

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（坂口健司（現釧路水産試験場），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：2017年度（2017年1月～12月）

2017年度の漁獲量：16,774トン（前年比1.06）

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

本資源の漁獲量は、2010年に7万トンを下回ってから減少傾向が続き、2017年は前年並みの1.7万トンで、3年続けて2万トンを下回った。2010年級以降、加入尾数の少ない年が頻発したため、資源量が減少してきた。2017年級はその中では比較的豊度が高いと推定される。しかし、2017年の資源水準は引き続き低水準であり、2018年に向けては横ばい傾向と予測される。2012年から実施されている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。依然としてホッケにとって再生産環境が良くない年の頻度が高いこともあり、親魚量の減少が続いている。近年の比較的悪い再生産環境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	2017年の操業は3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 月まで延長されている。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1999年に13.3万トンに減少したものの、その後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。しかし、2009～2015年に減少傾向となった後、2015年からは最低レベルで横ばい傾向となり、2017年は1.7万トンであった。

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年の16.8万トンまでは増加傾向で、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た。2017年の海域別の漁獲量は、オホーツク海が760トンと4年続けて千トンを下回り、道北-道央日本海が1985年以降で最低の4,047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)。しかし、2011年は1.7万トンに減少し、2012年は2.5万トンに増加したが、その後2015年の0.7万トンまで減少が続いた。2017年はオホーツク振興局で大きく増加したため、前年をやや上回る1.2万トンとなった。2016年に続いて2017年も沿岸漁業の漁獲量が沖底漁業を上回った。

(2) 漁獲努力量

2008～2016年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、2015年以降再び減少傾向となっている。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2017年まで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

2017年の漁獲尾数は上半期が0.1億尾、下半期が0.7億尾と推定され、上半期は減少が続く1985年以降で最低であったが、下半期は0歳の漁獲尾数が0.6億尾に増えたため前年の3倍近くになった(図7)。ほとんどの年で、上半期は1歳、下半期は0歳の小型で若齢の未成魚が最も多かったが、2016年下半期の0歳と2017年上半期の1歳の漁獲尾数はそれぞれ0.01億尾および0.03億尾と極めて少なくなった。

・資源尾数、加入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1985年から増加傾向となり、1997年には約22億尾に達した。その後2008年の16億尾までは比較的多い12億～22億尾の範囲で増減したが、2010年には3.2億尾まで急減して1985年以降の最低を更新した。2011年には0歳(2011年級)の加入により一時的に7.8億尾まで増加したが、後続の年級の加入が少なく、特に2016年は加入が極端に少なかったため、0.9億尾まで減少した。2017年は加入が4.2億尾と増えたことにより資源尾数は4.6億尾に増加した。

加入尾数(0歳の資源尾数:図8)は、1987～2008年は比較的多い6億～18億尾の範囲で変動したが、2009年に4.9億尾、2010年に0.8億尾と2年続けて大きく減少し、その後の資源全体を減少させた。2011年の加入尾数は7.0億尾とやや持ち直したが、2012年以降の加入尾数は少ない状態が続く、2016年の加入尾数は1985年以降で最低の0.1億尾と推定された。2017年は加入尾数が4.2億尾に増加した一方で、1歳以上の資源尾数が少ないために、0歳が約9割を占めている。なお、2016、2017年級の加入尾数については計算方法上の不確実性を伴っており、数年後に値が定まる暫定的な値である。

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、2017年は前年を上回る6.0万トンと推定された。

・加入尾数の指標

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、2017年の魚群の数50個と2013年以降で最も多かった(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)。2017年の平均体長は207mm(±9mm)と近年では小さく、2002年以降の欠測年を除く13年のうち5番目に小さかった。

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ある(図12)。2017年のCPUEは2.7で、2014年以降の最低レベ

ルよりは高いが、2005年級以降では低かった。

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）。2017年の漁獲量は3.8千トンと前年を大きく上回り、2004年級以降では4番目に多い漁獲量であった。

これら4つの加入尾数の指標から、2017年級の加入尾数は、2014～2016年級より多いと考えられるが、指標によってその豊度の予測値は大きく異なる。このため、2017年の加入尾数の推定値の不確実性は高いと考えられる。

・産卵親魚量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。各年級の親魚量は、1994～1996年級では16万～19万トンと多かったが、1998年級は8.5万トンに減少した。2001年級の親魚量は一時的に10.6万トンに回復したが、その後、減少傾向が続き、2012年級の親魚量は新たに親魚となった2010年級の加入尾数が非常に低豊度であったため1.4万トンにまで減少した。2013年級の親魚量は、2011年級の加入尾数がやや多かったものの自主規制前の若齢時に多く漁獲されたため、2.5万トンとわずかな増加にとどまった。その後、2016年級の親魚量（1.0万トン）まで再び減少傾向となり、2017年級の親魚量は1.5万トンと若干増加したが依然として少ない状態が続いている。

RPSは、1985～1988年級が20尾/kgを超える高い値で資源尾数を増加させた。その後、1990～1996年級のRPSが3～12尾/kgと低下したため資源尾数は横ばい傾向となり、1997～2009年級は8～26尾/kgの範囲で変動した。しかし、2010年級のRPSが極端に低い2尾/kgとなったため、資源量は急激に減少した。2011および2012年級のRPSは18尾/kgに回復したが、2013年級は8尾/kg、2014年級は5尾/kgに低下した。2015年級のRPSは10尾/kgとやや持ち直したが、2016年級は1尾/kgと非常に低く、2017年級は28尾/kgと非常に高く推定され、年級による変動が大きくなっている。なお、2016、2017年級のRPSは、前述の加入尾数と同様、数年後に値が定まる暫定値である。

RPSは秋～冬の道北～道央日本海の表面水温と関連していることが報告されており⁶⁾、資源生態学的な因果関係の研究中である。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（図15）。この関係から、近年ではRPSが低かった2010、2014、2016年級には、初冬の高水温による影響が示唆される。加えて、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⁾。RPSが28尾/kgと非常に高くなった2017年級に対応する初冬の水温は4.2℃であり、近年では低めの水温環境であった。しかし、近年は高水温になる年が多く、今後も再生産成功率の高い年が続く可能性は低いと予想される。

(2)2017年度の資源水準：低水準

2017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)。2017年は資源水準指数が30であったため「低水準」と判断した。

(3) 今後の資源動向：横ばい

2018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(2015～2017年)平均の年齢別体重を乗じて計算した。2018年の1歳以上の資源重量は2017年の1.8倍に増加すると予測された。前進計算で予測できない2018年の0歳の加入については、RPSと負の相関関係にある冬の道北日本海の表面水温が低かったものの(図15)、親魚量は0.76万トンに半減して過去最低を更新する見込みであることから、2017年級を上回る可能性は低い。0歳の減少と1歳以上の増加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(評価方法とデータの項を参照)。通年の漁獲割合と F は同様に变化しており、1992年から2010年までは変動しながらも上昇傾向であった。その後、2014年まで高い値で推移したが、2015年に低下し、2016年に増加、2017年に減少した。2015年以降の年齢別の F を見ると、下半期の0歳と上半期の1歳の低下が目立つ(図18)。ただし、前述のとおり、最近2年程度の F は次年度以降に修正される暫定値である。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0.77、2015年0.44、2016年0.74、2017年0.26であった。 F 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が示唆される。

(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(2015～2017年)平均とし、全年齢の値で表すと0.43であった。この値は、1985年以降のデータから求めた $F_{med1985-}$ (0.55)、資源状態が悪化した2009年以降のデータから求めた $F_{med2009-}$ (0.48) 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、RPSの高い2017年級が出現した直後であるため、今後低いRPSが継続すると資源の維持は困難となる。

また、 F_{cur} は F_{max} (0.32) 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) をわずかながらも増やすことができ、%SPRも4.7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 F を現状の F から変化させた場合の YPR と %SPR の変化を調べた結果、0 歳の F のみを下げると YPR と %SPR の両方が上昇し、1 歳上半期の F のみを下げると YPR と %SPR の両方が比較的大きく上昇した (図 21)。1 歳下半期の F のみを下げると %SPR は大きく上昇するが、YPR は緩やかに低下した。

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)。

(4) 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、現状の漁獲強度は現在の資源を維持できる値まで低下していると判断された。しかしながら、近年は加入量や再生産成功率の低い年級が頻発したことにより、親魚量が過去最低レベルに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。当面は近年では豊度の高い 2017 年級を保護することで、親魚量を回復させることが重要である。

今後の資源量や親魚量の動向は再生産環境によるところが大きいですが、親魚量を回復させる水準まで漁獲強度を下げる管理措置を講じる場合、特に小型若齢魚への漁獲強度を下げ、成魚まで成長してから漁獲することで、漁獲量をほとんど減少させずに、親魚量を継続的に回復できる可能性が高い。ただし、本資源では、小型魚と大型魚を対象とする漁業が異なるため、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 2017 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。

$$E'_y = \sum \frac{E_{i,y}}{E_i} \cdot \frac{C_i}{\bar{C}} \quad (1)$$

ここで， E'_y は y 年の漁獲努力量指数， $E_{i,y}$ 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 2008～2017 年の平均， C_i は i 海域漁業区分の漁獲尾数の 2008～2017 年の平均， \bar{C} は全漁獲尾数の 2008～2017 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^{8,9)}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

Pope¹⁰⁾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¹¹⁾。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。1 齢の資源尾数は(6)式から求めることが困難なため、複数の加入尾数の指標から単回帰分析で求めた複数の値の幾何平均値とした(表5)。なお、2017年の稚内ノース場におけるかけまわし漁業は、ホッケ0歳魚を保護するために、他魚種を狙う操業割合を増やすように操業形態が大きく変わった。このため、前年度の評価で1 齢の資源尾数を求める単独指標に用いた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は、今年度の評価では単独指標としては用いなかった。

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

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

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

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

$$N_{a,2017} = \frac{C_{a,2017}}{1 - e^{-F_{a,2017}}} \cdot e^{M/2} \quad (6)$$

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¹²⁾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¹³⁾。

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

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。3, 5, 7, 9+ 齢については過去 3 年（2014～2016 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)式で求めた。

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

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¹⁴⁾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) 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.
 - 9) 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.
 - 10) 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.
 - 11) 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.
 - 12) 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.
 - 13) 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.
 - 14) 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	か	オ					
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

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

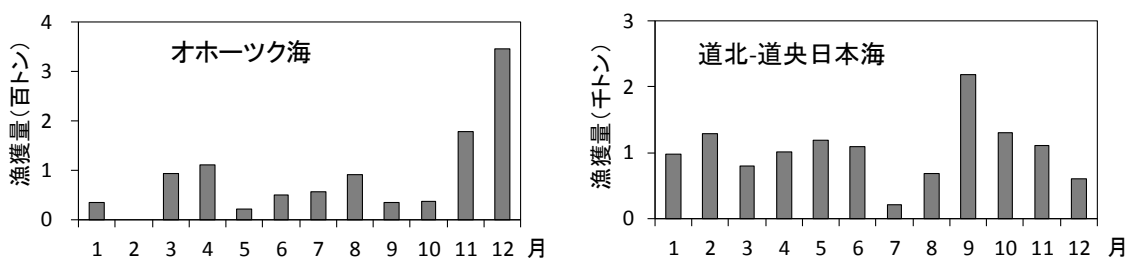


図1 道央日本海～オホーツク海における沖底漁業によるホッケの月別漁獲量 (2013～2017年の平均)

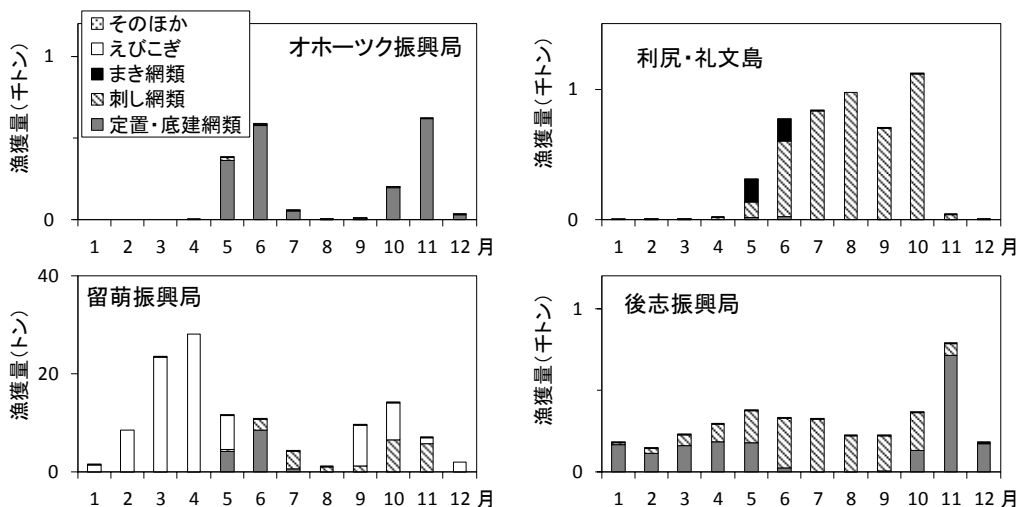


図2 道央日本海～オホーツク海の沿岸漁業によるホッケの月別漁業種類別の漁獲量 (2013～2017年の平均)

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	2,095	11,968	16,774

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, オホーツク沿岸(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)2017年の沿岸漁業は水試集計速報値

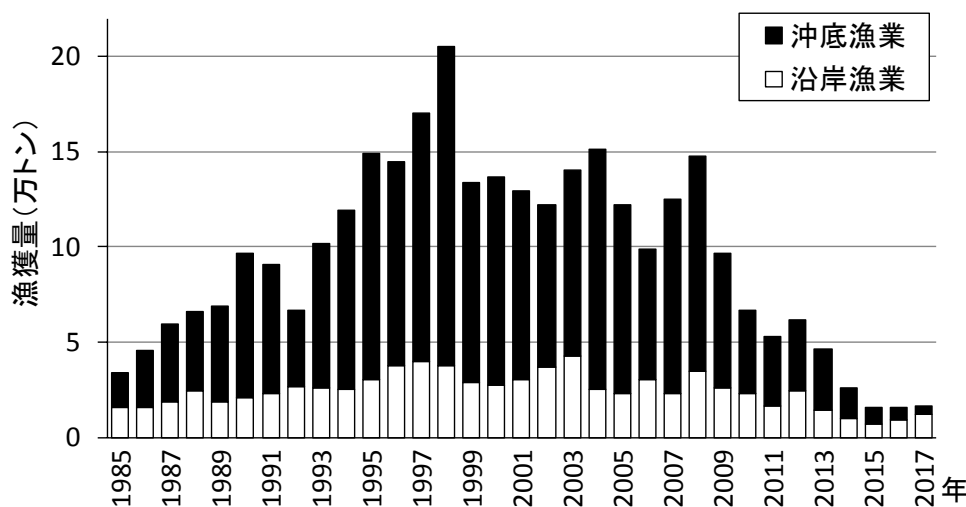


図3 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの漁獲量

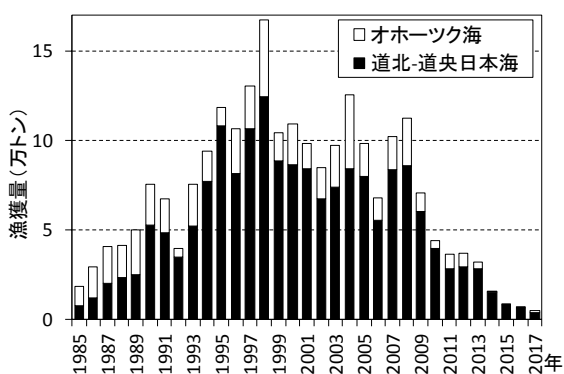


図4 道央日本海～オホーツク海における
沖底漁業によるホッケの漁獲量

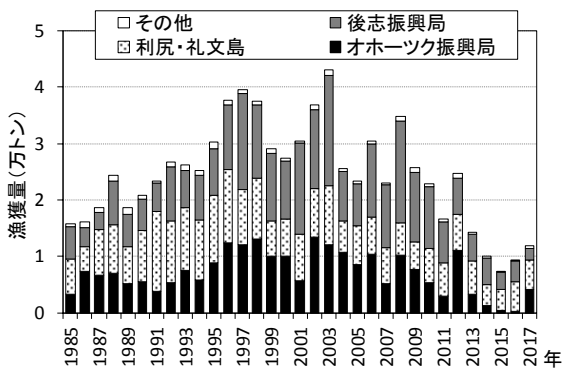


図5 道央日本海～オホーツク海における
沿岸漁業によるホッケの漁獲量

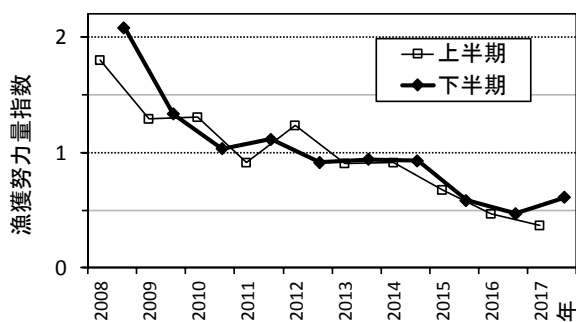


図6 道央日本海～オホーツク海におけるホッケを対象とした漁獲努力量指数

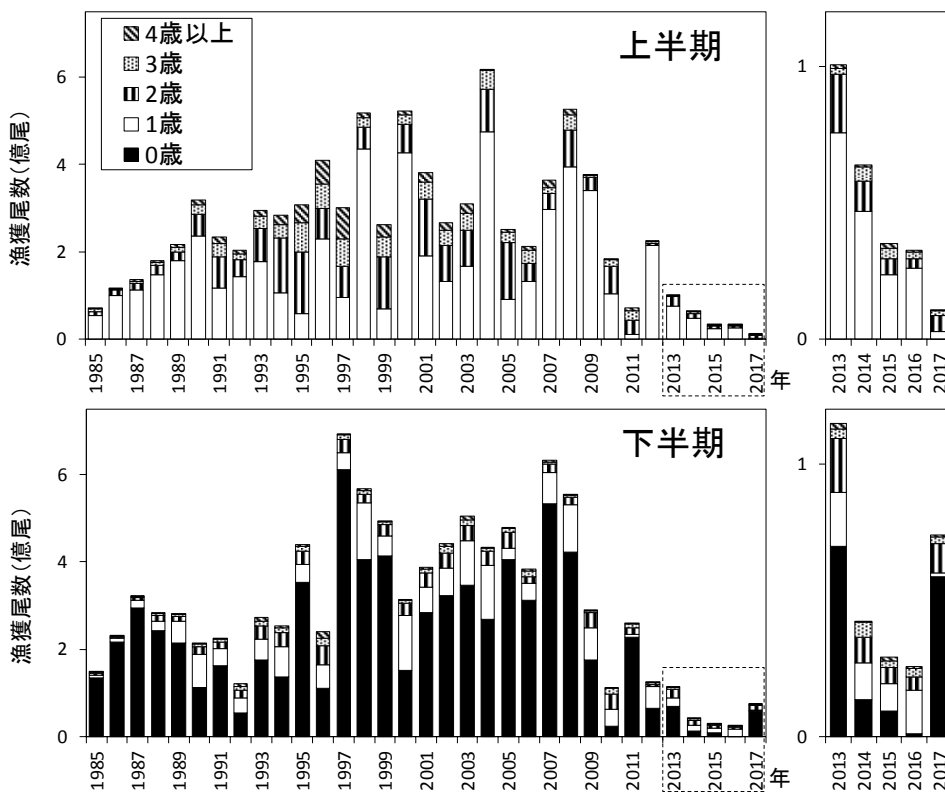


図7 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの年齢別漁獲尾数（上半期:1～6月, 下半期:7～12月）

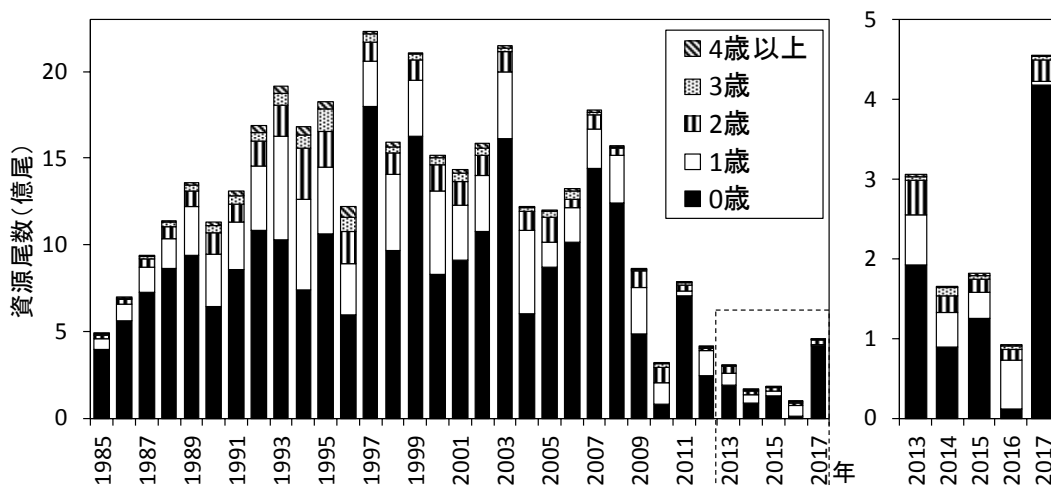


図8 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源尾数(下半期初め:7月初め)

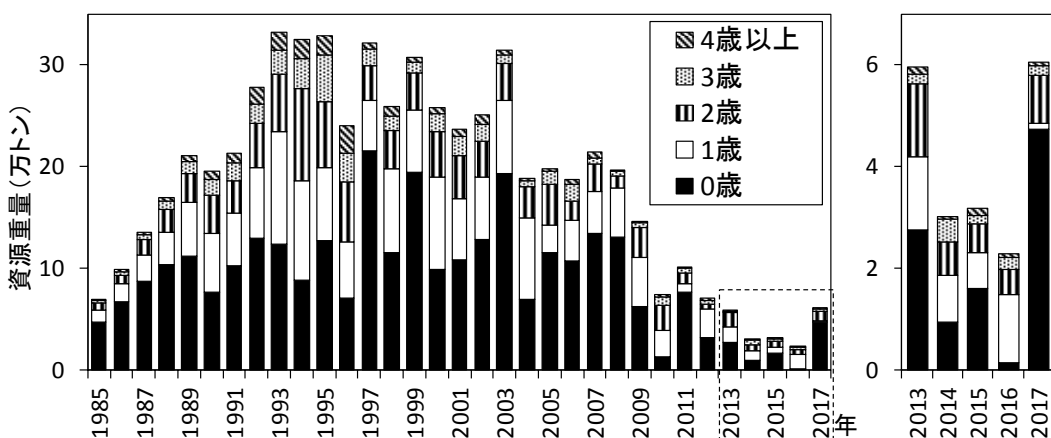


図9 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源重量(下半期初め:7月初め)

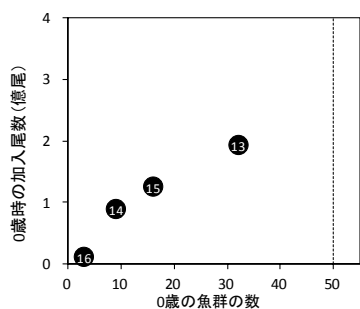


図10 11月の宗谷海峡西の稚内ノース場で調査船北洋丸により実施された調査において計量魚群探知機により0歳のホッケと判断された魚群の数と加入尾数の関係

※数字は年級の下2桁, 点線は2017年級の魚群の数(50個)

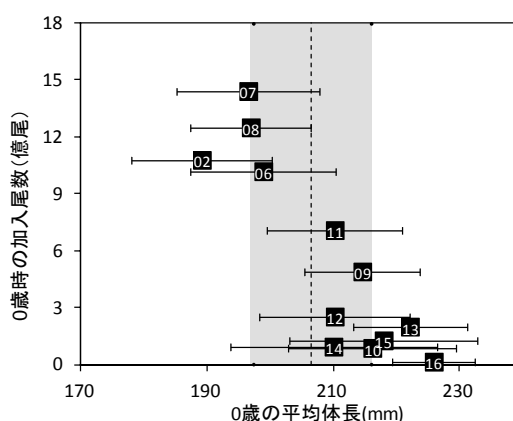


図11 図10と同じ調査においてトロールで採集された0歳のホッケの平均体長とVPAによる加入尾数の関係

※誤差線は標準偏差, 数字は年級の下2桁, 点線と灰色は2017年級の平均体長(207mm)と標準偏差を示す. 2003～05年は欠測。

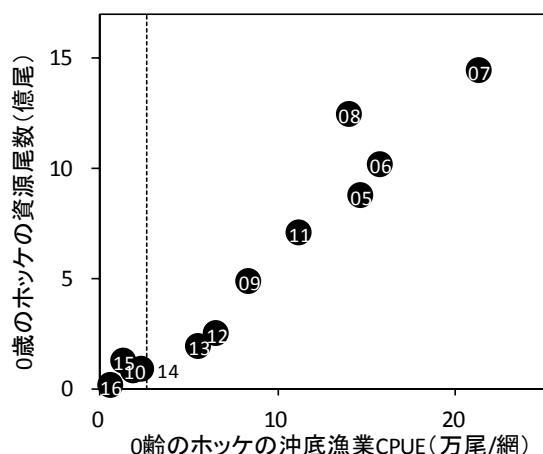


図12 10～12月の稚内ノース場における沖底漁業(かけまわし)による0歳のホッケ専獲のCPUEとVPAによる加入尾数の関係

※数字は年級の下2桁, 点線は2017年のCPUE(2.7)を示す。

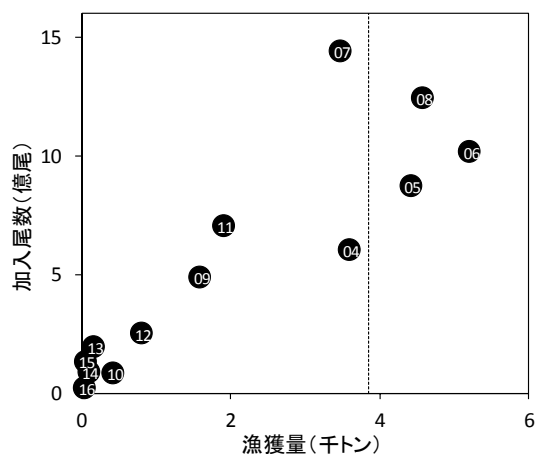


図13 9～12月のオホーツク振興局管内の定置・底建網類によるホッケの漁獲量とVPAによる加入尾数の関係

※数字は年級の下2桁, 点線は2017年の漁獲量(3.8千トン)を示す。

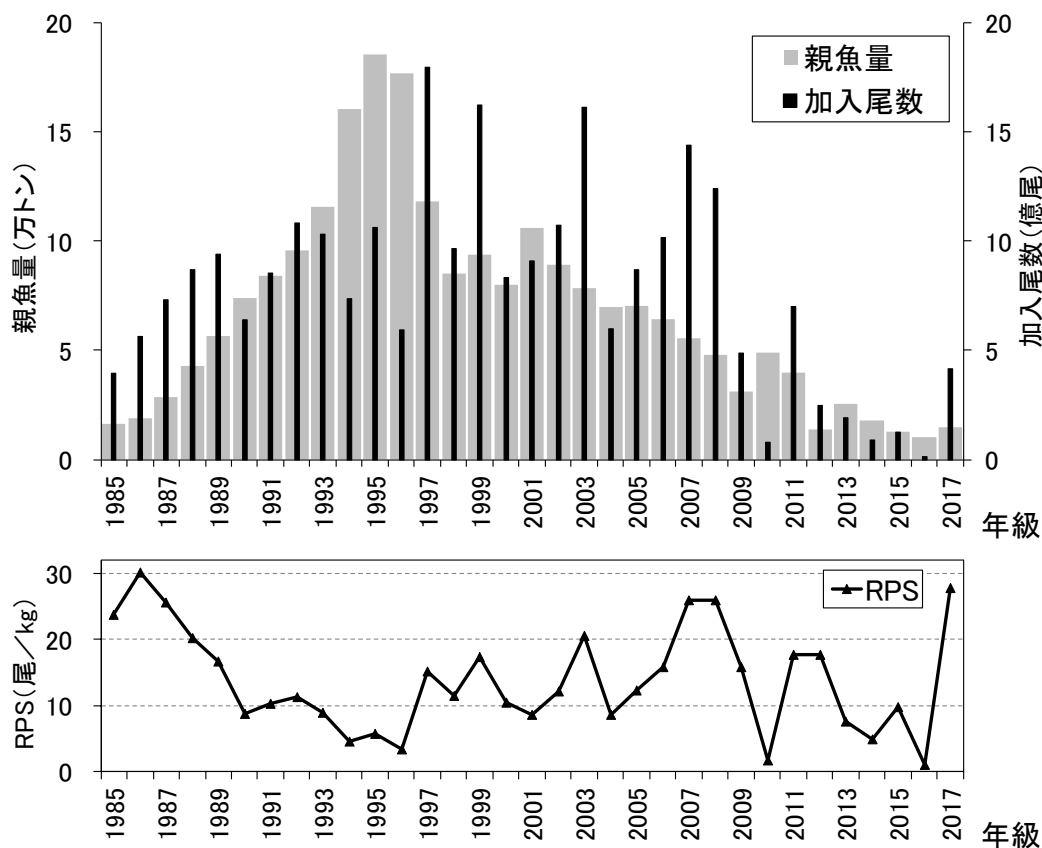


図14 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの親魚量と加入尾数(上)および再生産成功率(RPS, 下)の経年変化

※親魚量は各年級を産んだ親の重量, 加入尾数は各年級の0歳の資源尾数, 再生産成功率(RPS)は「加入尾数÷親魚量」。

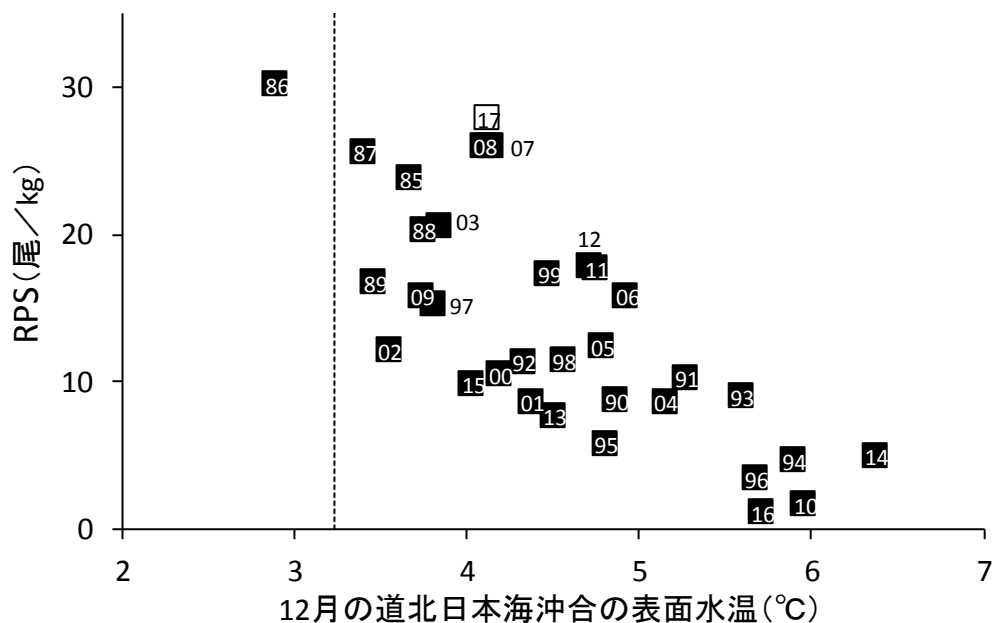


図 15 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの再生産成功率(RPS)と前年 12 月の水温の関係
 ※全世界海洋情報サービスシステムから入手した北緯 44-45°, 東経 137-138° の 12 月の表面水温。
 数字は RPS の年級の下 2 桁, 点線は 2018 年級の RPS に対応する 2017 年の水温(3.2°C)を示す。

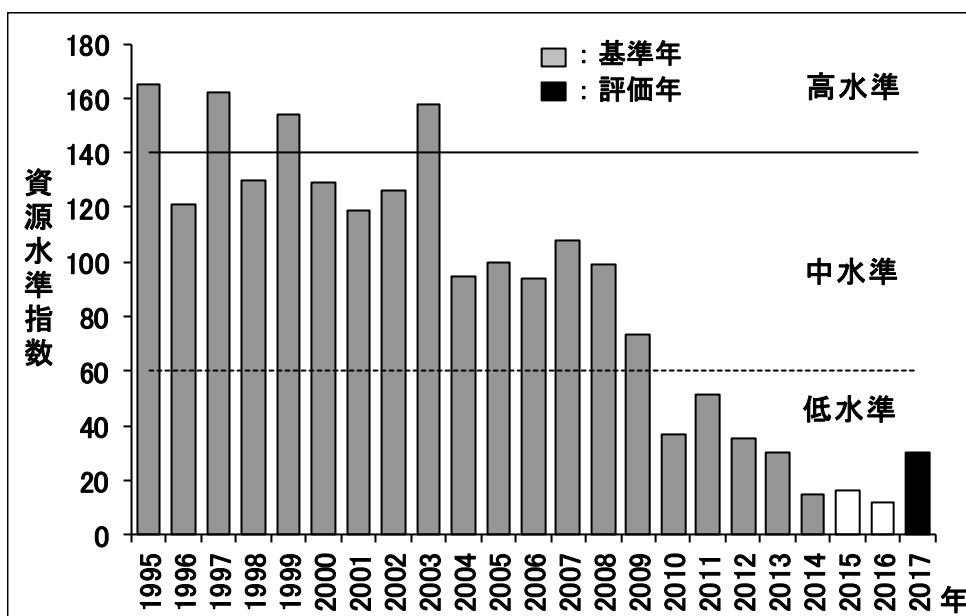


図 16 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源水準指数 (資源状態を示す指標:資源重量)

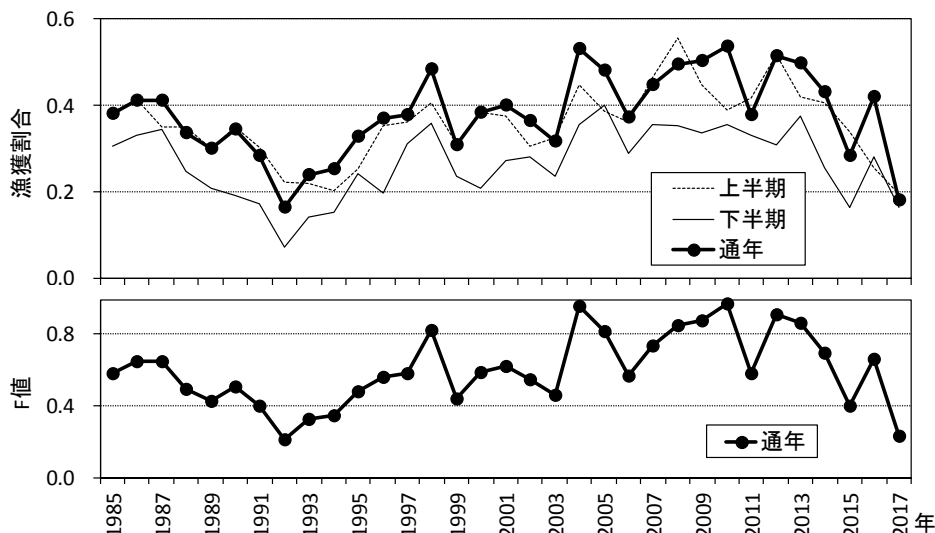


図17 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの漁獲割合(漁獲尾数÷資源尾数, 上)および漁獲係数F(下)の経年変化

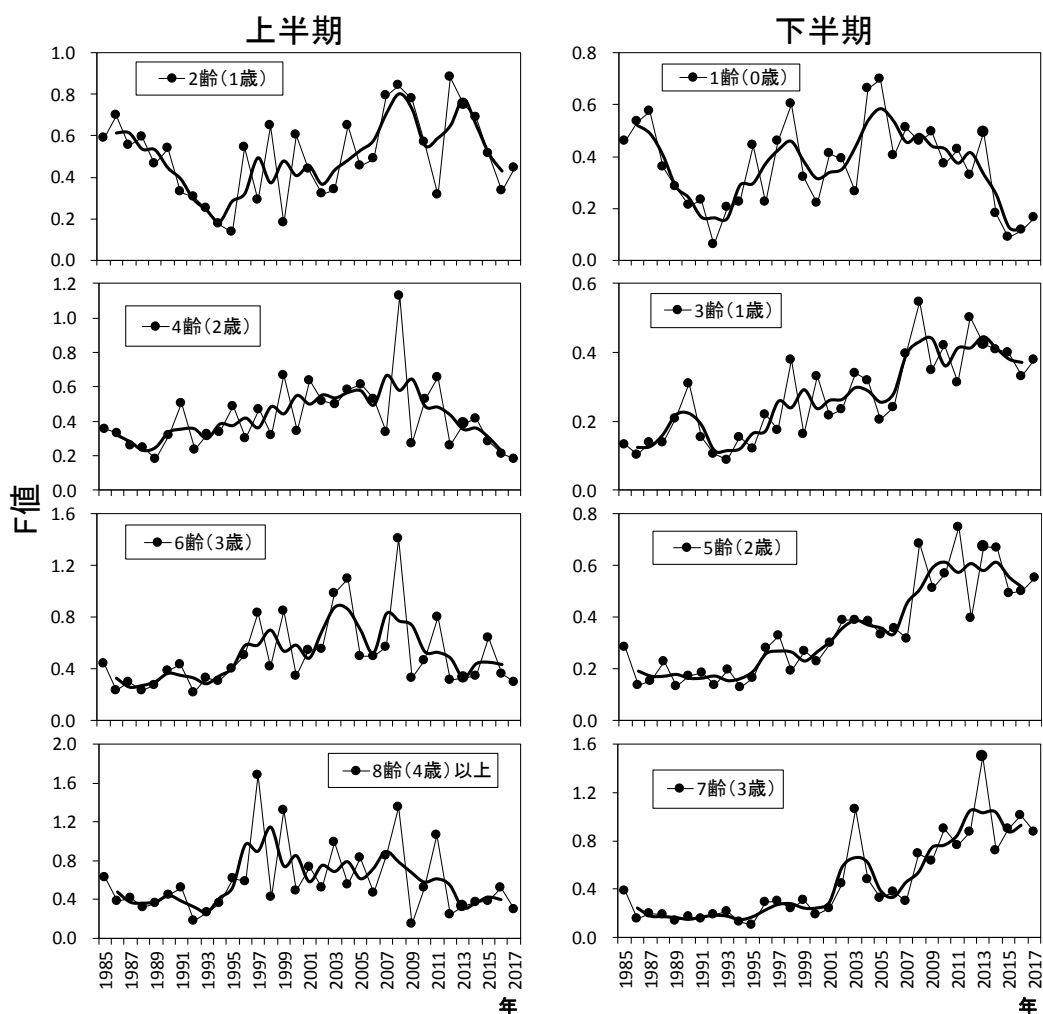


図18 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの年齢別半期別の漁獲係数(F)

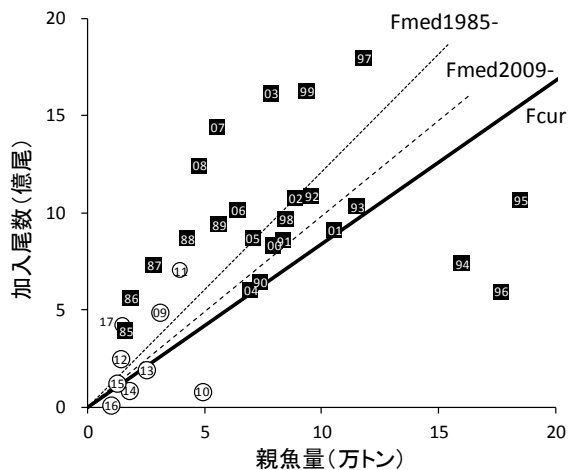


図 19 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの再生産関係

※数字は年級の下 2 桁を示す。

※Fmed1985-, Fmed2009-は表 4 参照。

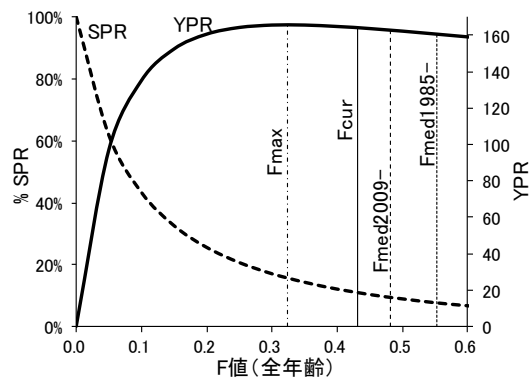


図 20 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの SPR 曲線および YPR 曲線

※Fmaxなどは表 4 参照。

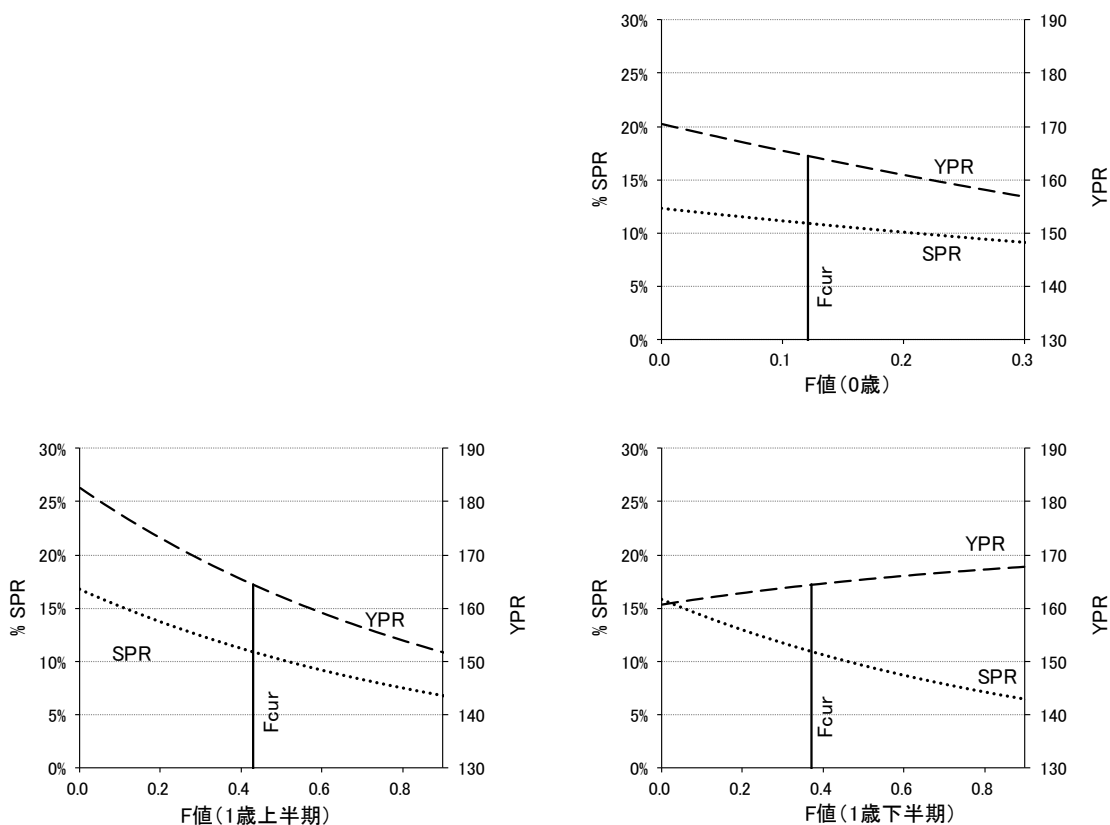


図 21 小型若齢魚の Fのみを変化させたときの YPR と%SPR の変化

※上:0 歳の Fのみ変化させた場合

※下:1 歳上半期の Fのみ変化させた場合

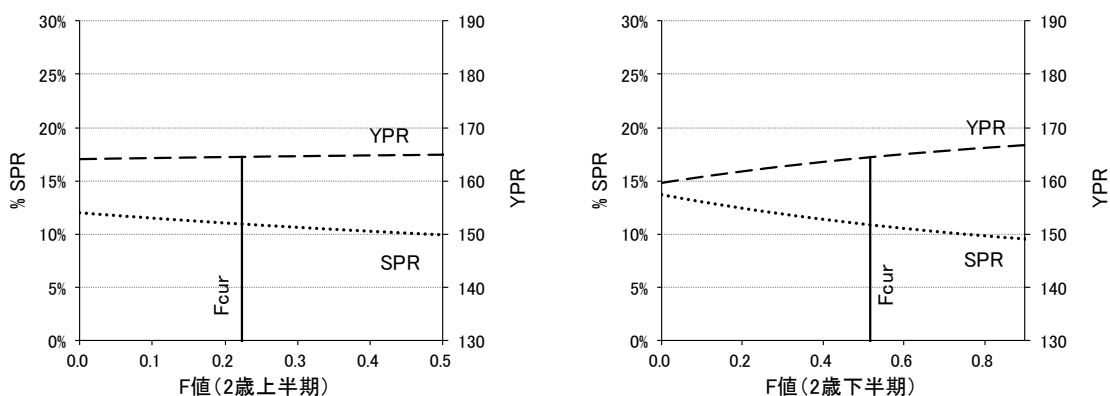


図 22 大型高齢魚の F のみを変化させたときの YPR と %SPR の変化
 ※左: 2 歳上半期の F のみ変化させた場合, 右: 2 歳下半期の F のみ変化させた場合
 ※変化させない F は F_{cur} に固定

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 齢	4 齢	6 齢	8+ 齢 (8, 10, 12... 齢)
下半期 (7~12 月)	1 齢	3 齢	5 齢	7 齢	9+ 齢 (9, 11, 13... 齢)

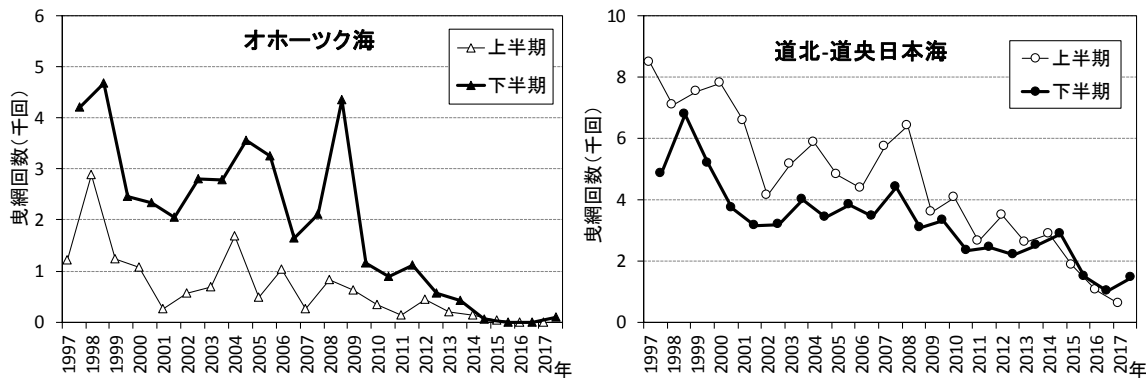
表 4 道央日本海～オホーツク海におけるホッケの資源解析に用いた特性値

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 ⁸⁾ 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 ¹³⁾
性比	全年齢で 1:1
SPR および YPR	最近 3 年 (2015~17 年) 平均の年齢別 F から求めた選択率を用いて、1~40 齢 (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
F_{cur}	現状の F 。下半期の最近 3 年 (2015~17 年) 平均とする。
$F_{med1985-}$	1985~2017 年級の RPS 中央値の逆数に対応する SPR を維持する F
$F_{med2009-}$	2009~2017 年級の RPS 中央値の逆数に対応する SPR を維持する F
F_{max}	YPR を最大にする F

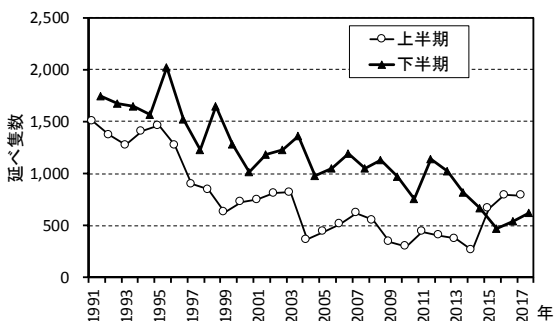
表 5 加入尾数とその指標値との単回帰分析で求めた 2017 年級の加入尾数とそれらの幾何平均

加入尾数の指標	2017 年級の 加入尾数 (億尾)	近年の指標値				
		2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 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)	3.1	32	9	16	3	50
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)	6.6	222	210	218	226	207
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)	2.7	5.6	2.4	1.3	0.6	2.7
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)	9.4	178	107	62	60	3,848
前年 12 月の水温から推定した RPS (図 15) と親魚量の積	2.4	4.51	6.38	4.04	5.72	4.12
幾何平均	4.2	2.52	1.78	1.27	1.00	1.50

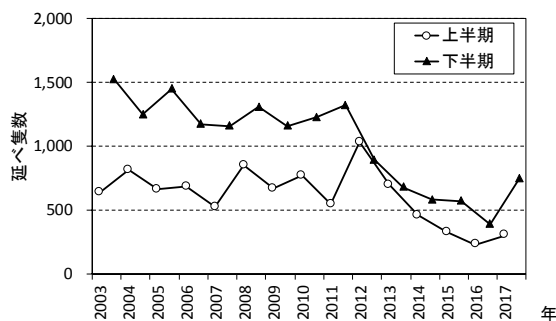
*上段: 水温 (°C), 下段: 親魚量 (万トン)



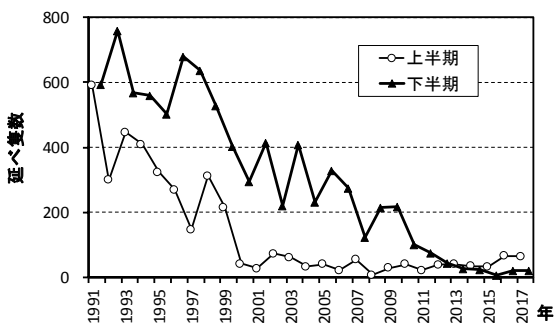
付図1 沖底漁業(かけまわし)による専獲曳網回数(左:オホーツク海, 右:道北-道央日本海)
 ※専獲曳網回数:各船においてホッケの漁獲量が50%以上を占めた日の曳網回数。



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