,811,020
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	1,052,800
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	5,475,084	5,302,914
----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

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	308,595
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4 資源解析結果の詳細(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	5,958	27,594	6,056	5,744	114,337	2,780	42,282	28,337
1歳	36,319	76,250	115,758	20,345	29,459	34,815	12,005	16,029	25,435	2,874	10,256	11,400	38,510
2歳	148,305	100,255	170,534	399,891	36,850	41,164	37,096	24,826	98,938	14,412	26,745	36,457	15,736
3歳	209,139	48,542	30,280	157,997	282,344	24,353	36,070	20,019	22,838	163,587	81,749	31,267	69,567
4歳	76,429	134,986	48,312	57,979	172,858	264,805	53,201	21,992	14,399	52,560	160,240	78,735	46,107
5歳	64,709	62,083	58,855	33,454	69,918	106,187	181,795	37,473	15,359	34,983	60,826	92,555	57,224
6歳	29,972	39,503	20,748	20,780	31,671	45,545	49,360	75,129	16,893	19,479	42,433	43,241	52,472
7歳	7,177	21,240	13,680	11,173	36,853	25,119	24,351	23,950	33,630	11,363	16,781	21,206	25,145
8歳(8+歳)	3,508	14,132	14,146	11,787	11,873	7,222	6,798	11,916	9,457	13,908	3,648	9,222	10,382
9歳(9+歳)					4,791	5,238	4,126	3,756	4,608	1,687	2,573	1,551	3,021
10+歳						3,921	6,314	1,106	1,592	882	1,057	1,636	789
合計	539,238	420,740	356,557	693,061	647,157	523,554	399,111	220,167	217,713	312,862	396,053	315,871	280,443

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	2,858	8,073	10,340	1,721	3,576	5,494	1,168	3,823	3,949	219	899	1,732	5,504
2歳	39,158	22,208	37,734	80,519	9,503	12,343	11,274	7,374	29,801	3,117	5,709	9,661	2,891
3歳	70,731	19,284	11,136	53,408	94,524	8,443	15,567	9,346	10,520	64,595	28,494	13,191	24,988
4歳	33,212	70,884	23,431	26,201	69,156	121,511	25,146	11,656	8,137	24,727	74,163	36,200	20,955
5歳	34,038	33,299	32,806	18,087	33,307	55,167	95,628	21,829	9,002	18,090	31,019	48,630	30,343
6歳	18,195	23,336	13,112	13,288	16,533	25,023	29,162	47,063	10,800	12,171	24,576	24,846	31,157
7歳	4,921	13,624	7,970	8,241	23,554	15,209	15,848	16,282	23,694	7,748	10,843	13,255	16,140
8歳(8+歳)	3,092	11,050	11,519	10,240	8,786	4,751	5,150	8,658	7,408	10,258	2,536	6,225	7,119
9歳(9+歳)					3,965	3,611	3,476	2,693	3,827	1,418	2,025	1,103	2,279
10+歳						2,944	5,695	1,440	1,651	1,057	1,054	1,584	784
合計	208,041	203,714	148,283	211,919	265,460	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	0.016	0.011	0.009	0.066	0.005	0.012	0.004	0.007	0.079	0.003	0.010	0.020
1歳	0.037	0.045	0.040	0.040	0.060	0.058	0.016	0.010	0.028	0.005	0.011	0.016	0.013
2歳	0.278	0.156	0.155	0.219	0.108	0.127	0.092	0.048	0.091	0.022	0.064	0.055	0.032
3歳	0.373	0.149	0.069	0.229	0.258	0.105	0.170	0.071	0.061	0.234	0.184	0.107	0.152
4歳	0.313	0.470	0.229	0.194	0.448	0.437	0.372	0.156	0.070	0.207	0.402	0.287	0.239
5歳	0.477	0.484	0.409	0.260	0.403	0.590	0.660	0.523	0.165	0.256	0.418	0.458	0.372
6歳	0.397	0.652	0.311	0.260	0.448	0.536	0.654	0.685	0.506	0.344	0.607	0.642	0.550
7歳	0.232	0.586	0.525	0.290	1.132	0.859	0.667	0.856	0.833	0.842	0.606	0.768	1.115
8歳(8+歳)	0.232	0.586	0.525	0.290	0.616	0.753	0.640	0.907	1.159	1.174	0.787	0.887	1.297
9歳(9+歳)					0.616	0.658	1.735	1.009	1.320	0.695	0.756	1.061	0.916
10+歳						0.658	1.735	1.009	1.320	0.695	0.756	1.061	0.916
%SPR	15%	16%	25%	25%	14%	17%	16%	21%	29%	20%	18%	20%	21%

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	3,125,006	5,299,761	928,171	910,393	1,178,833	1,332,598	2,846,440	1,663,548	1,080,069	1,842,127	1,244,037	5,315,346	1,724,069
1歳	1,190,506	2,049,255	3,494,883	615,628	604,877	739,767	888,389	1,885,434	1,110,151	719,288	1,141,203	831,627	3,528,365
2歳	709,626	808,448	1,380,077	2,365,629	416,747	401,519	492,076	615,960	1,315,188	760,959	504,462	795,583	576,468
3歳	760,713	398,057	512,623	875,606	1,408,312	277,016	262,023	332,611	434,946	889,158	551,327	350,695	558,003
4歳	322,055	407,880	267,169	372,509	542,491	847,627	194,249	172,232	241,371	318,582	548,113	357,231	245,528
5歳	193,333	183,368	198,532	165,436	238,944	269,946	426,443	104,332	114,727	175,273	201,728	285,459	208,728
6歳	103,693	93,462	88,020	102,677	99,318	124,388	116,525	171,680	48,184	75,795	105,630	103,427	140,637
7歳	39,297	54,306	37,927	50,239	61,626	49,399	56,680	47,190	67,404	22,618	41,838	44,817	42,389
8歳(8+歳)	19,205	36,132	39,219	35,524	29,266	15,472	16,304	22,652	15,615	22,816	7,587	17,775	16,189
9歳(9+歳)					17,264	12,315	5,676	6,698	7,126	3,816	5,495	2,689	5,705
10+歳						9,217	8,687	1,972	2,462	1,996	2,258	2,835	1,490
合計	6,463,434	9,330,669	6,946,619	5,493,640	4,597,679	4,079,261	5,313,492	5,024,309	4,437,242	4,832,427	4,353,679	8,107,484	7,047,571

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	103,240	147,261	27,356	29,496	48,912	51,361	150,014	72,510	52,541	59,844	52,262	231,420	69,107
1歳	93,670	216,971	312,182	52,088	73,432	116,737	86,435	449,666	172,380	54,753	99,994	126,357	504,247
2歳	187,369	179,082	305,365	476,324	107,469	120,398	149,550	182,943	396,146	164,562	107,691	120,820	105,898
3歳	257,274	158,131	188,522	295,985	471,482	96,042	113,080	155,282	200,354	351,102	192,168	147,955	200,430
4歳	139,948	214,184	129,573	168,341	217,036	388,950	91,814	91,283	136,394	149,876	253,679	164,241	111,323
5歳	101,695	98,352	110,661	89,443	113,826	140,244	224,319	60,775	67,241	90,633	102,874	149,987	110,678
6歳	62,948	55,212	55,623	65,659	51,846	68,341	68,844	107,545	30,805	47,358	61,178	59,429	83,507
7歳	26,947	34,834	22,095	37,054	39,387	29,909	36,887	32,080	47,489	15,422	27,034	28,014	27,209
8歳(8+歳)	16,929	28,252	31,936	30,863	21,658	10,177	12,351	16,459	12,233	16,829	5,273	11,997	11,102
9歳(9+歳)					14,289	8,489	4,782	4,803	5,918	3,207	4,325	1,912	4,304
10+歳						6,921	7,835	2,569	2,553	2,390	2,252	2,745	1,481
合計	990,021	1,132,280	1,183,314	1,245,253	1,159,337	1,037,568	945,912	1,175,915	1,124,055	955,976	908,730	1,134,878	1,229,287

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	27,990	42,837	25,915	33,668	43,407	77,790	18,363	18,257	27,279	29,975	50,736	32,848	22,265
5歳	81,356	78,681	88,529	71,555	91,061	112,195	179,455	48,620	53,793	72,506	82,299	119,990	88,542
6歳	56,653	49,691	50,600	59,093	46,661	61,507	61,959	96,790	27,724	42,623	55,060	53,486	75,157
7歳	26,947	34,834	22,095	37,054	39,387	29,909	36,887	32,080	47,489	15,422	27,034	28,014	27,209
8歳(8+歳)	16,929	28,252	31,936	30,863	21,658	10,177	12,351	16,459	12,233	16,829	5,273	11,997	11,102
9歳(9+歳)					14,289	8,489	4,782	4,803	5,918	3,207	4,325	1,912	4,304
10+歳						6,921	7,835	2,569	2,553	2,390	2,252	2,745	1,481
合計	209,875	234,295	218,536	232,232	256,463	306,988	321,633	219,578	176,989	182,952	226,978	250,992	230,059

補足資料 4 資源解析結果の詳細(続き)(2007~2018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
0歳	6,045	23,733	106,104	35,453	39,169	30,360	5,983	11,325	3,979	6,177	7,678	42
1歳	10,602	4,092	28,654	24,789	1,810	10,115	1,198	6,114	4,664	5,988	5,946	4,020
2歳	86,920	7,312	19,908	26,866	18,367	12,865	5,172	19,759	28,019	10,295	6,230	5,791
3歳	25,017	118,764	26,208	34,131	37,725	28,163	9,471	16,239	18,946	10,099	28,658	7,698
4歳	88,392	43,795	192,822	55,943	93,150	58,028	97,712	13,366	19,752	37,272	29,535	34,065
5歳	56,202	81,685	61,453	197,168	78,636	91,388	61,399	90,110	12,066	29,090	34,987	29,789
6歳	48,918	38,650	43,000	28,608	98,311	38,778	61,438	43,699	55,641	8,916	18,698	23,278
7歳	26,290	24,471	6,367	9,816	10,681	52,755	17,421	51,820	23,217	29,736	5,306	6,823
8歳	6,937	12,951	3,763	1,305	4,085	5,628	35,931	13,845	35,626	11,006	18,458	1,680
9歳	1,658	1,185	2,899	1,310	1,421	2,766	1,964	21,618	6,997	18,942	6,236	8,602
10+歳	6,937	12,951	3,763	1,305	4,085	5,628	35,931	13,845	35,626	11,006	18,458	18,458
合計	363,919	369,588	494,939	416,694	387,439	336,475	333,621	301,741	244,534	178,525	180,192	140,246

年齢別漁獲重量 (トン)												
漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	262	763	3,177	1,326	1,891	1,507	323	436	191	298	359	1
1歳	944	394	3,015	2,076	255	1,406	91	472	444	743	524	622
2歳	21,023	1,372	3,773	5,596	4,335	2,065	848	3,257	5,134	2,333	1,392	1,602
3歳	7,911	41,159	7,868	10,838	14,822	10,738	2,913	5,075	7,621	3,445	10,863	3,046
4歳	40,250	18,279	86,654	24,122	40,307	27,850	45,373	6,398	9,425	17,174	14,151	16,947
5歳	29,608	41,833	33,285	103,238	39,513	46,188	32,560	49,387	6,501	16,260	20,935	16,572
6歳	29,104	23,764	25,376	18,201	56,668	22,435	34,700	26,703	33,536	5,656	12,088	15,355
7歳	17,486	16,690	4,456	6,830	7,999	34,565	10,691	32,749	14,820	19,314	3,827	4,934
8歳	4,583	8,964	2,584	1,005	3,110	5,114	25,851	9,038	23,312	7,851	13,630	1,255
9歳	1,320	887	1,982	1,096	1,449	2,361	1,542	16,042	4,982	13,779	4,918	6,547
10+歳	1,059	1,148	329	1,147	1,888	1,944	932	4,780	14,038	12,896	10,230	9,266
合計	153,549	155,254	172,499	175,474	172,239	156,172	155,823	154,337	120,003	99,748	92,917	76,146

年齢別漁獲係数												
漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	0.002	0.016	0.053	0.096	0.063	0.031	0.008	0.009	0.009	0.008	0.009	0.000
1歳	0.011	0.002	0.029	0.019	0.007	0.025	0.002	0.013	0.005	0.021	0.011	0.007
2歳	0.042	0.011	0.016	0.039	0.020	0.077	0.018	0.042	0.084	0.016	0.031	0.015
3歳	0.071	0.080	0.053	0.037	0.077	0.041	0.081	0.078	0.056	0.042	0.062	0.052
4歳	0.313	0.181	0.192	0.161	0.143	0.171	0.205	0.165	0.136	0.157	0.178	0.102
5歳	0.550	0.572	0.442	0.325	0.378	0.215	0.292	0.315	0.233	0.322	0.229	0.290
6歳	0.683	1.043	0.736	0.404	0.282	0.343	0.233	0.371	0.347	0.287	0.375	0.249
7歳	0.637	0.991	0.492	0.384	0.272	0.254	0.269	0.334	0.367	0.335	0.293	0.240
8歳	1.296	0.829	0.407	0.183	0.288	0.238	0.292	0.379	0.430	0.314	0.381	0.149
9歳	0.788	0.872	0.464	0.254	0.330	0.343	0.128	0.304	0.355	0.457	0.313	0.325
10+歳	0.788	0.872	0.464	0.254	0.330	0.343	0.128	0.304	0.355	0.457	0.313	0.325
%SPR	20%	20%	27%	29%	30%	32%	37%	31%	35%	36%	37%	43%

年齢別資源尾数 (千尾)												
漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	3,078,710	1,802,608	2,499,062	473,841	778,083	1,215,374	874,105	1,601,722	522,984	998,454	998,454	998,454
1歳	1,132,478	2,058,772	1,188,894	1,588,301	288,598	489,496	789,833	581,032	1,064,394	347,309	664,226	662,997
2歳	2,454,070	789,143	1,447,357	813,745	1,098,447	201,853	336,451	555,580	404,313	746,151	239,718	463,081
3歳	413,513	1,743,207	578,319	1,055,093	579,714	797,941	138,463	244,797	394,577	275,407	543,901	172,225
4歳	373,180	299,967	1,252,802	427,267	791,587	418,189	596,583	99,477	176,317	290,577	205,575	398,300
5歳	150,528	212,628	194,966	805,519	283,386	534,284	274,476	378,389	65,677	119,884	193,410	134,037
6歳	112,058	67,633	93,507	97,608	453,339	151,306	335,451	159,578	215,168	40,501	67,694	119,752
7歳	63,221	44,100	18,564	34,877	50,770	266,301	83,616	207,030	85,716	118,470	23,673	36,219
8歳	10,822	26,036	12,750	8,839	18,499	30,114	160,839	49,746	115,504	46,266	66,023	13,754
9歳	3,446	2,306	8,848	6,609	5,733	10,802	18,486	93,553	26,524	58,515	26,320	35,129
10+歳	2,241	2,014	1,406	5,021	7,023	7,144	9,921	19,460	64,968	49,955	53,490	45,468
合計	7,794,267	7,048,415	7,296,476	5,316,720	4,355,179	4,122,804	3,618,224	3,990,364	3,136,143	3,091,488	3,082,483	3,079,416

年齢別資源重量 (トン)												
漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	133,355	57,937	74,832	17,722	37,562	60,320	47,195	61,593	25,103	48,129	46,630	23,255
1歳	100,851	198,193	125,095	133,030	40,733	68,039	59,713	44,855	101,285	43,099	58,566	102,512
2歳	593,554	148,105	274,273	169,485	259,282	32,395	55,143	91,581	74,078	169,053	53,567	128,074
3歳	130,757	604,129	173,627	335,029	227,762	304,252	42,590	76,509	158,715	93,947	206,160	68,153
4歳	169,931	125,201	563,006	184,232	342,527	200,705	277,025	47,614	84,127	133,896	98,497	198,156
5歳	79,300	108,891	105,602	421,773	142,398	270,030	145,557	207,386	35,386	67,012	115,731	74,567
6歳	66,669	41,584	55,184	62,099	261,312	87,538	189,459	97,515	129,684	25,691	43,763	78,992
7歳	42,050	30,078	12,992	24,266	38,022	174,479	51,313	130,838	54,713	76,947	17,073	26,189
8歳	7,150	18,020	8,758	6,809	14,086	27,363	115,719	32,472	75,581	33,005	48,753	10,269
9歳	2,743	1,727	6,050	5,530	5,848	9,218	14,511	69,420	18,888	42,565	20,754	26,737
10+歳	2,201	2,236	1,003	5,786	7,620	7,591	8,768	20,687	53,217	39,838	43,177	37,842
合計	1,328,561	1,336,101	1,400,422	1,365,761	1,377,153	1,241,929	1,006,993	880,472	810,778	773,182	752,671	774,745

年齢別親魚重量 (トン)												
漁期年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0歳	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
2歳	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
4歳	33,986	25,040	112,601	36,846	68,505	40,141	55,405	9,523	16,825	26,779	19,699	39,631
5歳	63,440	87,113	84,481	337,419	113,919	216,024	116,445	165,909	28,309	53,609	92,585	59,654
6歳	60,002	37,426	49,665	55,889	235,181	78,784	170,513	87,763	116,716	23,122	39,387	71,093
7歳	42,050	30,078	12,992	24,266	38,022	174,479	51,313	130,838	54,713	76,947	17,073	26,189
8歳	7,150	18,020	8,758	6,809	14,086	27,363	115,719	32,472	75,581	33,005	48,753	10,269
9歳	2,743	1,727	6,050	5,530	5,848	9,218	14,511	69,420	18,888	42,565	20,754	26,737
10+歳	2,201	2,236	1,003	5,786	7,620	7,591	8,768	20,687	53,217	39,838	43,177	37,842
合計	211,572	201,641	275,551	472,545	483,181	553,600	532,675	516,613	364,249	295,865	281,429	271,414

補足資料5 沖底年齢別標準化 CPUE の更新

平成 30 (2018) 年度の資源評価から、沖底の年齢別 CPUE に標準化手法を導入している。分析に用いる漁獲量・漁獲努力量のデータとして、1999 年以降の北海道を根拠とする沖底の漁獲成績報告書（以下、沖底漁績）のうち、スケトウダラの漁獲が 50%以上の操業日の操業情報を使用している。また、年齢組成データは、基本的に FRESCO に登録されているものを使用しているが、直近年のデータや FRESCO へ未登録のデータについては、別途北水研に保管されていたデータで補っている。本年度、データの再整備により 1999 年漁期および 2001 年漁期の年齢組成データが修正された。また、標準化に使用するモデルの説明変数の選択結果も昨年度から変化した。そこで本補足資料では、手法、モデル選択、および診断に関する詳細情報を示す。

[手法]

標準化に使用する沖底漁績のデータは、沖底の漁獲物サンプルから得られた漁獲物の年齢組成データの存在する年・月・漁法・海域に限定した。沖底漁績と年齢組成データと結合することで、年齢別の漁獲尾数・努力量データを得た。海域区分は道東-東（道東釧路以東）、道東-西（道東釧路以西）、道南-東（浦河・静内沖）、および道南-西（鶴川・登別・白尻・恵山沖）の 4 海域である（補足図 5-1）。

このデータには、年齢によっては漁獲が見られない“ゼロキャッチ”が生じる場合がある。そのため標準化処理には、“ゼロキャッチ”と“非ゼロキャッチ”の処理とを段階を踏んで実施できるデルタ型 2 段階モデル (Lo et al. 1992) を用いた。誤差分布として第 1 段階のモデルには二項分布を、第 2 段階のモデルには対数正規分布を仮定した。

標準化モデルの説明変数として、第 1 段階のモデルでは漁期年、月、年齢、漁法、および海域を、第 2 段階のモデルでは漁期年、月、年齢、漁法、海域、船 ID、および馬力を候補とし、その主効果と交互作用からなるモデルを選択肢とした。モデル選択の基準にはベイズ情報量基準 (BIC) を用いた。第 1 段階、第 2 段階のモデルのいずれでも、1) 主効果のみのモデルを総当たり法により選択し、2) 主効果として選ばれた説明変数からなる交互作用を加えたモデルを再度総当たり法により検討した。説明変数はすべてカテゴリカル変数である。漁期年は 1999～2018 年の 20 年、月は 1～5、9～12 月の 9 ヶ月、年齢は 2 歳以下、3 歳、4 歳、5 歳、6 歳、7 歳、8 歳以上、漁法はオッタートロールとかけまわしの 2 種類、海域は前述の 4 海域、船 ID は 38 隻分、馬力は 3 カテゴリーに分けられる。

先行研究例 (Rodríguez-Marín et al. 2003) に従い、最終的に年齢別の CPUE の年トレンドを得るため、漁期年と年齢の交互作用はいずれのモデルにも含めた。なお、第 2 段階のモデルでは、漁期年と海域、漁期年と月、海域と月、海域と漁法の交互作用については、データに欠損が多いため検討から除外した。

[結果]

BIC を用いたモデル選択の結果を補足表 5-1 に示す。第 1 段階および第 2 段階の最終的な標準化モデルは以下のとおり；

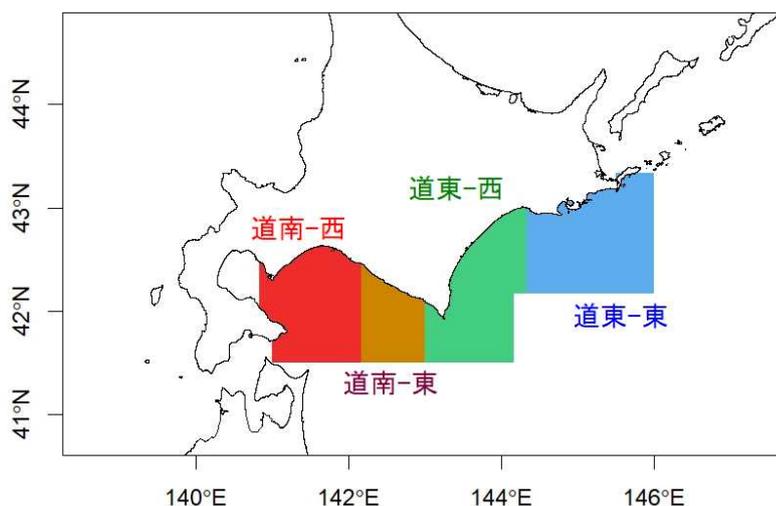
[第 1 段階] : $\text{positive rate} \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Age} + \text{Area} + \text{Year} \times \text{Age} + \text{error term}$,

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

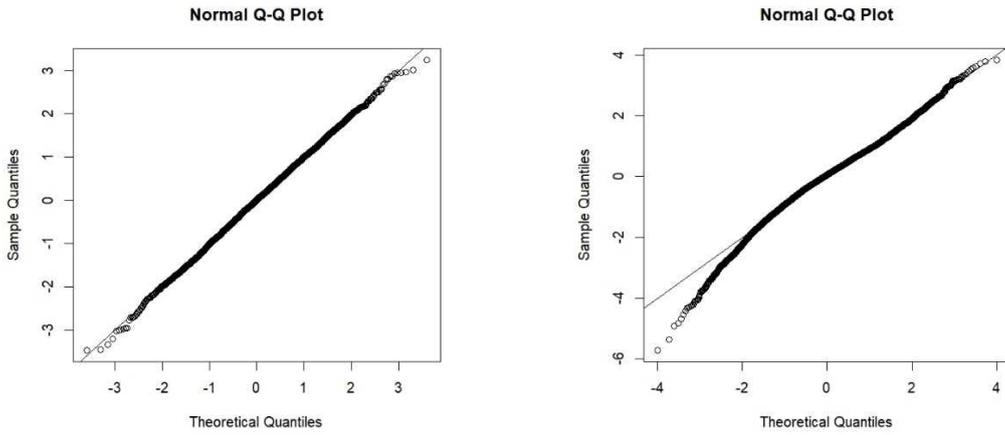
ここで Year は漁期年、Age は年齢、Month は月、VesselID は船 ID、Area は海域である。両モデルについて説明変数間の多重共線性の確認のため、自由度で調整した一般化分散拡大係数 (Generalized Variance Inflation Factor) を確認したところ、年齢 (Age) 以外の説明変数は概ね 5 以下の小さな値となり、多重共線性の程度は小さいと考えられた (補足表 5-2)。最終的なモデルの残差逸脱度 (Residual Deviance) および最大逸脱度 (Null Deviance) は、第 1 段階のモデルで 1477 と 2289、第 2 段階のモデルで 12570 と 34560 である。逸脱度分析結果を補足表 5-3 に示す。説明変数はカイ二乗検定によりいずれも有意な効果を持つと考えられた。最終的なモデルは、第 1 段階および第 2 段階のいずれでも、共に過分散・過小分散の状態ではないと考えられ (補足表 5-4)、また、Randomized Quantile Residuals を用いた QQ プロット (補足図 5-2) からは残差の正規性等が確認できたことから、CPUE 標準化モデルとして妥当であると考えられた。算出された標準化 CPUE について、昨年度のものと比較した結果は補足図 5-3 に示した。以上の解析には、R (ver. 3.6.0)、および“car”、“statmod”、“lsmeans”、“DHARMA”パッケージを使用した。

引用文献

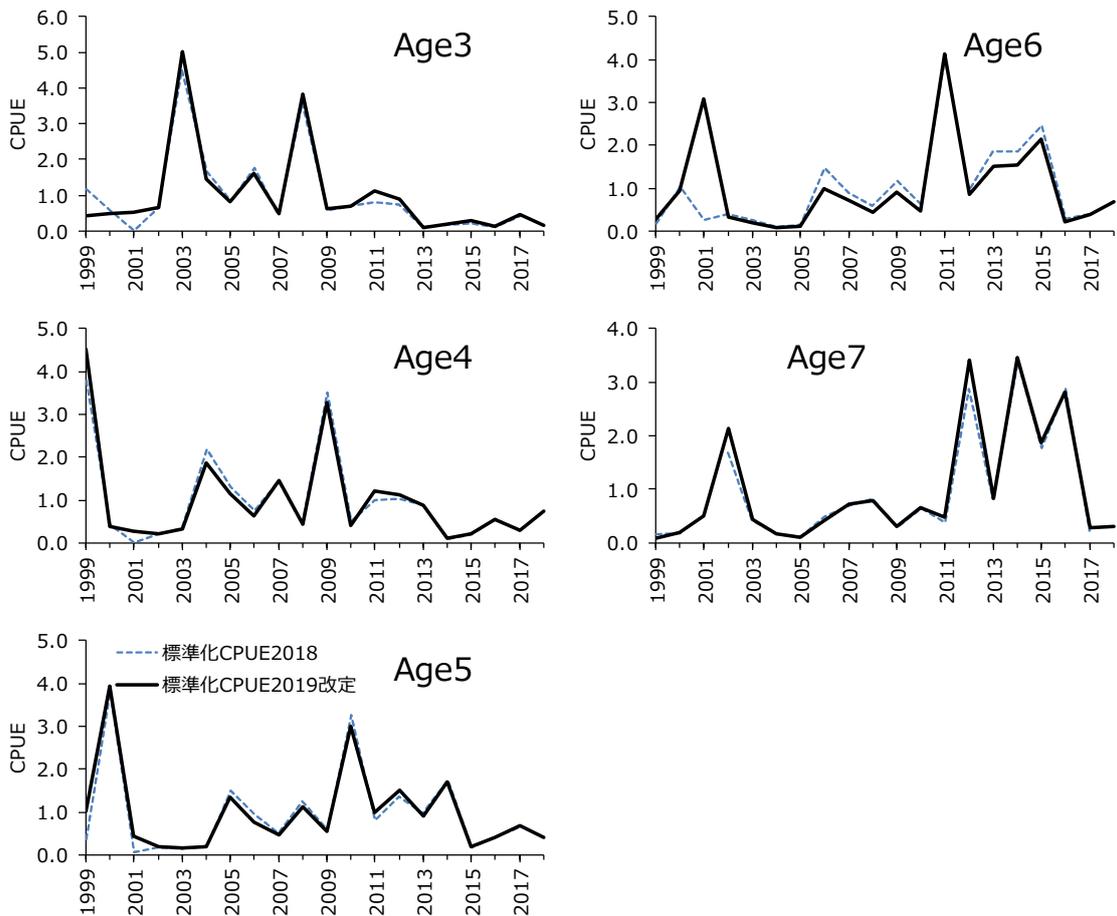
- Lo, N.C., L. D. Jacobson, and J. L. Squire. (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, **49**, 2515-2526.
- Rodríguez-Marín, E., H. Arrizabalaga, M. Ortiz, C. Rodríguez-Cabello, G. Moreno, and L.T. Kell (2003) Standardization 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.



補足図 5-1. 沖底の年齢組成データを漁績と結合するにあたり使用した海域区分



補足図 5-2. モデルの残差 (Randomized Quantile Residuals) の QQ プロット
 左は第 1 段階、右は第 2 段階のモデルである。図の縦軸は残差の値、横軸は残差の期待値を示す。



補足図 5-3. 沖底漁績に基づく年齢別の標準化 CPUE
 青色破線は昨年度使用した標準化 CPUE、黒色実線は本年度更新した標準化 CPUE を示す。比較のためいずれの CPUE も全年の平均が 1 となるように基準化している。

補足表 5-1 標準化モデルの選択における BIC の結果

説明変数の選択では、第 1 段階と第 2 段階のモデルのいずれにおいても、まず主効果を選択した後、選ばれた主効果同士の交互作用を選択するプロセスを用いた。

	df	BIC	
第1段階 :			
主効果の選択			
Year + Age + Year×Age	140	2632.58	
+ Area	143	2621.52	選択
+ Fishery	141	2635.00	
+ Month	148	2674.16	
+ Area + Fishery	144	2624.77	
+ Area + Month	151	2657.40	
+ Fishery + Month	149	2675.80	
+ Area + Fishery + Month	152	2661.04	
交互作用の選択			
Year + Age + Year×Age + Area	143	2621.52	選択
+ Year×Area	186	2910.73	
+ Age×Area	161	2666.63	
第2段階 :			
主効果の選択			
Year + Age + Year×Age	141	47144.32	
+ Hpower	143	47066.77	
+ Month	149	45211.25	
+ Fishery	142	47037.05	
+ vesselID	178	46628.71	
+ Area	144	46662.06	
+ Month + Hpower	151	45126.71	
+ Fishery + Hpower	144	47022.29	
+ Area + Hpower	146	46665.38	
+ VesselID + Hpower	179	46638.31	
+ Fishery + Month	150	45113.45	
+ VesselID + Month	186	44670.33	
+ Area + Fishery	145	46604.61	
+ VesselID + Fishery	179	46634.00	
+ VesselID + Area	181	46596.38	
+ Fishery + Month + Hpower	152	45090.36	
+ Area + Month + Hpower	154	44654.07	
+ VesselID + Month + Hpower	187	44678.71	
+ Area + Fishery + Hpower	147	46613.64	
+ VesselID + Fishery + Hpower	180	46643.60	
+ VesselID + Area + Hpower	182	46605.94	
+ Area + Fishery + Month	153	44540.79	
+ VesselID + Fishery + Month	187	44675.85	
+ VesselID + Area + Month	189	44526.95	選択
+ VesselID + Area + Fishery	182	46602.20	
+ Area + Fishery + Month + Hpower	155	44554.72	
+ VesselID + Fishery + Month + Hpower	188	44684.26	
+ VesselID + Area + Month + Hpower	190	44536.59	
+ VesselID + Area + Fishery + Hpower	183	46611.76	
+ VesselID + Area + Fishery + Month	190	44532.48	
+ VesselID + Area + Fishery + Month + Hpower	191	44542.12	

第2段階（続き）：	df	BIC
交互作用の選択		
Year + Age + Year×Age + VesselID + Area + Month	189	44526.95
+ Year×VesselID	446	46716.81
+ Age×VesselID	402	45837.08
+ Age×Area	207	44058.07
+ Age×Month	237	43928.66
+ VesselID×Area	217	44760.59
+ VesselID×Month	407	46165.36
+ Year×VesselID + Age×VesselID	659	47997.93
+ Year×VesselID + Age×Area	464	46228.7
+ Year×VesselID + Age×Month	494	46099.52
+ Year×VesselID + VesselID×Area	471	46932.35
+ Year×VesselID + VesselID×Month	657	48275.64
+ Age×VesselID + Age×Area	420	45965.72
+ Age×VesselID + Age×Month	450	44885.16
+ Age×VesselID + VesselID×Area	430	46071.95
+ Age×VesselID + VesselID×Month	620	47454.91
+ Age×Area + Age×Month	255	43084.96
+ Age×Area + VesselID×Area	235	44293.61
+ Age×Area + VesselID×Month	425	45676.9
+ Age×Month + VesselID×Area	265	44161.77
+ Age×Month + VesselID×Month	455	45530.35
+ VesselID×Area + VesselID×Month	427	46326.87
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area	677	48128.76
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Month	707	47015.97
+ Year×VesselID + Age×VesselID + VesselID×Area	684	48212.67
+ Year×VesselID + Age×VesselID + VesselID×Month	870	49540.76
+ Year×VesselID + Age×Area + Age×Month	512	45220.93
+ Year×VesselID + Age×Area + VesselID×Area	489	46443.68
+ Year×VesselID + Age×Area + VesselID×Month	675	47773.52
+ Year×VesselID + Age×Month + VesselID×Area	519	46315.48
+ Year×VesselID + Age×Month + VesselID×Month	705	47612.92
+ Year×VesselID + VesselID×Area + VesselID×Month	677	48438.03
+ Age×VesselID + Age×Area + Age×Month	468	44957.4
+ Age×VesselID + Age×Area + VesselID×Area	448	46204.01
+ Age×VesselID + Age×Area + VesselID×Month	638	47584.78
+ Age×VesselID + Age×Month + VesselID×Area	478	45119.95
+ Age×VesselID + Age×Month + VesselID×Month	668	46428.83
+ Age×VesselID + VesselID×Area + VesselID×Month	640	47614.87
+ Age×Area + Age×Month + VesselID×Area	283	43319.35
+ Age×Area + Age×Month + VesselID×Month	473	44626.23
+ Age×Area + VesselID×Area + VesselID×Month	445	45837.51
+ Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	475	45690.78
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area + Age×Month	725	47089.61
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area + VesselID×Area	702	48343.58
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area + VesselID×Month	888	49670.03
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Area	750	47303.55
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Month	936	48546.62
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	956	48705.36
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Area + VesselID×Area + VesselID×Month	908	49831.08
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Month + VesselID×Area	732	47230.13
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Month + VesselID×Month	918	48479.9
+ Year×VesselID + Age×VesselID + Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	938	48639.05
+ Year×VesselID + Age×VesselID + VesselID×Area + VesselID×Month	890	49701.79
+ Year×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Area	537	45435.41
+ Year×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Month	723	46685.99
+ Year×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	743	46845.51
+ Year×VesselID + Age×Area + VesselID×Area + VesselID×Month	695	47935.11
+ Year×VesselID + Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	725	47774.36
+ Age×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Area	496	45197.03
+ Age×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Month	686	46497.44
+ Age×VesselID + Age×Area + Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	706	46655.1
+ Age×VesselID + Age×Area + VesselID×Area + VesselID×Month	658	47744.89
+ Age×VesselID + Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	688	46586.75
+ Age×Area + Age×Month + VesselID×Area + VesselID×Month	493	44784.68

選択

補足表 5-2. 最終的に選択されたモデルの多重共線性の検討のための一般化分散拡大係数 (Generalized Variance Inflation Factor) の確認

第 1 段階				第 2 段階			
	GVIF	Df	GVIF ^{1/(2*Df)}		GVIF	Df	GVIF ^{1/(2*Df)}
Year	3.18E+08	19	1.673949	Year	4.69E+18	19	3.099927
Age	3.57E+22	6	75.754028	Age	9.47E+11	6	9.955134
Area	1.40E+00	3	1.057941	VesselID	5.56E+02	37	1.08916
Year×Age	5.87E+29	114	1.350721	Area	1.07E+04	3	4.692097
				Month	1.54E+08	8	3.248451
				Year×Age	1.66E+28	114	1.329773
				Age×Area	7.03E+12	18	2.274385
				Age×Month	4.27E+13	48	1.386708

補足表 5-3. ANOVA 表 (Type II)

第 1 段階				第 2 段階			
	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)		LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Year	109.5	19	< 0.0001	Year	435.3	19	< 0.0001
Age	353.12	6	< 0.0001	Age	5537.7	6	< 0.0001
Area	35.06	3	< 0.0001	VesselID	531.2	37	< 0.0001
Year×Age	381.06	114	< 0.0001	Area	191.4	3	< 0.0001
Degrees of Freedom: 2988				Month	2580.9	8	< 0.0001
Total (i.e. Null): 2846 Residual				Year×Age	13509.1	114	< 0.0001
Null Deviance: 2289				Age×Area	1034.3	18	< 0.0001
Residual Deviance: 1477				Age×Month	1480.2	48	< 0.0001
				Degrees of Freedom: 15428			
				Total (i.e. Null): 15175 Residual			
				Null Deviance: 34560			
				Residual Deviance: 12570			

補足表 5-4. 過分散・過小分散の検定 (DHARMA nonparametric test)

第 1 段階		第 2 段階	
過分散であることの検定		過分散であることの検定	
ratioObsSim = 1.0007,	p-value = 0.476	ratioObsSim = 0.99159,	p-value = 0.929
Alternative hypothesis: greater		Alternative hypothesis: greater	
過小分散であることの検定		過小分散であることの検定	
ratioObsSim = 1.0007,	p-value = 0.524	ratioObsSim = 0.99159,	p-value = 0.071
Alternative hypothesis: less		Alternative hypothesis: less	

補足資料 6 コホート解析におけるチューニング手法の変更について

これまで本系群のコホート解析のチューニングでは、最終年の F の推定に当たり、1) まず資源尾数を Pope の近似式 (Pope 1972) を用いて計算して、最終年の各年齢の漁獲係数 (F) を過去 5 年間の平均とし、2) その F の選択率を固定したうえで、チューニング指標値により F の調整を行う、2 ステップを用いた調整手法を用いてきた。この手法は、最終年の F の選択率への制約が強い。本資源では、年齢別の F 値の推定に寄与し得る年齢別の指標値があるため、最終年の F 値を年齢別に推定したほうが、個々の年級群豊度の推定精度が高いと考えられるが、年齢別の F 値の推定には不安定さを伴う (別添図 6-1 a)。そこで、本年度の資源評価では、リッジ VPA の手法 (Okamura et al. 2017) を導入し、最尤推定の際にペナルティ項を加えることで、推定値の不安定性を軽減した F 値の年齢別推定を行うこととした。

[方法]

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く、(1) 式ではすべての年齢の F 値のバイアスを同時に軽減することが出来ない (別添図 6-1 b および c、別添表 6-1)。そこで (2) 式により、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た。ペナルティの重み λ および η はともに 0~1 の値をとる。最終的に選択した λ と η は、これらの値を 0.01 刻みで変化させた場合に、親魚量、%SPR、年齢別 F 値 (3~9 歳) のレトロスペクティブバイアス ρ の絶対値の平均が最小となる値を探索的に求めた。ここで ρ は最新データ 1 年ずつを落とした場合の最終年における推定値との相対値 (Mohn 1999) の平均値である。本系群では、データを落とす年数は 1~5 年とした。

$$-(1 - \lambda) \ln L + \lambda \sum_{a=3}^9 F_{a,2018}^2 \quad (1)$$

$$-(1 - \lambda) \ln L + \lambda [(1 - \eta) \sum_{a=4}^9 F_{a,2018}^2 + \eta F_{3,2018}^2] \quad (2)$$

[結果]

別添図 6-1 d および別添表 6-2 にリッジ VPA のペナルティの重み λ と η の探索結果を示す。 λ および η は共に 0~1 の間で探索したが、 $\lambda=1$ では尤度にかかる係数がゼロになり最尤推定が機能せず、最適解は得られない。そのため、 λ が 1 に近い値として、 $\lambda=0.999$ についての探索結果も示す (別添図 6-1 e)。ペナルティは、本来、最尤推定の際に、最終年のデータへの過剰適合を避けるの目的であり、F 値の推定値をゼロに近い値にすることではない (Okamura et al. 2017)。しかし、 $\lambda=0.999$ では、ほとんどの η の値との組み合わせで SSB と %SPE では強い過大推定、年齢別 F 値について強い過小推定となり (別添表 6-2)、ペナルティ項により F 値が極端に小さい値が推定される結果となった。これは、 λ が 1 に近いことで、目的関数の最小化において、尤度に対し F 値に掛かるペナルティが大きくなりすぎることによって起因すると考えられる (別添表 6-3)。

λ および η を 0.01 刻みで変化させた際に、親魚量、%SPR、および年齢別 F 値のレトロス

ペクティブバイアス ρ の絶対値の平均が最小となるのは、 λ は 0.99、 η は 0.93 の場合であった (別添図 6-1 d)。このとき、ペナルティを与えない場合と比べて、親魚量のレトロスペクティブバイアスはやや増加したものの (4%→17%)、%SPR や各年齢の F 値のバイアスは軽減された (%SPR では -16%→-3%、各年齢の F 値のバイアスの絶対値の平均では 61%→14%)。特に、3 歳の F 値のバイアスは 121%から 25%へと大幅に改善された。ペナルティの重み λ に 0.99、 η に 0.93 を用いたチューニングにより、全体的にレトロスペクティブバイアスが抑えられた資源評価結果が得られたものと考えられる。

引用文献

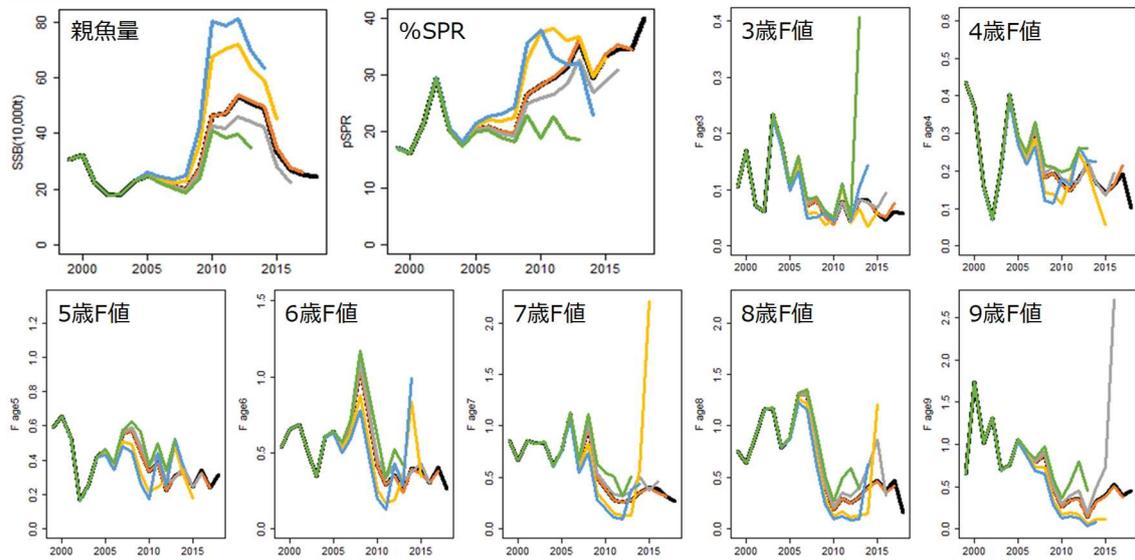
Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 473-488.

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**(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.

a) ペナルティを与えなかった場合のレトロスペクティブ分析結果

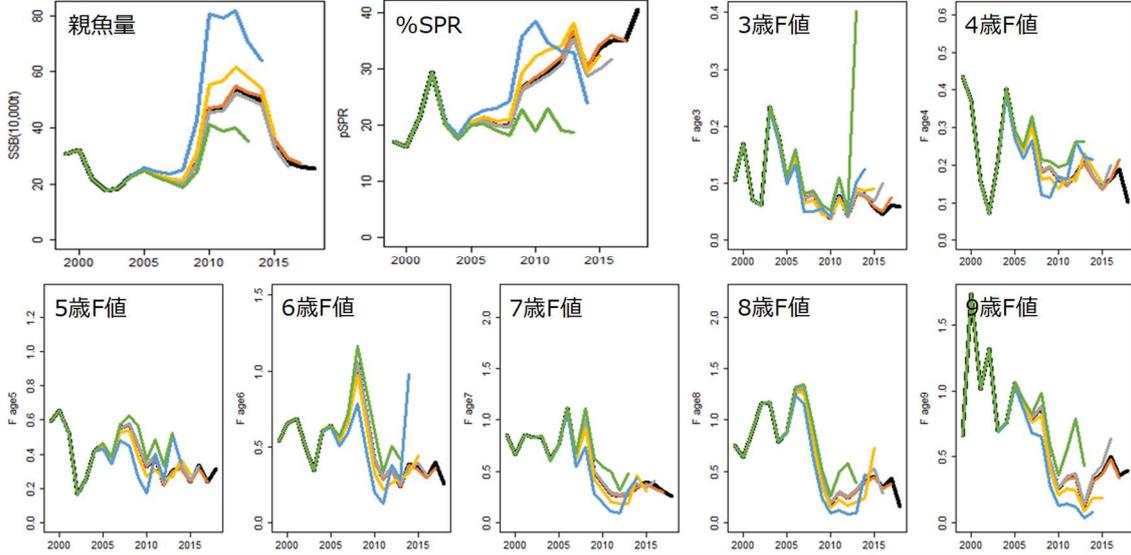
ペナルティなし



補足図 6-1. リッジ VPA のペナルティによるレトロスペクティブ解析結果の比較
ペナルティを与えなかった場合 ($\lambda=0$) の例を示す。

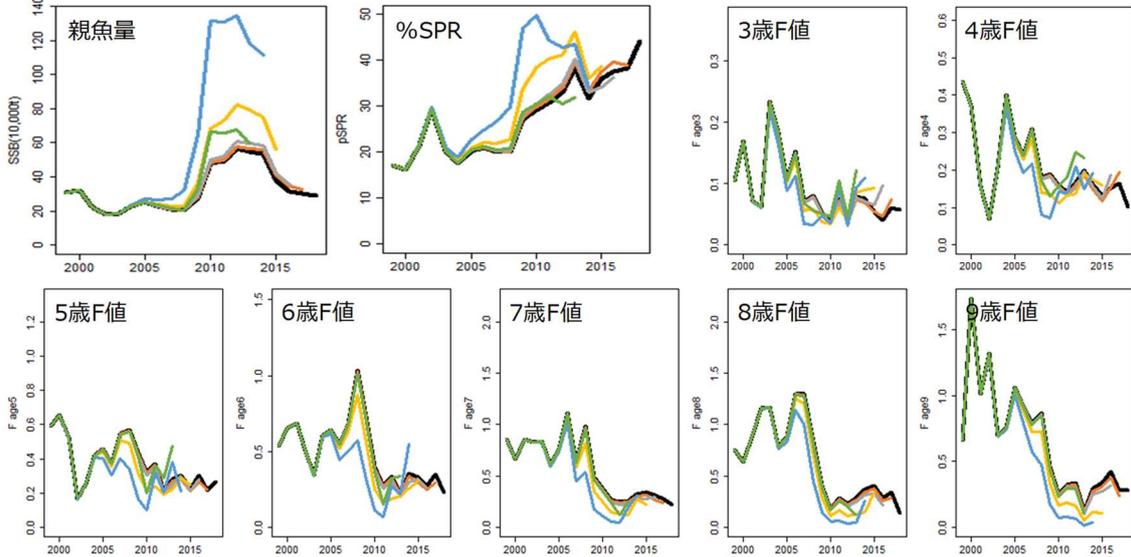
- b) 全ての年齢の F の二乗値に一律にペナルティ λ を与え、親魚量のレトロスペクティブバイアスを最小とした場合

ペナルティ: $\lambda=0.575$



- c) 全ての年齢の F の二乗値に一律にペナルティ λ を与え、%SPR のレトロスペクティブバイアスを最小とした場合

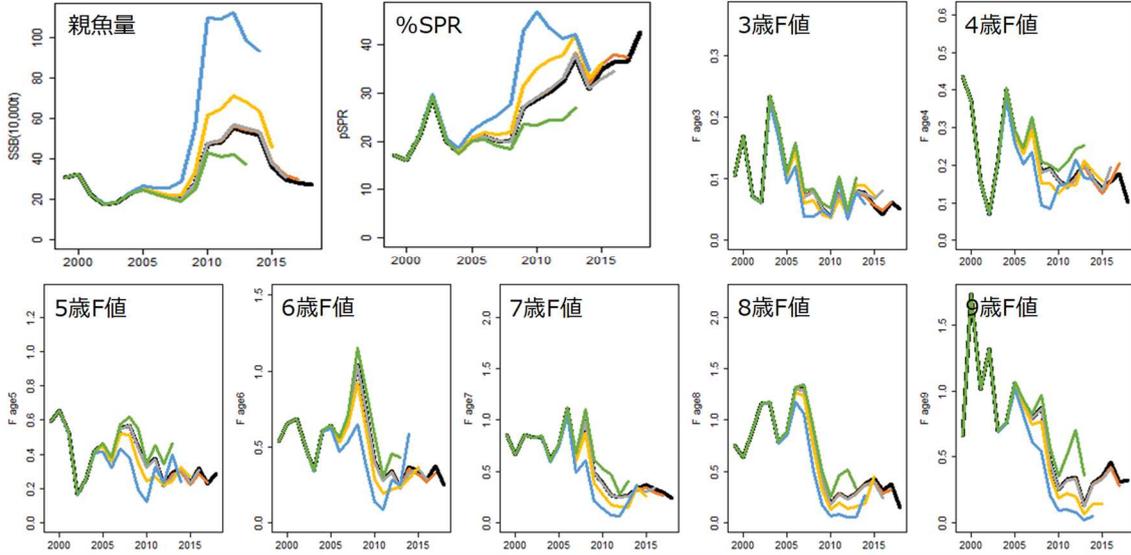
ペナルティ: $\lambda=0.940$



補足図 6-1. リッジ VPA のペナルティによるレトロスペクティブ解析結果の比較 (続き)
 すべての年齢の F 値の二乗値に一律にペナルティ λ を与えて親魚量のレトロスペクティブバイアスを最小とした場合 (上段) と、同様にペナルティ λ を与えて %SPR のレトロスペクティブバイアスを最小とした場合 (下段)

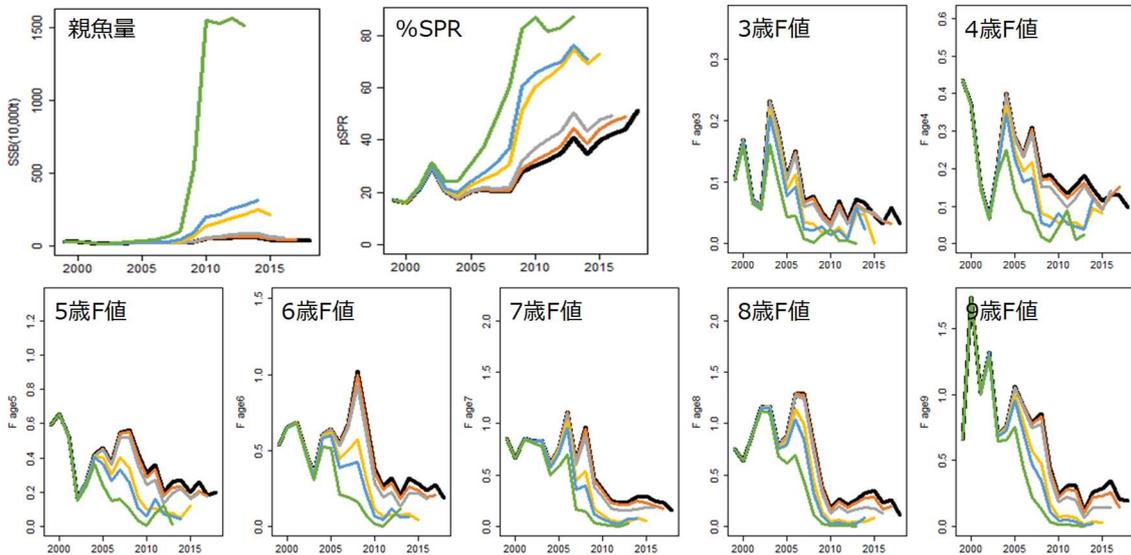
d) 3歳と4~9歳のFの二乗値へのペナルティを変え (λ と η を使用)、親魚量、%SPR、および年齢別F値のレトロスペクティブバイアスの絶対値の平均を最小とした場合

ペナルティ: $\lambda=0.99$, $\eta=0.93$



e) 3歳と4~9歳のFの二乗値へのペナルティを変える方法で (λ と η を使用)、 λ を 0.999 とした場合

ペナルティ: $\lambda=0.999$, $\eta=0.93$



補足図 6-1. リッジ VPA のペナルティによるレトロスペクティブ解析結果の比較 (続き)

3歳とそれ以外のF値の二乗値へのペナルティを変えて全体的にバイアスが軽減されるようにした場合 (上段) と、 λ に 1 に近い値 (0.999) を与えた場合の結果 (下段: ただし $\eta=0.93$)

補足表 6-1. リッジ VPA にてペナルティの重み λ を変化させた場合の親魚量、%SPR、および年齢別 F 値のレトロスペクティブバイアス ρ .

親魚量の ρ を小さくする場合 ($\lambda=0.575$)、および %SPR の ρ を小さくする場合 ($\lambda=0.940$) のいずれにおいても、3 歳の F 値の強いレトロスペクティブバイアスは解消できない。

λ	親魚量	%SPR	3歳F値	4歳F値	5歳F値	6歳F値	7歳F値	8歳F値	9歳F値
0.000	3.52%	-16.49%	121.32%	4.79%	8.26%	40.77%	111.60%	42.62%	98.12%
0.050	2.75%	-16.07%	112.20%	3.21%	10.28%	42.73%	106.95%	44.70%	50.96%
0.100	1.55%	-15.84%	111.95%	4.17%	8.80%	46.45%	88.66%	49.05%	41.95%
0.150	4.59%	-15.96%	111.57%	3.59%	10.75%	43.59%	109.84%	37.85%	35.72%
0.200	4.72%	-15.30%	109.44%	3.75%	9.22%	44.14%	93.77%	37.70%	32.24%
0.250	5.80%	-15.70%	111.36%	6.83%	8.56%	45.68%	95.65%	33.05%	27.85%
0.300	11.61%	-14.58%	111.74%	4.28%	8.85%	40.01%	89.45%	22.73%	24.08%
0.350	4.31%	-16.02%	110.41%	4.11%	9.44%	46.80%	125.61%	33.16%	23.28%
0.400	10.54%	-14.16%	114.65%	3.39%	9.92%	39.09%	81.27%	25.77%	25.21%
0.425	8.98%	-14.23%	114.77%	4.51%	8.81%	39.48%	79.48%	29.50%	24.45%
0.450	9.87%	-14.57%	116.85%	6.50%	9.08%	41.12%	76.33%	27.93%	23.43%
0.475	-1.08%	-17.17%	130.81%	20.69%	19.42%	51.22%	17.70%	20.12%	28.79%
0.500	-0.19%	-16.84%	129.58%	21.12%	18.96%	49.41%	17.16%	18.62%	27.49%
0.525	-1.12%	-16.90%	131.01%	18.92%	19.81%	50.76%	17.73%	18.62%	27.04%
0.550	-0.57%	-16.69%	130.00%	19.25%	19.54%	49.98%	17.32%	17.34%	25.85%
0.575	0.18%	-16.34%	129.32%	19.15%	19.12%	48.51%	16.84%	15.71%	24.61%
0.600	1.66%	-14.90%	113.02%	17.90%	15.79%	49.01%	14.64%	10.06%	14.77%
0.625	1.33%	-15.12%	113.16%	18.48%	16.67%	49.38%	14.59%	11.92%	14.28%
0.650	1.92%	-15.61%	123.58%	20.15%	18.84%	46.07%	15.07%	12.47%	18.89%
0.675	1.88%	-14.92%	111.30%	19.27%	17.32%	49.50%	13.67%	8.57%	11.30%
0.700	2.90%	-14.62%	111.05%	19.75%	17.26%	47.96%	12.78%	6.30%	9.49%
0.725	3.71%	-14.21%	107.72%	20.26%	17.32%	46.67%	11.85%	4.55%	6.69%
0.750	6.97%	-12.99%	103.44%	21.35%	15.62%	40.55%	9.59%	3.39%	3.32%
0.775	7.94%	-10.94%	79.60%	18.98%	16.14%	41.32%	6.49%	-5.63%	-13.57%
0.800	8.43%	-12.23%	97.25%	20.86%	17.59%	40.40%	7.26%	-5.90%	-8.11%
0.825	11.28%	-10.88%	88.35%	21.42%	17.88%	36.47%	3.33%	-10.06%	-14.62%
0.850	13.34%	-10.54%	95.21%	21.65%	16.81%	33.73%	2.29%	-10.66%	-13.38%
0.875	18.79%	-8.23%	91.11%	21.20%	14.45%	27.37%	-0.64%	-14.27%	-15.61%
0.900	17.64%	-9.82%	100.32%	24.96%	15.98%	31.89%	-1.43%	-16.33%	-18.08%
0.905	25.65%	-7.28%	94.28%	26.39%	12.82%	23.82%	-4.62%	-19.67%	-19.49%
0.910	25.83%	-7.17%	93.34%	27.26%	12.05%	24.65%	-4.99%	-20.85%	-19.52%
0.915	28.34%	-6.34%	91.44%	27.46%	11.48%	22.59%	-6.02%	-22.00%	-20.47%
0.920	23.25%	-7.11%	96.43%	21.93%	13.75%	25.26%	-4.30%	-19.99%	-21.06%
0.925	27.80%	-5.85%	93.70%	23.55%	11.62%	22.27%	-6.37%	-21.95%	-22.09%
0.930	30.65%	-4.70%	91.24%	22.71%	9.99%	20.54%	-8.06%	-23.39%	-24.55%
0.935	72.07%	4.84%	67.58%	23.50%	4.45%	3.21%	-18.30%	-30.37%	-34.35%
0.940	37.02%	-0.70%	67.56%	19.92%	8.90%	14.77%	-12.07%	-29.86%	-41.98%
0.945	37.97%	-0.75%	71.85%	20.30%	7.65%	15.55%	-12.90%	-31.11%	-43.62%
0.950	53.14%	2.92%	66.20%	22.01%	4.03%	7.46%	-17.79%	-33.65%	-43.90%
0.955	40.63%	-0.77%	85.41%	19.94%	6.03%	15.58%	-13.87%	-30.54%	-35.35%
0.960	61.37%	5.92%	71.59%	15.69%	2.29%	5.58%	-19.91%	-35.02%	-37.49%
0.965	92.95%	14.03%	51.78%	13.78%	-7.90%	-6.39%	-27.27%	-44.15%	-55.83%
0.970	68.62%	6.54%	75.47%	17.86%	1.67%	3.01%	-22.64%	-39.05%	-42.11%
0.975	416.33%	32.19%	21.44%	-10.69%	-19.73%	-19.45%	-26.56%	-55.69%	-60.21%

補足表 6-2. ペナルティの重みλとηを変化させた場合のレトロスペクティブバイアス.

a) 親魚量のレトロスペクティブバイアス

	λ=0.5	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
η=0.5	8.7%	-3.4%	-2.7%	0.1%	0.1%	3.5%	4.7%	6.7%	8.4%	16.9%	14.7%	18.3%	16.6%	25.6%	21.5%	28.0%	41.6%	75.2%	760.5%	130.6%
0.6	12.1%	9.6%	-3.6%	-1.1%	-0.4%	1.1%	4.4%	3.3%	4.9%	7.9%	11.3%	11.4%	14.7%	15.7%	19.7%	21.4%	29.0%	52.7%	827.2%	-
0.65	12.8%	9.8%	-4.1%	-2.6%	-1.2%	-0.3%	2.8%	3.8%	4.9%	4.6%	11.1%	9.8%	14.2%	15.9%	18.7%	19.5%	21.9%	37.7%	334.3%	117.8%
0.7	11.5%	4.0%	-3.1%	-3.0%	-2.1%	-0.5%	1.3%	2.6%	3.6%	6.5%	6.3%	10.7%	12.4%	17.2%	15.9%	15.6%	21.8%	37.4%	61.8%	886.4%
0.75	9.3%	10.8%	-3.4%	5.6%	-2.8%	-1.7%	2.2%	4.7%	1.8%	4.9%	4.2%	7.3%	13.2%	11.3%	13.9%	15.7%	19.7%	25.7%	71.4%	229.6%
0.77	11.3%	11.5%	-3.1%	5.0%	-3.2%	-1.9%	0.8%	-0.3%	1.3%	5.9%	5.0%	5.8%	11.7%	8.1%	11.5%	16.2%	18.2%	24.3%	62.3%	29794.3%
0.79	10.4%	9.8%	-3.3%	5.6%	-3.7%	-2.0%	-1.2%	0.5%	0.7%	1.8%	4.5%	5.9%	6.4%	6.9%	9.0%	14.8%	13.8%	22.6%	50.9%	25445.7%
0.8	-2.5%	8.7%	-3.1%	5.6%	-3.9%	-1.9%	-0.6%	0.2%	2.9%	1.5%	4.9%	5.4%	5.1%	7.2%	7.5%	12.7%	12.4%	20.3%	54.3%	24990.8%
0.81	-1.8%	10.5%	-3.2%	8.9%	-3.9%	-3.2%	-0.9%	0.2%	1.3%	2.1%	3.8%	4.7%	4.7%	6.7%	8.1%	14.2%	11.4%	18.0%	45.7%	24497.4%
0.83	-1.8%	-3.3%	-3.1%	6.3%	-3.9%	1.4%	-0.5%	-1.3%	1.4%	1.2%	3.7%	4.2%	4.5%	4.3%	6.5%	9.4%	9.6%	18.2%	44.3%	23401.5%
0.85	-1.2%	-2.6%	-3.1%	-4.7%	-4.3%	4.8%	-1.1%	-1.2%	0.4%	-0.1%	3.3%	1.5%	3.0%	4.1%	5.6%	6.2%	11.1%	15.8%	40.1%	10625.9%
0.87	-5.4%	-4.9%	-5.5%	-4.6%	-4.8%	-2.6%	-2.1%	-3.7%	-0.6%	-1.0%	2.4%	2.3%	2.4%	2.9%	4.6%	7.4%	9.9%	10.8%	25.1%	7010.0%
0.89	-4.4%	-5.9%	-6.1%	-6.2%	-5.2%	-3.0%	-2.6%	-1.9%	-1.5%	-1.8%	1.4%	0.5%	-0.4%	3.0%	2.1%	5.7%	5.5%	8.6%	18.7%	967.4%
0.9	-4.9%	-7.0%	-5.1%	-6.3%	-5.4%	-3.2%	-3.1%	-0.7%	-2.0%	-2.8%	3.3%	0.4%	-1.7%	2.6%	1.5%	4.0%	4.0%	6.9%	18.3%	2206.8%
0.91	-5.2%	-7.4%	-5.6%	-6.4%	-5.6%	-3.7%	-3.5%	-3.2%	-2.6%	-2.0%	0.0%	-0.7%	-0.2%	0.8%	-0.7%	2.7%	4.1%	7.7%	17.8%	1460.8%
0.92	-5.4%	-7.8%	-4.2%	-4.3%	-5.5%	-3.9%	-3.8%	-2.2%	-2.1%	-2.0%	-0.4%	-2.8%	-2.6%	0.2%	0.7%	2.2%	2.4%	5.2%	12.8%	885.4%
0.93	-5.6%	-4.2%	-4.2%	-4.2%	-6.8%	-4.3%	-4.2%	-2.6%	-3.9%	-1.9%	-0.2%	-0.3%	-2.9%	0.5%	-0.1%	2.0%	0.8%	2.9%	17.0%	677.6%
0.94	-6.5%	-3.8%	-3.8%	-3.8%	-6.8%	-4.4%	-4.5%	-3.9%	-5.5%	-1.0%	-1.1%	-2.0%	-3.0%	-1.7%	-0.4%	-1.2%	-0.3%	2.2%	8.9%	1219.5%
0.95	-6.4%	-4.2%	-4.7%	-4.0%	-6.4%	-5.1%	-5.0%	-4.4%	-3.4%	-3.5%	-1.6%	-3.8%	-2.8%	-1.8%	-2.7%	-3.3%	-1.2%	0.7%	7.2%	1580.8%
0.96	-6.6%	-4.3%	-4.8%	-4.3%	-6.3%	-5.4%	-5.2%	-4.4%	-4.0%	-3.4%	-2.6%	-4.5%	-0.6%	-3.2%	-3.9%	-1.9%	-0.7%	0.5%	3.7%	1594.2%
0.97	-6.7%	-4.6%	-5.0%	-2.5%	-7.1%	-6.4%	-6.4%	-5.5%	-4.8%	-3.0%	-2.2%	-5.1%	-4.2%	-4.9%	-4.2%	-3.5%	-4.5%	-1.7%	2.1%	1464.0%
0.98	-6.9%	-4.7%	-5.4%	-2.8%	-7.1%	-6.4%	-6.2%	-6.0%	-3.9%	-3.9%	-5.3%	-4.1%	-5.1%	-6.0%	-6.0%	-5.7%	-4.6%	-1.8%	-1.1%	1029.4%
0.99	-7.1%	-5.1%	-5.2%	-3.2%	-7.0%	-6.6%	-7.2%	-6.5%	-5.8%	-5.6%	-5.7%	-3.9%	-6.4%	-6.5%	-6.8%	-7.6%	-6.2%	-3.8%	-4.1%	1742.2%
1	-7.1%	-5.5%	-6.2%	-3.8%	-8.0%	-7.3%	-8.8%	-8.3%	-7.2%	-6.6%	-7.6%	-6.9%	-6.9%	-9.7%	-9.4%	-9.7%	-11.4%	-11.9%	-13.0%	-12.3%

b) %SPR のレトロスペクティブバイアス

	λ=0.5	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
η=0.5	-15.6%	-18.2%	-17.9%	-15.7%	-15.7%	-14.1%	-13.9%	-12.9%	-12.7%	-7.1%	-9.0%	-8.0%	-8.4%	-6.5%	-7.2%	-3.7%	0.1%	10.3%	50.9%	4.7%
0.6	-16.1%	-15.2%	-18.1%	-15.4%	-15.0%	-14.7%	-12.7%	-13.4%	-13.5%	-11.6%	-9.9%	-9.9%	-9.1%	-8.6%	-7.2%	-6.7%	-4.1%	4.6%	42.2%	-
0.65	-16.6%	-15.0%	-18.2%	-16.5%	-14.9%	-15.1%	-13.1%	-12.7%	-11.9%	-13.0%	-9.2%	-10.4%	-8.8%	-7.8%	-6.3%	-7.4%	-6.8%	-0.5%	30.1%	5.7%
0.7	-15.7%	-15.5%	-16.8%	-16.3%	-15.0%	-14.5%	-13.5%	-12.7%	-13.2%	-12.0%	-12.5%	-8.3%	-8.7%	-6.5%	-6.9%	-7.9%	-5.6%	-0.2%	7.9%	5.7%
0.75	-15.4%	-13.3%	-16.8%	-15.1%	-15.0%	-14.4%	-12.8%	-11.4%	-13.4%	-11.8%	-13.2%	-10.9%	-7.5%	-8.4%	-7.6%	-6.9%	-5.5%	-5.0%	12.4%	5.5%
0.77	-14.8%	-13.6%	-15.9%	-15.7%	-15.1%	-14.5%	-14.0%	-16.4%	-13.5%	-11.3%	-12.2%	-11.6%	-8.1%	-9.7%	-8.2%	-5.8%	-5.1%	-3.9%	8.8%	97.2%
0.79	-14.8%	-13.9%	-15.9%	-14.4%	-15.3%	-14.2%	-15.2%	-14.5%	-13.6%	-13.3%	-12.2%	-11.2%	-10.7%	-9.9%	-9.1%	-6.3%	-7.6%	-4.7%	4.9%	99.0%
0.8	-16.9%	-13.6%	-15.6%	-14.3%	-15.3%	-14.0%	-14.8%	-14.5%	-12.1%	-13.3%	-11.2%	-10.7%	-11.1%	-9.4%	-10.0%	-6.9%	-7.7%	-6.1%	6.4%	100.1%
0.81	-16.1%	-14.1%	-15.7%	-14.3%	-15.2%	-14.9%	-14.7%	-14.2%	-12.9%	-12.8%	-11.6%	-11.0%	-11.1%	-9.4%	-9.4%	-6.3%	-8.3%	-6.5%	3.7%	101.1%
0.83	-16.2%	-16.3%	-15.4%	-15.0%	-14.7%	-13.7%	-14.6%	-15.4%	-12.8%	-12.9%	-11.2%	-10.9%	-10.2%	-10.3%	-9.7%	-8.2%	-7.9%	-5.3%	3.2%	102.9%
0.85	-16.0%	-15.5%	-15.1%	-16.4%	-15.5%	-11.9%	-14.5%	-14.9%	-13.0%	-13.9%	-11.0%	-12.0%	-10.7%	-10.3%	-9.7%	-9.5%	-6.7%	-6.0%	3.1%	99.8%
0.87	-17.0%	-17.0%	-16.7%	-16.2%	-15.4%	-14.8%	-14.6%	-17.3%	-13.2%	-14.0%	-11.1%	-12.0%	-11.1%	-10.3%	-9.4%	-8.1%	-6.8%	-8.4%	-1.5%	100.7%
0.89	-16.2%	-17.4%	-15.4%	-18.0%	-15.4%	-15.0%	-14.8%	-13.7%	-13.5%	-13.6%	-11.2%	-10.5%	-13.2%	-10.4%	-10.6%	-8.5%	-8.9%	-8.4%	-4.2%	75.0%
0.9	-16.5%	-17.8%	-15.9%	-17.9%	-15.5%	-14.8%	-15.3%	-13.0%	-13.5%	-14.6%	-9.4%	-11.2%	-14.3%	-10.4%	-11.3%	-9.0%	-9.9%	-10.3%	-4.1%	75.6%
0.91	-16.7%	-17.8%	-16.2%	-18.0%	-15.6%	-15.1%	-15.3%	-14.4%	-13.7%	-12.3%	-11.5%	-11.4%	-12.5%	-11.0%	-13.1%	-9.8%	-9.6%	-8.6%	-4.0%	72.7%
0.92	-16.8%	-18.1%	-16.2%	-15.2%	-15.5%	-15.1%	-15.4%	-13.7%	-13.7%	-13.0%	-11.9%	-13.5%	-13.6%	-11.3%	-10.5%	-11.2%	-10.1%	-10.4%	-6.1%	68.7%
0.93	-16.9%	-16.8%	-15.3%	-14.6%	-17.8%	-15.2%	-15.5%	-13.7%	-14.0%	-12.8%	-11.4%	-11.3%	-13.2%	-10.7%	-11.0%	-10.0%	-10.9%	-11.0%	-3.0%	65.5%
0.94	-17.3%	-15.5%	-15.0%	-13.7%	-17.4%	-15.2%	-15.5%	-14.6%	-15.5%	-11.3%	-11.6%	-11.9%	-13.2%	-12.3%	-10.5%	-11.9%	-10.8%	-11.2%	-6.6%	71.8%
0.95	-17.4%	-15.8%	-15.6%	-13.7%	-17.0%	-15.9%	-15.5%	-14.8%	-12.2%	-12.7%	-11.7%	-12.9%	-12.2%	-11.6%	-12.4%	-13.1%	-11.9%	-10.9%	-6.4%	76.4%
0.96	-17.4%	-15.9%	-15.6%	-13.9%	-16.6%	-15.6%	-14.2%	-14.7%	-12.8%	-11.9%	-12.1%	-12.7%	-11.0%	-12.0%	-13.3%	-11.8%	-10.5%	-10.2%	-8.1%	66.3%
0.97	-17.3%	-16.2%	-15.6%	-12.6%	-17.5%	-16.2%	-14.9%	-14.7%	-13.8%	-11.7%	-11.2%	-12.8%	-12.0%	-13.2%	-12.1%	-13.0%	-12.8%	-10.5%	-8.1%	55.3%
0.98	-17.4%	-16.3%	-15.8%	-12.6%	-17.1%	-16.6%	-14.4%	-15.8%	-12.9%	-12.8%	-12.9%	-12.1%	-12.9%	-14.0%	-13.5%	-13.8%	-11.5%	-9.0%	-8.9%	40.8%
0.99	-17.3%	-16.7%	-15.4%	-12.7%	-17.7%	-16.4%	-15.1%	-14.8%	-14.0%	-13.9%	-13.6%	-13.5%	-13.1%	-14.0%	-13.6%	-14.3%	-11.3%	-9.3%	-8.3%	27.6%
1	-17.3%	-17.6%	-16.1%	-12.7%	-16.8%	-16.7%	-18.3%	-15.1%	-14.2%	-13.8%	-15.0%	-12.6%	-12.4%	-15.6%	-14.4%	-13.8%	-15.4%	-14.0%	-11.3%	-13.5%

c) 3歳のF値のレトロスペクティブバイアス

	λ=0.5	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
η=0.5	109.1%	132.7%	132.0%	118.8%	118.4%	110.0%	107.6%	102.3%	101.8%	67.1%	80.1%	80.5%	91.4%	84.2%	83.7%	78.0%	74.6%	55.3%	0.6%	37.3%
0.6	105.4%	119.9%	131.0%	112.8%	112.7%	107.4%	97.6%	97.7%	104.4%	85.7%	71.4%	80.3%	84.5%	86.6%	83.6%	84.1%	80.7%	52.7%	-1.9%	-
0.65	103.9%	106.1%	129.8%	114.2%	110.6%	106.9%	96.7%	94.1%	89.2%	99.7%	66.3%	74.2%	78.8%	77.7%	67.2%	83.3%	84.4%	62.6%	7.3%	3.9%
0.7	98.8%	107.1%	123.8%	111.3%	108.7%	103.5%	97.6%	91.0%	91.9%	87.9%	77.7%	59.4%	68.8%	53.6%	60.3%	72.8%	77.2%	67.3%	44.9%	-37.8%
0.75	97.9%	99.5%	121.9%	103.2%	106.7%	100.7%	96.2%	90.4%	90.5%	78.8%	68.6%	61.2%	57.5%	52.8%	50.0%	53.6%	66.6%	70.0%	25.6%	-37.1%
0.77	97.8%	93.8%	107.2%	114.4%	106.2%	101.4%	97.9%	91.0%	87.2%	77.0%	59.7%	60.4%	49.5%	57.3%	53.0%	50.1%	57.6%	65.8%	28.6%	-78.1%
0.79	97.5%																			

補足表 6-2. 続き

d) 4歳のF値のレトロスペクティブバイアス

	$\lambda=0.5$	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
$\eta=0.5$	5.9%	20.4%	20.3%	17.3%	17.6%	18.6%	19.6%	19.9%	21.6%	18.1%	19.8%	23.0%	19.2%	26.4%	23.1%	18.6%	19.8%	14.7%	-22.7%	-54.1%
0.6	7.6%	5.0%	19.7%	15.8%	15.0%	17.9%	16.4%	17.8%	19.3%	19.8%	20.9%	19.5%	20.2%	20.0%	20.9%	21.1%	21.4%	19.6%	-11.5%	-
0.65	8.7%	3.7%	19.7%	17.5%	14.4%	17.6%	15.8%	16.1%	15.8%	18.1%	21.0%	20.1%	19.6%	18.5%	19.2%	21.5%	22.4%	21.8%	-8.1%	-51.2%
0.7	7.5%	4.6%	17.2%	16.5%	13.8%	15.1%	15.1%	14.9%	18.6%	21.5%	24.4%	16.5%	18.7%	20.2%	19.6%	20.9%	18.5%	17.2%	14.8%	-52.8%
0.75	8.0%	2.6%	16.8%	3.4%	13.1%	13.7%	13.6%	12.9%	16.5%	19.6%	27.0%	21.7%	17.3%	19.8%	22.7%	21.7%	17.8%	23.3%	11.7%	-52.0%
0.77	6.2%	3.5%	15.6%	3.5%	13.0%	13.5%	15.7%	30.5%	17.3%	19.1%	25.2%	22.7%	19.1%	19.7%	20.7%	18.2%	16.4%	17.8%	16.7%	-77.8%
0.79	7.6%	3.7%	15.6%	2.6%	13.1%	12.6%	17.5%	19.4%	17.5%	18.0%	25.1%	22.7%	21.6%	18.8%	20.4%	18.6%	18.0%	18.9%	22.3%	-76.3%
0.8	20.1%	3.4%	15.2%	2.1%	12.9%	12.3%	16.6%	18.6%	14.2%	17.7%	21.0%	20.1%	21.2%	17.8%	22.2%	18.1%	16.4%	21.8%	16.8%	-75.9%
0.81	18.1%	4.6%	15.5%	1.7%	12.6%	13.4%	15.5%	17.0%	15.2%	17.2%	19.1%	20.3%	21.2%	17.3%	21.1%	17.9%	18.0%	20.5%	19.2%	-75.4%
0.83	18.8%	17.3%	15.1%	2.1%	11.7%	14.2%	16.6%	20.2%	15.2%	16.4%	18.3%	20.4%	17.5%	16.8%	19.7%	18.6%	17.0%	20.9%	18.6%	-74.2%
0.85	19.2%	16.1%	14.3%	14.7%	11.5%	12.4%	15.4%	18.2%	14.9%	19.0%	17.4%	17.8%	16.7%	17.1%	18.2%	18.9%	17.3%	16.9%	16.7%	-67.0%
0.87	13.7%	16.0%	13.9%	14.6%	11.8%	12.5%	14.3%	24.4%	14.7%	17.9%	16.1%	19.7%	17.3%	15.5%	15.9%	16.1%	16.2%	19.6%	18.1%	-64.7%
0.89	11.6%	15.0%	10.9%	14.2%	11.4%	12.6%	14.6%	13.2%	14.4%	15.4%	15.3%	13.5%	20.9%	16.4%	16.3%	14.7%	17.0%	16.7%	20.5%	-34.9%
0.9	12.0%	15.1%	12.8%	14.1%	11.6%	12.0%	15.6%	12.4%	14.0%	17.7%	12.6%	15.5%	22.8%	15.8%	17.3%	14.6%	18.5%	21.4%	19.7%	-32.9%
0.91	12.3%	14.4%	13.2%	14.0%	11.5%	12.0%	15.2%	13.7%	13.8%	12.3%	15.0%	14.1%	18.7%	15.2%	18.9%	15.6%	17.9%	16.6%	18.8%	-29.6%
0.92	12.2%	14.7%	15.0%	15.1%	11.1%	11.8%	15.0%	12.7%	14.5%	13.0%	14.6%	18.6%	18.7%	15.2%	12.6%	13.9%	17.2%	19.7%	20.3%	-25.7%
0.93	12.2%	16.3%	10.8%	14.2%	17.0%	11.7%	14.7%	12.4%	13.4%	12.6%	12.4%	13.9%	17.2%	14.5%	13.1%	12.1%	17.7%	18.2%	15.1%	-22.1%
0.94	13.1%	12.2%	10.4%	14.4%	15.8%	11.5%	14.4%	12.9%	16.4%	10.4%	12.2%	13.4%	16.9%	16.2%	11.2%	13.6%	15.4%	17.6%	18.1%	-24.1%
0.95	13.2%	12.4%	11.4%	14.2%	13.3%	12.2%	13.6%	12.7%	9.0%	11.6%	11.6%	14.6%	15.1%	14.4%	13.4%	14.4%	17.4%	14.9%	15.5%	-31.0%
0.96	13.3%	12.7%	11.2%	14.1%	12.6%	12.7%	9.9%	12.4%	10.2%	9.0%	12.0%	13.3%	12.3%	13.9%	13.5%	11.7%	13.9%	13.0%	16.3%	-23.3%
0.97	12.7%	13.0%	10.9%	15.7%	13.3%	13.1%	10.2%	10.9%	11.0%	9.0%	7.6%	13.0%	11.9%	14.3%	10.4%	11.7%	13.6%	11.3%	15.0%	-11.3%
0.98	12.7%	13.3%	10.8%	15.4%	12.1%	12.2%	9.7%	14.0%	9.1%	10.3%	13.2%	9.3%	12.8%	11.8%	11.7%	11.4%	10.9%	8.2%	13.5%	8.9%
0.99	11.8%	13.7%	9.2%	15.1%	13.3%	11.3%	10.8%	9.9%	10.2%	10.8%	12.0%	15.6%	11.2%	10.3%	11.3%	10.6%	8.5%	6.2%	9.8%	-6.7%
1	11.8%	15.3%	10.1%	14.1%	10.6%	10.9%	15.8%	9.6%	9.0%	9.1%	12.9%	8.0%	7.9%	10.2%	10.3%	7.3%	12.2%	9.6%	11.5%	61.4%

e) 5歳のF値のレトロスペクティブバイアス

	$\lambda=0.5$	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
$\eta=0.5$	9.9%	21.0%	20.8%	16.7%	17.7%	15.9%	17.0%	16.7%	17.7%	17.6%	18.1%	14.3%	13.3%	13.4%	14.0%	8.3%	5.4%	-3.4%	-30.9%	-0.4%
0.6	12.4%	11.1%	21.1%	17.3%	17.2%	17.0%	15.9%	17.6%	18.8%	18.2%	17.8%	17.3%	14.9%	14.2%	13.0%	11.2%	7.6%	1.4%	-19.9%	-
0.65	13.9%	10.1%	21.2%	17.7%	17.3%	17.6%	16.3%	16.4%	16.4%	18.3%	12.0%	19.2%	14.4%	13.8%	12.9%	11.1%	10.2%	5.0%	-17.5%	-1.3%
0.7	13.0%	8.2%	19.5%	17.4%	17.5%	17.1%	16.8%	16.6%	17.1%	16.4%	18.2%	14.4%	15.8%	14.8%	12.6%	10.6%	9.8%	5.2%	-2.3%	7.4%
0.75	11.2%	7.5%	19.3%	10.0%	17.6%	17.4%	15.5%	14.5%	17.5%	15.5%	19.7%	21.1%	16.4%	18.2%	15.6%	13.7%	9.1%	8.9%	-3.0%	106.7%
0.77	10.8%	8.6%	16.8%	12.0%	17.7%	17.3%	16.5%	18.6%	17.6%	14.6%	19.6%	21.8%	18.8%	17.8%	15.2%	12.2%	9.7%	9.2%	-2.7%	-86.2%
0.79	9.8%	8.3%	16.8%	10.2%	18.0%	17.1%	18.0%	17.2%	17.6%	17.3%	18.9%	23.3%	18.7%	17.5%	17.8%	13.4%	11.7%	9.9%	0.1%	-85.0%
0.8	16.2%	7.0%	16.4%	10.0%	17.8%	17.0%	17.3%	17.3%	15.8%	17.4%	18.1%	20.6%	19.2%	17.4%	19.0%	14.9%	12.2%	10.8%	0.1%	-84.8%
0.81	15.4%	8.8%	16.8%	12.0%	17.6%	18.1%	17.3%	17.0%	16.8%	16.7%	18.7%	21.1%	19.6%	17.3%	17.9%	14.0%	12.9%	11.7%	1.8%	-84.5%
0.83	15.3%	15.9%	15.6%	12.1%	17.0%	15.1%	16.7%	18.2%	16.3%	17.3%	17.8%	20.5%	18.3%	18.2%	18.0%	16.0%	13.4%	9.0%	2.3%	-83.7%
0.85	14.8%	15.0%	15.2%	19.4%	17.5%	12.8%	16.7%	17.6%	16.7%	17.8%	17.5%	20.2%	18.0%	18.2%	17.3%	17.7%	15.2%	12.7%	2.2%	-82.9%
0.87	17.7%	17.2%	19.5%	19.0%	17.4%	17.0%	17.1%	20.2%	17.0%	18.1%	17.3%	19.6%	17.8%	17.0%	16.7%	15.8%	15.5%	15.1%	6.9%	-81.4%
0.89	16.6%	18.0%	18.9%	20.9%	17.3%	17.1%	17.2%	16.8%	17.3%	18.1%	17.1%	17.7%	19.7%	16.6%	17.8%	15.7%	16.4%	15.7%	9.7%	-57.0%
0.9	16.9%	20.5%	18.4%	20.8%	17.4%	16.9%	17.5%	15.6%	17.4%	19.0%	15.0%	17.7%	20.4%	16.4%	18.1%	16.8%	17.4%	16.9%	9.9%	-56.0%
0.91	17.1%	20.8%	18.7%	20.7%	17.4%	17.2%	17.6%	17.5%	17.6%	16.3%	17.4%	18.1%	18.1%	17.4%	18.1%	17.3%	18.6%	15.9%	9.9%	-53.9%
0.92	17.2%	21.1%	17.6%	21.0%	17.1%	17.2%	17.6%	16.3%	17.0%	17.4%	17.3%	19.9%	19.9%	17.3%	15.7%	16.5%	18.4%	17.4%	12.4%	-51.4%
0.93	17.3%	17.3%	17.0%	20.2%	19.2%	17.4%	17.6%	16.4%	18.1%	17.7%	16.4%	16.3%	19.3%	18.1%	16.0%	15.0%	17.8%	18.5%	9.9%	-48.6%
0.94	18.0%	16.4%	16.4%	19.1%	18.7%	17.2%	17.6%	17.4%	19.9%	17.0%	16.8%	17.0%	18.9%	19.6%	15.6%	17.5%	17.8%	18.6%	14.0%	-49.4%
0.95	17.8%	16.5%	17.3%	19.1%	18.3%	17.8%	17.6%	17.4%	16.2%	18.5%	16.7%	18.9%	20.0%	17.9%	17.2%	19.1%	18.1%	18.9%	13.9%	-48.3%
0.96	17.8%	16.5%	16.9%	19.0%	17.9%	17.5%	16.7%	17.0%	16.5%	17.2%	16.8%	19.3%	15.9%	19.2%	18.4%	17.1%	16.7%	18.0%	15.7%	-45.9%
0.97	17.7%	15.9%	16.8%	20.4%	18.5%	18.3%	17.5%	17.3%	17.1%	16.4%	15.3%	19.3%	16.8%	20.8%	17.0%	18.9%	19.2%	18.6%	16.1%	-34.1%
0.98	17.6%	15.6%	16.8%	20.3%	18.0%	18.1%	16.5%	17.7%	15.6%	17.1%	18.5%	16.4%	17.1%	18.8%	18.4%	20.0%	17.4%	16.6%	17.0%	-22.0%
0.99	17.3%	15.2%	16.2%	20.2%	17.5%	17.6%	17.0%	16.7%	16.7%	17.6%	18.1%	20.8%	16.8%	17.8%	17.8%	20.4%	16.8%	16.3%	15.8%	8.6%
1	17.1%	15.9%	16.7%	20.0%	17.1%	17.3%	18.9%	16.8%	16.7%	17.0%	18.2%	13.6%	14.2%	18.9%	17.7%	16.9%	20.3%	20.2%	15.5%	4.8%

f) 6歳のF値のレトロスペクティブバイアス

	$\lambda=0.5$	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
$\eta=0.5$	48.3%	58.1%	56.4%	50.5%	51.8%	45.8%	46.3%	42.1%	41.0%	25.4%	29.5%	27.6%	30.5%	22.0%	27.6%	23.9%	14.1%	-1.1%	-46.4%	660.2%
0.6	48.2%	43.0%	58.0%	49.6%	48.2%	49.3%	42.2%	46.7%	43.1%	38.9%	37.5%	34.1%	31.0%	30.2%	27.4%	28.0%	23.5%	9.1%	-36.9%	-
0.65	48.7%	46.9%	59.5%	57.5%	48.3%	51.5%	44.2%	42.7%	40.8%	42.3%	39.7%	36.5%	31.2%	29.1%	28.0%	29.6%	29.4%	18.4%	-17.8%	334.5%
0.7	42.5%	51.0%	50.6%	56.5%	48.7%	48.0%	45.2%	43.5%	46.3%	38.4%	44.3%	36.8%	31.8%	27.6%	31.8%	35.3%	27.5%	18.0%	8.4%	360.1%
0.75	42.3%	40.6%	50.1%	51.6%	48.5%	47.9%	41.7%	37.5%	47.0%	41.5%	51.1%	38.3%	28.3%	33.8%	33.3%	31.8%	29.5%	25.9%	1.9%	323.3%
0.77	38.6%	40.0%	52.0%	47.8%	48.9%	47.8%	46.0%	61.2%	48.2%	39.2%	47.7%	41.8%	30.1%	39.1%	35.5%	29.9%	29.8%	25.2%	8.1%	-88.1%
0.79	40.3%	41.1%	52.0%	41.4%	50.0%	46.2%	52.9%	50.3%	48.8%	47.8%	48.0%	40.8%	41.7%	40.0%	38.0%	30.2%	34.3%	26.3%	12.5%	-87.4%
0.8	49.8%	41.1%	50.4%	40.5%	50.4%	45.0%	49.9%	50.4%	41.2%	48.0%	43.8%	42.2%	44.5%	38.1%	41.7%	32.0%	35.1%	28.8%	11.7%	-87.2%
0.81	45.6%	41.7%	49.9%	38.8%	50.0%	49.8%	49.3%	48.6%	45.2%	45.4%	43.2%	42.6%	45.7%	38.3%	38.9%	29.5%	36.7%	30.3%	15.3%	-87.0%
0.83	45.8%	51.9%	49.3%	42.2%	47.5%	40.5%	48.8%	55.9%	44.1%	46.0%	41.7%	45.0%	41.5%	42.2%	40.1%	36.0%	37.2%	32.3%	16.0%	-86.5%
0.85	44.3%	47.1%	47.3%	49.0%	49.7%	33.9%	48.4%	52.5%	45.4%	51.0%	41.1%	45.7%	43.2%	41.3%	40.3%	40.9%	33.0%	29.1%		

補足表 6-2. 続き

g) 7歳のF値のレトロスペクティブバイアス

	$\lambda=0.5$	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
$\eta=0.5$	98.7%	18.9%	18.4%	16.3%	15.8%	12.9%	10.3%	8.6%	7.0%	1.8%	1.7%	0.2%	0.9%	-2.8%	-5.0%	-9.8%	-13.5%	-25.6%	-41.2%	379.4%
0.6	115.9%	79.8%	19.1%	17.5%	17.1%	15.1%	12.0%	11.6%	7.8%	4.5%	4.3%	3.0%	2.3%	-0.2%	-2.8%	-6.9%	-19.9%	-39.4%	-	-
0.65	134.6%	92.9%	19.4%	18.1%	17.9%	16.3%	13.5%	12.4%	10.9%	11.7%	5.7%	5.4%	3.7%	2.8%	-0.7%	-0.2%	-2.5%	-13.1%	-24.3%	337.9%
0.7	131.7%	90.0%	19.5%	18.6%	18.7%	17.2%	15.2%	13.7%	11.9%	11.4%	9.0%	6.3%	4.8%	0.7%	0.4%	0.9%	-0.7%	-7.9%	-22.3%	362.6%
0.75	118.4%	77.4%	19.8%	82.5%	19.5%	18.4%	15.4%	13.8%	13.9%	11.9%	10.0%	8.5%	5.5%	4.4%	2.1%	0.3%	0.6%	-2.6%	-24.2%	453.6%
0.77	116.1%	95.3%	19.3%	86.7%	19.9%	18.7%	15.9%	14.8%	14.4%	11.9%	9.9%	9.7%	6.3%	7.0%	4.4%	0.9%	0.6%	-0.8%	-21.4%	-89.9%
0.79	107.8%	94.7%	19.5%	87.6%	20.2%	19.1%	16.8%	15.4%	15.1%	14.0%	10.7%	10.2%	9.1%	8.7%	6.1%	2.5%	4.9%	0.7%	-17.5%	-89.4%
0.8	18.9%	84.9%	19.5%	85.4%	20.3%	19.1%	16.7%	15.8%	14.5%	14.3%	11.2%	11.0%	10.1%	8.9%	7.1%	3.8%	6.1%	1.7%	-15.5%	-89.2%
0.81	18.8%	95.8%	19.6%	96.0%	20.4%	19.6%	17.1%	16.1%	15.3%	14.3%	12.2%	11.6%	10.6%	9.6%	7.5%	3.7%	6.6%	3.0%	-11.9%	-89.0%
0.83	18.8%	19.5%	19.7%	96.9%	20.7%	16.9%	17.0%	16.6%	15.6%	15.2%	12.9%	12.3%	11.9%	11.7%	9.3%	6.7%	5.3%	0.3%	-10.2%	-88.5%
0.85	18.5%	19.5%	20.0%	21.1%	20.6%	15.7%	17.7%	17.0%	16.4%	15.8%	13.6%	14.6%	13.6%	12.7%	10.9%	9.1%	5.4%	6.1%	-8.6%	-85.1%
0.87	21.0%	20.3%	21.1%	21.1%	21.1%	19.5%	18.6%	17.7%	17.3%	16.8%	14.8%	14.5%	14.5%	14.1%	12.6%	9.8%	7.2%	8.7%	-2.1%	-78.8%
0.89	20.8%	20.9%	22.8%	21.3%	21.5%	19.8%	18.9%	18.8%	18.2%	17.9%	15.9%	17.5%	16.0%	14.6%	14.6%	12.0%	10.7%	11.2%	1.7%	-66.0%
0.9	21.0%	21.7%	21.4%	21.4%	21.5%	20.1%	19.1%	18.4%	18.6%	18.2%	15.8%	17.3%	16.6%	15.3%	15.1%	13.4%	11.6%	11.7%	2.7%	-64.3%
0.91	21.1%	22.1%	21.6%	21.5%	21.7%	20.3%	19.5%	19.6%	19.1%	18.1%	17.5%	18.3%	16.7%	16.7%	15.9%	14.3%	12.2%	12.4%	3.6%	-60.8%
0.92	21.3%	22.2%	20.4%	22.3%	21.7%	20.5%	19.7%	19.3%	18.8%	19.0%	17.9%	18.7%	18.3%	17.3%	16.9%	16.7%	13.8%	13.5%	6.6%	-57.2%
0.93	21.4%	20.1%	21.2%	22.6%	21.1%	20.8%	20.0%	19.7%	20.2%	19.3%	18.3%	18.5%	19.2%	17.8%	17.5%	16.5%	15.0%	15.3%	5.9%	-58.1%
0.94	21.7%	20.7%	21.0%	22.9%	21.3%	20.9%	20.3%	20.3%	20.6%	20.0%	19.1%	19.9%	20.0%	18.7%	18.6%	18.4%	16.6%	16.1%	10.3%	-55.9%
0.95	21.6%	20.8%	21.3%	23.2%	21.4%	21.1%	20.7%	20.6%	21.6%	21.1%	19.7%	20.9%	20.9%	19.5%	19.3%	19.7%	17.0%	17.9%	12.5%	-54.7%
0.96	21.8%	20.9%	21.4%	23.4%	21.6%	21.5%	22.1%	20.7%	21.6%	22.0%	20.5%	22.0%	20.3%	21.1%	20.3%	19.8%	18.2%	18.9%	14.9%	-43.2%
0.97	22.0%	20.9%	21.6%	25.8%	21.7%	21.9%	22.7%	21.8%	21.6%	21.9%	21.5%	23.0%	22.0%	22.1%	20.3%	21.7%	21.1%	20.9%	21.1%	-25.2%
0.98	22.1%	20.8%	21.9%	26.3%	22.1%	21.7%	22.9%	21.3%	21.7%	21.9%	23.3%	22.9%	22.6%	22.2%	22.4%	22.6%	22.5%	22.5%	20.7%	-5.9%
0.99	22.4%	20.9%	22.2%	26.7%	21.6%	22.1%	23.2%	22.7%	22.6%	22.6%	23.2%	23.5%	23.8%	22.8%	23.0%	24.0%	24.7%	25.3%	25.8%	-6.1%
1	22.5%	20.9%	22.6%	27.5%	23.2%	22.7%	23.3%	24.3%	24.1%	24.2%	24.2%	27.2%	25.3%	24.7%	25.1%	26.3%	25.6%	28.6%	36.2%	95.2%

h) 8歳のF値のレトロスペクティブバイアス

	$\lambda=0.5$	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
$\eta=0.5$	24.8%	25.0%	22.4%	14.1%	11.7%	5.8%	1.4%	-0.6%	-4.7%	-13.9%	-12.6%	-15.2%	-14.6%	-18.4%	-20.7%	-25.7%	-30.4%	-41.8%	-64.1%	468.3%
0.6	17.9%	28.5%	25.1%	17.5%	14.3%	9.6%	4.1%	3.2%	1.6%	-4.3%	-10.1%	-8.6%	-10.6%	-10.9%	-15.1%	-17.5%	-22.0%	-35.6%	-61.5%	-
0.65	16.4%	22.9%	26.0%	19.3%	16.3%	11.9%	6.9%	5.5%	2.6%	2.8%	-9.1%	-9.1%	-9.2%	-10.6%	-17.1%	-14.0%	-17.3%	-28.9%	-54.1%	411.0%
0.7	18.8%	35.9%	26.5%	20.9%	18.6%	14.0%	10.3%	7.5%	4.0%	2.2%	-3.2%	-10.3%	-8.2%	-14.3%	-14.9%	-12.4%	-15.5%	-22.8%	-38.0%	465.5%
0.75	22.8%	23.8%	28.7%	30.5%	21.3%	16.9%	11.6%	8.1%	7.9%	3.8%	-1.9%	-5.3%	-7.6%	-10.5%	-14.3%	-14.6%	-13.8%	-16.7%	-40.7%	441.5%
0.77	21.3%	20.6%	26.1%	34.1%	22.7%	18.5%	14.8%	13.2%	8.8%	4.0%	-3.1%	-3.6%	-8.3%	-6.8%	-11.1%	-13.9%	-14.7%	-16.1%	-36.6%	-95.8%
0.79	22.8%	23.8%	27.3%	33.9%	24.2%	19.9%	17.1%	13.2%	9.7%	7.2%	-2.0%	-4.3%	-3.4%	-4.7%	-9.1%	-12.0%	-9.0%	-13.9%	-32.6%	-95.4%
0.8	35.0%	27.6%	27.7%	34.5%	24.6%	20.7%	17.8%	13.9%	9.0%	7.9%	-2.1%	-4.0%	-2.3%	-5.0%	-7.6%	-11.7%	-8.1%	-12.2%	-30.3%	-95.3%
0.81	35.7%	22.4%	28.3%	26.6%	25.4%	21.8%	18.3%	14.5%	10.2%	8.7%	1.6%	-3.0%	-2.0%	-4.0%	-7.2%	-10.9%	-7.1%	-11.3%	-26.7%	-95.2%
0.83	36.8%	32.2%	29.8%	30.7%	26.6%	23.0%	18.4%	16.9%	11.8%	10.2%	3.1%	-2.2%	-1.2%	-1.3%	-5.0%	-8.0%	-6.9%	-14.1%	-24.7%	-94.9%
0.85	37.8%	33.5%	31.4%	33.0%	30.8%	24.2%	20.2%	18.3%	13.6%	12.3%	3.9%	1.8%	-0.1%	-3.3%	-4.9%	-11.2%	-8.5%	-23.1%	-94.4%	
0.87	45.4%	38.1%	35.8%	34.6%	31.4%	28.4%	22.5%	21.5%	15.5%	14.3%	7.1%	6.2%	4.6%	2.7%	-1.1%	-4.2%	-9.7%	-4.9%	-17.8%	-93.7%
0.89	47.8%	40.7%	39.1%	40.5%	33.7%	30.9%	25.0%	22.2%	17.9%	17.0%	9.6%	7.2%	9.3%	5.2%	3.0%	-0.9%	-3.6%	-2.6%	-13.2%	-71.0%
0.9	48.7%	41.4%	39.8%	41.5%	35.0%	32.1%	26.8%	23.0%	19.3%	18.3%	9.3%	8.4%	11.9%	6.5%	5.9%	0.0%	-0.6%	-1.9%	-12.2%	-69.3%
0.91	49.9%	43.1%	41.6%	42.7%	36.4%	33.8%	28.4%	25.6%	20.9%	19.4%	12.9%	10.9%	12.5%	8.9%	11.3%	2.2%	-0.6%	0.2%	-11.0%	-67.5%
0.92	51.1%	44.4%	40.4%	32.9%	38.1%	35.4%	30.1%	26.7%	23.4%	21.4%	15.7%	14.0%	13.8%	11.2%	9.7%	9.8%	1.2%	3.9%	-7.6%	-65.6%
0.93	52.4%	43.8%	43.3%	33.4%	37.8%	37.3%	32.0%	28.7%	25.8%	22.6%	17.7%	15.0%	15.0%	9.6%	12.2%	10.9%	5.4%	6.6%	-9.1%	-63.5%
0.94	53.3%	46.3%	45.0%	33.8%	39.8%	39.3%	34.1%	32.1%	28.3%	22.7%	19.5%	17.9%	17.0%	15.8%	14.1%	15.1%	8.1%	8.7%	-4.2%	-65.3%
0.95	54.9%	48.1%	46.6%	36.0%	42.8%	42.0%	36.2%	34.8%	29.8%	26.3%	22.9%	20.9%	17.2%	16.9%	19.1%	19.3%	11.0%	10.8%	-2.0%	-64.5%
0.96	56.5%	50.3%	48.9%	38.5%	45.3%	43.0%	38.6%	38.0%	31.6%	29.9%	26.1%	23.7%	22.2%	19.8%	24.3%	21.0%	12.1%	12.4%	2.6%	-61.7%
0.97	58.5%	52.8%	51.7%	37.4%	48.7%	46.7%	42.6%	41.9%	38.2%	33.5%	30.7%	28.0%	27.3%	26.1%	27.0%	27.4%	22.7%	16.8%	6.3%	-53.4%
0.98	61.0%	55.7%	55.0%	41.0%	52.6%	52.6%	47.1%	46.8%	43.4%	40.3%	34.5%	35.3%	32.4%	36.6%	34.2%	34.6%	26.6%	20.1%	13.1%	-38.8%
0.99	64.1%	59.8%	59.8%	45.9%	58.8%	58.7%	53.7%	54.0%	51.0%	48.1%	45.5%	41.6%	41.8%	45.8%	43.0%	43.8%	36.9%	31.9%	22.7%	-31.6%
1	67.7%	66.0%	65.9%	53.5%	66.8%	69.8%	70.3%	67.2%	67.6%	65.5%	65.8%	63.9%	64.1%	70.4%	70.6%	71.9%	72.8%	74.7%	74.7%	72.0%

i) 9歳のF値のレトロスペクティブバイアス

	$\lambda=0.5$	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
$\eta=0.5$	23.1%	31.1%	28.9%	20.1%	17.4%	10.4%	2.5%	-1.2%	-7.5%	-25.4%	-19.4%	-16.0%	-13.4%	-16.6%	-25.9%	-32.0%	-34.5%	-51.6%	-71.2%	74.5%
0.6	24.7%	26.1%	31.3%	22.0%	20.6%	15.0%	6.5%	4.0%	5.3%	-8.1%	-25.0%	-12.3%	-9.9%	-8.9%	-11.8%	-15.7%	-19.0%	-42.5%	-67.4%	-
0.65	25.8%	21.9%	32.5%	24.4%	22.5%	17.9%	9.6%	6.9%	2.9%	6.6%	-18.8%	-13.2%	-8.6%	-9.0%	-18.9%	-8.6%	-11.9%	-30.9%	-57.8%	58.8%
0.7	26.0%	25.0%	33.5%	25.8%	24.5%	19.9%	13.9%	8.9%	6.0%	8.3%	-3.6%	-21.0%	-9.8%	-23.2%	-16.9%	-9.3%	-7.5%	-14.6%	-39.6%	114.4%
0.75	28.4%	25.0%	35.2%	21.1%	26.8%	22.2%	16.1%	12.7%	10.0%	7.2%	-4.2%	-10.8%	-11.3%	-20.0%	-22.1%	-19.4%	-6.0%	-8.0%	-45.5%	86.4%
0.77	29.2%	25.6%	29.9%	28.5%	2															

補足表 6-2. 続き

j) 親魚量、%SPR、および年齢別 F 値のレトロスペクティブバイアス ρ の絶対値の平均ペナルティの重み λ および η の値を 0.01 刻みで変化させて、親魚量、%SPR、および年齢別 F 値のレトロスペクティブバイアスの絶対値の平均が最小になる値を探索すると、 $\lambda=0.99$ 、 $\eta=0.93$ の場合が最も上記バイアスが小さい。表には、 λ が 1 に近い場合として 0.999 を用いた場合の計算結果も示す。

	$\lambda=0.5$	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.87	0.89	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.999
$\eta=0.5$	38.2%	36.5%	35.5%	29.9%	29.6%	26.3%	24.8%	23.5%	24.7%	21.5%	22.8%	22.6%	23.1%	24.0%	25.4%	25.3%	26.0%	31.0%	120.9%	201.1%
0.6	40.0%	37.6%	36.4%	29.9%	28.9%	27.5%	23.5%	23.9%	24.7%	22.5%	23.2%	22.0%	22.0%	21.9%	22.1%	23.2%	23.8%	26.5%	123.1%	-
0.65	42.4%	36.6%	36.7%	32.0%	29.3%	28.3%	24.3%	23.4%	21.7%	24.1%	21.4%	22.0%	20.9%	20.6%	21.0%	21.7%	23.0%	24.3%	61.3%	146.9%
0.7	40.6%	37.9%	34.5%	31.8%	29.7%	27.8%	25.4%	23.5%	23.6%	22.7%	22.1%	20.4%	19.9%	19.8%	19.9%	20.6%	20.5%	21.2%	26.7%	254.7%
0.75	39.3%	33.4%	34.7%	35.9%	30.1%	28.2%	25.0%	22.9%	24.3%	21.7%	22.2%	20.6%	18.3%	19.9%	20.2%	19.7%	18.7%	20.7%	26.3%	192.9%
0.77	38.5%	34.7%	31.8%	38.6%	30.5%	28.6%	26.6%	29.0%	24.4%	21.3%	21.2%	20.8%	18.8%	19.9%	19.3%	18.2%	18.0%	18.7%	24.8%	3389.6%
0.79	37.9%	35.3%	32.0%	36.7%	31.0%	28.3%	28.6%	26.5%	24.5%	23.8%	20.6%	20.6%	19.9%	19.4%	19.7%	18.0%	18.7%	18.3%	22.7%	2906.1%
0.8	35.3%	34.6%	31.7%	36.4%	30.9%	28.1%	28.0%	26.6%	22.9%	23.8%	19.3%	20.2%	20.1%	18.9%	20.2%	18.2%	18.5%	18.7%	21.4%	2855.6%
0.81	34.2%	35.7%	31.8%	36.7%	30.9%	29.6%	27.9%	26.3%	23.9%	23.4%	19.2%	19.7%	20.2%	18.6%	19.4%	17.4%	18.8%	18.5%	19.8%	2800.7%
0.83	34.5%	33.7%	31.8%	38.0%	30.4%	27.9%	27.8%	28.5%	23.9%	23.4%	18.8%	19.7%	18.6%	18.6%	18.8%	18.0%	17.1%	17.3%	19.0%	2678.9%
0.85	34.3%	32.6%	31.6%	34.7%	32.0%	26.5%	28.0%	27.9%	24.3%	24.9%	18.7%	19.6%	18.5%	18.3%	18.0%	18.2%	17.1%	17.6%	17.2%	1256.3%
0.87	37.3%	35.8%	34.4%	34.5%	31.9%	30.2%	28.6%	32.7%	24.9%	25.4%	19.0%	19.7%	18.8%	17.8%	16.9%	16.4%	16.7%	18.9%	15.4%	853.8%
0.89	36.5%	37.0%	33.0%	38.4%	32.2%	30.8%	29.2%	26.9%	25.6%	25.4%	19.5%	17.6%	21.7%	17.7%	17.7%	15.6%	16.3%	18.5%	15.2%	163.3%
0.9	37.1%	37.7%	33.6%	38.4%	32.7%	30.8%	30.1%	25.9%	25.8%	27.0%	17.6%	18.6%	23.9%	17.8%	18.8%	15.7%	16.7%	20.1%	14.6%	300.6%
0.91	37.7%	38.0%	34.4%	38.7%	33.0%	31.3%	30.4%	28.3%	26.3%	23.8%	20.3%	19.2%	20.9%	18.7%	23.2%	16.3%	16.2%	18.5%	13.9%	215.7%
0.92	38.0%	38.9%	34.3%	28.8%	33.0%	31.6%	30.8%	27.4%	26.4%	25.1%	21.7%	23.0%	23.1%	19.4%	19.7%	20.7%	16.6%	20.4%	15.1%	149.3%
0.93	38.4%	36.0%	33.6%	27.9%	37.1%	32.1%	31.2%	27.8%	27.4%	24.7%	21.2%	19.7%	22.8%	17.8%	20.5%	19.9%	18.5%	21.2%	12.8%	124.2%
0.94	39.5%	34.7%	33.4%	26.5%	36.6%	32.4%	31.6%	29.5%	30.4%	22.5%	21.4%	21.0%	22.8%	21.5%	20.2%	22.7%	18.8%	21.5%	14.8%	186.1%
0.95	39.9%	35.4%	34.6%	26.9%	36.2%	33.8%	31.9%	30.2%	25.6%	25.0%	22.3%	23.2%	20.7%	20.6%	23.4%	25.0%	20.7%	21.3%	14.2%	227.3%
0.96	40.5%	36.1%	35.1%	27.7%	36.0%	33.6%	30.5%	30.5%	26.8%	24.6%	23.0%	23.3%	20.4%	21.7%	26.0%	23.5%	18.8%	20.7%	15.6%	223.6%
0.97	41.0%	37.2%	35.9%	23.6%	38.2%	35.3%	32.3%	31.2%	28.9%	25.0%	22.6%	24.0%	23.1%	24.6%	24.7%	26.8%	25.0%	21.6%	16.2%	196.7%
0.98	42.1%	38.4%	37.1%	24.6%	38.4%	36.9%	32.3%	33.8%	28.4%	27.2%	25.6%	24.1%	25.3%	28.6%	27.8%	28.9%	23.9%	19.7%	17.7%	138.2%
0.99	43.9%	41.0%	38.2%	26.5%	40.9%	38.1%	34.8%	33.8%	31.5%	30.6%	28.4%	25.8%	27.4%	30.1%	29.4%	31.2%	25.1%	22.3%	18.7%	209.9%
1	46.0%	45.8%	43.0%	30.8%	44.3%	44.2%	47.2%	41.0%	38.8%	37.4%	38.6%	34.1%	34.6%	41.7%	39.9%	39.3%	42.2%	40.0%	36.0%	54.9%

※ “-” の計算では推定値が得られなかった

補足表 6-3. 対数尤度と目的関数の関係

a) η を 0.93 として λ を変化させた場合

λ	η	尤度		ペナルティ		目的関数 合計	ペナルティ の割合
		$-\ln L$	$-(1-\lambda)\ln L$	$\lambda \times (F_3^2 \times \eta)$	$\lambda \times \sum 4^9 (F_a^2 \times (1-\eta))$		
0	0.93	85.0071	85.0071	0.0000	0.0000	85.0071	0%
0.1	0.93	85.0071	76.5064	0.0003	0.0034	76.5100	0%
0.2	0.93	85.0071	68.0057	0.0006	0.0067	68.0130	0%
0.3	0.93	85.0071	59.5050	0.0009	0.0101	59.5160	0%
0.4	0.93	85.0071	51.0043	0.0013	0.0134	51.0190	0%
0.5	0.93	85.0072	42.5036	0.0016	0.0167	42.5219	0%
0.6	0.93	85.0074	34.0030	0.0019	0.0200	34.0248	0%
0.7	0.93	85.0079	25.5024	0.0022	0.0231	25.5277	0%
0.8	0.93	85.0093	17.0019	0.0025	0.0261	17.0305	0%
0.9	0.93	85.0165	8.5016	0.0028	0.0284	8.5328	0%
0.91	0.93	85.0185	7.6517	0.0028	0.0285	7.6830	0%
0.92	0.93	85.0213	6.8017	0.0028	0.0286	6.8331	0%
0.93	0.93	85.0252	5.9518	0.0028	0.0286	5.9832	1%
0.94	0.93	85.0308	5.1019	0.0028	0.0286	5.1333	1%
0.95	0.93	85.0395	4.2520	0.0029	0.0284	4.2833	1%
0.96	0.93	85.0540	3.4022	0.0028	0.0281	3.4331	1%
0.97	0.93	85.0812	2.5524	0.0028	0.0275	2.5828	1%
0.98	0.93	85.1449	1.7029	0.0027	0.0264	1.7320	2%
0.99	0.93	85.3810	0.8538	0.0025	0.0237	0.8800	3%
0.999	0.93	91.0102	0.0910	0.0010	0.0113	0.1033	12%

補足表 6-3. 対数尤度と目的関数の関係 (続き)

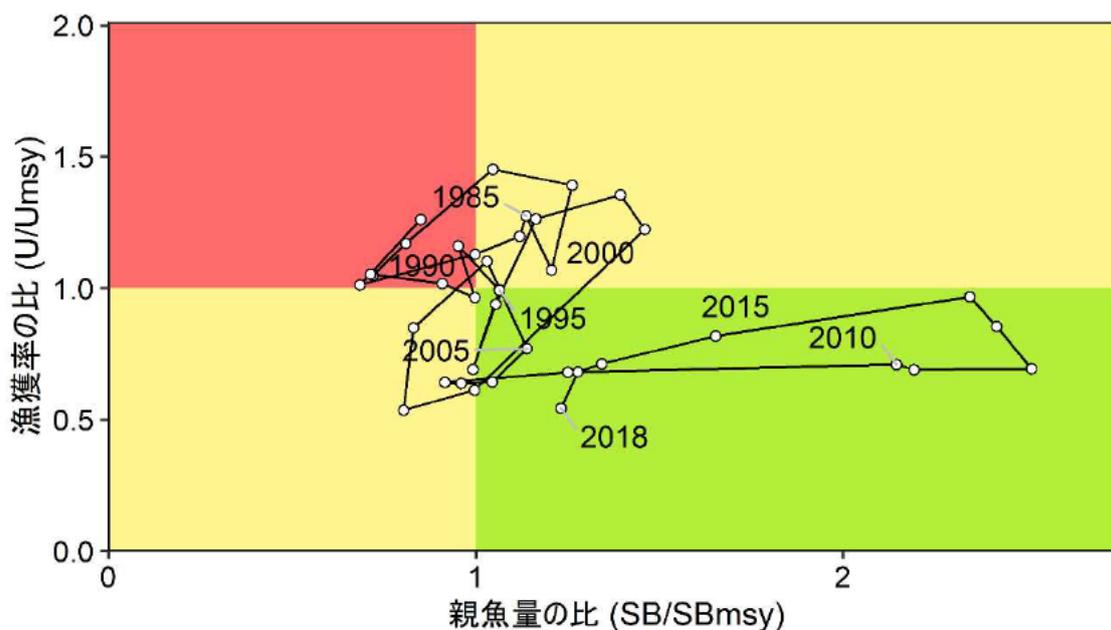
b) λ を 0.99 として η を変化させた場合

λ	η	尤度		ペナルティ		目的関数 合計	ペナルティ の割合
		$-\ln L$	$-(1-\lambda)\ln L$	$\lambda \times (F_3^2 \times \eta)$	$\lambda \times \sum_4^9 (F_a^2 \times (1-\eta))$		
0.99	0	92.5396	0.9254	0.0000	0.1343	1.0597	13%
0.99	0.1	91.8128	0.9181	0.0003	0.1278	1.0462	12%
0.99	0.2	91.0729	0.9107	0.0007	0.1206	1.0320	12%
0.99	0.3	90.3181	0.9032	0.0009	0.1126	1.0167	11%
0.99	0.4	89.5474	0.8955	0.0012	0.1037	1.0004	10%
0.99	0.5	88.7611	0.8876	0.0015	0.0936	0.9827	10%
0.99	0.6	87.9613	0.8796	0.0017	0.0821	0.9634	9%
0.99	0.7	87.1535	0.8715	0.0019	0.0686	0.9420	7%
0.99	0.8	86.3509	0.8635	0.0022	0.0522	0.9179	6%
0.99	0.9	85.5882	0.8559	0.0024	0.0314	0.8897	4%
0.99	0.91	85.5173	0.8552	0.0024	0.0289	0.8865	4%
0.99	0.92	85.4482	0.8545	0.0025	0.0264	0.8833	3%
0.99	0.93	85.3810	0.8538	0.0025	0.0237	0.8800	3%
0.99	0.94	85.3162	0.8532	0.0025	0.0209	0.8766	3%
0.99	0.95	85.2543	0.8525	0.0025	0.0180	0.8731	2%
0.99	0.96	85.1960	0.8520	0.0026	0.0149	0.8694	2%
0.99	0.97	85.1423	0.8514	0.0026	0.0116	0.8657	2%
0.99	0.98	85.0947	0.8509	0.0026	0.0081	0.8617	1%
0.99	0.99	85.0564	0.8506	0.0026	0.0043	0.8575	1%
0.99	1	85.0370	0.8504	0.0027	0.0000	0.8530	0%

補足資料 7 漁獲割合に基づく神戸プロット

MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と漁獲割合 (Umsy) を基準にした神戸プロットを下図に示す。本系群における親魚量は 2009 年漁期以降、SBmsy を上回る。漁獲割合 (U) は 2005 年漁期以降、Umsy を下回る (補足図 7)。なお、2018 年漁期の資源を Fmsy で漁獲した場合の U は 23% である。

項目	値	備考
SBmsy	220 千トン	最大持続生産量を実現する親魚量
Umsy	18%	最大持続生産量を実現する漁獲割合
U2018	10%	2018 年漁期の漁獲割合
U2018/ Umsy	0.527	最大持続生産量を実現する漁獲割合に対する 2018 年漁期の漁獲割合の比



補足図 7. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) および MSY を実現する漁獲割合 (Umsy) に対する、親魚量および漁獲割合の関係 (神戸プロット)