

平成 30（2018）年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価

責任担当水研：北海道区水産研究所（山下夕帆、千村昌之、境 磨、石野光弘、山下紀生）

参画機関：日本海区水産研究所、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

要 約

本系群の資源量について、調査船調査による現存量推定値を考慮したコホート解析により計算した。この結果、2017年漁期（4月～翌年3月）の資源量（2歳以上の総重量）は126.3千トン、親魚量は58.2千トンであり、1980年漁期以降の親魚量から資源水準は低位、最近5年間（2013～2017年漁期）の親魚量の推移から資源動向は増加と判断した。2017年漁期親魚量は B_{limit} （154.5千トン、2000年漁期の親魚量）を大きく下回るが、 B_{ban} （30.0千トン）は上回っている。今後は豊度が比較的高い2012年級群および調査船調査から高い豊度が期待される2015、2016年級群の加入により親魚量の増加が予測され、親魚量が B_{ban} を下回る可能性は低い。

2019年漁期のABCは、2017年漁期の親魚量が B_{limit} を大きく下回っていることから、2017年級群以降の再生産成功率（加入尾数÷親魚量）が1989～2014年級群の平均値で継続するという仮定の下、親魚量が B_{limit} に回復することが見込まれる漁獲シナリオ（Frec10yr、Frec20yr、Frec30yr、F2017a）に基づき算定した。本系群においては今後も資源の増加が見込まれており、この主体となる2015、2016年級群など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。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019年漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)	2029年漁期 の親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2029年漁期 に Blimit へ 回復	2029年漁期 まで Bban を回避
親魚量の増大* (10年で Blimit へ回復) (Frec10yr)	Target	5.1	2.8	0.048 (-55%)	168 (97~253)	53	100
	Limit	6.3	3.4	0.059 (-44%)	155 (89~234)	45	100
親魚量の増大* (2017年漁期 管理基準によ る漁獲割合) (F2017a)	Target	7.4	4.0	0.070 (-35%)	144 (81~221)	38	100
	Limit	9.1	5.0	0.087 (-18%)	128 (71~198)	27	100
親魚量の増大* (20年で Blimit へ回復) (Frec20yr)	Target	7.6	4.2	0.073 (-32%)	142 (81~215)	36	100
	Limit	9.5	5.2	0.091 (-15%)	125 (71~193)	24	100
親魚量の増大* (30年で Blimit へ回復) (Frec30yr)	Target	8.5	4.7	0.081 (-24%)	133 (75~204)	30	100
	Limit	10.6	5.8	0.102 (-5%)	117 (65~180)	18	100
		2019年漁期 算定漁獲量 (千トン)					
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	8.9	4.9	0.085 (-20%)	130 (73~200)	27	100
	Limit	11.1	6.0	0.107 (±0%)	113 (63~174)	16	100
親魚量の維持 (Fsus)	Target	10.5	5.7	0.100 (-6%)	118 (66~181)	19	100
	Limit	12.9	7.1	0.126 (+18%)	100 (55~155)	10	100
コメント ・本系群のABC算定には、規則1-1)-(2)を用いた。 ・2016年級群は調査結果より比較的良い加入が期待されるが、将来予測に用いた加入量は仮定値であり今後の漁獲への加入状況については注意が必要である。							

- ・海洋生物資源の保護及び管理に関する基本計画第 3 に記載されている本系群の中期的管理方針では、「親魚量がこれまでの最低水準を下回らないよう注意しつつ、着実な資源の回復を基本方向として管理を行うものとし、資源管理計画に基づく取組の推進を図るものとする。」とされている。同方針に合致し着実な回復が期待されるシナリオに*を付した。
- ・2015 年漁期の 30 年後に **Blimit** へ回復させる漁獲シナリオで漁獲した場合の 2019 年漁期の漁獲量は **Limit** で 10.2 千トン、**Target** で 8.3 千トン。2018 年漁期より 30 年かけて **Blimit** へ回復させる漁獲シナリオで漁獲した場合の 2019 年漁期の漁獲量は **Limit** で 10.5 千トン、**Target** で 8.5 千トンである。
- ・禁漁 ($F=0$) とした場合に親魚量が **Blimit** を継続的に上回るのは 2025 年漁期以降と推定される。

Limit は各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの **F** 値による漁獲量、**Target** は資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される **F** 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。漁獲割合は 2019 年漁期の漁獲量/資源量、**F** 値は各年齢の単純平均値、2019 年漁期は 2019 年 4 月～2020 年 3 月、2018 年漁期の漁獲量は **TAC** (6.3 千トン) とした。 $F_{current}$ は 2013～2017 年漁期の **F** の平均値の選択率下で **F** の単純平均値が直近 3 年間 (2015～2017 年漁期) の **F** の単純平均値と等しくなる **F**、 F_{sus} は再生産成功率の 1989～2014 年級群平均値に対応する **F**、 F_{2017a} は 2019 年漁期の漁獲割合が 2017 年漁期の資源量を 2017 年漁期の管理基準で漁獲した場合の漁獲割合 (5.0%) と等しくなる **F** として設定し、将来漁獲量 (10 年後の幅は 80% 区間) および確率評価は加入量変動を考慮した 1,000 回のシミュレーションから算出した。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量での維持を指す。2017 年漁期親魚量は 58.2 千トンである。

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2014	83.6	37.9	7.1	0.20	8.5
2015	83.5	35.8	5.4	0.12	6.5
2016	86.6	44.0	6.0	0.11	7.0
2017	126.3	58.2	5.3	0.09	4.2
2018	168.0	55.1	6.3	0.07	3.8
2019	183.2	70.8	—	—	—

年は漁期年 (4 月～翌年 3 月)、**F** は各年齢の平均値。2018、2019 年漁期の資源量と親魚量は将来予測において加入量と漁獲量を仮定した推定値。2018 年漁期の漁獲量は **TAC** 数量、**F** 値と漁獲割合はこの漁獲量と将来予測の資源量から算出した値。

指標	水準	設定理由
Bban 親魚量	30.0 千トン	過去に経験した最低親魚量をもとに設定（詳細は4.（6）参照）。
Blimit 親魚量	2000 年水準（154.5 千トン）	これ未満の親魚量水準では加入が低迷する可能性が高い。
2017 年漁期 親魚量	2000 年水準未満（49.4 千トン）	

水準：低位 動向：増加

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・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
2018 年漁期加入量	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、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、フレームトロール
漁獲努力量指数	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。

1. まえがき

スケトウダラは我が国周辺海域における重要な底魚資源の1つで、4つの資源評価群に区分され管理されている。ソ連（現ロシア）が排他的経済水域を設定する前は北方四島周辺水域やオホーツク海、サハリン沿岸などにも漁場が存在して漁獲量も多かったが、設定後はこれらの海域における漁獲が大幅に減少した。現在は北海道周辺海域が主な漁場となり、本州北部の日本海および太平洋でも漁獲がある。

日本海北部系群に対しては平成18（2006）年度末に資源回復計画が策定され、翌平成19（2007）年度より北海道の沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）におけるスケトウダラを目的とする操業隻日数の削減、沿岸漁業における産卵親魚の保護の充実等が実施されている。また沿岸・沖底双方の漁業関係者を中心とした漁業者協議会も設置されており、同計画に基づいた取り組みが行われている。この資源回復計画は平成23（2011）年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は、平成24（2012）年度以降新たな枠組みである資源管理計画の下、継続して実施されている。

本系群は、かつては太平洋系群に次いで漁獲量の多い系群であったが、近年はTACによる制限もあり漁獲量の減少が著しい。特に2015年漁期以降はTAC数量の削減に併せた操業調整の影響を受けて大きく変化しており、2017年漁期の漁獲量は5.3千トンに留まっている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

スケトウダラ日本海北部系群は、能登半島からサハリンの西岸にかけて分布している（図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が（佐々木・夏目1990）、近年の武蔵堆周辺における分布量は大きく減少していると考えられている（三宅2008）。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に示す。本系群のスケトウダラは、成熟が本格化する

る 4 歳以降の体長が他の 3 資源評価群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 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 7～8 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。

沿岸漁業においては、爾志海区において輪番制が取られており 2005 年漁期以降は漁獲量のプール制による操業が行われている。また檜山地区では 2015 年漁期から延縄漁期終了後に刺し網の操業が開始されており、操業形態の変化が推察される。沖底では 2013 年漁期からは漁獲量のプール制による操業が開始されたが、2015 年漁期以降は沖底船の根拠地から比較的近い島周辺小海区や雄冬沖小海区以外では漁獲量が非常に少なくなっており (補足資料 3- (1) 参照)、利用される漁場の縮小などここでも操業形態の変化が推測される。

(2) 漁獲量の推移

図 4 と表 1 に 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 年漁期は 6.3 千トン) を下回る水準で推移している。2017 年漁期の漁獲量は 5.3 千トンと 2016 年漁期より減少し、依然として低い水準にある。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、これが漁獲量が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、2016 年漁期以降は 0.1 千トンを下回っている。

(3) 漁獲努力量

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 年漁期に操業したのは 100 トン以上のかけまわし船 10 隻とオッタートロール船 1 隻の計 11 隻、2014 年 11 月以降はかけまわし船が 1 隻減って計 10 隻であった。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、2017 年漁期は 0.5 千網となっている(図 5、補足表 3-2)。また 2017 年漁期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 2016 年漁期と同じ 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ている。沿岸漁業のうち、漁獲量が多い檜山沿岸 4 地区における延縄漁業の漁獲努力量(出漁隻数)は 2004 年漁期以降減少傾向となっている(図 6)。2017 年漁期の縄数補正前の出漁隻数は 189 隻であり、1998 年漁期(5,381 隻)の 1 割未満、2016 年漁期(219 隻)のおよそ 9 割であった(図 6、補足表 3-4)。また乙部豊浜地区における 2017 年漁期の着業隻数は前年と同じく 3 隻である(補足表 3-3)。

4. 資源の状態

(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 7、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 8、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 歳は 0.3、3 歳以上は 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7、8、補足資料4)。産卵親魚分布調査における親魚量は2008年まで減少傾向にあったが、2009、2010年に増加した(図7、補足資料4-(1))。2014年以降は増減しつつ概ね同程度で推移しており、2017年も前年をやや上回る65.0千トンであった。若齢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(図8)からは、2006年級群と2012年級群および2015、2016年級群が高い豊度である一方、2007~2009、2011年級群は低豊度であると推定される。また2017年級群については、各種調査の0歳魚の結果から2013~2014年級群程度と推測される(補足資料4-(3)、4-(5))。

(3) 漁獲物の年齢組成

図9に漁獲物の年齢組成を示す。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となった。2014年漁期以降では2012年級が漁獲物に占める割合が増加し、2017年漁期の漁獲物は、尾数、重量共に5歳(2012年級群)が主体となった(補足資料6)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

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、資源量、親魚量および漁獲割合を図10、図11と表2に示す。

資源量は、1987~1992年漁期に712.4千~867.9千トンと高い水準にあったが、その後減少した。2000年漁期に豊度の高い1998年級群が加入したため一時的に安定したが、その後再び減少し、2007年漁期には88.8千トンとピーク時の1割程度に減少した。2008年漁期には2006年級群の加入により126.8千トンまで回復したが、その後は2013年漁期まで減少した。2014年漁期以降の資源量は2012年級群の加入により増加傾向にあり、2017年漁期にはこれに加え2015年級群が加入して126.3千トンとなった。

親魚量は、1989~1996年漁期に236.6千~341.7千トンと高い水準にあったが、その後減少し、2008年漁期には35.2千トンとピーク時の1割程度になった。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、2016年漁期以降再び増加して2017年漁期は58.2千トンとなった。

漁獲割合は、2002~2007年漁期に18~24%と高かったがその後は低下傾向となった。2014年漁期以降は10%未満で推移しており、2017年漁期は4.2%と特に低くなっている。

漁獲係数Fの推移を図12~14に示す。Fは年齢によって変動パターンが異なる(図12)。Fの各年齢の平均値は増減を繰り返しながらも横ばいで推移していたが、2007年漁期以降は低下傾向にあり、2017年漁期は1980年漁期以降で最も低かった(図13)。資源量とFの間に明確な傾向は見られない(図14)。

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、2015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 15）。なお、 M の変化による 2017 年漁期親魚量の B_{limit} に対する割合の変動は比較的小さく、0.35（3 歳以上の M が 0.3）から 0.40（3 歳以上の M が 0.2）の範囲であった。

(5) 再生産関係

親魚量と加入尾数の関係を図 16 に示す。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量とした。親魚量と加入量の間には正の相関関係が認められ、親魚量に対応した加入量が期待できることから、高い加入を期待するためには親魚量の十分な回復が必要である。ここで、近年の親魚量は低水準であるため、2006 年級群や 2012 年級群の加入量はそれぞれ 4.1 億尾、2.2 億尾と 1980 年代に比べるとさほど多くない。また、2000 年漁期の親魚量（154.5 千トン）以下の親魚量から発生した年級群では、2002～2004 年級群などの加入量が 1 億尾を下回る非常に低い水準となる年も見られている（図 17、表 2）。今後もこれらの低水準の加入を避け、再生産に好適な環境の時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。

(6) B_{limit} の設定

平成 18（2006）年度評価より、1989 年級群以降の再生産関係の中で加入量水準が大幅に低下する直前の親魚量水準（2000 年漁期親魚量、154.5 千トン）を本系群における B_{limit} に設定している（本田・八吹 2007、図 16）。また、近年で最も加入量が多い 2006 年級群を産み出した親魚量は 60.0 千トンであった。2017 年漁期の親魚量は 58.2 千トンであり、 B_{limit} は大きく下回っているが、2006 年漁期親魚量とは近い値となっている。

禁漁あるいはそれに準じた措置を提言する水準である B_{ban} については、マイワシでは過去に経験した最低の資源量が B_{ban} として設定されている（川端ほか 2015、福若ほか 2015）。本系群では、かつては毎年の評価のたびに最低親魚量が更新されていたため最低値を決定できなかった。そこで平成 18（2006）年度評価において、今後 10 年間にわたって何も追加的な管理措置がとられることなく、現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）が継続し続けた場合に想定される親魚量である 30.0 千トンが B_{ban} のたたき台として提案された（本田・八吹 2007）。その後、平成 22（2010）年度評価において、2010 年漁期以降に 2006 年級群の大半が成熟することから一時的に親魚量が増加し 2009 年漁期親魚量（30.9 千トン）が親魚量の最低値となると予測され、これをもとに、親魚量水準 30.0 千トンが B_{ban} として設定された（山下・千村 2011）。2017 年漁期の親魚量（58.2 千トン）は B_{ban} を上回っている。

(7) 資源の水準・動向

親魚量を用いて資源水準・動向を判断した。中位と低位の水準の境界は B_{limit} （2000 年漁期親魚量、154.5 千トン）とした。高位と中位については、1980～2017 年漁期の 38 年間の最高・最低親魚量（1990 年漁期の 341.7 千トンと 2008 年漁期の 35.2 千トン）の間を 3 等分したうち上位 2 区分の境界を高位・中位水準の境界とした（図 11）。2017 年漁期の親魚量は 58.2 千トンで、資源水準は低位と判断した。

資源の動向は、2013～2017 年漁期の親魚量の推移から増加と判断した。ここで、近年の親魚量は 2012 年級群の成長、成熟に伴い 2014 年漁期以降で増加しており、2017 年漁期の

親魚量も 2013 年漁期の親魚量を上回っている。このことから、今年度評価においては動向を増加であると判断した。

(8) 今後の加入量の見積もり

本系群の加入量は、親魚量とは正の関係、水温や対馬暖流の勢力とは負の関係が認められており (Funamoto 2007、Funamoto 2011、板谷ほか 2009、三宅ほか 2008)、RPS が低下した 1989 年以降の道西日本海における冬季の水温がこれまでになく高い水準で推移していること (三宅 2008)、対馬暖流の強勢や水温の上昇による回遊経路の変化から産卵海域が縮小している可能性があること (Miyake 2002、三宅 2008、三宅・田中 2006) などが報告されている。ただし、2015、2016 年については調査時点の水温が高かったにも関わらず調査による現存量は多く、加入には水温のみでなく輸送や餌条件なども強く影響していることが推察される。

加入量は 1989 年級群以降減少傾向を示し、2002 年級群以降は 1 億尾を下回る低豊度な年級群がたびたび発生している (図 17、表 2)。一方で 1998 年級群や 2006 年級群のように 3.9 億～4.1 億尾の比較的高豊度な年級群も発生している。特に近年では 2012 年級群も 2.2 億尾と比較的高豊度であり、情報がまだ少なく不確実性は高いものの 2015 年級群についても 3.6 億尾と良い加入が見込まれている。再生産成功率 (RPS) も 1989 年級群以降概ね低い値で推移しているが、2006、2012、2015 年級群は高い値であった。なお近年の加入量変動は各種調査結果 (補足資料 4) とも概ね一致している。

漁獲加入前の 2016 年級群については、2015 年級群と同じく調査における現存量が比較的多く、良い加入が期待される。ここで、2016 年級群の調査による現存量は、仔稚魚分布調査では 2006 年級を下回っている (補足資料 4- (3)) が、未成魚分布調査 (1 歳魚) では 2006 年級群を上回っている (補足資料 4- (4))。ただし、すけとうだら音響調査 (補足資料 4- (5)) では各年齢において 2012 年級群を下回っている。これらの調査結果をもとに、2018 年漁期 (2016 年級群) の加入量は昨年度と同じく 2008 年漁期 (2006 年級群) と 2014 年漁期 (2012 年級群) の平均値であると仮定した。

将来の加入については、本系群は寿命や成熟年齢が比較的高齢であり資源の回復にも長い年数を要するため、できるだけ長期間の情報を反映させることが望ましいと考えられる。ただし近年の加入状況は、2006 年級群や 2012 年級群などの良い加入もあるものの、2007～2009 年級群などの非常に悪い加入もあるため年変動が大きくなっている可能性も推察され、1984～1988 年級群のように高い RPS が連続する状況であるとは判断できない。また直近年となる 2015 年級群については、VPA 計算に用いている加入量指標値のうち未成魚分布調査 (1 歳魚) における現存量が近年で最も良い加入である 2006 年級の約 3 倍と非常に高く推定されており (補足資料 4- (4))、この値などから推定される RPS がこれまでの過去最大値を大きく上回る一方で、2015 年級群は漁獲加入直後であり情報が少ないこと、漁獲係数が非常に低いこと (補足資料 6)、これ以外の調査ではそこまでの豊度ではないこと (補足資料 4- (3)、4- (5))、親魚にまだほぼ加入しておらず現状での資源量としての水準が明確でないことなどの状況もあるため、推定上の不確実性が高いと考えられる。このため、顕著な豊度の情報がない 2019 年漁期 (2017 年級群) 以降の加入量は、1989～2014 年級群までの RPS の平均値とそれぞれの漁期年の親魚量推定値との乗算により算出した。

(9) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

図 18 に 2013～2017 年漁期における平均選択率を用いた F による YPR と %SPR を示す。将来に仮定する RPS（1989～2014 年級群の平均値、1.6 尾/kg）より求めた %SPR に対応する F (Fsus) は 0.13（各年齢の平均値、以下同じ）であり、この F で漁獲を行った場合に資源は中長期的に安定し、Fsus より高い F では資源は減少、低い F では増加する。また、本系群においては 2015 年漁期より 30 年かけて親魚量を Blimit へ回復させる漁獲シナリオ (Frec30yr) に基づく TAC による管理が行われており、漁獲努力量が大幅に制限されている。ただし近年の選択率は豊度の差の影響を受け年級群間で差異が生じているため、現状の F (Fcurrent) としては 2013～2017 年漁期における平均選択率下で F 値（各年齢の平均値）が 2015～2017 年漁期の平均値と等しくなる値を用いることとした。この Fcurrent は 0.11 であり Fsus を下回っている。

5. 2019 年漁期 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

1980 年漁期以降の親魚量から資源水準は低位、最近 5 年間（2013～2017 年漁期）の親魚量の推移から資源動向は増加と判断した。2017 年漁期親魚量は 58.2 千トンと Blimit（2000 年漁期親魚量、154.5 千トン）を大きく下回っているが、Bban（30.0 千トン）は上回っている。また今後は、調査等によっても良い加入が見込まれている 2015、2016 年級群の加入によって 2021 年漁期ごろまで親魚量が増加すると予測され、親魚量が Bban を下回る可能性は低い（次項 (2) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定を参照）。RPS は 1989 年級群以降低い値が多い一方、2006 年級群や 2012 年級群のように高い値も出現しており、近年は年変動が大きくなっている可能性も推察される。また、親魚量が少ないため、2006 年級群や 2012 年級群の加入量はそれぞれ 4.1 億尾、2.2 億尾と 1980 年代に比べるとさほど多くない。今後再生産に好適な環境の時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) 漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定

親魚量と再生産関係が使用でき、親魚量が Blimit を大きく下回っていることから、以下に示す ABC 算定規則 1-1) - (2) に基づいて ABC を算定した。

$$F_{limit} = F_{rec}$$

$$F_{target} = F_{limit} \times \alpha$$

計算にあたり、将来の選択率は 2013～2017 年漁期における平均 F 値の選択率とした。2018 年漁期以降の漁獲量計算には漁獲物の年齢別体重の 2013～2017 年漁期の平均値を用い、2018 年漁期の F は 2018 年漁期の漁獲量を TAC（6.3 千トン）とする F とした。加入量は、2018 年漁期については 2008 年漁期と 2014 年漁期の平均値とし、2019 年漁期以降の加入量は親魚量と RPS 仮定値の積とした（4. (9) 参照）。

将来予測においては、10、20、30 年かけて親魚量を Blimit へ回復させる漁獲シナリオ

(Frec10yr、Frec20yr、Frec30yr) と、親魚量を維持するシナリオ (Fsus)、漁獲圧を維持するシナリオ (Fcurrent)、および 2017 年漁期の資源量に対して 2017 年漁期の実際の管理の基準であった TAC 数量 (6.3 千トン) を漁獲した場合に相当する漁獲割合 (5.0%) となる漁獲圧のシナリオ (F2017a) について検討した。この F2017a の漁獲シナリオは、2018 年漁期 TAC が昨年度評価における Fcurrent のシナリオに基づき設定されていることから、この漁獲の考え方を継承したものとして設定した。ただし、昨年度評価における Fcurrent は 2017 年漁期の F (F2017) としており、かつこの F2017 は 2017 年漁期の漁獲量が TAC (6.3 千トン) であるとして設定された漁獲圧であった。このため、今年度評価においても、漁獲割合が 2017 年漁期の資源量に対して 6.3 千トンを漁獲した場合の漁獲割合となる F 値のシナリオを F2017a として設定した。

設定した各漁獲シナリオ (Limit) およびそれらに予防的措置を講じた場合 (Target、安全率 α は 0.8) について、2019 年漁期以降の F を変化させた場合の漁獲量、資源量と親魚量を計算した。結果は下表および図 19、図 20 (詳細は補足資料 6-(2)~6-(4)) に示す。Frec10yr、Frec20yr、Frec30yr で漁獲した場合、親魚量は増加傾向を示し、設定した年限に Blimit の値となる。F2017a で漁獲した場合は、親魚量は Frec20yr で漁獲した場合をやや上回って推移する。Fcurrent で漁獲した場合も親魚量は増加傾向を示すが、F は Frec30yr をやや上回る値であり、このシナリオで漁獲した場合、30 年後の親魚量は Blimit をやや下回る。Fsus で漁獲した場合、親魚量は 2026 年漁期ごろから Blimit の 7 割程度の約 100 千トンで横ばいとなる。

また、本系群は 2015、2016 年漁期において Frec30yr の将来予測値に基づく TAC 数量が設定されているが、目標達成年を固定せずに毎年 Frec30yr の将来予測に基づき TAC 数量を設定することには、資源の回復を大幅に遅らせるとの指摘もある。ここで、2015 年漁期から 30 年後の 2045 年漁期に Blimit へ回復させるとして 2019 年漁期からの管理を行う場合、2019 年漁期の漁獲量は Limit で 10.2 千トン、Target で 8.3 千トンである。このほか、禁漁 (F=0) とした場合には親魚量は 2022 年漁期に一旦 Blimit を上回った後やや減少し、再び 2025 年漁期に上回ると推定される。

本系群は、海洋生物資源の保護および管理に関する基本計画第 3 に記載されている中期的管理方針では「親魚量がこれまでの最低水準を下回らないよう注意しつつ、着実な資源の回復を基本方向として管理を行うものとし、資源管理計画に基づく取組の推進を図るものとする。」とされている。本系群では親魚量が Blimit を大きく下回っているため、親魚量を Blimit へ着実に回復させる漁獲を管理方策とし、平成 30 年度 ABC 算定のための基本規則に従い、親魚量の回復が期待できる漁獲係数として Frec30yr 以下の基準値を Flimit とした。

漁獲シナリオ (管理基準)		F 値	漁獲量 (千トン ; 漁期年)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (10 年で Blimit へ回復) (Frec10yr)	Target	0.05	5.3	6.3	5.1	6.2	7.1	7.5	7.5
	Limit	0.06	5.3	6.3	6.3	7.6	8.6	9.0	9.0

親魚量の増大 (2017年漁期 管理基準による 漁獲割合) (F2017a)	Target	0.07	5.3	6.3	7.4	8.8	9.9	10.3	10.1
	Limit	0.09	5.3	6.3	9.1	10.8	11.9	12.2	11.8
親魚量の増大 (20年でBlimit へ回復) (Frec20yr)	Target	0.07	5.3	6.3	7.6	9.1	10.2	10.6	10.4
	Limit	0.09	5.3	6.3	9.5	11.2	12.2	12.5	12.1
親魚量の増大 (30年でBlimit へ回復) (Frec30yr)	Target	0.08	5.3	6.3	8.5	10.1	11.2	11.6	11.3
	Limit	0.10	5.3	6.3	10.6	12.3	13.4	13.6	13.0
漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.09	5.3	6.3	8.9	10.6	11.7	12.0	11.6
	Limit	0.11	5.3	6.3	11.1	12.9	13.9	14.1	13.4
親魚量の維持 (Fsus)	Target	0.10	5.3	6.3	10.5	12.2	13.3	13.5	12.9
	Limit	0.13	5.3	6.3	12.9	14.8	15.8	15.6	14.7
			資源量(千トン; 漁期年)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (10年でBlimit へ回復) (Frec10yr)	Target	0.05	126.3	168.0	183.2	190.8	189.8	195.0	204.8
	Limit	0.06	126.3	168.0	183.2	189.3	186.8	190.4	198.6
親魚量の増大 (2017年漁期 管理基準による 漁獲割合) (F2017a)	Target	0.07	126.3	168.0	183.2	188.0	184.3	186.5	193.4
	Limit	0.09	126.3	168.0	183.2	185.9	180.1	180.2	184.9
親魚量の増大 (20年でBlimit へ回復) (Frec20yr)	Target	0.07	126.3	168.0	183.2	187.7	183.6	185.5	192.0
	Limit	0.09	126.3	168.0	183.2	185.5	179.3	179.0	183.4
親魚量の増大 (30年でBlimit へ回復) (Frec30yr)	Target	0.08	126.3	168.0	183.2	186.6	181.5	182.3	187.7
	Limit	0.10	126.3	168.0	183.2	184.1	176.8	175.2	178.4

漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.09	126.3	168.0	183.2	186.1	180.6	180.9	185.9
	Limit	0.11	126.3	168.0	183.2	183.5	175.7	173.5	176.2
親魚量の維持 (Fsus)	Target	0.10	126.3	168.0	183.2	184.3	177.1	175.6	178.9
	Limit	0.13	126.3	168.0	183.2	181.3	171.4	167.3	168.1
			親魚量 (千トン ; 漁期年)						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
親魚量の増大 (10年でBlimit へ回復) (Frec10yr)	Target	0.05	58.2	55.1	70.8	116.6	141.3	137.4	126.9
	Limit	0.06	58.2	55.1	70.8	115.4	138.6	133.2	121.7
親魚量の増大 (2017年漁期 管理基準による 漁獲割合) (F2017a)	Target	0.07	58.2	55.1	70.8	114.4	136.3	129.7	117.5
	Limit	0.09	58.2	55.1	70.8	112.7	132.4	124.0	110.7
親魚量の増大 (20年でBlimit へ回復) (Frec20yr)	Target	0.07	58.2	55.1	70.8	114.1	135.6	128.8	116.4
	Limit	0.09	58.2	55.1	70.8	112.3	131.7	123.0	109.4
親魚量の増大 (30年でBlimit へ回復) (Frec30yr)	Target	0.08	58.2	55.1	70.8	113.2	133.7	125.9	112.9
	Limit	0.10	58.2	55.1	70.8	111.3	129.3	119.5	105.4
漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	0.09	58.2	55.1	70.8	112.8	132.8	124.7	111.4
	Limit	0.11	58.2	55.1	70.8	110.8	128.3	118.0	103.7
親魚量の維持 (Fsus)	Target	0.10	58.2	55.1	70.8	111.4	129.6	119.9	105.8
	Limit	0.13	58.2	55.1	70.8	109.0	124.4	112.5	97.3

Limit は、各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

(3) 2019年漁期ABC、加入量の不確実性を考慮した検討、シナリオの評価

前項(2)漁獲シナリオに対応した漁獲量の算定)で設定した漁獲シナリオについて、RPSの変動が漁獲量と親魚量の動向に与える影響をみるために、加入量に変動を与えたシミュレーション(1,000回反復計算)を行った。加入量の変動については、近年の加入状況には大きな変動が見られるため、1980~2015年級群の加入量の期待値に対する残差を誤差として与えた。ただし、将来予測で仮定している加入量とここでの平均的な加入量には差異が生じるため、この差異(バイアス)については $\text{mean}(\exp(\log(\text{実加入量}) - \log(\text{加入量期待値})))$ の値で除し補正を行った。30年間漁獲を行った場合の漁獲量および親魚量の推移について結果を下表と図21に示す。平均親魚量は前項の将来予測と同様に、 F_{sus} より小さい F では増加した。

2019年漁期以降に10、20、30年で親魚量を B_{limit} に回復させるシナリオ(F_{rec10yr} 、 F_{rec20yr} 、 F_{rec30yr})および2017年漁期の管理基準に相当する漁獲割合で漁獲するシナリオ(F_{2017a})で漁獲した場合、10年後に親魚量が B_{limit} を上回る確率はそれぞれ45%、24%、18%、27%であり、現在の漁獲圧を維持するシナリオ(F_{current})および親魚量を維持するシナリオ(F_{sus})で漁獲を続けた場合、10年後に親魚量が B_{limit} を上回る確率はそれぞれ16%、10%である。また、10年後の親魚量が、近年で最も加入量が多かった2006年級群を産み出した2006年漁期の親魚量(60千トン)を上回る確率は、 F_{rec10yr} 、 F_{rec20yr} 、 F_{rec30yr} 、 F_{2017a} ではそれぞれ100%、97%、94%、97%であり、 F_{current} 、 F_{sus} ではそれぞれ93%、85%である(補足資料6-(5)~6-(7)参照)。親魚量が10年間に B_{ban} を下回る確率は全てのシナリオで0%である。なお、 F_{rec10yr} 、 F_{rec20yr} 、 F_{rec30yr} においてそれぞれ10、20、30年後に B_{limit} を上回る確率は45%、40%、37%といずれも50%未満であったが、これはシミュレーションに用いた加入量残差の分布が平均値よりも低い方に大きく偏っているためである。

漁獲シナリオ (管理基準)	Target/ Limit	2019年漁期 ABC (千トン)	漁獲 割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの 増減%)	2029年漁期 の親魚量 (千トン) (80%区間)	確率評価 (%)	
						2029年漁期 に Blimit へ 回復	2029年漁期 まで Bban を回避
親魚量の増大* (10年で Blimit へ回復) (Frec10yr)	Target	5.1	2.8	0.048 (-55%)	168 (97~253)	53	100
	Limit	6.3	3.4	0.059 (-44%)	155 (89~234)	45	100
親魚量の増大* (2017年漁期 管理基準による 漁獲割合) (F2017a)	Target	7.4	4.0	0.070 (-35%)	144 (81~221)	38	100
	Limit	9.1	5.0	0.087 (-18%)	128 (71~198)	27	100
親魚量の増大* (20年で Blimit へ回復) (Frec20yr)	Target	7.6	4.2	0.073 (-32%)	142 (81~215)	36	100
	Limit	9.5	5.2	0.091 (-15%)	125 (71~193)	24	100
親魚量の増大* (30年で Blimit へ回復) (Frec30yr)	Target	8.5	4.7	0.081 (-24%)	133 (75~204)	30	100
	Limit	10.6	5.8	0.102 (-5%)	117 (65~180)	18	100
		2019年漁期 算定漁獲量 (千トン)					
現状の漁獲圧 の維持 (Fcurrent)	Target	8.9	4.9	0.085 (-20%)	130 (73~200)	27	100
	Limit	11.1	6.0	0.107 (±0%)	113 (63~174)	16	100
親魚量の維持 (Fsus)	Target	10.5	5.7	0.100 (-6%)	118 (66~181)	19	100
	Limit	12.9	7.1	0.126 (+18%)	100 (55~155)	10	100
コメント ・本系群のABC算定には、規則1-1)-(2)を用いた。 ・2016年級群は調査結果より比較的良い加入が期待されるが、将来予測に用いた加入量は仮定値であり今後の漁獲への加入状況については注意が必要である。							

- ・海洋生物資源の保護及び管理に関する基本計画第3に記載されている本系群の中期的管理方針では、「親魚量がこれまでの最低水準を下回らないよう注意しつつ、着実な資源の回復を基本方向として管理を行うものとし、資源管理計画に基づく取組の推進を図るものとする。」とされている。同方針に合致し着実な回復が期待されるシナリオに*を付した。
- ・2015年漁期の30年後に **Blimit** へ回復させる漁獲シナリオで漁獲した場合の2019年漁期の漁獲量は **Limit** で10.2千トン、**Target** で8.3千トン。2018年漁期より30年かけて **Blimit** へ回復させる漁獲シナリオで漁獲した場合の2019年漁期の漁獲量は **Limit** で10.5千トン、**Target** で8.5千トンである。
- ・禁漁 ($F=0$) とした場合に親魚量が **Blimit** を継続的に上回るのは2025年漁期以降と推定される。

Limit は各漁獲シナリオの下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量、**Target** は資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、各漁獲シナリオの下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。漁獲割合は2019年漁期の漁獲量/資源量、 F 値は各年齢の単純平均値、2019年漁期は2019年4月～2020年3月、2018年漁期の漁獲量は **TAC** (6.3千トン) とした。 $F_{current}$ は2013～2017年漁期の F の平均値の選択率下で F の単純平均値が直近3年間(2015～2017年漁期)の F の単純平均値と等しくなる F 、 F_{sus} は再生産成功率の1989～2014年級群平均値に対応する F 、 F_{2017a} は2019年漁期の漁獲割合が2017年漁期の資源量を2017年漁期の管理基準で漁獲した場合の漁獲割合(5.0%)と等しくなる F として設定し、将来漁獲量(10年後の幅は80%区間)および確率評価は加入量変動を考慮した1,000回のシミュレーションから算出した。漁獲シナリオにある「親魚量の維持」は中長期的に安定する親魚量での維持を指す。2017年漁期親魚量は58.2千トンである。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2016年漁獲量確定値	2016年漁獲量の確定、2016年漁期の年齢別資源尾数
2017年漁期漁獲量速報値	2017年漁期の年齢別資源尾数
2017年漁期親魚量指標値、2017年までの加入量指標値、2017年漁期年齢別・年別漁獲尾数	2016年漁期までの年齢別資源尾数、再生産成功率、年齢別漁獲係数、年齢別選択率、2016年漁期の年齢別漁獲物平均体重、将来予測における2018年漁期加入量仮定値および2019年漁期以降の加入量推定値、年齢別資源尾数、年齢別選択率、 F_{sus} 、 $F_{rec30yr}$
2017年漁獲物年齢別体重	将来予測における漁獲物平均体重

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (千トン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン) (実際の F 値)
2017 年漁期 (当初)	Frec 30yr	0.12	95.6	6.3*	5.1	
2017 年漁期 (2017 年再評価)	Frec 30yr	0.12	113.1	6.5	5.3	
2017 年漁期 (2018 年再評価)	Frec 30yr	0.10	126.3	5.7	4.6	5.3 (0.09)
2018 年漁期 (当初)	Fcurr ent	0.12	143.4	7.7	6.3*	
2018 年漁期 (2018 年再評価)	Fcurr ent	0.10	168.0	8.4	6.8	
2017、2018 年とも、TAC 設定の根拠となった管理基準について行った。 *は TAC 設定の根拠となった数値である。						

2017 年漁期 ABC の 2018 年再評価値には 2017 年漁期の漁獲物の体重を、2018 年漁期 ABC の 2018 年再評価値には過去 5 年間（2013～2017 年漁期）の漁獲物の体重の平均値を用いた。2017 年漁期 ABC の 2018 年再評価では ABC がやや下方修正となったが、これは漁獲物の平均体重が当初仮定していた値より小さかったことの影響が大きい。2018 年漁期 ABC の再評価については、当初評価時における Fcurrent が 2017 年漁期における漁獲量を TAC 数量（6.3 千トン）として算定されたものであるため、ここでも Fcurrent の選択率下において漁獲割合が 2017 年漁期の資源量に対して 2017 年漁期の TAC 数量（6.3 千トン）を漁獲した場合に相当する値（5.0%）となる F として算定した。なお、2018 年漁期 ABC の再評価について、2017 年の漁獲量を実漁獲である 5.3 千トンとした場合の漁獲割合は 4.2%であり、この漁獲割合に基づく 2018 年漁期漁獲量は Fcurrent で 7.1 千トン、0.8Fcurrent で 5.7 千トンである。

6. ABC 以外の管理方策の提言

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るとしている。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、調査結果などから高い豊度が予測される 2015、2016 年級群の加入などにより、親魚量の増加が見込まれている。本系群では親魚量を増大させることが緊急の課題であるが、親魚量の大幅な増加のためにはこれらの若齢魚を特に十分残すことが重要である。

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.
- 福若雅章・安田十也・黒田啓行 (2015) 平成 26 年度マイワシ対馬暖流系群の資源評価. 平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 47-77.
- Funamoto, T. (2007) Temperature-dependent stock-recruitment model for walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) around northern Japan. Fish. Oceanogr., **16**, 515-525.
- Funamoto, T. (2011) Causes of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) recruitment decline in the northern Sea of Japan: implications for stock management. Fish. Oceanogr., **20**, 95-103.
- 本田 聡・八吹圭三 (2007) 平成 18 年スケトウダラ日本海北部系群の資源評価. 平成 18 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 267-312.
- 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.
- 川端 淳・渡邊千夏子・上村泰洋・赤嶺達郎・水戸啓一 (2015) 平成 26 年度マイワシ太平洋系群の資源評価. 平成 26 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 15-46.
- 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.
- Miyake, H. (2002) Population structure of the north Japan Sea walleye pollock stock. North Pacific Marine Science Organization Eleventh Annual Meeting program abstracts, Qingdao, China, 60.
- 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.
- 三宅博哉・田中伊織 (2006) 北海道日本海のスケトウダラ資源の変動. 月刊海洋, **38**, 187-191.
- 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.
- 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 (2018) スケトウダラ (日本海海域). 2018 年度資源評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/> (last accessed 18 December 2018)
- 山下夕帆・千村昌之 (2011) 平成 22 年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価. 平成 22 年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第 1 分冊, 319-370.

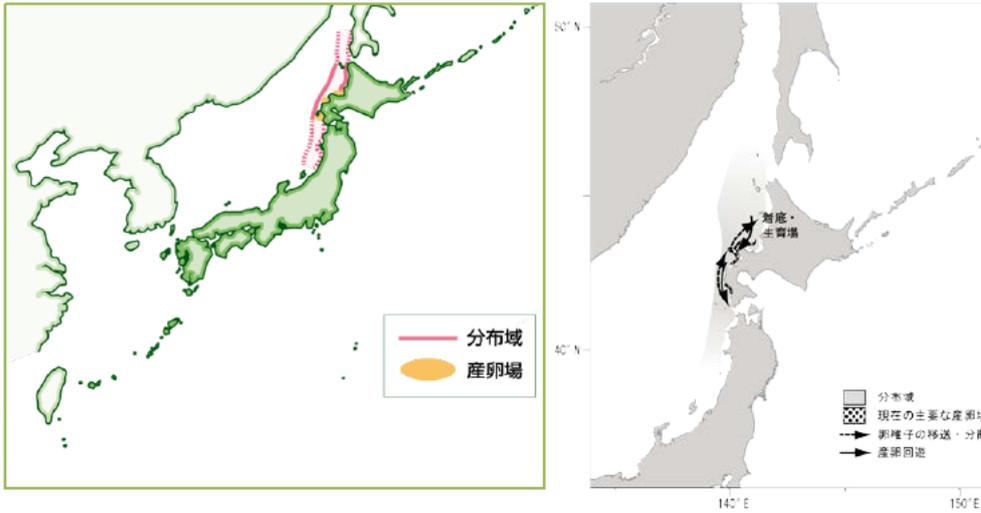


図1. 分布と回遊 分布域と回遊経路（左）および分布域と産卵場（右）

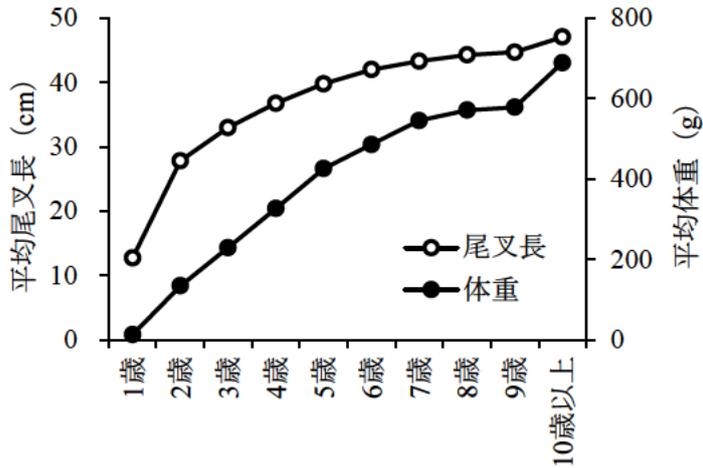


図2. 年齢と成長 10歳以上は平均値を示す。

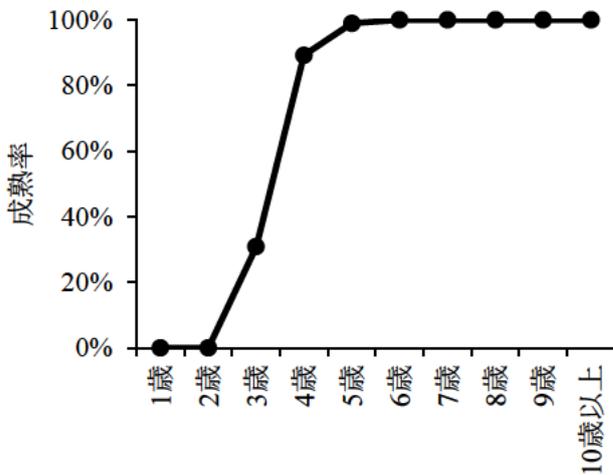


図3. 年齢と産卵期における雌個体の成熟率

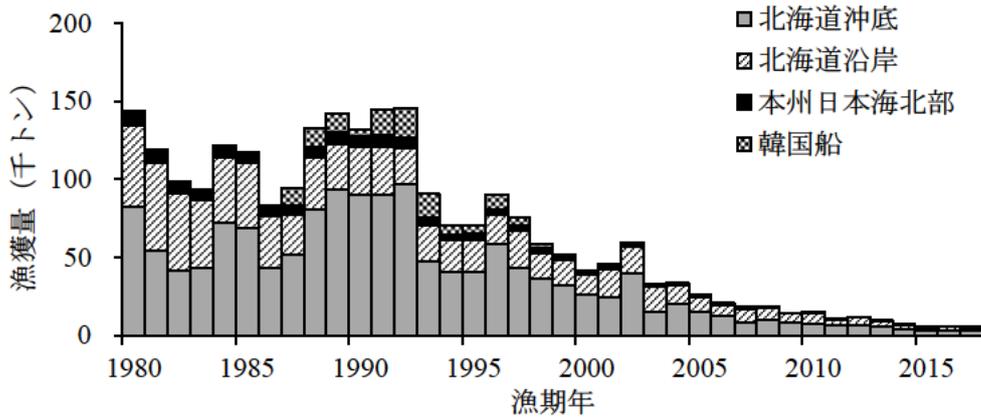


図4. 漁獲量の推移

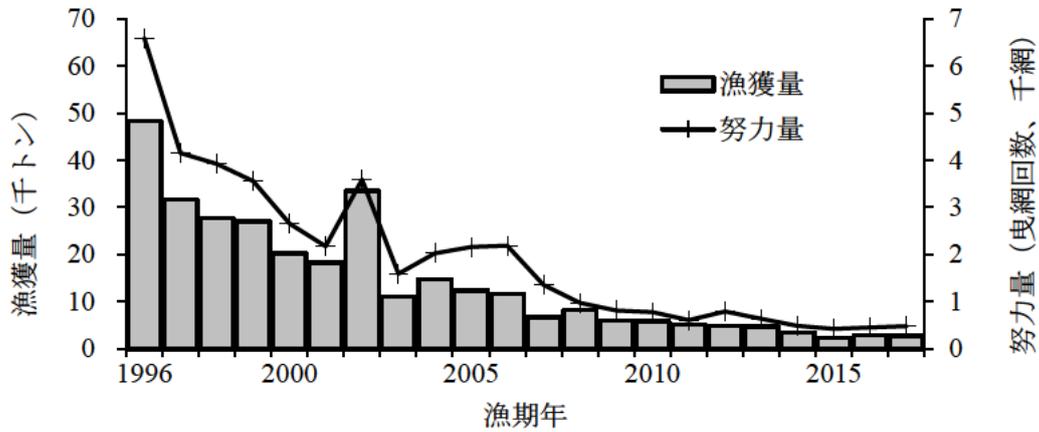


図5. 北海道根拠の沖底船（かけまわし 100 トン以上）の漁獲量および漁獲努力量（曳網回数）の推移 日別船別漁区別の操業データのうちスケトウダラが漁獲物の5割以上を占める操業（スケトウダラ狙い）について示した。

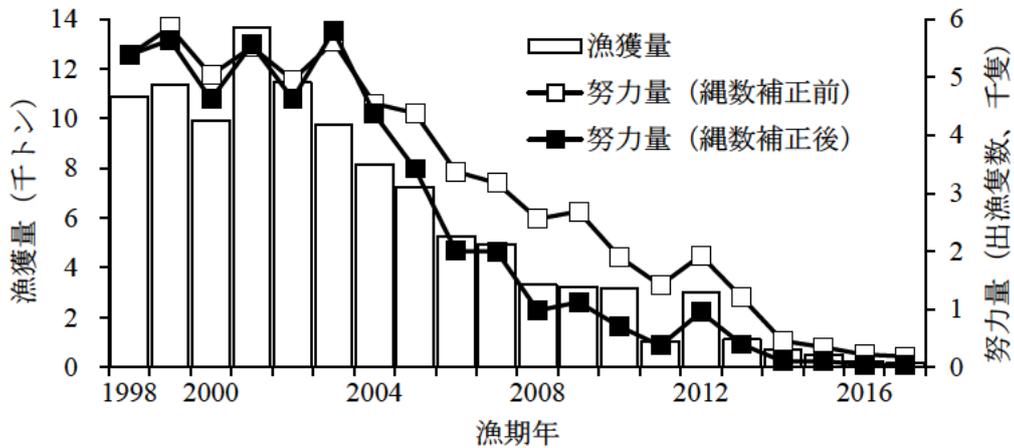


図6. 檜山管内4地区における延縄漁業の漁獲量および努力量（縄数補正前および補正後の出漁隻数）の推移（函館水産試験場未発表資料）

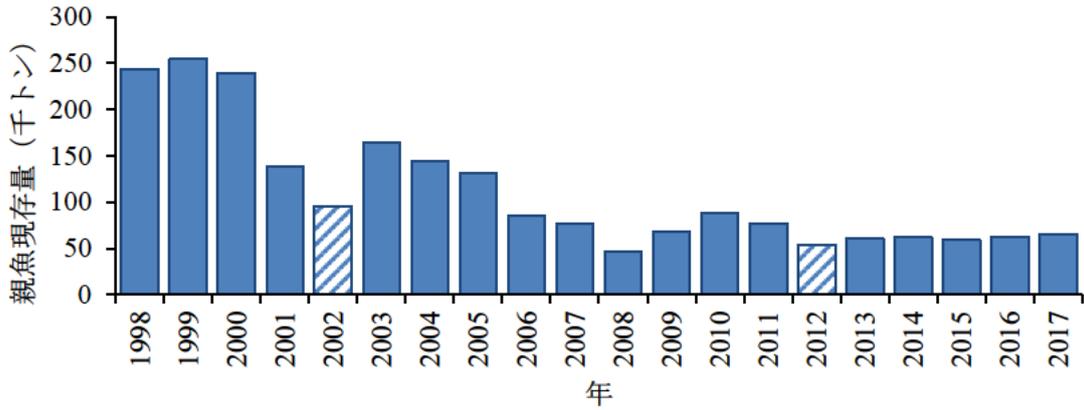


図7. 親魚量指標値の推移 日本海スケトウダラ新規加入量調査（産卵親魚分布調査）における親魚の現存量推定値。2002年と2012年は天候不良により十分な調査面積を確保できなかったため参考値である（稚内・中央・函館水産試験場（2018）の図を改変）。

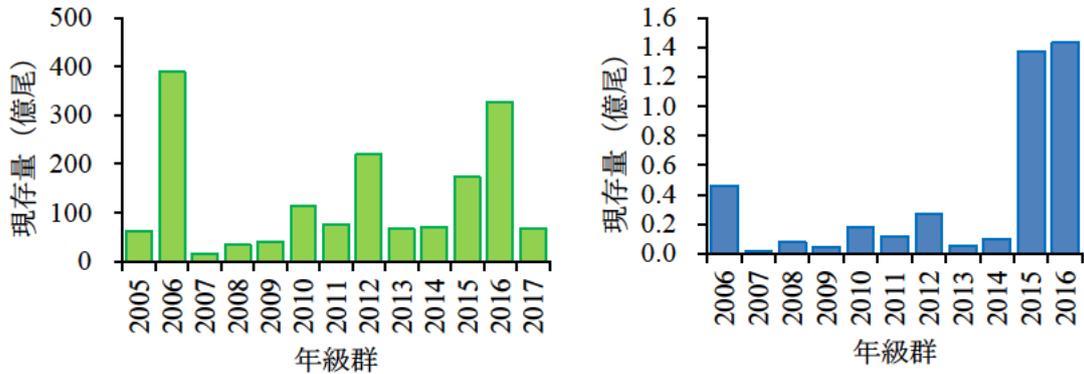


図8. 加入量指標値の推移 日本海スケトウダラ新規加入量調査（仔稚魚分布調査（左）および未成魚分布調査（右））における現存量推定値（稚内・中央・函館水産試験場（2018）の図を改変）。

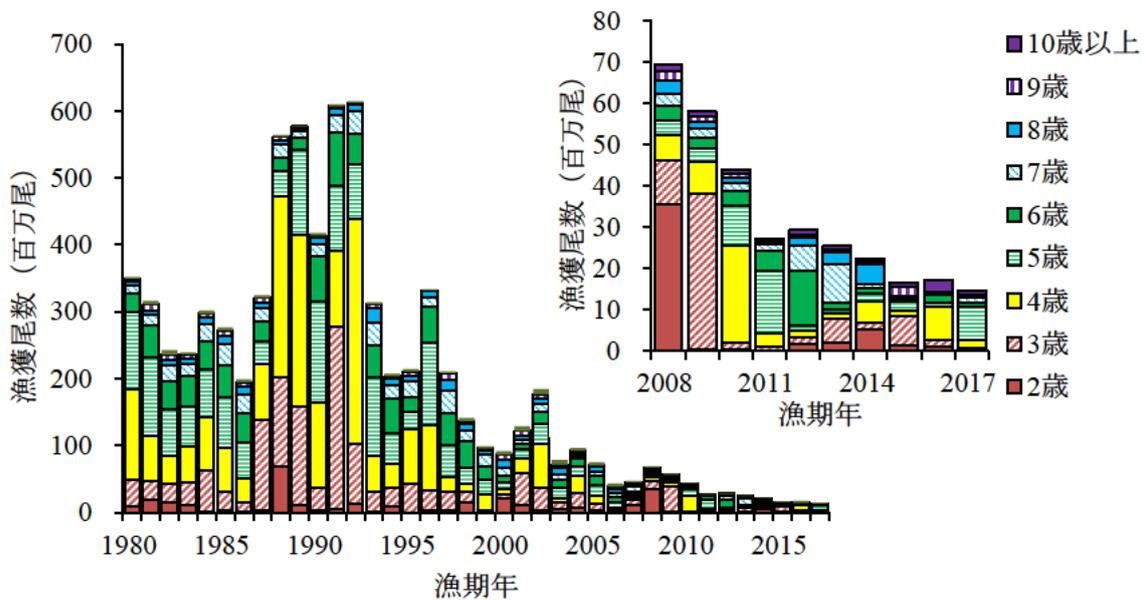


図9. 年齢別漁獲尾数の推移 右上に2008年漁期以降を拡大した図を示す。

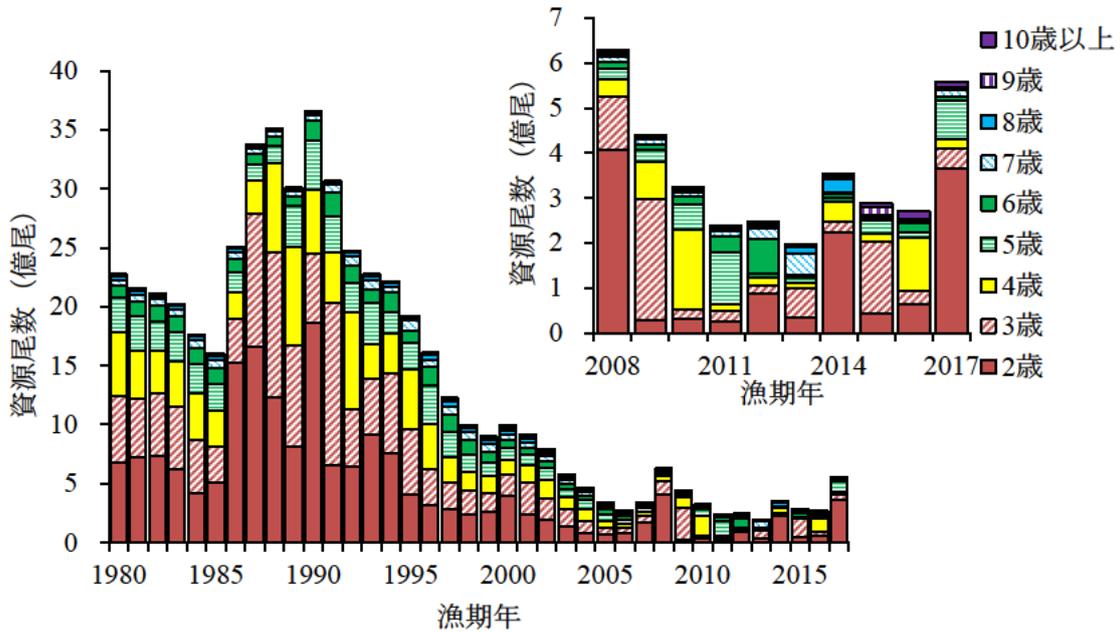


図 10. 年齢別資源尾数の推移 右上に 2008 年漁期以降を拡大した図を示す。

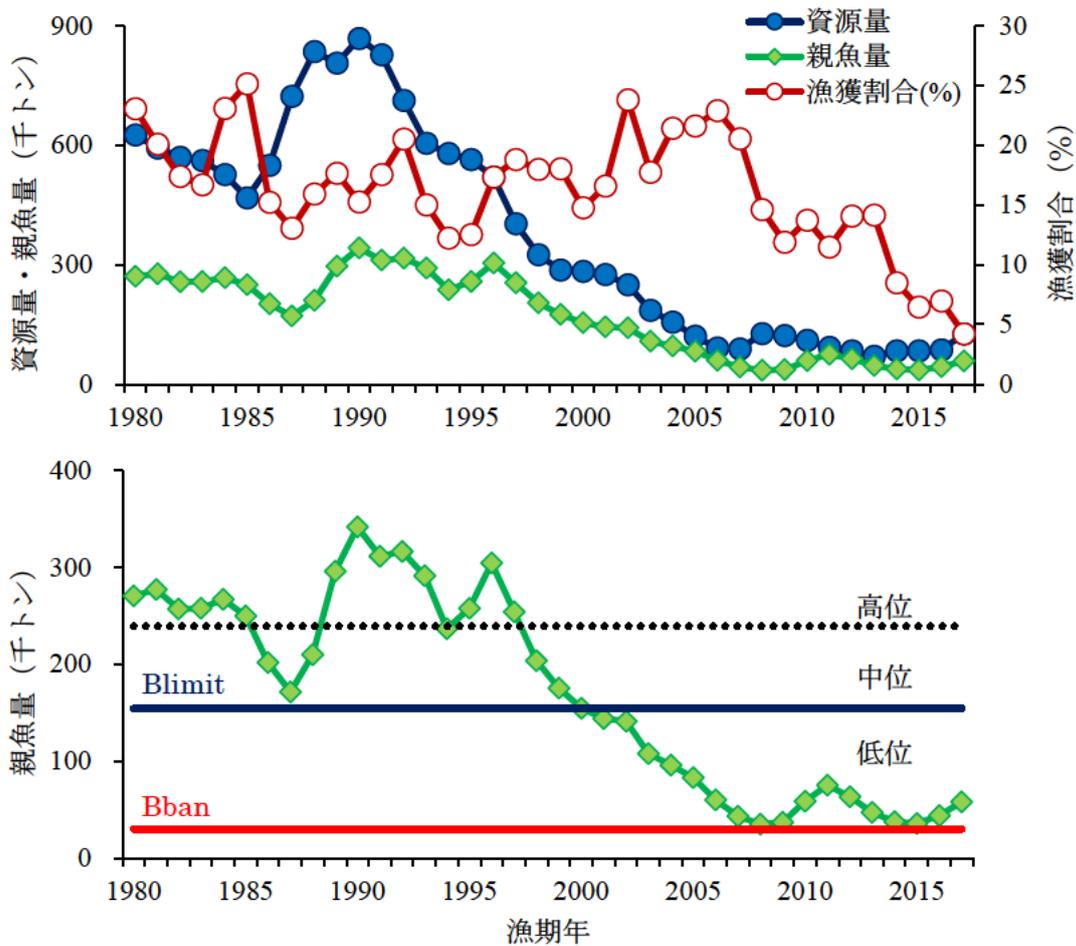


図 11. 資源量、親魚量と漁獲割合の推移 (上)、親魚量と水準区分、Blimit、Bban (下)

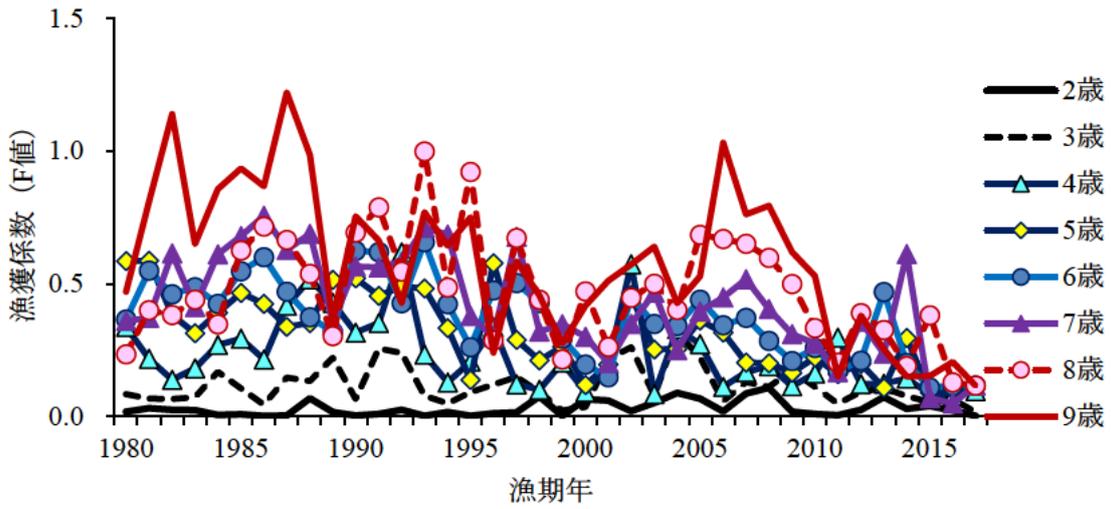


図 12. 各年齢の F の経年推移

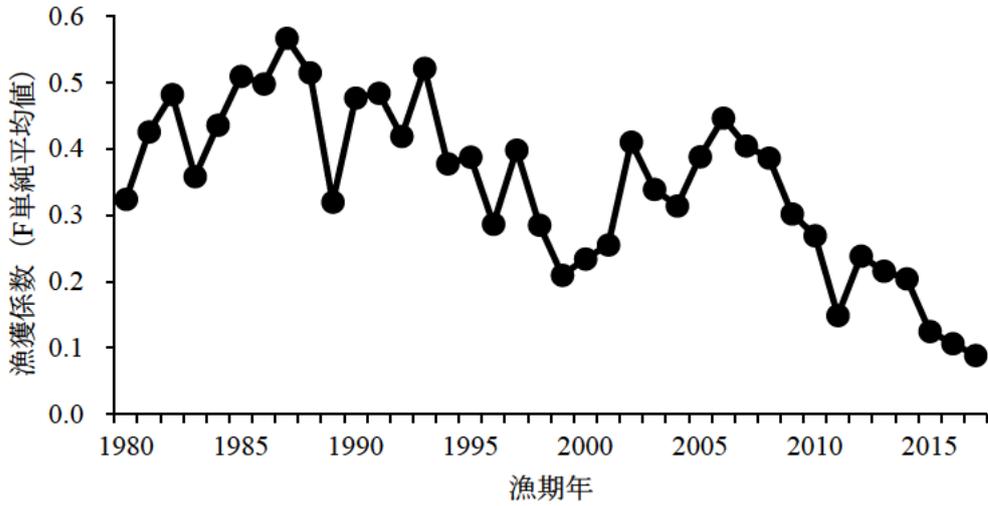


図 13. F の経年推移 F 値は各年齢の平均値。

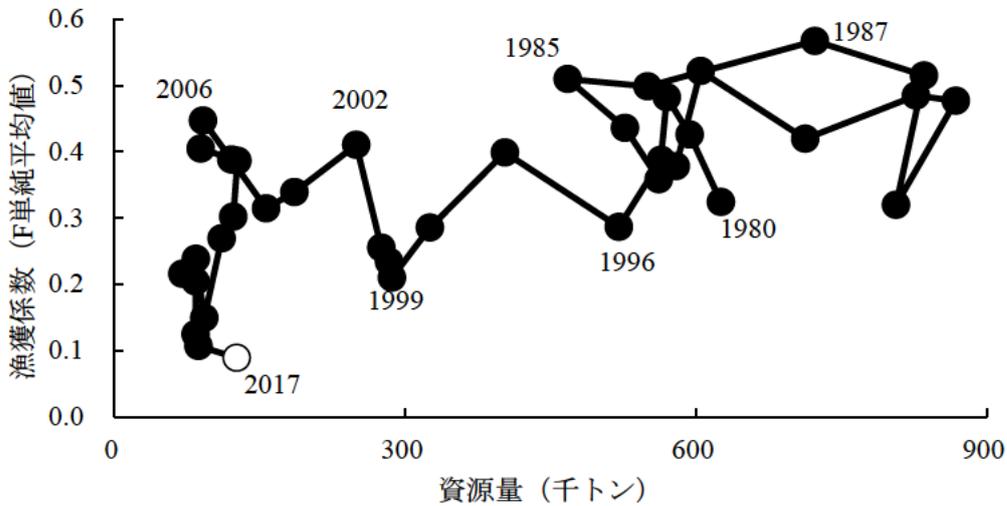


図 14. 資源量と F 値の関係 F 値は各年齢の平均値。

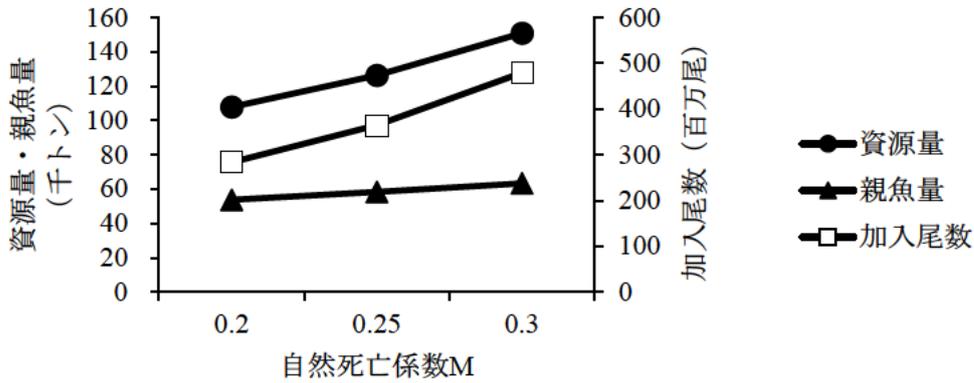


図 15. M の値を変化させた場合の 2016 年漁期の資源量、親魚量と加入量の変化
M は 3 歳以上の値。

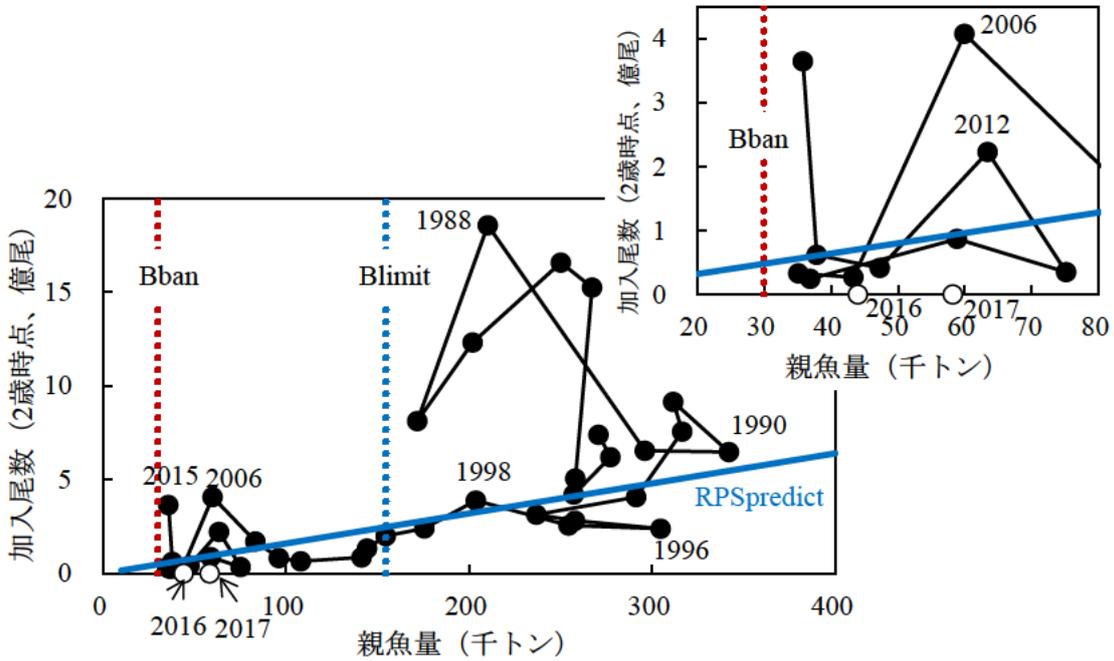


図 16. 親魚量と加入量の関係 右上に 2006 年級群以降の範囲を拡大した図を示す。2016、2017 年級群はまだ加入していないが親魚量は明らかになっているため、親魚量のみを○で示した。点線は Blimit (155 千トン) および Bban (30 千トン)。

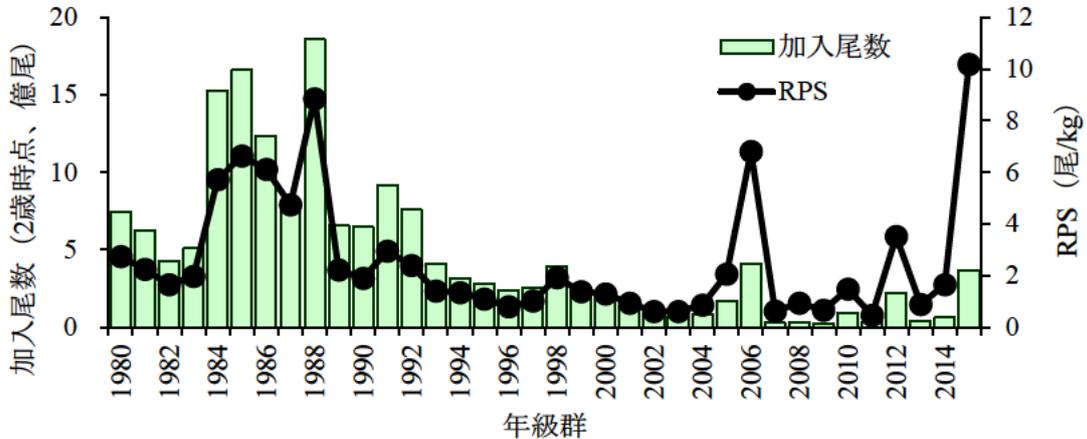


図 17. 加入量と再生産成功率の経年推移

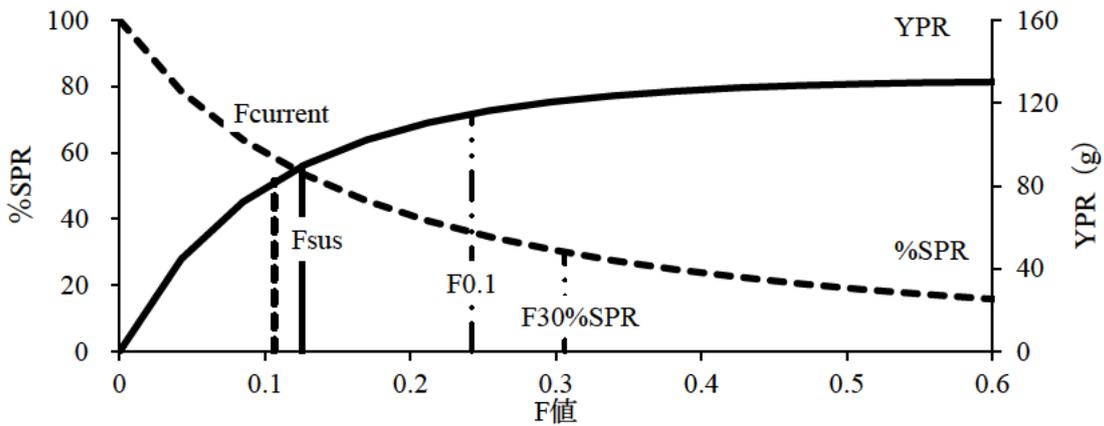


図 18. F に対する YPR と %SPR F 値は各年齢の平均値。

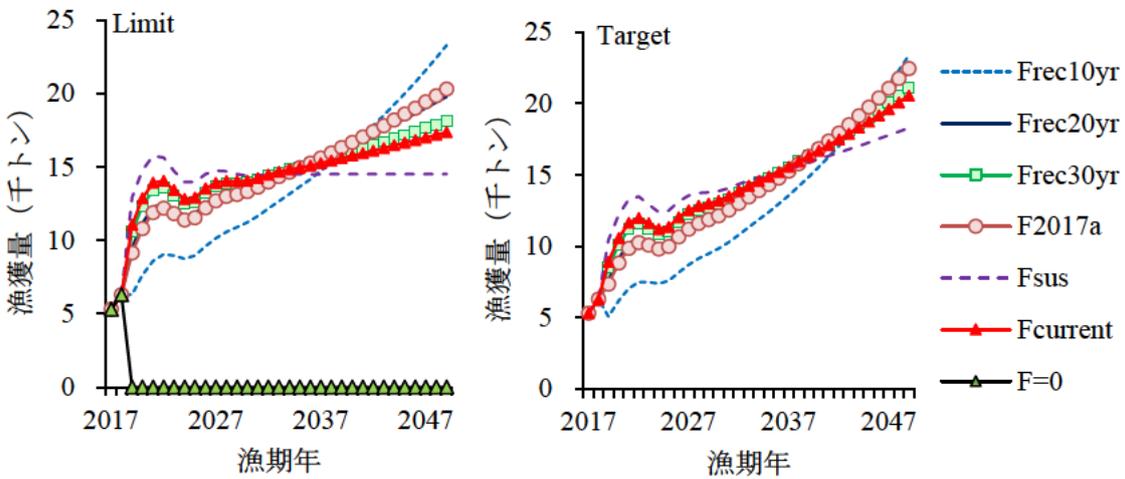


図 19. 各漁獲シナリオにおける 2016～2048 年漁期の漁獲量の点推定予測値 (左: Limit、右: Target) 2019 年漁期以降の加入量は 1989～2014 年級群の再生産成功率の平均値と親魚量の積とし、2018 年漁期の漁獲量は 6.3 千トンとした。

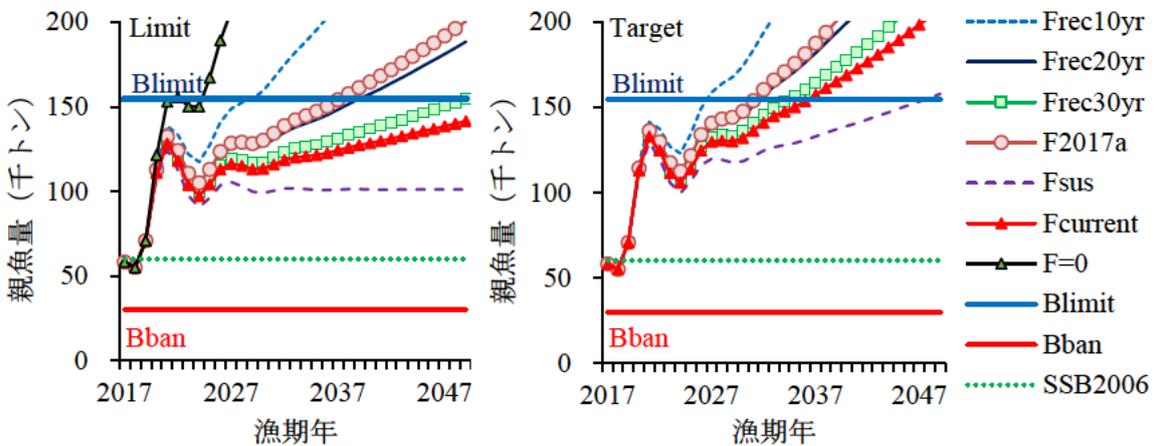


図 20. 各漁獲シナリオにおける 2016～2048 年漁期の親魚量の点推定予測値 (左: Limit、右: Target) 2019 年漁期以降の加入量は 1989～2014 年級群の再生産成功率の平均値と親魚量の積とし、2018 年漁期の漁獲量は 6.3 千トンとした。

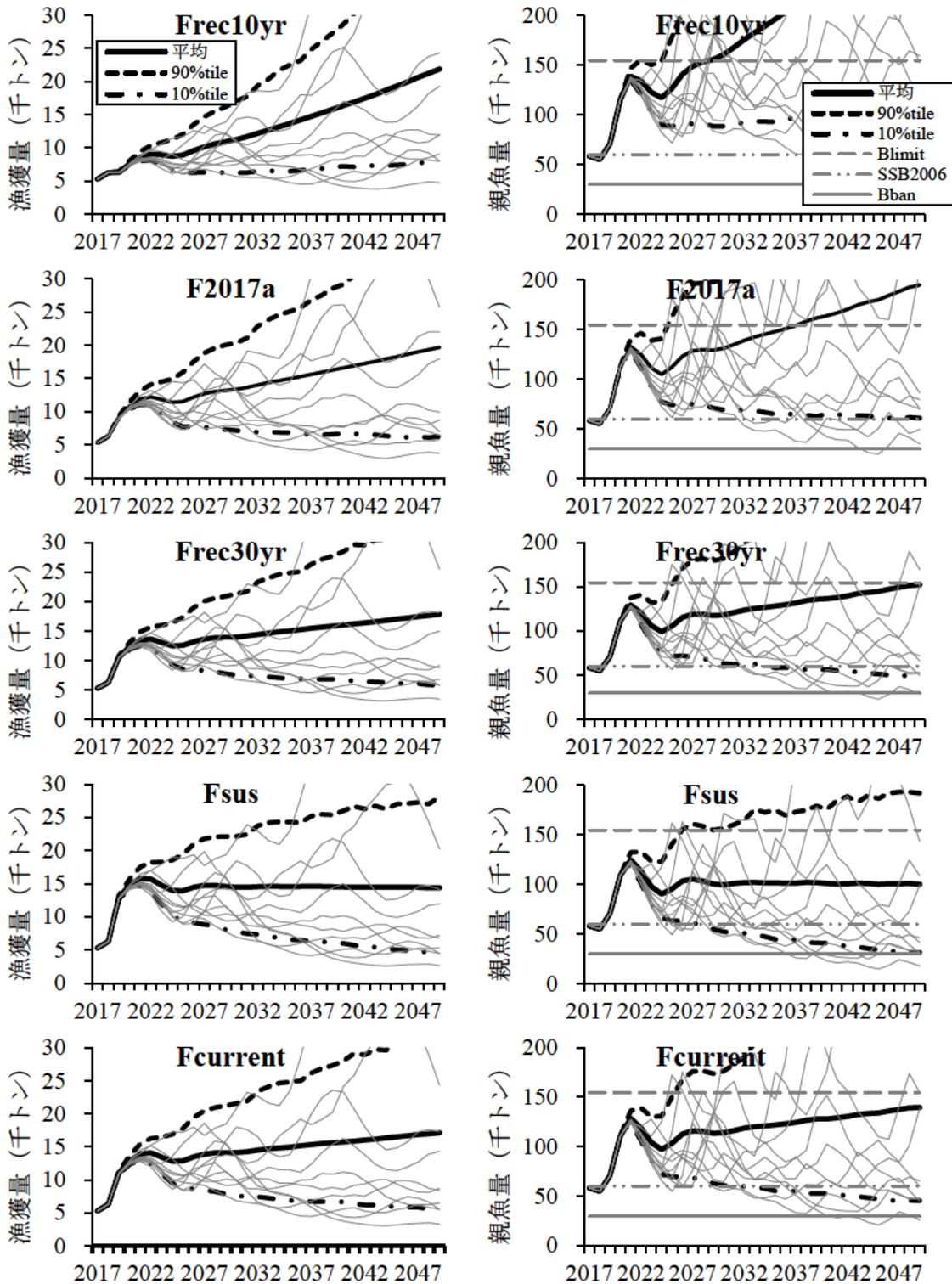


図 21. 加入量の不確実性に関する 1,000 回のシミュレーション結果 (左; 漁獲量、右; 親魚量) Frec10yr、F2017a、Frec30yr、Fsus、Fcurrent における平均、上下 10%値および各試行における値の変動例 (細線、10 試行分) を示す。2019 年漁期以降の加入量の変動については加入量の期待値に対する 1980~2015 年級群の残差を重複を許してランダムに抽出して与え、2018 年漁期の漁獲量は TAC (6.3 千トン) とした。

表 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			北海道日本海				本州日本海北部
	全海域	日本漁船	韓国漁船	海域計	沖合底びき網	沿岸漁業	韓国漁船	海域計
1970	111,254	111,254	-	92,482	58,803	33,679	-	18,772
1971	102,946	102,946	-	90,275	57,018	33,257	-	12,671
1972	154,926	154,926	-	137,935	107,074	30,861	-	16,991
1973	136,332	136,332	-	108,327	80,518	27,809	-	28,005
1974	112,174	112,174	-	86,188	63,248	22,940	-	25,986
1975	143,159	143,159	-	121,748	100,056	21,692	-	21,411
1976	112,584	112,584	-	94,373	69,914	24,458	-	18,211
1977	119,961	119,961	-	102,077	51,789	50,288	-	17,884
1978	158,045	158,045	-	148,936	93,058	55,878	-	9,109
1979	168,909	168,909	-	159,827	102,903	56,924	-	9,082
1980	144,205	144,205	-	134,560	82,928	51,632	-	9,645
1981	119,043	119,043	-	110,266	54,341	55,925	-	8,777
1982	99,036	99,036	-	91,092	41,969	49,123	-	7,944
1983	93,666	93,666	-	86,614	43,278	43,335	-	7,052
1984	121,527	121,527	-	114,229	71,997	42,232	-	7,298
1985	117,468	117,468	-	110,676	68,874	41,802	-	6,792
1986	83,665	83,665	-	76,363	43,140	33,224	-	7,302
1987	94,351	83,547	10,804	77,254	51,936	25,318	10,804	6,293
1988	132,809	120,623	12,186	113,846	80,777	33,069	12,186	6,777
1989	142,245	130,610	11,635	122,858	94,019	28,838	11,635	7,752
1990	132,251	127,574	4,677	120,762	90,429	30,333	4,677	6,812
1991	145,042	128,591	16,451	120,605	90,502	30,103	16,451	7,986
1992	146,028	127,242	18,786	120,443	97,459	22,984	18,786	6,799
1993	90,678	75,667	15,011	70,487	47,386	23,102	15,011	5,180
1994	70,734	64,960	5,774	61,045	41,018	20,027	5,774	3,915
1995	70,557	65,017	5,540	61,033	41,116	19,917	5,540	3,984
1996	90,154	80,770	9,384	77,175	58,693	18,482	9,384	3,595
1997	75,712	70,855	4,857	67,265	43,158	24,107	4,857	3,590
1998	58,447	56,328	2,119	52,957	36,430	16,527	2,119	3,371
1999	51,627	51,627	-	48,535	32,482	16,053	-	3,092
2000	41,847	41,847	-	39,157	25,952	13,204	-	2,690
2001	45,616	45,616	-	42,603	24,646	17,957	-	3,013
2002	59,359	59,359	-	57,309	39,733	17,576	-	2,050
2003	32,896	32,896	-	31,267	15,209	16,058	-	1,629
2004	33,492	33,492	-	32,291	20,717	11,574	-	1,201
2005	26,022	26,022	-	24,646	15,134	9,511	-	1,376
2006	20,873	20,873	-	19,883	12,605	7,278	-	991
2007	18,244	18,244	-	16,870	8,506	8,364	-	1,374
2008	18,516	18,516	-	17,550	10,383	7,168	-	965
2009	14,533	14,533	-	13,970	7,894	6,075	-	564
2010	15,187	15,187	-	14,662	7,768	6,894	-	525
2011	10,637	10,637	-	10,248	6,395	3,853	-	389
2012	11,813	11,813	-	11,524	6,375	5,150	-	289
2013	9,888	9,888	-	9,553	5,595	3,957	-	335
2014	7,085	7,085	-	6,858	4,484	2,374	-	227
2015	5,389	5,389	-	5,233	2,814	2,420	-	156
2016	6,038	6,038	-	5,964	3,387	2,577	-	74
2017	5,318	5,318	-	5,283	3,093	2,190	-	34

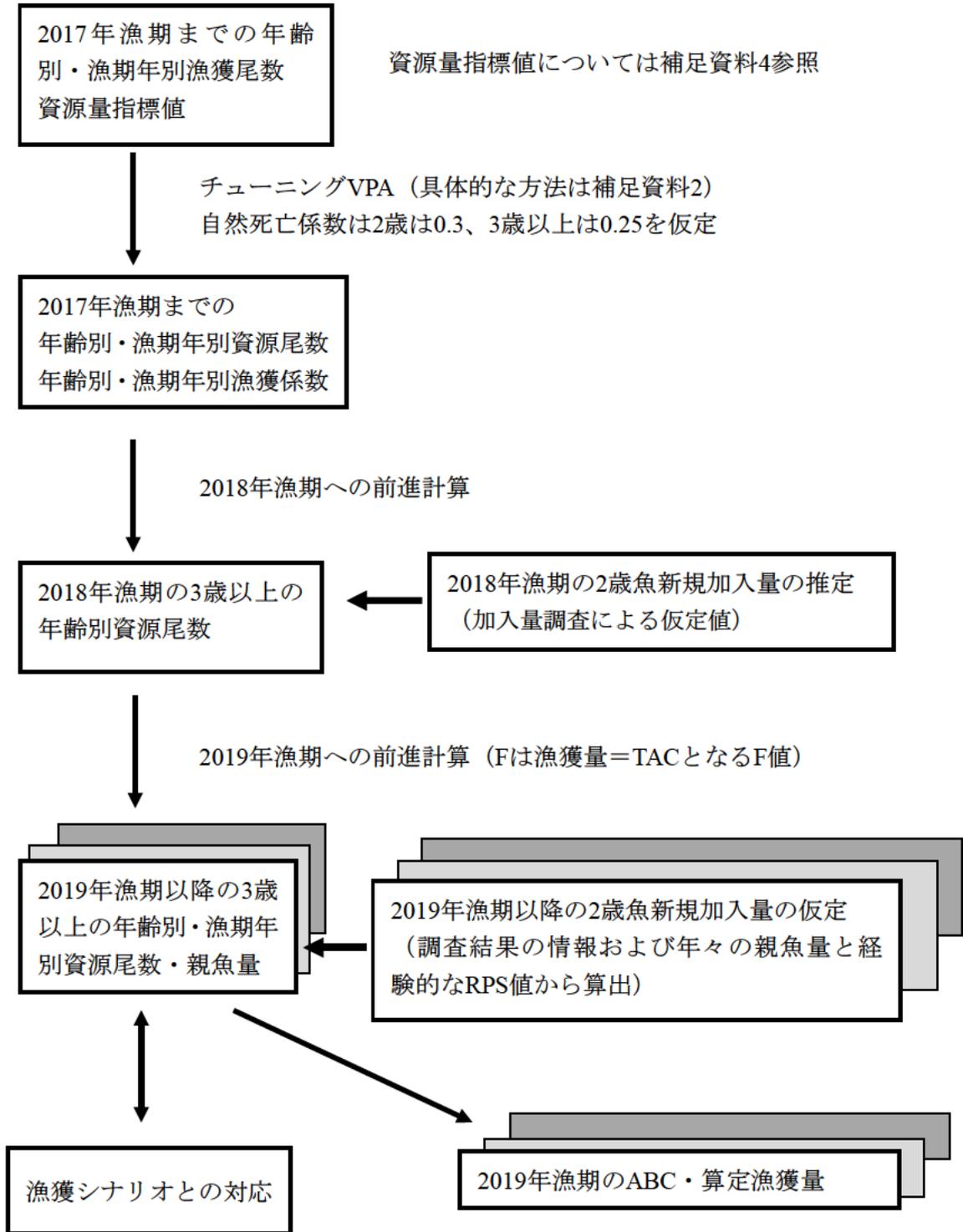
2002年漁期以前の本州日本海北部は年計。2016、2017年漁期は暫定値。

表 2. 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	23.1	2.74
1981	119,043	593,173	277,112	621	20.1	2.24
1982	99,036	569,662	257,149	422	17.4	1.64
1983	93,666	561,521	257,924	507	16.7	1.97
1984	121,527	526,554	267,099	1,526	23.1	5.71
1985	117,468	467,476	249,990	1,658	25.1	6.63
1986	83,665	549,703	201,830	1,233	15.2	6.11
1987	94,351	722,398	171,594	814	13.1	4.74
1988	132,809	835,018	210,110	1,858	15.9	8.84
1989	142,245	806,215	295,857	655	17.6	2.21
1990	132,251	867,859	341,743	648	15.2	1.90
1991	145,042	826,580	311,391	916	17.5	2.94
1992	146,028	712,371	316,383	757	20.5	2.39
1993	90,678	604,659	291,216	409	15.0	1.40
1994	70,734	578,949	236,624	315	12.2	1.33
1995	70,557	563,740	257,807	281	12.5	1.09
1996	90,154	520,134	304,517	240	17.3	0.79
1997	75,712	402,819	254,225	257	18.8	1.01
1998	58,447	325,186	203,694	390	18.0	1.91
1999	51,627	286,240	175,567	241	18.0	1.37
2000	41,847	283,240	154,539	200	14.8	1.29
2001	45,616	275,254	144,248	133	16.6	0.93
2002	59,359	249,373	141,224	86	23.8	0.61
2003	32,896	185,631	108,044	66	17.7	0.61
2004	33,492	156,288	96,092	82	21.4	0.85
2005	26,022	120,490	83,339	171	21.6	2.05
2006	20,873	91,239	59,963	408	22.9	6.80
2007	18,244	88,805	43,359	27	20.5	0.62
2008	18,516	126,791	35,159	33	14.6	0.93
2009	14,533	122,307	36,930	24	11.9	0.66
2010	15,187	110,634	58,892	87	13.7	1.47
2011	10,637	92,665	75,215	35	11.5	0.46
2012	11,813	84,031	63,467	223	14.1	3.51
2013	9,888	69,844	47,298	42	14.2	0.88
2014	7,085	83,626	37,863	62	8.5	1.64
2015	5,389	83,467	35,810	365	6.5	10.18
2016	6,038	86,623	44,049	315	7.0	7.15
2017	5,318	126,322	58,245	93	4.2	1.60

漁獲量、資源量、漁獲割合、Fの漁期年は、表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。2016、2017漁期年に発生した年級群は2016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、2歳加入尾数と再生産成功率は仮定値である。

補足資料1 資源評価の流れ



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的生活史に基づき 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 歳は 0.3、3 歳以上は 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 7、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 2007～2016 年（2006～2015 年級群）の未成魚分布調査の 1 歳魚現存量（図 8、補足資料 4- (4)）および 2005～2015 年の仔稚魚分布調査の 0 歳魚現存量（図 8、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いる一方、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ことから、最近年の高齢魚については F 値を一定（選択率=1）とし、この高齢魚として扱う範囲は親魚量のレトロスペクティブバイアスの傾向などをもとに 5 歳以上とした（詳細は補足資料 7 参照）。将来予測における選択率は F の直近 5 年平均値（2013～2017 年漁期）の選択率とした。

将来の加入については、近年の平均的な再生産成功率（RPS1989～2014 年級群平均値）と親魚量の積として見積もることを基本とした。ただし 2018 年漁期（2016 年級）の加入量は 0～2 歳魚時点での現存尾数（補足資料 4- (3)～4- (5)）の推移から比較的良い加入が見込まれるため、昨年と同じく 2008 年漁期（2006 年級）と 2014 年漁期（2012 年級）の加入量の平均であるとした。

具体的な計算式は以下のとおりである。コホート解析の考え方と実際については平松 (1999) を参照されたい。

1) 資源量の推定

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 $C_{a,Y}$ 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。

ここで得られた漁期年別年齢別 F から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）を求めた。

最近年（2017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、レトロスペクティブバイアスの傾向をもとに、最近年の5歳以上につい

ではF値を一定とした。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。

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

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（2017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。

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、加入量指標値のデータ数の制約から4年とした。 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（2017年漁期）までのデータを用いた計算における2017-i年の親魚量である。また、Fの最大値は過去年の最高値から1.5に制限した。ここから推定された λ は0.75となった。

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。

2) 将来予測

得られた資源量をもとに将来予測を行った。資源尾数の予測には、コホート解析の前進法（(11) 式）を用いた。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M_a) \quad (11)$$

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。

加入量は、加入量調査（補足資料 4- (3) ～4- (5) 参照）から良い加入が見込まれる 2018 年漁期（2016 年級群）については 2008 年漁期（2006 年級群）と 2014 年漁期（2012 年級群）の平均値とした。2019 年漁期以降については近年の平均的な再生産成功率（RPS1989～2014 年級平均値）と親魚量の積として見積もった。ただし加入量は過去最高の 19 億尾を超えないものとした。

将来予測における選択率には過去 5 年間（2013～2017 年漁期）の F の平均値の選択率を用いた。2018 年漁期の F は、この選択率の下で 2018 年漁期の TAC（6.3 千トン）を与える F の値を探索的に求めた。2018 年漁期以降の漁獲量を計算する際には漁獲物の年齢別体重の 2013～2017 年漁期の平均値を用い（補足表 2-3）、資源量および親魚量の計算には資源の平均体重を用いた。

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 (12) 式により求めた。

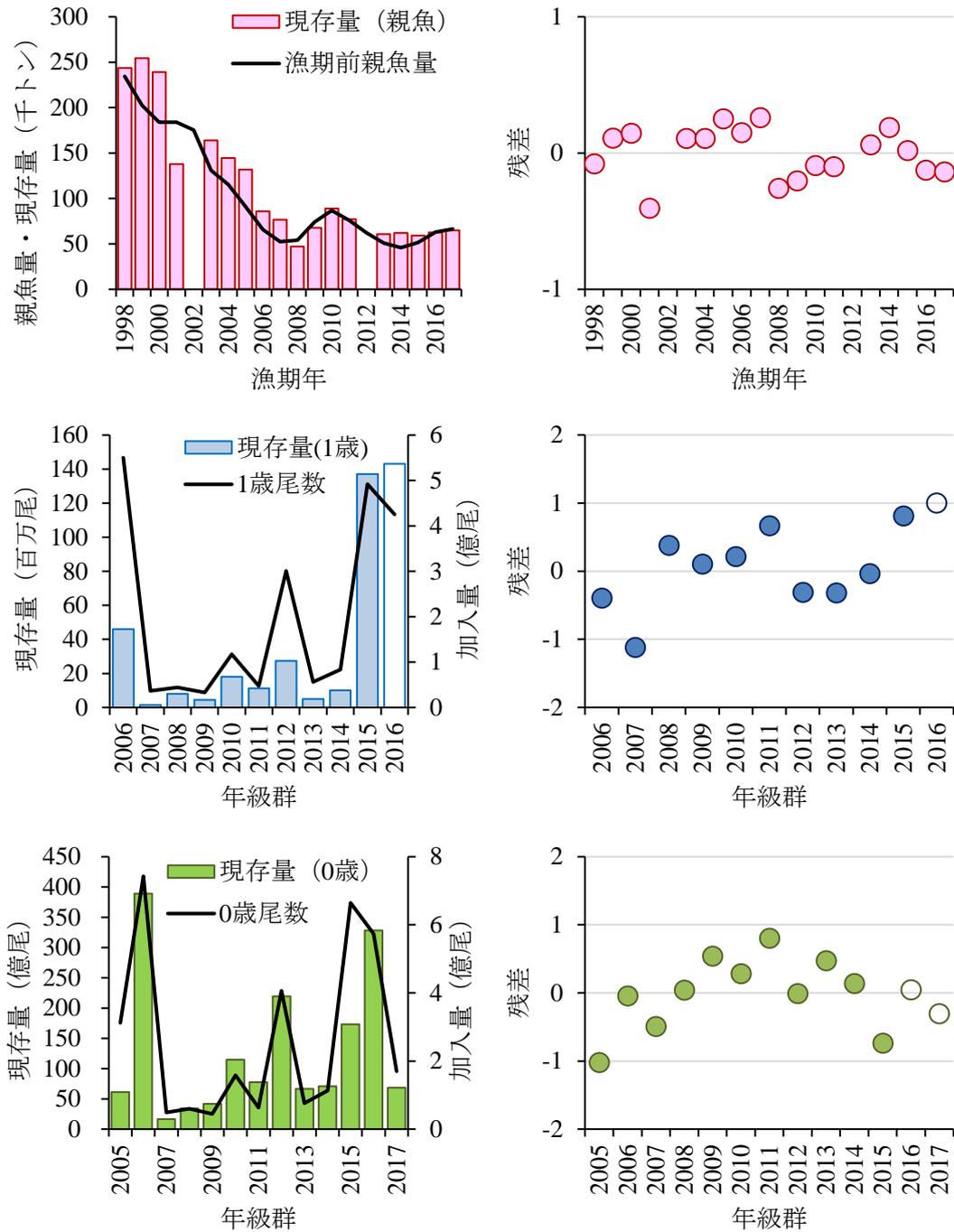
$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (12)$$

引用文献

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.



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。2016 年級群以降の加入は仮定値であり、これらの加入量指標値はチューニングには用いていないため白抜きで示す。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. 漁獲物の年齢別体重 (g)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2013~2017平均
1歳	85	44		79		
2歳	129	76	80	125	79	98
3歳	224	218	171	202	193	202
4歳	315	285	322	266	246	287
5歳	359	345	443	371	332	370
6歳	405	419	511	487	388	442
7歳	453	457	514	538	481	489
8歳	552	491	600	551	548	548
9歳	650	600	571	592	621	607
10歳以上	756	689	721	587	649	680

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 年漁期以前は武蔵堆、利礼周辺および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、最も南側に位置する積丹沖の漁獲量が増加した。2008 年漁期以降、沖底の漁獲量は TAC とほぼ等しくなっていたが、2014、2015 年漁期の漁獲量は TAC を大きく下回った。また 2015、2016 年漁期では武蔵堆および積丹沖の漁獲が非常に少なくなったが、2017 年漁期ではこれら 2 海区での漁獲が 3 割を超えた。ただし、操業の効率化のため各沖底船の根拠地に近い漁場を主な操業海域としている点についてはこれまで同様であるとの情報が寄せられており、操業状況の変化は継続しているものと考えられる。

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いる。なお檜山沿岸の漁獲量は、1990～2010 年漁期は沿岸漁業全体の漁獲量の概ね 5～8 割を占めていたが近年は比率の減少が大きく、2017 年漁期は 1 割を下回った。檜山沿岸 4 地区においては、2017 年漁期は爾志地区のみの操業となり、漁獲量も 0.2 千トンであり 2016 年漁期を下回っている。また 2015 年漁期以降には延縄操業終了後に刺し網による操業が行われているが、2017 年漁期においては漁獲量は延縄の 1 割未満に留まった。この原因としては、魚群の分布水深が例年とは異なり、操業水深と一致しなかったとの情報（北水研聞き取り調査結果）が寄せられている。

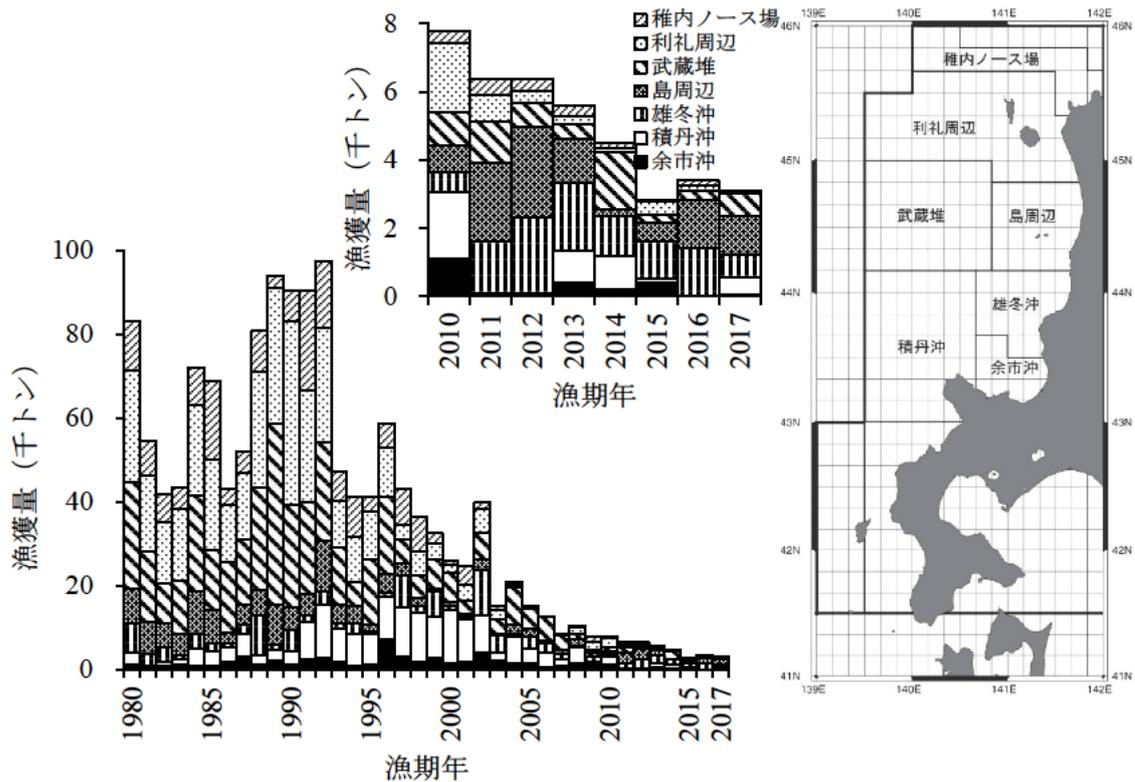
(2) 漁獲量および漁獲努力量

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 年漁期に全ての沖底船の操業許可が試験操業となったが、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。

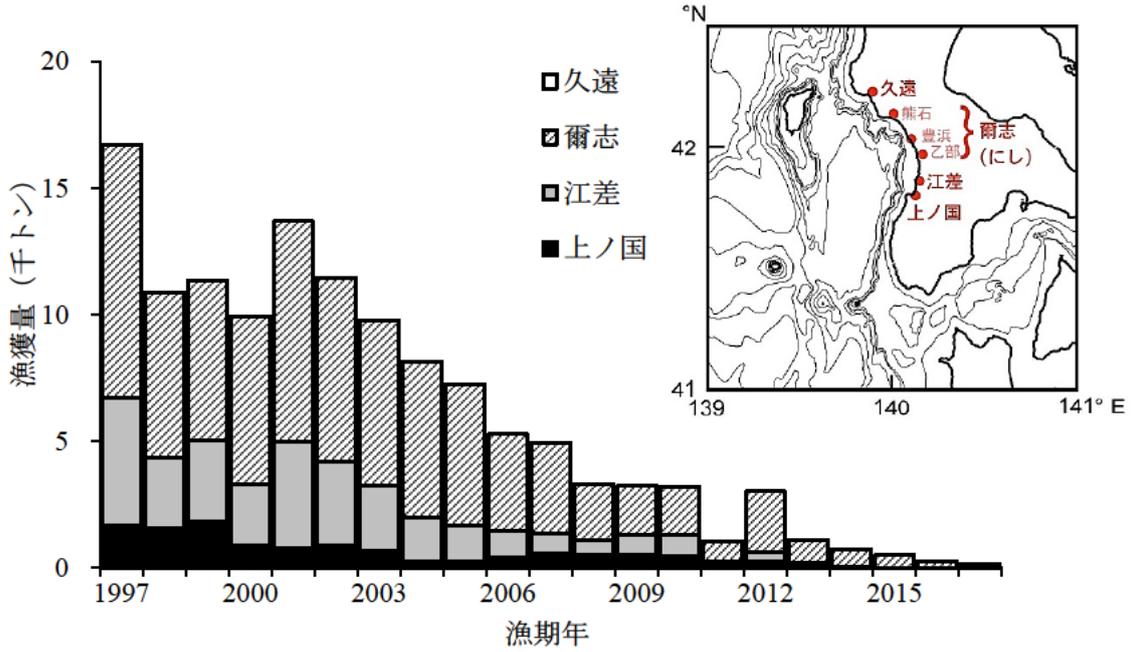
100 トン以上のかけまわし船の日別船別漁区別の操業データからの集計値を補足表 3-2 に示す。スケトウダラが漁獲物の 5 割以上を占める操業をスケトウダラ狙いとする、漁獲量のほぼ 8 割以上が狙い操業により漁獲されている。スケトウダラ狙いの漁獲量は 1996 年漁期以降減少傾向を示し、2012 年漁期以降は 2 千～5 千トンと 1996 年漁期の 1 割未満で推移している。曳網回数も同様に減少傾向を示し、2013 年漁期以降は 0.4 千～0.6 千網と 1996 年漁期の 1 割未満で推移している。また、スケトウダラ狙いの操業をさらに限定し、スケトウダラが漁獲物の 8 割以上を占める操業（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るが、特に漁獲の主体である爾志海区では 2006 年漁期以降大きく減少した。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 2～5 割であった（補足表 3-3）。また隻数も 2016 年漁期以降は 3 隻となっておる。

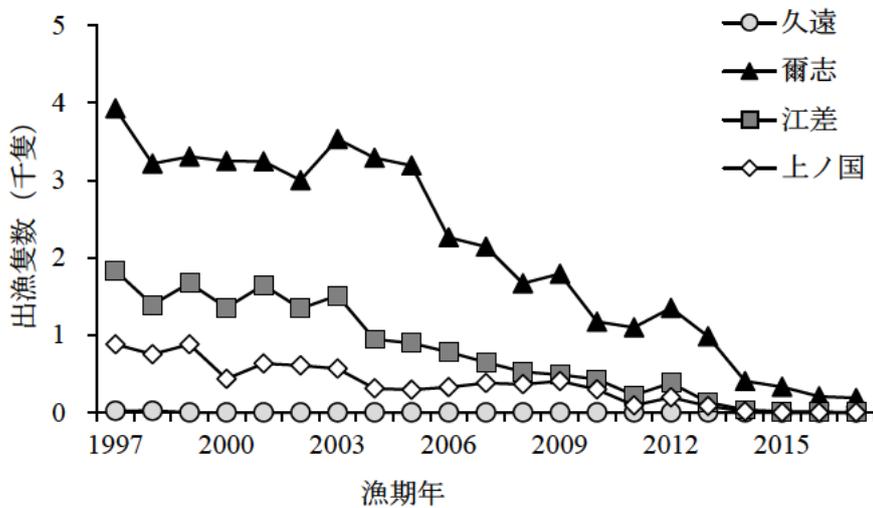
檜山沿岸 4 地区における縄数補正前の出漁隻数に乙部豊浜地区の 1998 年漁期の 1 隻あたり使用縄数を 1 とした場合の使用縄数比（補足表 3-3）を乗じて求めた縄数補正後の出漁隻数を補足表 3-4 に示す。2017 年漁期の出漁隻数は 2016 年漁期をさらに下回る 34 隻であり、1998 年漁期（5,400 隻）の 1% を下回っている。



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 右の地図に各地区の位置を示す。（函館水産試験場未発表資料）



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

2014年漁期までは通常操業のみ。2015、2016年漁期は通常操業とみなした試験操業の値を含む。2016、2017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

2014 年漁期までは通常操業のみ。2015、2016 年漁期は通常操業とみなした試験操業の値を含む。2016、2017 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	一隻あたり 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

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	5,381	5,381
1999	11,334	5,854	5,640
2000	9,922	5,036	4,619
2001	13,686	5,519	5,562
2002	11,451	4,951	4,622
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	172	189	34

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 調査船調査の経過及び結果

(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 7 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。

(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 年以降減少傾向にあったが、2013 年以降は 3 千～5 千トン水準で推移していたが、2017 年は 0.7 千トンに急減した。

(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図 4-3、4-4 と補足表 4-2 および本資料の図 8 に示す。石狩湾以北日本海における仔稚魚現存尾数は 2006、2012、2016 年級群がそれぞれ 389 億、220 億、328 億尾と多く、2010 年級群と 2015 年級群も 100 億尾を超えている。一方、2007～2009 年級群は少なく、特に 2007 年級群は 16 億尾であり 2006 年級群の 5%未満となっている（補足表 4-2）。2017 年級群の現存尾数は 68 億尾であり、2013 年級群とほぼ等しい（補足図 4-3、4-4）。

なお、2005～2007 年には主な産卵場である岩内湾や檜山海域を含むように石狩湾以南についても調査が行われたが、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。

(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 8 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量をみると、良い加入が見られた2006年級の現存尾数は46百万尾と比較的多いが、2015、2016年級群はさらに多く、2006年級群の約3倍となっている。2010、2012年級群の現存尾数も比較的多く、2005年級群前後である。一方、2007～2009、2013年級群の現存尾数は少なく、10百万尾未満となっている。

なお、本調査における現存尾数については推定方法の変更（海域区分の細分化およびこれに伴うトロール操業結果の割り付けの変更）が行われたため、変更前後の数値を補足表4-3に示す。

(5) すけとうだら音響調査：水研セ北水研

2005～2018年の5月に道西日本海北部海域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。2005年の調査では積丹半島以南、渡島半島西岸を含む北海道西岸日本海全域を調査対象とし、定線間隔を20海里とした。2006年以降は、石狩湾以北の道西日本海北部海域のみを対象とし、調査定線間隔を10海里とした。また2006、2007年調査では水深350m以浅の海域を、2008年以降の調査では水深800m以浅の海域を調査した。2009年は天候不良により北緯44度以南の3定線の沖側および石狩湾内の定線の調査は欠測した。2005年と2008年以降は、同一定線上を昼夜それぞれ1回ずつ航走して魚探反応を収録したが、ここでは昼間航走の結果を示す。

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量の多寡の差は他の調査よりも大きい。これについては、成長に伴い0歳魚の分布が局所的になることから、本調査時にはすでに分布の偏りが生じている可能性が挙げられる。また、1、2歳魚ではさらに分布が局所的であること、3歳魚以上では年齢別資源量の推定誤差も大きくなることなどから、1歳魚以上の現存尾数にも誤差が大きいものと考えられる。

0歳時点における現存量をみると、2006、2012、2016年級群の豊度が高い。一方、2007～2009、2011年級群の0歳魚現存尾数は2006年級群の0.2～2%、2010、2013、2014年級群は2006年級群の8～9%に留まっており、直近の2018年級群（暫定値）も2017年級群と同じく2013～2014年級をやや上回る程度である。1歳魚以上については誤差が大きいと考えられるが、2015年級群の3歳時点での現存量（暫定値）は2012年級群を下回っており、2016年級群の2歳時点での現存量（暫定値）も2012、2016年級を下回っている。ただし2016年級群に関しては調査範囲とできなかった雄冬沖のごく沿岸域に多く分布しているとの情報（北水研聞き取り調査結果）もあり、この調査結果はやや過小評価となっている可能性も高い。

(6) まとめ

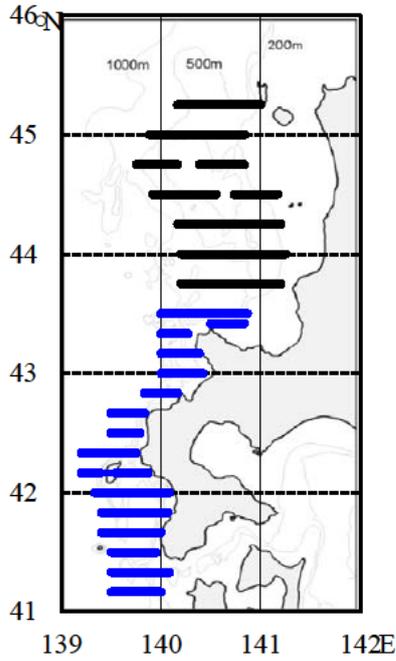
本系群を対象とした調査船調査としては、親魚を対象とした調査と加入前の仔稚魚・幼魚を対象とした調査の2種類が行われており、各種調査の結果については漁業とは独立した

情報として年齢別の豊度推定に用いられている（補足資料4-（1）～4-（5））。VPAのチューニングにはこれらの調査のうち、産卵親魚分布調査の親魚現存量推定値、未成魚分布調査の1歳魚の現存量推定値、仔稚魚分布調査の0歳魚の現存量推定値を用いている（補足資料2）。

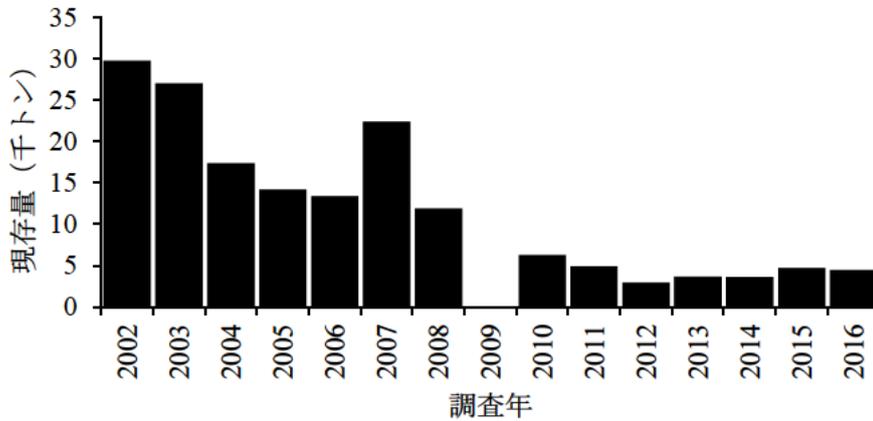
産卵親魚を対象とした調査（補足資料4-（1）、4-（2））から、親魚量は減少傾向にあり、2008年漁期末（2009年漁期初）に最低となったこと、その後、2006年級群の加入によってやや回復したものの2011年漁期後半に再び減少し、以降はほぼ同程度で推移していると考えられる。仔稚魚および若齢魚を対象とした調査（補足資料4-（3）～4-（5））からは、2006年級群、2012年級群および2015、2016年級群の豊度は比較的高いと考えられる。一方、2007～2009年級群および2011年級群の豊度は低く、2017年級群については2010年級群あるいは2013、2014年級群程度の豊度であると見込まれる。

引用文献

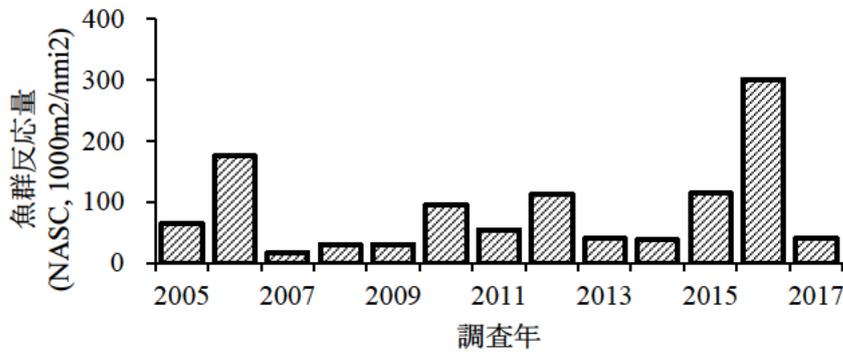
- 板谷和彦・三宅博哉・和田昭彦・宮下和士（2009）北海道日本海・オホーツク海沿岸域におけるスケトウダラ仔稚魚の分布. 水産海洋研究, **73**, 80-89.
- 三宅博哉・板谷和彦・浅見大樹・嶋田宏・渡野邊雅道・武藤卓志・中谷敏邦（2008）卵分布からみた北海道西部日本海におけるスケトウダラ産卵場形成の現状. 水産海洋研究, **72**, 265-272.
- 稚内・中央・函館水産試験場（2018a）スケトウダラ（日本海）. 2017年度水産資源管理会議評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/> (last accessed 13 June 2018).
- 稚内・中央・函館水産試験場（2018b）スケトウダラ（日本海）. 2018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. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/> (last accessed 18 December 2018)



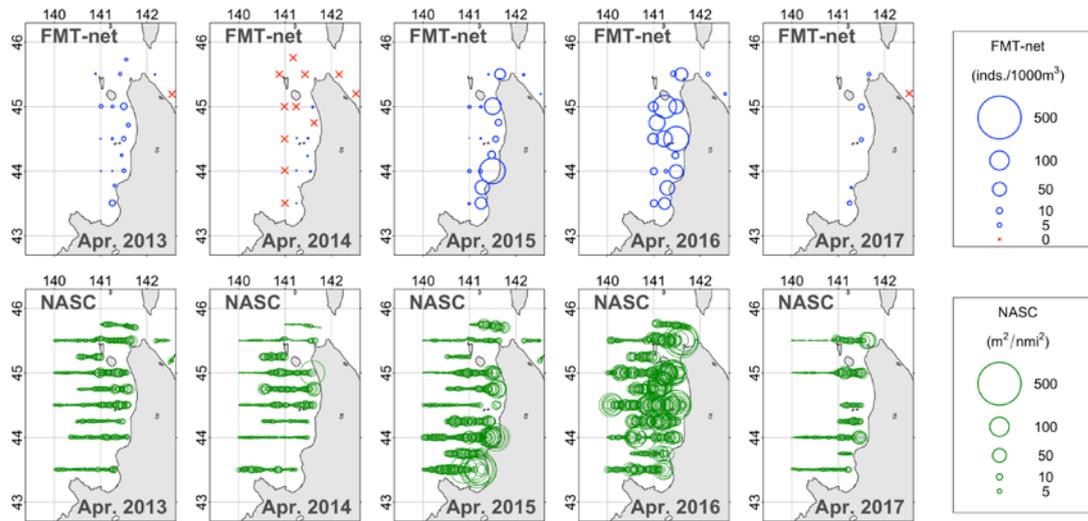
補足図 4-1. 日本海スケトウダラ新規加入量調査（産卵親魚分布調査）における調査定線
北部海域は黒線、南部海域は青線で示す。



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（2018b）の図を改変）



補足図 4-3. 日本海スケトウダラ新規加入量調査（仔稚魚分布調査）における魚群反応量（稚内水産試験場未発表資料）



補足図 4-4. 2013～2017 年の日本海スケトウダラ新規加入量調査（仔稚魚分布調査）におけるフレームトロールによる 0 歳魚の採集密度（上）と魚群反応量（下）（稚内水産試験場未発表資料）

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	2005	131,948	2012	53,971
1999	254,470	2006	85,818	2013	60,748
2000	239,238	2007	76,630	2014	62,091
2001	137,923	2008	47,037	2015	59,183
2002	95,823	2009	67,840	2016	62,566
2003	163,874	2010	88,916	2017	64,975
2004	144,515	2011	77,264		

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	2012	220
2006	389	2013	67
2007	16	2014	71
2008	34	2015	173
2009	42	2016	328
2010	115	2017	68
2011	77		

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・中央・函館水産試験場(2018a)および稚内水産試験場未発表資料)

(変更後)				(変更前)			
年級群	0歳	1歳	2歳	年級群	0歳	1歳	2歳
2005	0.0	20.0	23.6	2005	33.4	15.4	21.6
2006	74.5	45.9	89.0	2006	70.8	41.8	88.6
2007	0.0	1.5	1.2	2007	0.0	1.5	1.2
2008	12.6	8.0	2.6	2008	12.6	8.0	2.6
2009	12.9	4.5	1.8	2009	12.9	4.5	1.8
2010	30.8	18.0	16.5	2010	30.8	18.2	17.1
2011	23.8	11.3	2.3	2011	23.8	11.4	2.3
2012	163.0	27.3	23.2	2012	163.0	27.2	23.3
2013	10.4	5.1	18.7	2013	10.4	5.1	11.7
2014	7.9	10.0	6.6	2014	7.9	9.3	4.6
2015	168.0	137.2	150.1	2015	165.7	80.3	—
2016	169.2	143.1	—	2016	167.0	—	—
2017	31.0	—	—				

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の道西日本海におけるスケトウダラの年齢別現存尾数(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*	—	—	—	—	—	—	—	—
2017	1,008.1	1.8*	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2018	976.3*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

*2018 年調査分の現存量は暫定値。

**2018 年調査の 4 歳の値は 4 歳魚以上の合算値。

2005 年級群以降の現存尾数を示した。2005 年級群の 0 歳の現存尾数は調査ラインの設定が他の年とは異なるため参考値である。

補足資料5 2017、2018年漁期ABCに関する各パラメータの当初算定値および再評価値

	2017年漁期			2018年漁期	
	当初 (2016年評価)	2017年再評価	2018年再評価	当初 (2017年評価)	2018年再評価
年齢別資源尾数(千尾)					
2歳	120,443	257,664	364,550	257,664	315,166
3歳	57,006	55,750	45,077	187,979	269,842
4歳	22,675	27,992	21,715	42,033	34,579
5歳	65,084	56,236	85,431	20,854	15,381
6歳	22,100	22,062	8,778	41,269	59,332
7歳	21,637	22,069	14,740	15,272	6,096
8歳	4,250	6,069	2,661	14,283	10,237
9歳	6,995	5,553	2,744	3,792	1,848
10歳以上	3,347	4,817	12,021	6,594	10,255
資源量(トン)	95,573	113,100	126,322	143,425	167,985
親魚量(トン)	58,162	56,771	58,245	55,164	55,103
RPSave(尾/kg)	1.70	1.68	1.60	1.68	1.60
算入期間	1989~2013	1989~2014	1989~2014	1989~2014	1989~2014
年齢別選択率					
2歳	0.04	0.08	0.18	0.08	0.18
3歳	0.13	0.16	0.36	0.16	0.36
4歳	0.33	0.22	0.60	0.22	0.60
5歳	0.41	0.29	0.81	0.29	0.81
6歳	0.64	0.58	1.15	0.58	1.15
7歳	0.98	0.91	1.24	0.91	1.24
8歳	1.02	1.09	1.31	1.09	1.31
9歳	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10歳以上	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Flimit	0.12	0.12	0.10	0.12	0.10
ABC Limit(トン)	6,316	6,485	5,722	7,748	8,378
ABC Target(トン)	5,120	5,259	4,622	6,280	6,768
漁獲物の平均体重(g)					
2歳	120	106	79	106	98
3歳	219	213	193	213	202
4歳	299	293	246	293	287
5歳	364	366	332	366	370
6歳	435	440	388	440	442
7歳	493	490	481	490	489
8歳	565	556	548	556	548
9歳	609	604	621	604	607
10歳以上	732	703	649	703	680

2017年漁期ABCのFlimitはFrec30yr、2018年漁期ABCのFlimitはFcurrent(F2017)。
Ftargetはともに $0.8 \times \text{Flimit}$ 。RPSaveは将来のRPSの仮定値、算入期間は算出に用いた年級群を示す。漁獲物の体重としては、2017年漁期ABCの2018年再評価値には2017年漁期の漁獲物の体重を用い、これ以外については評価年の直近5年分の漁獲物平均体重を用いた。

補足資料6 コホート解析および将来予測結果の詳細

(1) 資源解析結果 (1980~1991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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

年齢別漁獲量(トン)												
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2歳	1,291	2,465	1,987	1,573	206	391	69	368	9,153	1,425	442	599
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
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
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
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
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
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
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
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
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

年齢別漁獲係数												
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
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
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
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
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
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
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
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
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
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
単純平均	0.32	0.43	0.48	0.36	0.44	0.51	0.50	0.57	0.51	0.32	0.48	0.48

年齢別資源尾数(千尾)												
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2歳	684,227	722,105	741,035	621,134	422,469	506,829	1,525,663	1,658,494	1,233,070	813,717	1,858,238	655,269
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
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
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
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
7歳	45,734	55,775	58,086	63,165	64,260	71,847	58,595	48,473	42,822	40,996	44,428	68,745
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
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
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
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	3,008,145	3,659,969	3,066,280

年齢別資源量(トン)												
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
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
3歳	128,617	114,206	118,910	122,825	103,086	71,384	85,427	258,784	280,883	195,786	135,983	314,669
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
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
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
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
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
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
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
計	625,355	593,173	569,662	561,521	526,554	467,476	549,703	722,398	835,018	806,215	867,859	826,580

年齢別親魚量(トン)												
漁期年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4歳	53,660	40,514	36,601	38,149	39,151	29,846	22,014	28,024	76,603	84,268	53,811	43,627
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
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
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
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
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
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
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

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。

(1: 続き) 資源解析結果 (1992~2004 年漁期)

年齢別漁獲尾数(千尾)													
漁期年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2歳	12,996	367	9,582	179	2,640	3,436	14,741	276	20,593	11,887	3,197	5,668	6,205
3歳	90,025	30,345	28,116	41,788	29,808	27,998	15,561	3,132	5,760	46,350	33,982	9,404	22,429
4歳	337,004	54,011	35,616	82,655	98,949	20,910	12,920	23,565	9,688	22,589	65,402	7,048	25,841
5歳	80,962	117,511	45,571	26,127	123,270	48,222	24,210	22,268	9,082	13,970	29,489	14,640	14,369
6歳	46,018	48,203	50,944	20,566	52,540	48,617	39,212	20,374	10,239	7,774	18,308	11,681	11,533
7歳	32,187	34,309	20,058	23,786	13,962	33,191	15,837	16,782	12,130	6,762	11,231	9,329	4,832
8歳	11,320	20,028	9,927	9,556	10,009	15,280	9,506	6,320	11,881	6,200	8,526	8,292	4,044
9歳	2,135	6,535	4,315	6,538	1,049	10,445	4,540	3,226	7,051	6,144	7,056	5,570	3,452
10歳以上	1,822	3,111	3,076	3,365	1,471	3,208	4,903	3,066	5,285	7,425	6,915	6,665	3,695
計	614,470	314,419	207,205	214,560	333,697	211,308	141,429	99,008	91,708	129,099	184,106	78,298	96,400

年齢別漁獲量(トン)													
漁期年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2歳	1,744	49	1,286	24	354	461	1,978	37	2,763	1,595	429	760	832
3歳	20,620	6,951	6,440	9,572	6,828	6,413	3,564	717	1,319	10,617	7,784	2,154	5,137
4歳	109,960	17,623	11,621	26,969	32,286	6,823	4,216	7,689	3,161	7,370	21,340	2,300	8,432
5歳	34,437	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歳	22,324	23,384	24,713	9,977	25,487	23,585	19,022	9,884	4,967	3,771	8,882	5,667	5,595
7歳	17,531	18,687	10,925	12,955	7,604	18,077	8,626	9,140	6,606	3,683	6,117	5,081	2,632
8歳	6,457	11,424	5,662	5,451	5,709	8,716	5,422	3,605	6,777	3,536	4,863	4,730	2,307
9歳	1,234	3,776	2,493	3,777	606	6,035	2,623	1,864	4,074	3,550	4,077	3,219	1,995
10歳以上	1,254	2,142	2,118	2,317	1,013	2,209	3,375	2,111	3,639	5,112	4,760	4,589	2,544
計	215,561	134,017	84,641	82,155	132,320	92,830	59,123	44,518	37,168	45,175	70,794	34,726	35,585

年齢別漁獲係数													
漁期年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2歳	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.07	0.00	0.06	0.06	0.02	0.05	0.09
3歳	0.24	0.08	0.05	0.09	0.12	0.15	0.09	0.02	0.03	0.22	0.26	0.08	0.32
4歳	0.62	0.23	0.13	0.21	0.34	0.12	0.10	0.20	0.09	0.20	0.57	0.08	0.33
5歳	0.49	0.48	0.33	0.14	0.58	0.29	0.21	0.26	0.12	0.20	0.46	0.25	0.25
6歳	0.43	0.66	0.42	0.26	0.47	0.50	0.43	0.29	0.19	0.15	0.45	0.35	0.34
7歳	0.58	0.71	0.68	0.38	0.30	0.68	0.32	0.35	0.30	0.20	0.35	0.47	0.25
8歳	0.54	1.00	0.48	0.92	0.29	0.67	0.44	0.21	0.47	0.26	0.45	0.50	0.40
9歳	0.43	0.77	0.64	0.75	0.24	0.58	0.45	0.27	0.42	0.51	0.57	0.64	0.43
10歳以上	0.43	0.77	0.64	0.75	0.24	0.58	0.45	0.27	0.42	0.51	0.57	0.64	0.43
単純平均	0.42	0.52	0.38	0.39	0.29	0.40	0.29	0.21	0.23	0.26	0.41	0.34	0.31

年齢別資源尾数(千尾)													
漁期年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2歳	648,359	915,504	756,610	408,565	315,097	281,368	239,716	256,769	389,547	241,035	199,595	133,463	85,786
3歳	481,592	469,130	677,906	552,263	302,518	231,157	205,485	164,899	189,982	270,859	168,331	145,112	93,993
4歳	829,352	295,617	338,580	503,142	393,225	209,296	155,317	146,299	125,659	142,875	170,042	101,108	104,715
5歳	237,453	348,495	182,562	232,255	318,905	218,922	144,547	109,559	93,142	89,313	91,337	74,712	72,523
6歳	150,346	113,479	167,705	101,964	157,824	139,578	127,941	91,208	65,674	64,524	57,229	45,109	45,266
7歳	82,611	76,478	45,839	85,651	61,260	76,547	65,799	65,036	53,053	42,111	43,392	28,413	24,822
8歳	30,544	35,933	29,284	17,998	45,714	35,388	30,324	37,268	35,841	30,613	26,829	23,882	13,895
9歳	6,969	13,798	10,310	14,046	5,584	26,769	14,076	15,228	23,447	17,428	18,370	13,370	11,282
10歳以上	5,948	6,568	7,349	7,230	7,831	8,223	15,203	14,469	17,575	21,062	18,002	15,998	12,074
計	2,473,174	2,275,003	2,216,145	1,923,114	1,607,957	1,227,248	998,407	900,735	993,918	919,820	793,126	581,166	464,355

年齢別資源量(トン)													
漁期年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2歳	86,982	122,821	101,505	54,812	42,273	37,748	32,160	34,447	52,260	32,337	26,777	17,905	11,509
3歳	110,310	107,456	155,277	126,498	69,293	52,947	47,067	37,771	43,516	62,041	38,557	33,238	21,529
4歳	270,607	96,456	110,474	164,169	128,304	68,290	50,678	47,735	41,001	46,618	55,482	32,990	34,167
5歳	101,000	148,232	77,653	98,789	135,646	93,118	61,483	46,601	39,618	37,989	38,850	31,778	30,847
6歳	72,934	55,050	81,355	49,463	76,562	67,710	62,065	44,246	31,859	31,301	27,762	21,883	21,959
7歳	44,994	41,654	24,966	46,650	33,365	41,692	35,837	35,422	28,895	22,936	23,633	15,475	13,519
8歳	17,422	20,496	16,703	10,266	26,075	20,185	17,297	21,258	20,443	17,462	15,303	13,622	7,926
9歳	4,027	7,972	5,957	8,116	3,226	15,467	8,133	8,799	13,547	10,070	10,614	7,725	6,518
10歳以上	4,095	4,522	5,060	4,978	5,391	5,661	10,466	9,961	12,100	14,500	12,394	11,014	8,313
計	712,371	604,659	578,949	563,740	520,134	402,819	325,186	286,240	283,240	275,254	249,373	185,631	156,288

年齢別親魚量(トン)													
漁期年	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
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	83,485	29,758	34,082	50,648	39,583	21,068	15,635	14,727	12,649	14,382	17,117	10,178	10,541
5歳	90,155	132,314	69,314	88,181	121,080	83,119	54,881	41,597	35,364	33,910	34,678	28,366	27,535
6歳	72,205	54,499	80,542	48,969	75,796	67,033	61,445	43,803	31,540	30,988	27,484	21,664	21,739
7歳	44,994	41,654	24,966	46,650	33,365	41,692	35,837	35,422	28,895	22,936	23,633	15,475	13,519
8歳	17,422	20,496	16,703	10,266	26,075	20,185	17,297	21,258	20,443	17,462	15,303	13,622	7,926
9歳	4,027	7,972	5,957	8,116	3,226	15,467	8,133	8,799	13,547	10,070	10,614	7,725	6,518
10歳以上	4,095	4,522	5,060	4,978	5,391	5,661	10,466	9,961	12,100	14,500	12,394	11,014	8,313
計	316,383	291,216	236,624	257,807	304,517	254,225	203,694	175,567	154,539	144,248	141,224	108,044	96,092

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。

(1: 続き) 資源解析結果 (2005~2017 年漁期)

漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2歳	3,641	1,254	12,078	35,501	391	240	70	1,761	2,076	5,216	1,350	1,128	259
3歳	10,173	2,215	6,320	10,720	37,725	1,815	956	1,407	5,566	1,543	7,246	1,603	598
4歳	11,231	3,368	4,556	6,174	7,636	23,342	3,099	1,810	1,299	5,118	1,234	7,866	1,735
5歳	15,710	7,563	4,085	3,561	3,486	9,911	15,301	1,251	1,102	1,992	2,225	1,031	8,160
6歳	13,727	8,168	4,915	3,513	2,355	3,477	4,877	13,044	1,676	1,384	462	2,012	838
7歳	7,224	7,012	6,277	2,841	2,224	1,901	1,416	6,117	9,192	1,002	320	148	1,408
8歳	6,583	5,655	4,616	3,247	1,743	1,350	856	1,962	3,090	4,642	292	423	254
9歳	2,625	3,362	2,471	2,150	1,430	862	369	942	719	865	2,437	91	262
10歳以上	4,300	4,990	1,924	1,642	1,126	953	281	994	730	542	962	2,987	1,148
計	75,214	43,587	47,242	69,348	58,116	43,850	27,224	29,287	25,451	22,304	16,528	17,289	14,663

年齢別漁獲量(トン)													
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2歳	488	168	1,620	4,342	35	34	13	216	268	396	108	141	20
3歳	2,330	507	1,448	2,748	6,370	432	220	351	1,245	337	1,238	324	116
4歳	3,665	1,099	1,486	2,460	1,896	6,510	917	499	410	1,459	397	2,093	427
5歳	6,682	3,217	1,737	1,581	1,271	3,669	5,488	390	396	686	987	383	2,705
6歳	6,659	3,962	2,384	1,662	1,053	1,556	2,274	4,896	679	580	236	979	325
7歳	3,935	3,819	3,419	1,493	1,189	1,008	780	2,985	4,164	458	164	79	677
8歳	3,755	3,226	2,633	1,766	997	811	511	1,147	1,706	2,277	176	233	139
9歳	1,516	1,943	1,428	1,295	919	476	227	572	467	519	1,391	54	163
10歳以上	2,960	3,435	1,325	1,168	804	691	206	757	552	373	693	1,752	745
計	31,991	21,376	17,480	18,516	14,533	15,187	10,637	11,813	9,888	7,085	5,389	6,038	5,318

年齢別漁獲係数													
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2歳	0.07	0.02	0.09	0.11	0.02	0.01	0.00	0.02	0.07	0.03	0.04	0.02	0.00
3歳	0.22	0.06	0.13	0.11	0.17	0.11	0.05	0.09	0.11	0.08	0.05	0.06	0.02
4歳	0.27	0.11	0.17	0.19	0.11	0.16	0.30	0.12	0.12	0.14	0.08	0.08	0.09
5歳	0.36	0.32	0.20	0.20	0.16	0.22	0.16	0.20	0.11	0.29	0.09	0.10	0.11
6歳	0.44	0.34	0.37	0.28	0.21	0.26	0.17	0.21	0.47	0.20	0.11	0.11	0.11
7歳	0.40	0.45	0.52	0.40	0.31	0.27	0.17	0.36	0.24	0.61	0.07	0.05	0.11
8歳	0.68	0.67	0.65	0.60	0.50	0.33	0.20	0.39	0.32	0.19	0.38	0.13	0.11
9歳	0.53	1.03	0.76	0.79	0.62	0.53	0.15	0.38	0.25	0.15	0.15	0.20	0.11
10歳以上	0.53	1.03	0.76	0.79	0.62	0.53	0.15	0.38	0.25	0.15	0.15	0.20	0.11
単純平均	0.39	0.45	0.40	0.39	0.30	0.27	0.15	0.24	0.22	0.20	0.12	0.11	0.09

年齢別資源尾数(千尾)													
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2歳	66,131	81,746	171,144	407,610	27,005	32,748	24,457	86,825	34,879	222,723	41,659	62,159	364,550
3歳	58,211	45,857	59,479	116,390	271,409	19,670	24,054	18,059	62,806	24,053	160,508	29,700	45,077
4歳	53,409	36,357	33,759	40,745	81,185	178,081	13,717	17,890	12,822	44,001	17,370	118,609	21,715
5歳	58,747	31,683	25,343	22,271	26,284	56,487	118,091	7,948	12,335	8,839	29,751	12,439	85,431
6歳	43,800	31,888	18,000	16,133	14,202	17,393	35,246	78,466	5,085	8,634	5,126	21,207	8,778
7歳	25,075	21,997	17,627	9,681	9,463	8,982	10,478	23,146	49,598	2,481	5,503	3,585	14,740
8歳	15,067	13,153	10,943	8,188	5,033	5,407	5,318	6,911	12,628	30,515	1,048	4,003	2,661
9歳	7,253	5,924	5,253	4,449	3,512	2,381	3,020	3,386	3,651	7,108	19,668	558	2,744
10歳以上	11,882	8,792	4,091	3,399	2,766	2,634	2,304	3,572	3,711	4,455	7,764	18,365	12,021
計	339,575	277,398	345,639	628,866	440,858	323,785	236,685	246,202	197,516	352,809	288,398	270,624	557,718

年齢別資源量(トン)													
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2歳	8,872	10,967	22,960	54,684	3,623	4,393	3,281	11,648	4,679	29,880	5,589	8,339	48,907
3歳	13,333	10,504	13,624	26,660	62,167	4,505	5,510	4,136	14,386	5,509	36,765	6,803	10,325
4歳	17,427	11,863	11,015	13,295	26,489	58,106	4,476	5,837	4,184	14,357	5,668	38,701	7,085
5歳	24,988	13,476	10,780	9,473	11,180	24,027	50,230	3,380	5,247	3,760	12,655	5,291	36,338
6歳	21,248	15,469	8,732	7,826	6,889	8,438	17,098	38,065	2,467	4,188	2,487	10,288	4,258
7歳	13,657	11,981	9,600	5,273	5,154	4,892	5,707	12,606	27,014	1,352	2,997	1,952	8,028
8歳	8,594	7,503	6,242	4,671	2,871	3,084	3,033	3,942	7,203	17,406	598	2,283	1,518
9歳	4,191	3,423	3,035	2,571	2,029	1,376	1,745	1,957	2,110	4,107	11,364	323	1,586
10歳以上	8,181	6,053	2,816	2,340	1,904	1,813	1,586	2,460	2,555	3,067	5,345	12,644	8,276
計	120,490	91,239	88,805	126,791	122,307	110,634	92,665	84,031	69,844	83,626	83,467	86,623	126,322

年齢別親魚量(トン)													
漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
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	5,376	3,660	3,398	4,102	8,172	17,926	1,381	1,801	1,291	4,429	1,749	11,940	2,186
5歳	22,305	12,029	9,622	8,456	9,979	21,447	44,836	3,017	4,683	3,356	11,296	4,723	32,436
6歳	21,035	15,315	8,645	7,748	6,821	8,353	16,927	37,684	2,442	4,147	2,462	10,185	4,216
7歳	13,657	11,981	9,600	5,273	5,154	4,892	5,707	12,606	27,014	1,352	2,997	1,952	8,028
8歳	8,594	7,503	6,242	4,671	2,871	3,084	3,033	3,942	7,203	17,406	598	2,283	1,518
9歳	4,191	3,423	3,035	2,571	2,029	1,376	1,745	1,957	2,110	4,107	11,364	323	1,586
10歳以上	8,181	6,053	2,816	2,340	1,904	1,813	1,586	2,460	2,555	3,067	5,345	12,644	8,276
計	83,339	59,963	43,359	35,159	36,930	58,892	75,215	63,467	47,298	37,863	35,810	44,049	58,245

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。

(2) 2019年漁期以降にFrec30yrで漁獲を行った場合の将来予測

年齢別漁獲尾数(千尾)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	4,308	1,745	1,651	2,122	3,334	3,876	3,583	3,159	2,973	3,182	3,461	3,569
3歳	7,332	8,515	2,507	2,372	3,049	4,790	5,568	5,147	4,538	4,270	4,572	4,972
4歳	1,550	12,407	10,442	3,075	2,909	3,739	5,875	6,828	6,312	5,565	5,237	5,607
5歳	924	2,079	12,011	10,109	2,977	2,816	3,619	5,687	6,610	6,110	5,387	5,070
6歳	5,012	1,270	2,056	11,879	9,998	2,944	2,785	3,580	5,625	6,538	6,043	5,328
7歳	551	5,078	920	1,490	8,609	7,246	2,134	2,019	2,594	4,076	4,738	4,380
8歳	972	544	3,580	649	1,050	6,069	5,108	1,504	1,423	1,829	2,874	3,340
9歳	136	708	282	1,860	337	546	3,153	2,654	782	739	950	1,493
10歳以上	756	860	1,083	944	1,937	1,572	1,463	3,190	4,038	3,330	2,812	2,600
計	21,541	33,206	34,534	34,500	34,201	33,597	33,287	33,766	34,893	35,640	36,074	36,358

年齢別漁獲量(トン)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	421	170	161	207	326	378	350	308	290	311	338	349
3歳	1,479	1,717	506	478	615	966	1,123	1,038	915	861	922	1,003
4歳	445	3,559	2,995	882	834	1,072	1,685	1,959	1,810	1,596	1,502	1,608
5歳	342	769	4,444	3,740	1,101	1,042	1,339	2,104	2,446	2,261	1,993	1,876
6歳	2,215	561	909	5,250	4,419	1,301	1,231	1,582	2,486	2,889	2,671	2,355
7歳	269	2,481	450	728	4,206	3,540	1,042	986	1,267	1,991	2,315	2,140
8歳	533	298	1,963	356	576	3,328	2,801	825	780	1,003	1,576	1,831
9歳	83	429	171	1,128	204	331	1,913	1,610	474	448	576	906
10歳以上	514	585	737	642	1,318	1,069	995	2,170	2,746	2,265	1,913	1,768
計	6,300	10,570	12,336	13,412	13,599	13,028	12,479	12,582	13,216	13,626	13,806	13,835

年齢別漁獲係数												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
3歳	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
4歳	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
5歳	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
6歳	0.10	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
7歳	0.11	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
8歳	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
9歳	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
10歳以上	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
単純平均	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

年齢別資源尾数(千尾)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	315,166	93,364	88,327	113,516	178,363	207,307	191,631	168,955	159,006	170,230	185,138	190,907
3歳	269,842	229,773	67,664	64,013	82,268	129,264	150,241	138,880	122,446	115,236	123,370	134,174
4歳	34,579	203,683	171,433	50,484	47,760	61,380	96,444	112,094	103,618	91,357	85,977	92,046
5歳	15,381	25,562	147,679	124,297	36,603	34,628	44,503	69,926	81,273	75,128	66,238	62,338
6歳	59,332	11,163	18,073	104,413	87,881	25,879	24,483	31,465	49,440	57,463	53,118	46,832
7歳	6,096	41,785	7,573	12,261	70,834	59,618	17,556	16,609	21,346	33,540	38,982	36,035
8歳	10,237	4,262	28,060	5,086	8,234	47,568	40,036	11,790	11,154	14,335	22,523	26,178
9歳	1,848	7,115	2,839	18,694	3,388	5,485	31,690	26,673	7,855	7,431	9,550	15,005
10歳以上	10,255	8,639	10,886	9,484	19,471	15,795	14,705	32,059	40,583	33,470	28,262	26,128
計	722,736	625,345	542,534	502,247	534,801	586,925	611,290	608,451	596,721	598,189	613,159	629,644

年齢別資源量(トン)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	42,282	12,525	11,850	15,229	23,929	27,812	25,709	22,667	21,332	22,838	24,838	25,612
3歳	61,808	52,630	15,499	14,662	18,844	29,608	34,413	31,811	28,047	26,395	28,258	30,733
4歳	11,283	66,459	55,936	16,472	15,583	20,027	31,468	36,575	33,809	29,809	28,053	30,033
5歳	6,542	10,873	62,815	52,869	15,569	14,729	18,929	29,743	34,570	31,956	28,174	26,515
6歳	28,783	5,415	8,767	50,652	42,632	12,554	11,877	15,264	23,984	27,876	25,768	22,719
7歳	3,320	22,758	4,125	6,678	38,580	32,471	9,562	9,046	11,626	18,267	21,232	19,626
8歳	5,839	2,431	16,006	2,901	4,696	27,133	22,837	6,725	6,362	8,177	12,847	14,932
9歳	1,068	4,111	1,640	10,801	1,958	3,169	18,310	15,411	4,538	4,293	5,518	8,670
10歳以上	7,060	5,947	7,494	6,529	13,405	10,875	10,124	22,071	27,940	23,043	19,458	17,988
計	167,985	183,150	184,132	176,794	175,195	178,379	183,229	189,313	192,208	192,653	194,146	196,829

年齢別親魚量(トン)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4歳	3,481	20,503	17,257	5,082	4,808	6,179	9,708	11,284	10,430	9,196	8,655	9,266
5歳	5,840	9,705	56,070	47,192	13,897	13,147	16,897	26,549	30,857	28,524	25,149	23,668
6歳	28,495	5,361	8,680	50,145	42,206	12,429	11,758	15,111	23,744	27,597	25,510	22,491
7歳	3,320	22,758	4,125	6,678	38,580	32,471	9,562	9,046	11,626	18,267	21,232	19,626
8歳	5,839	2,431	16,006	2,901	4,696	27,133	22,837	6,725	6,362	8,177	12,847	14,932
9歳	1,068	4,111	1,640	10,801	1,958	3,169	18,310	15,411	4,538	4,293	5,518	8,670
10歳以上	7,060	5,947	7,494	6,529	13,405	10,875	10,124	22,071	27,940	23,043	19,458	17,988
計	55,103	70,817	111,272	129,328	119,549	105,403	99,196	106,198	115,498	119,098	118,368	116,642

漁獲量は年齢別漁獲尾数と漁獲物の年齢別体重の2013~2017年漁期の平均値との積である。2018年漁期漁獲量はTAC(6.3千トン)として計算した。

(3) 2019年漁期以降に Fcurrent で漁獲を行った場合の将来予測

年齢別漁獲尾数(千尾)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	4,308	1,829	1,731	2,224	3,480	4,029	3,708	3,256	3,056	3,267	3,546	3,646
3歳	7,332	8,920	2,624	2,482	3,190	4,992	5,780	5,318	4,670	4,384	4,686	5,087
4歳	1,550	12,988	10,909	3,209	3,036	3,902	6,105	7,068	6,504	5,711	5,361	5,731
5歳	924	2,175	12,523	10,518	3,094	2,927	3,762	5,886	6,815	6,271	5,506	5,169
6歳	5,012	1,328	2,139	12,316	10,344	3,043	2,879	3,700	5,789	6,702	6,167	5,415
7歳	551	5,307	955	1,540	8,863	7,444	2,190	2,072	2,663	4,166	4,823	4,438
8歳	972	568	3,714	669	1,077	6,202	5,209	1,532	1,450	1,863	2,915	3,375
9歳	136	740	293	1,916	345	556	3,201	2,688	791	748	961	1,504
10歳以上	756	899	1,126	975	1,986	1,602	1,482	3,217	4,057	3,330	2,802	2,585
計	21,541	34,755	36,014	35,849	35,417	34,697	34,315	34,737	35,794	36,442	36,769	36,951

年齢別漁獲量(トン)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	421	179	169	217	340	393	362	318	298	319	346	356
3歳	1,479	1,799	529	501	643	1,007	1,166	1,073	942	884	945	1,026
4歳	445	3,726	3,129	921	871	1,119	1,751	2,027	1,866	1,638	1,538	1,644
5歳	342	805	4,633	3,891	1,145	1,083	1,392	2,178	2,521	2,320	2,037	1,912
6歳	2,215	587	945	5,443	4,572	1,345	1,272	1,635	2,558	2,962	2,726	2,393
7歳	269	2,593	467	752	4,330	3,637	1,070	1,012	1,301	2,035	2,356	2,168
8歳	533	312	2,036	367	591	3,401	2,856	840	795	1,022	1,598	1,851
9歳	83	449	178	1,162	209	337	1,941	1,631	480	454	583	913
10歳以上	514	611	766	663	1,351	1,089	1,008	2,188	2,759	2,265	1,906	1,758
計	6,300	11,060	12,853	13,917	14,052	13,412	12,819	12,902	13,520	13,899	14,036	14,022

年齢別漁獲係数												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
3歳	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
4歳	0.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
5歳	0.07	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
6歳	0.10	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
7歳	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
8歳	0.11	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
9歳	0.09	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
10歳以上	0.09	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
単純平均	0.07	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

年齢別資源尾数(千尾)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	315,166	93,364	88,327	113,516	177,608	205,639	189,227	166,154	155,982	166,733	180,983	186,083
3歳	269,842	229,773	67,591	63,944	82,180	128,580	148,873	136,991	120,288	112,924	120,707	131,023
4歳	34,579	203,683	171,075	50,324	47,609	61,186	95,733	110,842	101,995	89,559	84,076	89,871
5歳	15,381	25,562	147,166	123,606	36,361	34,399	44,209	69,170	80,086	73,694	64,709	60,747
6歳	59,332	11,163	17,988	103,562	86,982	25,587	24,207	31,110	48,675	56,357	51,859	45,536
7歳	6,096	41,785	7,522	12,121	69,785	58,613	17,242	16,312	20,964	32,800	37,976	34,945
8歳	10,237	4,262	27,859	5,015	8,081	46,527	39,078	11,496	10,875	13,977	21,868	25,319
9歳	1,848	7,115	2,818	18,419	3,316	5,343	30,762	25,837	7,600	7,190	9,241	14,458
10歳以上	10,255	8,639	10,822	9,370	19,091	15,393	14,245	30,919	38,991	32,007	26,928	24,847
計	722,736	625,345	541,168	499,878	531,014	581,268	603,576	598,831	585,457	585,242	598,348	612,831

年齢別資源量(トン)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	42,282	12,525	11,850	15,229	23,827	27,588	25,386	22,291	20,926	22,368	24,280	24,964
3歳	61,808	52,630	15,482	14,647	18,824	29,452	34,100	31,378	27,552	25,866	27,648	30,011
4歳	11,283	66,459	55,820	16,420	15,534	19,964	31,236	36,166	33,280	29,222	27,433	29,324
5歳	6,542	10,873	62,597	52,576	15,466	14,631	18,804	29,421	34,064	31,346	27,524	25,839
6歳	28,783	5,415	8,726	50,239	42,196	12,413	11,743	15,092	23,613	27,339	25,157	22,090
7歳	3,320	22,758	4,097	6,602	38,009	31,924	9,391	8,884	11,418	17,864	20,684	19,033
8歳	5,839	2,431	15,891	2,861	4,610	26,539	22,290	6,557	6,203	7,972	12,474	14,442
9歳	1,068	4,111	1,628	10,642	1,916	3,087	17,774	14,928	4,391	4,155	5,339	8,354
10歳以上	7,060	5,947	7,451	6,451	13,143	10,598	9,807	21,287	26,844	22,036	18,539	17,107
計	167,985	183,150	183,541	175,666	173,525	176,196	180,532	186,005	188,292	188,168	189,078	191,164

年齢別親魚量(トン)												
漁期年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4歳	3,481	20,503	17,221	5,066	4,792	6,159	9,637	11,158	10,267	9,015	8,463	9,047
5歳	5,840	9,705	55,875	46,930	13,805	13,060	16,785	26,262	30,407	27,980	24,568	23,064
6歳	28,495	5,361	8,639	49,736	41,774	12,288	11,625	14,941	23,377	27,066	24,906	21,869
7歳	3,320	22,758	4,097	6,602	38,009	31,924	9,391	8,884	11,418	17,864	20,684	19,033
8歳	5,839	2,431	15,891	2,861	4,610	26,539	22,290	6,557	6,203	7,972	12,474	14,442
9歳	1,068	4,111	1,628	10,642	1,916	3,087	17,774	14,928	4,391	4,155	5,339	8,354
10歳以上	7,060	5,947	7,451	6,451	13,143	10,598	9,807	21,287	26,844	22,036	18,539	17,107
計	55,103	70,817	110,801	128,288	118,049	103,656	97,310	104,017	112,907	116,088	114,973	112,916

漁獲量は年齢別漁獲尾数と漁獲物の年齢別体重の2013~2017年漁期の平均値との積である。2018年漁期漁獲量はTAC(6.3千トン)として計算した。

(4) Fを変化させた場合の漁獲量、親魚量、資源量の将来予測（トン、2017～2027年漁期）

漁獲量		管理基準	F単純平均値	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
F=0			0 00	5,318	6,300	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frec10yr	Target	0 05		5,318	6,300	5,078	6,204	7,058	7,506	7,503	7,375	7,585	8,174	8,701
	Limit	0 06		5,318	6,300	6,312	7,634	8,598	9,046	8,955	8,749	8,957	9,599	10,146
F2017a	Target	0 07		5,318	6,300	7,367	8,832	9,862	10,282	10,095	9,813	10,008	10,672	11,213
	Limit	0 09		5,318	6,300	9,134	10,790	11,873	12,190	11,807	11,383	11,535	12,199	12,686
Frec20yr	Target	0 07		5,318	6,300	7,646	9,146	10,188	10,596	10,381	10,078	10,268	10,935	11,470
	Limit	0 09		5,318	6,300	9,477	11,163	12,248	12,538	12,112	11,658	11,800	12,459	12,930
Frec30yr	Target	0 08		5,318	6,300	8,537	10,135	11,208	11,567	11,255	10,881	11,049	11,719	12,229
	Limit	0 10		5,318	6,300	10,570	12,336	13,412	13,599	13,028	12,479	12,582	13,216	13,626
Fcurrent	Target	0 09		5,318	6,300	8,936	10,573	11,654	11,986	11,626	11,219	11,377	12,044	12,539
	Limit	0 11		5,318	6,300	11,060	12,853	13,917	14,052	13,412	12,819	12,902	13,520	13,899
Fsus	Target	0 10		5,318	6,300	10,455	12,213	13,292	13,491	12,936	12,397	12,504	13,141	13,559
	Limit	0 13		5,318	6,300	12,918	14,775	15,750	15,647	14,727	13,964	13,965	14,502	14,740

親魚量		管理基準	F単純平均値	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
F=0			0 00	58,245	55,103	70,817	121,463	152,974	155,618	150,044	150,077	166,995	189,145	206,654
Frec10yr	Target	0 05		58,245	55,103	70,817	116,561	141,334	137,395	126,876	123,048	134,235	149,133	158,640
	Limit	0 06		58,245	55,103	70,817	115,371	138,584	133,221	121,743	117,237	127,327	140,793	148,756
F2017a	Target	0 07		58,245	55,103	70,817	114,354	136,256	129,728	117,498	112,482	121,711	134,037	140,788
	Limit	0 09		58,245	55,103	70,817	112,653	132,410	124,035	110,683	104,948	112,881	123,463	128,382
Frec20yr	Target	0 07		58,245	55,103	70,817	114,086	135,645	128,816	116,398	111,258	120,271	132,308	138,753
	Limit	0 09		58,245	55,103	70,817	112,323	131,670	122,953	109,402	103,545	111,247	121,512	126,103
Frec30yr	Target	0 08		58,245	55,103	70,817	113,228	133,703	125,938	112,946	107,437	115,789	126,938	132,450
	Limit	0 10		58,245	55,103	70,817	111,272	129,328	119,549	105,403	99,196	106,198	115,498	119,098
Fcurrent	Target	0 09		58,245	55,103	70,817	112,844	132,838	124,664	111,429	105,767	113,837	124,605	129,717
	Limit	0 11		58,245	55,103	70,817	110,801	128,288	118,049	103,656	97,310	104,017	112,907	116,088
Fsus	Target	0 10		58,245	55,103	70,817	111,382	129,574	119,904	105,818	99,645	106,718	116,117	119,817
	Limit	0 13		58,245	55,103	70,817	109,016	124,381	112,483	97,253	90,469	96,154	103,594	105,324

資源量		管理基準	F単純平均値	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
F=0			0 00	126,322	167,985	183,150	196,872	202,309	214,940	232,726	252,975	277,697	300,065	320,230
Frec10yr	Target	0 05		126,322	167,985	183,150	190,761	189,775	194,954	204,826	216,557	230,887	242,209	250,900
	Limit	0 06		126,322	167,985	183,150	189,274	186,806	190,351	198,563	208,557	220,793	229,940	236,450
F2017a	Target	0 07		126,322	167,985	183,150	188,001	184,291	186,490	193,357	201,958	212,519	219,944	224,750
	Limit	0 09		126,322	167,985	183,150	185,868	180,131	180,182	184,945	191,393	199,378	204,180	206,439
Frec20yr	Target	0 07		126,322	167,985	183,150	187,664	183,630	185,482	192,004	200,250	210,387	217,376	221,755
	Limit	0 09		126,322	167,985	183,150	185,453	179,330	178,981	183,356	189,410	196,926	201,256	203,061
Frec30yr	Target	0 08		126,322	167,985	183,150	186,589	181,530	182,293	187,747	194,898	203,724	209,378	212,456
	Limit	0 10		126,322	167,985	183,150	184,132	176,794	175,195	178,379	183,229	189,313	192,208	192,653
Fcurrent	Target	0 09		126,322	167,985	183,150	186,107	180,594	180,880	185,870	192,548	200,809	205,890	208,416
	Limit	0 11		126,322	167,985	183,150	183,541	175,666	173,525	176,196	180,532	186,005	188,292	188,168
Fsus	Target	0 10		126,322	167,985	183,150	184,271	177,060	175,591	178,896	183,870	190,100	193,141	193,724
	Limit	0 13		126,322	167,985	183,150	181,293	171,427	167,310	168,148	170,660	173,973	174,136	172,061

2018年漁期以降の漁獲量は年齢別漁獲尾数と漁獲物の年齢別体重の2013～2017年漁期の平均値との積である。2018年漁期漁獲量はTAC（6.3千トン）として計算した。

(4: 続き) F を変化させた場合の漁獲量、親魚量、資源量の将来予測 (トン、2028~2038年漁期)

漁獲量													
管理基準	F単純平均値	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	
F=0	0 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Frec10yr	Target	0 05	9,142	9,491	9,853	10,302	10,813	11,348	11,876	12,407	12,969	13,569	14,205
	Limit	0 06	10,575	10,892	11,226	11,657	12,155	12,666	13,160	13,649	14,165	14,716	15,298
F2017a	Target	0 07	11,606	11,873	12,161	12,556	13,017	13,483	13,922	14,350	14,801	15,285	15,794
	Limit	0 09	12,977	13,126	13,306	13,607	13,972	14,327	14,639	14,932	15,244	15,585	15,943
Frec20yr	Target	0 07	11,851	12,102	12,375	12,758	13,206	13,657	14,078	14,487	14,918	15,381	15,869
	Limit	0 09	13,197	13,318	13,475	13,754	14,096	14,426	14,710	14,974	15,257	15,567	15,894
Frec30yr	Target	0 08	12,560	12,753	12,973	13,310	13,711	14,107	14,466	14,808	15,170	15,561	15,973
	Limit	0 10	13,806	13,835	13,909	14,115	14,380	14,624	14,815	14,984	15,170	15,383	15,608
Fcurrent	Target	0 09	12,844	13,007	13,202	13,515	13,892	14,261	14,589	14,898	15,227	15,585	15,961
	Limit	0 11	14,036	14,022	14,057	14,228	14,457	14,660	14,809	14,933	15,077	15,245	15,425
Fsus	Target	0 10	13,748	13,787	13,871	14,084	14,358	14,611	14,812	14,991	15,188	15,410	15,646
	Limit	0 13	14,698	14,509	14,393	14,425	14,509	14,555	14,539	14,500	14,483	14,492	14,508

親魚量													
管理基準	F単純平均値	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	
F=0	0 00	220,611	233,556	250,186	270,850	293,537	316,847	340,658	366,174	394,276	425,065	458,295	
Frec10yr	Target	0 05	163,803	167,595	174,114	183,447	193,549	203,032	211,814	220,892	230,945	241,925	253,455
	Limit	0 06	152,316	154,539	159,375	166,841	174,895	182,182	188,656	195,287	202,720	210,887	219,404
F2017a	Target	0 07	143,114	144,160	147,746	153,826	160,365	166,044	170,849	175,732	181,310	187,498	193,911
	Limit	0 09	128,904	128,283	130,121	134,261	138,686	142,147	144,692	147,245	150,376	153,976	157,664
Frec20yr	Target	0 07	140,774	141,532	144,815	150,559	156,731	162,022	166,428	170,897	176,037	181,760	187,682
	Limit	0 09	126,309	125,406	126,949	130,762	134,831	137,922	140,097	142,273	145,010	148,198	151,454
Frec30yr	Target	0 08	133,547	133,450	135,834	140,581	145,666	149,816	153,057	156,322	160,197	164,581	169,092
	Limit	0 10	118,368	116,642	117,335	120,198	123,236	125,264	126,385	127,499	129,137	131,173	133,231
Fcurrent	Target	0 09	130,426	129,975	131,989	136,325	140,963	144,646	147,415	150,196	153,565	157,416	161,366
	Limit	0 11	114,973	112,916	113,268	115,750	118,374	119,980	120,688	121,390	122,604	124,198	125,799
Fsus	Target	0 10	119,181	117,536	118,313	121,269	124,408	126,541	127,764	128,980	130,724	132,870	135,042
	Limit	0 13	102,916	99,791	99,054	100,304	101,593	101,854	101,275	100,718	100,648	100,911	101,148

資源量													
管理基準	F単純平均値	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	
F=0	0 00	343,383	369,634	399,206	430,879	464,211	499,696	537,941	579,535	624,556	672,975	724,986	
Frec10yr	Target	0 05	261,170	273,138	286,677	300,628	314,527	328,723	343,639	359,576	376,419	393,969	412,200
	Limit	0 06	244,349	253,763	264,504	275,436	286,116	296,881	308,139	320,152	332,790	345,847	359,284
F2017a	Target	0 07	230,817	238,280	246,900	255,566	263,852	272,093	280,685	289,865	299,493	309,362	319,427
	Limit	0 09	209,812	214,442	220,013	225,457	230,382	235,127	240,075	245,423	251,023	256,673	262,329
Frec20yr	Target	0 07	227,368	234,349	242,447	250,559	258,263	265,894	273,847	282,350	291,263	300,379	309,653
	Limit	0 09	205,962	210,100	215,145	220,039	224,396	228,556	232,901	237,621	242,567	247,538	252,490
Frec30yr	Target	0 08	216,691	222,221	228,757	235,216	241,193	247,026	253,102	259,629	266,463	273,398	280,391
	Limit	0 10	194,146	196,829	200,329	203,613	206,321	208,799	211,419	214,353	217,450	220,513	223,504
Fcurrent	Target	0 09	212,069	216,992	222,876	228,648	233,913	239,009	244,320	250,046	256,042	262,104	268,187
	Limit	0 11	189,078	191,164	194,033	196,664	198,710	200,517	202,456	204,690	207,066	209,393	211,631
Fsus	Target	0 10	195,358	198,186	201,840	205,283	208,154	210,796	213,585	216,693	219,967	223,215	226,393
	Limit	0 13	171,003	171,095	171,876	172,368	172,270	171,939	171,735	171,789	171,945	172,024	171,996

漁獲量は年齢別漁獲尾数と漁獲物の年齢別体重の2013~2017年漁期の平均値との積である。2018年漁期漁獲量はTAC(6.3千トン)として計算した。

(4: 続き) F を変化させた場合の漁獲量、親魚量、資源量の将来予測 (トン、2039~2049年漁期)

漁獲量													
管理基準	F単純平均値	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	
F=0	0 00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Frec10yr	Target	0 05	14,869	15,557	16,274	17,025	17,814	18,641	19,505	20,408	21,353	22,341	23,376
	Limit	0 06	15,900	16,518	17,156	17,821	18,514	19,237	19,986	20,763	21,570	22,409	23,280
F2017a	Target	0 07	16,316	16,847	17,391	17,955	18,541	19,148	19,773	20,417	21,082	21,768	22,478
	Limit	0 09	16,303	16,662	17,024	17,398	17,784	18,180	18,583	18,994	19,413	19,841	20,281
Frec20yr	Target	0 07	16,367	16,872	17,389	17,924	18,479	19,053	19,644	20,251	20,876	21,522	22,188
	Limit	0 09	16,221	16,545	16,871	17,207	17,554	17,910	18,271	18,638	19,011	19,392	19,783
Frec30yr	Target	0 08	16,391	16,809	17,235	17,674	18,128	18,595	19,074	19,562	20,063	20,577	21,105
	Limit	0 10	15,829	16,043	16,255	16,475	16,701	16,933	17,165	17,399	17,636	17,877	18,122
Fcurrent	Target	0 09	16,340	16,719	17,103	17,498	17,906	18,326	18,754	19,190	19,636	20,093	20,561
	Limit	0 11	15,600	15,765	15,929	16,098	16,274	16,453	16,632	16,811	16,991	17,175	17,361
Fsus	Target	0 10	15,879	16,104	16,328	16,559	16,798	17,042	17,288	17,536	17,786	18,041	18,300
	Limit	0 13	14,515	14,511	14,504	14,501	14,504	14,507	14,508	14,507	14,506	14,505	14,506

親魚量													
管理基準	F単純平均値	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	
F=0	0 00	493,798	531,810	572,757	617,003	664,776	716,235	771,607	831,216	895,437	964,653	1,039,238	
Frec10yr	Target	0 05	265,260	277,404	290,110	303,522	317,645	332,417	347,819	363,896	380,721	398,351	416,814
	Limit	0 06	227,998	236,731	245,804	255,345	265,342	275,723	286,454	297,567	309,116	321,139	333,645
F2017a	Target	0 07	200,286	206,680	213,288	220,221	227,463	234,933	242,596	250,474	258,614	267,043	275,761
	Limit	0 09	161,194	164,629	168,151	171,857	175,719	179,657	183,634	187,668	191,797	196,040	200,389
Frec20yr	Target	0 07	193,541	199,394	205,434	211,772	218,386	225,197	232,169	239,322	246,701	254,332	262,214
	Limit	0 09	154,539	157,515	160,563	163,777	167,129	170,539	173,969	177,437	180,982	184,619	188,342
Frec30yr	Target	0 08	173,476	177,794	182,231	186,890	191,745	196,717	201,766	206,913	212,198	217,641	223,236
	Limit	0 10	135,086	136,806	138,565	140,451	142,430	144,425	146,401	148,376	150,385	152,442	154,539
Fcurrent	Target	0 09	165,169	168,884	172,696	176,704	180,881	185,146	189,461	193,845	198,337	202,956	207,696
	Limit	0 11	127,190	128,438	129,718	131,113	132,589	134,068	135,518	136,957	138,418	139,915	141,440
Fsus	Target	0 10	137,014	138,853	140,733	142,743	144,850	146,976	149,086	151,199	153,348	155,549	157,793
	Limit	0 13	101,166	101,044	100,947	100,946	101,002	101,043	101,042	101,017	101,001	101,004	101,015

資源量													
管理基準	F単純平均値	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	
F=0	0 00	780,925	841,225	906,264	976,365	1,051,867	1,133,168	1,220,740	1,315,092	1,416,753	1,526,278	1,644,265	
Frec10yr	Target	0 05	431,204	451,121	472,024	493,922	516,819	540,747	565,772	591,964	619,382	648,074	678,091
	Limit	0 06	373,177	387,644	402,735	418,438	434,736	451,640	469,191	487,434	506,398	526,104	546,573
F2017a	Target	0 07	329,759	340,461	351,571	363,066	374,920	387,134	399,737	412,758	426,216	440,116	454,465
	Limit	0 09	268,056	273,943	280,016	286,243	292,592	299,057	305,657	312,411	319,325	326,395	333,618
Frec20yr	Target	0 07	319,152	328,980	339,169	349,697	360,534	371,681	383,163	395,008	407,231	419,836	432,827
	Limit	0 09	257,490	262,624	267,915	273,333	278,843	284,440	290,142	295,966	301,918	307,993	314,185
Frec30yr	Target	0 08	287,505	294,836	302,412	310,203	318,178	326,332	334,687	343,265	352,073	361,111	370,376
	Limit	0 10	226,488	229,547	232,700	235,914	239,155	242,418	245,718	249,072	252,482	255,940	259,443
Fcurrent	Target	0 09	274,357	280,704	287,254	293,978	300,842	307,842	314,996	322,325	329,835	337,523	345,387
	Limit	0 11	213,847	216,123	218,474	220,867	223,270	225,676	228,102	230,562	233,058	235,584	238,133
Fsus	Target	0 10	229,569	232,824	236,179	239,600	243,054	246,534	250,057	253,639	257,282	260,980	264,727
	Limit	0 13	171,930	171,899	171,915	171,946	171,959	171,952	171,940	171,936	171,941	171,948	171,950

漁獲量は年齢別漁獲尾数と漁獲物の年齢別体重の2013~2017年漁期の平均値との積である。2018年漁期漁獲量はTAC(6.3千トン)として計算した。

(5) 加入量の不確実性に関するシミュレーションにおいて親魚量が 10、20、30 年後に Blimit へ回復する確率 (%)

管理シナリオ	Target/Limit	10年後 2029年漁期	20年後 2039年漁期	30年後 2049年漁期
親魚量の増大(10年間で Blimitへ回復)(Frec10yr)	Target	53	77	87
	Limit	45	67	80
親魚量の増大(2017年漁期 管理基準による漁獲割合) (F2017a)	Target	38	58	70
	Limit	27	43	52
親魚量の増大(20年間で Blimitへ回復)(Frec20yr)	Target	36	56	67
	Limit	24	40	49
親魚量の増大(30年間で Blimitへ回復)(Frec30yr)	Target	30	48	58
	Limit	18	31	37
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	27	44	55
	Limit	16	27	32
親魚量の維持(Fsus)	Target	19	31	39
	Limit	10	16	17

(6) 加入量の不確実性に関するシミュレーションにおいて親魚量が 10、20、30 年後に 2006 年漁期の親魚量へ回復する確率 (%)

管理シナリオ	Target/Limit	10年後 2029年漁期	20年後 2039年漁期	30年後 2049年漁期
親魚量の増大(10年間で Blimitへ回復)(Frec10yr)	Target	100	100	100
	Limit	100	99	99
親魚量の増大(2017年漁期 管理基準による漁獲割合) (F2017a)	Target	99	96	97
	Limit	97	91	91
親魚量の増大(20年間で Blimitへ回復)(Frec20yr)	Target	99	96	96
	Limit	97	92	91
親魚量の増大(30年間で Blimitへ回復)(Frec30yr)	Target	98	94	94
	Limit	94	88	85
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	98	94	93
	Limit	93	86	81
親魚量の維持(Fsus)	Target	94	89	85
	Limit	85	73	65

(7) 加入量の不確実性に関するシミュレーションにおいて親魚量が10、20、30年間に Bban を回避する確率 (%)

管理シナリオ	Target/Limit	10年後 2029年漁期	20年後 2039年漁期	30年後 2049年漁期
親魚量の増大(10年間で Blimitへ回復)(Frec10yr)	Target	100	100	100
	Limit	100	100	100
親魚量の増大(2017年漁期 管理基準による漁獲割合) (F2017a)	Target	100	100	100
	Limit	100	99	98
親魚量の増大(20年間で Blimitへ回復)(Frec20yr)	Target	100	100	100
	Limit	100	100	98
親魚量の増大(30年間で Blimitへ回復)(Frec30yr)	Target	100	100	99
	Limit	100	99	96
現状の漁獲圧の維持 (Fcurrent)	Target	100	100	99
	Limit	100	98	94
親魚量の維持(Fsus)	Target	100	99	96
	Limit	100	95	86

補足資料 7 VPA 計算方法の検討について

昨年度評価においては、ridgeVPA の推定結果に関し最近年の F 値の年齢間の差が大きいことが指摘された。また後日の検討により、この ridgeVPA で推定される最近年の年齢別 F 値に関しては、推定誤差が大きくなりやすいことが示唆された (Okamura et al. 2018)。なおこの傾向は、資源尾数が少なくなる高齢魚においてより顕著になりやすい。一方、漁獲の実態に関して、沿岸漁業（刺網、はえ縄）の狙いの主体は親魚であり、これらの操業は待ち受け型であることから、大半が成熟する高齢魚では漁獲圧の年齢間の差は小さいと想定されている。ここから、最近年の高齢魚の選択率に仮定を置き年齢間のばらつきを抑えた場合の資源推定精度について比較し、最も妥当と見なせる条件を探索した。

以下の a~c の 3 パターンについて試算を行い結果を比較した。

- a) 昨年度と同じ ridgeVPA
- b) 高齢の選択率を仮定（過去年平均または一定値）
- c) 親魚現存量チューニング

a) 昨年度と同じ ridgeVPA では最近年の年齢別 F 値について、ridge ペナルティを与え、下式を最小化とする値を探索的に推定した。ただし、F の最大値は過去年の最高値をもとに 1.5 に制限した。

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

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（2017 年漁期）の a 歳の F 値である。

b) 高齢の選択率を仮定 では、ridgeVPA と同様に F の推定を行った。ただし、「高齢魚」の選択率について過去年平均値、あるいは「高齢魚」の範囲で一定 (=1) とした。「高齢魚」の範囲については 2 歳以上~9 歳以上とし、選択率の過去年平均値については 2~5 年分とした場合について、それぞれ λ を設定し ridge ペナルティを与えて試算を行った。

c) 親魚現存量チューニング では、産卵親魚分布調査 2016、2017 年の年齢別親魚現存量のうち 5 歳以上の構成比をチューニング指標値に追加し、下式を最小とする年齢別 F 値を探索的に推定した。なお、親魚現存量の重みは残差値をもとに 5 とした。

$$\sum_k \sum_y [W_k \times [\ln(I_{k,y}) - \ln(q_k N_y)]]^2 + \sum_{y=2016}^{2017} \sum_{a=5}^{10+} (SSBIr_{y,a} - SSBoct_{y,a})^2$$

ここで、 $SSBIr_{y,a}$ は産卵親魚分布調査の 5 歳以上の年齢別親魚現存量における y 年 a 歳の構成比の logit 値、 $SSBoct_{y,a}$ は同様の VPA 上における構成比の logit 値である。

ただしこの c) の結果については、親魚現存量との対応が最も良くなるものの、現状では暫定値しか得られていないこと、次年度以降について算出の作業体制が担保できないことなどの状況が道総研から挙げられたことから、本年度評価においては導入を見送ることとした。

a (昨年度と同じ ridgeVPA) および b (高齢の選択率を仮定) について、レトロスペクティブ解析をもとに精度の評価を行った。なお c (親魚現存量チューニング) については、得られている年齢別現存量が 2 年分のみであるため、ここでの検討からは除外した。

親魚量の推定値の変化を補足図 7-1 に示す。ここで、「高齢魚」とする年齢と λ 値は親魚量の ρ をもとに選択した。R0 はフルデータでの値、R1~R4 はそれぞれ 1~4 年分のレトロスペクティブ計算での値である。推定値の変動幅は 9 歳以上を 1 とした場合 (補足図 7-1-i, ridgeVPA) で最も小さく、次いで選択率を一定とした場合 (補足図 7-1-vi) で小さくなった。選択率を過去年平均とする場合 (補足図 7-1-ii~v) では、計算に用いる範囲をいずれの年数としても、特に 2011 年漁期前後の親魚量の推定値に誤差が大きくなった。

産卵親魚分布調査における年齢別親魚現存量との比較は a~c の各計算候補について行った。各試算における 2016・2017 年の年齢組成と産卵親魚分布調査の親魚現存量の年齢組成を補足図 7-2 に示す。ここでは上述の検討をもとに、b (高齢の選択率を仮定) について 5 歳以上の選択率を一定とする場合と、5 歳以上の選択率を過去 5 年平均とする場合を示した。いずれの試算においても、年齢別の親魚量の組成は概ね調査現存量の結果と一致した。ただし、a (昨年度と同じ ridgeVPA) では 2016、2017 両年において 2012 年級が他の試算より少なく、2010、2011 年級が多くなる傾向が示された。b (高齢の選択率を仮定) と c (親魚現存量チューニング) の結果は類似しており、特に選択率を一定とした場合で近い値となった。

親魚現存量の推定精度が高いと判断される 5 歳以上 (道総研, 私信) についての現存量の組成と各結果における親魚量の組成の残差平方和、および各試算における最近年の F 値を補足図 7-3 に示す。残差値はチューニング同様 logit 値から算出した値を示した。

残差は c (親魚現存量チューニング) の場合で最も小さくなった。b (高齢の選択率を仮定) では 2 年平均以外ではほぼ同程度の値であり、このうち 5 歳以上の F 値を一定とした場合で最も小さくなった。a (昨年度と同じ ridgeVPA) は残差が最も大きくなった。

年齢別の F 値では、特に 5 歳以上において各試算での違いが大きくなった。a と c では 5 歳の F が高く 6~7 歳の F が低いという傾向は一致したが、8、9 歳の F については逆の傾向となった。また、b で選択率を過去年平均とした場合では 6~8 歳の間で F が高くなる年齢が出る傾向が示されたが、平均をとる年数によって違いも大きく、これらの試算全体としては計算の仮定によって 5 歳以上の F 値の傾向に大きな差異が生じることが示された。

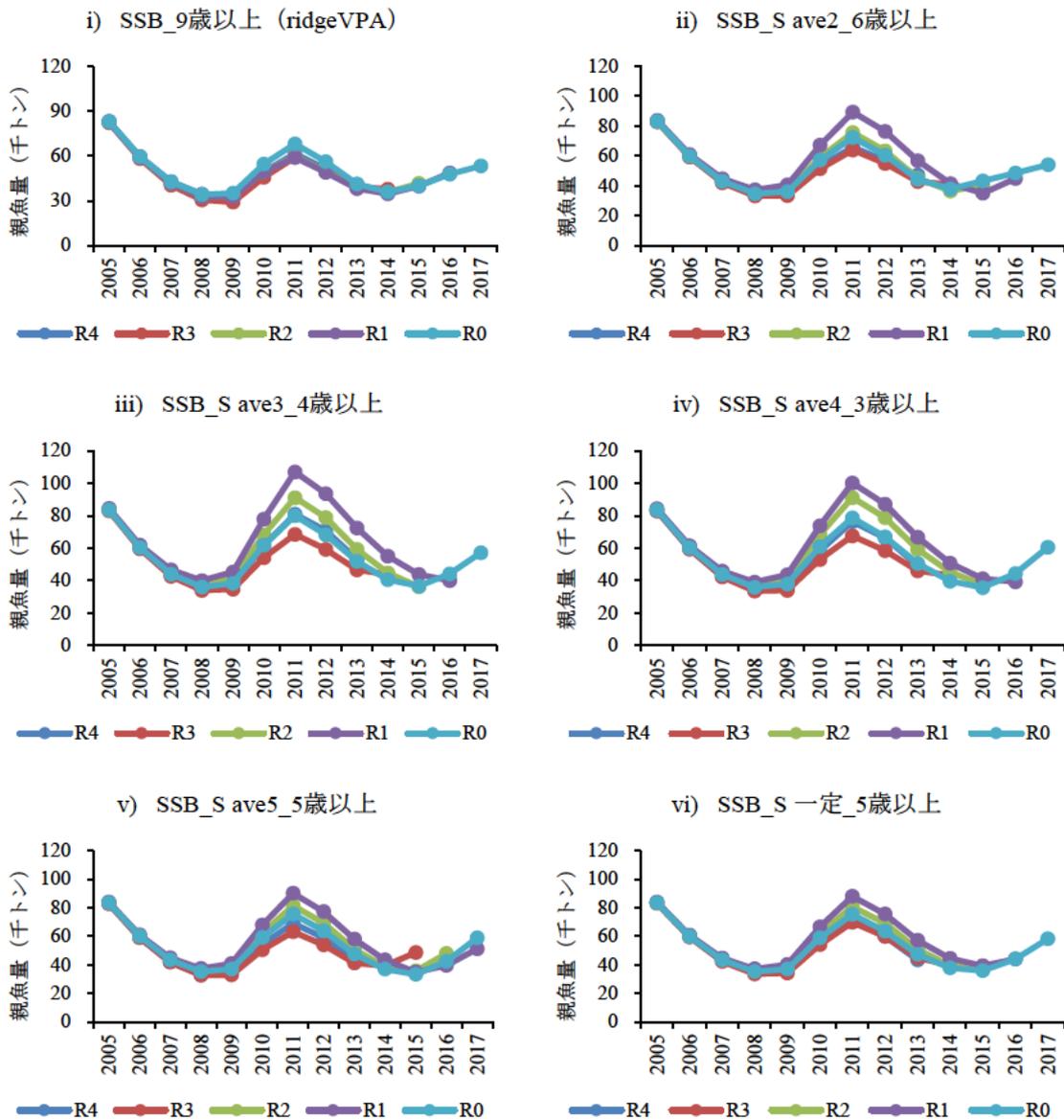
以上の検討結果をもとに、今年度評価において最も妥当性が高い計算方法を検討した。a (昨年度と同じ ridgeVPA) については、総量としての親魚量の推定値などは安定した (補足図 7-1-i) が、資源の年齢組成は調査結果との差がやや大きくなった (補足図 7-2)。b (高齢の選択率を仮定) では全体として c に近い結果が得られたが、ここで選択率を過去年平均とした場合、親魚量推定値 (補足図 7-1-ii~v) の再評価誤差が大きくなったほか、F の当初算定値にも誤差が大きく見られた。また、最近年の 5 歳以上の F 値は仮定の置き方によって傾向に差異が見られた (補足図 7-3)。b のうち選択率を一定とした場合では、親魚量の推

定値が比較的安定する（補足図 7-1-vi）ことに加え、F 値のレトロスペクティブ残差も比較的小さくなり、各指標において比較的妥当な推定となっていることが示唆された。

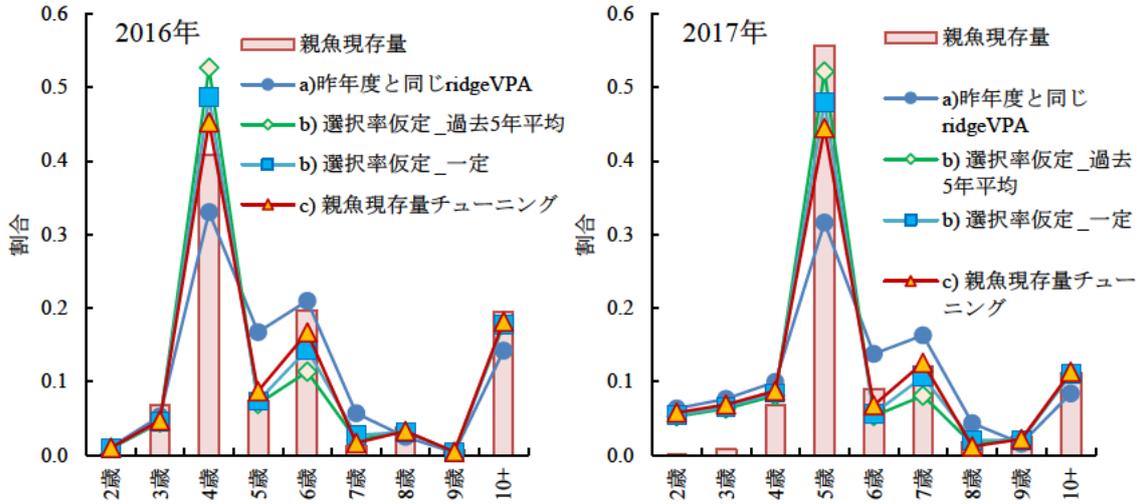
以上の状況から、本年度評価においては最近年 5 歳以上の F 値を一定とする ridgeVPA の妥当性が最も高いと判断し、これを VPA の計算手法として用いることとした。

引用文献

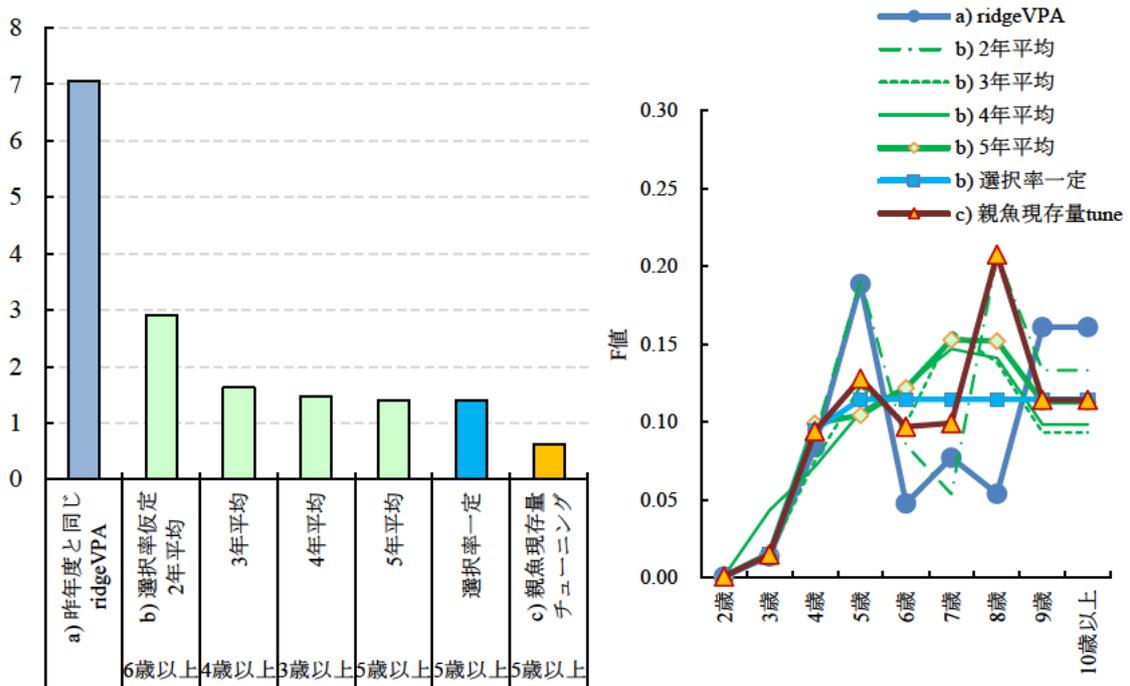
Okamura, H., Y. Yamashita, M. Ichinokawa, and S. Nishijima (2018) Comparison of the performance of age-structured models with few survey indices. ICES J. Mar. Sci., 75: 2016–2024.



補足図 7-1. 各レトロスペクティブ計算における親魚量の推定値の変化



補足図 7-2. 日本海スケトウダラ新規加入量調査 (産卵親魚分布調査) の親魚現存量および VPA における 10 月親魚量の年齢組成比



補足図 7-3. 各試算結果における 5 歳以上の組成の残差平方和 (左) と 2017 年漁期の年齢別 F 値 (右)