

令和 2（2020）年度ホッケ道北系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：北海道立総合研究機構稚内水産試験場、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網走水産試験場

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した。本系群の資源量は 1985～1995 年に 94 千～466 千トンと増加傾向を示したのち、2008 年まで 255 千～451 千トンで推移した。その後は減少傾向が続き、2010 年以降は 130 千トンを下回り、2016 年は 37 千トンに減少したが 2018 年は 79 千トン、2019 年は 107 千トンと増加した。親魚量は 1998～2005 年は 100 千トン前後で推移したが、その後減少して 2016 年の 12 千トンまで減少した。2017 年は 16 千トンと前年を若干上回ったが、2018 年は 11 千トンと過去最低となった。2019 年は 24 千トンに増加した。2010 年に極めて低い再生産成功率による加入量の低下から資源量が減少して以降、親魚量の減少と更なる加入量の低下がもたらされ、資源量の急激な減少に至ったと考えられる。2016 年以降は若干の増加傾向が見られるが、依然として親魚量は低い水準にあり、今後の資源状況には引き続き注意が必要である。2012 年以降では豊度が比較的高かった 2017 年級群に続き 2019 年級群の加入により漁獲量は増加しているが、これらの年級を再生産に寄与させることが資源の回復にとって重要だと考えられる。

平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」では、本系群の再生産関係式にはホッキー・スティック型再生産関係（HS）が適用されている。最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）は、適用した再生産関係に基づき 112 千トンと推定された。この基準に従うと、本系群の 2019 年の親魚量は SBmsy を下回る。また 2019 年の漁獲圧は MSY を実現する水準とほぼ同じとなった。親魚量の動向は近年 5 年間（2015～2019 年）の推移から「横ばい」と判断される。

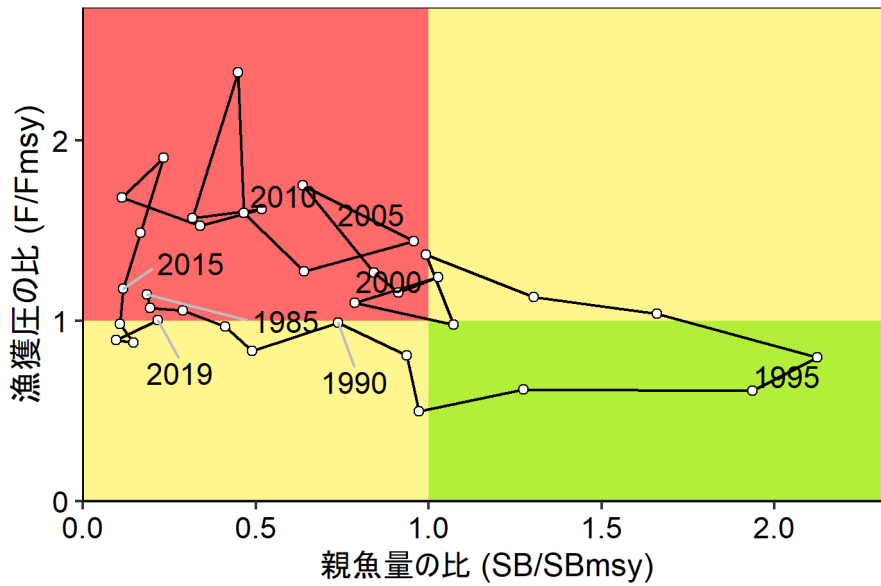
本資料における管理基準値等については、資源管理方針に関する検討会（ステークホルダー一会合）における検討材料として、研究機関会議において暫定的に提案されたものである。これらについては、ステークホルダー一会合を経て最終化される。

項目	値	備考
現在の環境下において MSY を実現する水準		
SBmsy	112 千トン	最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) = (0.11, 0.77, 0.57, 0.92, 0.92)	
%SPR (Fmsy)	13.7%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	120 千トン	最大持続生産量
2019 年の親魚量と漁獲圧		
SB2019	24 千トン	2019 年の親魚量
F2019	2019 年の漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) = (0.16, 0.57, 0.88, 0.95, 0.95)	
%SPR (F2019)	13.9%	2019 年の %SPR
%SPR (F2017-2019)	15.4%	現状 (2017~2019 年) の漁獲圧に対応する %SPR
MSY を実現する水準に対する比率		
SB2019/ SBmsy	0.22	2019 年の親魚量の、最大持続生産量 MSY を実現する親魚量に対する比
F2019/ Fmsy	1.00	2019 年の漁獲圧の、最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧に対する比*

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

再生産関係：ホッカー・スティック型 (自己相関なし)

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準とほぼ同じ
親魚量の動向	横ばい



漁期年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2016	37	12	16		43
2017	61	16	17		27
2018	79	11	27		34
2019	107	24	29		27

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別漁獲尾数	月別体長組成調査（水研、北海道） 年別・年齢別漁獲尾数（北海道）
漁獲量	漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港漁業種類別水揚げ量（北海道） 北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）
資源量指標値	北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）*
自然死亡係数（M）	年あたり0.295を仮定（入江 1983）
漁獲努力量	北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁） 漁業・養殖業生産統計年報（農林水産省） 主要港漁業種類別水揚げ量（北海道）

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

主分布域は、積丹半島付近より北側の北海道日本海側、サハリン南西岸、およびオホーツク海沿岸である（図 2-1、ホッケ研究グループ 1983）。稚魚・幼魚期に、日本海中央水域からサハリン沿岸や、オホーツク海の表層で生活したのち、生後満 1 歳となる秋には底生生活に移る。着底後のホッケの大部分は日本海に移動するが、一部はオホーツク海に残って、さらに 1~2 年間生活する。越冬終了後の魚は、“春ボッケ”として一部の経産卵魚とともに密集して浮上し、活発に索餌する。

(2) 年齢・成長

本系群の 2007 年、2008 年の漁獲物および試験調査船採集物から得られた年齢-体長および体長-体重の関係式を示す（高嶋ほか 2013）。

$$\begin{aligned} \text{雄: } L_t &= 292.2 / \{1 + 1.086 \times \exp(-0.955 \times t)\} \\ W &= 0.469 \times L^{3.612} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{雌: } L_t &= 307.0 / \{1 + 1.191 \times \exp(-0.876 \times t)\} \\ W &= 0.884 \times L^{3.493} \times 10^{-6} \end{aligned}$$

ここで、L:標準体長（mm）、W:体重（g）、t:満年齢である。この式を用いて推定した満年齢における体長と体重を図 2-2 に示す。年齢の起算日については、産卵の翌年の 1 月 1 日を便宜的に誕生日とし、その後毎年 1 月 1 日に加齢した。寿命は 8~9 歳である。成熟までの成長は比較的早い、成熟後（3 歳以降）の成長は頭打ちとなり、年齢による体長の違いを検出することが困難となる。

(3) 成熟・産卵

成熟した魚は、産卵場の近辺を生活の領域とする“根ボッケ”となって、広い範囲の移動・回遊を行わなくなる。1 歳の終わりに一部成熟する個体が出現し、2 歳の終わりではほぼすべての個体が成熟する（高嶋・三橋 2009）。産卵期は 9 月中旬~11 月上旬で緯度が高いほど早く、利尻・礼文島沿岸および武蔵堆の最浅部などで産卵する。産卵回数は 1 産卵期当たり 2~4 回で、1 回に 2,800~4,500 粒を産卵する。

(4) 被捕食関係

仔魚期には主にカイアシ類を、未成魚期にはヨコエビ類を多く捕食する。岩礁周辺に定着するようになると、魚類、魚卵、イカ類、エビ類、ヨコエビ類、オキアミ類などさまざまな種類の動物を食べる（夏目 2003）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群のホッケは、沖合底びき網漁業（以下、沖底）と沿岸漁業（刺網、底建網、定置網など）の双方で漁獲される。各漁業の主漁期、主漁場、および主漁獲対象年齢は漁業種類によって異なり、以下の表のように整理される。現在、沖底による漁獲は、かけまわし船（以下、かけまわし）、オッタートロール船（以下、オッタートロール）によるものである。2014年までは総漁獲量の6割程度を日本海における沖底の漁獲が占めており、日本海における沿岸漁業の漁獲量が1～3割、オホーツク海における沖底の漁獲量が1割程度を占めていた。オホーツク海における沿岸漁業の漁獲量は1割に満たなかった。一方、2015年以降は日本海およびオホーツク海の沿岸漁業の割合が増え、2017年は総漁獲量の7割を占めた。2018年は5割程度となったが、2019年は再び沿岸での漁獲が増加し、総漁獲量の7割程度を占めている。なお、本系群のホッケ資源の回復を目標として、2012年下半年以降、漁獲量または漁獲努力量を2008～2010年を基準年として3割削減することを目標とした自主的な規制が継続して行われている（中央・稚内・網走水産試験場 印刷中）。

漁業種類	海域	漁場	主漁場	主漁期	漁獲対象
沖合底びき網	日本海	石狩湾以北日本海	稚内ノース場、利礼周辺、余市沖、雄武沖	ほぼ周年	0歳以上
	オホーツク海	稚内ノース場、網走湾、北見大和堆周辺	紋別、稚内ノース場		
刺網	日本海	利礼～島牧	利礼周辺、武蔵堆周辺	6～10月	1歳以上
	オホーツク海	雄武～斜里	網走～斜里		
底建網	日本海	利礼～島牧	寿都～島牧	3～5月 10～11月	1歳以上
	オホーツク海	雄武～斜里	紋別～湧別		
さけ定置網	日本海	利礼～島牧	神恵内～島牧	9～11月	0歳以上
	オホーツク海	雄武～斜里	網走～斜里		

(2) 漁獲量の推移

本系群の海域、漁業種別漁獲量の推移を図3-1と表3-1に示す。総漁獲量は、1980年代前半に100千トン前後から30千トン前後に減少したが、その後増加し、1990年代前半には100千トン台まで回復した。その後も増加傾向が続き、1998年に200千トンを超えた。2000～2009年は96千～151千トンで推移したが、2010年以降激減した。2015～2017年は16～17千トンと1985年以降で最も少ない状況であったが、2018年は増加に転じて27千トン、2019年は29千トンとなった。

沖底による漁獲量は、1980年代は17千～56千トンだったが、1990年代に入って増加し、1998年には168千トンとなった（図3-1、表3-1）。2000～2007年は100千トン前後で推移したのち2008年以降減少して2017年は5千トンとなったが、2018年は増加して13千トン、2019年は8千トンとなった。海域別に2018年と2019年を比較すると、日本海の漁獲量は10千トンから7千トン、オホーツク海では2千トンから0.7千トンに減少した。

沿岸漁業による漁獲量は、1985年以降増加し、1990年代から2000年代前半は17千～43千トンで推移した後、2011年に17千トンまで減少した（図3-1、表3-1）。2012年には再び増加して25千トンとなったのちふたたび減少したが、2019年は前年の14千トンから増加して22千トンとなった。海域別に2018年と2019年を比較すると、日本海の漁獲量は11千トンから14千トンへ増加、オホーツク海では4千トンから7千トンへ増加した。

年齢別漁獲尾数を図3-2に示す。道総研により算出されたホッケ道北系群の海域全体の年齢別漁獲尾数は1980年代後半までは殆どが0歳魚と1歳魚で占められていた。1990年代に入って2歳魚が増加した（図3-2、中央・稚内・網走水産試験場 印刷中）。0歳魚は1997～2009年には2億～6億尾が漁獲されていたが、2010年に0.2億尾まで急減した。その後、0歳魚の漁獲尾数は少ない状況が続き、2016年には100万尾と過去最低となった。2017年は0.6億尾に増加したものの、2018年は300万尾を下回った。2019年には2017年を超える0.7億尾に増加した。

(3) 漁獲努力量

本系群に対する沖底の漁獲努力量は長期的に減少傾向にあり、漁獲努力量として、長期的な傾向を示すため、1985年以降のかけまわしおよびオッタートロールによるホッケを対象とした漁獲の有漁曳網回数（以下、有漁網数）の月別集計を用いた（補足表3-3）。沿岸漁業の漁獲努力量として、小定置網については、北海道農林水産統計に記載されている漁労体数を、さけ定置網については北海道農林水産統計の漁労体数（統）およびさけ定置網漁業免許統数を、底建網については、第2種共同漁業権に含まれるかれい・ひらめ・ほっけ底建網の行使者数を、それぞれ用いた（補足表3-4）。

日本海におけるかけまわしの有漁網数は、1980年代後半から1990年代後半まで13千～22千網、2001～2009年は10千網前後、2010年以降は7千網程度で推移し、2015年以降は4～5千網で推移している（補足図3-2、補足表3-3）。オッタートロールの有漁網数は、2008年までおよそ1千網前後で推移していたが、その後は減少し、2019年は0.3千網であった。オホーツク海におけるかけまわしの有漁網数は、日本海と同様1980年代後半と比較して2000年以降は減少し、10千網を下回り、2017年以降は7千網程度で推移している。

定置網の漁労体数は、小定置網では1980年代前半に高く、1980年代後半に減少したが、1990年代以降、振興局別の集計が行われていた2006年までは大きな変化はみられていない（補足表3-4）。さけ定置網では、1980年代前半から1990年代半ばにかけて増加したが、2000年代以降は大きな変化は見られていない（補足表3-4）。底建網の行使者数は、振興局によって差が見られるが、1990年代後半と比較して2000年代は概ね減少していた。

4. 資源の状況

(1) 資源評価の方法

北海道立総合研究機構（以下、道総研）により提供された年齢別漁獲尾数（図 3-2）に基づいて、コホート解析により 1985～2019 年の年齢別資源尾数、資源量、漁獲係数 F を計算した（補足資料 1、2）。コホート解析では、2005～2019 年の 100 トン以上の沖底かけまわし船の標準化 CPUE（補足資料 5）を用い、チューニングを行った。チューニングにおいて、高齢 F の推定が不安定であることが認識されたため、本年度からこの軽減のためにリッジ VPA（Okamura et al. 2017）の手法を導入した（補足資料 2 および補足資料 8）。なお近年、沖底では 0 歳魚を獲り控える等の操業変化が大きい。また、沿岸漁業も含めて自主管理にともなう 0 歳魚の漁獲回避の努力が行われており、チューニングにおけるコホート解析最終年の F 値選択率の仮定や、推定される 0 歳魚資源尾数には引き続き改善が必要な状況である（補足資料 8）。

(2) 資源量指標値の推移

当該海域における沖底の有漁 CPUE（月別集計）を海域、漁法別に見ると、日本海のかげまわしの CPUE は 2008 年に 7.6 トン/網となったが、2011 年に 3.4 トン/網に減少した（補足図 3-3、補足表 3-3）。2015 年以降はさらに減少して 2017 年は 0.7 トン/網まで減少したが、2018 年は 2.1 トン/網と増加し、2019 年は 1.5 トン/網となった。日本海のオッタートロールの CPUE は 2010 年に 5.2 トン/網と高い値を示し、その後減少して 2017 年は 0.8 トン/網、2018 年は 0.9 トン/網となったが、2019 年は 1.6 トン/網と増加した。近年、オホーツク海での CPUE はかけまわしでオッタートロールよりも高い傾向が続いている。オホーツク海のかげまわしの CPUE は、2004 年に 3 トン/網を超えたが、それ以降減少し、2009 年以降は 1 トン/網を下回っている。2015 年には過去最低の 0.02 トン/網となったが、2018 年は 0.3 トン/網と増加し、2019 年は再び減少して 0.09 トン/網となった。一方、オホーツク海のオッタートロールの CPUE は、1998 年以外は 1 トン/網以下で推移しており、2013 年以降は特に低く、ほぼ 0 トン/網であった。

チューニング指数として用いた沖底の面積重み付け標準化 CPUE 指標値（補足図 3-3、補足表 3-3、詳細は補足資料 5）は、2008 年に 2.15 まで増加した後急減し、2017 年には 0.09 となった。2018 年は増加して 0.37 となったが 2019 年は 0.18 と減少した。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

チューニング VPA によって推定した年齢別資源尾数、年齢別資源重量、資源量と親魚量の推移、加入尾数と再生産成功率、漁獲圧および漁獲割合を図 4-1～4-6 と表 4-1 に示す（詳細は補足資料 2 および補足資料 4 参照）。

資源量は、1985 年以降増加して 1995 年に 466 千トンに達した。1996 年以降は増減を伴いながら減少し、2001 年には 308 千トンとなった。2003 年に 382 千トンまで増加したが再び減少し、2004～2008 年は 255 千～290 千トン程度で推移した。2009 年以降は 200 千トンを下回って減少傾向が続き、2016 年には 37 千トンと過去最低になったが、その後増加して 2019 年は 107 千トンとなった（図 4-2、図 4-3）。近年は 0 歳魚で資源尾数、資源重量とも

に低下しているが、2017年級群および2019年級群は2012年以降では比較的多い加入量が推定された（図4-1、図4-2）。

親魚量は、1985年から増加傾向が続き、1995年に239千トンに達した後減少して1998～2005年は100千トン前後で推移した。その後減少し、2009年には36千トンとなった。2010年には58千トンに増加したが、再び減少して2014～2018年は20千トンを下回った。2019年は若干増加して24千トンとなった（図4-3）。

1980年級群以降の各年級群について、加入尾数と、親魚量に対する加入量の比（再生産成功率RPS）の推移を図4-4に示す。加入量は、1985年の5億尾から増加し、1996年まで6億～13億尾で増減しながら推移した。1997年に21億尾と最高値を記録した後は2007年まで7億～19億尾で大きく増減しつつ推移したが、2008年以降急激に減少して2010年には1億尾を下回った。2011年に再び8億尾に増加したが、それ以降は減少傾向が続き、2016年は2千万尾とそれまでで最低となった。2017年および2018年に、それぞれ3.4億尾および1.3億尾と推移した後、2019年は2012年以降で最も多い5.9億尾と推定された。直近5年で見ると、2016年級群が非常に少ない状況となっているが、2017年級群および2019年級群は2012年以降では比較的多い状況である。ただし、資源計算による直近年の0歳魚の推定については不確実性が高く、2019年の加入尾数については今後の漁獲状況により更新される可能性があることに注意が必要である。2010年の親魚量は58千トンであり、2007～2009年の親魚量（36～52千トン）と比較しても少なくはなかったが、2010年の加入量は非常に少なく、その後の更なる資源減少をもたらす一因になったと考えられる。

再生産成功率（RPS、加入尾数/親魚量）は、1986年の29.6尾/kgから1996年の3.7尾/kgまで減少した後、1997～2006年は9.2～20.1尾/kgで増減しながら推移した。2007年に31.6尾/kgに増加したのち、2010年には1.6尾/kgとそれまでの最低値になった。2011～2012年は増加して20尾/kgを超えたが、2013年以降は5.7～10.4尾/kgで推移し、2016年は2010年に次ぐ低さの1.7尾/kgとなった。2017年は少ない親魚量で加入尾数が大きく増加したため、RPSも20.6尾/kgと増加した。2018年は再び減少して11.5尾/kgとなったが、2019年は24.3尾/kgに増加した（図4-4）。

漁獲係数Fと漁獲割合の推移を図4-5、4-6および補足資料4に示す。年齢別の漁獲係数は、漁獲の大半を占める1歳に対するFは増減を繰り返しながら増加し、2000年代に入って高い状態が続いていたが、2012年以降は減少し、2017年は2000年以降で最低となった。0歳に対するFは、2004～2005年に高かったが、その後は0.5を下回る水準で推移した。2014年以降は更に低下して低い値で推移しており、基準年（2008～2010年）と比較すると2019年は半分程度に減少している（図4-5）。各年齢を単純平均した漁獲係数Fは、1985～2015年は0.30～1.62で推移していた（補足資料4）。F値は最も低かった1992年から増加傾向が見られ、2008年に高くなった。その後、2009年に減少したが、2013年にかけて増加した。2012年下半年以降、漁獲量または漁獲努力量を2008～2010年を基準年として3割削減することを目標とした自主的な規制が行われている（中央・稚内・網走水産試験場 印刷中）。各年齢の値を単純平均したFは2013年以降低下し、2014年以降は基準年の平均値（1.16）を下回っている。

漁獲割合は、1987年の37%から1992年には19%まで減少し、1996年までは40%を下回

って推移した(図 4-6)。それ以降は増減しながら増加し、2010年に55%と高い値を示した。その後は減少傾向が見られ、2000年以降35%を上回って推移していたが、2017年に27%に減少した。2018年は再び34%と高くなり、2019年は27%となった。

昨年度の評価では、2018年級群は、昨年度の評価では2000万尾と推定していたが、本年度の評価では1.3億と大きく上方修正された。この上方修正は、昨年度の評価の段階では0歳魚の獲り控えの影響からその資源尾数をうまく推定できなかったこと、また当該年級が2019年に1歳魚として漁獲され始めたことにより、その漁獲情報からより現実を反映した資源尾数推定値に置き換わったことによる。その他の年級については昨年度の推定値から大きな変化はない。2018年の資源量は、昨年度評価の63千トンから79千トンに上方修正されたが、これは2018年級群の資源尾数の上方修正によるところが大きい。この上方修正は0歳魚に限定されるため、2018年の親魚量の推定には影響しない。2018年の親魚量は昨年度とほぼ同じ値の11千トンである。近年の特に0歳魚を対象にした自主管理の取り組みは、漁業情報のみに基づくコホート解析でのチューニング(沖底 CPUE や最終年の選択率の仮定)を難しくしている。年々の操業変化や加入量の多寡の影響に頑健な解析への改善が必要である。

項目	値	備考
SB2019	24 千トン	2019 年の親魚量
F2019	2019 年の漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) = (0.16, 0.57 0.88, 0.95, 0.95)	
U2019	27%	2019 年の漁獲割合

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

選択率の影響を加味して漁獲圧を比較するため、各年の F 値を %SPR (年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合) に換算した値を図 4-7 に示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きい値をとる。1991~1995 年は 15%を上回って推移したが、2004~2014 年まで 10%を下回って推移した。2015 年以降再び増加し、2018 年は 16.0%となったが、2019 年は 13.9%であった。

現状の漁獲圧に対する YPR と %SPR を図 4-8 に示す。このとき F の選択率としては、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F (Fmsy) の推定に用いた値(森田ほか 2019)を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は %SPR に換算すると 13.7%に相当する。現状の漁獲圧 (F2017-2019) は Fmsy を下回り、F0.1、F30%SPR を上回る。

項目	値	備考
%SPR (F2019)	14%	2019年の%SPR
%SPR (F2017-2019)	15%	現状(2017~2019年)の漁獲圧に対応する%SPR

(5) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-9 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」により、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型関係式が適用されている（森田ほか 2019）。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、平成 30（2018）年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には最小絶対値法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産式の各パラメータは下表に示す。

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.
ホッケー・スティック型	最小絶対値法	無	0.022	51,051	0.620

ここで、a は HS の折れ点までの再生産曲線の傾き（千尾/kg）、b は HS の折れ点となる親魚量（トン）である。

(6) 現在の環境下において MSY を実現する水準

現在（1985 年以降）の環境下において最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）、および MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）として、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において示された推定値（森田ほか 2019）を下表に示す。

項目	値	備考
SBmsy	112 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F） （0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上） = (0.11, 0.77, 0.57, 0.92, 0.92)	
%SPR (Fmsy)	13.7%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	120 千トン	最大持続生産量

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量（SBmsy）と漁獲の強さ（Fmsy もしくは Umsy）を基準にした神戸プロット（神戸チャート）を図 4-10 および補足資料 7 に示す。漁獲圧（F）の比（F/Fmsy）は、各年の F の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して求めた値と、各年の F 値との比である。本系群における F は、2000 年以降（2001 年を除く）2015 年まで Fmsy を上回っていた。2016 年以降は Fmsy を下回っており、2018 年の F は、Fmsy の 0.89 倍、2019 年は 1.00 倍となった。また、本系群における親魚量は 2000 年以降（2001 年を除く）SBmsy を下回っており、2019 年の親魚量は SBmsy の 0.22 倍である。親魚量の動向は、近年

5年間（2015～2019年）の推移から横ばいと判断される。

項目	値	備考
SB2019/ SBmsy	0.22	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2019 年の親魚量の比
F2019/ Fmsy	1.00	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧に対する 2019 年の漁獲圧の比*

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

親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準とほぼ同じ
親魚量の動向	横ばい

5. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1985～1995年に94千から466千トンへと増加傾向を示したのち減少し、2016年には37千トンにまで減少した。その後、豊度が比較的高い2017年級群の加入により増加し、2019年は107千トンとなった。親魚量についても1990年代半ばに239千トンに達した後減少し、2015～2018年は11千～16千トンで推移したが、2019年は24千トンに増加した。2016年以降、資源量と親魚量では若干の増加が見られるが、長期的にみると依然として過去最低水準にある。

2019年の親魚量はMSYを実現する水準を下回り、その動向は過去5年間（2015～2019年）の推移から横ばいと判断された。本系群に対する漁獲圧は2000年以降高い状態が続いていた。2016年から2018年まではMSYを実現する水準を下回り、2019年はほぼ同じとなった。

6. その他

資源水準が過去最低水準に落ち込んでいる現状を受けて、2012年下半年期より沿岸漁業と沖合底びき網漁業の漁業者間で資源回復に向けた漁獲量または漁獲努力量の3割減を目標とした自主管理が継続されている（中央・稚内・網走水産試験場 印刷中）。沖底を対象としたアンケート結果（補足資料6）では、2019年級群とみられる漁獲が多いが、2018年級群の漁獲に関する情報は少なく、全体として資源回復には至っていないと考えられる。今後も引き続き管理を継続することが必要である。

また、北海道南部海域における水温上昇が産卵場への来遊盛期の遅れや相対的に水温の低い海域への魚群の偏りをもたらす可能性が指摘されているほか（星野ほか 2009）、加入量は水温によって影響を受ける可能性あるため（森田ほか 2015、森田 2017）、海洋環境についても注意を払う必要がある。本系群の産卵や加入への環境要因の影響などを引き続き検討する必要がある。

7. 引用文献

- ホッケ研究グループ (1983) 北海道周辺海域のホッケの分布, 回遊, 最近のホッケの調査研究. 北海道立中央水産試験場, 余市, 44-59.
- 高嶋孝寛・三橋正基 (2009) 1.1.2 ホッケ 平成 19 年度中央水産試験場事業報告書, 北海道立中央水産試験場, 余市, 21-27.
- 高嶋孝寛・星野 昇・板谷和彦・前田圭司・宮下和士(2013) 耳石断面観察によるホッケ道北系群の年齢査定法と年齢 - サイズ関係. 日水誌, **79** : 383-393.
- 夏目雅史 (2003) ホッケ. 漁業生物図鑑 新北のさかなたち(水島敏博, 鳥澤雅(監修)), 北海道新聞社, 196-201.
- 星野 昇・高嶋孝寛・渡野邊雅道・藤岡 崇 (2009) 北海道南部沿岸域におけるホッケ資源の年齢構造及び漁獲動向. 北水試研報, **76** : 1-11.
- 中央・稚内・網走水産試験場(印刷中) ホッケ(道央日本海～オホーツク海海域). 2020 年度水産資源管理会議評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/> (last accessed
- 森田晶子・黒田 寛・坂口健司・鈴木祐太郎 (2015) 近年のホッケ漁獲動向と海洋環境とのかかわり, 水産海洋, **79** : 333-351
- 森田晶子 (2017) 北海道周辺のホッケの資源の現状. 月刊海洋, **49** : 481-485.
- 森田晶子・山下夕帆・境磨・磯野岳臣・服部薫・市野川桃子 (2019) 平成 31 (2019) 年度ホッケ道北系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_hokke_h.pdf (last accessed 15 October 2019)
- Okamura, H., Yamashita, Y., and Ichinokawa, M. (2017). Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES Journal of Marine Science* **74** (9): 2427–2436.

(執筆者：森田晶子、境 磨、石野光弘、千葉悟、濱津友紀)

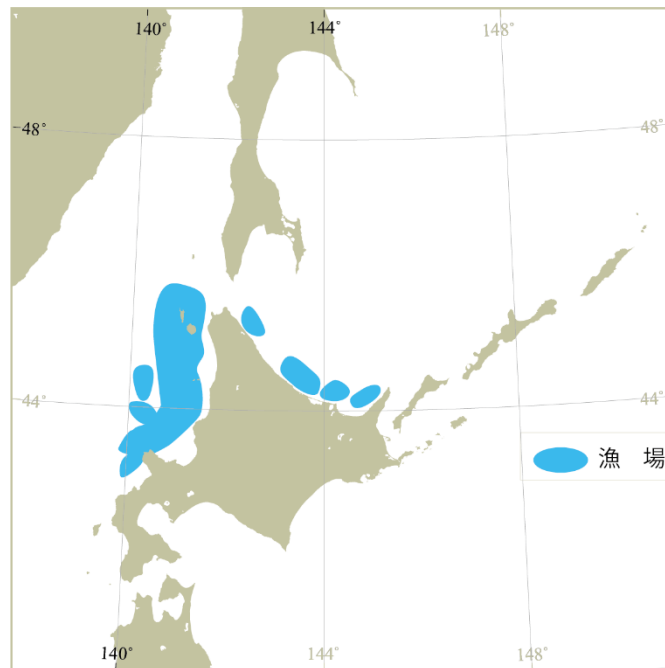


図 2-1. ホッケ道北系群の漁場（ホッケ研究グループ（1983）を改変）

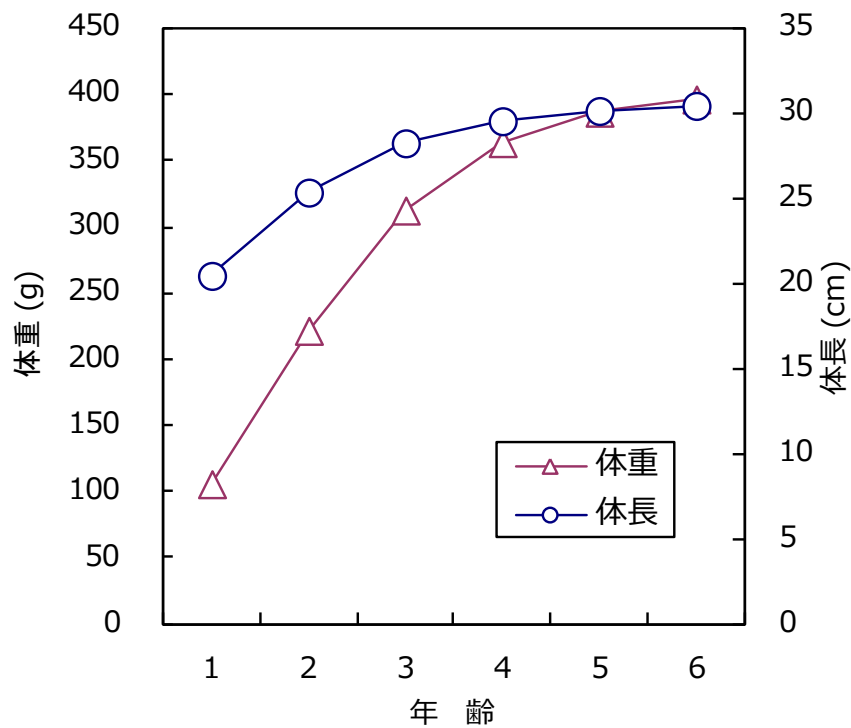


図 2-2. ホッケ道北系群における年齢と平均体長・体重の関係（雌雄の平均値）（高嶋ほか 2013）

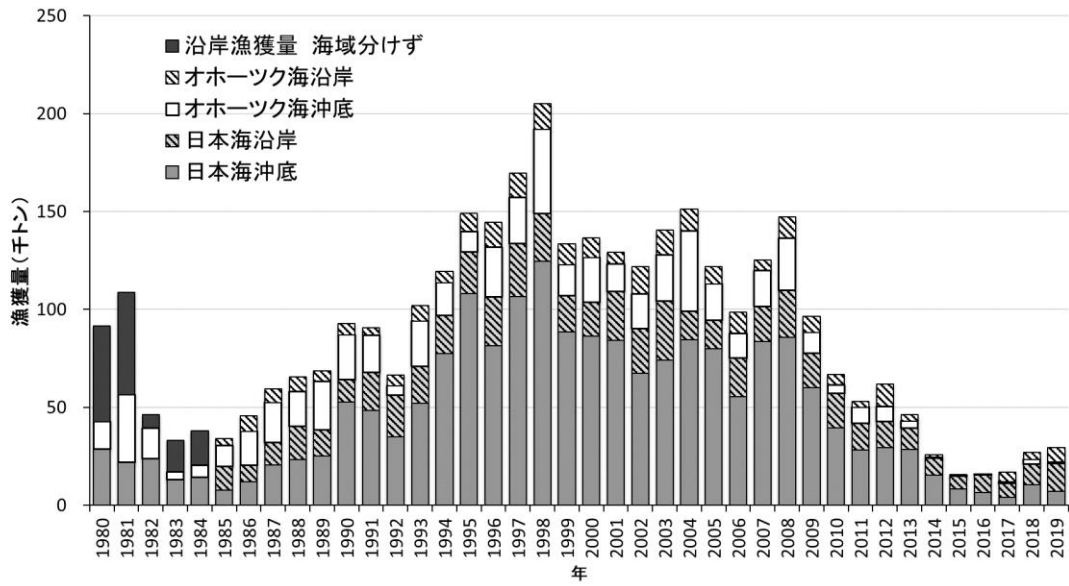


図 3-1. ホッケ道北系群の漁獲量の推移

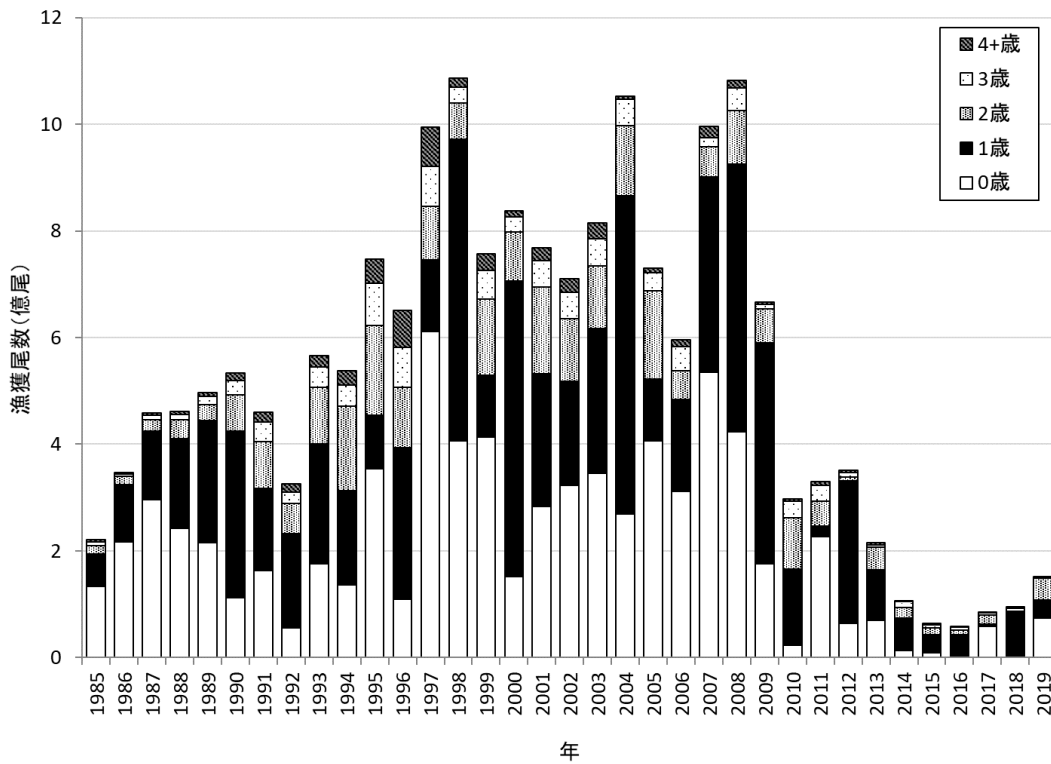


図 3-2. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移 (中央・稚内・網走水産試験場 印刷中)

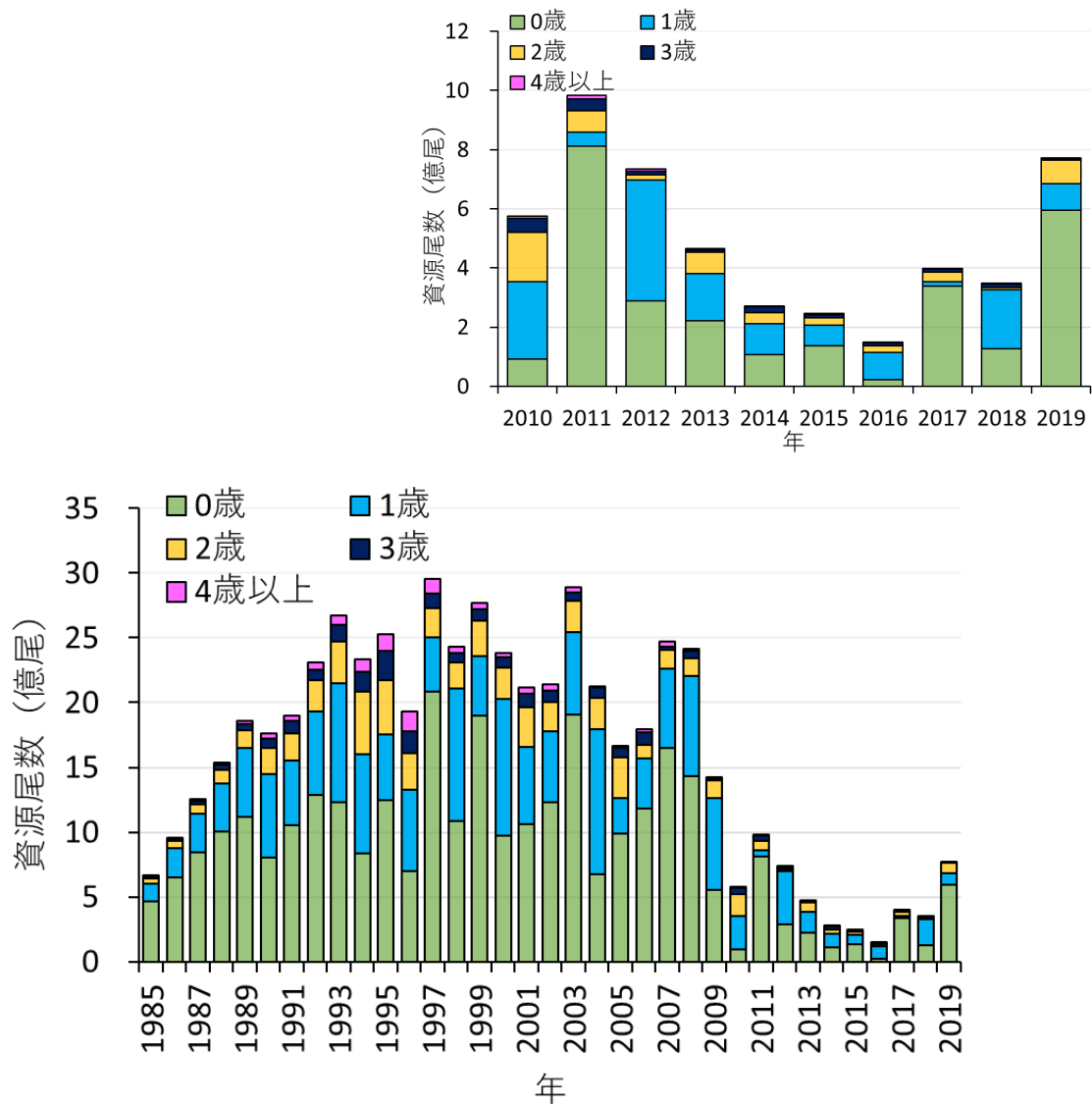


図 4-1. 年齢別資源尾数の推移 右上に 2010 年以降を拡大した図を示す。

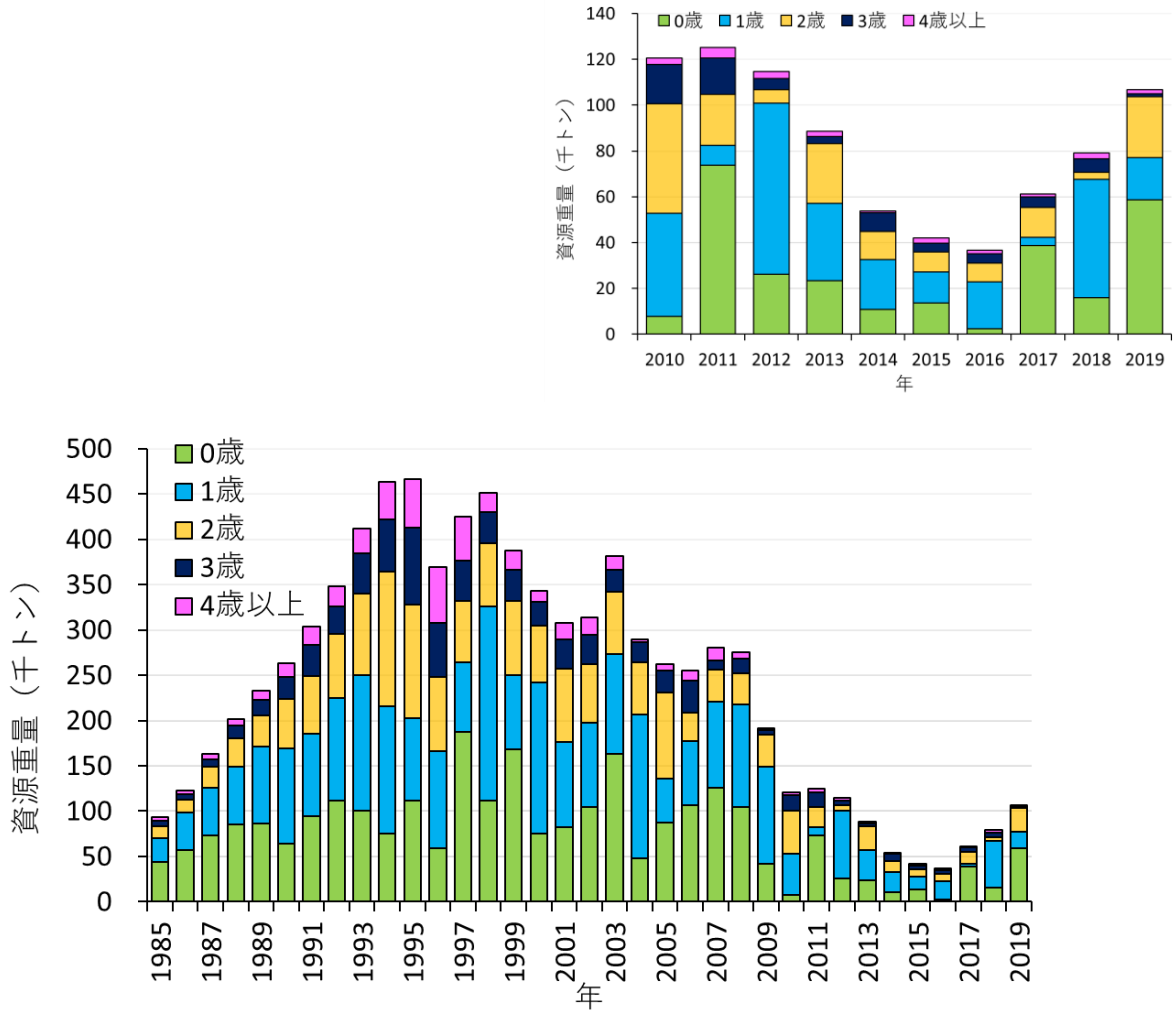


図 4-2. 年齢別資源重量の推移 右上に 2010 年以降を拡大した図を示す。

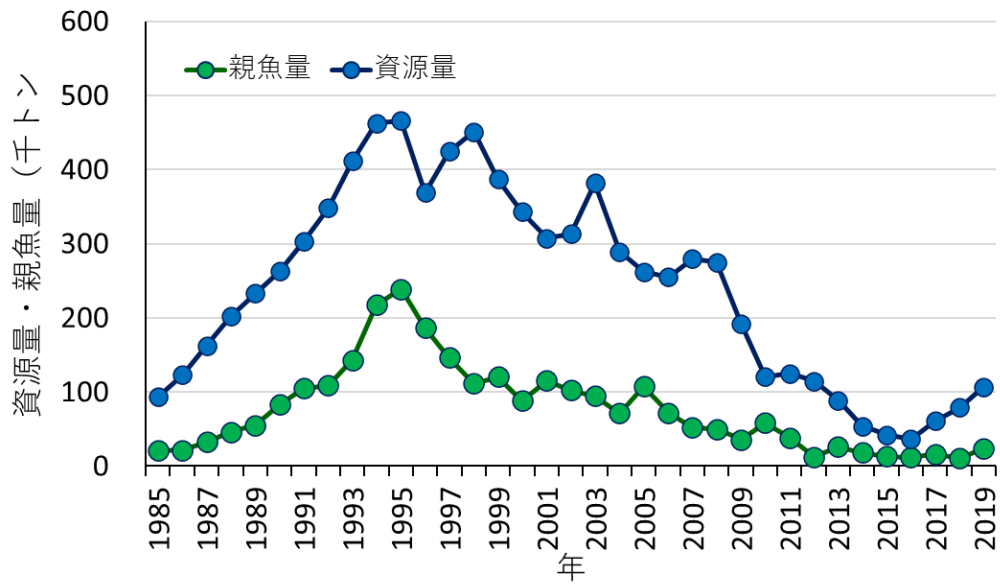


図 4.3. 資源量と親魚量の推移

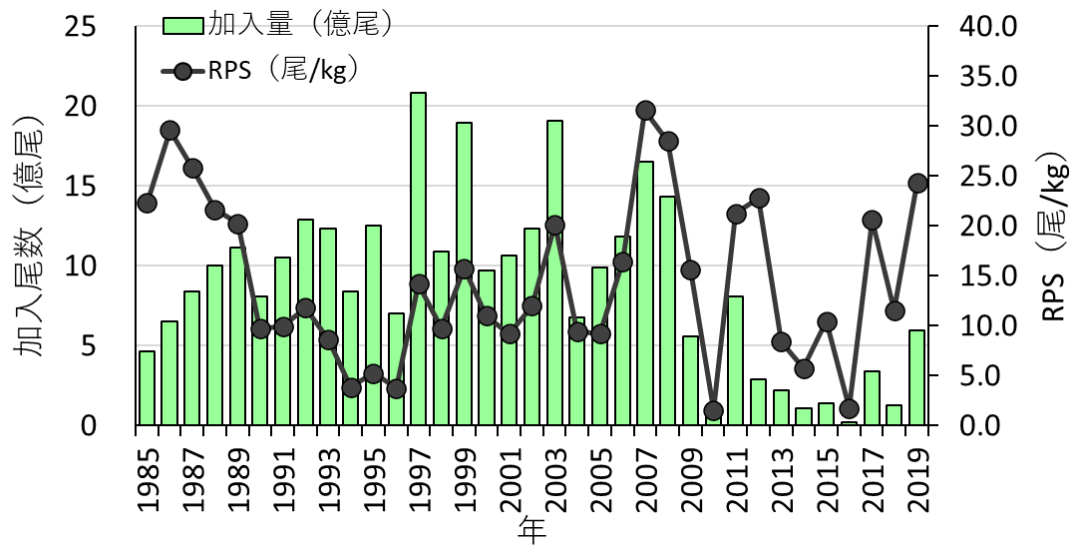


図 4.4. 加入量と再生産成功率 (RPS) の経年推移

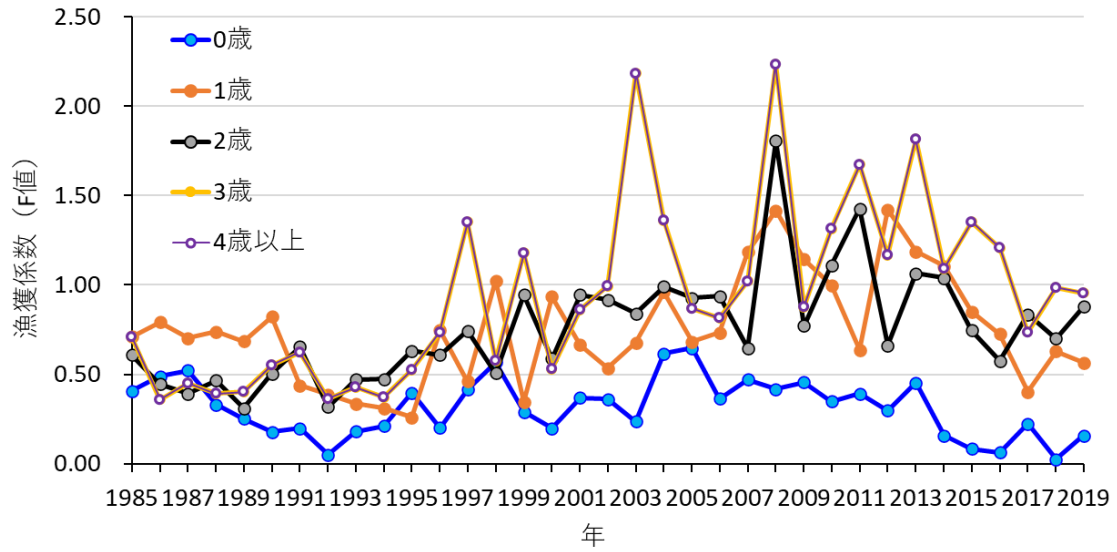


図 4-5. 各年齢の F の経年推移

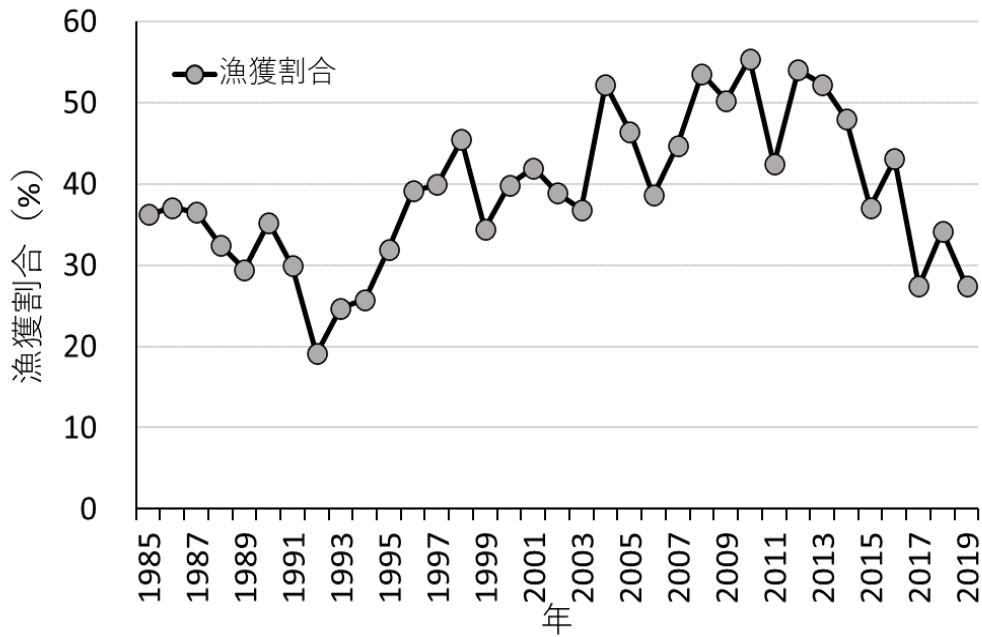


図 4-6. 漁獲割合の推移

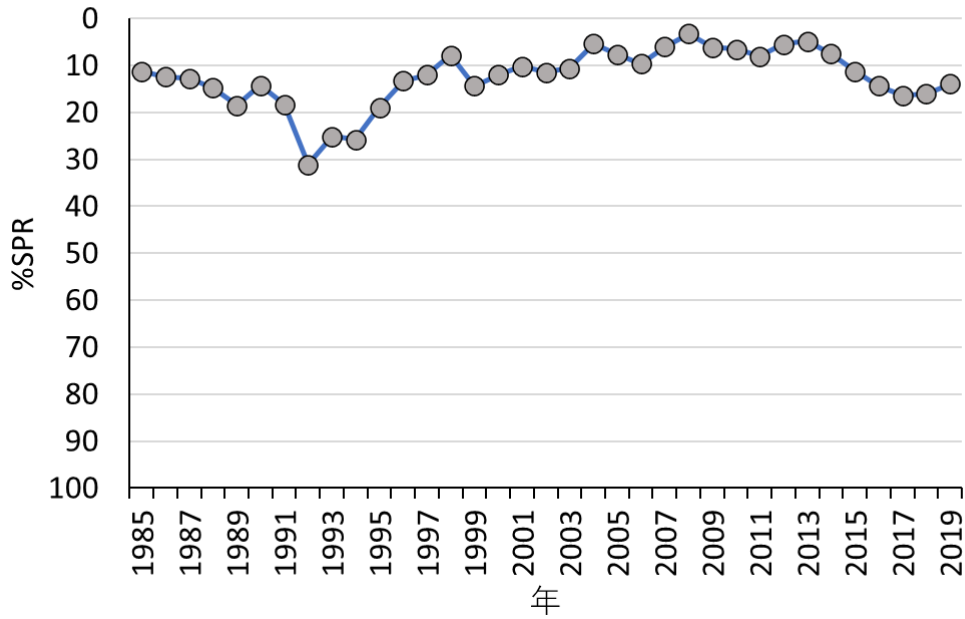


図 4-7. 各年における%SPR 値の経年推移
 %SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる。

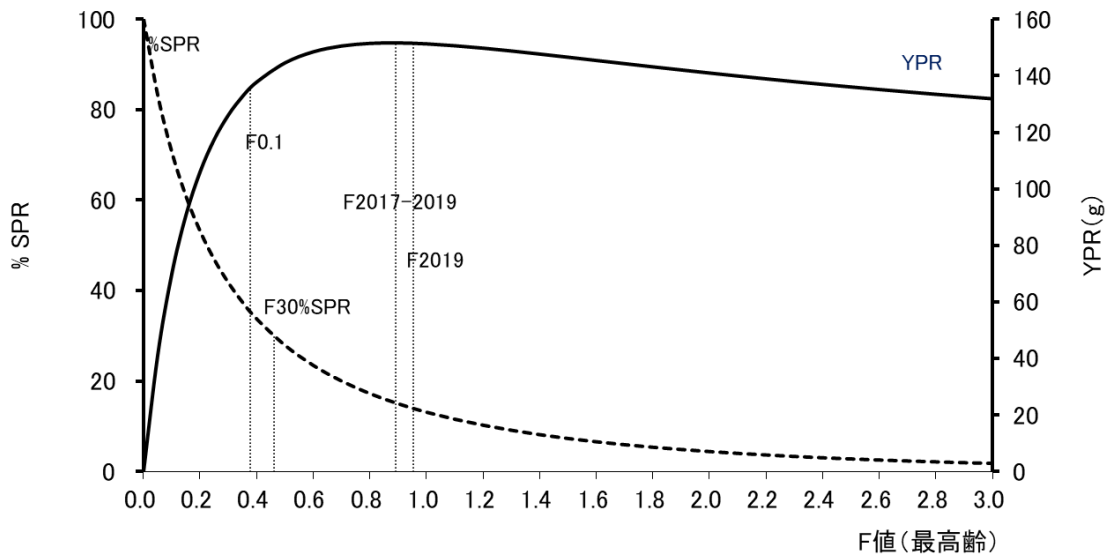


図 4-8. 現状の漁獲圧（F2017-2019）に対する YPR と%SPR の関係

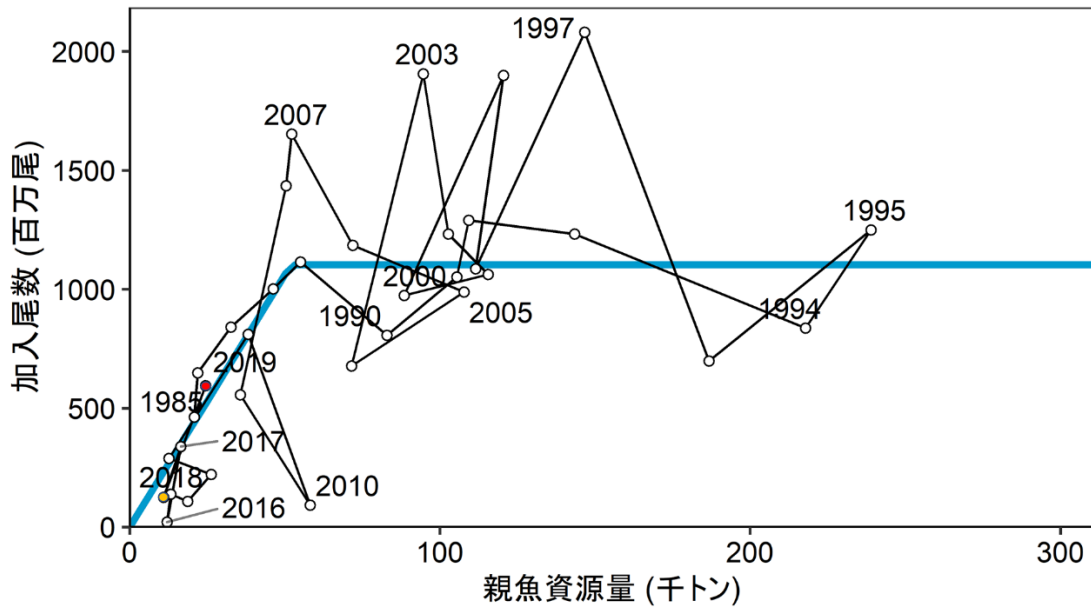


図 4-9. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 青線は平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」で適用された再生産関係式。2018 年の値は●、2019 年の値は●で示す。

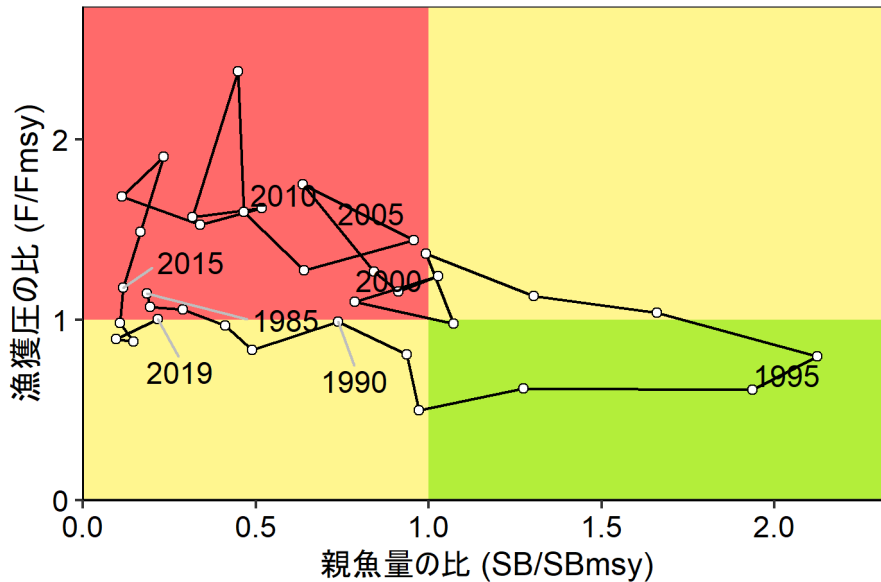


図 4-10. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) および MSY を実現する漁獲圧 (Fmsy) に対する、親魚量および漁獲圧の関係（神戸プロット）

表 3-1. ホッケ道北系群の漁獲量（トン）

年	日本海		オホーツク海		沖底漁獲量(計)	沿岸漁獲量(計)	海域計
	沖底 漁獲量	沿岸 漁獲量	沖底 漁獲量	沿岸 漁獲量			
1980	28,567		14,033		42,600	48,826	91,426
1981	22,043		34,453		56,496	52,271	108,767
1982	23,673		15,703		39,376	6,995	46,371
1983	12,969		4,212		17,181	15,897	33,078
1984	14,166		6,280		20,447	17,471	37,918
1985	7,545	12,322	10,640	3,454	18,185	15,777	33,962
1986	12,054	8,270	17,434	7,813	29,488	16,083	45,571
1987	20,397	11,571	20,457	7,041	40,854	18,612	59,466
1988	23,185	17,031	17,908	7,424	41,092	24,455	65,548
1989	25,105	13,326	24,869	5,344	49,974	18,670	68,644
1990	52,699	11,586	22,734	5,646	75,434	17,232	92,665
1991	48,445	19,523	18,846	3,885	67,290	23,408	90,698
1992	35,041	21,206	4,749	5,476	39,790	26,682	66,472
1993	52,199	18,546	23,389	7,693	75,588	26,239	101,827
1994	77,369	19,439	16,862	5,810	94,232	25,249	119,481
1995	108,187	21,141	10,478	9,176	118,665	30,318	148,983
1996	81,310	25,191	25,391	12,571	106,701	37,763	144,464
1997	106,621	26,984	23,657	12,201	130,277	39,185	169,462
1998	124,626	24,450	42,930	13,079	167,556	37,530	205,086
1999	88,431	18,624	15,788	10,546	104,219	29,170	133,389
2000	86,252	17,251	22,985	10,123	109,237	27,374	136,611
2001	84,316	24,788	14,249	5,704	98,565	30,492	129,057
2002	67,324	22,839	17,771	13,941	85,096	36,780	121,876
2003	73,981	30,401	23,492	12,616	97,473	43,017	140,491
2004	84,405	14,566	41,179	11,049	125,584	25,615	151,199
2005	79,775	14,586	18,688	8,745	98,463	23,331	121,794
2006	55,560	19,744	12,557	10,758	68,117	30,502	98,619
2007	83,530	17,811	18,657	5,252	102,187	23,063	125,250
2008	85,689	23,999	26,803	10,755	112,492	34,754	147,246
2009	60,094	17,607	10,532	8,083	70,626	25,690	96,316
2010	39,439	17,533	4,515	5,311	43,954	22,844	66,798
2011	28,281	13,592	8,171	3,038	36,452	16,630	53,082
2012	29,391	13,266	7,859	11,452	37,250	24,718	61,968
2013	28,413	10,861	3,664	3,357	32,077	14,218	46,295
2014	15,317	8,705	504	1,263	15,821	9,968	25,789
2015	8,252	6,769	160	437	8,411	7,207	15,618
2016	6,364	9,004	149	235	6,513	9,239	15,752
2017	4,047	7,264	760	4,705	4,806	11,969	16,775
2018	10,467	10,596	2,292	3,720	12,758	14,316	27,074
2019	7,043	14,256	661	7,363	7,704	21,619	29,323

漁獲量（単位：トン）については試験操業を含む。

日本海（沖底）：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料（中海区：道西、2004年より北海道日本海）。

日本海（沿岸）：漁業生産高報告（北海道水産林務部）（檜山と渡島を除く日本海）。

オホーツク海（沖底）：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料（中海区：オホーツク、2004年よりオホーツク沿岸（日本海））

オホーツク海（沿岸）：漁業生産高報告（北海道水産林務部）（根室海峡を除くオホーツク海の沖底漁獲量を除いたもの）。

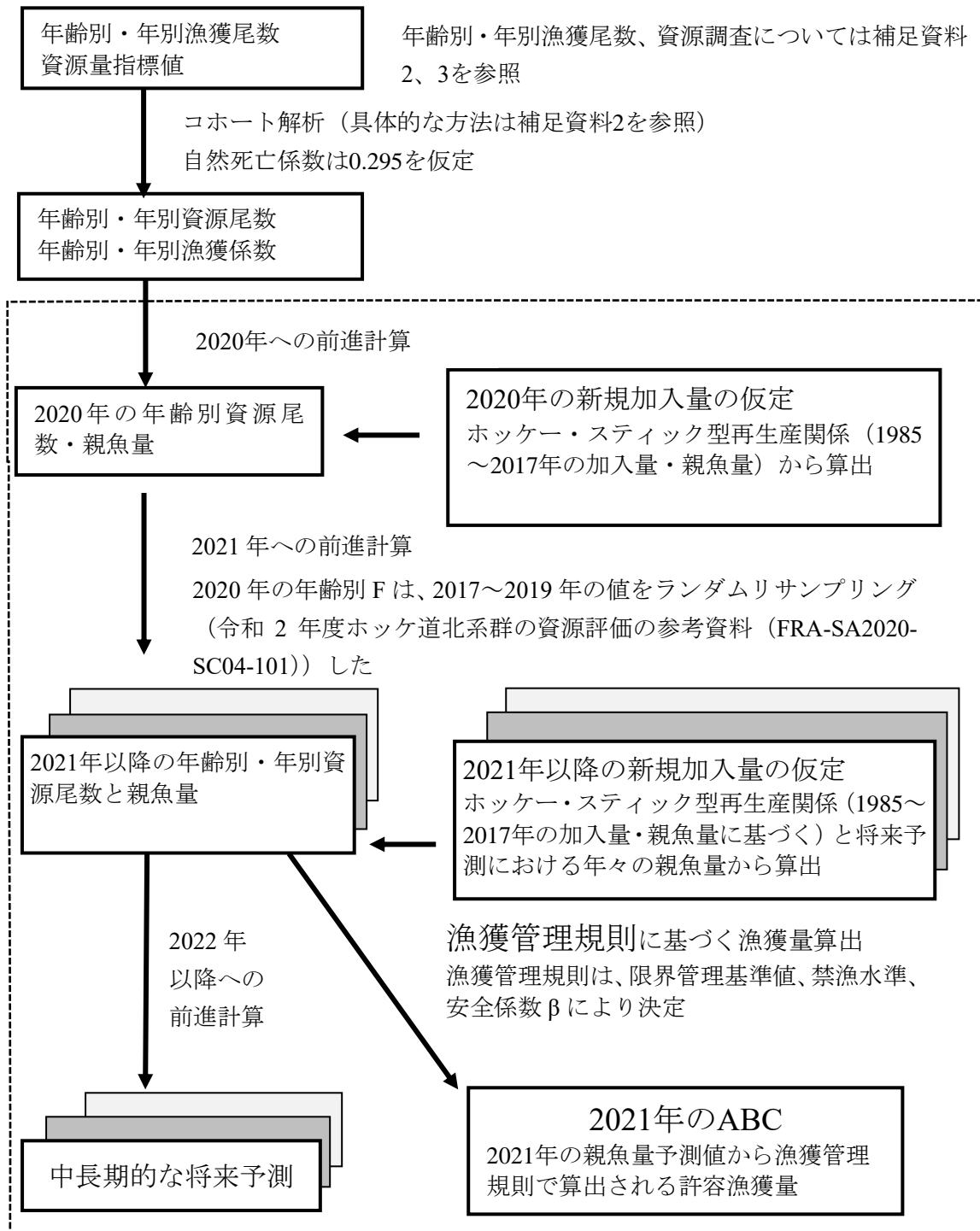
沿岸漁獲量（海域計）：漁業生産高報告（北海道水産林務部）（後志、石狩、留萌、宗谷、オホーツク振興局管内の漁獲量から沖底漁獲量を除いたもの）。

2019年の沿岸漁獲量は北海道水試集計速報値、沖底については確定値。

表 4-1. ホッケ道北系群の資源解析結果

年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1985	34	94	21	463	36	22.3
1986	46	123	22	649	37	29.6
1987	59	163	33	841	37	25.8
1988	66	202	46	1,001	32	21.6
1989	69	233	55	1,115	29	20.3
1990	93	263	83	806	35	9.7
1991	91	303	105	1,051	30	10.0
1992	66	348	109	1,289	19	11.8
1993	102	412	143	1,232	25	8.6
1994	119	463	218	836	26	3.8
1995	149	466	239	1,249	32	5.2
1996	144	369	187	699	39	3.7
1997	169	425	147	2,080	40	14.2
1998	205	451	112	1,086	45	9.7
1999	133	387	121	1,899	34	15.8
2000	137	343	88	974	40	11.0
2001	129	308	116	1,062	42	9.2
2002	122	313	103	1,232	39	12.0
2003	140	382	95	1,906	37	20.1
2004	151	290	72	677	52	9.5
2005	122	262	108	989	46	9.2
2006	99	255	72	1,184	39	16.5
2007	125	280	52	1,652	45	31.6
2008	147	275	50	1,436	54	28.5
2009	96	192	36	556	50	15.6
2010	67	121	58	92	55	1.6
2011	53	125	38	810	42	21.2
2012	62	115	13	288	54	22.8
2013	46	89	26	222	52	8.4
2014	26	54	19	108	48	5.7
2015	16	42	13	138	37	10.4
2016	16	37	12	21	43	1.7
2017	17	61	16	338	27	20.6
2018	27	79	11	126	34	11.5
2019	29	107	24	594	27	24.3

補足資料 1 資源評価の流れ



※ 点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。（https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html）

補足資料 2 計算方法

(1) 資源計算方法

1985～2019 年の 0～4+歳（4 歳以上をまとめて 4+（プラスグループ）と表記する）の資源尾数、漁獲係数、資源量、をコホート解析により推定した。コホート解析には、道総研により求められた年齢別漁獲尾数を用いた。年齢別成熟率は昨年度の資源評価と同様に補足表 2-1 の通り仮定した。ここでは 1 歳の終わりに 80%程度が産卵するとし、成熟割合は計算上 2 歳で 80%とした。資源状況による成熟率の変化は考慮していない。年齢別体重には各年の漁獲物の年齢別平均体重（補足表 2-2）を用いた。自然死亡係数 M は 0.295 と仮定した（入江 1983）。年齢別資源尾数の計算には、Pope（1972）の近似式を用い、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。沖底から得られた面積重み付け標準化 CPUE（補足表 3-3、補足資料 5）を用いてチューニングを行った。なお、チューニングに当たり最近年の F 値の推定の不安定性の軽減のため、リッジ VPA（Okamura et al. 2017）の手法に基づくペナルティを用いた。

(1) 式により年齢別資源尾数を計算した。

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

ここで、 y は年、 a は年齢とし、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 M は一年あたりの自然死亡係数である。

ただし、最近年、最高齢-1 歳（添え字 $p-1$ ）、最高齢（プラスグループ、添え字 p ）、は (2) ～ (4) 式により計算した。

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

$$N_{p-1,y} = \frac{C_{p-1,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p-1,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (3)$$

$$N_{p,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p-1,y}} N_{p-1,y} = \frac{C_{p,y}}{C_{p,y} + C_{p-1,y}} N_{p,y+1} \times \exp(M) + C_{p,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (4)$$

漁獲係数 F は、最近年（ターミナル F ）以外は (5)、(6) 式により計算した。

$$F_{a,y} = -\ln \left[1 - \frac{C_{a,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right] \quad (5)$$

$$F_{3,y} = F_{4+,y} \quad (6)$$

ここで、 $F_{a,y}$ は y 年における a 歳魚の漁獲係数。

ここで得られた年齢別 F から (7) 式により年齢別選択率 $S_{a,y}$ を求めた。

$$S_{a,y} = F_{a,y} / \max(F_{4+,y}) \quad (7)$$

各年の年齢別資源重量および親魚量は (8)、(9) 式により計算した。

$$B_{a,y} = N_{a,y} \times w_{a,y} \quad (8)$$

$$SSB_y = \sum_{a=0}^{4+} N_{a,y} \times m_a \times w_{a,y} \quad (9)$$

ここで $w_{a,y}$ は y 年漁期 a 歳における漁獲物の年齢別平均体重 (補足表 2-2)、 m_a は a 歳における成熟率 (補足表 2-1) である。

2012 年下半期以降自主規制が行われており、近年の漁獲はその影響を受けていることが考えられる。沖底漁業における自主規制では、特に 0 歳魚の漁獲を控える動きが広がっており、近年では比較的豊度が高いと考えられた 2017 年級群 (鈴木 2017) に対する緊急的な保護対策も実施されている (中央・稚内・網走水産試験場 印刷中)。その影響を考慮するため、沖底の漁獲割合 (中央・稚内・網走水産試験場未発表資料) を用い、0~4 歳の資源量の変動傾向と面積重み付け CPUE の変動傾向が最も合うように F を求めた。

ペナルティの重み λ ($0 \leq \lambda < 1$) を 0.01 刻みで変化させた場合に (10) 式に示した高齢 (4+ 歳、3 歳も同値) の F 値のレトロスペクティブバイアス ρ の絶対値平均が最も小さくなる値を選択した。

$$\rho_{F'_{4+}} = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \frac{F'_{4+Y-i}^{Ri} - F'_{4+Y-i}}{F'_{4+Y-i}} \quad (10)$$

ここで、 P はレトロスペクティブ計算においてデータを遡る年数であり、近年の範囲として 5 年を用いた。 Ri は i 年分のレトロスペクティブ計算の値であることを示す。 ρ は最新データを i 年分落とした場合の最終年 ($Y-i$ 年) における推定値とフルデータによる $Y-i$ 年の推定値との相対偏差の平均値 (Mohn 1999) である。

最近年 (2019 年) の 1 歳以上の漁獲係数については、 F の大きさに応じてペナルティを課すことで、推定の不安定性を軽減させる手法である。 F の二乗値へのペナルティで重みづけした目的関数を (11) 式で定義し、これを最小化するように F を推定した。

チューニング期間は、漁船数などの操業形態が現状に近く、漁獲効率が同じとみなせる2005～2019年とし、(11)式を最小とする $F_{4+,2019}$ を探索的に求めた。

目的関数は、

$$Obj = (1 - \lambda) \times \sum_y \left[\log(CPUE_y) - \log \left(q \left\{ \sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y} B_{a,y} / \sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y} \right\}^b \right) \right]^2 + \lambda \times \sum_{a=1}^{4+} (F_{a,y})^2 \quad (11)$$

とした。

ここで、 λ はペナルティの重み ($0 \leq \lambda < 1$ 、詳細は補足資料8)、 $\Omega_{a,y}$ は y 年 a 歳の全漁獲量に対する沖底漁獲量の割合、 $S_{a,y}$ は y 年 a 歳の全漁獲に対する選択率、 $B_{a,y}$ は y 年 a 歳の資源重量である。 q はCPUEと資源量との関係を表す係数、 b はCPUEと資源量の非線形性の程度を表すパラメータ (Okamura et al. 2017, Hashimoto et al. 2018) であり、それぞれ

$$b = \frac{\text{cov}(\log(CPUE_y), \log(\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y} B_{a,y} / \sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y}))}{\text{var}(\log(\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y} B_{a,y} / \sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y}))} \quad (11)$$

$$q = \exp \left(\frac{1}{n} \sum_y \log(CPUE_y) - \frac{b}{n} \sum_y \log(\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y} B_{a,y} / \sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y} S_{a,y}) \right) \quad (12)$$

と計算される。 λ については(10)式で求まる高齢F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(0.09)とした。

最近年(2019年)の2歳以下の年齢別漁獲係数は、過去2年間の選択率の平均と等しいという仮定のもとで(13)式から、3歳は(14)式から推定した。

0～2歳：

$$F_{a,2019} = \frac{1}{2} \sum_{y=2017}^{2018} \frac{F_{a,y}}{F_{4+,y}} \times F_{4+,2019} \quad (13)$$

3歳：

$$F_{3,2019} = F_{4+,2019} \quad (14)$$

すべての計算は、MS-Excelおよび統計言語RのパッケージRVPA(市野川・岡村2014)を用いて行った。

なお、現状では沖底から得られた面積重み付け標準化CPUEをチューニング指数として

使用しているが、近年は特に0歳魚の獲り控えなどが行われており、漁獲状況が大きく変化している中で、沖底 CPUE を0~4+歳のチューニング指標値として使用することが困難となってきた。加入量の多寡も年変動が大きく、沖底のみならず沿岸も自主管理の影響がある中で、操業戦略は流動的と考えられる。そのため、近年は年毎に各年齢にかかる漁獲圧(すなわち年齢別 F) が大きく変化する可能性があり、コホート解析のチューニングにおける選択率の仮定は、十分に直近の操業実態を反映できていない可能性がある。この問題の解決には、最終年の F 値の推定において直近数年の選択率の平均を仮定せず、年齢ごとに F を個別に推定する方法が考えられるが、それには年齢ごとのチューニングに資する情報が必要である。現在、道総研により年齢別 CPUE の構築に向けた情報の提供を受けているところであり、今後、その情報に標準化手法等を導入することで、選択率の仮定に頼らないチューニング手法を構築していく予定としている。

再生産関係式の適用と最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定の詳細については、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」の報告書(森田ほか 2019)を参照されたい。ここで、MSY を実現する水準の推定には、適用した再生産関係と、平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価での将来予測に用いた各種設定が使用された。すなわち、再生産関係は資源評価で推定された 1985~2017 年級群の加入量および親魚量に基づくホッカー・スティック型とし、自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重および漁獲の選択率がシミュレーションの条件付けに用いられた。また、選択率は、各年齢の漁獲係数 (F 値) の 2015~2017 年の平均値(すなわち平成 30 年度資源評価での $F_{current}$) に基づくものとした(補足表 2-3)。本系群は資源尾数と体重に負の関係が見られることから、将来の年齢別の体重は、資源尾数に体重を回帰させたときの回帰式からの予測値に確率的な変動を加えたものを用いた。以上の条件および使用した再生産関係の下で行われたシミュレーションにおいて、平衡状態における漁獲量を最大化する漁獲係数が F_{msy} 、そのときの親魚量が SB_{msy} 、平衡状態で最大化された漁獲量の平均値が最大持続生産量 (MSY) として推定された。

引用文献

- 入江隆彦 (1983) 「水産学シリーズ 46 水産資源の解析と評価 その手法と適用例」石井 丈夫(編), 東京, 恒星社厚生閣, 91-103.
- Hashimoto, M., Okamura, H., Ichinokawa, M., Hiramatsu, K., and Yamakawa, T. (2018). Impacts of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual population analysis. *Fisheries Science* **84**:335–347.
- 市野川桃子・岡村 寛 (2014) VPA を用いた我が国水産資源評価の統計言語 R によると統一的検討. *水産海洋研究*, **78**, 1-10.

- 鈴木祐太郎 (2017) 2017年に北海道沖合で採集されたホッケ仔稚魚について. 試験研究は今, 833. (オンライン), 入手先 <http://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima833.pdf>
- 中央・稚内・網走水産試験場 (印刷中) ホッケ (道央日本海～オホーツク海海域). 2020年度水産資源管理会議評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部. <http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/> (last accessed XX)
- 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.
- 森田晶子・山下夕帆・境磨・磯野岳臣・服部薫・市野川桃子 (2019) 平成 31 (2019) 年度ホッケ道北系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_hokke_h.pdf (last accessed 15 October 2019)
- Okamura, H., Yamashita, Y., and Ichinokawa, M. (2017). Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES Journal of Marine Science* **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.

補足表 2-1. ホッケ道北系群の年齢別成熟率 (%)

年齢	0	1	2	3	4+
成熟率 (%)	0	0	80	100	100

補足表 2-2. 漁獲物の年齢別体重 (g)

年	年齢別体重 (g)				
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上
1985	95	192	320	402	443
1986	88	178	297	374	412
1987	87	177	295	370	408
1988	85	173	288	362	398
1989	78	158	263	330	364
1990	80	162	271	340	375
1991	89	181	302	380	418
1992	87	176	293	369	406
1993	81	165	275	345	380
1994	90	183	305	384	423
1995	89	181	301	378	417
1996	84	171	285	358	395
1997	90	182	304	382	421
1998	103	209	349	438	483
1999	89	180	300	376	415
2000	78	157	262	330	363
2001	78	157	262	330	363
2002	84	171	286	359	395
2003	85	173	289	363	400
2004	70	142	237	298	328
2005	88	178	298	374	412
2006	90	183	304	383	421
2007	76	155	258	324	357
2008	73	147	246	309	340
2009	75	152	254	319	351
2010	85	172	286	360	396
2011	91	184	307	386	426
2012	90	184	306	385	424
2013	105	213	355	446	491
2014	101	206	343	431	475
2015	98	199	332	418	460
2016	108	219	366	460	506
2017	115	233	388	488	537
2018	127	257	428	538	593
2019	99	201	335	420	463

補足表 2-3. 最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定に用いたパラメータ値 (森田ほか 2019)

年齢	自然死亡 係数	成熟率	平均体重 (資源, g)	選択率 (注 1)	F _{current} (注 2)
0	0.295	0.00	81	0.125	0.15
1	0.295	0.00	164	0.840	0.99
2	0.295	0.80	273	0.628	0.74
3	0.295	1.00	343	1.000	1.18
4 歳以上	0.295	1.00	378	1.000	1.18

注 1 : MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率は、平成 30 年度資源評価での F_{current} の選択率 (2015~2017 年漁期の平均 F の選択率) である。

注 2 : 平成 30 年度資源評価での F_{current} (2015~2017 年漁期の平均 F 値)

補足資料 3 漁業の詳細

(1) 北海道周辺の長期的な漁獲量の推移

本系群の漁獲量は 1998 年以降減少して 1980 年以降で最低となっているが、1980 年以前の漁獲状況を推し量るものとして 1956 年以降の全国および北海道全域におけるホッケの長期的な漁獲量の推移を参考として示す（補足表 3-1）。全国の漁獲量は、1960 年代には 80 千～200 千トンで推移し、1970 年代後半に 200 千トンを超えたが、1980 年代前半に、全国で 50 千トン台、北海道で 40 千トン台に減少した。その後は 1998 年に再び 200 千トンを超えたが以後減少した。2015～2017 年は 17 千トンで推移したが、2018 および 2019 年は 34 千トンと増加した。長期的な動向の中で見ると近年は非常に少ない漁獲量で推移している。

(2) 定置・底建網および刺網の振興局別漁獲量

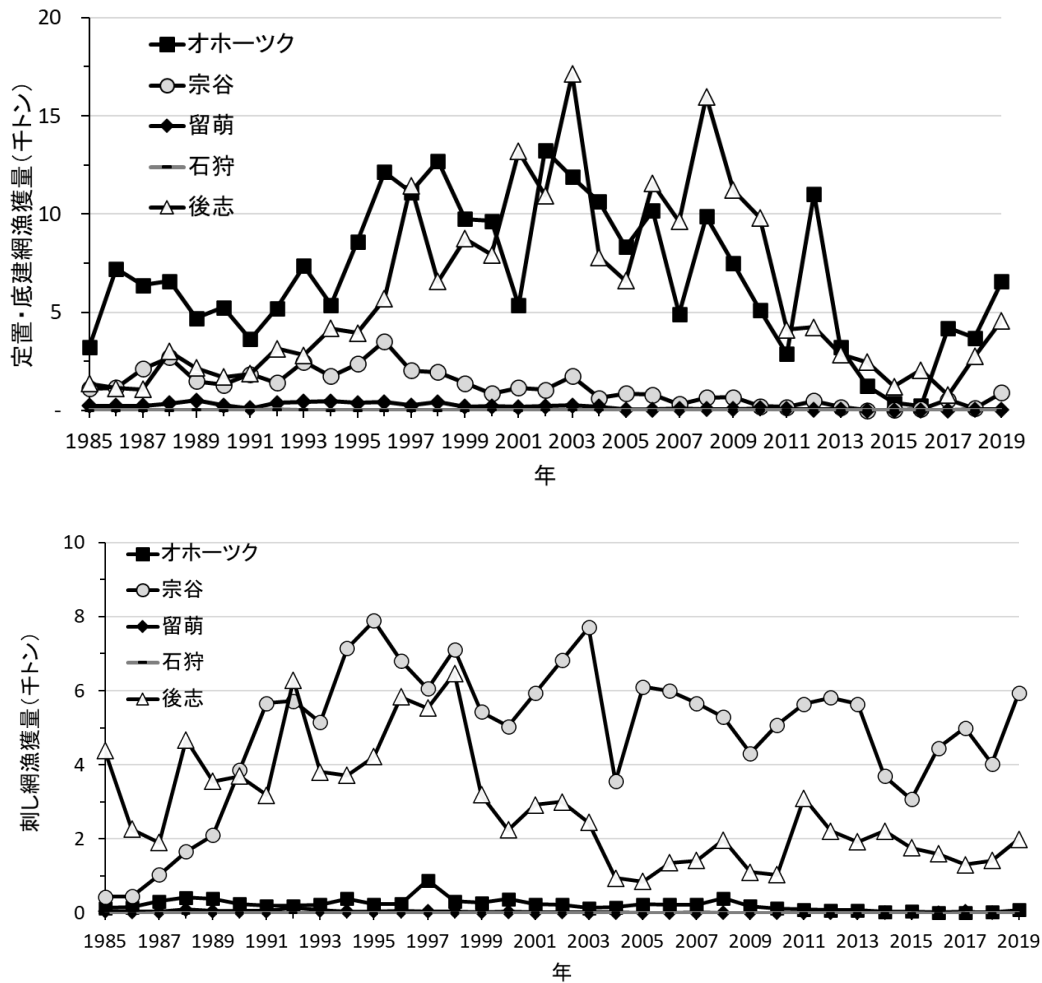
補足図 3-1 および補足表 3-2 に沿岸漁業による漁獲の 5～6 割を占める定置・底建網および刺網の振興局別漁獲量を示した。定置・底建網の漁獲量は、オホーツク総合振興局（オホーツク）および後志総合振興局（後志）が多い。両振興局の漁獲量とも、1990 年代に増加し、2000 年代前半にかけて 10 千～17 千トン程度の高い値で推移した。2008 年以降は減少傾向が見られ、2017 年は後志で 0.8 千トンとなったが、2018 年は 3 千トンに増加した。オホーツクでは 2016 年の 0.2 千トンから 2017 年に 4 千トンに急増し、2018 年も 4 千トン程度で推移したが、2019 年は 7 千トン程度まで増加した。刺網の漁獲量は、宗谷総合振興局（宗谷）において最も多く、1990 年代から 2000 年代前半には 7 千トンを超える年もみられたが、2013 年までは 5 千トン前後で推移した。2014～2015 年は減少して 3 千トンとなったが、2016～2017 年は 5 千トンに増加した。2018 年は減少して 4 千トンとなったが、2019 年は再び増加して 6 千トンとなった。後志では、1998 年まで 2 千～6 千トンで推移していたがその後減少し、2004 年には 1 千トン未満となった。2011 年には 3 千トンを超える漁獲となったが、2017～2018 年は 1 千トンで推移し、2019 年は増加して 2 千トンとなった。

(3) 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（かけまわしおよびオッタートロール）の努力量（ホッケ有漁曳網回数）を補足図 3-2 および補足表 3-3 に示す。日本海におけるかけまわしの有漁網数は、20 千網前後で推移していた 1980 年代後半と比べると 2000 年代は減少傾向にある。2008 年以降は 10 千網を下回り、2015 年以降は 4～5 千網で推移している（補足図 3-2、補足表 3-3）。オッタートロールの有漁網数は、およそ 1 千網前後で推移していたが、その後は減少し、2018 年は 0.2 千網であった。オホーツク海におけるかけまわしの有漁網数は、日本海と同様 1980 年代後半から 1990 年代後半まで 9 千～31 千網で推移し、2000 年以降は 10 千網前後で推移している。2012 年には 8 千網と減少したが、2013 年はホッケ以外にスルメイカなどへの操業が増加し、10 千網となった。2017 年は前年の 9 千網より減少して 7 千網となり、2019 年まで同程度で推移している。オッタートロールの有漁網数は、およそ 2 千～5 千網で推移したが、2017 年は前年の 2.6 千網より減少して 0.7 千網となった。2018 年は増加して 1.4 千網となったが、2019 年は 0.9 千網に減少した。

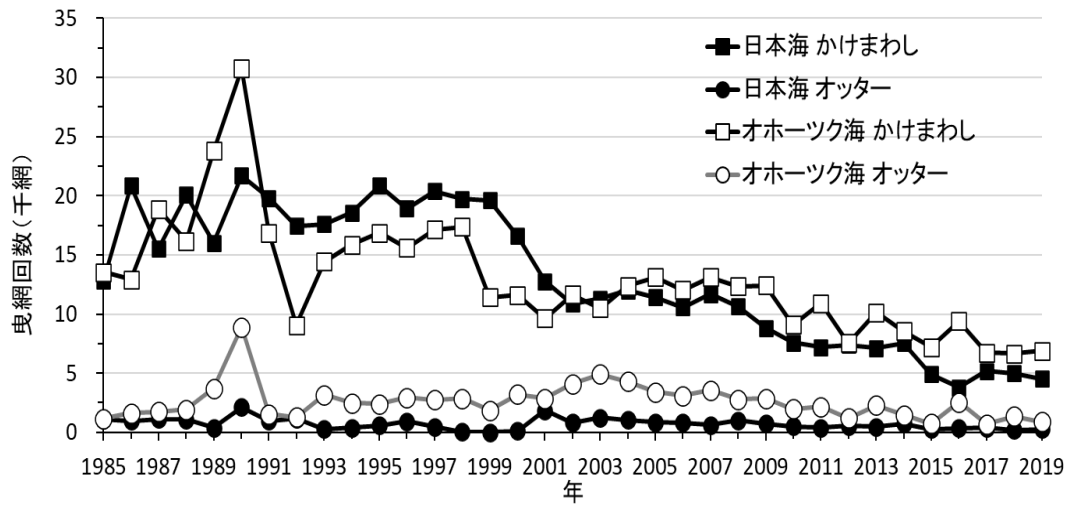
沿岸漁業の漁獲努力量として、小定置網については、北海道農林水産統計に記載されてい

る漁労体数を、さけ定置網については北海道農林水産統計の漁労体数（統）およびさけ定置網漁業免許統数を、底建網については、第2種共同漁業権に含まれるかれい・ひらめ・ほっけ底建網の行使者数を、それぞれ用いた（補足表3-4）。定置網の漁労体数は、小定置網では1980年代前半に高く、1980年代後半に減少したが、1990年代以降、振興局別の集計が行われていた2006年までは大きな変化はみられていない。さけ定置網では、1980年代前半から1990年代半ばにかけて増加したが、2000年代以降は大きな変化は見られていない。底建網の行使者数は、振興局によって差が見られるが、1990年代後半と比較して2000年代は概ね減少していた。

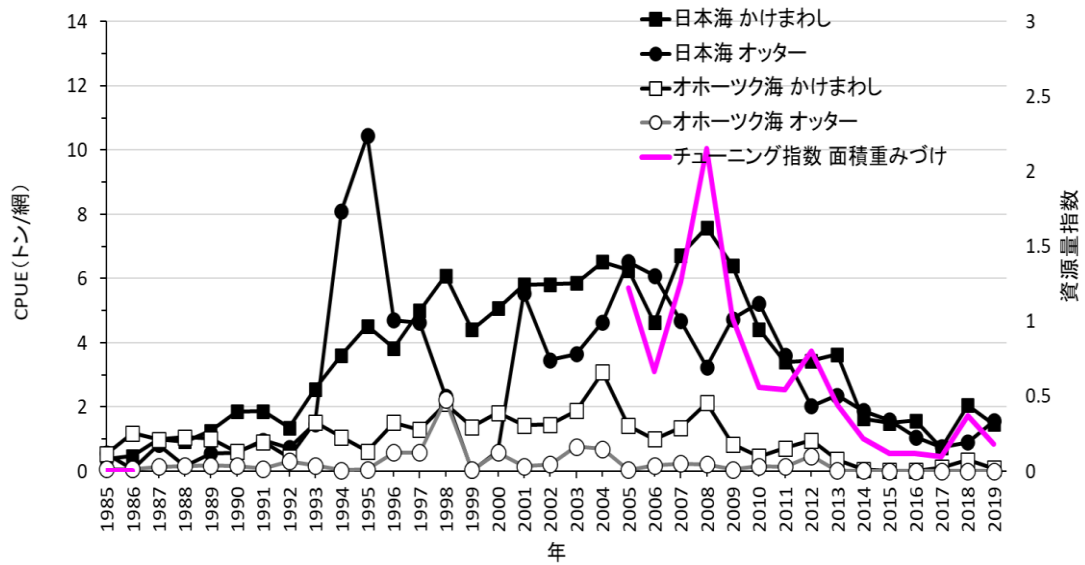


補足図 3-1. 振興局別の漁獲量の推移

定置・底建網（上図）および刺網漁業（下図）について示す。



補足図 3-2. ホッケ道北系群に対する沖合底びき網漁業の有漁曳網回数の推移



補足図 3-3. ホッケ道北系群に対する沖合底びき網漁業の海域・漁業種別 CPUE

補足表 3-1. 全国および北海道におけるホッケの漁獲量（単位：トン）

年	北海道	全国	年	北海道	全国
1956	120,349	121,162	1988	93,751	104,160
1957	104,944	105,562	1989	103,325	114,945
1958	47,642	47,933	1990	121,482	133,605
1959	100,185	100,300	1991	112,104	130,385
1960	115,798	115,978	1992	88,405	97,564
1961	184,898	185,248	1993	126,509	135,529
1962	120,425	122,218	1994	145,581	152,503
1963	150,089	150,393	1995	168,276	176,603
1964	202,900	204,888	1996	173,834	181,513
1965	106,031	107,288	1997	199,777	206,763
1966	105,026	106,016	1998	233,231	240,971
1967	81,395	81,912	1999	163,011	169,481
1968	84,641	86,855	2000	160,085	165,118
1969	98,096	102,581	2001	157,453	161,160
1970	142,643	146,516	2002	147,328	154,736
1971	145,693	147,209	2003	160,137	167,989
1972	178,219	180,552	2004	167,010	175,544
1973	112,928	114,986	2005	135,457	140,450
1974	138,534	143,500	2006	112,658	116,391
1975	110,635	114,706	2007	134,830	139,154
1976	223,074	229,194	2008	164,646	169,807
1977	219,492	234,812	2009	116,341	119,325
1978	123,889	134,763	2010	82,362	84,497
1979	107,422	118,888	2011	61,180	62,583
1980	102,864	117,351	2012	67,935	68,762
1981	104,483	122,839	2013	52,009	52,690
1982	85,791	102,884	2014	28,194	28,438
1983	43,660	55,531	2015	17,026	17,195
1984	55,468	65,650	2016	17,199	17,393
1985	52,767	66,384	2017	17,695	17,776
1986	74,718	89,039	2018	33,577	33,667
1987	88,001	99,377	2019	32,799	34,107

海面漁業生産統計調査 漁業種類別・魚種別漁獲量(農林水産省)、2019年は暫定値

補足表 3-2. オホーツク・宗谷・留萌・石狩・後志振興局における定置・底建網および刺網漁業の漁獲量（トン）

定置網および底建網							刺網						
年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計	年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計
1985	3,210	1,119	240	2	1,362	5,933	1985	138	437	51	0	4,378	5,004
1986	7,222	1,159	232	0	1,142	9,756	1986	153	454	35	0	2,267	2,909
1987	6,372	2,112	233	5	1,062	9,783	1987	324	1,038	36	0	1,902	3,299
1988	6,592	2,705	360	8	2,988	12,653	1988	423	1,657	96	0	4,680	6,856
1989	4,687	1,491	511	17	2,166	8,872	1989	390	2,103	61	1	3,551	6,106
1990	5,251	1,299	247	4	1,688	8,489	1990	247	3,868	61	5	3,698	7,878
1991	3,635	1,840	99	5	1,863	7,442	1991	200	5,665	62	1	3,187	9,115
1992	5,199	1,408	376	34	3,154	10,172	1992	194	5,720	148	6	6,283	12,352
1993	7,350	2,465	448	13	2,811	13,087	1993	224	5,149	75	4	3,806	9,258
1994	5,363	1,736	456	3	4,171	11,730	1994	388	7,143	50	1	3,715	11,298
1995	8,598	2,361	375	1	3,945	15,280	1995	236	7,888	45	1	4,222	12,392
1996	12,132	3,531	418	10	5,689	21,781	1996	247	6,809	55	0	5,835	12,946
1997	11,122	2,024	252	4	11,444	24,846	1997	884	6,054	51	1	5,534	12,524
1998	12,703	1,958	415	0	6,568	21,644	1998	317	7,118	48	2	6,469	13,954
1999	9,758	1,390	187	5	8,747	20,088	1999	275	5,430	25	2	3,188	8,919
2000	9,653	858	213	22	7,932	18,678	2000	378	5,038	40	3	2,243	7,702
2001	5,357	1,163	176	7	13,193	19,895	2001	243	5,930	16	10	2,922	9,123
2002	13,254	1,048	219	21	10,948	25,489	2002	225	6,822	24	7	3,002	10,081
2003	11,891	1,731	259	18	17,135	31,034	2003	139	7,707	17	12	2,448	10,323
2004	10,625	637	179	14	7,808	19,264	2004	160	3,557	15	3	944	4,678
2005	8,323	856	43	8	6,614	15,845	2005	240	6,105	11	1	853	7,210
2006	10,173	792	47	6	11,556	22,574	2006	233	5,992	11	0	1,357	7,593
2007	4,896	319	82	3	9,630	14,930	2007	229	5,660	15	1	1,420	7,326
2008	9,869	651	57	5	15,982	26,564	2008	403	5,291	7	1	1,977	7,678
2009	7,480	674	72	22	11,207	19,454	2009	188	4,309	6	0	1,105	5,608
2010	5,117	211	107	26	9,818	15,278	2010	131	5,075	6	0	1,037	6,249
2011	2,863	171	55	19	4,109	7,217	2011	100	5,643	11	0	3,102	8,856
2012	11,024	492	52	3	4,242	15,813	2012	80	5,815	18	0	2,212	8,125
2013	3,216	168	40	2	2,847	6,272	2013	79	5,647	7	0	1,919	7,653
2014	1,226	9	8	1	2,450	3,694	2014	33	3,693	6	0	2,219	5,951
2015	387	29	5	0	1,220	1,640	2015	49	3,076	20	0	1,762	4,908
2016	223	70	9	0	2,047	2,349	2016	19	4,456	20	0	1,602	6,097
2017	4,190	536	6	0	785	5,517	2017	13	4,993	49	0	1,311	6,366
2018	3,686	111	38	0	2,750	6,586	2018	27	4,034	10	0	1,419	5,490
2019	6,554	898	51	1	4,565	12,070	2019	92	5,934	8	0	1,988	8,022

単位:トン

補足表 3-3. 北海道根拠の沖底の漁獲量と漁獲努力量（月別集計値）

オホーツク海およびチューニングに用いた両海域の面積重み付け標準化
CPUE は次ページに示す

年	日本海							
	有漁網数 ^{*1} (月別)			漁獲量 (トン)			CPUE (トン/網)	
	かけまわし ^{*2}	オッター	試験操業	かけまわし ^{*2}	オッター	試験操業	かけまわし ^{*3}	オッター
1985	12,835	1,083	0	4,852	601	0	0.38	0.55
1986	20,834	985	0	9,807	52	0	0.47	0.05
1987	15,517	1,115	0	15,361	920	0	0.99	0.83
1988	20,078	1,095	0	18,612	181	0	0.93	0.17
1989	16,028	399	0	20,108	221	0	1.25	0.55
1990	21,686	2,133	0	40,211	1,248	0	1.85	0.59
1991	19,790	968	0	36,957	931	0	1.87	0.96
1992	17,451	1,155	0	23,709	846	0	1.36	0.73
1993	17,610	259	0	44,971	383	0	2.55	1.48
1994	18,581	403	0	66,999	3,265	0	3.61	8.10
1995	20,861	577	0	94,196	6,027	0	4.52	10.45
1996	18,913	932	0	72,427	4,381	0	3.83	4.70
1997	20,387	482	0	101,852	2,232	0	5.00	4.63
1998	19,735	50	0	120,274	117	0	6.09	2.33
1999	19,618	3	0	86,471	0	0	4.41	0.01
2000	16,574	107	0	83,969	65	0	5.07	0.61
2001	12,756	1,846	0	74,102	10,214	0	5.81	5.53
2002	10,887	829	132	63,397	2,869	1,058	5.82	3.46
2003	11,292	1,254	787	66,152	4,574	3,255	5.86	3.65
2004	11,990	1,067	320	78,183	4,947	1,275	6.52	4.64
2005	11,402	865	787	71,396	5,640	2,740	6.26	6.52
2006	10,552	806	812	48,865	4,908	1,788	4.63	6.09
2007	11,668	624	827	78,455	2,917	2,158	6.72	4.67
2008	10,645	1,025	531	80,773	3,330	1,586	7.59	3.25
2009	8,833	725	13	56,549	3,439	107	6.40	4.74
2010	7,578	523	756	33,492	2,736	3,211	4.42	5.23
2011	7,184	395	957	24,450	1,427	2,404	3.40	3.61
2012	7,379	556	982	25,353	1,130	2,908	3.44	2.03
2013	7,124	488	271	25,888	1,152	1,373	3.63	2.36
2014	7,530	734	943	12,288	1,385	1,643	1.63	1.89
2015	4,910	267	445	7,350	423	478	1.50	1.58
2016	3,803	343	315	6,001	363	543	1.58	1.06
2017	5,172	393	0	3,752	295	0	0.73	0.75
2018	4,997	206	0	10,281	186	0	2.06	0.90
2019	4,532	257	0	6,642	402	0	1.47	1.56

日本海（沖底）：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料（中海区：道西、2004年より北海道日本海）。

オホーツク海（沖底）：北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料（中海区：オホーツク、2004年よりオホーツク沿岸（日本海））。

*1 1985年以降の北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料を月別・船別・漁区別に集計したもの。

*2 100トン以上のかけまわし。

*3 チューニングVPAに用いた資源量指標値。1-12月の面積重みづけ標準化CPUE指標値。

補足表 3-3 (続き) . 北海道根拠の沖底の漁獲量と漁獲努力量 (月別集計値、オホーツク海)

年	オホーツク海									両海域
	有漁網数*1 (月別)			漁獲量 (トン)			CPUE (トン/網)		面積重み付け 標準化CPUE*3	
	かけまわし*2	オッター	試験操業	かけまわし*2	オッター	試験操業	かけまわし*3	オッター		
1985	13,546	1,164	0	7,250	74	0	0.54	0.06		
1986	12,906	1,617	0	15,246	113	0	1.18	0.07		
1987	18,865	1,757	0	18,709	244	0	0.99	0.14		
1988	16,158	1,927	0	17,202	317	0	1.06	0.16		
1989	23,787	3,712	0	23,918	634	0	1.01	0.17		
1990	30,754	8,890	0	18,802	1,445	0	0.61	0.16		
1991	16,852	1,558	0	15,446	127	0	0.92	0.08		
1992	9,057	1,263	0	3,932	398	0	0.43	0.32		
1993	14,435	3,177	0	21,966	547	0	1.52	0.17		
1994	15,843	2,480	0	16,783	68	0	1.06	0.03		
1995	16,851	2,384	0	10,344	134	0	0.61	0.06		
1996	15,599	2,930	0	23,702	1,689	0	1.52	0.58		
1997	17,137	2,752	0	22,052	1,605	0	1.29	0.58		
1998	17,374	2,881	0	36,527	6,403	0	2.10	2.22		
1999	11,399	1,859	0	15,700	88	0	1.38	0.05		
2000	11,621	3,214	0	21,103	1,883	0	1.82	0.59		
2001	9,648	2,863	0	13,804	445	0	1.43	0.16		
2002	11,633	4,115	0	16,869	903	0	1.45	0.22		
2003	10,492	4,927	0	19,702	3,790	0	1.88	0.77		
2004	12,390	4,288	0	38,198	2,981	0	3.08	0.70		
2005	13,131	3,412	0	18,559	129	0	1.41	0.04	1.22	
2006	12,012	3,098	0	12,020	537	0	1.00	0.17	0.66	
2007	13,098	3,545	0	17,807	850	0	1.36	0.24	1.26	
2008	12,346	2,772	0	26,218	585	0	2.12	0.21	2.15	
2009	12,400	2,869	0	10,361	170	0	0.84	0.06	1.02	
2010	9,099	1,971	0	4,211	304	0	0.46	0.15	0.56	
2011	10,900	2,155	0	7,862	309	0	0.72	0.14	0.54	
2012	7,560	1,207	0	7,290	569	0	0.96	0.47	0.80	
2013	10,128	2,290	0	3,633	31	0	0.36	0.01	0.44	
2014	8,560	1,494	107	472	31	12	0.06	0.02	0.22	
2015	7,196	737	207	157	2	23	0.02	0.00	0.12	
2016	9,393	2,574	109	147	2	0	0.02	0.00	0.12	
2017	6,717	693	0	754	6	0	0.11	0.01	0.09	
2018	6,654	1,365	0	2,279	12	0	0.34	0.01	0.37	
2019	6,877	892	0	653	7	0	0.09	0.01	0.18	

日本海 (沖底) : 北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料 (中海区: 道西、2004年より北海道日本海)。

オホーツク海 (沖底) : 北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料 (中海区: オホーツク、2004年よりオホーツク沿岸 (日本海))。

*1 1985年以降の北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計資料を月別・船別・漁区別に集計したもの。

*2 100トン以上のかけまわし。

*3 チューニングVPAに用いた資源量指標値。1-12月の面積重みづけ標準化CPUE指標値。

補足表 3-4. オホーツク・宗谷・留萌・石狩・後志振興局における底建網、定置網および小定置網の漁獲努力量（小定置網は次ページに示す）

底建網*1 (行使者数)							さけ定置*2 (統)						
年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計	年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計
1973							1973	105	26	8	8	4	151
1974							1974	104	30	9	9	6	158
1975							1975	104	26	9	10	4	153
1976							1976	104	61	12	8	5	190
1977							1977	106	61	10	10	5	192
1978							1978	106	64	9	12	5	196
1979							1979	102	73	15	17	5	212
1980							1980	102	74	15	16	5	212
1981							1981	102	92	19	17	5	235
1982							1982	102	88	16	17	5	228
1983							1983	102	88	11	17	5	223
1984							1984	89	79	23	18	4	213
1985							1985	90	80	23	18	4	215
1986							1986	89	80	23	18	4	214
1987							1987	84	79	23	18	5	209
1988							1988	84	80	22	18	5	209
1989					291		1989	77	67	25	18	116	303
1990					307		1990	77	67	25	18	113	300
1991					349		1991	73	67	27	18	115	300
1992					531		1992	76	67	25	18	111	297
1993					369		1993	79	67	25	18	116	305
1994					362		1994	67	65	23	19	226	400
1995					369		1995	147	64	22	18	237	488
1996	451	238	55		369		1996	74	63	21	16	227	401
1997	231	200	50		311		1997	74	59	19	16	215	383
1998	479	153	75		315		1998	71	60	19	16	213	379
1999	471	185	71		290		1999	71	56	18	18	228	391
2000	491	187	56		333		2000	71	56	-	17	224	368
2001	584	179	66	23	293	1,145	2001	71	56	-	16	216	359
2002	396	174	40	24	295	929	2002	72	53	19	16	212	372
2003	206	103	48	16	295	668	2003	72	50	19	16	201	358
2004	357	150	43	18	91	659	2004	75	52	18	15	209	369
2005	370	150	45	16	111	692	2005	73	52	18	16	209	368
2006	361	152	41	16	302	872	2006	74	51	21	16	205	367
2007	349	138	28	16	298	829	2007	74	51	21	(16)	234	396
2008	120	137	28	16	303	604	2008	78	51	21	(16)	224	389
2009	119	135	36	12	76	378	2009	78	52	20	(16)	224	390
2010	119	128	37	13	86	383	2010	78	52	20	(16)	224	390
2011	179	127	35	12	75	428	2011	78	52	20	(16)	224	390
2012	125	125	39	12	83	384	2012	78	52	20	(16)	224	390
2013	142	125	33	12	76	388	2013	82	52	19	(16)	209	389
2014	123	131	36	12	73	375	2014	82	51	18	(16)	(209)	377
2015	124	138	35	12	62	371	2015	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2016	124	131	41	12	63	371	2016	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2017	119	131	25	12	63	350	2017	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2018	119	131	23	12	63	348	2018	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2019	119	131	23	12	63	348	2019	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376

*1底建網の漁労体数は、第2種共同漁業権に含まれるかれい・ひらめ・ほっけ底建て網行使者数（各振興局より）。

オホーツク・宗谷・後志・留萌は2014年、石狩は2011年が最新の値。

*2さけ定置・小定置の漁労体数（統）は、北海道農林水産統計年報（さけ定置網、小型定置網）から抜粋、小定置の漁労体数は2007年以降の値が得られていないため、2007-2016年の漁労体数は2006年と同様とした。

2007年以降のさけ定置はさけ定置網漁業免許統数（石狩振興局を除く各振興局）

() は、値が更新されていない場合、前年の数値を記載した。

補足表 3-4 (つづき) .オホーツク・宗谷・留萌・石狩・後志振興局における小定置網の漁獲努力量

年/振興局	小定置*2 (統)					計
	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	
1973	466	533	57	63	435	1,554
1974	523	600	97	60	498	1,778
1975	521	632	146	67	535	1,901
1976	508	559	115	70	411	1,663
1977	526	584	172	73	486	1,841
1978	573	546	158	29	500	1,806
1979	540	517	220	58	692	2,027
1980	555	443	175	43	703	1,919
1981	595	428	153	82	765	2,023
1982	648	447	126	116	916	2,253
1983	586	344	114	132	894	2,070
1984	518	380	83	55	815	1,851
1985	525	418	86	69	708	1,806
1986	514	398	126	96	699	1,833
1987	526	386	136	58	729	1,835
1988	569	400	107	47	605	1,728
1989	426	454	91	55	642	1,668
1990	536	429	112	53	674	1,804
1991	567	416	145	34	615	1,777
1992	496	385	101	38	606	1,626
1993	590	389	103	32	615	1,729
1994	480	293	120	33	567	1,493
1995	683	337	154	22	590	1,786
1996	718	414	98	21	546	1,797
1997	658	409	60	20	498	1,645
1998	746	380	100	25	536	1,787
1999	713	345	88	31	539	1,716
2000	673	338	144	40	546	1,741
2001	646	294	125	36	565	1,666
2002	647	284	103	31	532	1,597
2003	611	283	98	33	493	1,518
2004	688	291	97	44	512	1,632
2005	714	291	93	35	506	1,639
2006	658	277	95	37	464	1,531
2007	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2008	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2009	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2010	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2011	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2012	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2013	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2014	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2015	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2016	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2017	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2018	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2019	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531

*1底建網の漁労体数は、第2種共同漁業権に含まれるかれい・ひらめ・ほっけ底建て網行使用者数（各振興局より）。オホーツク・宗谷・後志・留萌は2014年、石狩は2011年が最新の値。

*2さけ定置・小定置の漁労体数（統）は、北海道農林水産統計年報（さけ定置網、小型定置網）から抜粋、小定置の漁労体数は2007年以降の値が得られていないため、2007-2016年の漁労体数は2006年と同様とした。2007年以降のさけ定置はさけ定置網漁業免許統数（石狩振興局を除く各振興局）
() は、値が更新されていない場合、前年の数値を記載した。

補足資料 4 ホッケ道北系群の資源解析結果 (1985~1995 年)

年齢別漁獲量(トン)

年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	12.6	19.0	25.8	20.7	16.7	9.0	14.6	4.8	14.3	12.3	31.5
1歳	11.7	19.3	22.8	28.9	36.2	50.6	27.8	31.2	37.1	32.3	18.0
2歳	4.9	4.7	6.4	10.1	8.0	18.6	26.4	16.7	28.8	48.2	50.8
3歳	2.9	1.5	2.8	3.9	4.8	9.0	13.8	7.9	13.5	15.5	29.9
4歳以上	1.8	1.0	1.7	2.0	3.0	5.4	8.0	5.9	8.1	11.1	18.7
計	34.0	45.6	59.5	65.5	68.6	92.7	90.7	66.5	101.8	119.5	149.0

年齢別資源尾数(百万尾)

年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	463	649	841	1001	1115	806	1051	1289	1232	836	1249
1歳	139	229	297	371	536	644	503	641	913	766	505
2歳	39	51	77	109	132	201	211	242	324	485	418
3歳	16	16	24	39	51	72	90	82	131	151	225
4歳以上	10	9	13	18	28	40	48	55	71	98	128
計	667	954	1252	1539	1862	1763	1903	2309	2671	2336	2524

年齢別漁獲係数

年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	0.41	0.49	0.52	0.33	0.25	0.18	0.20	0.05	0.18	0.21	0.40
1歳	0.71	0.79	0.70	0.74	0.68	0.82	0.44	0.39	0.34	0.31	0.26
2歳	0.61	0.44	0.39	0.46	0.31	0.50	0.65	0.32	0.47	0.47	0.63
3歳	0.71	0.36	0.45	0.39	0.40	0.55	0.62	0.36	0.43	0.37	0.52
4歳以上	0.71	0.36	0.45	0.39	0.40	0.55	0.62	0.36	0.43	0.37	0.52
単純平均	0.63	0.49	0.50	0.46	0.41	0.52	0.51	0.30	0.37	0.35	0.47
%SPR	11.3	12.4	12.8	14.8	18.5	14.2	18.3	31.1	25.1	25.8	18.9

年齢別資源量と親魚量(千トン)および再生産成功率RPS(0歳魚尾数/親魚量, 尾/kg)

年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
0歳	43.8	57.1	73.3	85.2	86.6	64.6	93.9	111.9	100.1	75.5	111.2
1歳	26.7	40.9	52.4	64.1	84.5	104.7	91.1	112.8	150.3	140.2	91.1
2歳	12.5	15.1	22.8	31.5	34.7	54.5	63.8	70.9	89.1	148.1	125.7
3歳	6.5	5.9	9.0	14.0	16.9	24.5	34.4	30.1	45.2	57.9	85.1
4歳以上	4.2	3.9	5.4	7.1	10.4	14.9	20.0	22.4	26.9	41.4	53.2
資源量	93.7	122.9	162.9	201.8	233.1	263.1	303.2	348.1	411.6	463.1	466.3
親魚量	20.8	21.9	32.6	46.3	55.0	82.9	105.4	109.2	143.4	217.8	238.9
RPS	22.3	29.6	25.8	21.6	20.3	9.7	10.0	11.8	8.6	3.8	5.2

補足資料 4 (続き) コホート解析結果の詳細 (1996~2007 年)

年齢別漁獲量(千トン)

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	9.3	54.9	41.9	36.6	11.8	22.0	27.3	29.5	18.9	35.7	28.1	40.7
1歳	48.5	24.7	118.3	20.8	87.1	39.1	33.4	46.9	84.8	20.7	31.6	56.8
2歳	32.5	30.4	23.9	43.1	24.3	42.8	33.7	33.7	31.1	49.5	16.4	14.6
3歳	26.6	28.7	12.9	20.2	9.3	16.4	17.5	18.8	14.6	12.5	17.3	5.3
4歳以上	27.6	30.8	8.1	12.7	4.2	8.8	10.1	11.5	1.9	3.4	5.3	7.8
計	144.5	169.5	205.1	133.4	136.6	129.1	121.9	140.5	151.2	121.8	98.6	125.2

年齢別資源尾数(百万尾)

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	699	2080	1086	1899	974	1062	1232	1906	677	989	1184	1652
1歳	624	425	1022	458	1057	594	546	639	1121	272	386	613
2歳	290	220	200	273	241	309	228	238	242	319	102	138
3歳	165	117	78	90	79	100	90	68	77	67	94	30
4歳以上	156	114	45	51	32	49	47	38	9	16	26	40
計	1934	2958	2431	2771	2384	2114	2142	2889	2125	1663	1793	2472

年齢別漁獲係数

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	0.20	0.42	0.57	0.29	0.20	0.37	0.36	0.24	0.62	0.65	0.36	0.47
1歳	0.75	0.46	1.02	0.35	0.93	0.66	0.53	0.68	0.96	0.68	0.73	1.19
2歳	0.61	0.74	0.51	0.94	0.59	0.94	0.92	0.84	0.99	0.93	0.94	0.65
3歳	0.74	1.35	0.57	1.18	0.53	0.86	0.99	2.18	1.36	0.87	0.82	1.02
4歳以上	0.74	1.35	0.57	1.18	0.53	0.86	0.99	2.18	1.36	0.87	0.82	1.02
単純平均	0.61	0.87	0.65	0.79	0.56	0.74	0.76	1.22	1.06	0.80	0.73	0.87
%SPR	13.3	12.0	7.8	14.3	12.0	10.1	11.5	10.5	5.4	7.6	9.6	6.0

年齢別資源量と親魚量(千トン)および再生産性効率RPS(0歳魚尾数/親魚量, 尾/kg)

年	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0歳	58.9	187.0	112.1	168.1	75.5	82.4	104.1	162.7	47.4	87.0	106.6	125.9
1歳	106.8	77.6	213.8	82.3	166.3	93.5	93.6	110.6	159.2	48.5	70.5	94.7
2歳	82.6	67.0	69.8	81.8	63.3	81.2	65.0	68.8	57.3	95.0	31.2	35.6
3歳	59.2	44.8	34.2	33.8	26.1	32.9	32.1	24.6	22.8	25.0	36.0	9.7
4歳以上	61.4	48.1	21.5	21.3	11.7	17.7	18.5	15.0	2.9	6.7	11.0	14.1
資源量	369.0	424.5	451.4	387.3	342.9	307.6	313.3	381.7	289.6	262.2	255.2	280.1
親魚量	186.8	146.6	111.5	120.5	88.4	115.5	102.7	94.6	71.5	107.7	71.9	52.3
RPS	3.7	14.2	9.7	15.8	11.0	9.2	12.0	20.1	9.5	9.2	16.5	31.6

補足資料 4 (続き) コホート解析結果の詳細 (2008~2019 年)

年齢別漁獲量(千トン)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	30.8	13.2	2.0	20.6	5.8	7.3	1.4	0.9	0.1	6.7	0.3	7.4
1歳	74.1	63.0	24.6	3.6	49.0	20.3	12.5	6.8	9.2	1.0	20.8	6.8
2歳	24.7	16.4	27.6	14.5	2.4	14.7	6.9	3.9	3.0	6.4	1.4	13.5
3歳	12.8	2.7	10.9	11.1	2.9	2.3	4.6	2.6	2.5	2.0	3.2	0.6
4歳以上	4.9	1.0	1.8	3.3	1.8	1.7	0.4	1.5	0.9	0.6	1.3	1.0
計	147.2	96.3	66.8	53.1	62.0	46.3	25.8	15.6	15.8	16.8	27.1	29.3

年齢別資源尾数(百万尾)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	1436	556	92	810	288	222	108	138	21	338	126	594
1歳	769	704	262	48	408	159	105	68	94	15	201	91
2歳	139	139	167	72	19	73	36	26	22	34	7	80
3歳	54	17	48	41	13	7	19	10	9	9	11	3
4歳以上	19	6	7	11	7	5	1	5	3	3	4	4
計	2416	1422	576	982	735	466	269	247	149	399	349	772

年齢別漁獲係数

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	0.42	0.46	0.35	0.39	0.30	0.45	0.16	0.08	0.06	0.22	0.02	0.16
1歳	1.42	1.14	1.00	0.64	1.42	1.19	1.11	0.85	0.73	0.40	0.63	0.57
2歳	1.81	0.77	1.11	1.43	0.66	1.07	1.04	0.75	0.58	0.83	0.70	0.88
3歳	2.24	0.88	1.31	1.67	1.17	1.82	1.09	1.35	1.21	0.74	0.98	0.95
4歳以上	2.24	0.88	1.31	1.67	1.17	1.82	1.09	1.35	1.21	0.74	0.98	0.95
単純平均	1.62	0.83	1.02	1.16	0.94	1.27	0.90	0.88	0.76	0.59	0.66	0.70
%SPR	3.3	6.2	6.5	8.0	5.4	4.8	7.5	11.3	14.3	16.4	16.0	13.9

年齢別資源量と親魚量(千トン)および再生産成功率RPS(0歳魚尾数/親魚量, 尾/kg)

年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0歳	104.3	41.8	7.8	73.7	26.1	23.2	10.9	13.5	2.3	38.8	15.9	58.7
1歳	113.3	107.1	45.1	8.9	74.8	33.9	21.6	13.7	20.7	3.4	51.7	18.3
2歳	34.3	35.2	47.8	22.1	5.8	26.0	12.4	8.6	8.0	13.2	3.1	26.7
3歳	16.6	5.4	17.2	15.8	4.9	3.2	8.1	4.0	4.2	4.4	5.9	1.1
4歳以上	6.3	2.0	2.8	4.7	3.1	2.3	0.7	2.3	1.4	1.4	2.5	2.0
資源量	274.9	191.6	120.6	125.1	114.7	88.6	53.7	42.1	36.6	61.2	79.1	106.9
親魚量	50.4	35.7	58.2	38.2	12.6	26.3	18.7	13.2	12.0	16.4	10.9	24.4
RPS	28.5	15.6	1.6	21.2	22.8	8.4	5.7	10.4	1.7	20.6	11.5	24.3

補足資料4（続き）

1985～2018年の年齢別漁獲尾数は、我が国周辺水域資源調査・評価等推進委託事業以外の予算により把握された情報も含まれるため、データの作成および提供者である道総研の申し入れにより、数値表を掲載しないこととした。

2019年の年齢別漁獲尾数（百万尾）

0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上	計
75	34	40	1	2	153

補足資料5 沖底 CPUE の標準化について

1. 標準化手法について

沖底CPUEの標準化は、沖底統計の日別詳細データに基づき、沖底100トン以上かけまわし船のCPUEを応答変数、年（Y）、月（M）および小海区（SA）を説明変数（カテゴリカル変数）とし、一般化線形モデルによって実施している。その際、いくつかの小海区については操業のない年がみられるため、小海区2と3、16と17はそれぞれ統合して計算している。CPUEの対数値が正規分布に従うと仮定し以下のモデルから標準化CPUEを推定する。

$$\log(\text{CPUE}) = Y + M + SA + Y \times M + Y \times SA$$

個々の海区の大きさが異なり、なおかつ年とエリアの交互作用が認められる場合には、エリアサイズを考慮した補正が必要であり、推定されたエリアサイズを掛け合わせた資源量指数が相対資源量に対応すると考えられている（能勢ほか 1988, 山田・田中 1999, 庄野 2004）。そのため、推定されたCPUEから面積を考慮した標準化資源量指数を抽出するために、小海区の面積の差を考慮して、以下の式により面積で重み付けた標準化CPUEを計算している。

$$\log(\text{CPUE}) = Y + E(Y \times M) + E_w(Y \times SA)$$

ここで $E(Y \times M)$ はYとMの交互作用の平均値、 $E_w(Y \times SA)$ はYとSAの面積重み付き平均値である。面積は、小海区に含まれる操業で利用された漁区数であり、CPUEの対数値を平均してから指数変換したものを規格化して指標値を算出する。

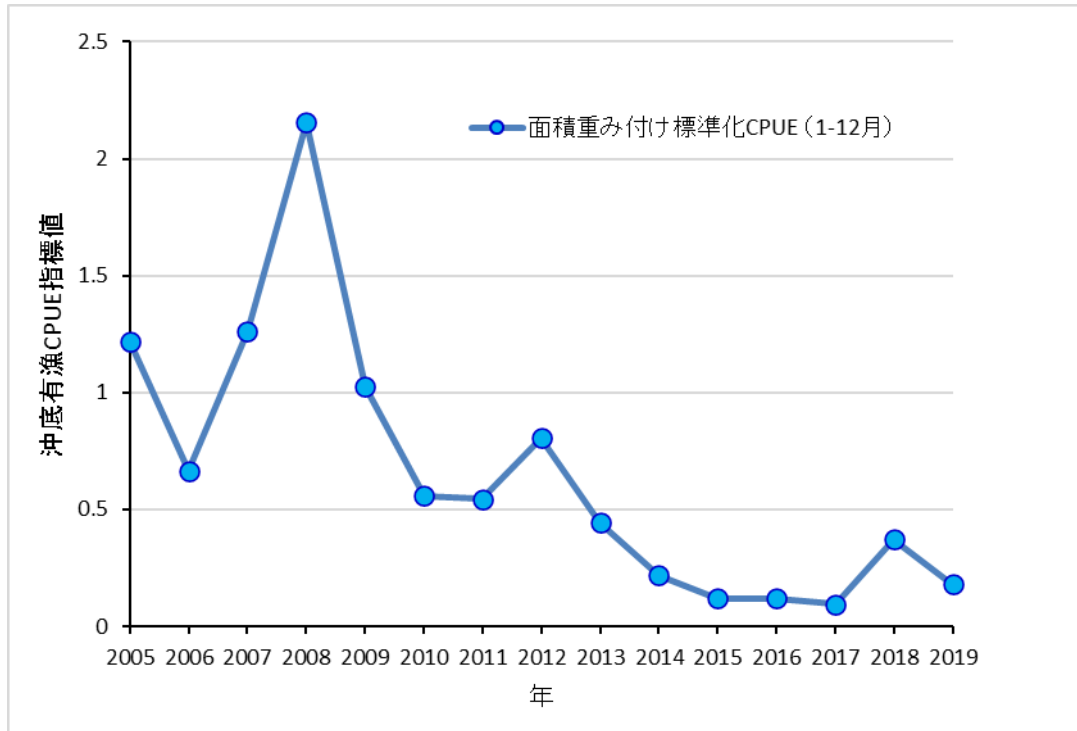
2. 今年度使用したCPUE

資源計算過程で全年齢（0～4歳）の沖底の漁獲割合を用いる事によりその影響を考慮することとし（補足資料2）、チューニングに用いる指数は1～12月の面積重みづけ標準化CPUEを用いた（補足図5-1）。なお近年、沖底では0歳魚を獲り控える等の操業変化が大きい。したがって、チューニングで推定される直近数年の0歳魚のFおよび資源尾数は実際の資源状態を十分に反映できていない可能性がある。この問題の解決には、別途0歳魚の資源量指標値を構築することが望ましいが、現状では利用可能な情報は得られていない。

引用文献

- 山田作太郎・田中栄次(1999) 水産資源解析学, 東京, 成山堂書店, pp151.
 能勢幸雄・石井丈夫・清水誠(1988) 水産資源学, 東京, 東京大学出版会, pp217
 庄野 宏(2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, 68, 106-120.
 鈴木祐太郎 (2017) 2017年に北海道沖合で採集されたホッケ仔稚魚について. 試験研究は今, 833. (オンライン), 入手先 <http://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima833.pdf>

中央・稚内・網走水産試験場(印刷中) ホッケ(道央日本海～オホーツク海海域)．2020年
 度水産資源管理会議評価書．北海道立総合研究機構水産研究本部．
<http://www.fishexp.hro.or.jp/exp/central/kanri/SigenHyoka/Kokai/> (last accessed XX)



補足図 5-1. チューニングに用いた面積重み付け標準化 CPUE (1-12 月 CPUE) の推移 (2005
 ~2019 年)

補足資料 6 沖底漁業へのホッケ漁獲状況アンケート（2020年6月実施）

本系群では、ホッケの漁獲状況について最新情報を収集し、資源評価報告書に反映することを目的として、沖合底びき網漁業（かけまわし、トロール）を対象として漁況状況確認アンケートを行っている。今年度は小樽機船漁業協同組合、稚内機船漁業協同組合、紋別漁業協同組合、網走漁業協同組合にアンケートの協力を依頼し、回答が得られた。設問と回答の概要は以下のとおりである。

Q. 昨年から今年にかけてのホッケの漁模様について。

A. ここ数年と比較して多い、漁況は不調、普通、好調、など（場所によって異なる）

Q. 多く漁獲されたホッケのサイズについて。

A. 中型～小型、小型が多い、体長 20～25cm が中心、30 センチ前後

Q. 漁場や時期によってホッケのサイズが変わるなど傾向があるか。

A. 時期的に漁場でのホッケのサイズが変わる。

Q. ここ数年のホッケにかかる漁獲努力量・漁獲圧・探索時間などの変化について。

A. 過去数年の漁獲量の 30%減を目標に漁獲量を制限している、一日の漁獲量や日数を制限する取り組みを継続している、価格向上のための工夫を行っている、狙っていないなど。

Q. ホッケの漁獲について、何かお気づきの点がありましたら教えてください。

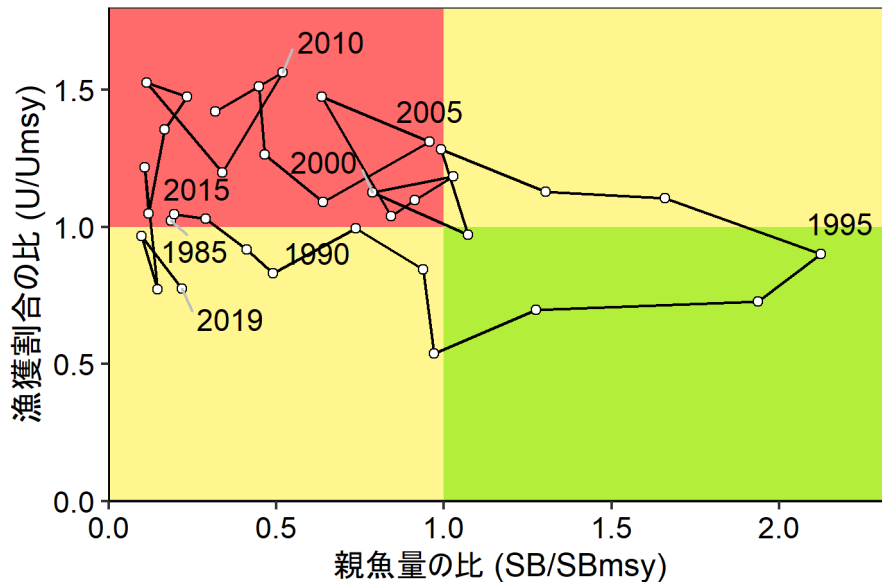
A. 隻日数削減等の取り組みで 2019 年級群を中心とした加入があり、隻日数削減の効果が顕著になった、など

今年度の漁獲状況アンケートでは、一部海域で2019年級と思われる小型魚が多く漁獲されているという情報や、自主規制の取り組みとして小型魚保護のため一日の漁獲量（箱数含む）を制限している、操業時間を短縮しているという情報も頂いた。一方で海域によっては不調であるという情報も寄せられた。2019年級群は2017年級群に続いて豊度が高いことがアンケート結果からもうかがえるが、中～大型魚が少ないという情報も寄せられていることから、2018年級群が少なかったと考えられる。今後も引き続き比較的豊度が高いと考えられる2019年級群の漁獲を抑えることにより、後続の年級を発生させることが重要である。

補足資料 7 漁獲割合に基づく神戸プロット

MSY を実現する親魚量 (SBmsy) と漁獲割合 (Umsy) を基準にした神戸プロットを下図に示す。本系群における親魚量は 2000 年以降 (2001 年を除く) において SBmsy を下回り、漁獲割合 (U) は 2017 年以降 Umsy を下回る。2019 年の U は 2018 年と比べて減少した (補足図 7-1)。

項目	値	備考
SBmsy	112 千トン	最大持続生産量を実現する親魚量
Umsy	35%	最大持続生産量を実現する漁獲割合
U2019	27%	2019 年の漁獲割合
U2019/ Umsy	0.77	最大持続生産量を実現する漁獲割合に対する 2019 年の漁獲割合の比



補足図 7-1. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と MSY を実現する漁獲割合 (Umsy) に対する、親魚量および漁獲割合の関係 (神戸プロット)

補足資料 8 コホート解析におけるチューニング手法の変更について

これまで本系群のコホート解析のチューニングでは、最近年の年齢別漁獲係数はその選択率が過去2年間の平均と等しいという過程のもとで推定していた。しかし、近年の自主規制に伴う若齢魚の獲り控えや、比較的豊度の高い2017年、2019年級群の加入により、沖底および沿岸の漁獲状況が大きく変化し、特に高齢魚のFが不安定になる傾向がある。本年度のコホート解析では、高齢魚のFの不安定性の軽減のため、リッジVPAの手法(Okamura et al. 2017)を導入した。なお、チューニングに使用している沖底CPUEにも0歳魚の獲り控えの影響が考えられ、推定されるコホート解析最終年のF値や、特に0歳魚の資源尾数の不確実性は高いと想定されることに注意が必要である。

[方法]

リッジVPAでは、最終年の年齢別F値を推定する際に、チューニング指標値への適合度を示す目的関数(最小二乗和SSQとして定義)とFの二乗値へペナルティを重みづけした目的関数を重み付き平均して、その重み付き目的関数を最小化することによって、推定の不安定性を軽減させる。通常は(1)式のように各年齢のF値の二乗値に一律にペナルティ λ を与え、 λ は0~1の値をとる。本系群では高齢魚のF値のレトロスペクティブバイアスが強い傾向があるため(補足図8-1)、最終的に選択した λ は、これらの値を0.01刻みで変化させた場合に、4+歳のF値(3歳のF値も同値)のレトロスペクティブバイアス ρ が最小となる値を探索的に求めた。ここで ρ は最新データ1年ずつを落とした場合の最終年における推定値との相対値(Mohn 1999)の平均値である。本系群では、データを落とす年数は1~5年とした。

$$(1 - \lambda)SSQ + \lambda \sum_{a=1}^{4+} F_{a,2019}^2 \quad (1)$$

[結果]

補足表8-1にリッジVPAのペナルティの重み λ の探索結果を示す。 λ は0~1の間で探索した。 λ を0.01刻みで変化させた際に、3歳Fのレトロスペクティブバイアス ρ が最も小さくなる λ は0.09であった(補足表8-1、補足図8-2)。このとき、ペナルティを与えない場合と比べて、親魚量のレトロスペクティブバイアスは1%から8.9%に増加したものの、各年齢のF値のバイアスは軽減された。特に、3歳のF値のバイアスは18.4%から-0.6%へと改善された。ペナルティの重み λ に0.09を用いたチューニングにより、全体的にレトロスペクティブバイアスが抑えられた資源評価結果が得られたものと考えられる。一方、親魚量と年齢別F値のレトロスペクティブバイアス ρ の絶対値の平均が最小となるのは、 λ が0.13の時であった(補足表8-1、補足図8-3)。このとき、 λ が0.09の場合と比べて1歳のレトロバイアスが小さくなるが(9.7%→1.0%)、親魚量(8.9%→14.7%)、2歳F(-7.5%→-14.4%)および3歳F(-0.6%→-7.7%)と大きくなる。

[今後の課題]

先述の通り、コホート解析では沖底CPUEを使用してチューニングを行っているものの、近年、沖底では0歳魚を獲り控えるなど操業形態の変化が大きい。したがって、チューニングで推定される直近年の0歳魚のFおよび資源尾数は実際の資源状態を十分に反映できて

いない可能性がある。この問題の解決には、別途 0 歳魚の資源量指標値を構築することが望ましいが、現状では利用可能な情報は得られていない。

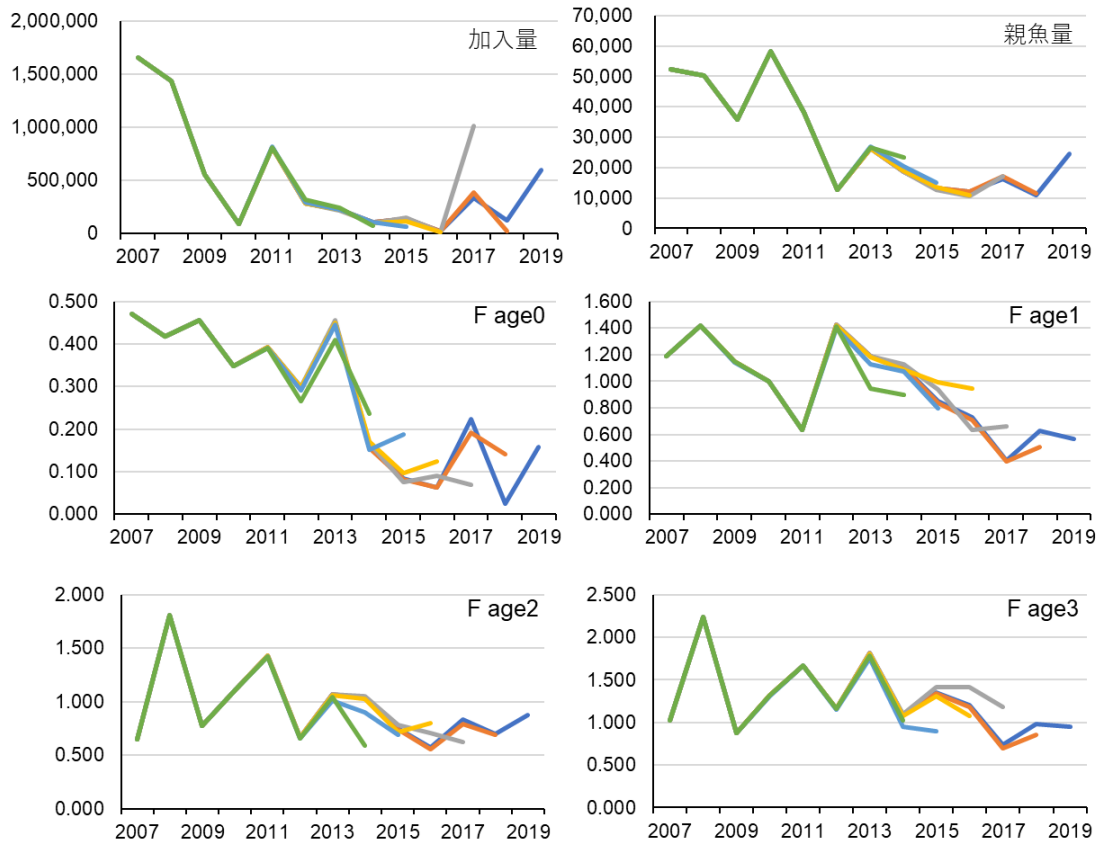
沖底のみならず沿岸漁業においても近年の漁獲には自主管理の影響がある。また、加入量の多寡も年変動が大きく、自主管理の取り組みも相まって操業戦略は流動的と考えられる。そのため、近年は年毎に各年齢にかかる漁獲圧（すなわち年齢別 F ）が大きく変化する可能性があり、コホート解析のチューニングにおける選択率の仮定は、十分に直近の操業実態を反映できていない可能性がある。この問題の解決には、最終年の F 値の推定において直近数年の選択率の平均を仮定せず、年齢ごとに F を個別に推定する方法が考えられるが、それには年齢ごとのチューニングに資する情報が必要である。現在、道総研により年齢別 CPUE の構築に向けた情報の提供を受けているところであり、今後、その情報に標準化手法等を導入する等の検討も加え、選択率の仮定に頼らないチューニング手法の構築を行うことが必要と考えられる。

引用文献

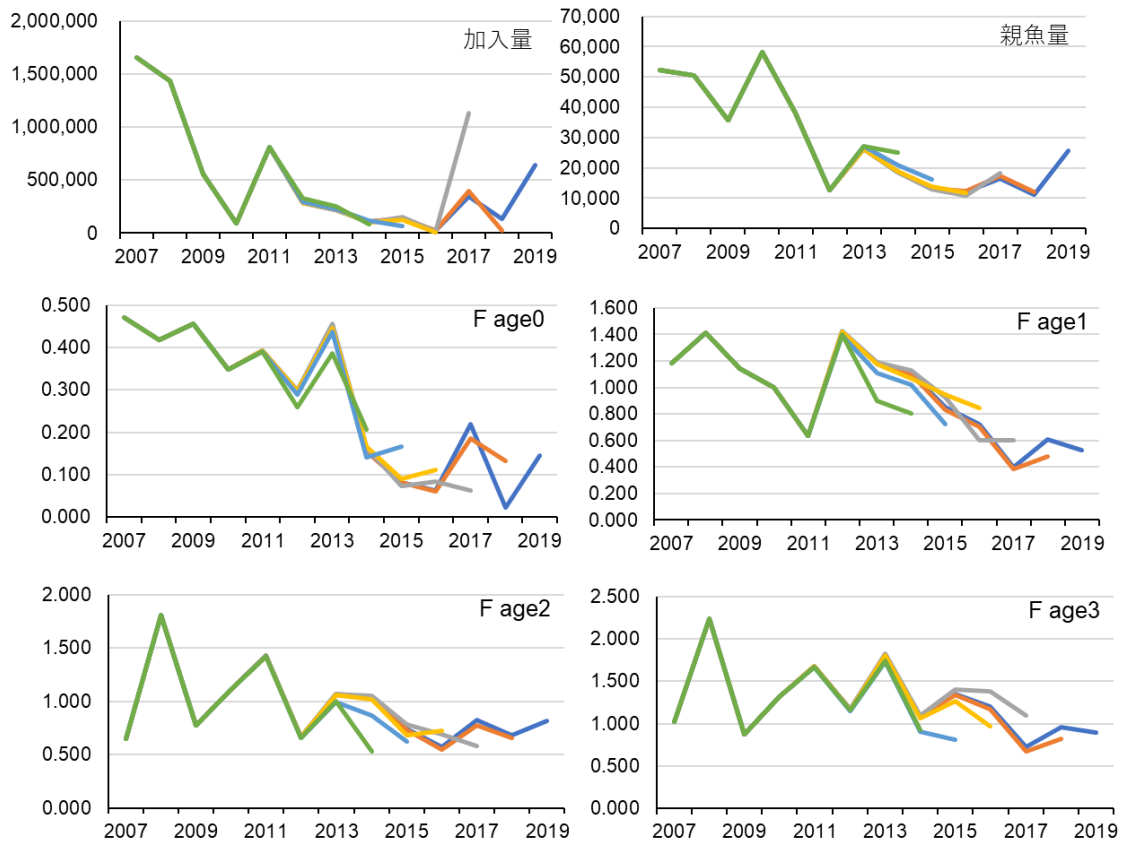
- Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: an investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**, 473-488.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES J. Mar. Sci.*, **74(9)**, 2427-2436.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of accuracy of virtual population analysis using Cohort Analysis. *Res. Bull. int. comm. Northw. Atlant. Fish.*, **9**, 65-74.



補足図 8-1. リッジ VPA のペナルティによるレトロスペクティブ解析結果の比較 (ペナルティを与えなかった場合)
 色違いの実線は、それぞれ全年のデータを使った場合 (2019 年まで) と、1～5 年分のデータを除くレトロスペクティブ解析での結果を示す。



補足図 8-2. リッジ VPA のペナルティによるレトロスペクティブ解析結果の比較 (3 歳 F の ρ が最も小さくなる $\lambda 0.09$ とした場合)
 色違いの実線は、それぞれ全年のデータを使った場合 (2019 年まで) と、1～5 年分のデータを除くレトロスペクティブ解析での結果を示す。



補足図 8-3. リッジ VPA のペナルティによるレトロスペクティブ解析結果の比較（親魚量と年齢別 F 値のレトロスペクティブバイアスの絶対値の平均が最小になる λ 0.13 とした場合）
 色違いの実線は、それぞれ全年のデータを使った場合（2019 年まで）と、1～5 年分のデータを除くレトロスペクティブ解析での結果を示す。

補足表 8-1. リッジ VPA にてペナルティの重み λ を変化させた場合の親魚量および年齢別 F 値のレトロスペクティブバイアス ρ .

親魚量の ρ を小さくする場合 ($\lambda=0$, $\lambda=0.04$)、3 歳の F 値のレトロスペクティブバイアスは解消できない。

λ	加入量	親魚量	F age0	F age1	F age2	F age3	加入量のぞく絶対値平均
0	-17.2%	-1.0%	168.5%	34.9%	14.8%	18.4%	59.4%
0.01	-32.8%	-11.8%	228.1%	65.7%	38.0%	43.4%	96.8%
0.02	-26.5%	-7.2%	195.6%	47.1%	22.6%	29.0%	75.4%
0.03	-21.7%	-3.8%	178.2%	36.6%	14.1%	20.8%	63.4%
0.04	-17.7%	-1.0%	166.6%	29.4%	8.2%	15.1%	55.1%
0.05	-14.1%	1.3%	157.8%	23.9%	3.8%	10.8%	49.4%
0.06	-11.0%	3.5%	150.8%	19.4%	0.3%	7.2%	45.3%
0.07	-8.0%	5.4%	145.0%	15.7%	-2.7%	4.2%	43.3%
0.08	-5.3%	7.2%	140.1%	12.5%	-5.3%	1.7%	41.7%
0.09	-2.7%	8.9%	135.7%	9.7%	-7.5%	-0.6%	40.6%
0.1	-0.3%	10.4%	131.8%	7.2%	-9.5%	-2.6%	40.4%
0.11	2.1%	11.9%	128.4%	4.9%	-11.3%	-4.4%	40.2%
0.12	4.3%	13.4%	125.2%	2.9%	-12.9%	-6.1%	40.1%
0.13	6.5%	14.7%	122.3%	1.0%	-14.4%	-7.7%	40.0%
0.14	8.6%	16.1%	119.6%	-0.7%	-15.8%	-9.1%	40.3%
0.15	10.6%	17.4%	117.0%	-2.4%	-17.1%	-10.4%	41.1%
0.16	12.6%	18.6%	114.7%	-3.9%	-18.3%	-11.7%	41.8%
0.17	14.5%	19.8%	112.4%	-5.3%	-19.4%	-12.8%	42.5%
0.18	16.4%	21.0%	110.3%	-6.7%	-20.5%	-13.9%	43.1%
0.19	18.3%	22.2%	108.4%	-7.9%	-21.5%	-15.0%	43.7%
0.2	20.1%	23.3%	106.5%	-9.1%	-22.4%	-16.0%	44.3%