

令和 2（2020）年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：北海道立総合研究機構中央水産試験場、北海道立総合研究機構函館水産試験場、北海道立総合研究機構稚内水産試験場、青森県産業技術センター水産総合研究所、秋田県水産振興センター、山形県水産試験場、新潟県水産海洋研究所、富山県農林水産総合技術センター水産研究所、石川県水産総合センター、海洋生物環境研究所

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値（調査船調査による現存量推定値）をチューニング指数としたコホート解析により推定した。資源量（2歳以上の総重量）、親魚量は1990年漁期（4月～翌年3月）に資源量868千トン、親魚量342千トンとなったが、その後は2000年代前半にかけて長期間減少傾向が続いた。2000年代後半以降の資源は増減しつつ低い水準に留まっていたが、資源量は2014年漁期以降、親魚量は2015年漁期以降増加傾向を示し、2019年漁期の資源量は154千トン、親魚量は56千トンであった。豊度が高い2015、2016、2018、2019年級群等の加入により、今後も資源量および親魚量の増加が期待される。これらの豊度の良い年級群を取り残し、親魚量を増大させることが本資源の回復にとって重要である。

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」において、本系群の再生産関係にはホッケ・スティック型が適用されている。最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SB_{msy}）は、適用した再生産関係に基づき382千トンと推定された。この基準に従うと、本系群の2019年漁期の親魚量は、MSYを実現する水準を下回る。また、漁獲圧はMSYを実現する水準の漁獲圧（F_{msy}）を下回る。親魚量の動向は近年5年間（2015～2019年漁期）の推移から「増加」と判断される。

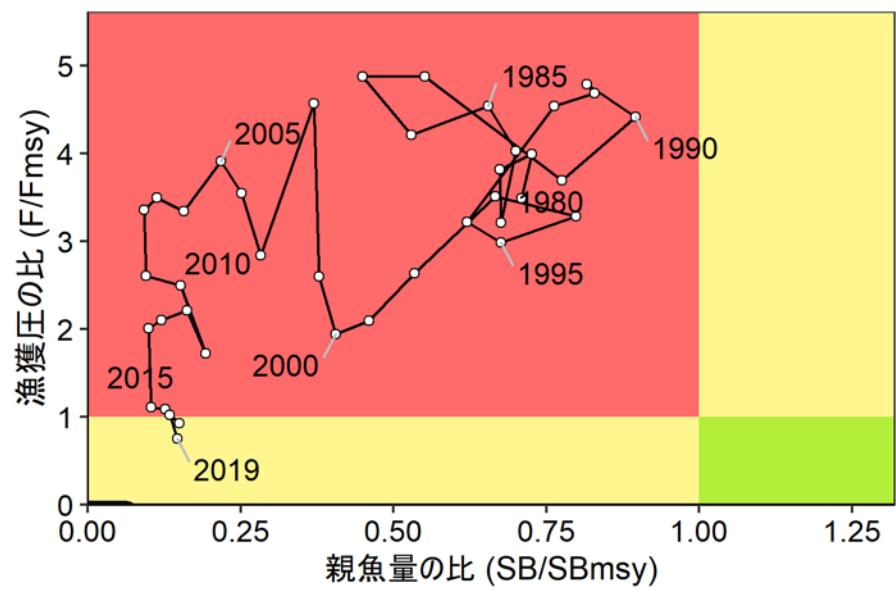
本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した。

項目	値	説明
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	382 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧(漁獲係数 F) (2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) =(0.02, 0.04, 0.07, 0.09, 0.13, 0.14, 0.15, 0.12, 0.12)	
%SPR (Fmsy)	60%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	43 千トン	最大持続生産量 MSY
2019 年漁期の親魚量と漁獲圧		
SB2019	56 千トン	2019 年漁期の親魚量
F2019	2019 年漁期の漁獲圧(漁獲係数 F) (2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) =(0.01, 0.01, 0.03, 0.12, 0.12, 0.12, 0.12, 0.12, 0.12)	
%SPR (F2019)	66%	2019 年漁期の%SPR
%SPR (F2015-2019)	60%	現状(2015～2019 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		
SB2019/ SBmsy	0.15	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2019 年漁期の親魚量の比
F2019/ Fmsy	0.76	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2019 年漁期の漁獲圧の比*

*2019 年漁期の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率

再生産関係：ホッケー・スティック型（自己相関なし）

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



漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2016	81	48	6.0	1.09	7
2017	102	57	5.3	0.93	5
2018	145	51	5.6	1.02	4
2019	154	56	5.2	0.76	3
2020	175	92	6.7	0.63	4
2021	204	121	—	—	—

2020 年漁期の漁獲量は TAC 数量とした。2020、2021 年漁期の資源量、親魚量は将来予測に基づいた推定値である。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・漁期年別 漁獲尾数	主要港漁業種別水揚量（北海道～石川（7）道県） 北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 日本海区沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 体長-年齢測定調査（北海道、水研）
資源量指数 ・親魚量 ・仔稚魚現存量	日本海スケトウダラ新規加入量調査（産卵親魚分布調査）（10 月、北海道） ・計量魚探、トロール* 日本海スケトウダラ新規加入量調査（檜山海域漁期中調査）（12 月、北海道） ・計量魚探 日本海スケトウダラ新規加入量調査（仔稚魚分布調査）（4 月、北海道） ・計量魚探、フレームトロール* すけとうだら音響調査（5 月、水研） ・計量魚探、トロール 日本海スケトウダラ新規加入量調査（未成魚分布調査）（8～9 月、北海道） ・計量魚探、トロール*
自然死亡係数（M）	年当たり $M=0.25$ (2 歳は 0.3) 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） 沖底漁業者へのアンケート/聞き取り調査（水研） 檜山沿岸延縄努力量（北海道） 沿岸漁業者への聞き取り調査（北海道、水研）

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

日本海スケトウダラ新規加入量調査における各調査については、本文中では括弧内の調査名のみ示す。本系群の漁期は 4 月～翌年 3 月であり、年齢の起算日は 4 月 1 日としている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群は能登半島からサハリンの西岸にかけて分布しているが、近年の主分布域は北海道沿岸となっている（図 2-1）。雄冬沖から利尻、礼文島までの海域と武蔵堆海域が未成魚の生育場とされており、かつては 0～2 歳の若齢個体が武蔵堆周辺に高密度に分布していた（佐々木・夏目 1990）。その後、武蔵堆周辺における分布量は大きく減少したと考えられている（三宅 2008）が、近年では武蔵堆周辺にも若齢個体が多く分布しているとの情報（美坂 2016）もある。現在の資源状態において、日ロ双方の水域間における資源の交流は少な

いと考えられ、日本およびロシアは、各々の水域に分布する魚を利用している状況にあると考えられる。

(2) 年齢・成長

1995～2002 年の 3～5 月の沖底および松前の刺し網漁獲物測定資料より算出した、本系群の年齢と尾叉長および体重の関係を図 2-2 に示す。本系群のスケトウダラは、成熟が本格化する 4 歳以降の体長が他の 3 資源評価群（千村ほか 2020、石野ほか 2020、境ほか 2020）に比べてやや小型である。寿命は不明であるが、10 歳以上の個体も採集されている。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

雌個体の年齢と成熟率の関係を図 2-3 および補足表 2-1 に示す。成熟率は 2007～2013 年漁期（4 月～翌年 3 月、以下同じ）の 11 月～翌年 1 月の沖底とえびこぎ網漁業の漁獲物の測定結果から算出した。本系群の成熟は満 3 歳から始まり（約 30%）、満 5 歳でほぼ全ての個体が成熟する。主要な産卵場は岩内湾および檜山海域の乙部沖である（三宅 2008）。以前は檜山沿岸、岩内湾、石狩湾、雄冬沖、武蔵堆、利尻島・礼文島周辺に産卵場があったとされていたが（田中 1970、辻 1978）、現在は雄冬以北では産卵場は確認されていない（三宅ほか 2008）。産卵期は 12 月～3 月で、盛期は 1～2 月である（田中・及川 1968、Tsuji 1990、前田ほか 1989）。

(4) 被捕食関係

日本海におけるスケトウダラ成魚の索餌期は主に初夏から秋季であり、主要な餌生物は端脚類やオキアミ類である（小岡ほか 1997、Kooka et al. 2001）。その他にイカ類、環形動物、小型魚類、底生甲殻類などさまざまなものを捕食している。魚類による被食に関する情報は不明であるが、海獣類の餌料として重要であると考えられており（Ohizumi et al. 2000）、キタオットセイやトドなどによる被食が知られている。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群は、沖底、延縄、刺し網などの漁業によって漁獲されており、主漁場は北海道西部日本海海域（以下、「道西日本海」という）である。檜山～後志地方沿岸では沿岸漁業によって産卵場に来遊する成魚が漁獲され、石狩湾以北の海域（積丹岬北～武蔵堆周辺）では、沖底によって 6～9 月にある禁漁期を除き周年漁獲が行われている。韓国漁船による操業は 1987 年漁期から 1998 年漁期にかけて道西日本海で行われていたが、1999 年漁期以降は行われていない。

(2) 漁獲量の推移

本系群の 1970 年漁期以降の漁場別、漁業種類別（北海道海域のみ）の漁獲量の推移を図 3-1 と表 3-1 に示す。漁獲量は 1970 年漁期から 1992 年漁期まで 83.7 千～168.9 千トンの範囲で増減を繰り返していたが、1993 年漁期以降減少傾向にある。2008 年漁期以降の漁獲量

は TAC（2008 年漁期は 20.0 千トン、2009、2010 年漁期は 16.0 千トン、2011～2014 年漁期は 13.0 千トン、2015 年漁期は 7.4 千トン、2016 年漁期は 8.3 千トン、2017～2019 年漁期は 6.3 千トン）を下回る水準で推移している。2019 年漁期の漁獲量は 5.2 千トンであり、1970 年漁期以降最も少なかった。2015 年漁期以降は TAC 数量の削減に併せた操業調整が特に顕著に行われており、これが漁獲量の少なかった主な要因と考えられる。本州日本海北部海域の漁獲量は 1970 年代後半より徐々に減少して 2016 年漁期以降は 0.1 千トンを下回っており、2019 年漁期の漁獲量は 0.04 千トンであった。

年齢別漁獲尾数を図 3-2 と補足資料 5 に示す。1990 年漁期前後の漁獲量の多かった時期は、3～5 歳魚が漁獲の大部分を占めていたが、1997 年漁期以降 3～5 歳魚の割合は減少した。漁獲量の増加が見られた 2001、2002 年漁期は 1998 年級群が 3 歳魚および 4 歳魚として多く漁獲されたが、2003 年漁期以降の漁獲物に 1998 年級群はそれほど出現しなかった。2008 年漁期には 2006 年級群の 2 歳魚が多く漁獲され、2009 年漁期以降も 2006 年級群が漁獲物の主体であった。2014 年漁期以降は 2012 年級群が漁獲物に占める割合が増加し、2015～2018 年漁期は 2012 年級群が漁獲物の主体であった。2019 年漁期は尾数、重量共に 7 歳（2012 年級群）に加えて 4 歳（2015 年級群）の割合が高かった（補足資料 5）。

(3) 漁獲努力量

本系群に対する漁獲努力量は長期的に減少傾向にあり、現在は非常に低い水準である（補足資料 3）。道西日本海で操業する沖底船の許可隻数（小樽から稚内までを根拠地とする道内船）は、1980 年代には 79 隻であったがその後大幅に減少し、2014 年 11 月以降は 100 トン以上のかけまわし船 9 隻とオッタートロール船 1 隻の計 10 隻のみであった。日別船別漁区別の操業データのうちスケトウダラが漁獲物の 5 割以上を占める操業をスケトウダラ狙いとした場合、100 トン以上のかけまわし船によるスケトウダラの漁獲の大半はスケトウダラ狙いの操業によるものである（補足表 3-2）。スケトウダラ狙いの曳網回数は 1990 年代後半以降減少傾向にあり、1996 年漁期は 6.6 千網であったが 2008 年漁期以降は 1 千網を下回り、2019 年漁期は 0.3 千網であった（補足表 3-2）。また 100 トン以上のかけまわし船におけるスケトウダラの漁獲がなかった曳網も含めた全曳網回数は、1999 年漁期までは 20 千網以上、2007 年漁期までは 10 千網以上であり、2008～2014 年漁期においても 7.0 千～9.8 千網で推移していたが、2015 年漁期に 4.4 千網へ急減した。全曳網回数は 2019 年漁期においても 4.6 千網であり、沖底の操業の規模は縮小したままであると考えられる。

沿岸漁業においても各地域で操業に関する調整が行われ、努力量は減少している。沿岸漁業のうち、詳細な情報が得られている檜山沿岸 4 地区における延縄漁業の漁獲量、漁獲努力量（出漁隻数）を補足図 3-2、3-3 および補足表 3-4 に示す。出漁隻数を 1 隻あたりの使用縄数で補正して示すと、2019 年漁期の出漁隻数（212 隻）は 2018 年漁期の 2 倍強であったが、1998 年漁期（5,373 隻）の 4%であった。

4. 資源の状況

(1) 資源評価の方法

Pope (1972) の式を用いたチューニング VPA により 2 歳以上の年齢別資源尾数・重量を推定した（補足資料 1、2）。計算には 1980 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、親魚量指標値としては産卵親魚分布調査による 10 月時点の現存量推定値（図 4-1、補足資料 4-（1））を、加入量指標値としては仔稚魚分布調査における 0 歳魚の現存量推定値および未成魚分布調査における 1 歳魚の現存量推定値（図 4-2、補足資料 4-（3）、4-（4））を用いた。最近年の漁獲係数は調査現存量に合わせた値を探索的に求め、ここで年齢別 F の推定値を安定化させるため、F 値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）を最近年の 5 歳以上の選択率については一定であるとして適用した。自然死亡係数 M については 2 歳では 0.3、3 歳以上では 0.25 とした。なお、韓国による漁獲があった年については年齢別漁獲尾数に韓国漁船の漁獲分を上積みした。韓国漁船の漁獲物の年齢組成は、漁場が重複することから日本の沖底船と同じ組成とした。

（2）資源量指標値の推移

本系群の資源量指標値としては音響資源調査による現存量推定値が得られている（図 4-1、4-2、補足資料 4）。産卵親魚分布調査で推定された 10 月における親魚現存量は 2008 年まで減少傾向にあったが、2006 年級群が成熟したことで 2009、2010 年に増加した（図 4-1、補足資料 4-（1））。2013 年以降は 59～65 千トンで推移したが、2018 年以降増加して 2019 年の親魚現存量は 2010 年並みの 90 千トンであった。2018 年以降の親魚現存量の増加は 2015 年級群が成熟したことが寄与したと考えられる。0～2 歳魚を対象とした仔稚魚分布調査および未成魚分布調査の結果からは、2006、2012、2015、2016 年級群が高い豊度である一方、2007～2009、2011、2013、2014、2017 年級群は低豊度であると考えられる（図 4-2、補足資料 4-（3）、4-（4））。2020 年漁期以降に漁獲加入する年級群については、2018 年級群は 0 歳魚、1 歳魚共に現存尾数が多く、高豊度であると考えられる（補足資料 4-（3）、4-（4））。0 歳時点の情報のみであるが、2019 年級群の現存尾数は非常に多く、2020 年級群の現存尾数も比較的多い（補足資料 4-（3））。

（3）資源量と漁獲圧の推移

チューニング VPA によって推定した漁獲対象となる 2 歳以上の年齢別資源尾数、および資源量、親魚量の推移を図 4-3、4-4 と表 4-1 に示す（詳細は補足資料 5）。

資源量は、1987～1992 年漁期に 712 千～868 千トンと高い水準にあったが、その後減少して、2007 年漁期は 88 千トンとピーク時の 1 割程度であった。2008 年漁期は 2006 年級群の加入により 125 千トンに増加したが、その後 2007～2009 年級群の加入が少なかったことなどから 2013 年漁期まで減少した。2014 年漁期以降は、2012、2015、2016 年級群の加入により増加して 2019 年漁期の資源量は 154 千トンであった。

親魚量は、1989～1996 年漁期に 237 千～342 千トンと高い水準にあったが、その後減少し、2008 年漁期には 35 千トンとピーク時の 1 割程度であった。その後 2006 年級群の加入により 2011 年漁期にかけて増加し、2012 年漁期以降は再び減少したが、2015 年漁期以降再び増加傾向を示して 2019 年漁期は 56 千トンであった。

1980 年級群以降の各年級群について、再生産成功率（RPS；加入尾数と親魚量に対する加入量の比）の推移を図 4-5 に示す。なお本系群は漁獲対象となるのが 2 歳以降であるため、2 歳時点の資源尾数を加入尾数とした。RPS は 1989 年級群以降低い値で推移していたが、

近年では 2006、2015、2016 年級群の RPS は 1980 年代に見られたような高い値であった。ただし近年は親魚量が低水準であるため、これらの年級群の加入尾数は 2.4～4.0 億尾であり、1980 年代の加入が良かった年級群に比べるとかなり少ない。また、2007、2008、2009、2013、2014、2017 年級群は加入量が 0.5 億尾を下回る非常に低い水準であった。このような低水準の加入を避けるとともに再生産に好適な環境の年により良好な加入が得られるように、親魚量を十分増大させることが資源回復を図る上で重要である。

2 歳の M (0.3) と 3 歳以上の M (0.25) をともに上下 0.05 の範囲で変化させた場合、2019 年漁期の資源量、親魚量、加入量はいずれも M の値が大きくなると増加し、小さくなると減少した (図 4-6)。

年齢別の漁獲係数 F の推移では、F 値は年齢ごとに変動パターンが異なるが (図 4-7)、2015 年漁期以降はすべての年齢において低い値で推移している。漁獲割合 (図 4-8) は 2002～2007 年漁期に 18～24%と高かったが、その後減少して 2014 年漁期以降は 10%未満で推移しており、2019 年漁期は 3%と 1980 年漁期以降最も低い値であった。

昨年度評価以降の年齢別漁獲尾数および資源量指標値データの追加・更新に伴い、今年度評価では、2018 年漁期と 2019 年漁期の資源量が昨年度評価からそれぞれ 34 千トン、48 千トン下方修正された。2019 年漁期の親魚量は昨年度評価の予測値から 8 千トン下方修正された。また、2015～2019 年漁期の加入量は昨年度評価から 14 百万～133 百万尾下方修正された。なお、今年度の資源量計算方法は昨年度と同じである。

項目	値	説明
SB2019	56 千トン	2019 年漁期の親魚量
F2019	2019 年漁期の漁獲圧 (漁獲係数 F) (2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上) =(0.01, 0.01, 0.03, 0.12, 0.12, 0.12, 0.12, 0.12, 0.12)	
U2019	3%	2019 年漁期の漁獲割合

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

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量 (SPR) を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図 4-9 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。2014 年漁期以前は概ね 20～40%で推移したが、2015 年漁期以降では 57%以上で推移している。2019 年漁期は 66%であった。現状の漁獲圧として近年 5 年間 (2015～2019 年漁期) の平均 F 値から %SPR を算出すると 60%であった。

現状の漁獲圧に対する YPR と %SPR の関係を図 4-10 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」において最大持続生産量 MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた値 (山下ほか 2019) を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は %SPR に換算すると 60%に相当する。現状の漁獲圧 (F2015-2019) は F0.1、F30%SPR を大きく下回り、Fmsy もわずかに下回る。

項目	値	説明
%SPR (F2019)	66%	2019 年漁期の%SPR
%SPR (F2015-2019)	60%	現状 (2015～2019 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 4-11 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にはホッケー・スティック型関係式が適用されている（山下ほか 2019）。ここで、再生産関係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。再生産式の各パラメータは下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッケー・スティック型	最小二乗法	無	1.806	341,742	0.812

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

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在（1980 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（山下ほか 2019）を下表に示す。

項目	値	説明
SBmsy	382 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F） （2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10 歳以上） = (0.02, 0.04, 0.07, 0.09, 0.13, 0.14, 0.15, 0.12, 0.12)	
%SPR (Fmsy)	60%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	43 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 4-12 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、2017、2019 年漁期に Fmsy を下回っており、2019 年漁期の F は Fmsy の 0.76 倍である。また、本系群における親魚量は、全期間において SBmsy を下回っており、2019 年漁期の親魚量は SBmsy の 0.15 倍である。親魚量の動向

は、近年 5 年間（2015～2019 年漁期）の推移から増加と判断される。

項目	値	説明
SB2019/ SBmsy	0.15	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2019 年漁期の親魚量の比
F2019/ Fmsy	0.76	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2019 年漁期の漁獲圧の比*

* 2019 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 を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
親魚量の動向	増加

5. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1987～1992 年漁期に 712 千～868 千トンと高い水準にあったが、その後減少して、2007 年漁期には 88 千トンとピーク時の 1 割程度となった。その後は高豊度年級群が断続的に発生したことによって増加傾向を示し、2019 年漁期は 154 千トンであった。親魚量も同様に、1989～1996 年漁期に 237 千～342 千トンと高い水準にあったが、その後減少して 2008 年漁期には 35 千トンとピーク時の 1 割程度となった。2016 年漁期以降増加傾向を示し、2019 年漁期は 56 千トンであった。

2019 年漁期の親魚量は MSY を実現する水準を下回るものの、その動向は近年 5 年間（2015～2019 年漁期）の推移から増加と判断される。漁獲圧は近年低下傾向にあり、2017、2019 年漁期は MSY を実現する水準を下回った。

6. その他

沖底と沿岸漁業者は、両者間での資源管理協定に基づき、未成魚保護のため体長制限（体長 30 cm または全長 34 cm）を下回る小型魚がスケトウダラ漁獲物の 20%を超える場合は漁場移動等の措置をとっている。さらに沖底では、資源回復計画の取り組みとして平成 20～21（2008～2009）年に講じた①スケトウダラを目的とした操業隻日数の削減割合を 2 割へ拡大、②体長制限により漁場を移動する際の範囲を「他の漁区」へと明確化、③漁場を移動した後も同様に小型魚が 2 割を超える場合には当該航海の残りの操業においてスケトウダラを目的とする操業を自粛、④スケトウダラの 1 日の総水揚げ量が 800 トンを超えた場合は翌操業日におけるスケトウダラを目的とする操業の自粛などの自主的に講じる措置を平成 22（2010）年以降も引き続き実施している。沿岸漁業では、産卵場に禁漁区を設けているほか、檜山海域では産卵直前から産卵期に現れる透明卵の出現状態に応じて漁を切り上げるなど、親魚の保護と産卵の助長を図っている。また直近の状況として、2015、2016 年級群等の加入により、今後も親魚量の増加が期待されている。本系群では資源の回復が求められているが、このためにはこれらの豊度の良い年級を取り残し、親魚量を確実に増大させ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, The University of South Carolina Press, 545-565.
- 千村昌之・境 磨・山下夕帆・石野光弘・濱津友紀 (2020) 令和元 (2019) 年度スケトウダラ根室海峡の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価 <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201910.pdf> (last accessed 11 August 2020)
- 石野光弘・境 磨・千村昌之・山下夕帆・濱津友紀 (2020) 令和元 (2019) 年度スケトウダラオホーツク海南部の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価 <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201911.pdf> (last accessed 11 August 2020)
- 小岡孝治・高津哲也・亀井佳彦・中谷敏邦・高橋豊美 (1997) 北部日本海中層に生息するスケトウダラの春季と秋季における食性. 日水誌, 63, 537-541.
- Kooka, K., A. Wada, R. Ishida, T. Mutoh, K. Abe and H. Miyake (2001) Summer and winter feeding habits of adult walleye pollock in the offshore waters of western Hokkaido, northern Japan Sea. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn., 60, 25-27.
- 前田辰昭・中谷敏邦・高橋豊美・高木省吾・梶原善之・目黒敏美 (1989) 北海道南西部の日本海岸におけるスケトウダラの回遊について. 水産海洋研究, 53, 38-43.
- 美坂 正 (2016) 日本海スケトウダラ復活の3つの鍵. 試験研究は今 No.810. 北海道立総合研究機構水産研究本部. <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima810.pdf> (last accessed 20 August 2019)
- 三宅博哉 (2008) 音響学的手法を用いたスケトウダラ北部日本海系群の資源動態評価と産卵場形成に関する研究. 北海道大学博士号論文, 136pp.
- 三宅博哉・板谷和彦・浅見大樹・嶋田 宏・渡野邊雅道・武藤卓志・中谷敏邦 (2008) 卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状. 水産海洋研究, 72, 265-272.
- Ohizumi, H., T. Kuramochi, M. Amano and N. Miyazaki (2000) Prey switching of Dall's porpoise *Phocoenoides dalli* with population decline of Japanese pilchard *Sardinops melanostictus* around Hokkaido, Japan. Mar. Ecol. Prog. Ser., 200, 265-275.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., 74, 2427-2436.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using Cohort Analysis. Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish., 9, 65-74.
- 境 磨・山下夕帆・千村昌之・石野光弘・成松庸二・貞安一廣 (2020) 令和元 (2019) 年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価. 令和元年度我が国周辺水域の漁業資源評価 <http://abchan.fra.go.jp/digests2019/details/201912.pdf> (last accessed 11 August 2020)
- 佐々木正義・夏目雅史 (1990) 武蔵堆およびその周辺水域におけるスケトウダラ若年魚の分布. 日水誌, 56, 1063-1068.
- 田中富重 (1970) 北部日本海海域におけるスケトウダラの漁業生物学的研究 1 集団行動と構造についての一考察. 北水試研報, 12, 1-11.
- 田中富重・及川久一 (1968) 昭和 45 年度岩内漁場のスケトウダラ調査について 産卵群の

- 分布様式. 北水試月報, 28(6), 2-8.
- 辻 敏 (1978) 北海道周辺のスケトウダラの系統群について. 北水試月報, 35(9), 1-57.
- Tsuji, S. (1990) Alaska pollack population, *Theragra chalcogramma*, of Japan and its adjacent waters, II: Reproductive ecology and problems in population studies. Mar. Behav. Physiol., 16, 61-107.
- 稚内・中央・函館水産試験場 (印刷中) スケトウダラ (日本海海域). 2020 年度資源評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部.
- 山下夕帆・境 磨・千村昌之・石野光弘 (2019) 平成 31 (2019) 年度スケトウダラ日本海北部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_n.pdf (last accessed 15 October 2019)

(執筆者：千村昌之、山下夕帆、境 磨、石野光弘、千葉 悟、濱津友紀)

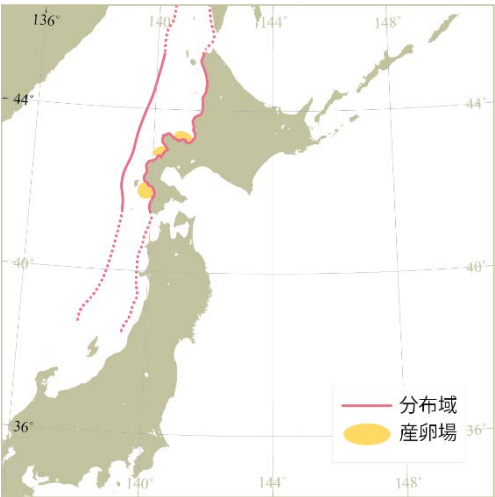


図 2-1. スケトウダラ日本海北部系群の分布域と産卵場

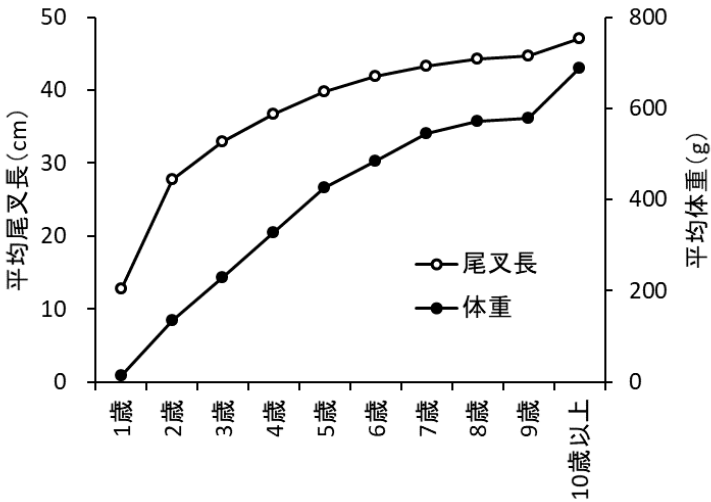


図 2-2. 年齢と成長（10 歳以上は平均値を示す）

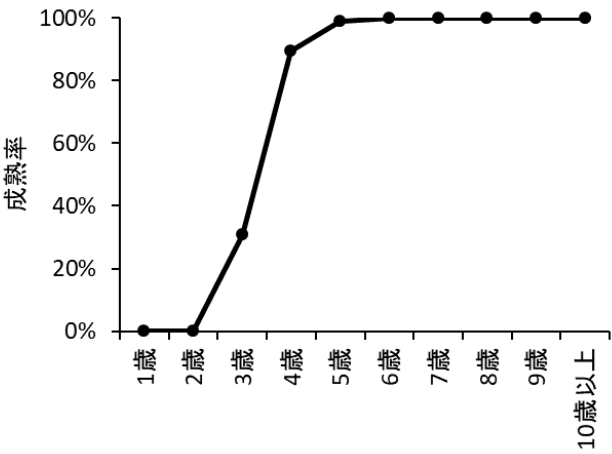


図 2-3. 年齢と産卵期における雌個体の成熟率

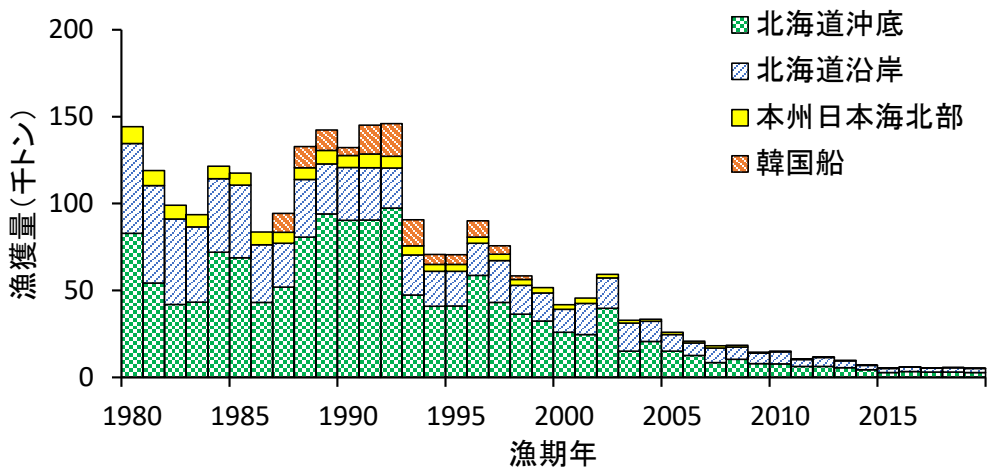


図 3-1. 漁獲量の推移

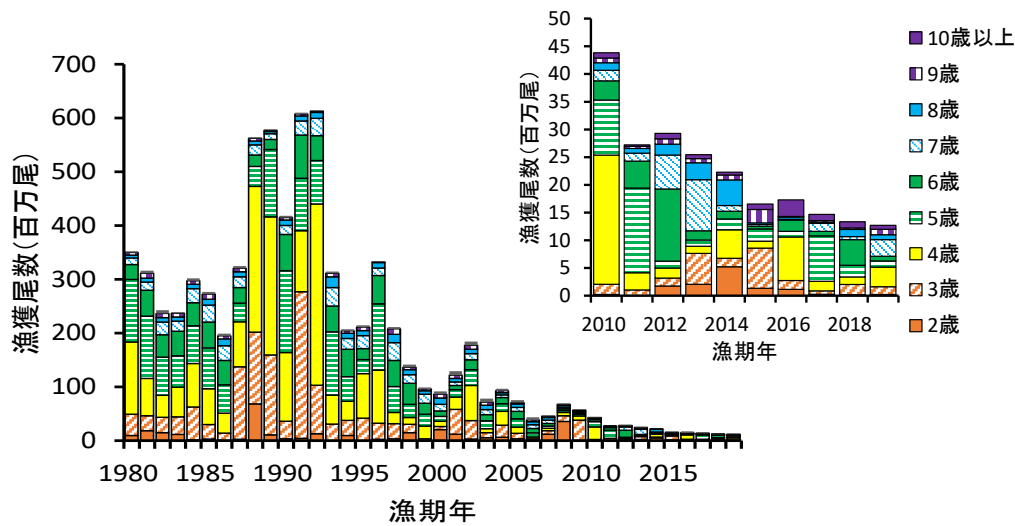


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移 右上に 2010 年漁期以降を拡大した図を示す。

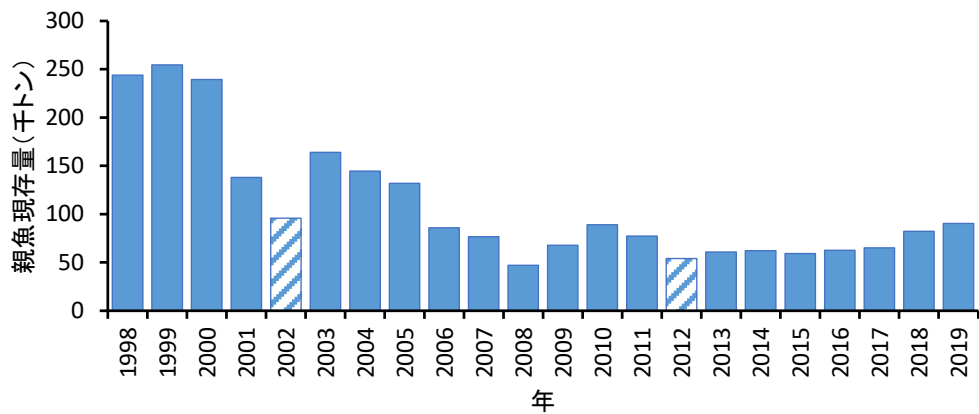


図 4-1. 親魚量指標値の推移 日本海スケトウダラ新規加入量調査（産卵親魚分布調査）における親魚の現存量推定値。2002 年と 2012 年は天候不良により十分な調査面積を確保できなかったため参考値とし、資源計算からは除外した（稚内・中央・函館水産試験場（印刷中）の図を改変）。

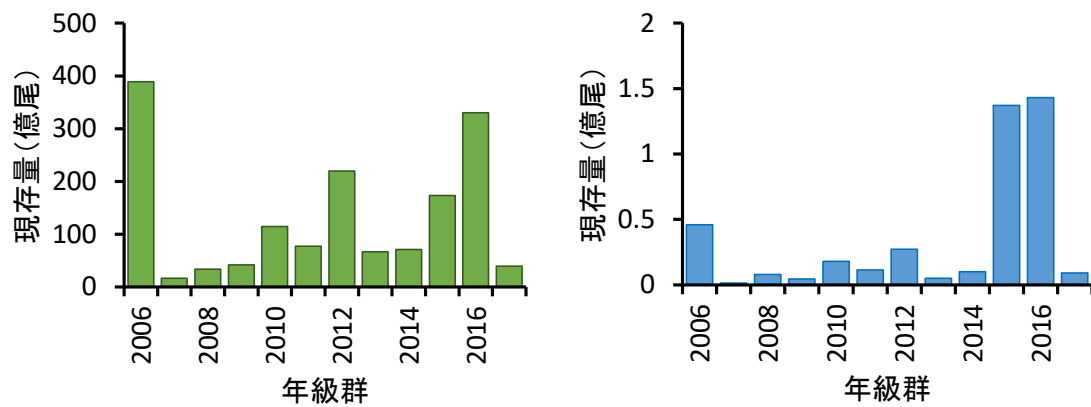


図 4-2. 加入量指標値の推移 日本海スケトウダラ新規加入量調査 (仔稚魚分布調査 (左) および未成魚分布調査 (右)) における現存量推定値 (稚内・中央・函館水産試験場 (印刷中) の図を改変)。

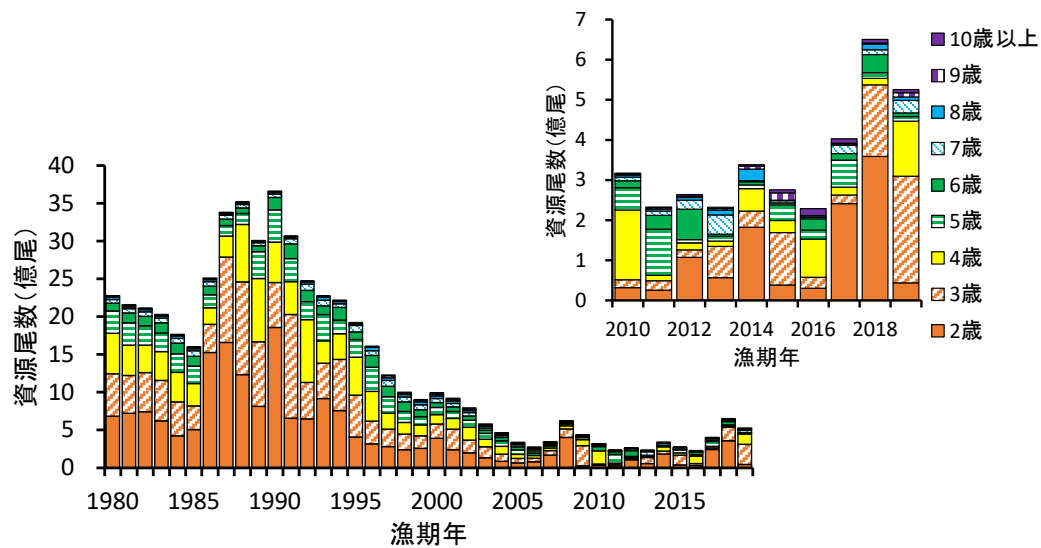


図 4-3. 年齢別資源尾数の推移 右上に 2010 年漁期以降を拡大した図を示す。

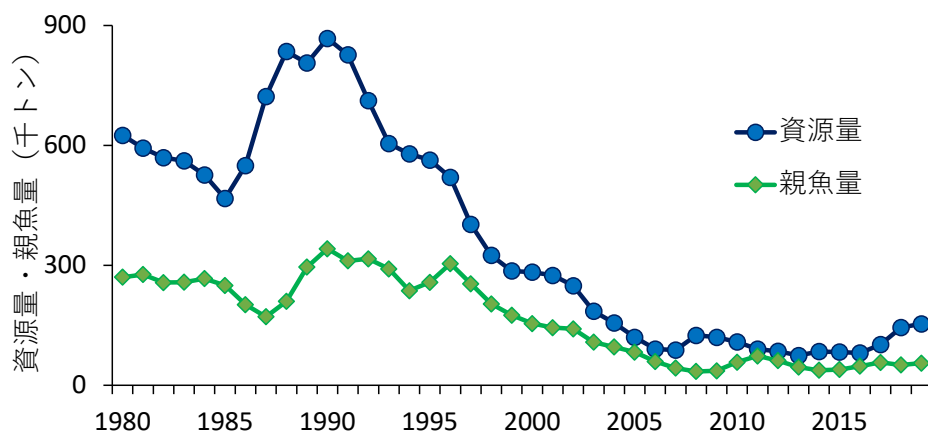


図 4-4. 資源量と親魚量の推移

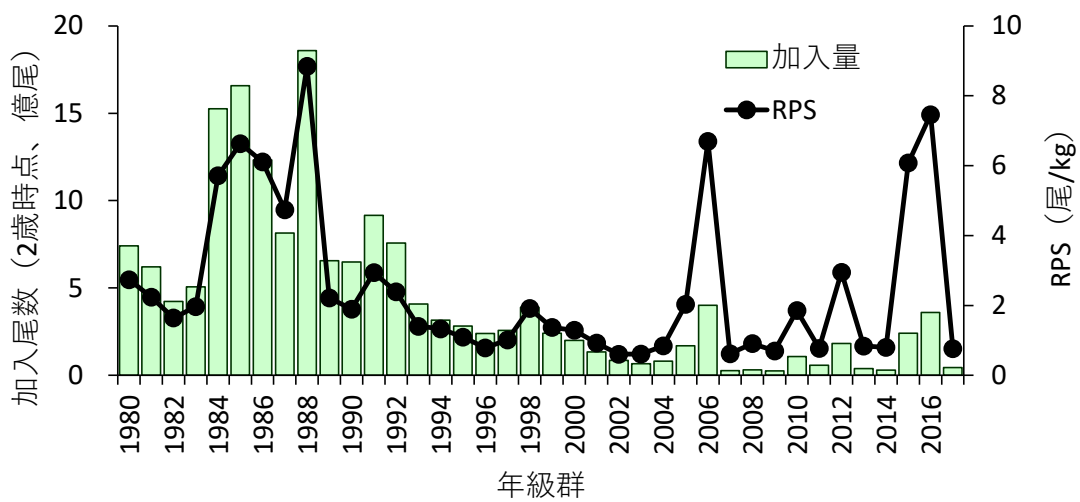


図 4-5. 加入量と再生産成功率 (RPS) の推移

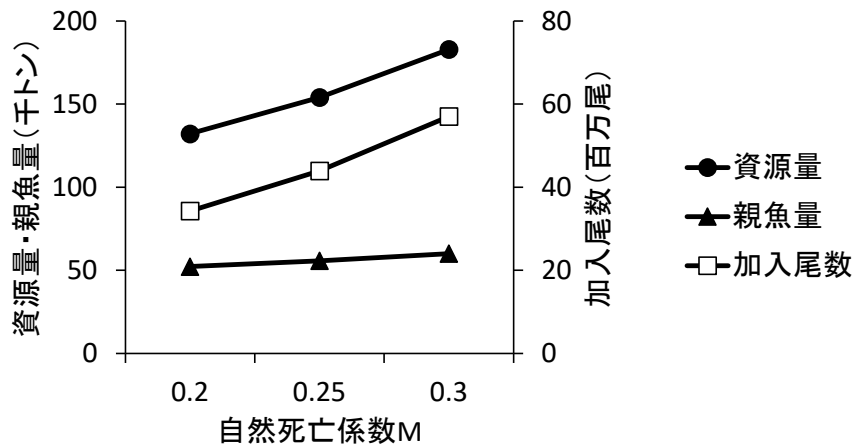


図 4-6. M の値を変化させた場合の 2019 年漁期の資源量、親魚量と加入量の変化
M は 3 歳以上の値を示す。2 歳の M はこの値に 0.05 を加算したものである。

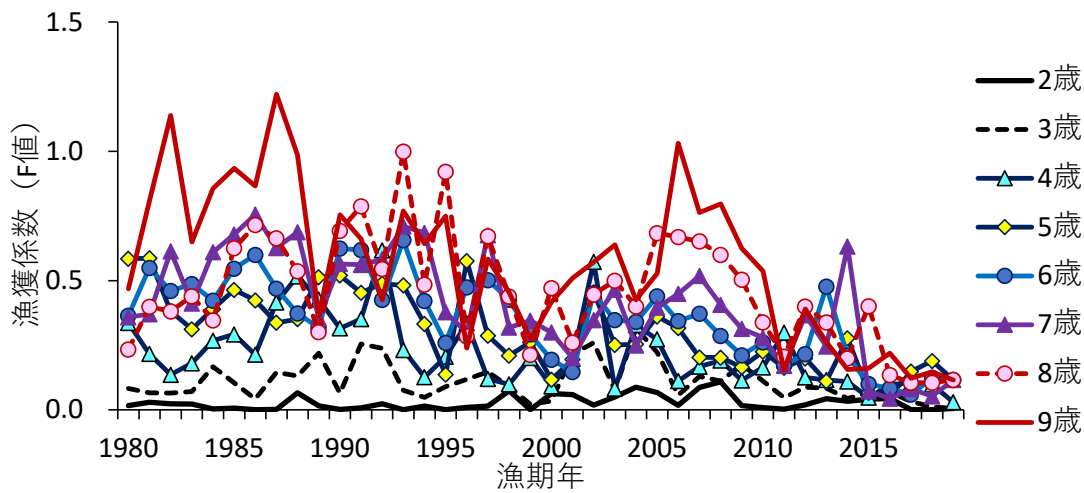


図 4-7. 各年齢の F の経年推移 10 歳以上の F は 9 歳と同じである。

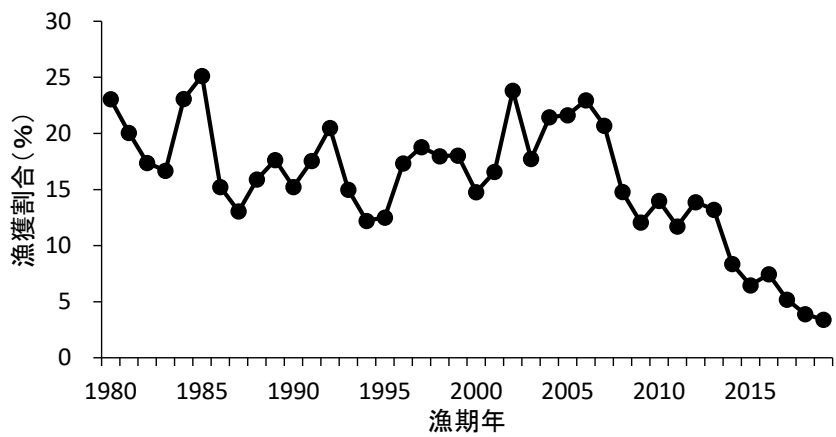


図 4-8. 漁獲割合の推移

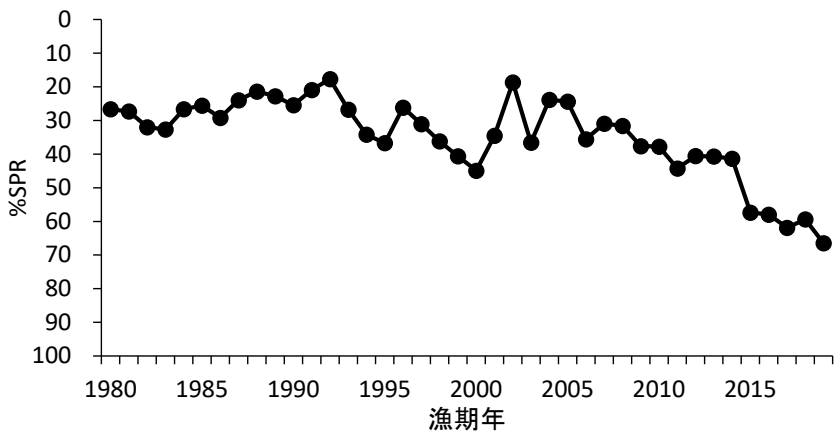


図 4-9. %SPR 値の推移

%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。

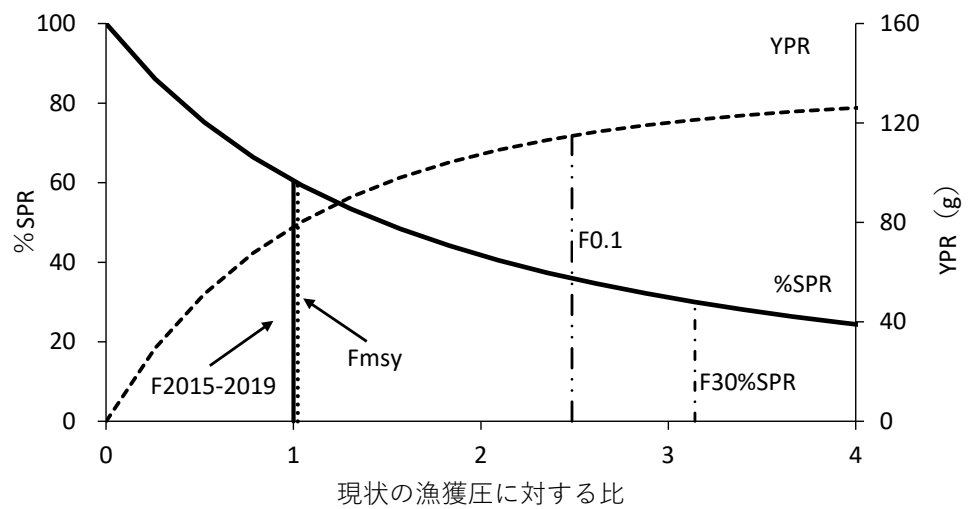


図 4-10. 現状の漁獲圧（F2015-2019）に対する YPR と %SPR の関係

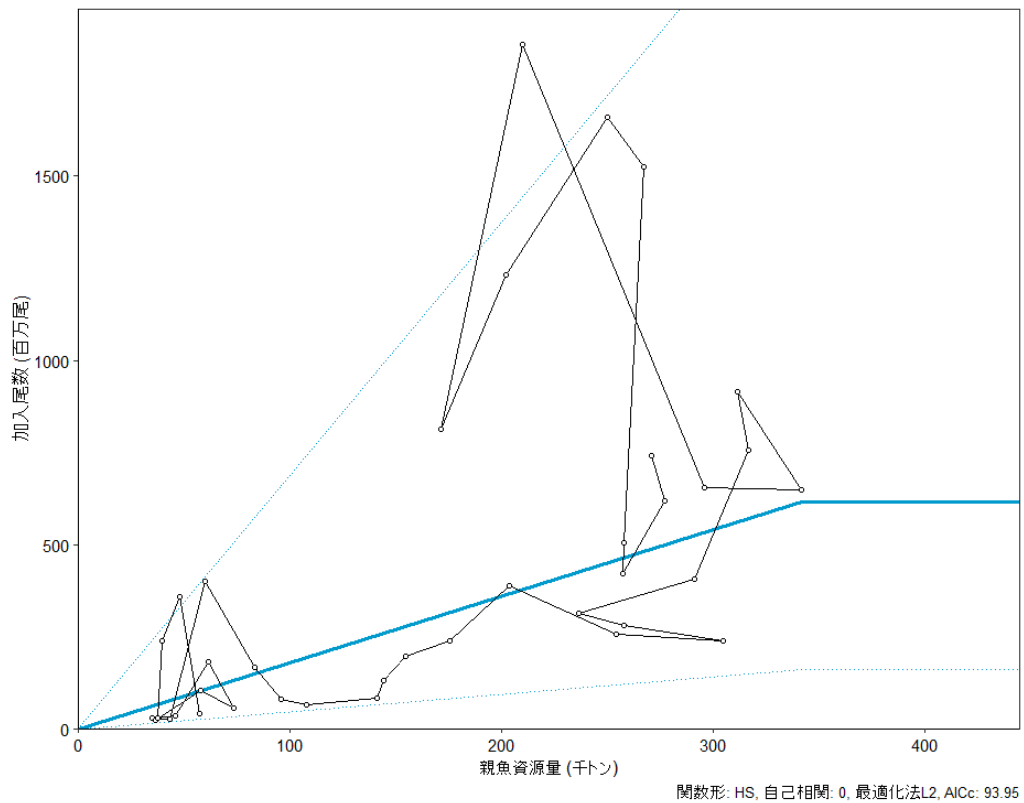


図 4-11. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 青線は平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（山下ほか 2019）で適用された再生産関係式。点線は観察データの 90%が含まれると推定される範囲を示す。

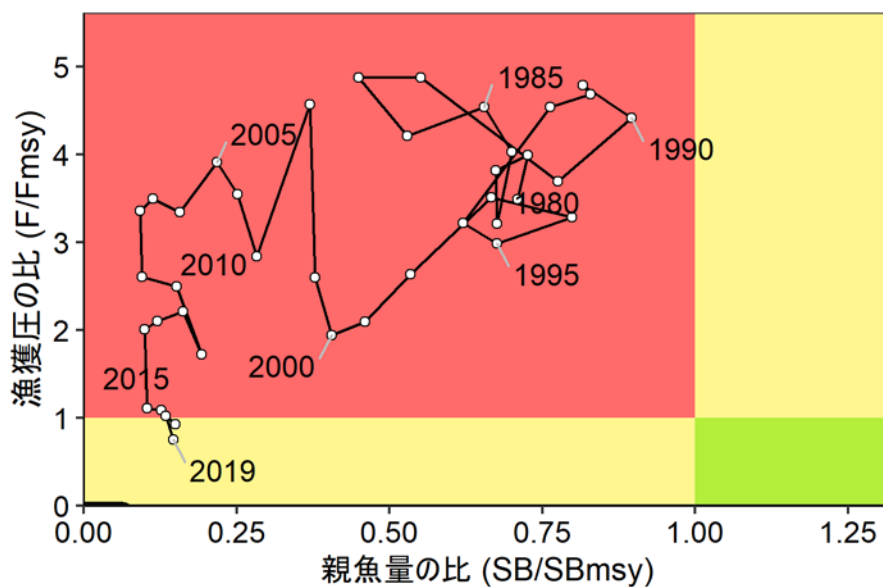


図 4-12. 最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）と MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）に対する、親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

表 3-1. スケトウダラ日本海北部系群の漁獲量（トン）

漁期年	日本海北部系群合計	北海道日本海				本州日本海北部
		海域計	沖合底びき網	沿岸漁業	韓国漁船	
1970	111,254	92,482	58,803	33,679	-	18,772
1971	102,946	90,275	57,018	33,257	-	12,671
1972	154,926	137,935	107,074	30,861	-	16,991
1973	136,332	108,327	80,518	27,809	-	28,005
1974	112,174	86,188	63,248	22,940	-	25,986
1975	143,159	121,748	100,056	21,692	-	21,411
1976	112,584	94,373	69,914	24,458	-	18,211
1977	119,961	102,077	51,789	50,288	-	17,884
1978	158,045	148,936	93,058	55,878	-	9,109
1979	168,909	159,827	102,903	56,924	-	9,082
1980	144,205	134,560	82,928	51,632	-	9,645
1981	119,043	110,266	54,341	55,925	-	8,777
1982	99,036	91,092	41,969	49,123	-	7,944
1983	93,666	86,614	43,278	43,335	-	7,052
1984	121,527	114,229	71,997	42,232	-	7,298
1985	117,468	110,676	68,874	41,802	-	6,792
1986	83,665	76,363	43,140	33,224	-	7,302
1987	94,351	77,254	51,936	25,318	10,804	6,293
1988	132,809	113,846	80,777	33,069	12,186	6,777
1989	142,245	122,858	94,019	28,838	11,635	7,752
1990	132,251	120,762	90,429	30,333	4,677	6,812
1991	145,042	120,605	90,502	30,103	16,451	7,986
1992	146,028	120,443	97,459	22,984	18,786	6,799
1993	90,678	70,487	47,386	23,102	15,011	5,180
1994	70,734	61,045	41,018	20,027	5,774	3,915
1995	70,557	61,033	41,116	19,917	5,540	3,984
1996	90,154	77,175	58,693	18,482	9,384	3,595
1997	75,712	67,265	43,158	24,107	4,857	3,590
1998	58,447	52,957	36,430	16,527	2,119	3,371
1999	51,627	48,535	32,482	16,053	-	3,092
2000	41,847	39,157	25,952	13,204	-	2,690
2001	45,616	42,603	24,646	17,957	-	3,013
2002	59,359	57,309	39,733	17,576	-	2,050
2003	32,896	31,267	15,209	16,058	-	1,629
2004	33,492	32,291	20,717	11,574	-	1,201
2005	26,022	24,646	15,134	9,511	-	1,376
2006	20,873	19,883	12,605	7,278	-	991
2007	18,244	16,870	8,506	8,364	-	1,374
2008	18,516	17,550	10,383	7,168	-	965
2009	14,533	13,970	7,894	6,075	-	564
2010	15,187	14,662	7,768	6,894	-	525
2011	10,637	10,248	6,395	3,853	-	389
2012	11,813	11,524	6,375	5,150	-	289
2013	9,888	9,553	5,595	3,957	-	335
2014	7,085	6,858	4,484	2,374	-	227
2015	5,389	5,233	2,814	2,420	-	156
2016	6,041	5,966	3,387	2,579	-	74
2017	5,315	5,281	3,093	2,187	-	34
2018	5,640	5,616	3,095	2,521	-	24
2019	5,241	5,197	2,768	2,428	-	44

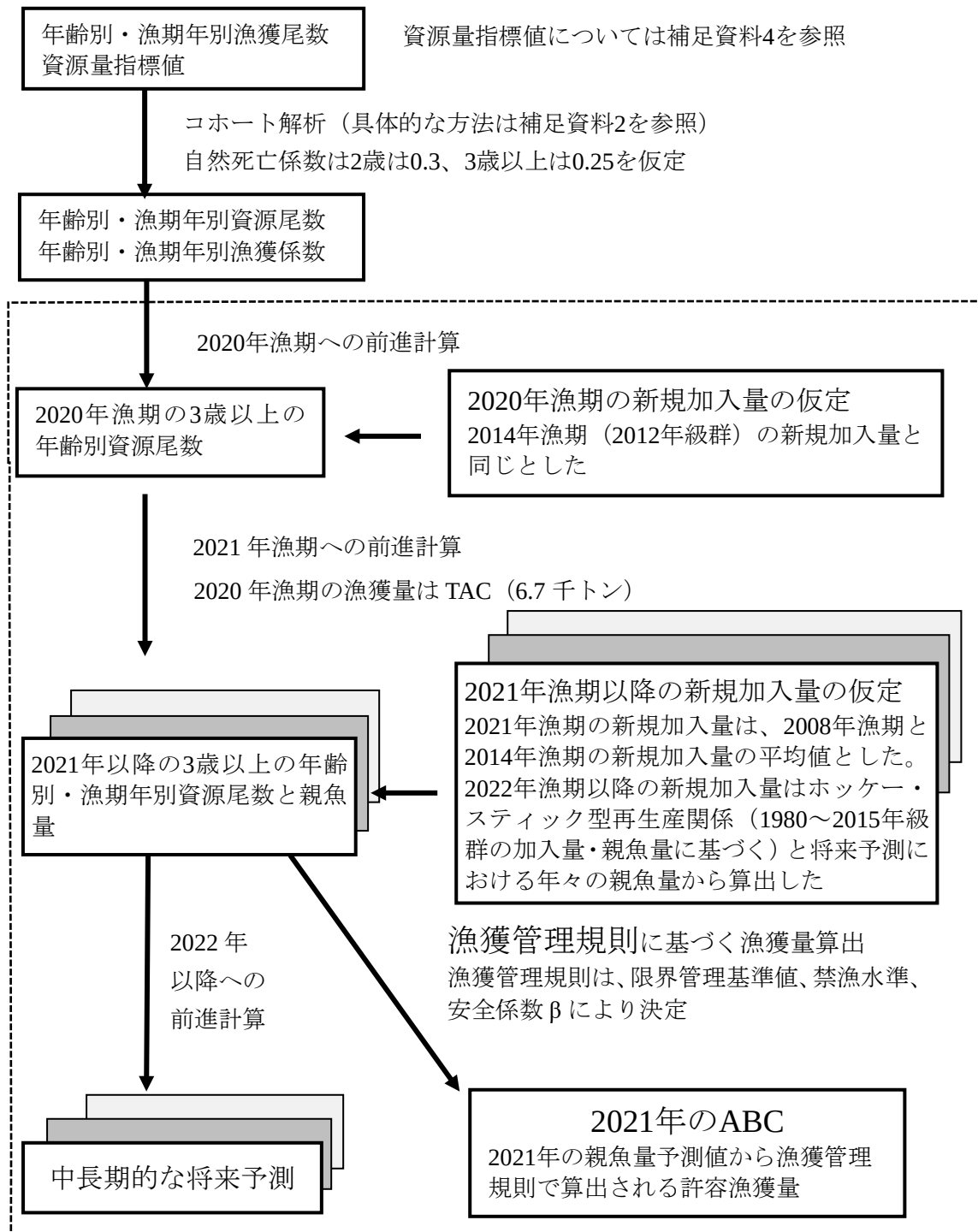
北海道における沿岸漁業漁獲量の集計範囲は稚内市から福島町まで。2002 年漁期以前の
本州日本海北部は年計。2018、2019 年漁期は暫定値。

表 4-1. スケトウダラ日本海北部系群の資源解析結果

漁期年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	2歳時加入尾数 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1980	144,205	625,355	270,570	741	23	2.74
1981	119,043	593,173	277,112	621	20	2.24
1982	99,036	569,662	257,149	422	17	1.64
1983	93,666	561,521	257,924	507	17	1.97
1984	121,527	526,554	267,099	1,526	23	5.71
1985	117,468	467,476	249,990	1,658	25	6.63
1986	83,665	549,703	201,830	1,233	15	6.11
1987	94,351	722,398	171,594	814	13	4.74
1988	132,809	835,017	210,110	1,858	16	8.84
1989	142,245	806,215	295,857	655	18	2.21
1990	132,251	867,859	341,743	648	15	1.90
1991	145,042	826,580	311,391	916	18	2.94
1992	146,028	712,371	316,383	757	20	2.39
1993	90,678	604,658	291,215	409	15	1.40
1994	70,734	578,948	236,624	315	12	1.33
1995	70,557	563,737	257,806	281	13	1.09
1996	90,154	520,130	304,515	240	17	0.79
1997	75,712	402,812	254,223	257	19	1.01
1998	58,447	325,178	203,690	390	18	1.91
1999	51,627	286,228	175,562	241	18	1.37
2000	41,847	283,222	154,532	199	15	1.29
2001	45,616	275,224	144,239	133	17	0.92
2002	59,359	249,320	141,211	85	24	0.60
2003	32,896	185,548	108,023	66	18	0.61
2004	33,492	156,144	96,054	81	21	0.84
2005	26,022	120,264	83,276	169	22	2.03
2006	20,873	90,884	59,861	401	23	6.70
2007	18,244	88,149	43,190	27	21	0.62
2008	18,516	125,189	34,896	32	15	0.91
2009	14,533	120,434	36,478	26	12	0.70
2010	15,187	108,545	57,863	107	14	1.85
2011	10,637	90,754	73,490	57	12	0.77
2012	11,813	85,110	61,763	182	14	2.95
2013	9,888	74,854	45,770	38	13	0.84
2014	7,085	84,654	37,907	30	8	0.80
2015	5,389	83,302	39,666	241	6	6.08
2016	6,041	81,068	48,099	359	7	7.46
2017	5,315	102,170	57,271	44	5	0.77
2018	5,640	144,681	51,149	—	4	—
2019	5,241	154,001	55,688	—	3	—

漁獲量、資源量、親魚量、漁獲割合の漁期年は、表 3-1 の漁獲統計あるいはコホート解析結果の漁期年と対応するが、2 歳加入尾数と再生産成功率（2 歳加入尾数÷親魚量）は、0 歳時の漁期年にずらして表示した。2018、2019 漁期年に発生した年級群は 2019 漁期年末時点ではまだ漁獲対象資源に加入していないため「—」で示す。

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の議論をふまえて作成される。http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html

補足資料 2 資源量計算方法

スケトウダラ日本海北部系群の年齢別漁獲尾数および漁獲物の年齢別平均体重は、漁期年ごとの漁獲量と各月の漁獲物の年齢組成から北海道立総合研究機構水産研究本部の担当水産試験場が算出した値をもとに本州日本海側および韓国の漁獲を反映させて求めた（韓国による漁獲は 1987～1998 年漁期のみ）。年齢分解が困難な 10 歳以上はプラスグループ（10+と表記）としてまとめた。

年齢別資源尾数、資源重量、漁獲係数は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、2 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。自然死亡係数 M は、2 歳では 0.3、3 歳以上では 0.25 とした。チューニングには親魚量の指標値および加入量の指標値を用いた。

親魚量の指標値としては、産卵親魚分布調査の結果（図 4-1、補足資料 4- (1)）を用いた。ここで、天候不良により十分な調査面積を確保できなかった 2002 年および 2012 年の現存量推定値はチューニングからは除外した。加入量の指標値としては 2007～2017 年（2006～2016 年級群）の未成魚分布調査の 1 歳魚現存量（図 4-2、補足資料 4- (4)）および 2006～2016 年の仔稚魚分布調査の 0 歳魚現存量（図 4-2、補足資料 4- (3)）を用いた。最近年の F 値については、親魚量および加入量の変化が調査で得られた現存量の変化と最も近くなるよう年齢別の F 値をリッジ VPA (Okamura et al. 2017) の手法に基づくペナルティを課し探索的に求めた。ただし、探索的に求めた F 値は、特に資源尾数が少ない年齢においては数値の誤差が大きくなることが懸念されており、操業実態などからこれらの変動は妥当性が低いと考えられたため、最近年の 5 歳魚以上については F 値を一定（選択率=1）とした（山下ほか 2019）。

資源量推定の具体的な計算式は以下の通りである。

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。

9 歳および 10+歳の資源尾数はそれぞれ(2)、(3)式により求めた。

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

$$N_{10+,y} = \frac{C_{10+,y}}{C_{9,y} + C_{10+,y}} N_{10+,y+1} \exp(M_{10+}) + C_{10+,y} \exp\left(\frac{M_{10+}}{2}\right) \quad (3)$$

最近年 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 (4) 式より求めた。

$$N_{a,Y} = \frac{C_{a,Y} \exp\left(\frac{M_a}{2}\right)}{(1 - \exp(-F_{a,Y}))} \quad (4)$$

各年の親魚量 SSB_y は (5) 式により求めた。

$$SSB_y = \sum_{a=2}^{10+} N_{a,y} \times m_{fa-1} \times w_a \quad (5)$$

ここで、 m_{fa} は a 歳の雌個体の成熟率、 w_a は a 歳の体重である。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 月は産卵期の終了直後である。そのため、親魚量を計算する際は、各漁期年の初期資源量と補足表 2-1 の雌個体の成熟率を 1 歳分高齢にずらした値（例えば、4 歳には 3 歳の成熟率を適用）の積により親魚量を算出した。

漁獲係数 F の計算は、最高齢（10+）の F と最近年の F 以外は (6) 式により求めた。

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

10+ の F は 9 歳の F と等しいとした。

漁期年別年齢別の選択率（ある年におけるプラスグループの F の値で、その年の各年齢の F を除した値）はここで得られた漁期年別年齢別 F から求めた。

最近年（2019 年漁期）の漁獲係数については、リッジ VPA（Okamura et al. 2017）の手法を用いて推定した。ただし、探索的に求めた F 値は数値の誤差が大きくなることが懸念されていることから、最近年の 5 歳以上については F 値を一定とした（山下ほか 2019a）。産卵親魚分布調査（補足資料 4-（1））から得られた親魚現存量、仔稚魚分布調査（補足資料 4-（3））から得られた 0 歳魚現存尾数、および未成魚分布調査（補足資料 4-（4））から得られた 1 歳魚現存尾数を用い、これら資源量指標値への適合度とペナルティとして F の 2 乗値を重み付けした目的関数（7 式）を最小にする年齢別 F 値を探索的に求めた。

$$(1 - \lambda) \times \sum_k \sum_y \left[W_k \times [\ln(I_{k,y}) - \ln(q_k N_y)]^2 \right] + \lambda \times \sum_{a=2}^9 (F_{a,Y})^2 \quad (7)$$

ここで、 λ はペナルティの重み（ $0 \leq \lambda < 1$ 、詳細は後述）、 W_k は資源量指標値 k の重み、 $I_{k,y}$ は資源量指標値 k の y 年の値、 q_k は資源量指標値 k と資源との比例係数、 N_y は資源量指標値 k に対応する VPA の y 年の値、 $F_{a,y}$ は最近年（2019 年漁期）の a 歳の F 値である。資源量指標値の重み W_k については、親魚量指標値は 10、加入量指標値は 1 とした。

比例係数 q_k はチューニングに使用した調査の年数を T 年とすると (8) 式により求められる。

$$q_k = \exp\left(\frac{\sum \ln\left(\frac{I_k}{N_y}\right)}{T}\right) \quad (8)$$

親魚量指標値は 10 月時点での現存量であるため、これと対応する資源量は (9) 式により求めた。

$$SSB_{octy} = \sum_{a=2}^{10+} N_{a,y} \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \times m_a \times w_a \quad (9)$$

ここで、 m_a は a 歳の雌雄込みの成熟率（補足表 2-2）である。

各調査現存量と推定された資源量の推移および残差は補足図 2-1 に示した。

λ については (10) 式で求まる親魚量のレトロスペクティブバイアス (ρ) が 0 に最も近くなる値とした。

$$\rho = \sum_{i=1}^P \left(\frac{SSB_{Y-i}^{Ri} - SSB_{Y-i}}{SSB_{Y-i}} \right) \quad (10)$$

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 年分を用いた。 SSB_{Y-i}^{Ri} は i 年分のレトロスペクティブ計算の最終年の親魚量、 SSB_{Y-i} は最近年（2019 年漁期）までのデータを用いた計算における 2019- i 年の親魚量である。

なお推定において、 F の最大値は過去年の最高値から 1.5 に制限した。 ρ と λ の関係の概略は補足表 2-3 に示す。親魚量以外の ρ については (10) 式に準じて算出した。

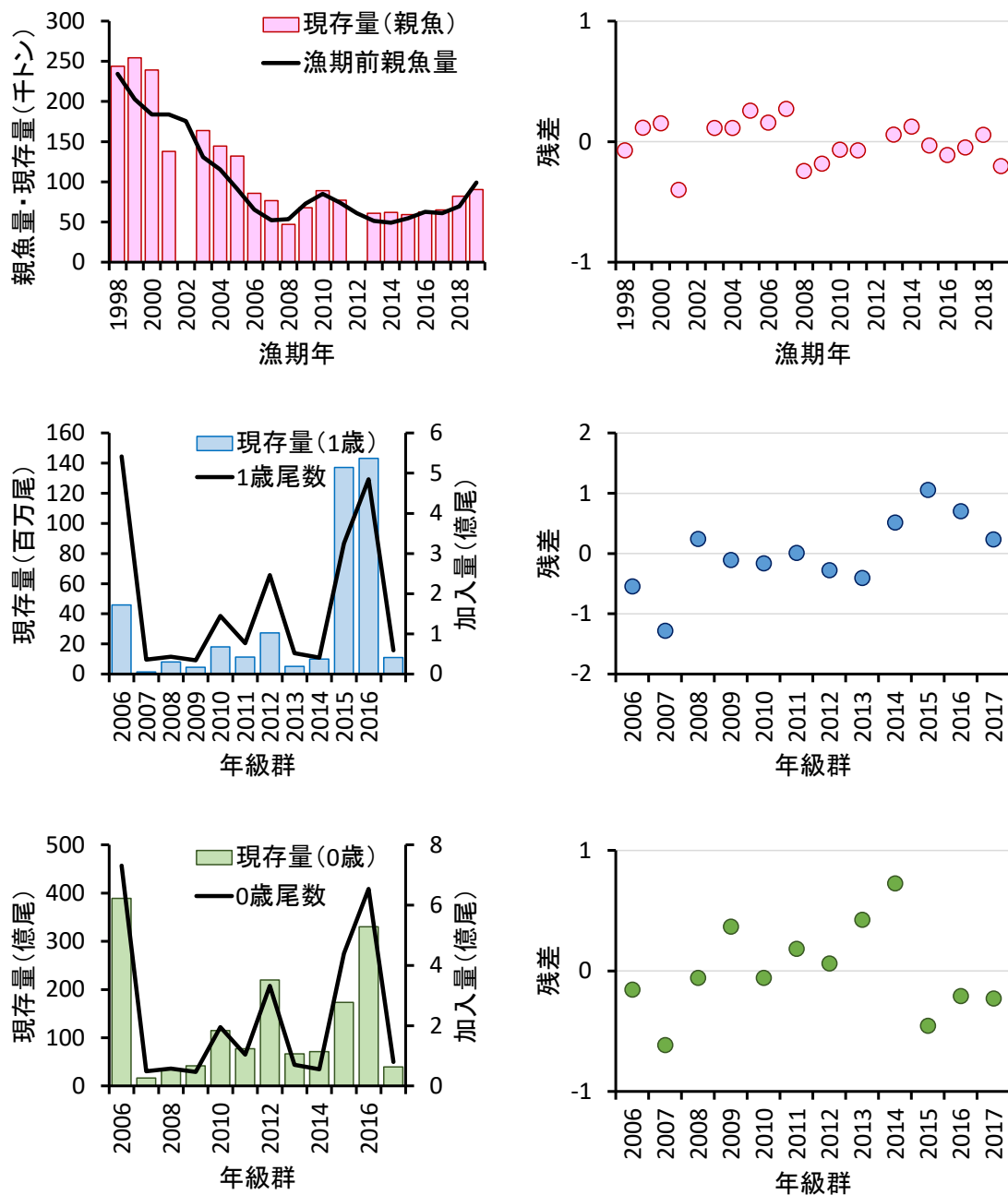
親魚量の ρ が最も 0 に近くなる λ は 0.878 であった。この λ における親魚量の推移は補足図 2-2 に示した。

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（山下ほか 2019b）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（山下ほか 2019a）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 1980～2015 年級群の加入量および親魚量に基づくホッケ-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 年漁期の平均値に基づくものとし、 $F_{current}$ には、この選択率下で各年齢の F 値の単純平均値が 2015～2017 年漁期の平均と等しくなる値、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 2-4）。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

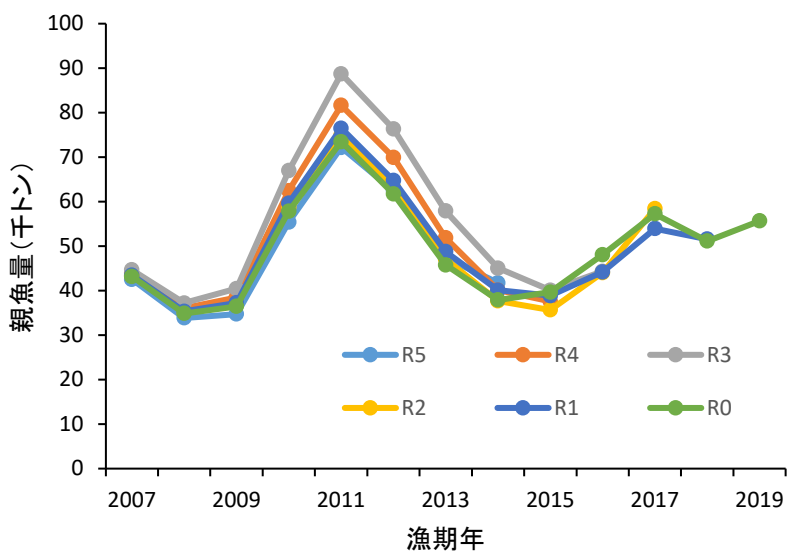
ける漁獲量を最大化する漁獲係数が F_{msy} 、そのときの親魚量が SB_{msy} 、平衡状態で最大化された漁獲量の平均値が最大持続生産量 (MSY) として推定された。

引用文献

- Barrowman N. J., and R. A. Myers (2000). Still more spawner-recruitment curves: the hockey stick and its generalizations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57: 665–676.
- Beverton R. J. H., and S. J. Holt (1957). On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stationary Office, London.
- 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.
- 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 the accuracy of virtual population using cohort analysis. *Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, 9, 65-74.
- Ricker W. E. (1954). Stock and recruitment. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 11: 559–623.
- 山下夕帆・千村昌之・境 磨・石野光弘・山下紀生 (2019a) 平成 30 (2018) 年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 310-374. <http://abchan.fra.go.jp/digests2018/details/201809.pdf> (last accessed 4 September 2019)
- 山下夕帆・境 磨・千村昌之・石野光弘 (2019b) 平成 31 (2019) 年度スケトウダラ日本海北部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_n.pdf (last accessed 15 October 2019)



補足図 2-1. 各調査における現存量推定値と対応する資源量の推移 (左) および残差 (右)
 上段は日本海スケトウダラ新規加入量調査 (産卵親魚分布調査) の親魚現存量と 10 月時点での親魚量、中段は日本海スケトウダラ新規加入量調査 (未成魚分布調査) の 1 歳魚現存量と 4 月時点の 1 歳魚資源尾数、下段は日本海スケトウダラ新規加入量調査 (仔稚魚分布調査) の 0 歳魚現存量と 4 月時点の 0 歳魚資源尾数。0 歳魚および 1 歳魚の資源尾数は、漁獲尾数は 0 尾、0~1 歳の M は 2 歳と同じと仮定して 2 歳魚資源尾数から算出した。



補足図 2-2. レトロスペクティブ解析 ($\lambda=0.878$) における親魚量の推移
R0は最近年(2019年漁期)までのデータを用いた計算における親魚量の推移、
R1～R5 それぞれ 1～5 年分のレトロスペクティブ計算における親魚量の推移
を示す。

補足表 2-1. 雌個体の年齢別成熟率 (%)

1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7 歳	8 歳	9 歳	10 歳以上
0	0	31	89	99	100	100	100	100	100

補足表 2-2. 雌雄込みの年齢別成熟率 (%)

1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7 歳	8 歳	9 歳	10 歳以上
0	9	48	90	99	100	100	100	100	100

補足表 2-3. 0～0.9 の各 λ 値において算出された ρ の値

λ	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
親魚量	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.02	-0.01	0.01
資源量	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.15
加入尾数	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44
%SPR	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06
年齢別 F										
2 歳	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.29	-0.29
3 歳	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24	-0.24
4 歳	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.22	-0.22	-0.22	-0.22	-0.21	-0.20
5 歳	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.31	0.28
6 歳	0.39	0.39	0.39	0.39	0.38	0.38	0.38	0.37	0.35	0.33
7 歳	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.79	0.79	0.77	0.75
8 歳	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.08	-0.10
9 歳	-0.05	-0.05	-0.06	-0.06	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08	-0.10	-0.13

補足表 2-4. 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 (山下ほか 2019b)

年齢	自然死亡 係数	成熟率	資源の平均 体重 (g)	漁獲物の平均 体重 (g)	選択率 (注 1)	Fcurrent (注 2)
2	0.30	0.00	134	98	0.18	0.02
3	0.25	0.00	229	202	0.36	0.04
4	0.25	0.31	326	287	0.60	0.08
5	0.25	0.89	425	370	0.81	0.10
6	0.25	0.99	485	442	1.15	0.14
7	0.25	1.00	545	489	1.24	0.16
8	0.25	1.00	570	548	1.31	0.16
9	0.25	1.00	578	607	1.00	0.13
10 歳以上	0.25	1.00	688	680	1.00	0.13

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 Fcurrent 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 Fcurrent (2013～2017 年漁期の平均 F の選択率の下で各年齢の F 値の単純平均値が 2015～2017 年漁期の平均と等しくなる値)

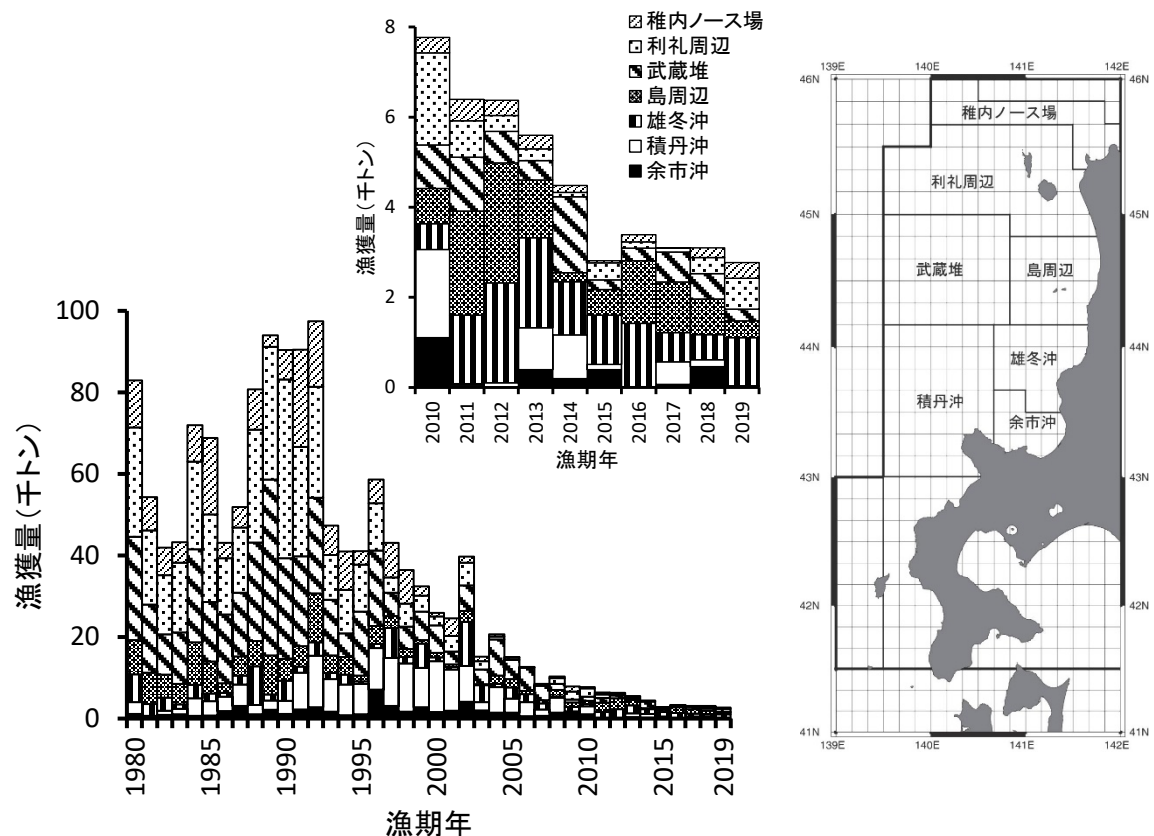
補足資料 3 漁業の詳細

(1) 小海区・地区別の漁獲量

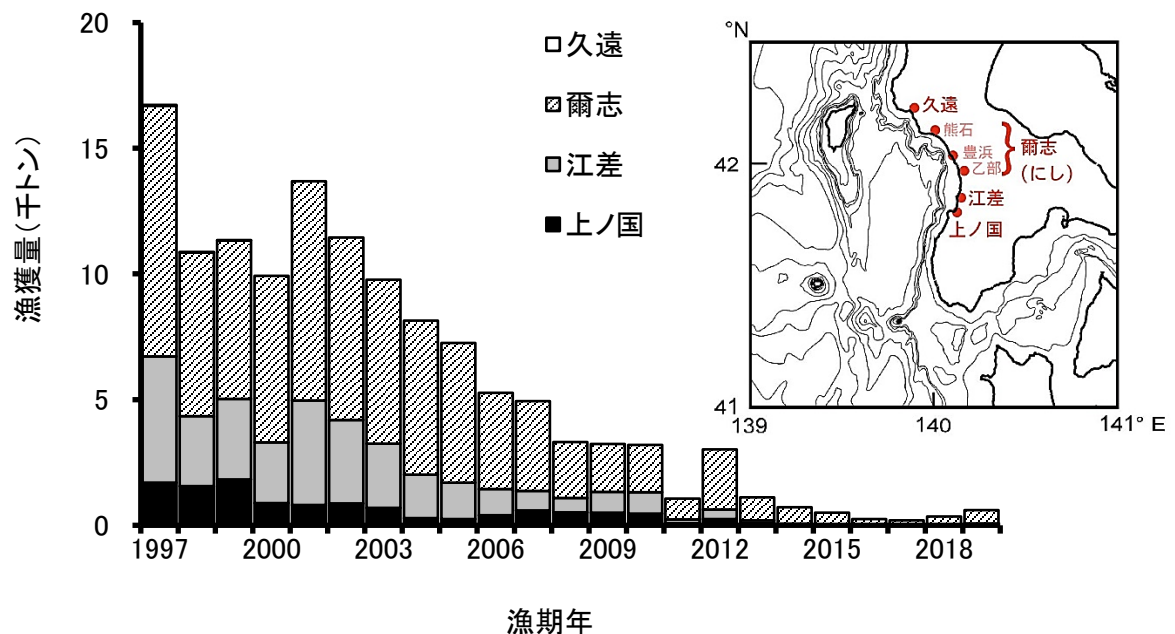
補足図 3-1 に小海区別の沖底漁獲量の推移を示した。1992 年漁期以前は主に武蔵堆、利礼周辺、稚内ノース場で多く漁獲されていた。1993 年漁期以降はこれら北側に位置する海域の漁獲量が大きく減少した一方、1991 年漁期以降、南側に位置する積丹沖の漁獲量が増加して 2008 年漁期頃まで比較的高い割合を占めた。2011 年漁期以降は多くの年で主に雄冬沖と島周辺において漁獲された。2019 年漁期は雄冬沖と利礼周辺で多く漁獲された。

沖底の漁獲量は 2008 年漁期以降 TAC とほぼ等しくなっていたが、2014、2015 年漁期の漁獲量は TAC を大きく下回り、2016 年漁期以降は TAC がさらに引き下げられたため同程度の水準の漁獲が続いている。

沿岸漁業のうち、檜山沿岸における 1997 年漁期以降の地区別漁獲量の推移を補足図 3-2 に示す。当海域は、冬季（11～2 月）に沿岸域に産卵回遊する親魚を対象とした延縄漁業の主な漁場となっている。檜山沿岸全体の漁獲量は 2002 年漁期以降減少しており、操業海域も縮小して、2014 年漁期以降はほぼ爾志地区のみとなっている。2019 年漁期の漁獲量は 0.6 千トンと昨漁期の約 2 倍に増加したが過去に比べると大幅に少ない。檜山沿岸の漁獲量が沿岸漁業全体の漁獲量に占める割合は、1992～2006 年漁期は 6～7 割であったが、その後減少して 2016 年漁期以降は 1～2 割である。



補足図 3-1. 北海道日本海側の沖底による小海区別のスケトウダラ漁獲量の推移 右上に 2010 年漁期以降の拡大図を、右の地図に各小海区の位置を示す。



補足図 3-2. 檜山管内 4 地区における産卵親魚を対象とした延縄漁業（11～2 月）による漁獲量の推移（函館水産試験場未発表資料）

(2) 漁獲量および漁獲努力量

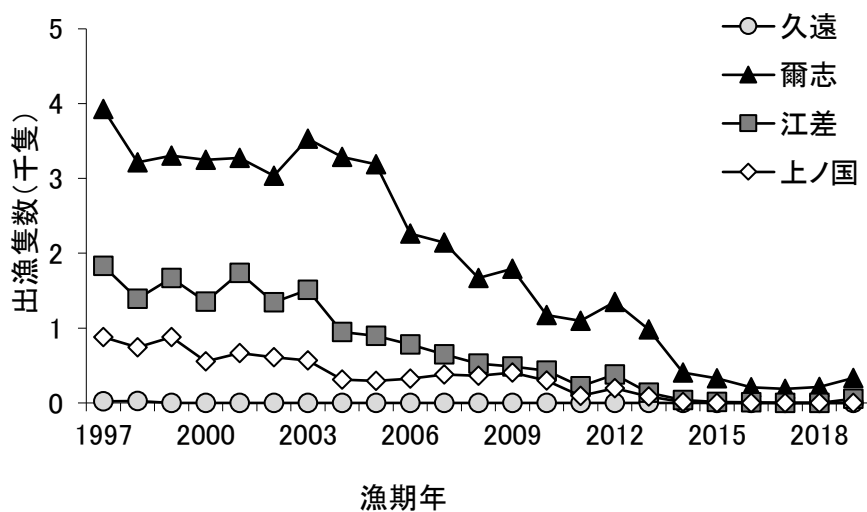
沖底における月別集計の操業種類別の漁獲量と努力量（スケトウダラ有漁獲曳網回数）を補足表 3-1 に示す。なお 2015～2016 年漁期にかけては全ての沖底船の操業許可が試験操業であったが、船の設備等に変更がないため 2014 年漁期に通常操業であったものは 2015 年漁期以降も通常操業として扱った。漁獲量と曳網回数はともに 1990 年代以降減少傾向で推移している。100 トン未満のかけまわし船の曳網回数は、1980 年代前半には 11 千～14 千網で推移していたが 1986 年漁期以降減少し、1998 年漁期に 1 千網を下回った。100 トン以上のかけまわし船の曳網回数は減船措置の影響もあって 2000 年漁期に 8 千網へ急減したのち減少し、2009 年漁期以降は 1 千～2 千網で推移している。オッタートロール船においても近年の曳網回数は少なく、2004 年漁期以降は 1 千網未満である。

100 トン以上のかけまわし船の日別船別漁区別の操業データからの集計値を補足表 3-2 に示す。スケトウダラが漁獲物の 5 割以上を占める操業をスケトウダラ狙いとする、漁獲量のほぼ 8 割以上が狙い操業により漁獲されている。スケトウダラ狙いの漁獲量は 1996 年漁期以降減少傾向を示し、2012 年漁期以降は 2 千～5 千トンと 1996 年漁期の 1 割未満で推移している。曳網回数も同様に減少傾向を示し、2013 年漁期以降は 0.4 千～0.6 千網と 1996 年漁期の 1 割未満で推移している。また、スケトウダラ狙いの操業をさらに限定し、スケトウダラが漁獲物の 8 割以上を占める操業（スケトウダラ専獲）についてみた場合でも漁獲量および曳網回数の傾向は同様である。

沿岸漁業については、檜山沿岸 4 地区における延縄の漁獲努力量（縄数補正前の出漁隻数）を補足図 3-3 に示す。出漁隻数は 1990 年代後半以降減少傾向にある。減少傾向は全ての地区において見られ、漁獲の主体である爾志海区では、2005 年漁期以前は 3 千隻を超え

ていたが 2006 年漁期以降大きく減少して 2014 年漁期以降では 0.5 千隻を下回っているほか、上ノ国では 2015 年漁期以降の出漁隻数は 0 となっている。爾志海区の豊浜地区における 1 隻あたり使用縄数は、1998 年漁期から 2004 年漁期までの間は 6.7 千～7.5 千縄であったが、その後減少し 2008 年漁期以降は 2 千～4 千縄となっており、これは 1998 年漁期の 2～6 割であった（補足表 3-3）。また隻数も 2016 年漁期以降は 3 隻、2019 年漁期は 2 隻のみとなっている。

檜山沿岸 4 地区における縄数補正前の出漁隻数に乙部豊浜地区の 1998 年漁期の 1 隻あたり使用縄数を 1 とした場合の使用縄数比（補足表 3-3）を乗じて求めた縄数補正後の出漁隻数を補足表 3-4 に示す。2019 年漁期の出漁隻数は 212 隻であり前年漁期を大きく上回ったが、1998 年漁期のおよそ 4%であった。



補足図 3-3. 檜山管内 4 地区における地区別の延縄漁業の努力量（縄数補正前の出漁隻数、函館水産試験場未発表資料）

補足表 3-1. 北海道根拠の沖底の漁獲量と漁獲努力量（月別集計値）

漁期年	漁獲量（トン）			漁獲努力量（千網）		
	かけまわし 100トン未満	かけまわし 100トン以上	オッター トロール	かけまわし 100トン未満	かけまわし 100トン以上	オッター トロール
1980	17,260	29,169	36,499	12.0	11.1	7.2
1981	12,362	19,988	21,990	13.0	12.1	5.4
1982	12,675	13,421	15,872	14.4	13.3	3.2
1983	10,198	14,022	19,058	11.4	13.5	2.6
1984	14,540	16,987	40,471	13.7	15.9	4.6
1985	14,335	22,267	32,272	13.9	16.9	3.8
1986	8,121	16,554	18,464	8.1	15.7	3.2
1987	8,963	25,309	17,664	6.9	17.1	2.0
1988	17,761	58,620	4,396	7.5	17.9	0.7
1989	23,160	66,319	4,539	7.2	16.5	0.8
1990	13,105	48,195	29,128	6.9	19.7	2.2
1991	15,418	51,968	23,115	6.5	20.0	2.2
1992	17,260	63,906	16,293	4.9	17.0	1.2
1993	8,558	35,991	2,837	3.6	15.7	0.5
1994	3,395	33,604	4,018	1.8	14.3	0.5
1995	1,474	37,666	1,976	1.6	16.3	0.6
1996	2,066	52,402	4,215	1.1	15.3	0.7
1997	1,620	37,153	4,385	1.0	15.7	0.4
1998	736	33,017	2,677	0.7	13.5	0.1
1999	805	31,104	573	0.5	13.9	0.1
2000	297	23,621	2,035	0.2	8.0	1.1
2001	-	21,896	2,750	-	9.7	1.4
2002	-	38,205	1,288	-	8.0	0.9
2003	-	13,823	1,074	-	8.6	1.0
2004	-	19,262	659	-	6.9	0.8
2005	-	13,448	892	-	6.3	0.7
2006	-	12,175	47	-	5.0	0.6
2007	-	8,233	117	-	6.4	0.8
2008	-	10,178	205	-	5.6	0.6
2009	-	7,203	692	-	2.4	0.5
2010	-	6,500	621	-	2.3	0.4
2011	-	5,407	455	-	1.5	0.2
2012	-	5,428	412	-	2.1	0.3
2013	-	5,526	34	-	2.3	0.2
2014	-	3,930	285	-	1.9	0.2
2015	-	2,394	217	-	1.9	0.2
2016	-	3,033	72	-	1.3	0.3
2017	-	2,828	265	-	1.6	0.2
2018	-	2,854	241	-	1.7	0.2
2019	-	2,768	0.2	-	1.0	0.05

通常操業のみ。2015、2016 年漁期は通常操業とみなした試験操業の値を含む。
2018、2019 年漁期は暫定値。努力量はスケトウダラ有漁獲網数。

補足表 3-2. 北海道根拠の沖底（100 トン以上かけまわし船）の漁獲量および漁獲努力量

漁期年	漁獲量（トン）			漁獲努力量（曳網回数）			
	スケトウダラ 専獲	スケトウダラ 狙い	全操業	スケトウダラ 専獲	スケトウダラ 狙い	スケトウダラ 有漁獲	全操業
1996	41,803	48,360	52,402	5,220	6,592	12,095	20,907
1997	26,846	31,649	37,153	3,120	4,151	11,862	21,990
1998	21,553	27,770	33,017	2,691	3,926	10,372	20,330
1999	22,828	27,125	31,104	2,601	3,559	10,442	22,241
2000	17,742	20,294	23,621	2,065	2,653	6,273	14,854
2001	14,058	18,272	21,896	1,563	2,178	7,436	13,662
2002	25,979	33,472	38,205	2,398	3,591	6,976	10,660
2003	8,481	11,069	13,823	1,065	1,589	6,684	12,341
2004	9,140	14,677	19,262	1,186	2,024	5,504	11,812
2005	10,245	12,412	13,448	1,612	2,160	4,822	12,224
2006	11,212	11,655	12,175	2,053	2,188	3,999	12,863
2007	5,250	6,744	8,233	930	1,352	4,852	12,359
2008	6,284	8,217	10,178	633	977	4,083	9,823
2009	3,975	6,030	7,203	451	811	1,780	8,708
2010	4,924	5,828	6,500	518	781	1,474	7,885
2011	4,549	5,146	5,407	435	607	1,109	7,405
2012	4,452	4,835	5,428	652	796	1,692	7,048
2013	3,548	4,720	5,526	415	634	1,573	7,462
2014	2,420	3,521	3,930	320	490	1,254	7,389
2015	2,157	2,271	2,394	368	424	1,302	4,366
2016	2,235	2,888	3,033	290	456	1,017	4,616
2017	2,703	2,780	2,828	448	481	1,229	4,608
2018	1,900	2,568	2,854	231	366	1,200	5,657
2019	1,575	2,273	2,768	185	327	881	4,611

通常操業のみ。2015、2016 年漁期は通常操業とみなした試験操業の値を含む。2018、2019 年漁期は暫定値。日別・船別・漁区別の操業データから、スケトウダラの漁獲量が総漁獲量の 5 割以上を占めた操業をスケトウダラ狙い、8 割以上を占めた操業をスケトウダラ専獲とした。

補足表 3-3. 乙部豊浜地区の延縄漁業の努力量データ（函館水産試験場未発表資料）

漁期年	船型	使用縄数/隻	隻数	船型別 縄数小計	総縄数	出漁日数	一隻当たり 使用縄数	使用縄数比 (1998年基準)
1998	大型船	7,375	17	125,375	130,695	56	7,261	1.00
	小型船	5,320	1	5,320				
1999	大型船	7,125	17	121,125	125,925	58	6,996	0.96
	小型船	4,800	1	4,800				
2000	大型船	6,775	15	101,625	106,545	60	6,659	0.92
	小型船	4,920	1	4,920				
2001	大型船	7,450	14	104,300	109,760	62	7,317	1.01
	小型船	5,460	1	5,460				
2002	大型船	6,900	14	96,600	101,680	58	6,779	0.93
	小型船	5,080	1	5,080				
2003	大型船	7,650	14	107,100	112,700	71	7,513	1.03
	小型船	5,600	1	5,600				
2004	大型船	7,100	14	99,400	104,600	69	6,973	0.96
	小型船	5,200	1	5,200				
2005	大型船	5,750	14	80,500	85,020	66	5,668	0.78
	小型船	4,520	1	4,520				
2006	大型船	4,425	14	61,950	64,750	50	4,317	0.59
	小型船	2,800	1	2,800				
2007	大型船	4,565	13	59,345	59,345	49	4,565	0.63
2008	大型船	2,775	13	36,075	36,075	43	2,775	0.38
2009	大型船	3,040	13	39,520	39,520	44	3,040	0.42
2010	大型船	2,680	12	32,160	32,160	32	2,680	0.37
2011	大型船	1,930	12	23,160	23,160	30	1,930	0.27
2012	大型船	3,580	12	42,960	42,960	45	3,580	0.49
2013	大型船	2,390	11	26,290	26,290	33	2,390	0.33
2014	大型船	1,630	11	17,930	17,930	17	1,630	0.22
2015	大型船	2,200	5	11,000	11,000	26	2,200	0.30
2016	大型船	1,710	3	5,130	5,130	21	1,710	0.24
2017	大型船	1,300	3	3,900	3,900	19	1,300	0.18
2018	大型船	3,255	3	5,805	5,805	41	3,255	0.45
2019	大型船	3,965	2	7,930	7,930	50	3,965	0.55

使用縄数比は 1998 年漁期の 1 隻あたり使用縄数を 1 とした場合の比率で示した。1 隻あたり使用縄数は、船型によって使用する縄数が異なるため、船型毎に使用縄数と隻数をかけた縄数小計を足し合わせて年間の総縄数を求め、出漁隻数で割ることにより求めた。

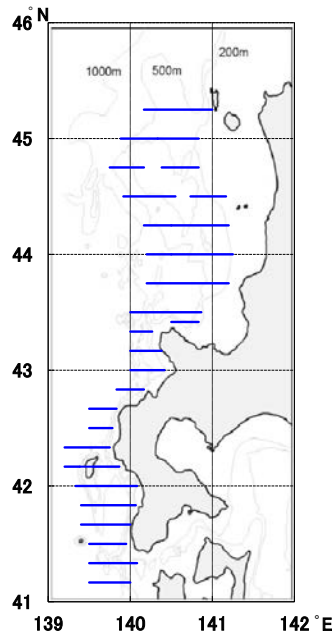
補足表 3-4. 檜山管内 4 地区における延縄漁業の漁獲量および努力量（函館水産試験場未発表資料）

漁期年	漁獲量 (トン)	縄数補正前	縄数補正後
		努力量 (隻)	努力量 (隻)
1998	10,883	5,373	5,373
1999	11,334	5,854	5,640
2000	9,922	5,154	4,727
2001	13,686	5,675	5,719
2002	11,451	4,987	4,656
2003	9,768	5,606	5,801
2004	8,147	4,547	4,367
2005	7,252	4,381	3,420
2006	5,273	3,371	2,004
2007	4,932	3,173	1,995
2008	3,308	2,557	977
2009	3,233	2,686	1,125
2010	3,189	1,902	702
2011	1,057	1,416	376
2012	3,020	1,927	950
2013	1,114	1,205	397
2014	715	458	103
2015	495	344	104
2016	249	219	52
2017	186	189	34
2018	349	214	96
2019	595	389	212

縄数補正後の努力量（出漁隻数）は、縄数補正前の努力量に補足表 3-3 に示した乙部豊浜地区の 1998 年漁期の 1 隻あたり使用縄数を 1 とした場合の使用縄数比を乗じて求めた。

補足資料 4 調査船調査の結果と周辺情報

(1) 日本海スケトウダラ新規加入量調査（産卵親魚分布調査）：道総研稚内・中央・函館水試
毎年 10 月に道総研稚内水産試験場・中央水産試験場・函館水産試験場により、計量魚群探知機を用いてスケトウダラ親魚を対象とした現存量調査が行われている。調査海域を補足図 4-1 に、現存量推定値を補足表 4-1 および本資料の図 4-1 に示す。この調査で推定された親魚の現存量を VPA のチューニングに用いた（補足資料 2）。なお 2002、2012 年は天候不良により十分な調査面積を確保できなかったため、2002 年は調査した海域の値、2012 年は 2012 年に調査した海域の値と全調査海域の値の相関関係（2007～2011 年）を用いて値を算出し、この 2 年の値は VPA のチューニングからは除外した。

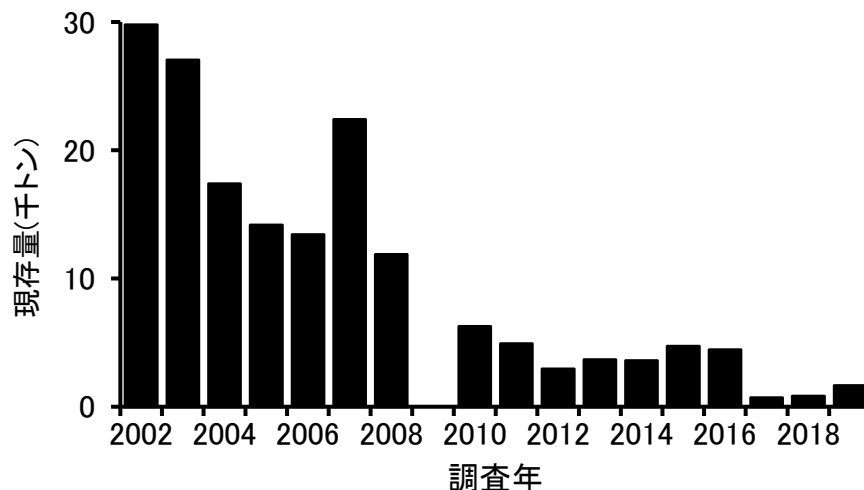


補足図 4-1. 日本海スケトウダラ新規加入量調査（産卵親魚分布調査）における調査定線

補足表 4-1. 日本海スケトウダラ新規加入量調査（産卵親魚分布調査）における親魚の推定現存量（稚内・中央・函館水産試験場未発表資料）

調査年	現存量 (トン)	調査年	現存量 (トン)	調査年	現存量 (トン)
1998	243,745	2006	85,818	2014	62,091
1999	254,470	2007	76,630	2015	59,183
2000	239,238	2008	47,037	2016	62,566
2001	137,923	2009	67,840	2017	64,975
2002	95,823	2010	88,916	2018	82,183
2003	163,874	2011	77,264	2019	90,418
2004	144,515	2012	53,971		
2005	131,948	2013	60,748		

(2) 日本海スケトウダラ新規加入量調査（檜山海域漁期中調査）：道総研函館水試
道総研函館水産試験場が毎年 12 月に檜山沿岸の延縄漁場内で実施している、産卵場に来遊した産卵親魚を対象とする音響資源調査の結果を補足図 4-2 に示す。2009 年は荒天のため調査が実施できなかった。檜山沿岸海域に来遊する産卵親魚の現存量は 2002 年以降 2012 年にかけて減少傾向を示した。2013～2016 年は 3.6 千～4.7 千トンで推移したが、2017～2018 年は 0.7 千～0.8 千トンと少なかった。2019 年は 1.7 千トンと前年の約 2 倍に増加したが、引き続き低水準であった。



補足図 4-2. 日本海スケトウダラ新規加入量調査（檜山海域漁期中調査）における檜山海域の親魚の推定現存量（稚内・中央・函館水産試験場（印刷中）の図を改変）

(3) 日本海スケトウダラ新規加入量調査（仔稚魚分布調査）：道総研稚内・中央水試

漁獲対象資源に加入する前のスケトウダラ 0 歳魚の分布およびその数量変動を把握することを目的に、道総研稚内水産試験場と中央水産試験場が石狩湾以北の日本海において毎年 4 月に実施している計量魚探とフレームトロールによる仔稚魚分布調査の結果を補足表 4-2 および本資料の図 4-2 に示す。なお、2005 年級群の現存尾数は、2005 年の調査がその後と調査設計が異なるため参考値である。

現存尾数が 100 億尾未満の年級群を低豊度、100～200 億尾の年級群を中豊度、200 億尾を超えた年級群は高豊度とすると、2019 年度漁期までに漁獲加入した年級群では、2007、2008、2009、2011、2013、2014、2017 年級群が低豊度、2010、2015 年級群が中豊度、2006、2012、2016 年級群が高豊度であった。2020 年度以降に漁獲加入する年級群の現存尾数は、2018 年級群は 2012 年級群並の高豊度、2019 年級群は 2006 年級群以降で最も高豊度であり、2020 年級群は 2015 年級群並の中豊度であった。一方、2018、2019 年級群は分布が天売・焼尻島以北の海域に偏っており、体長が小さかったことからその後のオホーツク海への流出の度合や減耗が大きかった可能性がある（稚内・中央・函館水産試験場（印刷中））。

2005～2007 年には主な産卵場である岩内湾や檜山海域を含む石狩湾以南の道西日本海についても稚魚ネットによる採集調査が行われたが、石狩湾以南の道西日本海では仔稚魚は全く採集されなかった（板谷ほか 2009）。このことについて、三宅ほか（2008）は、本調査

結果とステージ別の卵の分布状況から、岩内湾および檜山海域で産み出された卵の大部分が対馬暖流によって石狩湾周辺海域に輸送されるためと推定している。

補足表 4-2. 日本海スケトウダラ新規加入量調査（仔稚魚分布調査）で推定されたスケトウダラ 0 歳魚の現存尾数（稚内・中央・函館水産試験場未発表資料）

年級群	現存尾数 (億尾)	年級群	現存尾数 (億尾)
2005	61	2013	67
2006	389	2014	71
2007	16	2015	173
2008	34	2016	330
2009	42	2017	40
2010	115	2018	232
2011	77	2019	1,010
2012	220	2020	148

2005 年の値は参考値、2020 年の値は速報値。

(4) 日本海スケトウダラ新規加入量調査（未成魚分布調査）：道総研稚内・中央水試

道総研稚内水産試験場および中央水産試験場が毎年 8～9 月に武蔵堆周辺海域で実施しているスケトウダラ 0～2 歳魚を対象とした計量魚探調査の結果を補足表 4-3 および本資料の図 4-2 に示す。

本調査では 0 歳魚が多く分布する陸棚上（水深 200 m 以浅）を調査するようになったのが 2007 年以降のため、0 歳魚については 2006 年級群以前と 2007 年級群以降の現存量をそのまま比較することができない。また、2 歳魚は調査範囲外の分布や局所的な分布が見られる年がある。一方、1 歳魚についてはこの調査で主な分布範囲が押さえられていると考えられていること、漁獲資源への加入に時期的に近いことから、この調査においては 0 歳魚および 2 歳魚については参考とし、1 歳魚の現存量推定値を豊度を表す指標値として使用することが適切と考えられる。

1 歳時点における現存尾数をみると、良い加入が見られた 2006 年級は 46 百万尾と比較的多かったが、2015、2016 年級群は 2006 年級群の約 3 倍とさらに多かった。2010、2012 年級群も比較的多く、2005 年級群前後であった。一方、2007、2008、2009、2011、2013、2014、2017 年級群の現存尾数は 11 百万尾以下と少なかった。2020 年漁期に漁獲加入する 2018 年級群の現存尾数は 56 百万尾で、2015、2016 年級群を下回るが、2012 年級群を上回り、2006 年級群をやや上回る高い豊度であった。一方、分布の広がりが小さかった（稚内・中央水産試験場 私信）。

補足表 4-3. 日本海スケトウダラ新規加入量調査（未成魚分布調査）で推定された武蔵堆周辺海域におけるスケトウダラ 0～2 歳魚の現存尾数（百万尾、稚内水産試験場未発表資料）

年級群	0歳	1歳	2歳
2005	—	20.0	23.6
2006	74.5	45.9	89.0
2007	0.0	1.5	1.2
2008	12.6	8.0	2.6
2009	12.9	4.5	1.8
2010	30.8	18.0	16.5
2011	23.8	11.3	2.3
2012	163.0	27.3	23.2
2013	10.4	5.1	18.7
2014	7.9	10.0	6.6
2015	168.0	137.2	150.1
2016	169.2	143.1	49.1
2017	31.0	11.0	21.4
2018	38.8	56.0	—
2019	200.3	—	—

(5) すけとうだら音響調査：北水研

2005～2019 年の 5 月に石狩湾以北の日本海において北海道区水産研究所が実施した、スケトウダラ未成魚を対象とする計量魚探調査の結果を補足表 4-4 に示す。

本調査で推定された各年級群の現存量の多寡は、仔稚魚分布調査（補足資料 4-（3））および未成魚分布調査（補足資料 4-（4））の結果と概ね一致している。ただし、本調査で推定された現存尾数の経年変化幅は他の調査よりも大きい。理由として、0 歳魚はまだ漂泳期ではあるものの、成長に伴って群れを作るようになり、分布が局所的になることが考えられる。着底している 1、2 歳魚も分布が局所的であることが考えられる。3 歳魚以上は、調査範囲が分布域全体を網羅していないことから参考値として扱うのが妥当と考えられる。なお、2005 年の調査はその後と調査設計が異なるため 2005 年の値は参考値である。

0 歳時点では 2006、2012、2015、2016、2019 年級群の豊度が高く、2015 年級群も比較的豊度が高かった。2006、2012、2015 年級群では 1 歳以降においても豊度が高く、2016 年級群は 1 歳時点の豊度はさほど高くなかったが、2 歳時点の豊度は比較的高かった。一方で、2007、2008、2009、2011 年級群は 0 歳～2 歳を通して低豊度であった。

補足表 4-4. すけとうだら音響調査で推定された石狩湾以北におけるスケトウダラの現存尾数（百万尾）

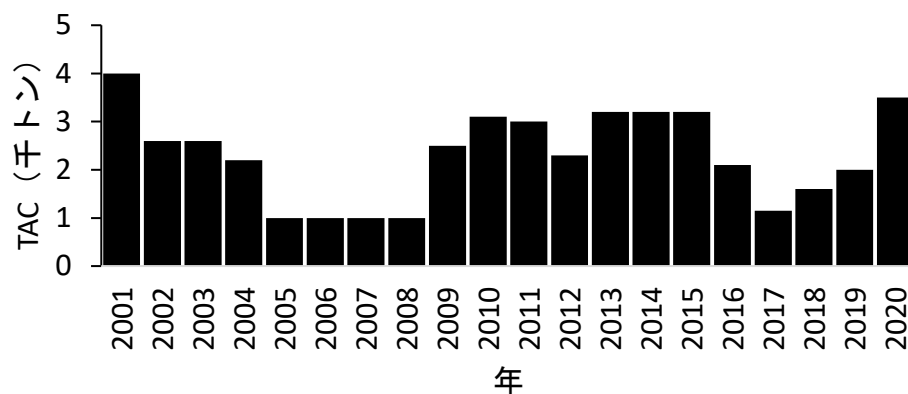
年級群	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳	9歳	10歳以上
2005	0.0	0.4	3.4	2.1	1.9	1.6	1.8	3.7	1.8	0.4	0.5
2006	10,182.4	105.7	39.6	27.7	34.0	22.1	7.2	8.8	4.9	4.9	3.1
2007	16.1	0.0	0.5	0.6	4.8	2.7	3.0	2.7	0.9	2.3	2.0
2008	60.2	0.7	0.4	1.0	1.1	1.5	1.6	0.6	1.2	0.9	—
2009	142.2	0.1	0.0	0.1	0.8	1.1	1.9	0.8	0.4	—	—
2010	881.6	1.8	1.0	1.4	4.2	4.9	2.1	1.2	—	—	—
2011	184.7	0.2	0.1	2.0	6.4	2.0	3.3	—	—	—	—
2012	17,340.7	13.7	29.3	17.6	8.9	9.1	—	—	—	—	—
2013	779.5	3.4	2.8	3.7	3.9	—	—	—	—	—	—
2014	796.2	3.7	0.3	0.9	15.4 *	—	—	—	—	—	—
2015	3,107.3	19.0	29.8	6.9	—	—	—	—	—	—	—
2016	11,495.8	2.2	13.9	21.3 **	—	—	—	—	—	—	—
2017	1,008.1	1.8	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—
2018	976.3	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2019	11,888.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*2018 年調査の 4 歳の値は 4 歳魚以上の合算値。

**2019 年調査の 3 歳の値は 3 歳魚以上の合算値。

(6) サハリン西側海域でのロシアの TAC

我が国水域外の日本海においては、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が、ロシアも TAC を設定し漁獲を行っている。補足図 4-3 に本系群の分布域と隣接する海区に設定されたロシアの TAC を示す（ロシアでの海区名：西サハリン）。この海区の TAC は 2009～2016 年の間は 2.1～3.2 千トン前後で推移していたが、2017 年に 1.2 千トンに減少した。2018 年以降は増加して 2020 年の TAC は 3.5 千トンに設定されている。



補足図 4-3. ロシア連邦が設定している漁業海区名「西サハリン」におけるスケトウダラの TAC 数量

引用文献

- 板谷和彦・三宅博哉・和田昭彦・宮下和士 (2009) 北海道日本海・オホーツク海沿岸域におけるスケトウダラ仔稚魚の分布. 水産海洋研究, 73, 80-89.
- 三宅博哉・板谷和彦・浅見大樹・嶋田宏・渡野邊雅道・武藤卓志・中谷敏邦 (2008) 卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状. 水産海洋研究, 72, 265-272.
- 稚内・中央・函館水産試験場 (印刷中) スケトウダラ (日本海). 2020 年度水産資源管理会議評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部.

補足資料 5 コホート解析結果の詳細（1980～1992 年漁期）

年齢別漁獲尾数(千尾)													
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
2歳	9,626	18,373	14,808	11,727	1,537	2,916	511	2,746	68,223	10,623	3,297	4,466	12,996
3歳	39,478	28,005	28,701	32,501	61,194	27,218	13,671	134,737	133,592	148,582	32,814	272,577	90,025
4歳	134,394	69,145	40,873	55,192	80,766	66,308	37,132	83,611	270,938	256,779	127,577	113,400	337,004
5歳	116,416	116,094	70,698	58,493	70,265	75,911	52,579	34,761	37,395	125,341	152,276	97,680	80,962
6歳	27,773	48,192	41,825	45,613	42,862	48,255	45,146	29,014	21,011	18,835	67,479	80,136	46,018
7歳	12,161	15,239	23,505	18,815	25,909	31,244	27,424	19,915	18,788	10,828	16,913	26,057	32,187
8歳	5,423	7,228	8,386	7,690	8,429	11,149	12,792	9,178	7,390	3,851	9,867	9,466	11,320
9歳	4,516	8,901	7,799	6,725	6,238	9,611	5,794	6,729	4,752	2,472	4,514	3,722	2,135
10歳以上	2,248	4,876	5,873	2,397	4,469	3,739	3,901	3,863	2,163	978	3,245	2,599	1,822
計	352,037	316,053	242,466	239,152	301,669	276,351	198,951	324,553	564,250	578,290	417,981	610,104	614,470
年齢別漁獲量(トン)													
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
2歳	1,291	2,465	1,987	1,573	206	391	69	368	9,153	1,425	442	599	1,744
3歳	9,043	6,415	6,574	7,445	14,017	6,234	3,131	30,862	30,600	34,033	7,516	62,435	20,620
4歳	43,851	22,561	13,336	18,008	26,353	21,635	12,116	27,281	88,403	83,784	41,627	37,001	109,960
5歳	49,517	49,380	30,071	24,880	29,887	32,289	22,365	14,785	15,906	53,314	64,770	41,548	34,437
6歳	13,473	23,378	20,290	22,127	20,793	23,409	21,901	14,075	10,193	9,137	32,735	38,875	22,324
7歳	6,624	8,300	12,802	10,247	14,111	17,017	14,936	10,847	10,233	5,898	9,212	14,192	17,531
8歳	3,093	4,123	4,783	4,386	4,808	6,359	7,297	5,235	4,215	2,196	5,628	5,399	6,457
9歳	2,609	5,143	4,506	3,886	3,604	5,553	3,348	3,888	2,746	1,429	2,608	2,151	1,234
10歳以上	1,548	3,357	4,043	1,650	3,076	2,574	2,686	2,660	1,489	673	2,234	1,790	1,254
計	131,050	125,122	98,392	94,202	116,855	115,462	87,848	110,001	172,936	191,889	166,772	203,989	215,561
年齢別漁獲係数													
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
2歳	0.02	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.02	0.00	0.01	0.02
3歳	0.08	0.07	0.06	0.07	0.17	0.10	0.04	0.15	0.13	0.22	0.06	0.25	0.24
4歳	0.34	0.22	0.14	0.18	0.27	0.29	0.21	0.42	0.52	0.43	0.32	0.35	0.62
5歳	0.59	0.59	0.38	0.31	0.39	0.46	0.42	0.34	0.35	0.51	0.52	0.45	0.49
6歳	0.36	0.55	0.46	0.49	0.42	0.55	0.60	0.47	0.37	0.32	0.62	0.62	0.43
7歳	0.36	0.37	0.61	0.41	0.61	0.68	0.76	0.63	0.69	0.36	0.56	0.56	0.58
8歳	0.23	0.40	0.38	0.44	0.35	0.63	0.71	0.66	0.54	0.30	0.69	0.79	0.54
9歳	0.47	0.81	1.14	0.65	0.86	0.93	0.87	1.22	0.99	0.36	0.75	0.66	0.43
10歳以上	0.47	0.81	1.14	0.65	0.86	0.93	0.87	1.22	0.99	0.36	0.75	0.66	0.43
%SPR	27	27	32	33	27	26	29	24	21	23	25	21	18
年齢別資源尾数(千尾)													
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
2歳	684,227	722,105	741,035	621,134	422,469	506,829	1,525,663	1,658,494	1,233,070	813,716	1,858,237	655,268	648,357
3歳	561,518	498,602	519,135	536,227	450,054	311,650	372,958	1,129,799	1,226,279	854,761	593,673	1,373,779	481,591
4歳	533,063	402,471	363,598	378,974	388,932	296,499	218,694	278,395	760,984	837,133	534,565	433,395	829,352
5歳	297,803	296,547	252,425	247,100	246,439	231,625	172,397	137,550	143,028	353,553	425,352	303,734	237,453
6歳	103,089	129,193	128,499	134,198	140,822	129,918	113,398	87,862	76,448	78,389	164,734	196,882	150,345
7歳	45,734	55,775	58,086	63,165	64,260	71,847	58,595	48,473	42,822	40,995	44,428	68,745	82,611
8歳	29,526	24,886	29,989	24,495	32,589	27,181	28,382	21,433	20,176	16,770	22,371	19,675	30,544
9歳	13,669	18,209	13,003	15,955	12,290	17,942	11,330	10,815	8,592	9,192	9,662	8,715	6,969
10歳以上	6,804	9,975	9,791	5,686	8,805	6,981	7,628	6,209	3,910	3,635	6,945	6,086	5,948
計	2,275,433	2,157,764	2,115,560	2,026,935	1,766,660	1,600,471	2,509,044	3,379,029	3,515,309	3,008,144	3,659,968	3,066,278	2,473,171
年齢別資源量(トン)													
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
2歳	91,794	96,876	99,415	83,330	56,677	67,995	204,679	222,499	165,425	109,166	249,296	87,909	86,982
3歳	128,617	114,206	118,910	122,825	103,086	71,384	85,427	258,784	280,883	195,786	135,983	314,668	110,310
4歳	173,931	131,321	118,637	123,654	126,903	96,744	71,357	90,837	248,299	273,145	174,421	141,411	270,606
5歳	126,670	126,136	107,368	105,104	104,822	98,521	73,329	58,507	60,837	150,383	180,923	129,193	101,000
6歳	50,009	62,672	62,336	65,101	68,314	63,024	55,010	42,622	37,085	38,027	79,914	95,509	72,934
7歳	24,909	30,378	31,637	34,403	34,999	39,132	31,914	26,401	23,323	22,328	24,198	37,442	44,994
8歳	16,842	14,195	17,106	13,972	18,589	15,504	16,189	12,225	11,509	9,565	12,761	11,223	17,422
9歳	7,898	10,521	7,513	9,219	7,101	10,367	6,546	6,249	4,964	5,311	5,582	5,036	4,027
10歳以上	4,684	6,867	6,741	3,915	6,062	4,806	5,252	4,274	2,692	2,503	4,781	4,190	4,095
計	625,355	593,173	569,662	561,521	526,554	467,476	549,703	722,398	835,017	806,215	867,859	826,580	712,371
年齢別親魚量(トン)													
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
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	53,660	40,514	36,601	38,149	39,151	29,846	22,014	28,024	76,603	84,268	53,811	43,627	83,485
5歳	113,068	112,591	95,839	93,817	93,566	87,942	65,454	52,224	54,304	134,235	161,495	115,320	90,155
6歳	49,509	62,046	61,712	64,450	67,631	62,394	54,460	42,196	36,715	37,647	79,115	94,554	72,205
7歳	24,909	30,378	31,637	34,403	34,999	39,132	31,914	26,401	23,323	22,328	24,198	37,442	44,994
8歳	16,842	14,195	17,106	13,972	18,589	15,504	16,189	12,225	11,509	9,565	12,761	11,223	17,422
9歳	7,898	10,521	7,513	9,219	7,101	10,367	6,546	6,249	4,964	5,311	5,582	5,036	4,027
10歳以上	4,684	6,867	6,741	3,915	6,062	4,806	5,252	4,274	2,692	2,503	4,781	4,190	4,095
計	270,570	277,112	257,149	257,924	267,099	249,990	201,830	171,594	210,110	295,857	341,743	311,391	316,383

2007 年漁期までの年齢別漁獲量は年齢別漁獲尾数に資源の年齢別体重をかけたものであり、実際の漁獲量とは異なる。

補足資料 5 コホート解析結果の詳細（1993～2005 年漁期）

年齢別漁獲尾数(千尾)													
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2歳	367	9,582	179	2,640	3,436	14,741	276	20,593	11,887	3,197	5,668	6,205	3,641
3歳	30,345	28,116	41,788	29,808	27,998	15,561	3,132	5,760	46,350	33,982	9,404	22,429	10,173
4歳	54,011	35,616	82,655	98,949	20,910	12,920	23,565	9,688	22,589	65,402	7,048	25,841	11,231
5歳	117,511	45,571	26,127	123,270	48,222	24,210	22,268	9,082	13,970	29,489	14,640	14,369	15,710
6歳	48,203	50,944	20,566	52,540	48,617	39,212	20,374	10,239	7,774	18,308	11,681	11,533	13,727
7歳	34,309	20,058	23,786	13,962	33,191	15,837	16,782	12,130	6,762	11,231	9,329	4,832	7,224
8歳	20,028	9,927	9,556	10,009	15,280	9,506	6,320	11,881	6,200	8,526	8,292	4,044	6,583
9歳	6,535	4,315	6,538	1,049	10,445	4,540	3,226	7,051	6,144	7,056	5,570	3,452	2,625
10歳以上	3,111	3,076	3,365	1,471	3,208	4,903	3,066	5,285	7,425	6,915	6,665	3,695	4,300
計	314,419	207,205	214,560	333,697	211,308	141,429	99,008	91,708	129,099	184,106	78,298	96,400	75,214
年齢別漁獲量(トン)													
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2歳	49	1,286	24	354	461	1,978	37	2,763	1,595	429	760	832	488
3歳	6,951	6,440	9,572	6,828	6,413	3,564	717	1,319	10,617	7,784	2,154	5,137	2,330
4歳	17,623	11,621	26,969	32,286	6,823	4,216	7,689	3,161	7,370	21,340	2,300	8,432	3,665
5歳	49,983	19,383	11,113	52,433	20,511	10,298	9,472	3,863	5,942	12,543	6,227	6,112	6,682
6歳	23,384	24,713	9,977	25,487	23,585	19,022	9,884	4,967	3,771	8,882	5,667	5,595	6,659
7歳	18,687	10,925	12,955	7,604	18,077	8,626	9,140	6,606	3,683	6,117	5,081	2,632	3,935
8歳	11,424	5,662	5,451	5,709	8,716	5,422	3,605	6,777	3,536	4,863	4,730	2,307	3,755
9歳	3,776	2,493	3,777	606	6,035	2,623	1,864	4,074	3,550	4,077	3,219	1,995	1,516
10歳以上	2,142	2,118	2,317	1,013	2,209	3,375	2,111	3,639	5,112	4,760	4,589	2,544	2,960
計	134,017	84,641	82,155	132,320	92,830	59,123	44,518	37,168	45,175	70,794	34,726	35,585	31,991
年齢別漁獲係数													
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2歳	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.07	0.00	0.06	0.06	0.02	0.05	0.09	0.07
3歳	0.08	0.05	0.09	0.12	0.15	0.09	0.02	0.03	0.22	0.26	0.08	0.32	0.22
4歳	0.23	0.13	0.21	0.34	0.12	0.10	0.20	0.09	0.20	0.57	0.08	0.33	0.27
5歳	0.48	0.33	0.14	0.58	0.29	0.21	0.26	0.12	0.20	0.46	0.25	0.25	0.36
6歳	0.66	0.42	0.26	0.47	0.50	0.43	0.29	0.19	0.15	0.45	0.35	0.34	0.44
7歳	0.71	0.68	0.38	0.30	0.68	0.32	0.35	0.30	0.20	0.35	0.47	0.25	0.40
8歳	1.00	0.48	0.92	0.29	0.67	0.44	0.21	0.47	0.26	0.45	0.50	0.40	0.68
9歳	0.77	0.64	0.75	0.24	0.58	0.45	0.27	0.42	0.51	0.57	0.64	0.43	0.53
10歳以上	0.77	0.64	0.75	0.24	0.58	0.45	0.27	0.42	0.51	0.57	0.64	0.43	0.53
%SPR	27	34	37	26	31	36	41	45	35	19	37	24	24
年齢別資源尾数(千尾)													
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2歳	915,500	756,606	408,558	315,089	281,354	239,703	256,751	389,501	240,951	199,449	133,279	85,389	65,615
3歳	469,129	677,904	552,260	302,513	231,151	205,475	164,889	189,968	270,824	168,269	145,003	93,856	57,917
4歳	295,617	338,579	503,140	393,223	209,292	155,312	146,291	125,651	142,864	170,015	101,059	104,630	53,302
5歳	348,495	182,562	232,255	318,903	218,921	144,544	109,555	93,136	89,307	91,329	74,691	72,485	58,681
6歳	113,479	167,705	101,963	157,823	139,577	127,940	91,205	65,671	64,520	57,224	45,103	45,250	43,770
7歳	76,478	45,839	85,651	61,260	76,547	65,798	65,035	53,051	42,109	43,388	28,409	24,817	25,063
8歳	35,933	29,284	17,998	45,713	35,388	30,324	37,267	35,840	30,612	26,827	23,879	13,892	15,063
9歳	13,798	10,310	14,046	5,584	26,769	14,076	15,228	23,446	17,427	18,369	13,369	11,279	7,251
10歳以上	6,568	7,349	7,230	7,830	8,223	15,202	14,469	17,575	21,061	18,001	15,996	12,072	11,879
計	2,274,997	2,216,137	1,923,101	1,607,938	1,227,221	998,373	900,690	993,838	919,675	792,870	580,788	463,671	338,541
年齢別資源量(トン)													
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2歳	122,821	101,504	54,811	42,271	37,746	32,158	34,445	52,254	32,325	26,757	17,880	11,456	8,803
3歳	107,455	155,276	126,497	69,292	52,946	47,065	37,768	43,513	62,033	38,543	33,213	21,498	13,266
4歳	96,456	110,474	164,168	128,303	68,289	50,676	47,733	40,998	46,615	55,474	32,974	34,139	17,392
5歳	148,232	77,652	98,789	135,645	93,118	61,481	46,599	39,615	37,987	38,846	31,770	30,831	24,960
6歳	55,050	81,355	49,463	76,561	67,710	62,065	44,244	31,857	31,299	27,760	21,880	21,951	21,233
7歳	41,654	24,966	46,650	33,365	41,691	35,837	35,422	28,894	22,934	23,631	15,473	13,517	13,650
8歳	20,496	16,703	10,266	26,075	20,185	17,297	21,257	20,443	17,461	15,302	13,621	7,924	8,592
9歳	7,972	5,957	8,116	3,226	15,467	8,133	8,798	13,547	10,069	10,614	7,724	6,517	4,189
10歳以上	4,522	5,060	4,978	5,391	5,661	10,466	9,961	12,100	14,500	12,393	11,013	8,311	8,178
計	604,658	578,948	563,737	520,130	402,812	325,178	286,228	283,222	275,224	249,320	185,548	156,144	120,264
年齢別親魚量(トン)													
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
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	29,758	34,082	50,648	39,583	21,068	15,634	14,726	12,648	14,381	17,114	10,173	10,532	5,366
5歳	132,314	69,314	88,181	121,079	83,118	54,879	41,595	35,361	33,908	34,675	28,358	27,521	22,280
6歳	54,499	80,541	48,969	75,796	67,033	61,444	43,802	31,539	30,986	27,482	21,661	21,731	21,021
7歳	41,654	24,966	46,650	33,365	41,691	35,837	35,422	28,894	22,934	23,631	15,473	13,517	13,650
8歳	20,496	16,703	10,266	26,075	20,185	17,297	21,257	20,443	17,461	15,302	13,621	7,924	8,592
9歳	7,972	5,957	8,116	3,226	15,467	8,133	8,798	13,547	10,069	10,614	7,724	6,517	4,189
10歳以上	4,522	5,060	4,978	5,391	5,661	10,466	9,961	12,100	14,500	12,393	11,013	8,311	8,178
計	291,215	236,624	257,806	304,515	254,223	203,690	175,562	154,532	144,239	141,211	108,023	96,054	83,276

2007 年漁期までの年齢別漁獲量は年齢別漁獲尾数に資源の年齢別体重をかけたものであり、実際の漁獲量とは異なる。

補足資料 5 コホート解析結果の詳細（2006～2019 年漁期）

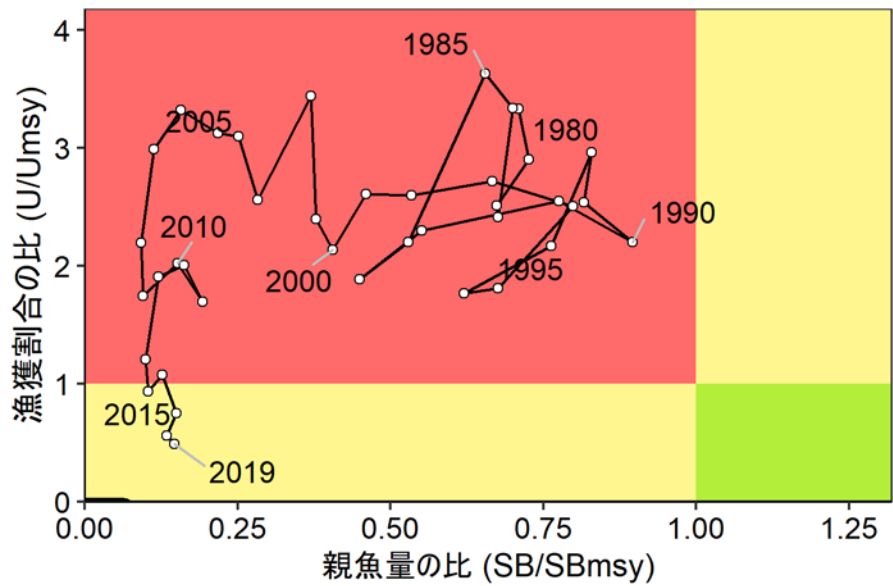
年齢別漁獲尾数(千尾)														
漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2歳	1,254	12,078	35,501	391	240	70	1,761	2,076	5,216	1,350	1,128	259	203	231
3歳	2,215	6,320	10,720	37,725	1,815	956	1,407	5,566	1,543	7,246	1,603	599	1,824	1,377
4歳	3,368	4,556	6,174	7,636	23,342	3,099	1,810	1,299	5,118	1,234	7,866	1,738	1,346	3,552
5歳	7,563	4,085	3,561	3,486	9,911	15,301	1,251	1,102	1,992	2,225	1,031	8,191	2,120	1,104
6歳	8,168	4,915	3,513	2,355	3,477	4,877	13,044	1,676	1,384	462	2,012	842	4,634	864
7歳	7,012	6,277	2,841	2,224	1,901	1,416	6,117	9,192	1,002	320	148	1,399	549	2,997
8歳	5,655	4,616	3,247	1,743	1,350	856	1,962	3,090	4,642	292	423	255	1,290	861
9歳	3,362	2,471	2,150	1,430	862	369	942	719	865	2,437	91	263	244	985
10歳以上	4,990	1,924	1,642	1,126	953	281	994	730	542	962	2,987	1,126	1,137	742
計	43,587	47,242	69,348	58,116	43,850	27,224	29,287	25,451	22,304	16,528	17,289	14,671	13,348	12,713
年齢別漁獲量(トン)														
漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2歳	168	1,620	4,342	35	34	13	216	268	396	108	141	20	26	18
3歳	507	1,448	2,748	6,370	432	220	351	1,245	337	1,238	324	116	343	246
4歳	1,099	1,486	2,460	1,896	6,510	917	499	410	1,459	397	2,094	428	422	974
5歳	3,217	1,737	1,581	1,271	3,669	5,488	390	396	686	987	383	2,717	827	401
6歳	3,962	2,384	1,662	1,053	1,556	2,274	4,896	679	580	236	980	327	2,104	375
7歳	3,819	3,419	1,493	1,189	1,008	780	2,985	4,164	458	164	80	673	271	1,490
8歳	3,226	2,633	1,766	997	811	511	1,147	1,706	2,277	176	233	139	744	513
9歳	1,943	1,428	1,295	919	476	227	572	467	519	1,391	54	163	144	647
10歳以上	3,435	1,325	1,168	804	691	206	757	552	373	693	1,753	731	759	576
計	21,376	17,480	18,516	14,533	15,187	10,637	11,813	9,888	7,085	5,389	6,041	5,315	5,640	5,241
年齢別漁獲係数														
漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2歳	0.02	0.09	0.11	0.02	0.01	0.00	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.00	0.00	0.01
3歳	0.06	0.13	0.11	0.17	0.11	0.05	0.09	0.08	0.04	0.06	0.07	0.03	0.01	0.01
4歳	0.11	0.17	0.19	0.11	0.16	0.30	0.13	0.12	0.11	0.05	0.10	0.10	0.10	0.03
5歳	0.32	0.20	0.20	0.17	0.23	0.16	0.20	0.11	0.28	0.07	0.05	0.15	0.19	0.12
6歳	0.34	0.37	0.29	0.21	0.26	0.17	0.22	0.48	0.21	0.10	0.08	0.06	0.12	0.12
7歳	0.45	0.52	0.41	0.31	0.28	0.17	0.37	0.25	0.63	0.07	0.04	0.08	0.05	0.12
8歳	0.67	0.65	0.60	0.50	0.34	0.21	0.40	0.34	0.20	0.40	0.13	0.11	0.11	0.12
9歳	1.03	0.76	0.80	0.62	0.54	0.15	0.39	0.26	0.16	0.16	0.22	0.12	0.15	0.12
10歳以上	1.03	0.76	0.80	0.62	0.54	0.15	0.39	0.26	0.16	0.16	0.22	0.12	0.15	0.12
%SPR	36	31	32	38	38	44	41	41	41	57	58	62	59	66
年齢別資源尾数(千尾)														
漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2歳	80,933	169,108	401,074	26,790	31,781	25,532	107,255	56,878	182,257	38,383	30,349	241,116	358,943	43,934
3歳	45,475	58,877	114,882	266,568	19,510	23,337	18,854	77,941	40,350	130,530	27,273	21,512	178,400	265,737
4歳	36,128	33,461	40,276	80,010	174,311	13,592	17,331	13,442	55,789	30,063	95,262	19,826	16,225	137,328
5歳	31,600	25,165	22,039	25,919	55,573	115,154	7,851	11,900	9,322	38,931	22,324	67,249	13,907	11,449
6歳	31,837	17,936	15,994	14,021	17,109	34,534	76,179	5,010	8,295	5,502	28,356	16,476	45,145	8,959
7歳	21,974	17,587	9,631	9,355	8,841	10,256	22,591	47,817	2,423	5,239	3,877	20,308	12,088	31,070
8歳	13,144	10,926	8,157	4,993	5,323	5,208	6,738	12,196	29,128	1,003	3,798	2,889	14,581	8,930
9歳	5,921	5,246	4,435	3,487	2,351	2,954	3,301	3,517	6,771	18,588	523	2,584	2,026	10,217
10歳以上	8,788	4,085	3,388	2,747	2,600	2,254	3,482	3,575	4,244	7,337	17,191	11,080	9,416	7,692
計	275,800	342,389	619,876	433,890	317,398	232,822	263,583	232,276	338,579	275,576	228,954	403,039	650,730	525,315
年齢別資源量(トン)														
漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2歳	10,858	22,687	53,807	3,594	4,264	3,425	14,389	7,631	24,451	5,149	4,072	32,347	48,155	5,894
3歳	10,416	13,486	26,314	61,058	4,469	5,345	4,319	17,853	9,242	29,898	6,247	4,928	40,863	60,868
4歳	11,788	10,918	13,142	26,106	56,875	4,435	5,655	4,386	18,203	9,809	31,083	6,469	5,294	44,808
5歳	13,441	10,704	9,374	11,024	23,638	48,981	3,339	5,062	3,965	16,559	9,495	28,604	5,915	4,870
6歳	15,444	8,701	7,759	6,802	8,300	16,753	36,955	2,430	4,024	2,669	13,756	7,993	21,900	4,346
7歳	11,968	9,579	5,245	5,095	4,815	5,586	12,304	26,044	1,319	2,853	2,112	11,061	6,584	16,922
8歳	7,497	6,232	4,653	2,848	3,036	2,971	3,844	6,956	16,615	572	2,166	1,648	8,317	5,094
9歳	3,421	3,031	2,563	2,015	1,358	1,707	1,907	2,032	3,912	10,740	302	1,493	1,170	5,903
10歳以上	6,050	2,812	2,333	1,891	1,790	1,552	2,398	2,461	2,922	5,051	11,836	7,628	6,483	5,296
計	90,884	88,149	125,189	120,434	108,545	90,754	85,110	74,854	84,654	83,302	81,068	102,170	144,681	154,001
年齢別親魚量(トン)														
漁期年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4歳	3,637	3,368	4,054	8,054	17,547	1,368	1,745	1,353	5,616	3,026	9,589	1,996	1,633	13,824
5歳	11,998	9,554	8,368	9,841	21,099	43,721	2,981	4,518	3,539	14,781	8,476	25,533	5,280	4,347
6歳	15,290	8,614	7,681	6,734	8,217	16,585	36,586	2,406	3,984	2,642	13,618	7,913	21,681	4,303
7歳	11,968	9,579	5,245	5,095	4,815	5,586	12,304	26,044	1,319	2,853	2,112	11,061	6,584	16,922
8歳	7,497	6,232	4,653	2,848	3,036	2,971	3,844	6,956	16,615	572	2,166	1,648	8,317	5,094
9歳	3,421	3,031	2,563	2,015	1,358	1,707	1,907	2,032	3,912	10,740	302	1,493	1,170	5,903
10歳以上	6,050	2,812	2,333	1,891	1,790	1,552	2,398	2,461	2,922	5,051	11,836	7,628	6,483	5,296
計	59,861	43,190	34,896	36,478	57,863	73,490	61,763	45,770	37,907	39,666	48,099	57,271	51,149	55,688

2007 年漁期までの年齢別漁獲量は年齢別漁獲尾数に資源の年齢別体重をかけたものであり、実際の漁獲量とは異なる。

補足資料 6 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補足図 6-1 に示す。本系群における親魚量は全期間において SBmsy を下回るが、漁獲割合 (U) は 2015 年漁期および 2017 年漁期以降において Umsy を下回る。

項目	値	説明
SBmsy	382 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量
Umsy	6.9%	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合
U2019	3.4%	2019 年漁期の漁獲割合
U2019/ Umsy	0.49	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲割合に対する 2019 年漁期の漁獲割合の比



補足図 6-1. 最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と漁獲割合 (Umsy) に対する、過去の親魚量および漁獲割合の関係 (神戸プロット)

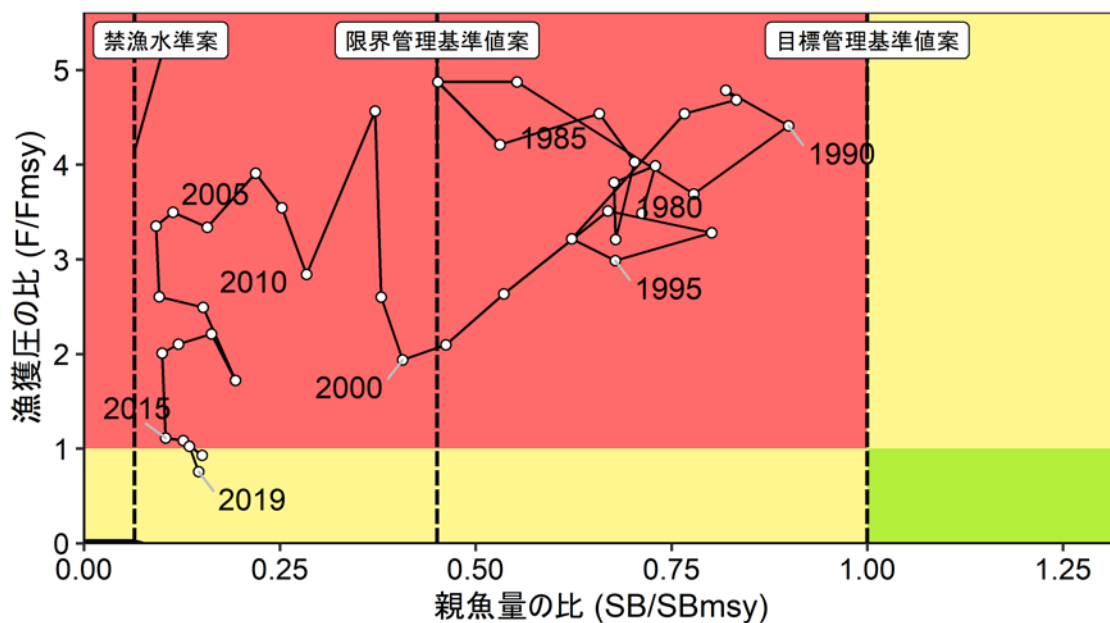
補足資料 7 管理基準値案と禁漁水準案

本系群の管理基準値案や禁漁水準案について以下に示す。

項目	値	説明
SBtarget 案	382 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	171 千トン	MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	25 千トン	MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)

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」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY を実現する親魚量 (SBmsy: 382 千トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy: 171 千トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy: 25 千トン) を用いることが提案されている。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 7-1 に示す。コホート解析により得られた 2019 年漁期の親魚量 (SB2019: 56 千トン) は目標管理基準値案および限界管理基準値案下回るが、禁漁水準案は上回る。本系群における 2017、2019 年漁期の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧を下回っていたと判断される。



補足図 7-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)。

補足資料 8. 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2019 年漁期の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2020～2051 年漁期までの将来予測計算を行った（補足資料 9）。将来予測における加入量は、各年漁期の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、10,000 回の繰り返し計算を行った。ただし、2020 年漁期（2018 年級群）と 2021 年漁期（2019 年級群）の加入量は、調査船調査による加入量指標値、0 歳魚の現存量推定値（補足資料 4-（3））や 1 歳魚の現存量推定値（補足資料 4-（4））が高く、再生産関係式で親魚量から推定される加入量よりも大幅に多いと考えられるため、今後データが加わっても値が大きく変化しないと考えられる 2 つの高豊度年級群、2008 年漁期（2006 年級群）と 2014 年漁期（2012 年級群）の加入量を用いて仮定した。2018 年級群は、0 歳時点の現存量が 2012 年級群並であり、1 歳時点の現存量は 2012 年級群を上回り、2006 年級群もやや上回った一方、分布の広がり小さかったことから（補足資料 4-（3）、4-（4））、2020 年漁期（2018 年級群）の加入量は 2014 年漁期（2012 年級群）の加入量と同値と仮定した。2019 年級群は、0 歳時点の現存量が 2006 年級群以降で最も多かった一方、分布が北偏していたうえ、体長が小さくてその後のオホーツク海への流出の度合や減耗が大きかった可能性があるため（補足資料 4-（3））、2021 年漁期（2019 年級群）の加入量は 2008 年漁期（2006 年級群）と 2014 年漁期（2012 年級群）の加入量の平均値とした。また、2020 年漁期の漁獲量は TAC 数量である 6.7 千トンとした。現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で、今年度評価における 2015～2019 年の漁獲圧に対応する %SPR を与える F 値とした。2021 年漁期以降の漁獲圧には、各漁期年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧 (F) 等を定める漁獲シナリオ案である。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} に安全係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 8-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として安全係数 β を 0.8 とした場合を示した。

(3) 2021 年漁期の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2021 年漁期の平均漁獲量は β を 1.0 とした場合には 8.4 千トン、 β を 0.8 とした場合には 6.8 千トンであった。2021 年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を下回り、平均 121 千トンと見込まれた。したがって 2021 年漁期の漁獲圧は、親魚量が限界管理基準値未満であることから、親魚量に応じた係数を乗じ $\gamma(SBt) \times \beta F_{msy}$ として算出した。ここで 2021 年漁期の

$\gamma(SB_t)$ は「漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針」における1系資源の管理規則に基づき、下式により0.66と計算された。

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

2021年漁期の親魚量（予測平均値）：121千トン			
項目	2021年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2015-2019)	2021年漁期の 漁獲割合（%）
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	8.4	0.67	4
$\beta=0.8$	6.8	0.53	3
$\beta=0.6$	5.1	0.40	3
$\beta=0.4$	3.4	0.27	2
$\beta=0.2$	1.7	0.13	1
$\beta=0$	0	0	0
F2015-2019	12.4	1.00	6

（4）2022年以降の予測

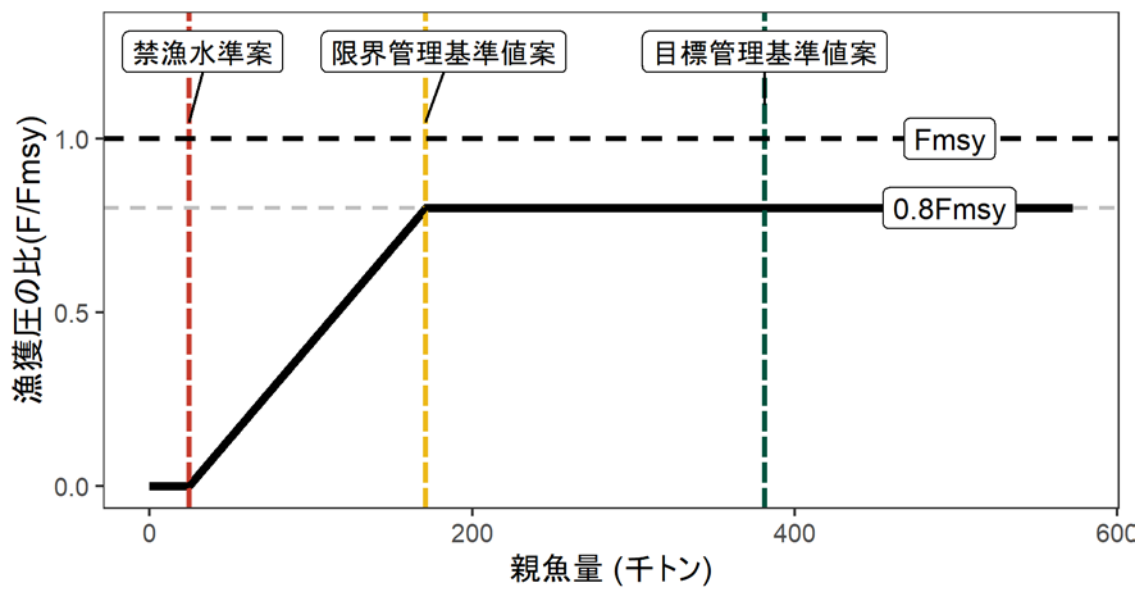
2022年以降も含めた将来予測の結果を補足図8-3および補足表8-1、8-2に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を10年間継続した場合、2031年漁期の親魚量の予測値は β を1.0とした場合には182千トン（80%信頼区間は117千～266千トン）であり、 β を0.8とした場合には199千トン（80%信頼区間は127千～293千トン）である。ただし β を0とした場合でも親魚量は平均308千トン（80%信頼区間は194千トン～451千トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は20%である。限界管理基準値案を上回る確率は β を1.0とした場合には46%、 β を0.8とした場合には57%であり、禁漁水準案を上回る確率は全ての漁獲管理規則案において100%となった。

漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標管理基準値案を50%以上の確率で上回る漁期年は、 β を1.0または0.8とした場合およびF2015-2019での漁獲を継続した場合には2051年漁期以降となると予測された。また、限界管理基準値を50%以上の確率で上回る漁期年は、 β を0～0.8とした場合には2030年漁期以前となることが予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（ $\beta=0$ ）、親魚量が目標管理基準値案を50%以上の確率で上回るのは2035年漁期になると予測された。

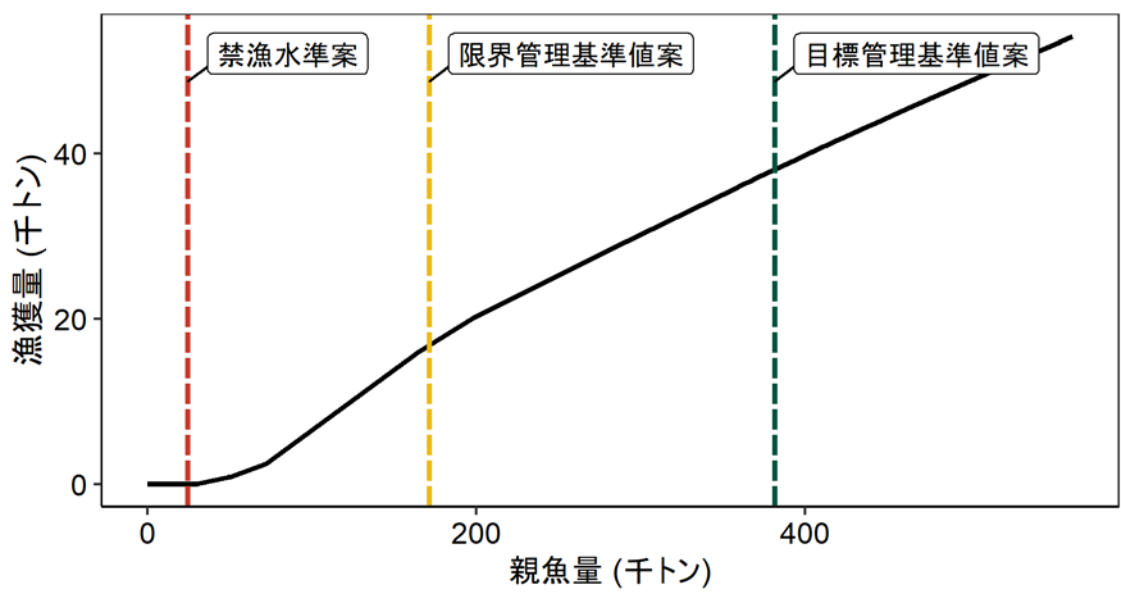
考慮している不確実性： 加入量					
項目	2031 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$	182	117 – 266	2	46	100
$\beta=0.8$	199	127 – 293	3	57	100
$\beta=0.6$	219	138 – 324	5	69	100
$\beta=0.4$	244	152 – 360	8	80	100
$\beta=0.2$	273	171 – 402	12	90	100
$\beta=0$	308	194 – 451	20	96	100
F2015-2019	163	97 – 246	1	35	100

考慮している不確実性：加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2033 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.8$	2051 年漁期以降	2030 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.6$	2047 年漁期	2029 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.4$	2041 年漁期	2027 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.2$	2037 年漁期	2026 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0$	2035 年漁期	2025 年漁期	2019 年漁期
F2015-2019	2051 年漁期以降	2037 年漁期	2019 年漁期

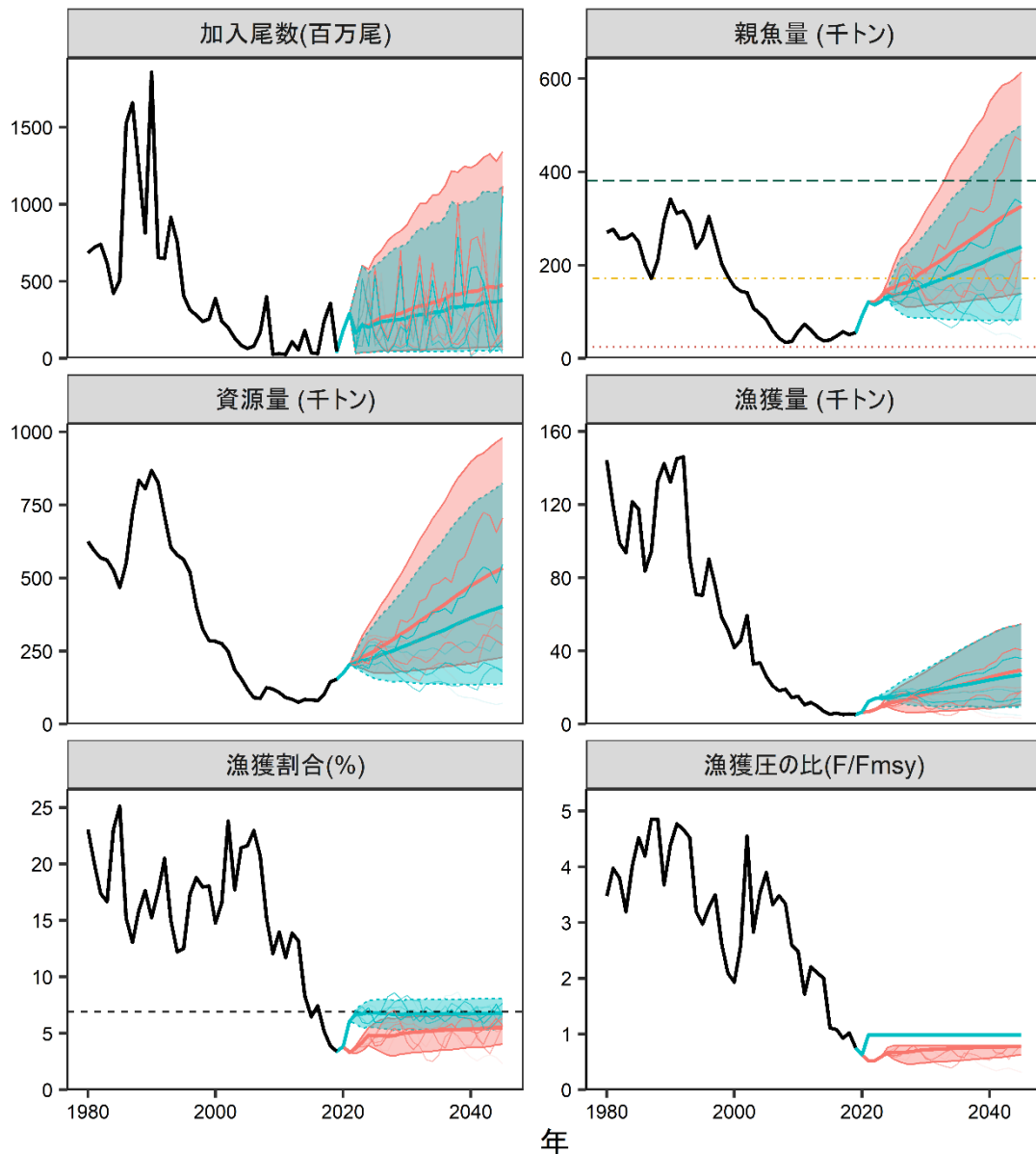
(a)



(b)



補足図 8-1. 漁獲管理規則案 β を 0.8 とした場合のものを示す。黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8 F_{msy}$ 、黒太線は漁獲管理規則案、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案をそれぞれ示す。上図(a)が縦軸を漁獲圧にした漁獲管理規則案の模式図を示し、下図(b)では縦軸を漁獲量として、それぞれの親魚量の下で漁獲管理規則案により期待される漁獲量を示した。



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

補足図 8-3. 漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧（F2015-2019）で漁獲を続けた場合の将来予測（青色） 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄点線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。漁獲管理規則案は $\beta=0.8$ とした場合の結果を示した。2020 年漁期の加入量は 2014 年漁期の加入量と同値、2021 年漁期の加入量は 2008 年漁期と 2014 年漁期の加入量の平均値とした。2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とした。

補足表 8-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率 2020 年漁期の漁獲量は TAC (6.7 千トン) とし、2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	13	24
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	17	31
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	22	39
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	27	50
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	5	35	59
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	42	70
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	5	8	51	79
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	6	10	61	86
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	12	70	92
0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	6	10	16	78	96
0.0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7	13	20	85	98

(b) 限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	2	12	21	25	31	38	43	46	70	82
0.9	0	0	0	0	0	2	14	24	28	35	43	48	51	76	88
0.8	0	0	0	0	0	2	16	27	32	39	48	53	57	82	92
0.7	0	0	0	0	0	3	18	30	36	44	53	59	63	87	95
0.6	0	0	0	0	0	4	21	34	41	49	59	65	69	91	97
0.5	0	0	0	0	0	5	25	39	46	55	65	70	75	94	99
0.4	0	0	0	0	0	8	29	45	51	60	71	76	80	97	99
0.3	0	0	0	0	0	10	35	51	57	67	77	81	85	98	100
0.2	0	0	0	0	0	14	41	57	63	73	82	86	90	99	100
0.1	0	0	0	0	0	20	49	64	70	79	87	91	94	100	100
0.0	0	0	0	0	0	32	59	72	76	85	91	94	96	100	100

補足表 8-2. 将来の親魚量および漁獲量の平均値の推移 2020 年漁期の漁獲量は TAC (6.7 千トン) とし、2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量の平均値の推移

(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	56	92	121	119	130	144	146	152	154	160	169	176	182	249	301
0.9	56	92	121	120	132	146	149	155	158	165	175	183	190	270	332
0.8	56	92	121	121	134	148	152	159	162	171	181	190	199	294	366
0.7	56	92	121	121	135	151	155	163	167	176	189	199	209	321	403
0.6	56	92	121	122	137	153	158	167	172	183	196	208	219	351	442
0.5	56	92	121	123	139	156	162	172	178	189	204	218	231	383	482
0.4	56	92	121	124	140	158	166	177	184	197	213	228	244	419	524
0.3	56	92	121	125	142	161	170	182	190	205	223	240	258	458	566
0.2	56	92	121	126	144	164	174	188	197	213	234	253	273	500	609
0.1	56	92	121	126	146	167	179	193	204	222	245	267	290	544	654
0	56	92	121	127	148	171	183	200	212	232	258	282	308	592	700

(b) 漁獲量の平均値の推移

(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	5.2	6.7	8.4	9.6	11.3	13.3	13.7	14.6	15.2	16.0	17.3	18.2	19.1	27.5	33.8
0.9	5.2	6.7	7.6	8.8	10.5	12.4	12.9	13.7	14.3	15.2	16.4	17.4	18.3	27.2	33.8
0.8	5.2	6.7	6.8	7.9	9.6	11.4	11.9	12.8	13.4	14.2	15.5	16.4	17.3	26.6	33.3
0.7	5.2	6.7	5.9	7.1	8.6	10.4	10.9	11.7	12.3	13.1	14.3	15.2	16.2	25.6	32.2
0.6	5.2	6.7	5.1	6.2	7.6	9.3	9.8	10.5	11.1	11.9	13.0	13.9	14.8	24.1	30.3
0.5	5.2	6.7	4.3	5.2	6.6	8.0	8.5	9.2	9.8	10.5	11.5	12.3	13.2	22.1	27.6
0.4	5.2	6.7	3.4	4.3	5.4	6.7	7.1	7.7	8.2	8.8	9.7	10.5	11.3	19.4	24.0
0.3	5.2	6.7	2.6	3.3	4.2	5.2	5.6	6.1	6.5	7.0	7.7	8.3	9.0	15.9	19.4
0.2	5.2	6.7	1.7	2.2	2.9	3.6	3.9	4.3	4.6	4.9	5.4	5.9	6.4	11.6	14.0
0.1	5.2	6.7	0.9	1.1	1.5	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.4	6.3	7.5
0	5.2	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

補足資料 9. 将来予測の方法

将来予測での各年の加入量は、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」において適用されたホッケー・スティック型の再生産関係式 ($a=1.81$ 、 $b=341,742$ 、 $SD=0.81$) から推定される値を用いた。なお、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、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。詳細は「平成 31 (2019) 年度スケトウダラ日本海北部系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書」を参照されたい。ただし、2020 年漁期 (2018 年級群) と 2021 年漁期 (2019 年級群) の加入量は、調査船調査による加入量指標値および分布、体サイズなどの情報に基づき、2020 年漁期は 2014 年漁期 (2012 年級群) の加入量と同値、2021 年漁期は 2008 年漁期 (2006 年級群) と 2014 年漁期 (2012 年級群) の加入量の平均値とした (詳細は補足資料 8- (1) 参照)。

将来予測における漁獲係数 F は、「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測に用いたパラメータは補足表 9-1 に示す。選択率や漁獲物平均体重等の値は、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」で MSY を実現する水準の推定に用いた値を引き続き用いた。これらは再生産関係と同じく平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく値であり、選択率および漁獲物平均体重はこの計算結果における 2013～2017 年漁期の平均値である。現状の漁獲圧 ($F_{2015-2019}$) は、この選択率において推定される $\%SPR$ が 2015～2019 年漁期の平均 F 値から推定される $\%SPR$ と等しくなる値とした。2020 年漁期の F は、これら将来予測に用いたパラメータの下で 2020 年漁期の TAC (6.7 千トン) を与える F の値を探索的に求めた。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法 ((1) 式) を用いた。

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

10 歳以上のプラスグループについては、前年の 9 歳と 10 歳以上の和から前進させた。

漁獲尾数は、上記で求めた資源尾数と各漁獲シナリオから仮定される F 値をもとに (2) 式により求めた。

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

補足表 9-1. 将来予測で用いたパラメータ

	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2015- 2019 (注 3)	資源の 平均体重 (g)	漁獲物 平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
2 歳	0.18	0.02	0.02	134	98	0.30	0.00
3 歳	0.36	0.04	0.04	229	202	0.25	0.00
4 歳	0.60	0.07	0.07	326	287	0.25	0.31
5 歳	0.81	0.09	0.09	425	370	0.25	0.89
6 歳	1.15	0.13	0.13	485	442	0.25	0.99
7 歳	1.24	0.14	0.14	545	489	0.25	1.00
8 歳	1.31	0.15	0.15	570	548	0.25	1.00
9 歳	1.00	0.12	0.11	578	607	0.25	1.00
10 歳	1.00	0.12	0.11	688	680	0.25	1.00
以上							

注 1： 平成 31 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、平成 30 年度資源評価での Fcurrent の選択率）。

注 2： 平成 31 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、平成 30 年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent を掛けたもの）。

注 3： 上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2015～2019 年漁期の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。

補足資料 10. 再生産関係式、管理基準値案、将来予測等の更新

はじめに

本系群の第1回資源管理方針に関する検討会(令和2年8月20～21日開催)において、管理基準値案や禁漁水準案、漁獲管理規則案、および将来予測結果について、最新の資源評価結果に基づく諸数値に単純更新することが求められた。また、2021年漁期から5年間の漁獲を7,000トン、8,000トン、9,000トン、10,000トンとして固定し、 β を0～1.0の範囲で0.1単位として年別の各管理基準値案を上回る確率の試算を行うことが求められた。

本資料では、まず、本年度の資源評価結果に基づき再生産関係式の数値を更新し、次に、更新した再生産関係式に基づき管理基準値案、水準案、および漁獲管理規則案を研究機関会議で用いた方法と同様の手法を用いて再計算した結果を示した。また、更新したこれらの数値に基づく将来予測結果を示した。将来予測においては、2021年漁期から5年間の漁獲量を7,000トン、8,000トン、9,000トン、10,000トンに固定した場合の試算も行った。

平成31年4月に開催された研究機関会議での提案は、当時の最新の資源評価結果(平成30年度の資源評価の結果)に基づく。これに対し、本資料で使用する資源評価結果は令和2年度資源評価によるものである。最新の資源評価では、平成30年度の資源評価に比べて、資源量等が評価される年が2年分増えている。

再生産関係

本系群の再生産関係式として、研究機関会議ではホッケー・スティック型(HS型)の再生産関係式の使用が提案されている。関係式のパラメータ推定には最小二乗法を使用し、加入量の予測値に対する観測値の残差に自己相関を考慮したモデルは使用していない。この再生産関係式について、最新の資源評価結果に基づき1980～2017年級群の加入量(加入尾数)と親魚量を用いてパラメータを更新した結果を下表および補足図10-1に示す。更新した関係式のホッケー・スティックの傾き(下表のパラメータa)および折れ点(下表のパラメータb)は更新前とほぼ変わらなかった。ホッケー・スティックの折れ点以上の親魚量で平均的に得られる加入量は614百万尾である(更新前の関係式では617百万尾)。

提案	再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
研究機関会議案 (平成31年)	ホッケー・スティック型	最小二乗法	無	1.805	341,742	0.812
今回の更新値	ホッケー・スティック型	最小二乗法	無	1.797	341,743	0.799

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。

本系群の再生産関係においては、親魚量と加入量との間に強い直線の関係が見られ、リッ

カー型再生産曲線（RI 型）およびベバートン・ホルト型再生産曲線（BH 型）で密度効果が検出されないため、HS 型、RI 型、BH 型のすべてにおいてほぼ同じ値が推定される（図 A-2、表 A-1）。ただし、HS 型では変曲点が観測範囲にない場合は親魚量の最大値に設定できる。このため、本系群の再生産関係式としては HS 型が適していると判断される。最適化方法については、最小二乗法を用いた場合の方が最小絶対値法を用いた場合よりも補正赤池情報量基準（AICc）は小さくなる（補足表 10-1）。HS 型における残差の経年的トレンドおよび自己相関プロット（補足図 10-2）は更新前（山下ほか 2019）と同様であった。山下ほか（2019）は、残差の自己相関は有意であったが、この自己相関係数の有意性は 1988 年級群以前の加入尾数・親魚資源量の推定値に大きく依存しており、1989 年級群以降の残差では自己相関は検出されなかったと結論している。このため、今回の再生産関係式の更新においても残差の自己相関は考慮しなかった。

管理基準値案と禁漁水準案

平成 31 年の研究機関会議では、本系群の目標管理基準値案として MSY を実現する親魚量（SBmsy）、限界管理基準値案として MSY の 60%が得られる親魚量（SB0.6msy）、禁漁水準案として MSY の 10%が得られる親魚量（SB0.1msy）を用いることが提案されている。令和 2 年度の資源評価結果を用いてこれらの数値を更新した結果を下表および補足表 10-2 に示す。

提案	項目	値	備考
研究機関会議案 （平成 31 年）	目標管理 基準値案	382 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量 （SBmsy）
	限界管理 基準値案	171 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 （SB0.6msy）
	禁漁 水準案	25 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 （SB0.1msy）
今回の更新値	目標管理 基準値案	380 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量 （SBmsy）
	限界管理 基準値案	171 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 （SB0.6msy）
	禁漁 水準案	25 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 （SB0.1msy）

目標管理基準値案となる SBmsy は、平成 31 年の研究機関会議案と同様に、平均世代時間（8.19 年）の 50 倍の年数のシミュレーション期間後を平衡状態と仮定し、平衡状態における平均漁獲量が最大化される F 値を Fmsy、その Fmsy で漁獲した場合の平衡状態での平均親魚量を SBmsy として算出した。シミュレーションには令和 2 年度資源評価結果に基づき更新した再生産関係（前述）を用いた。用いた選択率は、2013～2019 年漁期の F 値の年齢

別平均に基づく。平成 31 年の研究機関会議案で用いた選択率は、当時の直近 5 年、2013～2017 年漁期の F 値の年齢別平均に基づいていた。今回の更新における直近 5 年は 2015～2019 年漁期である。2015～2019 年漁期の F 値の年齢別平均に基づく選択率（補足表 10-3）はとくに 7 歳の選択率が低いが、本系群を対象とする漁業の状況を鑑みると高齢の F が年齢によって大きく異なる状況が将来続くとは考え難い上、平成 31 年の研究機関会議案で用いた選択率とも大きく異なる（補足表 10-3）。このため、今回の更新においては、平成 31 年の研究機関会議案にその後 2 年分のデータを追加した 2013～2019 年漁期の F 値の年齢別平均に基づく選択率を用いることとした。現状の漁獲圧（F2015-2019*）として、この選択率下で 2015～2019 年漁期の F 値の年齢別平均値と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して求めた値、漁獲物平均体重は 2015～2019 年漁期の平均値を用いた。シミュレーションに用いたその他の生物パラメータ等の設定は補足表 10-4 に示した。

様々に F 値を変えた場合の平衡状態における親魚量、およびこれに対する年齢別漁獲量の平均値を補足図 10-4 に示す。

平均漁獲量が最大化される SBmsy の更新値は平成 31 年の研究機関会議案とほぼ変わらない 380 千トンであった。更新された限界管理基準値案 (SB0.6msy) と禁漁水準案 (SB0.1msy) もそれぞれ親魚量 171 千トンと 25 千トンで、平成 31 年の研究機関会議での案とほぼ変わらなかった。

神戸プロット

更新された目標管理基準値案 (SBmsy) と、その時の漁獲圧 Fmsy もしくは漁獲割合 Umsy を基準にした神戸プロットをそれぞれ補足図 10-5 に示す。本系群における漁獲圧 (F 値) は 2017、2019 年漁期に MSY を実現する漁獲圧を下回っていたと判断される。また漁獲割合 (U) を基準にすると、2015 年漁期および 2017 年漁期以降に MSY を与える水準を下回っていたと判断される。親魚量は全期間において目標管理基準値案 (SBmsy) を下回っている。

漁獲管理規則案

漁獲管理規則は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復できる確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧 (F) 等を定めるルールである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則では、親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げるとともに、漁獲圧の上限となる Fmsy には安全係数 β を乗じるものを提示している。補足図 10-6 には例として安全係数 β を 0.8 とした場合を示した。

将来予測

(1) 将来予測の設定

更新した再生産関係式および漁獲管理規則案を用いて将来予測結果を更新した。将来予測は令和 2 年度資源評価で推定した 2019 年漁期の資源量から、コホート計算を 2020～2051 年漁期まで前進させた。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を更新した再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し

10,000 回の繰り返し計算を行った。ただし、2020 年漁期（2018 年級群）と 2021 年漁期（2019 年級群）の加入量は、それぞれ調査船調査による加入量指標値、0 歳魚の現存量推定値や 1 歳魚の現存量推定値が高く、再生産関係式で親魚量から推定される加入量よりも大幅に多いと考えられるため、2020 年漁期（2018 年級群）の加入量は 2014 年漁期（2012 年級群）の加入量と同値、2021 年漁期（2019 年級群）の加入量は 2008 年漁期（2006 年級群）と 2014 年漁期（2012 年級群）の加入量の平均値とした。詳細は補足資料 8 を参照されたい。また、2020 年漁期の漁獲量は TAC 数量である 6.7 千トンとした。現状の漁獲圧（F2015-2019*）は、管理基準値案を算出した時と同じ値を用いた。2021 年漁期以降の漁獲圧には、各漁期年に予測される親魚量をもとに漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。計算に用いた数式は、補足資料 9 を参照されたい。

（2）2021 年漁期の予測値

2021 年漁期に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値を下回り、平均 121 千トンと見込まれた。したがって 2021 年漁期の漁獲圧は、親魚量が限界管理基準値未満であることから、親魚量に応じた係数を乗じ $\gamma(SB_t) \times \beta F_{msy}$ として算出した。ここで 2021 年漁期の $\gamma(SB_t)$ は「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則に基づき、下式により 0.66 と計算された。

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

更新した漁獲管理規則案に基づき試算された 2021 年漁期の平均漁獲量は β を 1.0 とした場合には 8.8 千トン、 β を 0.8 とした場合には 7.1 千トンであった。

2021 年漁期の親魚量（予測平均値）：121 千トン			
項目	2021 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2015-2019)	2021 年漁期の 漁獲割合（%）
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	8.8	0.67	4
$\beta=0.8$	7.1	0.53	3
$\beta=0.6$	5.3	0.40	3
$\beta=0.4$	3.6	0.27	2
$\beta=0.2$	1.8	0.13	1
$\beta=0$	0	0	0
F2015-2019*	12.9	1.00	6

F2015-2019*は、令和 2 年度資源評価報告書に掲載した F2015-2019 と選択率が異なる。F2015-2019 は平成 31 年度の研究機関会議で MSY 管理基準値の計算に用いた選択率の下で 2015～2019 年漁期の F 値の年齢別平均値と同じ漁獲圧を与える F 値を%SPR 換算して求めたものであり、F2015-2019*は今回の MSY 管理基準値の更新に用いた選択率の下で 2015～2019 年漁期の F 値の年齢別平均値と同じ漁獲圧を与える F 値を%SPR 換算して求めたものである。

(3) 2022 年漁期以降の予測値

更新した漁獲管理規則案に基づく中長期的な将来予測の結果を補足図 10-7 および補足表 10-5 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2031 年漁期の親魚量の予測値は β を 1.0 とした場合には 182 千トン（80%信頼区間は 117 千～265 千トン）であり、 β を 0.8 とした場合には 199 千トン（80%信頼区間は 127 千～292 千トン）である。ただし β を 0 とした場合でも親魚量は平均 309 千トン（80%信頼区間は 195 千トン～449 千トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は 20%である。限界管理基準値案を上回る確率は β を 1.0 とした場合には 46%、 β を 0.8 とした場合には 57%であり、禁漁水準案を上回る確率は全ての漁獲管理規則案において 100%となった。

漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標理基準値案を 50%以上の確率で上回る漁期年は、 β を 1.0 または 0.8 とした場合および現状の漁獲圧（F2015-2019*）での漁獲を継続した場合には 2051 年漁期以降となると予測された。また、限界管理基準値を 50%以上の確率で上回る漁期年は、 β を 0～0.8 とした場合には 2030 年漁期以前となることが予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（ $\beta=0$ ）、親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回るのは 2035 年漁期になると予測された。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2031 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
その他の方策（漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$	182	117 – 265	2	46	100
$\beta=0.8$	199	127 – 292	3	57	100
$\beta=0.6$	219	138 – 322	4	69	100
$\beta=0.4$	244	153 – 358	7	81	100
$\beta=0.2$	273	171 – 400	12	90	100
$\beta=0$	309	195 – 449	20	96	100
F2015-2019*	163	97 – 246	1	35	100

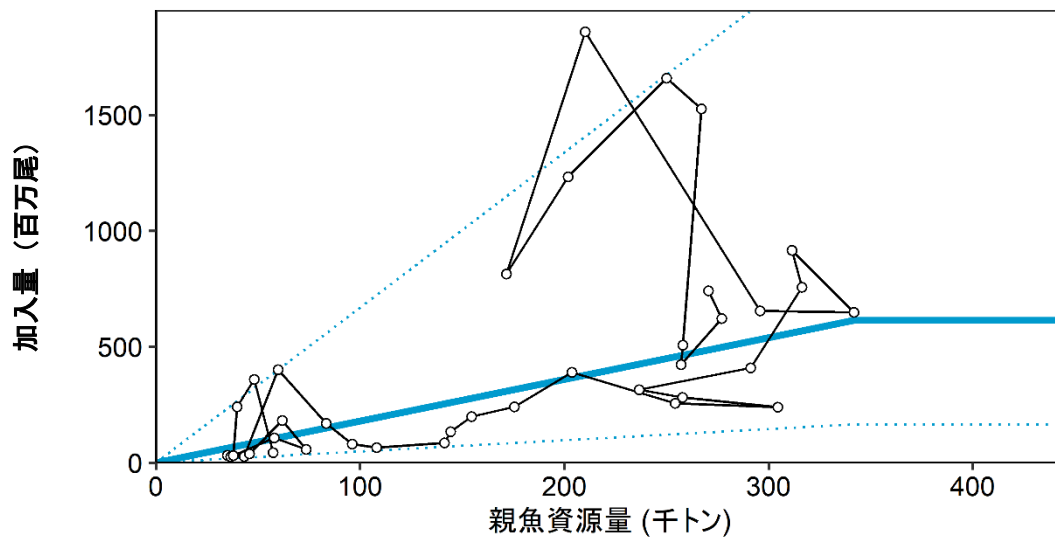
考慮している不確実性：加入量			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
その他の方策（漁獲管理規則とは異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2033 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.8$	2051 年漁期以降	2030 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.6$	2047 年漁期	2029 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.4$	2041 年漁期	2027 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0.2$	2038 年漁期	2026 年漁期	2019 年漁期
$\beta=0$	2035 年漁期	2025 年漁期	2019 年漁期
F2015-2019*	2051 年漁期以降	2037 年漁期	2019 年漁期

(4) 2021 年漁期から 5 年間の漁獲量を 7,000 トン、8,000 トン、9,000 トン、10,000 トンに固定した場合の試算

試算結果を、補足表 10-6～10-9 に示した。2021 年漁期から 5 年間固定する漁獲量を増加させると親魚量が目標管理基準値案、限界管理基準値案を上回る確率は低下した。2031 年度漁期の親魚量の予測値が目標管理基準値案を上回る確率は、 β を 0 とした場合には 9～12%であった。限界管理基準値案を上回る確率は β を 1.0 とした場合には 48～55%、 β を 0.8 とした場合には 56～62%であった。禁漁水準案を上回る確率は、すべての 5 年間固定漁獲量、すべての漁獲管理規則案において 100%であった。

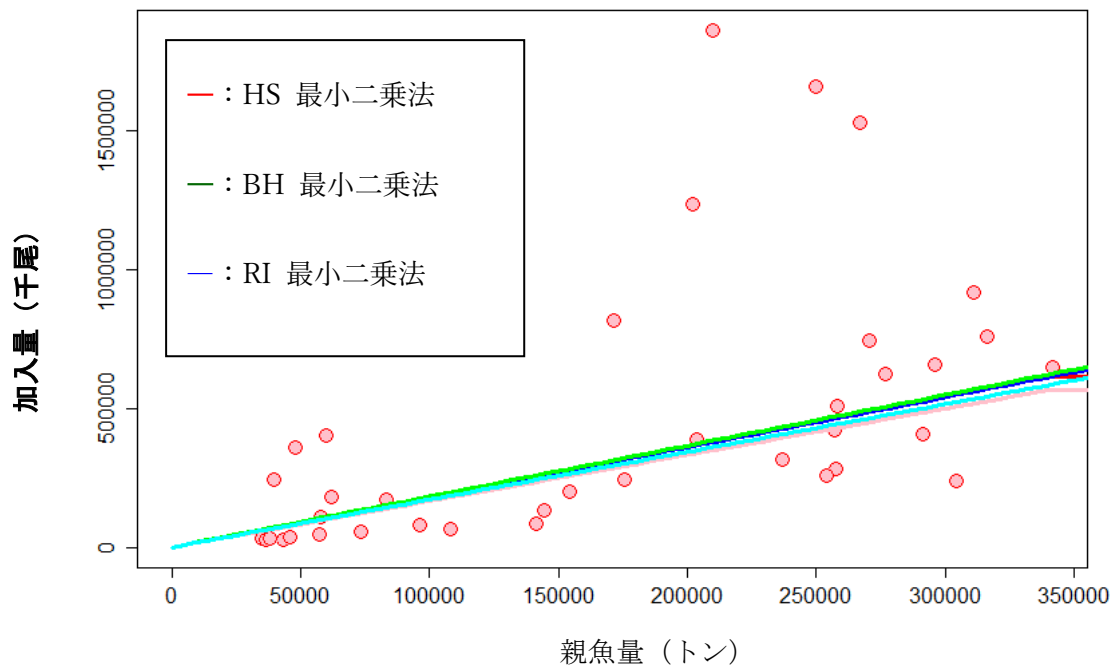
引用文献

山下夕帆・境 磨・千村昌之・石野光弘 (2019) 平成 31 (2019) 年度スケトウダラ日本海北部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_n.pdf



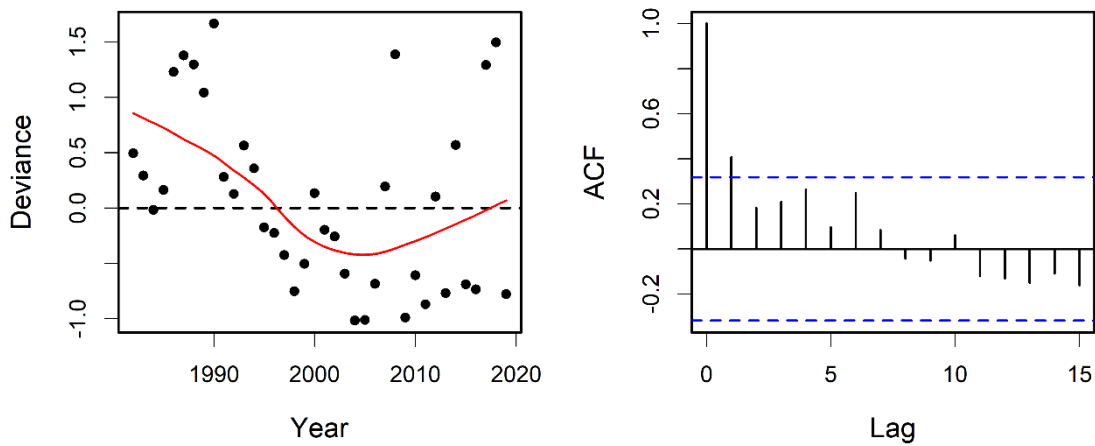
補足図 10-1. 更新した再生産関係式（親魚量と加入量の関係）

青線は令和 2 年度の資源評価で推定された 1980～2017 年級群の加入量（加入尾数）および親魚量から推定したホッケ－・スティック型再生産関係式。点線は親魚量と加入量の 90% が含まれると推定される範囲である。



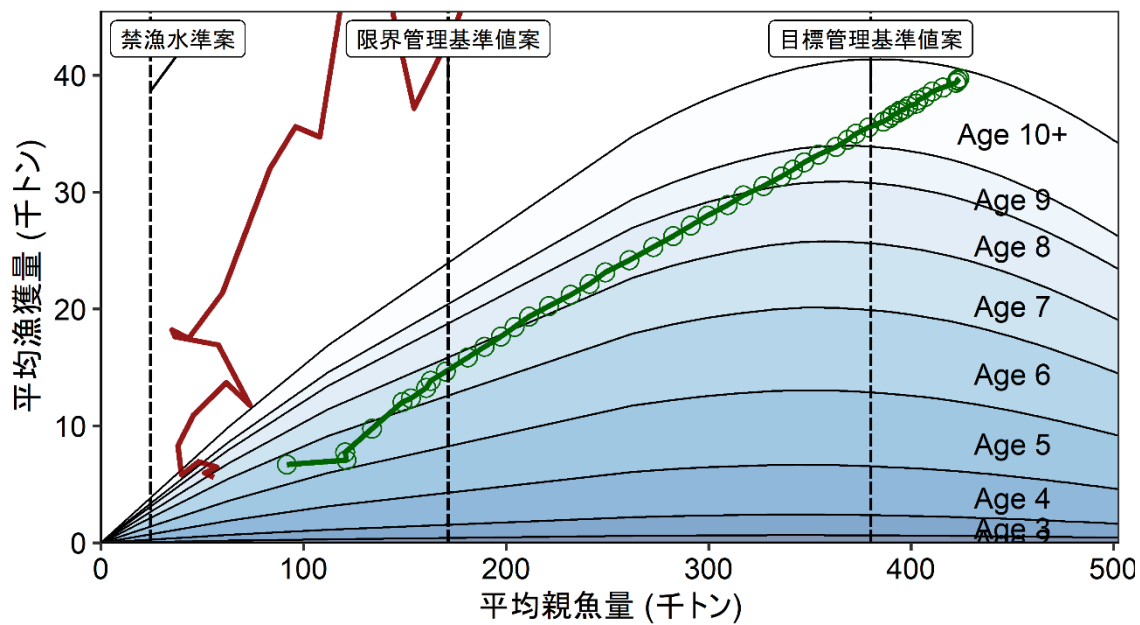
補足図 10-2. 各再生産関係式の比較

ホッケー・スティック型 (HS)、リッカー型 (RI)、ベバートン・ホルト型 (BH) の再生産関係式を、最小二乗法および最小絶対値法により当てはめた。各関係式のパラメータ等については、表 A-1 を参照されたい。



補足図 10-3. ホッケー・スティック型再生産関係における残差トレンドと自己相関プロット

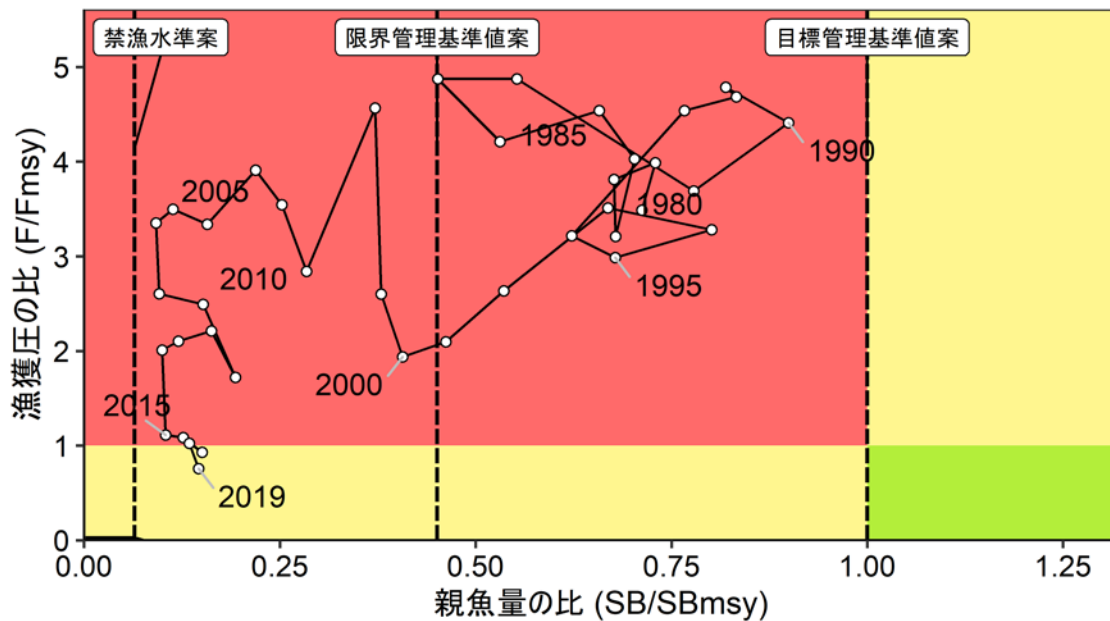
最小二乗法によりホッケー・スティック型再生産関係式を当てはめた結果に基づく。右図の自己相関プロットの青破線は 95%信頼区間を示す。



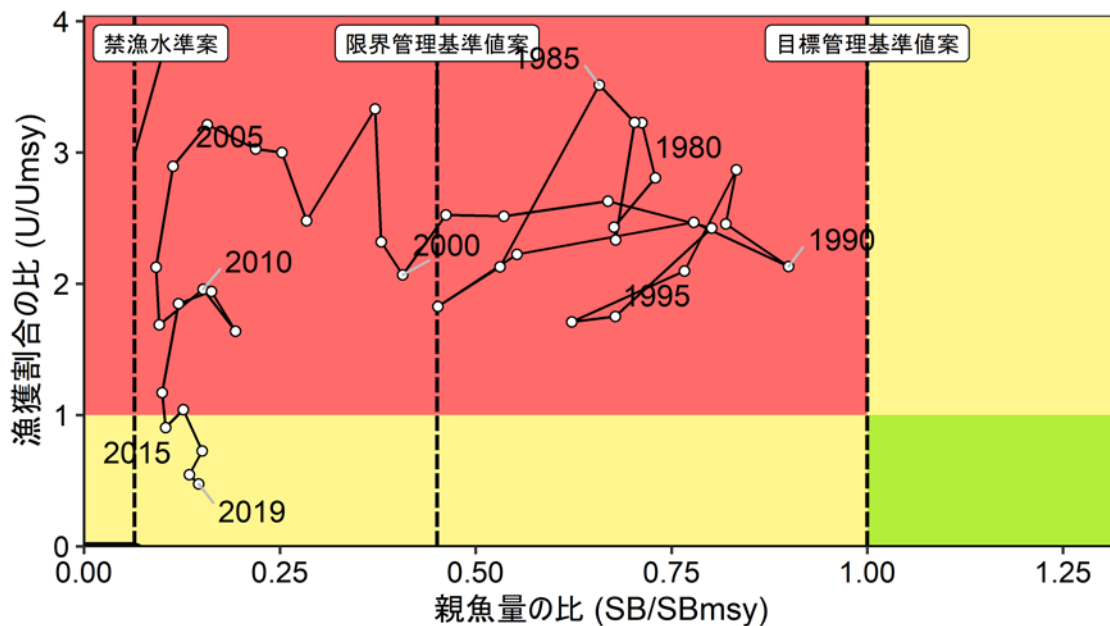
補足図 10-4. 管理基準値案と年齢別漁獲量曲線の関係

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と、それぞれの管理基準値案の位置関係を示す。赤実線は資源評価により推定された親魚量と漁獲量との関係を、緑実線は提案する管理基準値案に基づく漁獲管理規則案 ($\beta=0.8$) で漁獲を行った場合の将来予測での平均親魚量と平均漁獲量の推移の一例である。

a) 縦軸を F_{msy} と各年の F の比にした場合



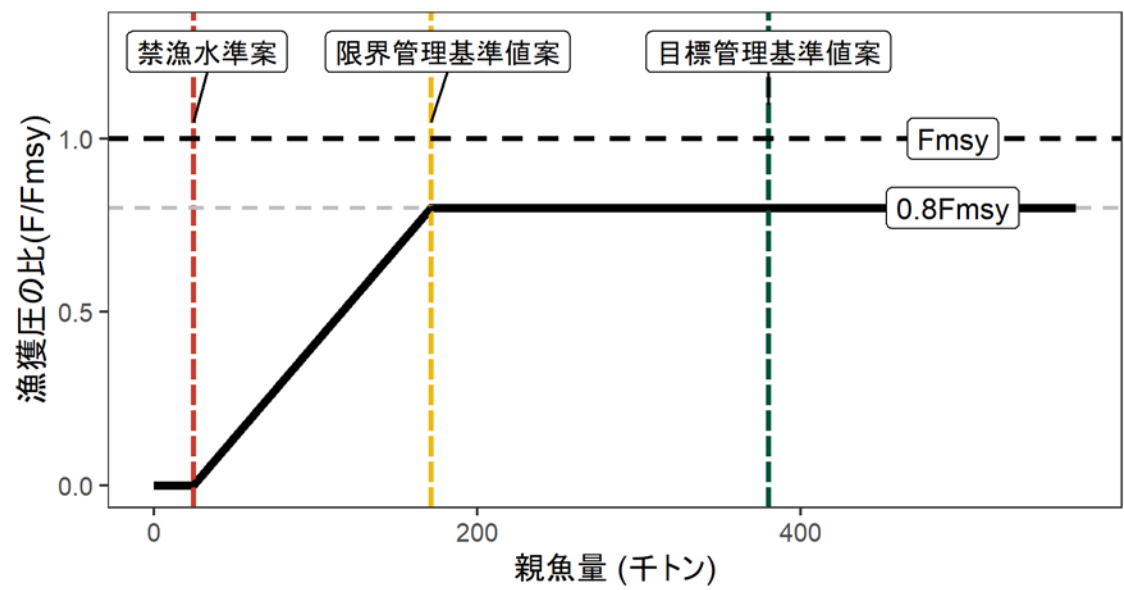
b) 縦軸を U_{msy} と各年の U の比にした場合



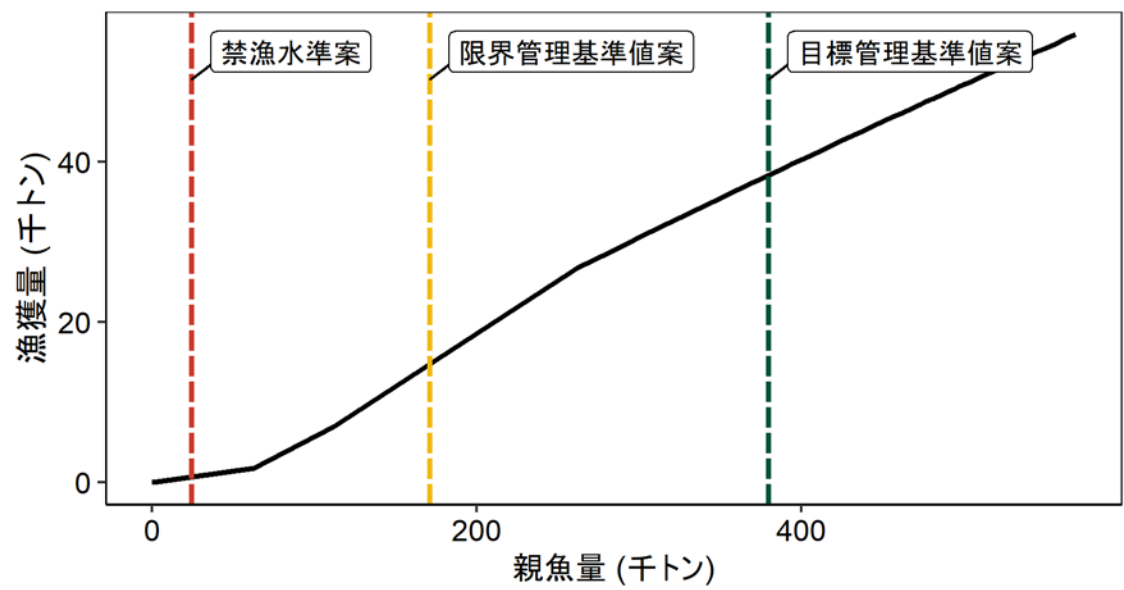
補足図 10-5. 更新された最大持続生産量に関わる管理基準値を基準にした神戸プロット

上図 (図 4a) は最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SB_{msy}) および MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) に対する親魚量および漁獲圧 (F 値) の関係を、下図 (図 4b) は F 値の代わりに漁獲割合 (U) を用いた場合の関係を示す。

a)

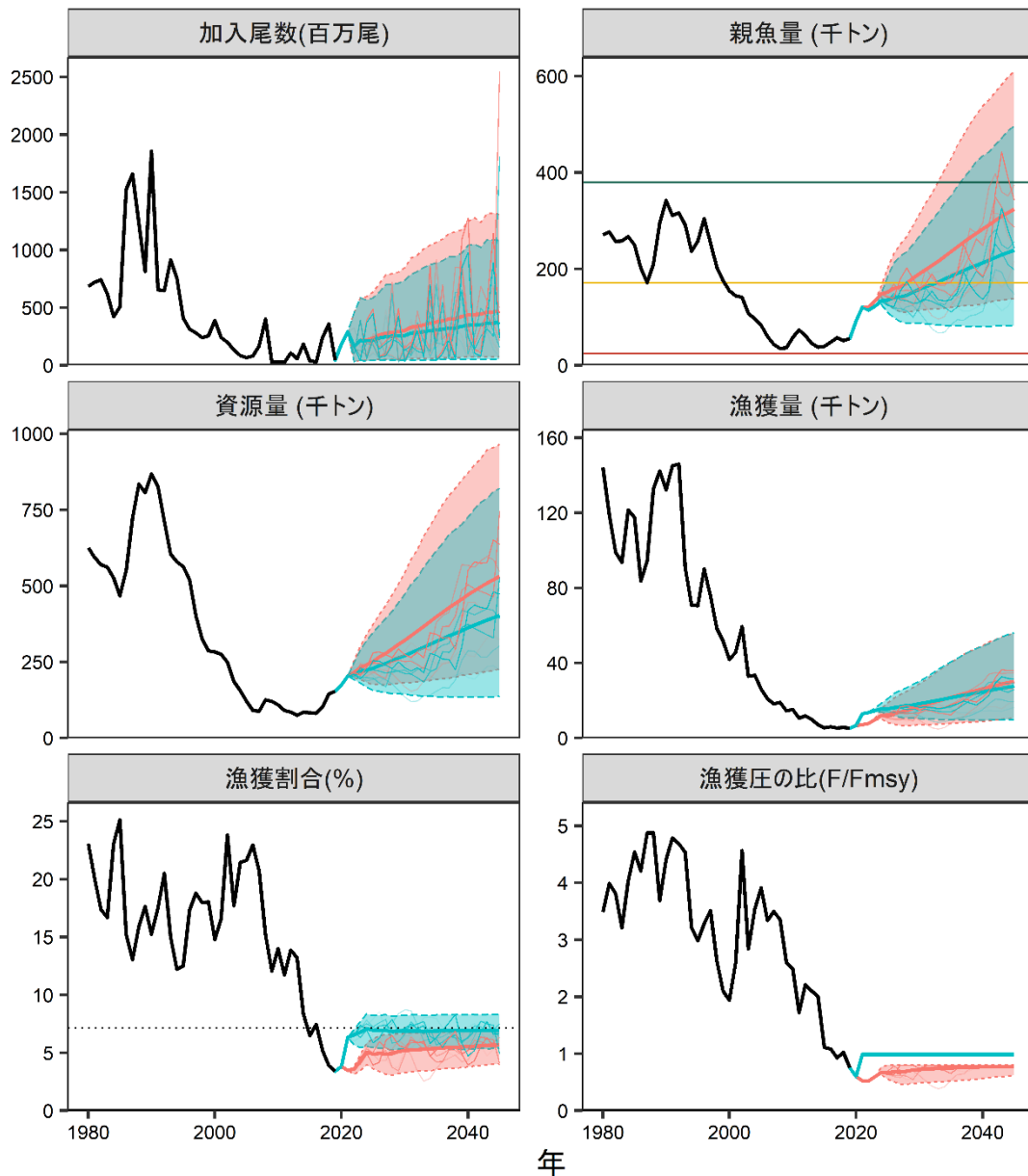


b)



補足図 10-6. 漁獲管理規則案 (β を 0.8 とした場合のものを示す)

黒破線は F_{msy} 、灰色破線は $0.8 F_{msy}$ 、黒太線は漁獲管理規則案、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案をそれぞれ示す。上図(a)が縦軸を漁獲圧にした漁獲管理規則案の模式図を示し、下図(b)では縦軸を漁獲量として、それぞれの親魚量の下で漁獲管理規則案により期待される漁獲量を示した。



補足図 10-7. 漁獲管理規則案を用いた将来予測（赤色）と現状の漁獲圧（F2015-2019*）で漁獲をつづけた場合の将来予測（青色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる 90% 予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄点線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。漁獲管理規則案は $\beta=0.8$ とした場合の結果を示した。2020 年漁期の加入量は 2014 年漁期の加入量と同値、2021 年漁期の加入量は 2008 年漁期と 2014 年漁期の加入量の平均値とした。2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とした。

補足表 10-1. 再生産関係式の検討結果

再生産関係式	最適化法	自己 相関	a	b	S.D.	AICc	データ数
ホッケー・スティック	最小二乗法	無	1.797	341,743	0.799	97.5	38
リッカー	最小二乗法	無	1.797	1.58x10 ⁻¹³	0.799	97.5	38
ベバートン・ホルト	最小二乗法	無	1.797	2.77x10 ⁻¹³	0.799	97.5	38
ホッケー・スティック	最小絶対値法	無	1.661	341,743	0.803	104.7	38
リッカー	最小絶対値法	無	1.715	5.90x10 ⁻²³	0.801	104.7	38
ベバートン・ホルト	最小絶対値法	無	1.826	1.09x10 ⁻²²	0.799	104.7	38

推奨する再生産関係を太字とした。S.D.は加入のばらつきの大きさをあらわす指標で、対数残差の標準偏差（Standard Deviation、平均二乗誤差の平方根）である。

補足表 10-2. 各管理基準値案における平衡状態のときの平均親魚量、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量（SB0）に対する比、平均漁獲量、%SPR 換算した漁獲圧、漁獲率、F2015-2019*（注 1）に対する努力量の比の関係、および MSY を実現する漁獲圧における年齢別漁獲係数（Fmsy）

項目	説明	親魚量 (千トン)	SB0 に 対する比	漁獲量 (千トン)	漁獲圧 (%SPR)	漁獲 率	努力量 の比
目標管理 基準値案	MSY を実現する 親魚量（SBmsy）	380	0.53	44	60	0.07	1.01
限界管理 基準値案	MSY の 60%の漁獲量が得 られる親魚量（SB0.6msy）	171	0.24	27	52	0.09	1.36
禁漁水準案	MSY の 10%の漁獲量が得 られる親魚量（SB0.1msy）	25	0.03	4	48	0.10	1.58
MSY を実現 する漁獲圧 (Fmsy)	(2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳, 6 歳, 7 歳, 8 歳, 9 歳, 10+歳) = (0.02, 0.03, 0.07, 0.11, 0.13, 0.14, 0.15, 0.13, 0.13)						

注 1：令和 2 年度資源評価に基づく 2013～2019 年漁期の平均 F の選択率の下で 2015～2019 年漁期の F 値の年齢別平均値と同じ漁獲圧を与える F 値を%SPR 換算して求めた値

補足表 10-3. 選択率

年齢	2013-2019年 漁期の平均 (注1)	2015-2019年 漁期の平均	2013-2017年 漁期の平均 (注2)
2	0.14	0.12	0.18
3	0.26	0.24	0.36
4	0.51	0.50	0.60
5	0.81	0.75	0.81
6	0.99	0.63	1.15
7	1.05	0.48	1.24
8	1.18	1.13	1.31
9	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00

注 1：今回の MSY 管理基準値の更新および将来予測で用いた選択率

注 2：平成 31 年の研究機関会議案で MSY 管理基準値の計算に用いられた選択率

補足表 10-4. MSY 管理基準値の計算および将来予測で用いたパラメータ

年齢	自然死亡 係数	資源の 成熟率	資源の 平均重量(g)	漁獲物 平均重量(g) (注 1)	選択率 (注 2)	F2015-2019* (注 3)
2	0.30	0.00	134	98	0.14	0.02
3	0.25	0.00	229	187	0.26	0.03
4	0.25	0.31	326	284	0.51	0.07
5	0.25	0.89	425	380	0.81	0.10
6	0.25	0.99	485	455	0.99	0.13
7	0.25	1.00	545	505	1.05	0.14
8	0.25	1.00	570	574	1.18	0.15
9	0.25	1.00	578	605	1.00	0.13
10+	0.25	1.00	688	680	1.00	0.13

注 1：2015～2019 年漁期の漁獲物の平均体重

注 2：令和 2 年度資源評価結果に基づく 2013～2019 年漁期の平均 F の選択率

注 3：注 2 の選択率の下で 2015～2019 年漁期の F 値の年齢別平均値と同じ漁獲圧を与える F 値を%SPR 換算して求めた値

補足表 10-5. 親魚量が目標管理基準値案（a）、限界管理基準値案（b）を上回る確率
2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とし、2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	12	24
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	16	31
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	21	39
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	27	49
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	35	59
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	43	69
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	7	53	78
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	6	10	61	86
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	12	70	91
0.1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	6	10	16	78	96
0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	7	13	20	86	98

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	2	12	22	25	31	37	43	46	70	82
0.9	0	0	0	0	0	2	14	24	28	35	42	48	51	76	87
0.8	0	0	0	0	0	3	16	28	32	39	48	53	57	82	92
0.7	0	0	0	0	0	3	18	31	36	44	53	59	63	87	95
0.6	0	0	0	0	0	4	21	35	41	49	59	65	69	91	97
0.5	0	0	0	0	0	6	25	39	46	55	65	71	75	94	99
0.4	0	0	0	0	0	7	29	45	52	61	71	76	81	97	99
0.3	0	0	0	0	0	10	35	50	57	67	77	82	86	98	100
0.2	0	0	0	0	0	14	42	58	64	73	82	87	90	99	100
0.1	0	0	0	0	0	21	50	66	70	79	87	91	93	100	100
0	0	0	0	0	0	32	60	73	78	85	91	94	96	100	100

補足表 10-5（続き）． 将来の親魚量（c）および漁獲量（d）の平均値の推移

2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とし、2021 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 親魚量の平均値

(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	56	92	121	119	131	144	146	152	154	160	168	175	182	246	299
0.9	56	92	121	120	132	146	149	156	158	165	174	182	190	267	330
0.8	56	92	121	120	134	149	152	159	163	170	181	190	199	291	364
0.7	56	92	121	121	135	151	155	163	168	176	188	198	209	318	399
0.6	56	92	121	122	137	154	159	168	173	182	196	208	219	347	437
0.5	56	92	121	123	139	156	162	172	178	189	204	217	231	380	477
0.4	56	92	121	124	140	159	166	177	184	197	213	228	244	415	518
0.3	56	92	121	125	142	162	170	182	191	204	223	240	258	454	560
0.2	56	92	121	126	144	165	174	188	198	213	233	253	273	496	603
0.1	56	92	121	127	146	168	179	194	205	222	245	267	290	541	648
0	56	92	121	127	148	171	184	200	213	232	257	282	309	589	695

(d) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	5.2	6.7	8.8	9.3	11.5	13.9	14.1	15.0	15.6	16.4	17.7	18.6	19.5	28.0	34.4
0.9	5.2	6.7	7.9	8.5	10.7	13.0	13.2	14.2	14.8	15.6	16.9	17.8	18.7	27.7	34.5
0.8	5.2	6.7	7.1	7.7	9.8	12.0	12.2	13.2	13.8	14.6	15.9	16.8	17.8	27.1	34.0
0.7	5.2	6.7	6.2	6.9	8.8	10.9	11.2	12.1	12.7	13.5	14.7	15.7	16.6	26.1	32.9
0.6	5.2	6.7	5.3	6.0	7.8	9.7	10.0	10.9	11.5	12.2	13.4	14.3	15.2	24.7	31.0
0.5	5.2	6.7	4.5	5.1	6.7	8.4	8.7	9.5	10.1	10.8	11.8	12.7	13.5	22.6	28.3
0.4	5.2	6.7	3.6	4.2	5.5	7.0	7.3	8.0	8.5	9.1	10.0	10.8	11.6	19.9	24.7
0.3	5.2	6.7	2.7	3.2	4.3	5.5	5.7	6.3	6.7	7.2	7.9	8.6	9.3	16.4	20.1
0.2	5.2	6.7	1.8	2.2	2.9	3.8	4.0	4.4	4.7	5.1	5.6	6.1	6.6	12.0	14.5
0.1	5.2	6.7	0.9	1.1	1.5	2.0	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	6.5	7.8
0	5.2	6.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表 10-6. 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 7,000 トンとして固定し、 β を 0～1.0 の範囲で 0.1 単位として親魚量が各管理基準値案を上回る確率 2020 年漁期の漁獲量は TAC (6.7 千トン) とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	15	26
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	19	33
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	23	41
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	4	29	50
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	5	36	59
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	43	69
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	50	77
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	5	8	57	84
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	9	65	90
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	6	11	72	94
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7	12	78	97

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	4	23	39	38	40	47	51	55	74	84
0.9	0	0	0	0	0	4	23	39	39	43	50	55	59	79	89
0.8	0	0	0	0	0	4	23	39	40	45	53	59	62	84	92
0.7	0	0	0	0	0	4	23	39	42	48	56	62	66	88	95
0.6	0	0	0	0	0	4	23	39	44	50	60	65	70	91	97
0.5	0	0	0	0	0	4	23	39	45	53	63	69	73	94	99
0.4	0	0	0	0	0	4	23	39	47	56	67	72	77	96	99
0.3	0	0	0	0	0	4	23	39	48	59	70	76	81	98	100
0.2	0	0	0	0	0	4	23	39	50	62	73	79	84	99	100
0.1	0	0	0	0	0	4	23	39	52	64	76	82	86	99	100
0	0	0	0	0	0	4	23	39	53	67	79	85	89	100	100

補足表 10-6（続き）． 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 7,000 トンとして固定し、 β を 0～1.0 の範囲で 0.1 単位とした場合の将来の親魚量 (c) および漁獲量 (d) の平均値の推移

2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 親魚量の平均値

(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	56	92	121	121	135	152	160	172	169	172	179	188	197	260	310
0.9	56	92	121	121	135	152	160	172	171	175	183	193	202	280	339
0.8	56	92	121	121	135	152	160	172	172	178	188	198	208	301	370
0.7	56	92	121	121	135	152	160	172	174	181	192	203	215	324	403
0.6	56	92	121	121	135	152	160	172	176	184	196	209	222	349	438
0.5	56	92	121	121	135	152	160	172	178	187	201	215	229	377	475
0.4	56	92	121	121	135	152	160	172	179	191	206	221	236	406	513
0.3	56	92	121	121	135	152	160	172	181	194	211	227	244	438	553
0.2	56	92	121	121	135	152	160	172	183	198	216	234	253	473	595
0.1	56	92	121	121	135	152	160	172	185	201	222	241	262	510	639
0	56	92	121	121	135	152	160	172	187	205	227	249	271	550	685

(d) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	18.3	18.1	18.4	19.5	20.5	21.6	29.7	35.7
0.9	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	16.6	16.6	17.0	18.2	19.2	20.3	29.1	35.4
0.8	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	14.8	15.0	15.6	16.8	17.8	18.8	28.1	34.6
0.7	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	13.0	13.4	14.0	15.2	16.1	17.2	26.7	33.2
0.6	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	11.2	11.7	12.4	13.5	14.4	15.4	24.8	31.1
0.5	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	9.4	10.0	10.6	11.6	12.5	13.4	22.4	28.2
0.4	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.6	8.1	8.7	9.6	10.4	11.2	19.5	24.4
0.3	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	5.7	6.2	6.7	7.5	8.1	8.7	15.8	19.8
0.2	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	3.8	4.2	4.6	5.1	5.6	6.1	11.4	14.3
0.1	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	1.9	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	6.2	7.7
0	5.2	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表 10-7. 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 8,000 トンとして固定し、 β を 0～1.0 の範囲で 0.1 単位として親魚量が各管理基準値案を上回る確率 2020 年漁期の漁獲量は TAC (6.7 千トン) とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	14	26
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	18	33
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	23	40
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	28	49
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	4	34	58
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	5	41	68
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	49	77
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	7	56	84
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	8	63	90
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	6	10	71	94
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7	11	77	97

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	3	20	35	35	38	44	49	53	73	84
0.9	0	0	0	0	0	3	20	35	36	40	48	52	57	78	88
0.8	0	0	0	0	0	3	20	35	38	43	51	56	60	83	92
0.7	0	0	0	0	0	3	20	35	39	45	54	60	64	87	95
0.6	0	0	0	0	0	3	20	35	40	48	57	63	68	91	97
0.5	0	0	0	0	0	3	20	35	42	50	61	67	71	93	98
0.4	0	0	0	0	0	3	20	35	44	53	64	70	75	96	99
0.3	0	0	0	0	0	3	20	35	45	56	67	74	79	97	100
0.2	0	0	0	0	0	3	20	35	47	59	71	77	82	98	100
0.1	0	0	0	0	0	3	20	35	48	62	74	80	85	99	100
0	0	0	0	0	0	3	20	35	50	64	77	83	87	100	100

補足表 10-7（続き）． 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 8,000 トンとして固定し、 β を 0 ～1.0 の範囲で 0.1 単位とした場合の将来の親魚量（c）および漁獲量（d）の平均値の推移 2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 親魚量の平均値
(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	56	92	121	120	133	149	157	168	166	169	177	185	193	257	307
0.9	56	92	121	120	133	149	157	168	167	172	180	190	199	276	336
0.8	56	92	121	120	133	149	157	168	169	175	184	194	205	297	367
0.7	56	92	121	120	133	149	157	168	171	178	189	200	211	320	400
0.6	56	92	121	120	133	149	157	168	172	181	193	205	217	344	435
0.5	56	92	121	120	133	149	157	168	174	184	198	211	224	371	472
0.4	56	92	121	120	133	149	157	168	176	187	202	217	232	401	511
0.3	56	92	121	120	133	149	157	168	177	191	207	223	240	433	551
0.2	56	92	121	120	133	149	157	168	179	194	212	230	248	467	593
0.1	56	92	121	120	133	149	157	168	181	198	218	237	257	504	636
0	56	92	121	120	133	149	157	168	183	201	223	244	266	543	683

(d) 漁獲量の平均値
(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	17.6	17.5	17.9	19.1	20.1	21.1	29.3	35.4
0.9	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	15.9	16.1	16.6	17.8	18.8	19.8	28.7	35.2
0.8	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	14.2	14.6	15.2	16.4	17.4	18.4	27.7	34.4
0.7	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	12.5	13.0	13.7	14.8	15.8	16.8	26.3	33.0
0.6	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.8	11.4	12.1	13.2	14.1	15.0	24.5	30.9
0.5	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.7	10.4	11.3	12.2	13.1	22.1	28.0
0.4	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.3	7.9	8.5	9.4	10.1	10.9	19.2	24.3
0.3	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	5.5	6.0	6.6	7.3	7.9	8.6	15.6	19.7
0.2	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	3.7	4.1	4.5	5.0	5.5	6.0	11.3	14.2
0.1	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.1	6.1	7.7
0	5.2	6.7	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表 10-8. 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 9,000 トンとして固定し、 β を 0～1.0 の範囲で 0.1 単位として親魚量が各管理基準値案を上回る確率 2020 年漁期の漁獲量は TAC (6.7 千トン) とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	13	25
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	17	32
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	22	39
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	27	48
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	33	57
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	5	40	67
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	5	47	76
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	55	83
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	7	62	89
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	9	69	94
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	6	10	76	97

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	3	18	32	32	36	42	47	51	72	83
0.9	0	0	0	0	0	3	18	32	33	38	45	50	54	77	88
0.8	0	0	0	0	0	3	18	32	35	41	48	54	58	82	92
0.7	0	0	0	0	0	3	18	32	36	43	51	57	62	86	95
0.6	0	0	0	0	0	3	18	32	38	45	55	61	66	90	97
0.5	0	0	0	0	0	3	18	32	39	48	58	65	69	93	98
0.4	0	0	0	0	0	3	18	32	40	50	61	68	73	95	99
0.3	0	0	0	0	0	3	18	32	42	53	64	71	76	97	100
0.2	0	0	0	0	0	3	18	32	44	56	68	75	80	98	100
0.1	0	0	0	0	0	3	18	32	45	58	71	78	83	99	100
0	0	0	0	0	0	3	18	32	46	61	74	81	86	99	100

補足表 10-8（続き）． 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 9,000 トンとして固定し、 β を 0 ～1.0 の範囲で 0.1 単位とした場合の将来の親魚量（c）および漁獲量（d）の平均値の推移 2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 親魚量の平均値
(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	56	92	121	119	131	147	153	164	163	166	174	182	190	254	305
0.9	56	92	121	119	131	147	153	164	164	169	177	186	195	272	333
0.8	56	92	121	119	131	147	153	164	166	172	181	191	201	293	364
0.7	56	92	121	119	131	147	153	164	167	175	185	196	207	315	398
0.6	56	92	121	119	131	147	153	164	169	178	190	201	213	340	433
0.5	56	92	121	119	131	147	153	164	171	181	194	207	220	366	469
0.4	56	92	121	119	131	147	153	164	172	184	199	213	227	395	508
0.3	56	92	121	119	131	147	153	164	174	187	203	219	235	427	548
0.2	56	92	121	119	131	147	153	164	175	190	208	225	243	461	590
0.1	56	92	121	119	131	147	153	164	177	194	214	232	252	497	634
0	56	92	121	119	131	147	153	164	179	197	219	239	261	536	681

(d) 漁獲量の平均値
(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	16.9	17.0	17.4	18.6	19.6	20.6	28.9	35.1
0.9	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	15.3	15.6	16.2	17.4	18.3	19.3	28.2	34.9
0.8	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	13.6	14.1	14.8	16.0	16.9	17.9	27.3	34.1
0.7	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	12.0	12.6	13.3	14.5	15.4	16.4	25.9	32.8
0.6	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	10.3	11.0	11.8	12.8	13.7	14.7	24.1	30.7
0.5	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.7	9.3	10.1	11.1	11.9	12.8	21.8	27.9
0.4	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	7.0	7.6	8.3	9.2	9.9	10.7	18.9	24.2
0.3	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	5.3	5.8	6.4	7.1	7.7	8.4	15.4	19.6
0.2	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	3.5	4.0	4.4	4.9	5.4	5.8	11.1	14.1
0.1	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.0	6.0	7.6
0	5.2	6.7	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足表 10-9. 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 10,000 トンとして固定し、 β を 0~1.0 の範囲で 0.1 単位として親魚量が各管理基準値案を上回る確率 2020 年漁期の漁獲量は TAC (6.7 千トン) とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	13	25
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	16	31
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	21	39
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	26	48
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	32	56
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	4	38	66
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	5	46	75
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	6	53	83
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4	7	61	89
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	5	8	68	93
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	9	75	96

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	0	0	0	0	0	2	16	29	30	34	39	45	48	71	83
0.9	0	0	0	0	0	2	16	29	31	36	43	48	52	76	87
0.8	0	0	0	0	0	2	16	29	32	38	46	51	56	81	91
0.7	0	0	0	0	0	2	16	29	34	40	49	55	59	85	94
0.6	0	0	0	0	0	2	16	29	35	43	52	59	63	89	97
0.5	0	0	0	0	0	2	16	29	36	45	55	62	67	92	98
0.4	0	0	0	0	0	2	16	29	37	48	59	66	70	95	99
0.3	0	0	0	0	0	2	16	29	39	50	62	69	74	97	100
0.2	0	0	0	0	0	2	16	29	40	52	65	72	78	98	100
0.1	0	0	0	0	0	2	16	29	42	55	68	75	81	99	100
0	0	0	0	0	0	2	16	29	43	58	72	78	84	99	100

補足表 10-9（続き）． 2021 年漁期から 5 年間の漁獲を 10,000 トンとして固定し、 β を 0～1.0 の範囲で 0.1 単位とした場合の将来の親魚量（c）および漁獲量（d）の平均値の推移 2020 年漁期の漁獲量は TAC（6.7 千トン）とし、2026 年漁期から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(c) 親魚量の平均値
(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	56	92	121	118	129	144	150	160	159	163	171	179	186	250	302
0.9	56	92	121	118	129	144	150	160	161	166	175	183	191	269	331
0.8	56	92	121	118	129	144	150	160	162	169	178	188	197	289	362
0.7	56	92	121	118	129	144	150	160	164	171	182	193	203	311	395
0.6	56	92	121	118	129	144	150	160	165	174	186	198	209	335	430
0.5	56	92	121	118	129	144	150	160	167	177	191	203	216	361	466
0.4	56	92	121	118	129	144	150	160	169	180	195	209	223	390	505
0.3	56	92	121	118	129	144	150	160	170	183	200	215	230	421	545
0.2	56	92	121	118	129	144	150	160	172	187	204	221	238	454	588
0.1	56	92	121	118	129	144	150	160	173	190	209	228	246	491	632
0	56	92	121	118	129	144	150	160	175	193	215	235	255	529	679

(d) 漁獲量の平均値
(千トン)

β	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.0	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	16.2	16.4	17.0	18.2	19.1	20.1	28.4	34.8
0.9	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	14.6	15.1	15.7	16.9	17.9	18.9	27.8	34.6
0.8	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	13.1	13.6	14.4	15.6	16.5	17.5	26.9	33.8
0.7	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	11.5	12.2	12.9	14.1	15.0	16.0	25.5	32.5
0.6	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9	10.6	11.4	12.5	13.4	14.3	23.8	30.5
0.5	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	8.3	9.0	9.8	10.8	11.6	12.5	21.5	27.7
0.4	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	6.7	7.4	8.1	8.9	9.7	10.4	18.7	24.1
0.3	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	5.0	5.6	6.2	6.9	7.5	8.2	15.2	19.6
0.2	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	3.4	3.8	4.3	4.8	5.2	5.7	11.0	14.1
0.1	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	5.9	7.6
0	5.2	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	0	0	0	0	0	0	0	0