

魚種（海域）：ホッケ（道央日本海～オホーツク海海域）

担当：中央水産試験場（板谷和彦），稚内水産試験場（鈴木祐太郎），
網走水産試験場（秦 安史）

要約

評価年度：2018年度（2018年1月～2018年12月）

2018年度の漁獲量：27,071トン（前年比1.61）

資源量の指標	資源水準	資源動向
0歳以上の資源重量	低水準	横ばい

2018年の漁獲量は前年より1万トン増加して2.7万トンとなった。前年に比較的高豊度で加入した2017年級は、今漁期は1歳として漁獲の主体となり漁獲量増加の要因となった。資源水準は最低水準だった2016年と比べると増加したものの、引き続き低水準の域にある。後続の2018年級は1億尾以下の低い加入豊度とみられることから、今後の資源動向は横ばいと考えられる。2012年からの漁獲努力量や漁獲量の自主削減にもかかわらず漁獲強度が十分に下がらない状態が続いたが、2015年から若齢魚に対する漁獲強度の低下がうかがえるようになった。しかしながら、再生産成功率の低い年の頻度が高いこともあり、親魚量の十分な回復には至っていない。このような低い再生産成功率のもとで資源水準を回復もしくは維持させるためには、親魚量の増加を図ることのできる具体的で継続的な管理措置が必要である。

1. 資源の分布・生態的特徴**(1) 分布・回遊**

幼魚は、春には日本海の中央域から間宮海峡、夏には日本海に加えてオホーツク海の網走湾から北緯55度以南の表層に分布する。秋には日本海北部やオホーツク海南西域の大陸棚上に着底し、翌春には北見沿岸、利尻・礼文島周辺、武蔵堆などに分布する。その後、オホーツク海に分布した群の大部分は宗谷海峡を経て日本海に移動する。日本海では大陸棚の縁辺域に分布する。

(2) 年齢・成長（加齢の基準日：1月1日）

（1月時点，高嶋ら¹⁾より）

満年齢		1歳	2歳	3歳	4歳
体長(mm)	雄	206	251	275	285
	雌	205	254	282	296
体重(g)	雄	107	220	304	347
	雌	105	223	323	381

(3) 成熟年齢・成熟体長

雌は0歳では成熟せず，1歳では体長に依存して大型個体から成熟し，2歳以上ではほぼ全て成熟する²⁾。

(4) 産卵期・産卵場

- ・産卵期：産卵盛期は10～12月頃で，北で早く，南で遅い。
- ・産卵場：利尻・礼文島，武蔵堆，積丹半島や寿都湾周辺など，主に日本海沿岸の岩礁地帯。

(5) その他

成長にともなって表層に分布する幼魚である通称「アオボッケ」から，底層に分布する通称「ロウソクボッケ」へ移行する。さらに，その後の生態変化によって「ハルボッケ，マキボッケ，ネボッケ」などと呼ばれる。ロウソクボッケは水温3～11℃，ハルボッケは5～12℃で漁獲される^{3,4)}。主産卵期の水温は12～14℃。

2. 漁業の概要**(1) 操業実勢**

漁業	主な漁法	主漁期	主漁場	主な漁獲対象年齢	備考
沖合底びき網漁業 (沖底漁業)	かけまわし	周年	石狩湾以北日本海	0歳以上	小海区「利礼周辺」以南の日本海は6月16日～9月15日が休漁。各港の隻数は表1参照。
			オホーツク海	0～1歳	
沿岸漁業	底建網	3～5月	後志南部沖	1歳以上	春漁と秋漁に分かれる。
		10～11月	オホーツク海	0～1歳	
	刺し網	6～10月	利尻・礼文島沖 積丹半島沖	1歳以上	
	まき網	5～6月	利尻・礼文島沖	1歳以上	2018年の操業は4隻
えびこぎ網		3～5月	留萌沖	0歳以上	春漁と秋漁に分かれる。
		9～11月			

いくつかの漁法で漁期が春漁と秋漁に分かれるため(図1, 2)，以下の漁獲統計は年別および半年別(1～6月を上半期，7～12月を下半期)に集計解析した。

(2) 資源管理に関する取り組み

- ・当海域のホッケ資源の回復を目的として，2012年7月～2015年6月の3年間，主要漁業の漁獲圧もしくは漁獲量を2008～2010年の平均から3割削減することを目標とする自主規制が行われた。しかし，資源が回復しなかったため，2018年6月まで延長，2018年下半期以降も自主規制の継続が行なわれている。また，近年では比較的豊度が高いと考え

られた⁵⁾2017年級に対する緊急的な保護対策も実施されている。

- ・利尻・礼文島海域においては、上の取り組みの前から産卵親魚保護のため、漁期の早期切り上げが行われていた。
- ・2008～2012年度および2013～2017年度に実施された資源管理手法開発試験調査において、若齢魚を保護することにより産卵親魚量を増大させることを基本方針とする高度資源管理指針が策定された。

3. 漁獲量および漁獲努力量の推移

(1) 漁獲量

海域全体の漁獲量は、1985年の3.4万トンから増加を続け、1998年には20.5万トンに達した(表2, 図3)。翌年の1999年には13.3万トンに減少したが、2008年まではおよそ10万～15万トンの範囲で増減を繰り返した。2009年には10万トンを切り減少が続き、2015～2017年は2万トン以下となった。2018年は、前年より1万トン増加して27,071トンであった。

沖合底びき網漁業(以下、沖底漁業とする)の漁獲量は、海域全体の漁獲量と同調してきた(表2, 図4)。1985年から1998年までは増加傾向で、1999年に10.4万トンに減少してから2008年までは概ね8万～13万トンの範囲で推移した。しかし、2010年に5万トンを下回った後も減少傾向が続き、2015年以降は1万トン以下で推移し、2017年には1985年以降で最も少ない4.8千トンとなった。2018年は12,755トンであった。

沿岸漁業の漁獲量は、1997年の4.0万トンと2003年の4.3万トンの2回ピークが見られた後、2010年までは2.3万～3.5万トンの範囲で増減を繰り返した(表2, 図5)。2011年は1.7万トンに減少し、2012年は一時的に2.5万トンに増加したが、その後は1万トン以下で推移し、2015年には1985年以降で最低の7.2千トンとなった。2017年には1万トンを上回るようになり、2018年は14,316トンであった。

(2) 漁獲努力量

2008年以降の沖底漁業と沿岸漁業の主要な地区および漁法の操業実績をまとめた漁獲努力量指数を図6に示した。上下半期ともに漁獲努力量指数は2008～2011年に減少傾向、2011～2014年に横ばい傾向で推移した。その後、2016年にかけて再び減少し、2017年下半期から若干増加している。自主規制が開始された2012年の下半期以降の漁獲努力量指数は、自主規制の基準年である2008～2010年の7割以下に削減され、2015年以降は5割以下で推移している。

4. 資源状態

(1) 現在までの資源動向

・漁獲尾数

これまでのホッケの年齢別漁獲尾数の推移をみると(図7)、下半期は0歳、上半期は1歳といったように若齢が漁獲主体となっており、加入に応じて各期の漁獲量が増減してき

たことがわかる。近年では、漁獲量が一時的に減少した2010年級、2014～2016年級の漁獲尾数が極端に少なく、これらに応じて漁獲量も減少している。直近では2017年級により2017年の下半期以降の漁獲量が増加に転じ、漁獲尾数の約8割は2017年級で構成されている。2018年級は下半期の0歳で0.3千万尾と2016年級と同様に非常に少ない漁獲尾数となっているが、これは自主規制による若齢魚保護も一因と考えられる。

ひとつの年級に着目して漁獲傾向をみると、1歳下半期には漁獲尾数が大きく減少する特徴がみられたが、2014年級以降でみるとその減少幅は小さくなり、2017年級は、0歳下半期の漁獲尾数が5.9千万尾に対し、1歳下半期は4.6千万尾とこれまでの年級と比べて減少幅は小さい。

・資源尾数および資源重量

VPAにより推定した下半期初め(7月初め)における資源尾数を図8に示した(推定方法は評価方法とデータの項を参照)。資源尾数は1990年代にかけて増加傾向となり、1997年には約22億尾に達した。その後、2008年までは0歳の加入が6億尾以上を維持したことで、資源尾数は12億～22億尾の範囲で推移してきた。2010年には、加入が0.8億尾と激減し、資源尾数は3.2億尾まで急減、翌年には2011年級の加入(7億尾)により一時的に7.8億尾まで回復した。しかしながら、2012年以降の年級は加入が2.5億尾以下と非常に少なく、特に2016年は0.2億尾と極端に少なかったため、資源尾数は0.9億尾まで減少した。2017年は2017年級の加入(3.5億尾)により資源尾数は3.9億尾に増加したが、後続の2018年級は0.9億尾と少なく、資源尾数は2.8億尾となっている。

なお、2018年級の加入尾数については、近年、自主規制により0歳を狙った漁獲がほとんど無い状況にあり、漁獲情報から加入尾数を推定することは非常に困難となっている。そこで、2018年級の加入尾数は、後述する調査船の計量魚探調査結果による指標値を参考に、2014年級の加入尾数と等しいと仮定した。したがって、翌年以降の漁獲情報の更新にともなって修正される可能性が高い不確定な値である。

資源重量は1992～2003年は30万トン前後、2004～2008年は20万トン前後で推移した(図9)。しかし、2009年以降は資源尾数とほぼ同じ傾向で減少しており、2016年には2.2万トンにまで減少した。2017年以降は2017年級の加入により5万トン前後で推移している。

・加入尾数指数

11月に0歳のホッケの主な着底場である宗谷海峡西方⁶⁾(沖底漁業の小海区「稚内ノース場」)において試験調査船北洋丸を用いて計量魚群探知機およびトロールによる調査を実施した。この調査の計量魚群探知機で0歳のホッケと判断された魚群の数と加入尾数には正の相関関係があり、2018年の魚群数は9個と2016年よりも多くなり、2014年と同程度であった(図10)。

上記のトロール調査で採集された0歳のホッケの平均体長は、加入尾数と負の相関関係にある(図11)。2018年の平均体長は217mm(±9mm)と2016年よりは小さく、2015年と同程度であった。ただし、2018年の値の範囲では、量的な関係は明瞭ではない。

10～12月の稚内ノース場における沖底漁業(かけまわし)による0歳のホッケ専獲のCPUEは加入尾数と正の相関がみられてきた(図12)。2018年のCPUEは0.3トン/網となり、過去最低の値となった。ただし、稚内ノース場漁場では、2015年頃より0歳魚の自主規制が強化されたこと、2018年漁期は重複した漁場でマダラ狙いの操業があり、網数が過大に計算される恐れがあることから、2018年の本指標値は過小と考えられる。

9～12月のオホーツク振興局管内における定置・底建網類によるホッケの漁獲量は、加入尾数と正の相関関係にある(図13)。2018年の漁獲量は83トンと2014～2016年と同程度の漁獲量となった。ただし、本指標値も漁業情報なので、自主規制等による影響を受けると考えられる。

加入量の指標として上記の4つがあるが、後者2指標は、漁業情報なので自主規制の影響を受けると考えられる。そこで、前者の試験調査船による2指標から、2018年級の加入量は2016年級よりも多く2014年級または2015年級並の豊度と判断し、2018年級の加入量として計量魚探調査の結果を参考に2014年級と等しいとした。

・産卵親魚量、加入尾数および再生産成功率(RPS)

各年級の加入尾数とその親魚量および再生産成功率(RPS:加入尾数÷親魚量)の推移を図14に示した。親魚量は1987年までは3万トン以下だったが、1995年級にかけて増加し10万トンを超えるようになった。2001年級までは9万トン前後で推移した後、減少傾向となり、2004年級には7万トン、2009年級には約3万トン、2012年級には1.4万トンにまで減少した。直近は、2016年級の低豊度により2018年級の親魚量が0.7万トンと過去最低を更新している。なお、2019年の親魚量については、2017年級の産卵加入により増加が見込まれる。

加入尾数は1996年級までは10億尾以下で推移し、1997年に18億尾のピークを示した。その後、2008年級までは数年おきに10億尾を超える高い加入が発生してきた。しかしながら、2010年に0.8億尾と非常に低い加入となり、その後も2012年級以降は2017年級を除いて3億尾以下の低い加入となっている。

1985～1988年級のRPSは20尾/kg以上と高く、その後の資源を増加させた。1990～1996年級のRPSは3～12尾/kgと低く推移したが、1997～2009年級は8～26尾/kgの範囲で比較的高い値で推移し、特に、2005～2008年級は親魚量が7万トン以下と少ないながらも10億尾前後を産み出す高いRPS(12.3～26.0尾/kg)が続いたことがわかる。しかし、2010年級はRPSが2尾/kgと極端に低下し、これをきっかけに親魚量は急減した。2013年級以降は2017年を除いてRPSが10尾/kg以下と非常に低い年が頻発するようになっている。なお、2018年級はRPSが13.2尾/kgとなっているが、資源尾数を仮定値としているため後に更新される。

RPSは秋～冬の道北-道央日本海の表面水温との関連が報告されており⁶⁾、資源生態学的な因果関係を研究中である。例えば、12月の道北日本海沖合における表面水温が高いほどRPSが低い傾向が見られることがわかってきた(図15)。このように、RPSの低下は初冬の高水温による影響が示唆され、2010年級については夏の高水温の関与も指摘されている⁷⁾。

ここで、加入量が不確実な 2018 年級に対応する初冬の水温は低く好適とみられるが、産み出した親魚量は 0.7 万トンと過去に経験のない低い水準にあり、高い加入は期待できないであろう。また、経年的にみると近年は高水温になる年が多く、今後も再生産成功率の低い年が多くなると考えられる。

(2) 2018 年度の資源水準：低水準

2018 年度の資源水準を資源重量の推移に基づいて判断した。1995～2014 年の資源重量の平均を 100 として標準化し、水準指数が 100 ± 40 の範囲を中水準、その上下をそれぞれ高水準および低水準とした（図 16）。2018 年は資源水準指数が 29 となり「低水準」と判断した。

(3) 今後の資源動向：横ばい

2019 年の予測資源重量について、1 歳以上を VPA の前進計算で得られる資源尾数に最近 3 年（2016～2018 年）平均の年齢別体重を乗じて計算した。2019 年の 1 歳以上の資源重量は、2018 年の 0.8 倍に減少すると計算された。前進計算できない 2019 年の 0 歳の加入については、親魚量が 2017 年級の産卵加入により増加（前進計算で 3.8 万トン）が予測され、0 歳の加入量は 2018 年よりも増加すると考えられる。ただし、0 歳の増加と 1 歳以上の減少の定量的な比較はできないため、資源動向を横ばいと判断した。

5. 資源の利用状況

(1) 漁獲係数 F および漁獲割合

全年齢への漁獲割合（漁獲尾数÷資源尾数）および漁獲係数 F の推移を図 17 に示した。通年の漁獲割合と F は同様に变化しており、1985 年以降では 1992 年にかけて低い値となったが、2003 年までは概ね漁獲割合で 0.4、 F で 0.6 以下の範囲で推移した。2004 年以降は F で 0.6 よりも高くなる年が多くなり、2004、2010、2012 年には F で 0.8 を超える非常に高い状況となった。2004 年以降に 10 万トン前後の高い漁獲量を維持できたのは、高い再生産成功率が支えていたからであり、一方では加入依存の漁獲となることで親魚量は大きく減少していった。2015 年以降、漁獲割合で 0.4、 F で 0.5 以下となる年が見られるようになり、自主規制が行われた 2012 年以降の F を基準年（2008～2010 年）の平均との比率で示すと、2012 年 1.01、2013 年 0.96、2014 年 0.76、2015 年 0.47、2016 年 0.76、2017 年 0.32、2018 年が 0.42 となり、2015 年以降は漁獲強度の顕著な低下がうかがえる。

さらに、 F の推移を年齢別に見ると、下半期の 0 歳では 2014 年から、上半期の 1 歳では 2015 年からそれぞれ低下しており、最近の全年齢の F が低下しているのは、若齢に対する漁獲圧の削減によるところが大きい（図 18）。しかしながら、これらの低下割合は漁獲努力量指数の低下割合より小さいため、漁獲努力量あたりの漁獲効率が高くなっていることも示唆される。

(2) 再生産関係と加入量あたりの漁獲量（YPR）および加入量あたりの親魚量（%SPR）

再生産関係を図 19 に、SPR 曲線および YPR 曲線を図 20 に示した。現状の F (F_{cur}) を最近 3 年 (2016～2018 年) 平均とし、全年齢の値で表すと 0.40 であった。この値は、1985 年以降のデータから求めた $F_{med1985}$ (0.65)、資源状態が悪化した 2009 年以降のデータから求めた $F_{med2009}$ (0.60) よりも小さかった。このことから、現状の漁獲強度は、資源を維持できる値と考えられる。ただし、2010 年級以降、RPS が平均値 (13.8) よりも低くなる年が多く、2016 年級のように平均値の 1/10 以下といった低 RPS の年級も出現しているため、今後、低い RPS が継続すると資源の維持は困難となる。

F_{cur} は F_{max} (0.29) よりも大きいことから (図 20)、 F を F_{max} まで下げることで加入量あたりの漁獲量 (YPR) を増やすことができ、%SPR も 5.4 ポイント上昇させることができる。したがって、現在の漁獲強度は資源の有効利用および資源回復の両方の観点から過大と判断される。

小型若齢魚の 3 齢期 (0 歳, 1 歳上半期, 1 歳下半期) の F を現状の F から変化させた場合の YPR と %SPR の変化を調べた (図 21)。このうち、YPR と %SPR がともに効果的に上昇したのは、1 歳上半期の F を下げる場合である。0 歳の F を下げる場合では、YPR と %SPR がともに上昇するが 1 歳上半期と比べるとその度合いは小さい。1 歳下半期の F を下げる場合では、%SPR は上昇するが YPR はそれほど上昇しない。1 歳下半期は 1 歳秋の初回産卵前あたり、魚体重は十分に成長しているため YPR は期待できないが、%SPR の上昇は期待できる。

大型高齢魚の F を現状の F から変化させることを想定し、2 歳上半期のみおよび 2 歳下半期のみを下げると、%SPR は緩やかに増加するものの、YPR は横ばいもしくは緩やかに減少した (図 22)。

(3) 結論

2015 年から主に若齢魚に対する漁獲強度の低下がうかがえ、現状の漁獲強度は自主規制当初に想定した水準まで低下していると判断された。しかしながら、加入量や再生産成功率の低い年級が頻発し、親魚量が過去最低水準にまで低下していることから、親魚量を回復させるための具体的で継続的な管理措置が必要である。

親魚量と産卵期の水温環境から期待できる加入豊度を予測するモデルが構築されており⁸⁾、この予測モデルでは、親魚量がおおむね 3 万トン以下では産卵期の水温が高いと加入豊度が低くなることが示されている。このように、ホッケにとっての水温環境が悪く再生産成功率の低い年が続くことを想定した親魚量を確保する管理方策も必要である。

直近では、比較的豊度の高い 2017 年級を保護し複数年産卵させ、親魚量の回復をはかることが重要である。また、1 歳上半期を主とした若齢魚の漁獲強度の低減により親魚量を回復できる余地があることが示されている。ただし、本資源では、小型魚と大型魚を対象とする漁業や海域が異なるため、管理措置の実践に向けては漁業調整上の検討を並行して行うことが重要と考えられる。

評価方法とデータ

(1) 資源評価に用いた漁獲統計

沿岸漁業の漁獲量	・ 漁業生産高報告（ただし 2018 年は水試集計速報値） 後志～オホーツク振興局
沿岸漁業の漁獲努力量	・ 代表地区における刺し網および底建網の延べ出漁隻数，出漁日数， 使用反数など（水試および北海道水産林務部漁業管理課調べ） 後志～オホーツク振興局
沖底漁業の漁獲量 および漁獲努力量	・ 北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報（北水研・水産庁） 中海区「北海道日本海」ならびに「オコック沿岸」

漁獲統計は年別および半年別（1～6月を上半期，7～12月を下半期）に集計した。

沖底漁業の漁獲努力量は，1997年以降のかけまわし船による専獲曳網回数（以下，専獲網数）を集計した。便宜的に，専獲網数はホッケの漁獲量が50%以上を占める日の曳網回数とした。

沿岸漁業の漁獲努力量と沖底漁業のかけまわし船による専獲網数を用いて，(1)式により漁獲努力量指数を計算した。

$$E'_y = \sum \frac{E_{iy}}{\bar{E}_i} \cdot \frac{C_i}{\bar{C}} \quad (1)$$

ここで， E'_y は y 年の漁獲努力量指数， E_{iy} は i 海域漁業区分 y 年の漁獲努力量， \bar{E}_i は i 海域漁業区分の漁獲努力量の2008～2018年の平均， C_i は i 海域漁業区分の漁獲尾数の2008～2018年の平均， \bar{C} は全漁獲尾数の2008～2018年の平均である。

(2) 加齢の基準と年齢別漁獲尾数の推定方法

半年ステップでVPAを行うために，1月1日に加算される満年齢とは別に，1月1日および7月1日の半年ごとに1齢ずつ加算される齢期を設定した（表3）。最若齢の1齢を下半期の0歳，最高齢の9+齢を下半期の4歳以上とした。

漁獲物の生物測定および漁獲統計調査によって得られた年齢，体重，銘柄別漁獲量などを用い，上半期は2，4，6，8+齢，下半期は1，3，5，7，9+齢の齢期別に年齢別漁獲尾数を推定した。年齢査定方法は，日本海では，2004年以降は耳石観察¹⁾，それ以前は耳石の年齢査定によって得られた体長と年齢の関係から海域別，漁法別，半年別のAge-Length Keyを作成し，体長組成を年齢組成に変換する方法^{9,10)}を用いた。ただし，2004年以降でも，体長が小さく明らかに1齢と判断される個体の耳石観察は省いた。オホーツク海では，2011および2012年は耳石観察，2010年以前と2013年以降は基本的に銘柄別漁獲量を年齢組成に変換した。

(3) 資源量の計算方法

Pope¹¹⁾の近似式を用いたVPAにより齢期別資源尾数を算出し、下半期初め(7月1日)の資源尾数を年別資源尾数とした。年別資源尾数に、下半期初めの齢期別平均体重を乗じて年別資源重量を算出した。2004年下半期以降の齢期別平均体重は、年別に生物測定と年齢査定の結果から計算した。2004年上半期以前の齢期別平均体重は、上半期は2005～2010年、下半期は2004～2010年の平均で一定とした。解析に用いたパラメータを表4に、具体的方法を以下に示す。

上半期の2, 4, 6, 8+齢の資源尾数は(2)式を用いて下半期から求めた。下半期の1, 3, 5齢の資源尾数は(3)式で上半期から求めた。下半期の7齢と9+齢はそれぞれ(4)式と(5)式で求めた¹²⁾。ただし、最近年の下半期の資源尾数については、3, 5, 7, 9+齢は(6)式により求めた。最近年の1齢(2018年級)の資源尾数は、自主制限により漁獲が少なくなる傾向にあり、(6)式から求めることは困難である。そこで、いくつかある加入指標から加入量を求めた(表5)。4つの指標のうち、漁獲の自主制限の影響を受けない試験調査船による2つの調査結果から、2018年級の加入量は2014または2015年級並みの豊度とみられ、ここでは計量魚探調査の結果を参考にして2014年級の加入量と等しいとした。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y} \cdot e^M + C_{a,y} \cdot e^{M/2} \quad (2)$$

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot e^M + C_{a,y} \cdot e^{M/2} \quad (3)$$

$$N_{7,y} = \frac{C_{7,y}}{C_{7,y} + C_{9+,y}} \cdot N_{8+,y+1} \cdot e^M + C_{7,y} \cdot e^{M/2} \quad (4)$$

$$N_{9+,y} = \frac{C_{9+,y}}{C_{7,y} + C_{9+,y}} \cdot N_{8+,y+1} \cdot e^M + C_{9+,y} \cdot e^{M/2} \quad (5)$$

$$N_{a,2018} = \frac{C_{a,2018}}{1 - e^{-F_{a,2018}}} \cdot e^{M/2} \quad (6)$$

ここで、 N は資源尾数、 C は漁獲尾数、 M と F はそれぞれ半年あたりの自然死亡係数¹³⁾および漁獲係数、添え字の a と y はそれぞれ齢期と年を表す。

1～8+齢の F は(7)式から求め、9+齢の F は7齢と等しいとした¹⁴⁾。

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \cdot e^{M/2}}{N_{a,y}}\right) \quad (7)$$

最近年下半期の F については、1齢については資源尾数(表5)を(7)式に代入して求め

た。最近年の3, 5, 7, 9+齢については、漁獲努力量は低下してきており2015年以降では低い値で安定していることから、過去3年(2015～2017年)の平均とした。

VPAで求まる齢期別半年あたりの F とは別に、全年齢の通年の F を(8)式により、齢期ごとの資源尾数により加重平均して求めた。

$$F_y = -\ln\left(1 - \frac{c_y \cdot e^M}{N_{1,y} + N_{2,y} + N_{4,y} + N_{6,y} + N_{8+,y}}\right) \quad (8)$$

上半期および下半期の漁獲割合は、漁獲尾数を資源尾数で除して求めた。通年の漁獲割合は、全年齢の漁獲尾数を、上半期の2, 4, 6, 8+齢および下半期の1齢の資源尾数の合計で除して求めた。

本種の産卵期は下半期の終盤であることから、産卵親魚量は翌年上半期初めの資源尾数などを用いて(9)式で推定した。実際に y 年級が産卵されるのは $y-1$ 年であるが、年をそろえるため、便宜的に、 y 年級の親魚量を S_y とした。

$$S_y = N_{4,y} \cdot w_3 \cdot m_3 + N_{6,y} \cdot w_5 \cdot m_5 + N_{8,y} \cdot w_7 \cdot m_7 + N_{10+,y} \cdot w_{9+} \cdot m_{9+} \quad (9)$$

ここで、 w は産卵期の平均体重、 m は加入尾数によって変化する成熟率¹⁵⁾を表す。2005年級以降の平均体重は、年別に生物測定と年齢査定の結果から計算し、2004年級以前の体重は2005～2010年の平均で一定とした。 $N_{8,y}$ はVPAの前進計算である(10)式で求めた。ただし、VPAの最初の年である $N_{8+,1985}$ のみ(11)式で求めた。 $N_{10+,y}$ は $N_{8+,y}$ から $N_{8,y}$ を差し引いて求めた。

$$N_{8,y} = N_{7,y-1} \cdot e^{-F_{7,y-1}-M} \quad (10)$$

$$N_{8+,1985} = N_{8+,1985} \cdot (1 - e^{-F_{8+,1985}-F_{9+,1985}-2M}) \quad (11)$$

文 献

- 1) 高嶋孝寛, 星野 昇, 板谷和彦, 前田圭司, 宮下和士. 耳石断面観察によるホッケ道北群の年齢査定法と年齢-サイズ関係. 日水誌 2013; 79: 383-393.
- 2) Takahiro Takashima, Nozomi Okada, Hiroki Asami, Noboru Hoshino, Osamu Shida, and Kazushi Miyashita. Maturation process and reproductive biology of female Arabesque greenling *Pleurogrammus azonus* in the Sea of Japan, off the west coast of Hokkaido. *Fish. Sci.* 2016; 82: 225-240.
- 3) 星野昇, 坂口健司, 鈴木祐太郎. ホッケの生態に応じたサイズ選択漁獲の可能性と問題点. 月刊海洋 2017; Vol. 49 No. 9: 497-503.

- 4) 石垣富夫, 中道克夫. ホッケの研究(VI)行動, 食性および棲息条件. 北水誌月報 1957; 15(1): 4-13.
- 5) 鈴木祐太郎. 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, 2017; 833. (オンライン), 入手先 <<http://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima833.pdf>>
- 6) 前田圭司, 板谷和彦, 後藤陽子, 鈴木祐太郎, 高嶋孝寛, 浅見大樹, 品田晃良, 田中伸幸, 室岡瑞恵, 城幹昌, 藤岡崇, 岡田のぞみ. ホッケ(道央日本海～オホーツク海海域・道南日本海～道南太平洋海域). 「受託研究 漁業生物の資源・生態調査及び資源管理手法開発試験調査業務 資源管理手法開発試験調査報告書」 地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部, 余市. 2013; 1-77.
- 7) 高嶋孝寛. ホッケ道北群資源の衰退と今後の展望. 北水誌だより 2012; 85: 1-6.
- 8) 品田晃良, 坂口健司, 鈴木祐太郎. ホッケ(道央日本海～オホーツク海海域・道南日本海～道南太平洋海域). 「受託研究 漁業生物の資源・生態調査及び資源管理手法開発試験調査業務 資源管理手法開発試験調査報告書-9章再生産モデルの構築」 地方独立行政法人北海道立総合研究機構水産研究本部, 余市. 2018; 42-43
- 9) 高嶋孝寛. ホッケ道北群資源の評価手法構築に関する研究. 博士論文, 北海道大学, 2016.
- 10) 星野 昇. 北海道日本海産マダラにおける漁獲物年齢組成の推定方法. 北水誌研報 2010; 77: 35-44.
- 11) Pope, J. G. An Investigation of accuracy of virtual population analysis using Cohort Analysis. *Res. Bull. int. Comm. Northw. Atlant. Fish.* 1972; 9: 65-74.
- 12) 平松一彦. VPAの入門と実際. 水産資源管理談話会報 1999; 20: 9-28.
- 13) 入江隆彦. 7. ホッケ道北群でのコホート解析. 「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), 恒星社厚生閣, 東京. 1983; 91-103.
- 14) 平松一彦. VPA (Virtual Population Analysis). 「平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書-資源解析手法教科書-」 日本水産資源保護協会, 東京. 2001; 104-128.
- 15) 坂口健司, 鈴木祐太郎, 秦 安史, 浅見大樹, 高嶋孝寛. 北海道北部海域に分布するホッケの資源量減少にともなう体サイズの変化とその親魚量への影響. 北水誌研報 2018; 93: 51-57.

表1 道央日本海～オホーツク海における沖底漁船の隻数

年	網走港		紋別港		枝幸港		稚内港		留萌港	小樽港		計	
	か	オ	か	オ	か	オ	か	オ	か	オ	か	オ	計
1997	8	7	2	3	7	12	3	9	14	37			
1998	8	7	2	3	7	11	3	9	14	36			
1999	3	3	2	2	7	9	3	9	10	28			
2000	3	3	2	1	6	8	3	9	9	26			
2001	3	3	2	1	6	6		9	9	21			
2002	3	3	2	1	4	6		9	7	21			
2003	3	3	2	1	4	6		9	7	21			
2004	3	3	2	1	4	6		9	7	21			
2005	3	2	2	1	2	6		9	4	21			
2006	3	2	2	1	2	6		9	4	21			
2007	3	2	2	1	2	6		9	4	21			
2008	3	2	2	1	2	6		9	4	21			
2009	3	2	2	1	2	6		6	4	18			
2010	3	2	2	1	2	6		6	4	18			
2011	3	2	2	1	1	6		6	3	18			
2012	3	2	2	1	1	6			6→4*	3	18→16*		
2013	3	2	2	1	1	6			4	3	16		
2014	3	2	2	1	1	6→5**			4	3	16→15**		
2015	3	2	2	1	1	5			4	3	15		
2016	3	2	2	1	1	5			4	3	15		
2017	3	2	2	1	1	5			4	3	15		
2018	3	2	2	1	1	5			4	3	15		

か: かけまわし船, オ: オッタートロール船
 *: 2012年9月から2隻減船, **: 2014年11月から1隻減船

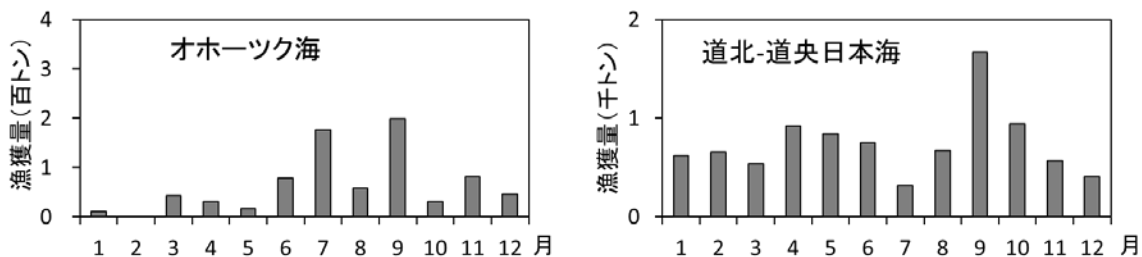


図1 道央日本海～オホーツク海における沖底漁業によるホッケの月別漁獲量 (2014～2018年の平均)

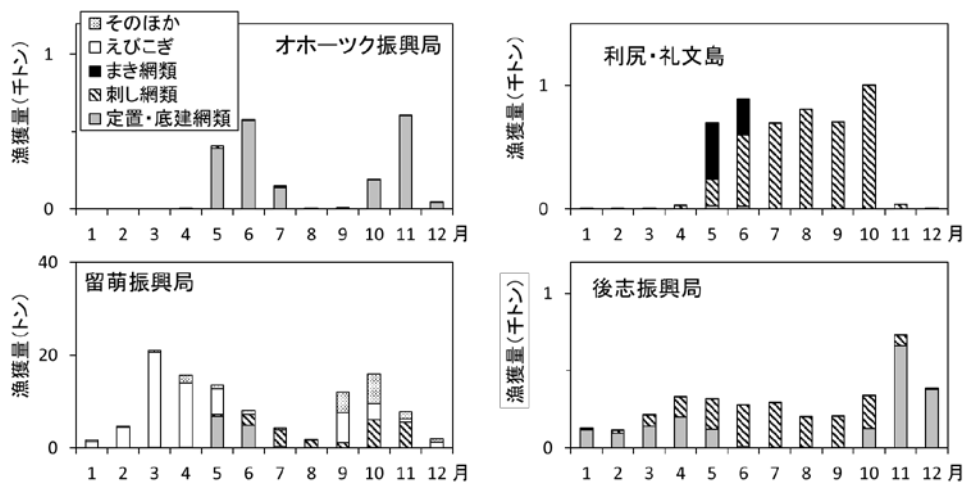


図2 道央日本海～オホーツク海の沿岸漁業によるホッケの月別漁業種類別の漁獲量 (2014～2018年の平均)

表2 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの漁獲量(トン)

年	沖合底びき網漁業			沿岸漁業							合計
	オホーツク海	道北-道央 日本海	小計	オホーツク	利尻・ 礼文島	その他 宗谷	留萌	石狩	後志	小計	
1985	10,814	7,571	18,384	3,349	6,212	126	307	2	5,780	15,777	34,161
1986	17,563	12,090	29,654	7,376	4,352	559	335	0	3,462	16,083	45,737
1987	20,457	20,452	40,909	6,695	8,098	416	372	5	3,025	18,612	59,521
1988	17,909	23,366	41,275	7,034	8,607	484	608	8	7,715	24,455	65,730
1989	24,887	25,105	49,992	5,080	6,635	307	798	18	5,832	18,670	68,661
1990	22,734	52,984	75,719	5,499	9,049	201	528	10	5,564	20,850	96,569
1991	18,846	48,505	67,351	3,840	14,055	75	312	6	5,120	23,408	90,758
1992	4,749	35,041	39,790	5,399	10,929	100	729	40	9,485	26,682	66,472
1993	23,389	52,199	75,588	7,574	11,049	187	742	17	6,670	26,238	101,827
1994	16,865	77,369	94,234	5,751	10,784	80	727	4	7,902	25,249	119,483
1995	10,478	108,187	118,665	8,837	12,050	351	902	1	8,177	30,318	148,983
1996	25,391	81,310	106,701	12,380	12,975	215	648	10	11,533	37,763	144,464
1997	23,657	106,621	130,277	12,006	9,883	202	511	4	16,980	39,587	169,864
1998	42,930	124,626	167,556	13,020	10,773	66	616	3	13,051	37,530	205,086
1999	15,788	88,431	104,219	10,034	6,310	512	327	6	11,982	29,171	133,390
2000	22,985	86,252	109,237	10,033	6,638	93	397	25	10,189	27,374	136,611
2001	14,249	84,316	98,565	5,601	8,287	107	333	17	16,147	30,492	129,057
2002	17,771	67,281	85,053	13,480	8,533	465	304	28	13,969	36,780	121,833
2003	23,492	73,981	97,473	12,032	10,416	590	347	29	19,602	43,017	140,491
2004	41,205	84,405	125,610	10,787	5,447	263	343	17	8,757	25,614	151,225
2005	18,688	79,775	98,463	8,565	6,886	182	212	9	7,477	23,330	121,794
2006	12,557	55,560	68,117	10,407	6,550	355	261	6	12,923	30,502	98,620
2007	18,657	83,530	102,187	5,125	6,509	135	234	4	11,055	23,063	125,250
2008	26,803	85,689	112,492	10,272	5,683	488	340	6	17,966	34,754	147,246
2009	10,532	60,094	70,626	7,669	4,913	415	354	22	12,318	25,690	96,316
2010	4,515	39,717	44,231	5,249	6,173	64	471	26	10,861	22,844	67,075
2011	8,171	28,281	36,452	2,964	5,853	77	497	19	7,221	16,631	53,083
2012	7,859	29,391	37,250	11,105	6,360	352	435	3	6,463	24,717	61,967
2013	3,664	28,413	32,077	3,294	5,886	66	199	2	4,771	14,219	46,296
2014	504	15,317	15,820	1,259	3,806	4	223	1	4,675	9,968	25,789
2015	160	8,252	8,411	436	3,717	2	54	1	2,998	7,207	15,618
2016	149	6,364	6,513	230	5,281	5	64	0	3,657	9,238	15,752
2017	760	4,047	4,806	4,202	5,096	502	72	0	2,096	11,969	16,775
2018	2,288	10,467	12,755	3,713	6,296	7	131	0	4,169	14,316	27,071

資料A:「北海道沖合底曳網漁業漁場別漁獲統計年報」(北水研):試験操業含む

資料B:「漁業生産高報告」(北海道水産林務部)

オホーツク海:資料A, オコック沿岸(旧:オホーツク)の計

道北-道央日本海:資料A, 北海道日本海(旧:道西)の計

オホーツク:資料B, 沖合底びき網漁業と遠洋底びき網漁業を除くオホーツク振興局管内

利尻・礼文:資料B, 利尻島および礼文島

その他宗谷:資料B, 沖合底びき網漁業と利尻島および礼文島を除く宗谷振興局管内

留萌:資料B, 沖合底びき網漁業を除く留萌振興局管内

石狩:資料B, 沖合底びき網漁業を除く石狩振興局管内

後志:資料B, 沖合底びき網漁業を除く後志振興局管内(北緯43度40分以北での操業を含む)

注)2018年の沿岸漁業は水試集計速報値

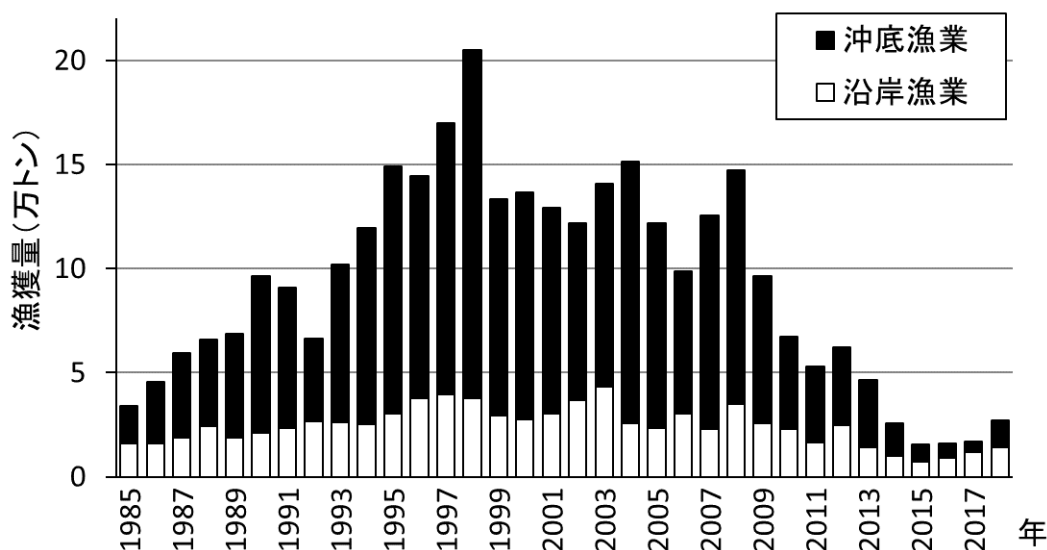


図3 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの漁獲量

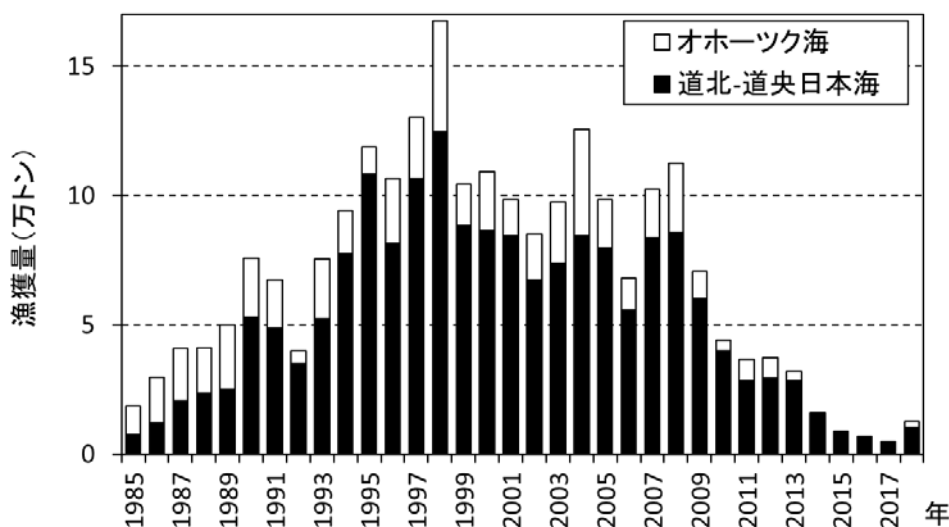


図4 道央日本海～オホーツク海における沖底漁業によるホッケの漁獲量

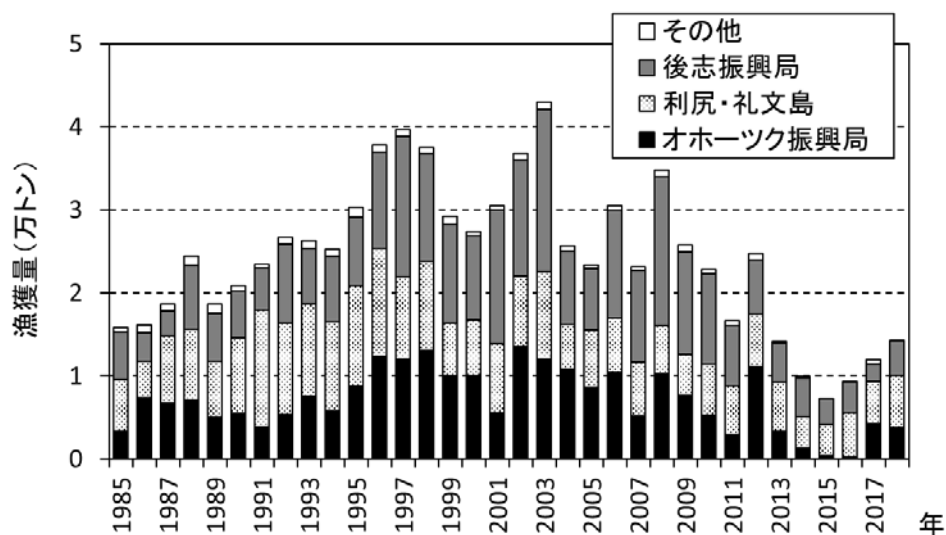


図5 道央日本海～オホーツク海における沿岸漁業によるホッケの漁獲量

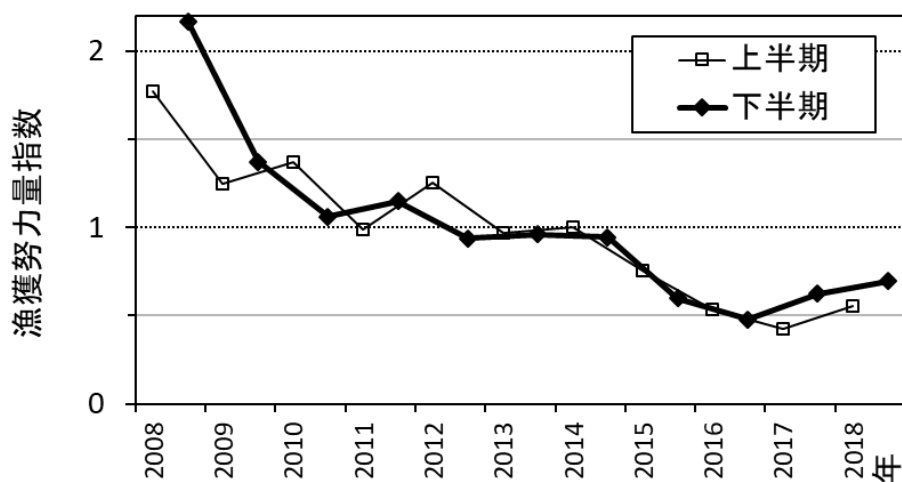


図6 道央日本海～オホーツク海におけるホッケを対象とした漁獲努力量指数

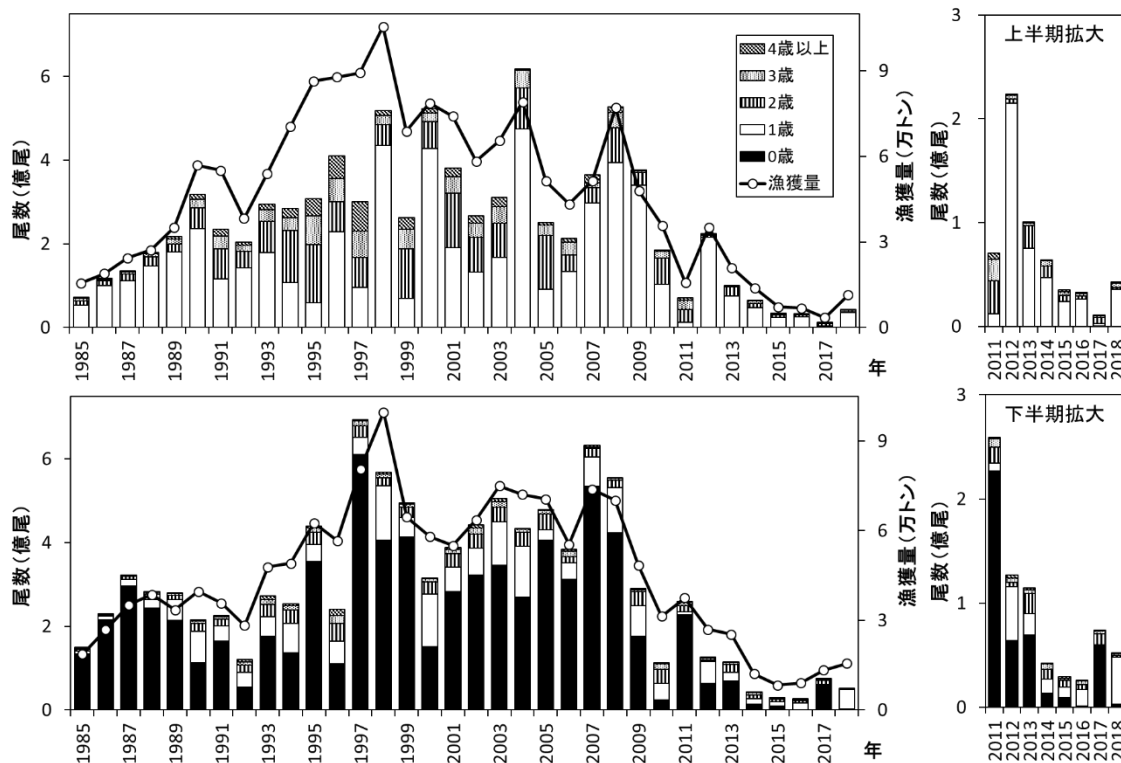


図7 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの年齢別漁獲尾数（上半期:1～6月, 下半期:7～12月）
（右図は2011年以降の拡大表示）

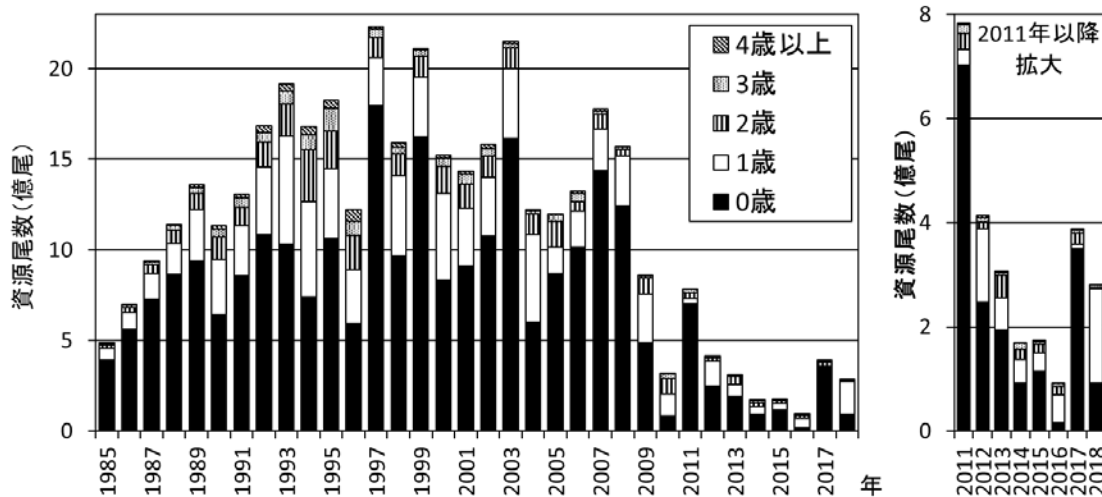


図8 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源尾数（下半期初め:7月初め）
（右図は2011年以降の拡大表示）

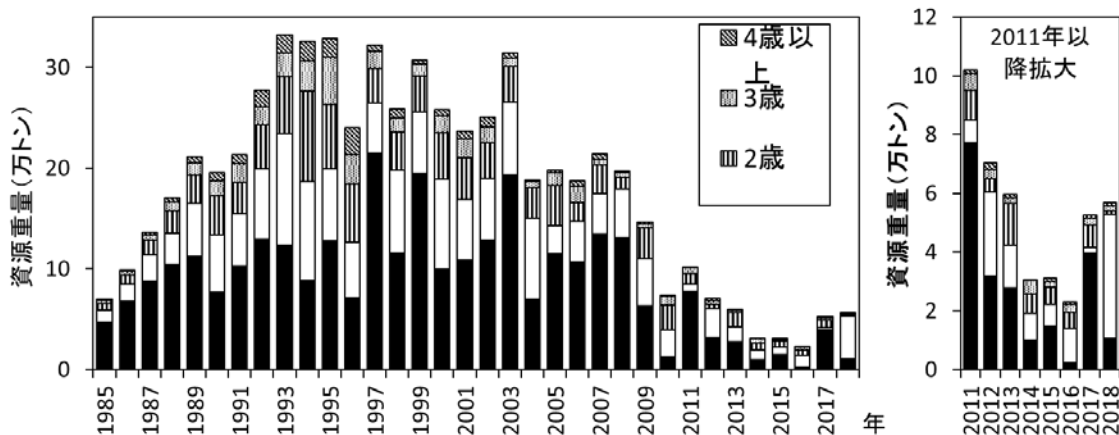


図9 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源重量(下半期初め:7月初め)

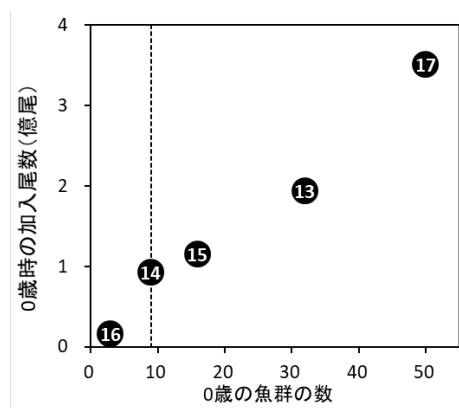


図10 11月の宗谷海峡西の稚内ノース場で調査船北洋丸の計量魚探調査により観察された0歳のホッケ魚群の数と加入尾数の関係

※数字は年級の下2桁, 点線は2018年の魚群数(9個)を示す

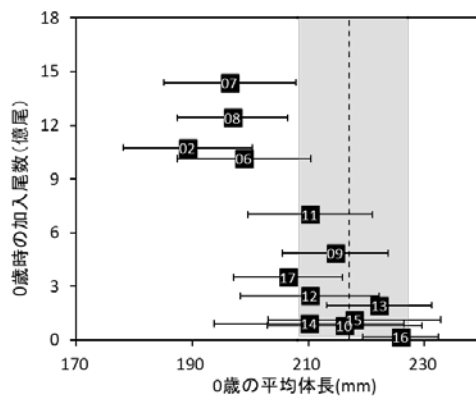


図11 図10と同じ調査においてトロールで採集された0歳のホッケの平均体長と加入尾数の関係

※数字は年級の下2桁, 点線は2018年の平均体長(217mm)を示す

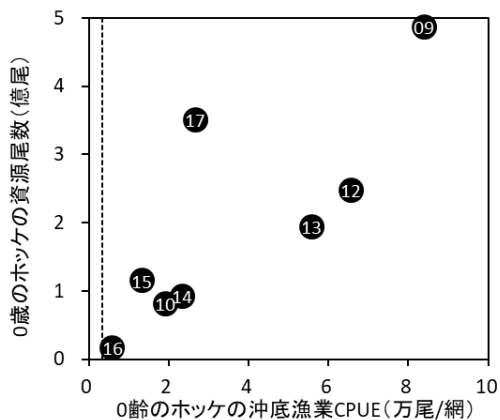


図12 10～12月の稚内ノース場における沖底漁業(かけまわし)による0歳のホッケ専獲のCPUEと加入尾数の関係

※数字は年級の下2桁, 点線は2018年のCPUE(0.3万尾/網)を示す

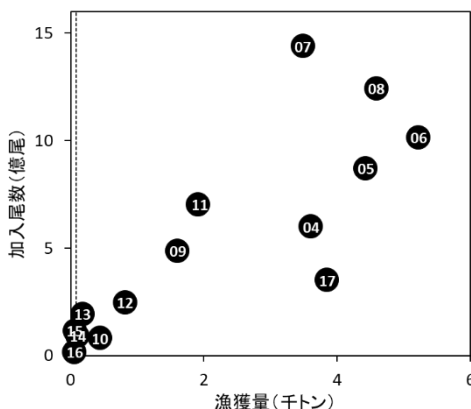


図13 9～12月のオホーツク振興局管内の定置・底建網類によるホッケの漁獲量と加入尾数の関係

※数字は年級の下2桁, 点線は2018年の漁獲量(83トン)を示す

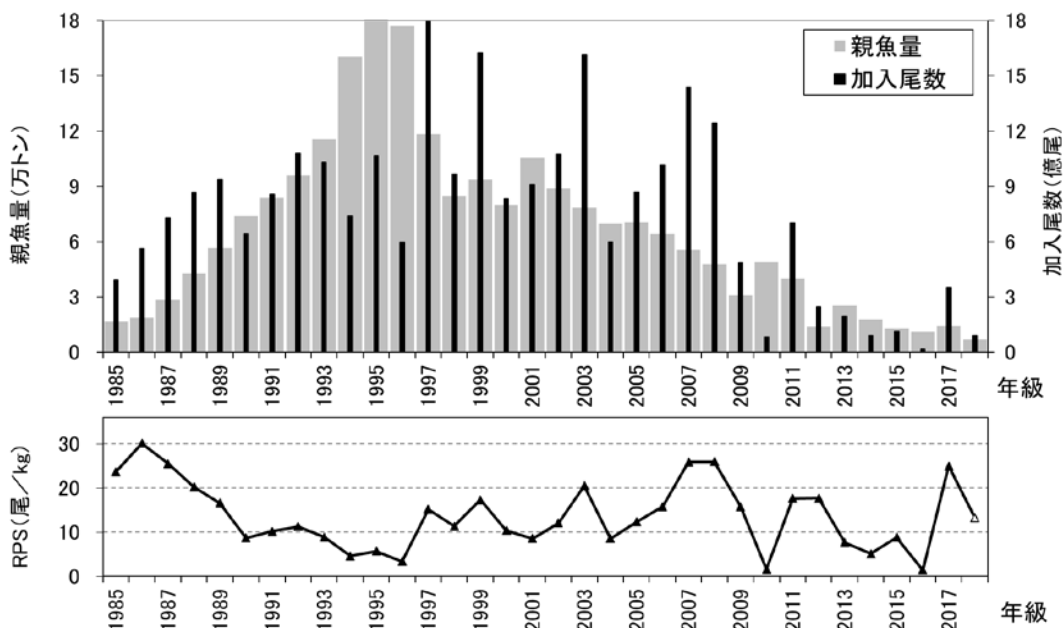


図 14 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの親魚量と加入尾数(上)および再生産成功率(RPS, 下)の経年変化(親魚量は各年級を産んだ親の重量, 加入尾数は 0 歳の資源尾数, 再生産成功率(RPS)は「加入尾数÷親魚量とした」)

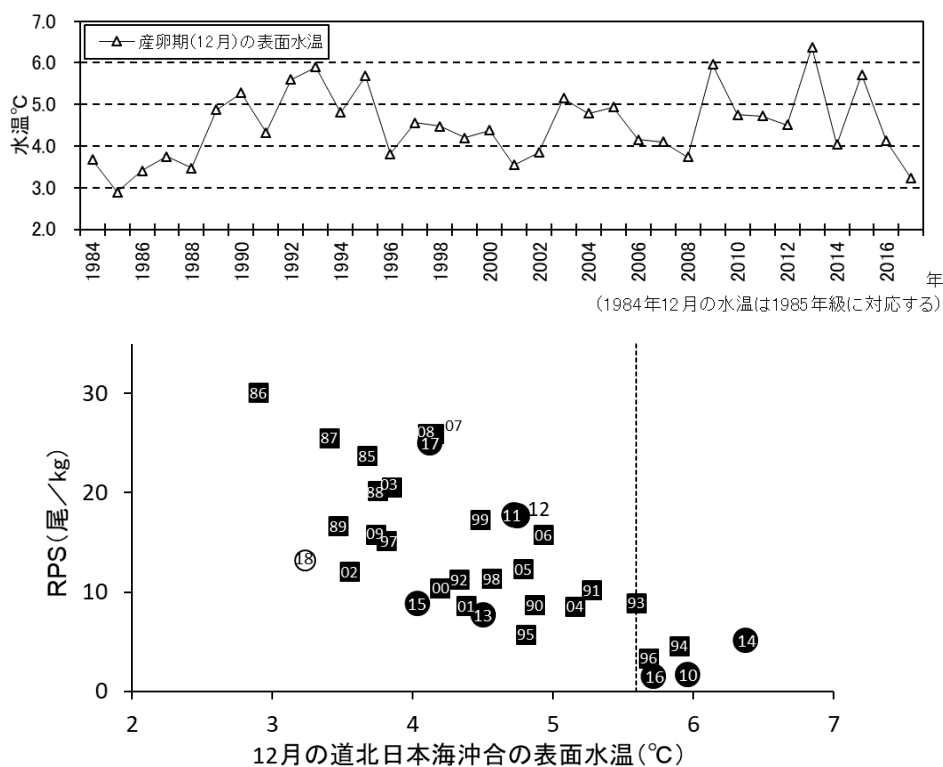


図 15 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの産卵期にあたる 12 月の表面水温の推移(上), および水温と RPS との関係(下)

※全世界海洋情報サービスシステムから入手した北緯 44-45°, 東経 137-138° の 12 月の表面水温
 下図の数字は RPS の年級の下 2 桁, 点線は 2019 年級の RPS に対応する 2018 年の水温(5.6°C)を示す
 凡例は 2009 年級まで■, 2010 年以降を●とした。2018 年級は加入量が仮定値のため⑩とした

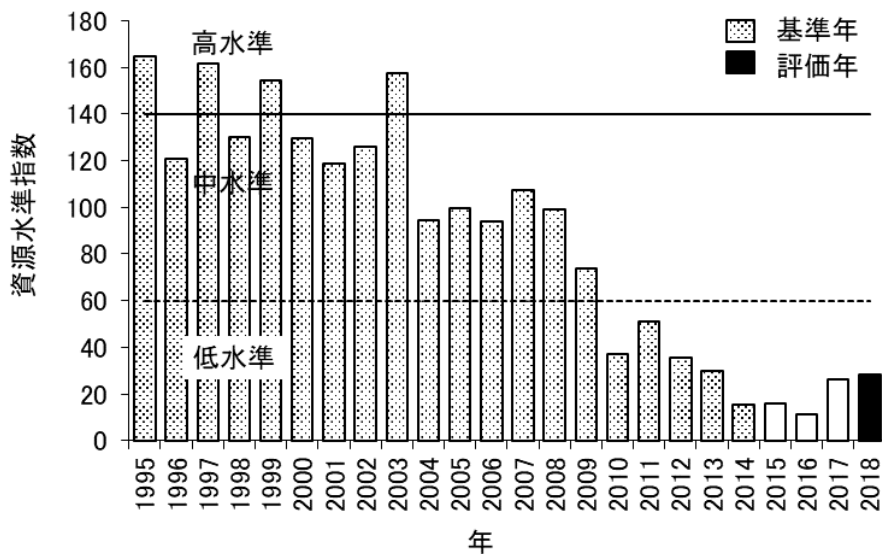


図 16 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源水準指数 (資源状態を示す指標: 資源重量)

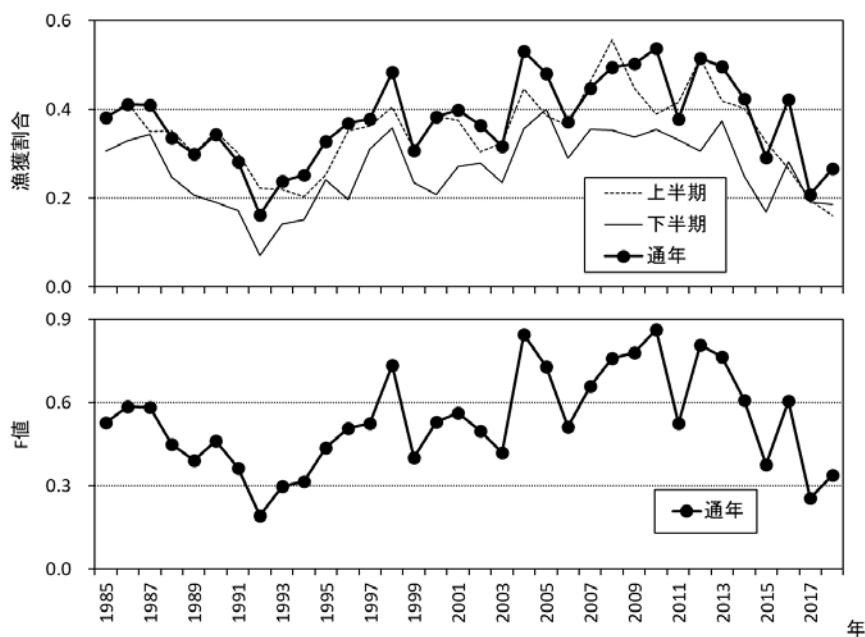


図 17 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの漁獲割合(漁獲尾数÷資源尾数, 上) および全年齢の通年の漁獲係数 F (下)の経年変化 (全年齢の漁獲係数 F は, (8)式から各齢の資源尾数により加重平均して求めた)

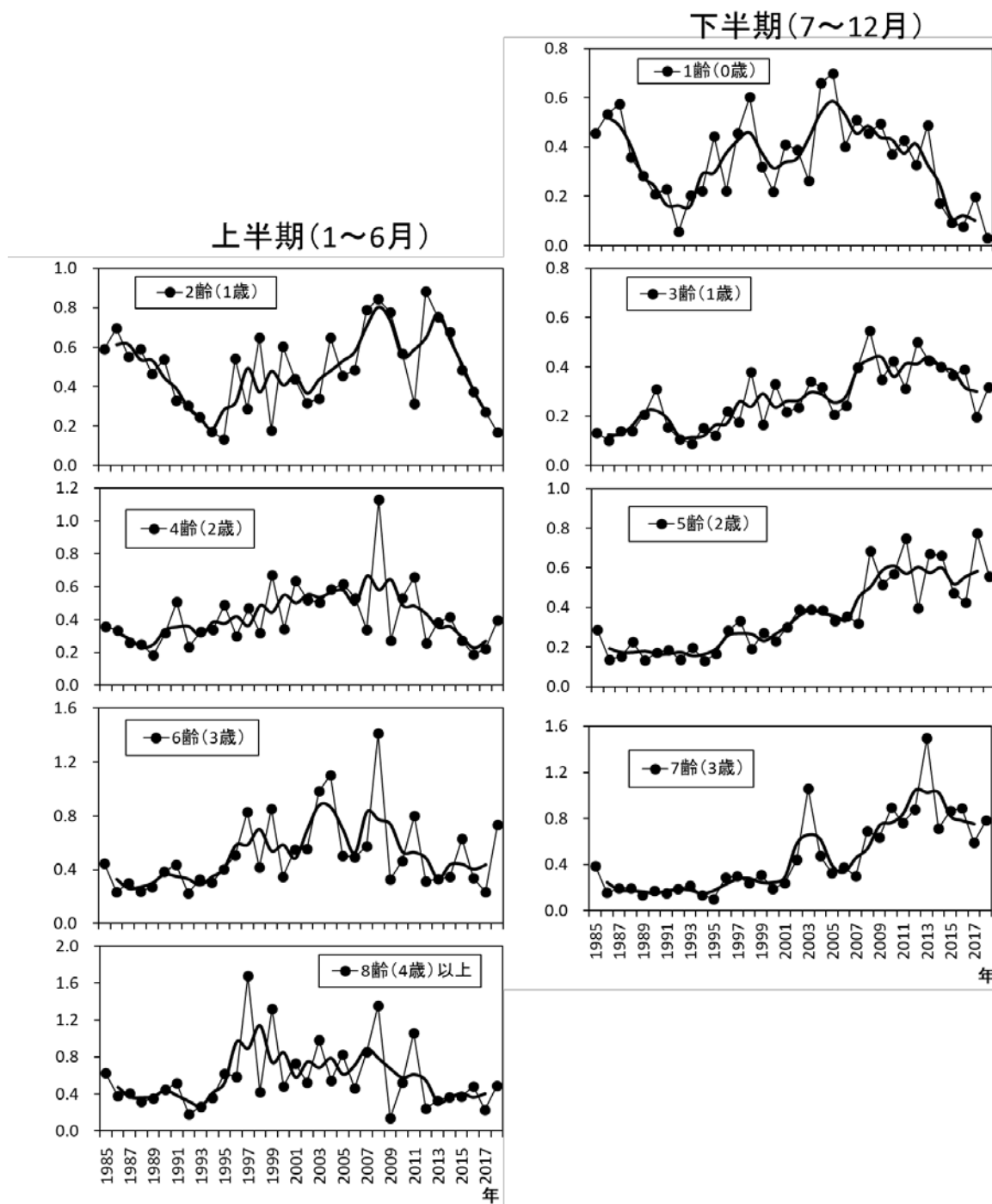


図 18 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの年齢別半期別の漁獲係数(F)
 (2018年の下半期の0歳は資源尾数と漁獲尾数からの計算値, 1～3歳は過去3年の平均値)

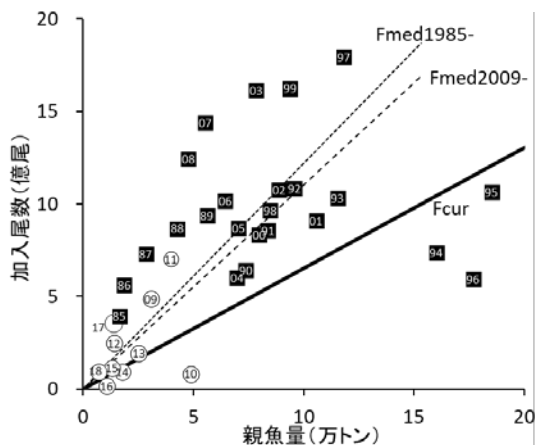


図 19 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの再生産関係
 ※数字は年級の下 2 桁を示す。
 ※ $F_{med1985-}$, $F_{med2009-}$ は表 4 参照。

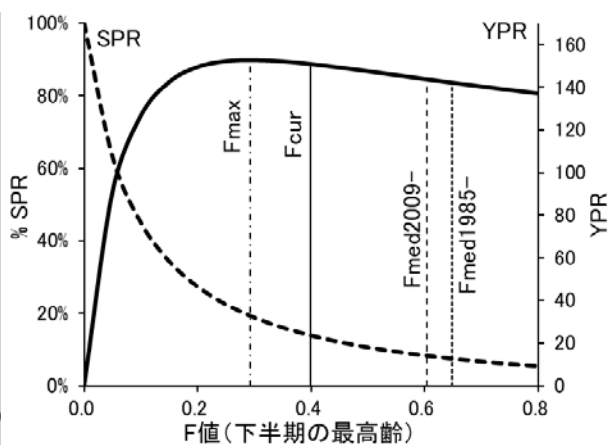


図 20 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの SPR 曲線および YPR 曲線
 ※ F_{max} などは表 4 参照。

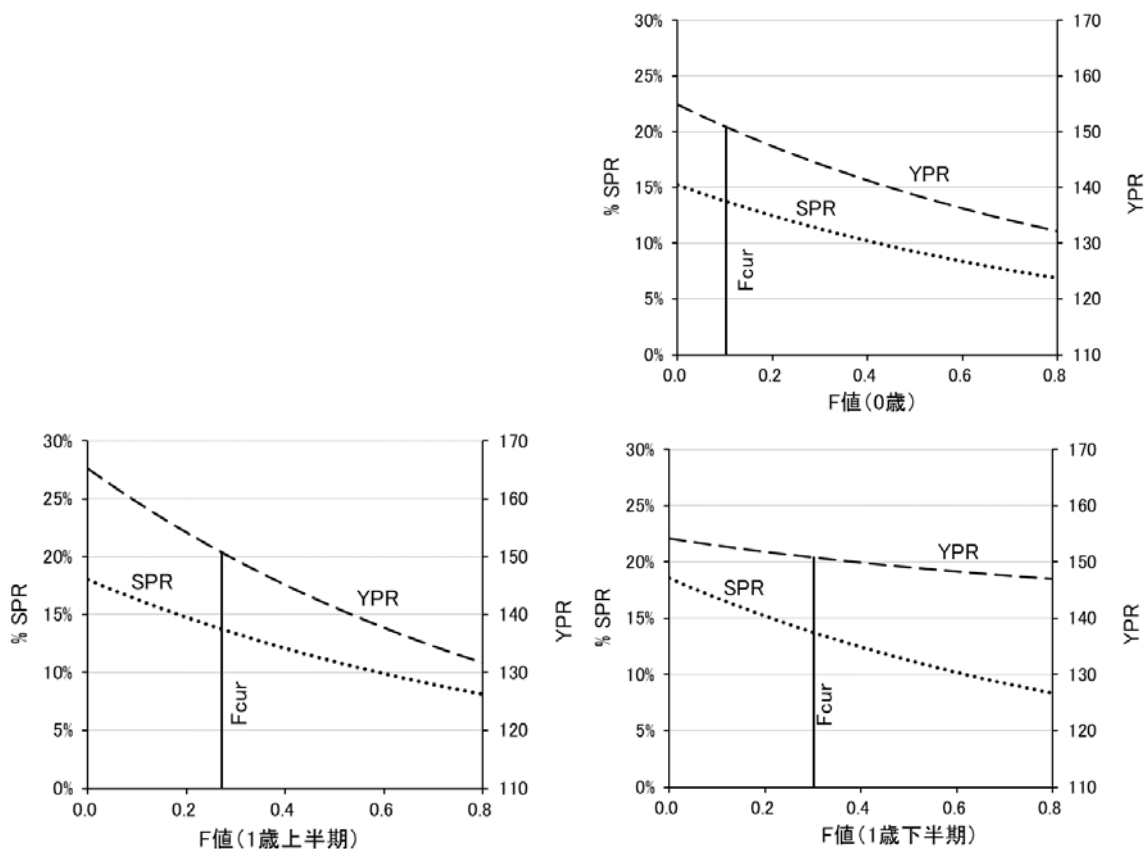


図 21 小型若齢魚の F のみを変化させたときの YPR と %SPR の変化
 ※上: 0 歳の F のみ変化させた場合
 ※下: 1 歳各期の F のみ変化させた場合

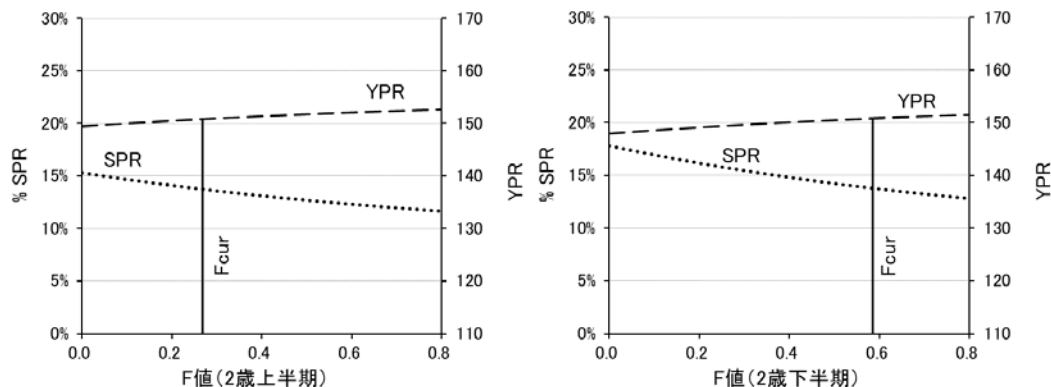


図 22 大型高齢魚の Fのみを変化させたときの YPRと%SPR の変化

※左: 2 歳上半期の Fのみ変化させた場合, 右: 2 歳下半期の Fのみ変化させた場合

※変化させない Fは Fcurに固定

表 3 VPA の計算における齢期の設定

満年齢	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4+ 歳 (4, 5, 6... 歳)
齢期 上半期 (1~6 月)	-	2 歳	4 歳	6 歳	8+ 歳 (8, 10, 12... 歳)
下半期 (7~12 月)	1 歳	3 歳	5 歳	7 歳	9+ 歳 (9, 11, 13... 歳)

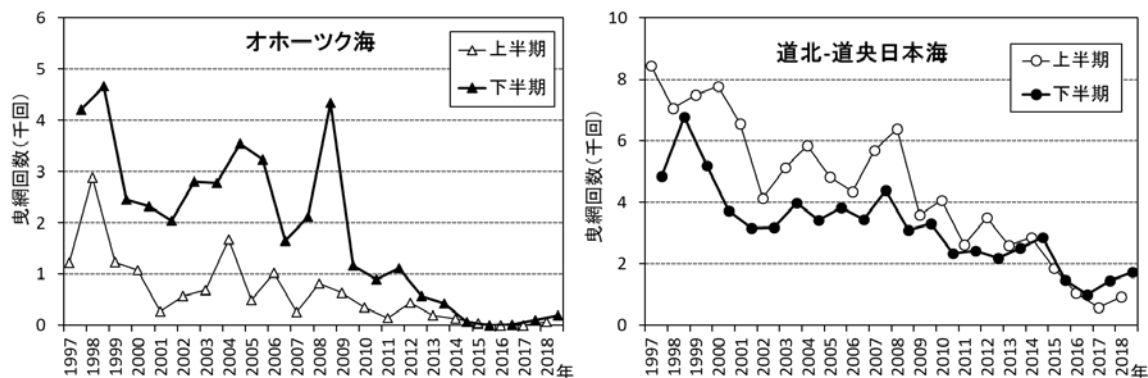
表 4 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源解析に用いた特性値

項目	説明
自然死亡係数 (M)	半年あたり0.1475, 1年あたり0.295 ⁹⁾ の半分
漁獲係数 (F)	半年あたりで示す。ただし, 図17の通年の Fのみ1年あたりで示す
成熟率	0歳: 0.0, 1歳: 加入尾数8億尾未満の年級は0.98, 8億尾以上の年級は0.75, 2歳以上: 1.0 ¹⁵⁾
性比	全年齢で1:1
SPRおよびYPR	最近3年(2016~18年)平均の年齢別 Fから求めた選択率を用いて, 1~40 歳(20歳の上半期)までVPAの前進計算。体重も最近3年平均を使用
Fcur	現状の F。下半期の最近3年(2016~18年)平均とする。
Fmed1985-	1985~2018年級のRPS中央値の逆数に対応するSPRを維持する F
Fmed2009-	2009~2018年級のRPS中央値の逆数に対応するSPRを維持する F
Fmax	YPRを最大にする F

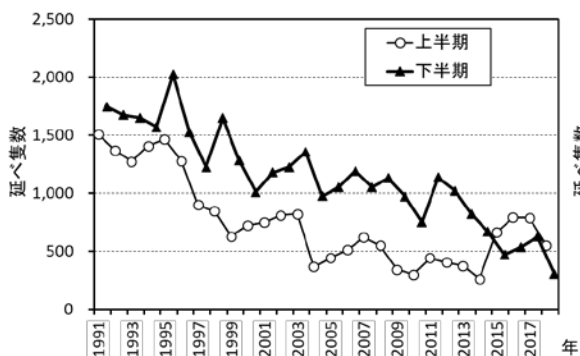
表 5 加入尾数の指標の単回帰分析で求めた 2018 年級の加入尾数

加入尾数の指標	各年の指標値						各指標から求めた 2018年級の 加入尾数(億尾)
	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	
稚内ノース場での調査船北洋丸による調査におけるホッケ0歳魚の魚群の数(図10)	32	9	16	3	50	9	0.7
稚内ノース場での調査船北洋丸による調査におけるホッケ0歳魚の平均体長(図11)	222	210	218	226	207	217	2.0
稚内ノース場における沖底漁業(かけまわし)によるホッケ0歳魚のホッケ専獲のCPUE(図12)	5.6	2.4	1.3	0.6	2.7	0.3	0.3
オホーツク振興局管内の定置・底建網類によるホッケの漁獲量(図13)	178	107	62	60	3,848	83	1.2
VPAによる資源尾数(加入尾数: 億尾)	1.9	0.9	1.1	0.2	3.5	-	

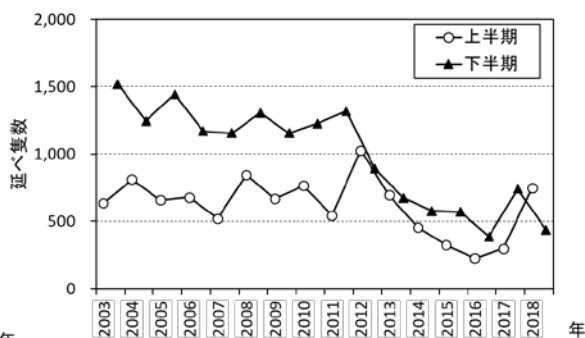
※各指標値と加入尾数との関係(図 10~13)から直線回帰して求めた値



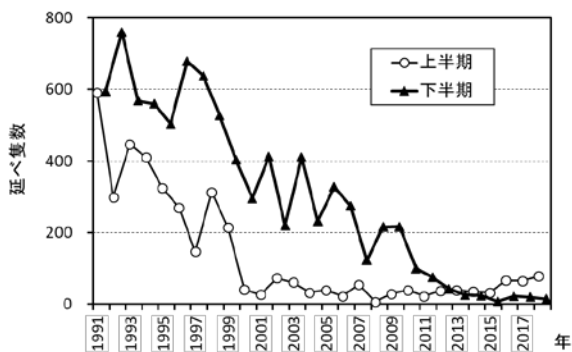
付図1 沖底漁業(かけまわし)による専獲曳網回数(左:オホーツク海, 右:道北-道央日本海)
 ※専獲曳網回数:各船においてホッケの漁獲量が50%以上を占めた日の曳網回数。



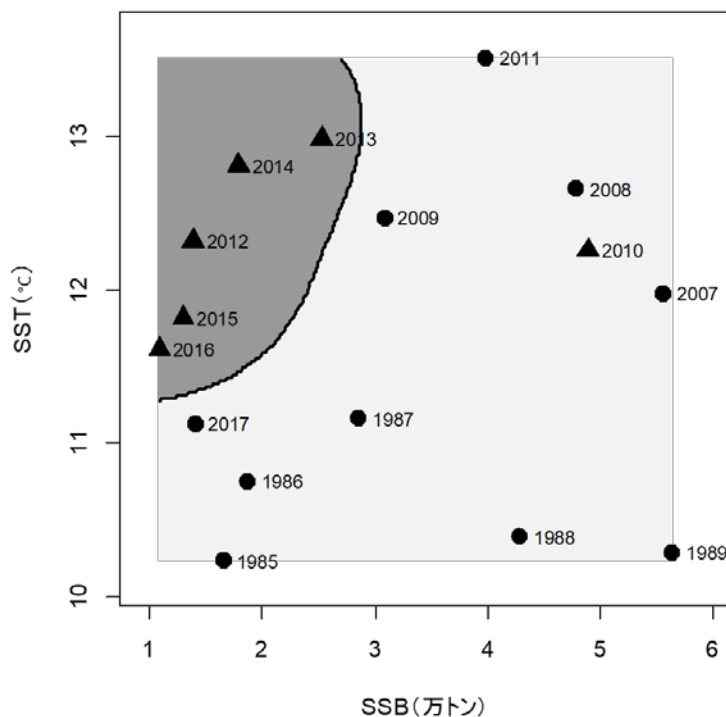
付図2 ホッケを対象とした日本海の代表地区における刺し網の延べ出漁隻数の推移



付図3 ホッケを対象としたオホーツク海の代表地区における底建網の延べ出漁隻数



付図4 ホッケを対象とした日本海の代表地区における底建網の延べ出漁隻数の推移



付図5 サポートベクターマシンによる「加入量が少ない年級」を推定する分類器によるホッケの産卵親魚量（万トン）と表面水温（°C）から分類した結果

グレーで示した範囲は加入量が少なくなる範囲，▲加入量が少ない年級，●加入量が少くない年級（品田ら，2018⁸⁾）について2017年級までのデータを用いて改変，2018年級は親魚量0.7万トン，水温11°C）
 ※表面水温は，気象庁HPの日別沿岸表面水温データから宗谷，留萌北部，南部の10～12月を用いた