

平成28（2016）年度ホッケ道北系群の資源評価

責任担当水研：北海道区水産研究所（森田晶子、濱津友紀、山下夕帆、船本鉄一郎）

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年に増加傾向を示し、2008年まで100千～450千トン程度で推移した。その後は減少傾向が続き、2010年以降は100千トンを下回り、2015年は30千トンと2014年の52千トンからさらに減少した。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、2015年は13千トンと過去最低になった。近年の急激な資源量の減少は、2010年に最低の加入量となって以降、親魚量がさらに減少したことが影響していると考えられる。資源の回復措置をとる閾値であるBlimitは再生産関係から親魚量64千トンとした。2015年の親魚量は13千トンとBlimitを大幅に下回っており、水準は低位と判断した。資源動向は過去5年間（2011～2015年）の資源量の推移から減少と判断した。

これまで関係者によって本系群の資源回復に向けた取り組みが行われているものの、依然として資源状況は悪く、回復には至っていない。近年の資源状況の悪化には産卵および加入に対して環境要因も影響を及ぼしていると考えられる。現状の漁獲圧を継続した場合、さらなる資源量の減少が予想されるため、10年間でBlimitに回復させるF値をFlimitとし、平成28年度ABC算定のための基本規則1-1)-(2)に従い2017年ABCを算定した。

管理基準	Target / Limit	F値	漁獲割合 (%)	2017年ABC (千トン)	Blimit= 64千トン
					親魚量 10年後 (千トン)
Frec10yr	Target	0.37	24	5	128
	Limit	0.47	29	6	64

Limitは、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Targetは、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の回復が期待される漁獲量である。Ftarget = α Flimitとし、係数 α には標準値の0.8を用いた。管理基準のFrec10yrは、10年後にBlimitの64千トンに回復する親魚量とした。2015年親魚量は13千トン。漁獲割合は、2017年の漁獲量÷資源量である。F値は各年齢の平均である。

ホッケ道北系群－2－

年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量(千トン)	F値	漁獲割合
2012	115	13	62	0.94	54
2013	88	26	46	1.26	52
2014	52	19	26	0.91	50
2015	30	13	16	0.95	51
2016	24	—	—	—	—

2016 年の資源量は加入量を仮定した値。

水準：低位 動向：減少

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）
漁獲量	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。

1. まえがき

本系群は、北海道北部海域における沖合底びき網漁業（以下、「沖底」という）の主要漁獲対象資源の一つであるとともに、刺し網漁業（以下、「刺し網」という）、底建網漁業（以下、「底建網」という）、定置網漁業（以下、「定置網」という）などの沿岸漁業によっても漁獲される。

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 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: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 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 歳の終わりでほぼすべての個体が成熟する（高嶋・三橋 2008）。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、沖底、刺し網、底建網、定置網などによって漁獲される。各漁業の主漁期、主漁場、および主漁獲対象年齢は、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。総漁獲量の 6 割程度を日本海における沖底が占めており、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 割程度を占める。オホーツク海における沿岸漁業の漁獲量は 1 割に満たない。2013 年以降、オホーツクの沖底の割合は減少し、沿岸、沖底ともに 1 割未満となっている。

漁業種類	海域	漁場	主漁場	漁期	漁獲対象
沖底	日本海	積丹沖～稚内ノース 場、利礼周辺	稚内ノース場、利礼周 辺	ほぼ周年	0歳魚以上
	オホーツク海	稚内イース場、網走 湾、北見大和堆周辺	紋別、稚内イース場		
刺し網	日本海	利礼～島牧	利礼周辺、武蔵堆周辺	3月～12月	1歳魚以上
	オホーツク海	雄武～斜里	網走～斜里	4月～12月	
底建網	日本海	利礼～島牧	寿都～島牧	1月～12月	1歳魚以上
	オホーツク海	雄武～斜里	紋別～湧別	5月～12月	0歳魚以上
さけ定置網	日本海	利礼～島牧	神恵内～島牧	9月～11月	1歳魚以上
	オホーツク海	雄武～斜里	網走～斜里		

(2) 漁獲量の推移

本系群の総漁獲量は、1980年代前半に100千トンから30千トンに減少したが、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。2000～2008年は99千～151千トンで推移したが、2009年以降激減し、2015年は前年の26千トンから16千トンに減少した。（図3、表1）。

沖底の漁獲量は、1980年代は17千～56千トンだったが、1990年代に入ってから増加し、1998年には168千トンとなった。2000～2007年は100千トン前後で推移していたが、2008年以降減少し、2015年は前年のおよそ半分の8千トンであった。海域別に2014年と2015年と比較すると、日本海の漁獲量は15千トンから8千トン、オホーツク海では0.5千トンから0.2千トンに減少した（図3、表1）。

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。2012年には再び増加して25千トンとなったが、2015年は前年のおよそ70%の7千トンとなった。海域別に2014年と2015年と比較すると、日本海の漁獲量は9千トンから7千トンへ減少、オホーツク海では1千トンから0.4千トンへ40%程度に減少した（図3、表1）。

沿岸漁業による漁獲の5～6割を占める定置・底建網の漁獲量を振興局別にみると、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）で多い（図4、表2）。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10千～15千トン程度の高い値で推移した。2008年以降減少傾向が見られ、2015年にはオホーツクで0.4千トン、後志で1千トンまで減少した。刺し網の漁獲量は、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ていた。2014年、2015年は減少して3千トンとなった。後志では、1998年まで1.9～6.5千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、それ以降は2千トン前後で推移している（図4、表2）。

(3) 漁獲努力量

沖底の漁獲努力量としては、長期的な傾向を示すため、1985 年以降のオッタートロールおよびかけまわしによるホッケを対象とした漁獲の月別集計された有漁曳網回数（以下、有漁網数）を用いた（表 3）。沿岸漁業の漁獲努力量のうち、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、定置網は、北海道農林水産統計に記載されている漁労体数（統）を用いた（表 4）。

日本海のかけまわしによる有漁網数は、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 千網程度で推移した（図 5、表 3）。2014 年は前年並みの 8 千網であったが、2015 年は 5 千網に減少した。オッタートロールの漁獲努力量はおおよそ 1 千網前後で推移していたが、2015 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。2015 年は前年より減少し、7 千網であった。一方、オッタートロールの漁獲努力量はおおよそ 2 千～5 千網で推移したが、2015 年は前年より減少し、0.7 千網となった。

定置網の漁労体数は、1980 年代前半と比較して小定置で減少し、さけ定置で増加したが、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（表 4）。底建網の漁労体数は、振興局によって差がみられるが、1990 年代後半と比較して 2000 年代は概ね減少していた。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

年齢別漁獲尾数（図 6 補足表 2-1）に基づいて、コホート解析（補足資料 2）により年齢別資源尾数（補足資料 3）、資源量（図 7、表 5）、漁獲係数 F （図 9）を計算した（補足資料 2）。コホート解析では、2005～2015 年の 100 トン以上の沖底かけまわし船の CPUE を用い、チューニングを行った（補足資料 1、補足資料 2）。

(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、漁法別にみると、日本海のかけまわしの CPUE は 2008 年に 7.6 トン/網となったが、2011 年に 3.0 トン/網に減少し、2015 年はさらに減少して 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 5.3 トン/網と高い値を示したが、その後減少し、2015 年は 1.6 トン/網となった。オホーツク海においては近年かけまわしの CPUE がオッタートロールよりも高い傾向が続いている。オホーツク海のかけまわしの 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 年はさらに減少して過去最低の 0.02 トン/網となった。オホーツク海のオッタートロールは、1998 年以外は 1 トン/網以下で推移しているが、2013 年および 2015 年は特に低く、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（図 8、表 3、詳細は補足資料 5）は、1997 年から 2005 年までは概ね 1 トン/網以上で推移していたが、2008 年に 1.7 トン/網まで増加して以降急減し、2010 年には 0.5 トン/網となった。2012 年に 0.6 トン/

網と若干増加した後は減少し、2015 年は 0.1 トン/網と過去最低の値となった。

(3) 漁獲物の年齢組成

北海道立総合研究機構（以下、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（図 6、中央水産試験場 2016）を補足表 2-1 に示す。

ホッケ道北系群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 歳魚が増加したが、全体的にみると、2 歳魚の占める割合は 1～2 割である。0 歳魚は 1997～2009 年には 2 億～6 億尾が漁獲されたが、2010 年に 0.2 億尾まで減少した。2011 年には 2 億尾まで増加したが、2012 年以降は低い水準が続き、2015 年には過去最低となった。1 歳魚の漁獲尾数は 0 歳魚と連動しており、さらなる資源状況の悪化が懸念される（図 6）。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は、1985 年以降増加し、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 260 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、2010 年には 125 千トンに減少した。それ以降も減少傾向は続き、2015 年は 30 千トンと過去最低になった（図 7、表 5）。

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、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、2015 年は 13 千トンと過去最低になった（図 7、表 5）。

漁獲割合は、1985 年の 36%から 1992 年の 19%まで減少し、1996 年までは 40%を下回って推移した。それ以降は増減しながら増加し、2010 年には 55%と過去最高になった。2011 年には 42%に減少したが、2014、2015 年は 50%程度と高い値で推移している（図 7、表 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 で推移している（図 9）。最も低かった 1992 年の 0.30 から増加傾向が見られ、2008 年には 1.62 に増加した。その後、2009 年に 0.83 に減少したが、2013 年は 1.26 に増加した。2012 年下半年以降、漁獲量または漁獲努力量を 2008～2010 年の 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おり（中央水産試験場 2016）、2014 年以降の F は 1 以下となり、基準（2008～2010 年の平均 1.16）の 8 割程度まで減少したが、依然として F が高い状態は続いている。年齢別に見ると、0 歳に対する F は、2000 年代後半から若干減少傾向にある一方で、1 歳魚以上の F は増加する傾向にある。

加入量は、1985 年の 5 億尾から 1989 年の 11 億尾に増加した後、1996 年まで 7 億～13 億尾で増減しながら推移した。1997 年に 20 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。2008 年以降急激に減少し、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、2015 年は 0.5 億尾と過去最低となった。2010 年の親魚量は、過去と比較してもそれほど少なくなかったにも関わらず、2010 年の加入量が大きく落ち込み、さらなる資源低下をもたらしたと考えられる（図 10、表 5）。

RPS 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 で上下しながら推移した。2007 年に 31.6 尾/kg に増加したのち、2010 年には 1.6 尾/kg と過去最低になった。2011～2012 年は増加して 20 尾/kg を超えたが、2013 年以降減少し、2015 年は 3.7 尾/kg となった。特に 2014、2015 年は親魚量が非常に少なくなった中での低い PRS であり、今後の加入状況への影響が大きいことが推察される（図 10、表 5）。

(5) Blimit の設定

親魚量と加入尾数の関係を図 11 に示す。親魚量と加入尾数の間には正の関係が見られ、持続的な資源利用のために親魚量を一定以上に維持することは有効と考えられる。資源の回復措置の閾値（Blimit）は、高い RPS があつた時に高い加入量が期待できるよう、RPS の上位 10%に相当する線（RPS high）と加入尾数の上位 10%（R high）の交点から、親魚量 64 千トン（2006～2007 年にかけての水準）とした。2015 年の親魚量は 13 千トンと Blimit を下回り、低い水準であった。

(6) 資源の水準・動向

資源水準の低位と中位の境は、Blimit と同値の 64 千トンとし、中位と高位の境は、1985～2015 年の親魚量の平均値 84 千トンの+15%の値である 110 千トンとした（図 7）。2015 年の親魚量は 13 千トンで Blimit を下回っていることから資源水準は低位と判断した。動向は過去 5 年間（2011～2015 年）の資源量の推移から減少と判断した。

(7) 資源と漁獲の関係

資源量と漁獲係数（F）は、明瞭な関係は見出せなかったが、資源量が 200 千トン未満で見ると、資源量が少ない年には F が高い傾向が見られる（図 12）。

5. 2017 年 ABC の設定

(1) 資源評価のまとめ

コホート解析の結果から、2015 年の資源量は 30 千トン、親魚量は 13 千トンで再生産関係から求められる Blimit の 64 千トンを下回っている。また、過去 5 年間（2011～2015 年）の資源量は減少傾向が続いているため、本系群の資源水準は低位、動向は減少と判断した。

(2) ABC の算定

本系群では資源量および再生産関係を利用することができ、2015 年の親魚量が Blimit を下回っているため、平成 28 年度 ABC 算定のための基本規則 1-1)-(2)に従い、2017 年 ABC を算出した。ABC を算定する式は以下のとおりである。

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

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

Flimit は Frec とし、10 年後（2026 年）に親魚量を Blimit 以上に回復させることを管理目標とした場合の ABC を算出した。 α は標準値の 0.8 とした。2016 年の F は Fcurrent (2013～2015 年の漁獲係数の平均) とした。2016 年以降の再生産成功率は、親魚量が 1995 年以降の最低

値となり資源状態が悪化した 2009 年以降（2009～2014 年）の中央値 11.9 尾/kg で推移すると仮定した。算出した ABC は以下のとおりである。

管理基準	Target / Limit	F値	漁獲割合 (%)	2017年ABC (千トン)
Frec10yr	Target	0.37	24	5
	Limit	0.47	29	6

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の回復が期待される漁獲量である。Ftarget= α Flimit とし、係数 α には標準値の 0.8 を用いた。

(3) ABC の評価

図 13、下表および補足資料 5 に 2017 年以降の F を Fcurrent（2013 年～2015 年の漁獲係数の平均）、F30%SPR、Fmed（RPS の 2009～2014 年の中央値に対応する F 値）および Frec10yr（Target および Limit）とした場合の漁獲量、資源量、親魚量について示した。2016 年以降の再生産成功率は 2009～2014 年の中央値で推移すると仮定した。Fmed と F30%SPR の値は Fcurrent にそれぞれ 0.77 と 0.31 を乗じた値に相当し、Frec10yr の Target および Limit は Fcurrent にそれぞれ 0.36 と 0.45 を乗じた値に相当する。Fcurrent および Fmed で漁獲した場合は、漁獲量、資源量、親魚量ともに減少し、5 年後には現状を下回ることが予想される。Frec10yr（Limit）で漁獲した場合、5 年後の資源量は現状より増加するが、親魚量は Bimit（64 千トン）を下回ると予想される。Frec10yr（Target）および F30%SPR で漁獲した場合は、資源量、親魚量ともに 10 年後には増加が見込まれるが、5 年後の親魚量はいずれも Blimit を下回ることが予想される。

管理基準	F値	漁獲量(千トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fcurrent	1.04	16	11	10	8	7	5	5
Fmed	0.80	16	11	9	8	8	8	8
F30%SPR	0.32	16	11	4	6	9	13	19
Frec10yr (Target)	0.37	16	11	5	6	9	13	18
Frec10yr (Limit)	0.47	16	11	6	7	10	12	16
		資源量(千トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fcurrent	1.04	30	24	20	16	14	11	9
Fmed	0.80	30	24	20	20	20	20	20
F30%SPR	0.32	30	24	20	31	45	66	97
Frec10yr (Target)	0.37	30	24	20	29	41	58	81
Frec10yr (Limit)	0.47	30	24	20	27	35	46	60
		親魚量(千トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Fcurrent	1.04	13	8	4	5	3	3	2
Fmed	0.80	13	8	4	6	5	6	5
F30%SPR	0.32	13	8	4	10	13	20	28
Frec10yr (Target)	0.37	13	8	4	10	11	17	23
Frec10yr (Limit)	0.47	13	8	4	9	10	13	17

(3) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2014年漁獲量確定値	2014年漁獲量の確定
2015年漁獲量速報値	2015年漁獲量の算定
2015年沖底有漁網数・CPUE	2015年のかけまわし・オッタートロール有漁網数・CPUE
年齢別漁獲尾数	1985～2015年の年齢別漁獲尾数

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千トン)
2015 年 (当初)	$0.7 \cdot \text{Cave3-yr}^{*1} \cdot 0.97$	—	37	29	
2015 年 (2015 年再評価)	$0.7 \cdot \text{Cave3-yr}^{*1} \cdot 0.97$	—	37	29	
2015 年 (2016 年再評価)	$0.7 \cdot \text{Cave3-yr}^{*1} \cdot 0.97$	—	37	29	16
2016 年 (当初)	$0.7 \cdot \text{Ct}^{*2} \cdot 0.59$	—	11	9	
2016 年 (2016 年再評価)	$0.7 \cdot \text{Ct}^{*2} \cdot 0.59$	—	11	9	

¹ Cave3-yr は 2011-2013 年の漁獲量の平均値

² Ct は 2014 年の漁獲量の平均値

2015 年 (2016 年再評価) は、平成 26 年度資源評価報告書で採用した管理基準に基づき計算した。2016 年 (2016 年再評価) は、平成 27 年度資源評価報告書で採用した管理基準に基

づき計算した。

6. ABC 以外の管理方策の提言

ホッケ道北系群の漁獲量は、2000～2003 年は 122 千～145 千トンで安定していたが、2004 年から増減を繰り返しながら推移し、2009 年以降激減した。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（中央水産試験場 2016）。沖底を対象としたアンケート結果では、2016 年も引き続き漁獲状況が悪いことから（補足資料 6）、資源状態は回復していないと考えられ、今後も漁獲努力量の削減を継続する必要がある。一方、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など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があるため（森田ほか 2015）、海洋環境についても注意を払う必要がある。今後は、本系群について産卵や加入への環境要因の影響なども踏まえた解析についても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.
- 入江隆彦(1982) 解説．北海道沖合底びき網漁業漁獲統計による魚種別・海区別の資源量指数経年表，北海道区水産研究所，釧路．
- 入江隆彦(1983) 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，91-103.
- 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.
- 中央水産試験場(2016) ホッケ(道央日本海～オホーツク海海域). 2016 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(印刷中)
- 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



図 1. ホッケ道北系群の漁場（ホッケ研究グループ（1983）を改変）

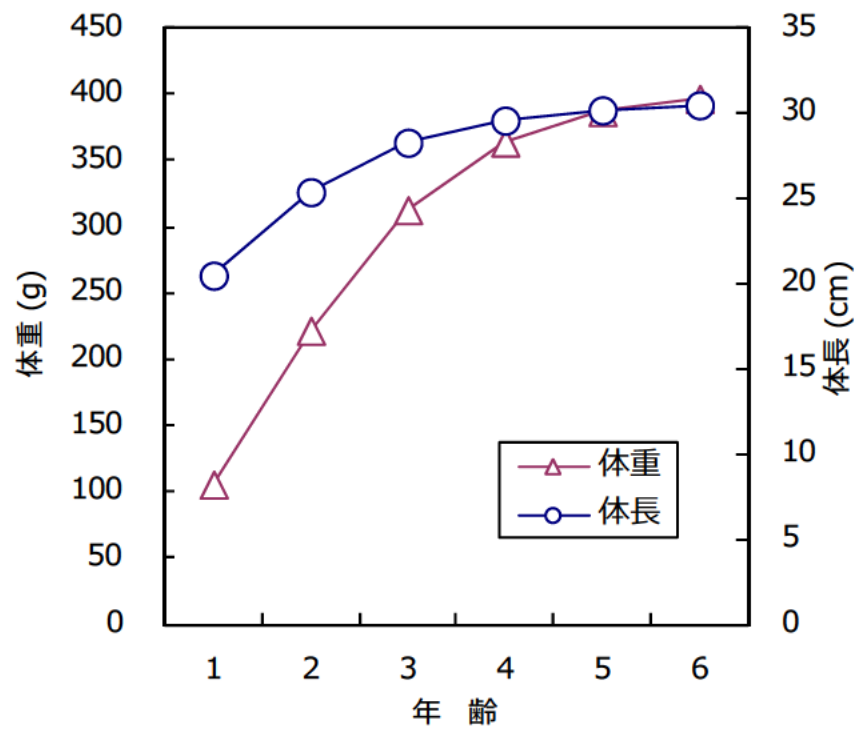


図 2. ホッケ道北系群における年齢と平均体長・体重の関係（雌雄の平均値）（高嶋 2013）

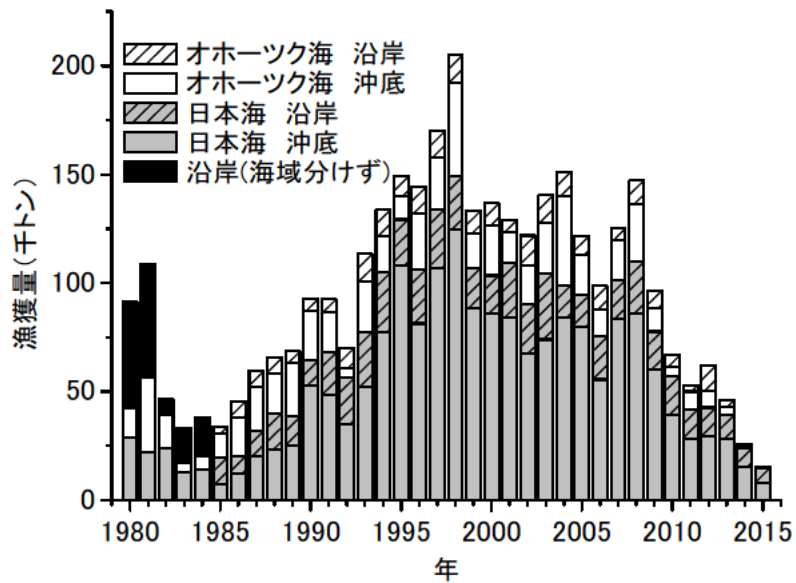


図3. ホッケ道北系群の海域別沖合底びき網漁業・沿岸漁業の漁獲量の推移

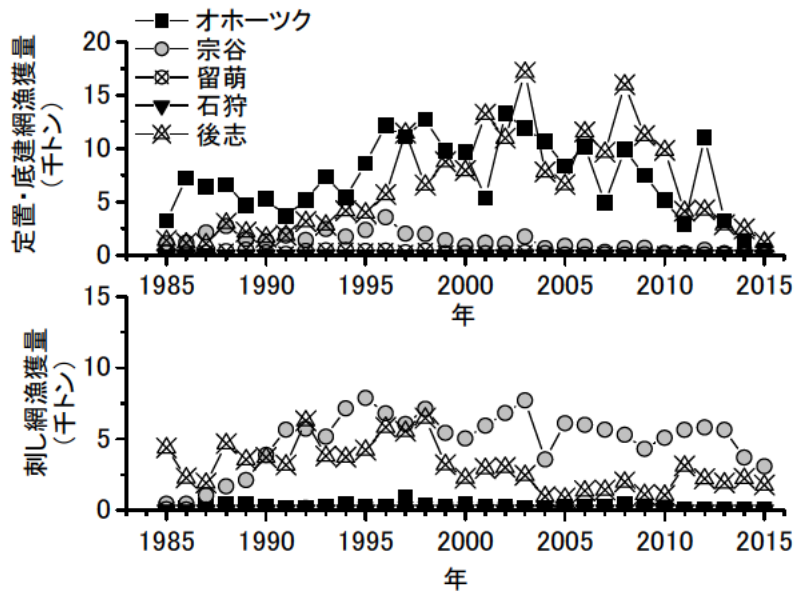


図4. 振興局別の定置・底建網および刺し網漁業の漁獲量の推移

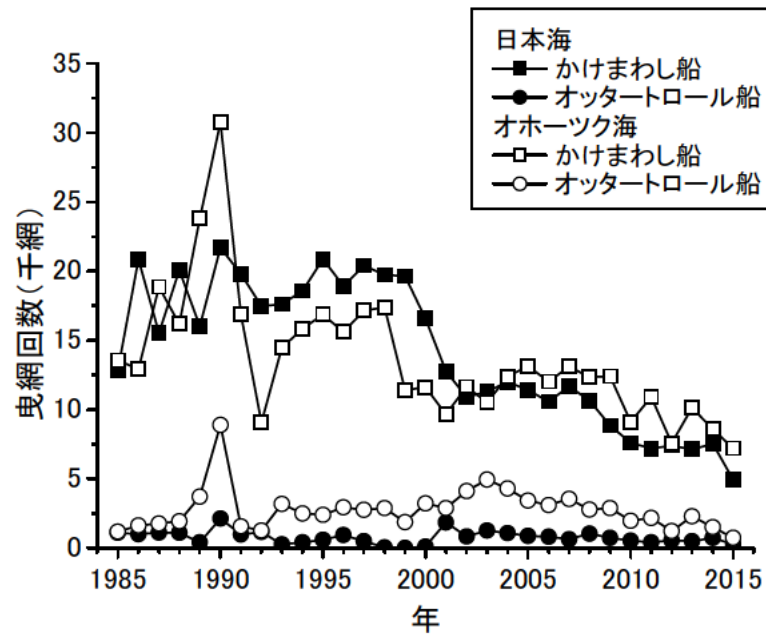


図 5. ホッケ道北系群に対する沖合底びき網漁業の有漁曳網回数の推移

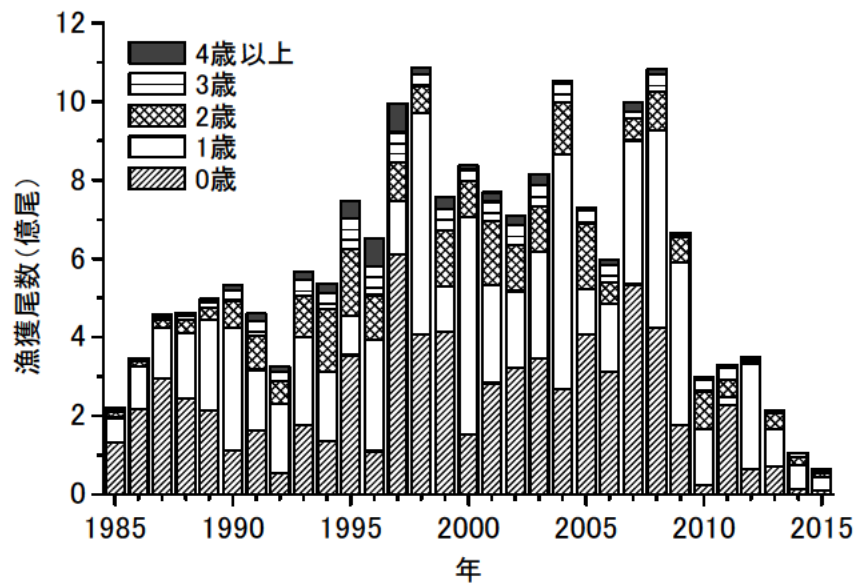


図 6. ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数の推移

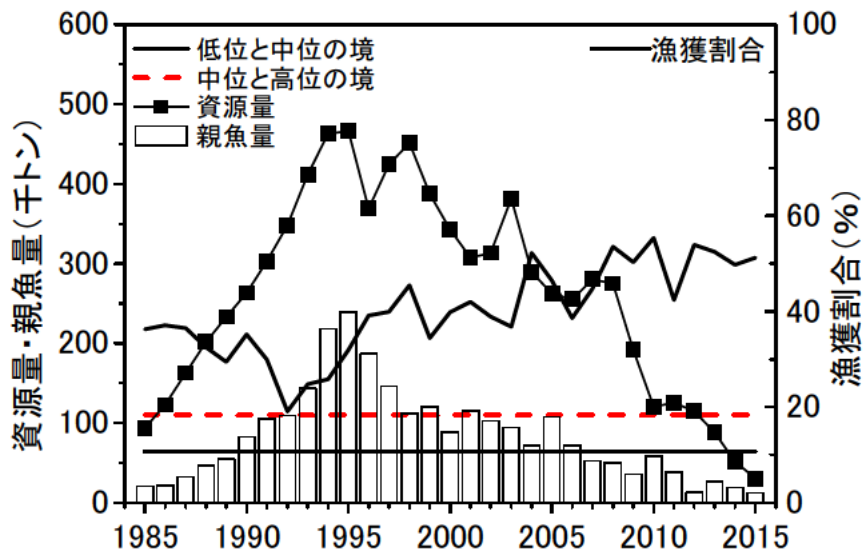


図 7. ホッケ道北系群の資源量、親魚量、漁獲割合の経年変化および親魚量を指標とする水準判断の境界

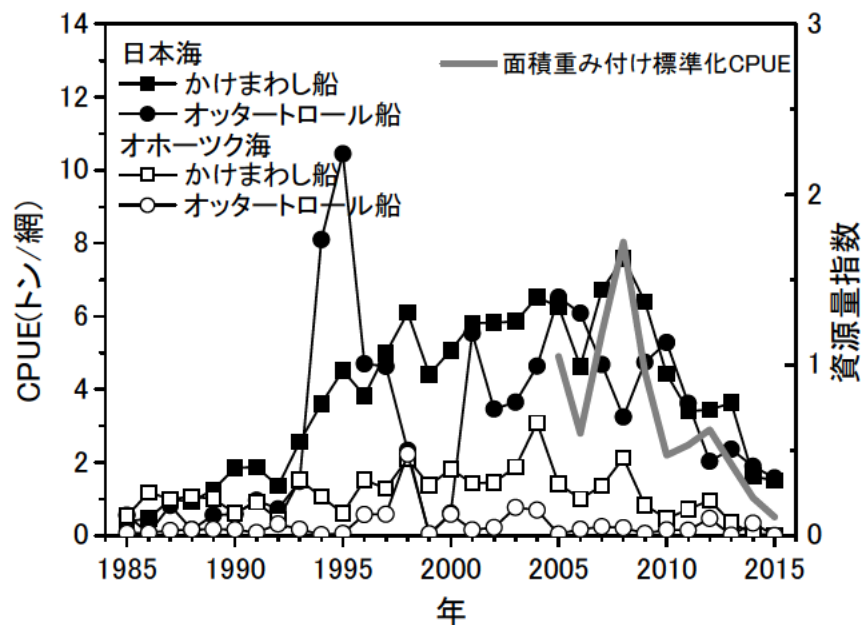


図 8. ホッケ道北系群に対する沖合底びき網漁業の有漁 CPUE（左軸）および資源量指標値としてチューニングに用いた面積重み付け標準化 CPUE（右軸）の推移

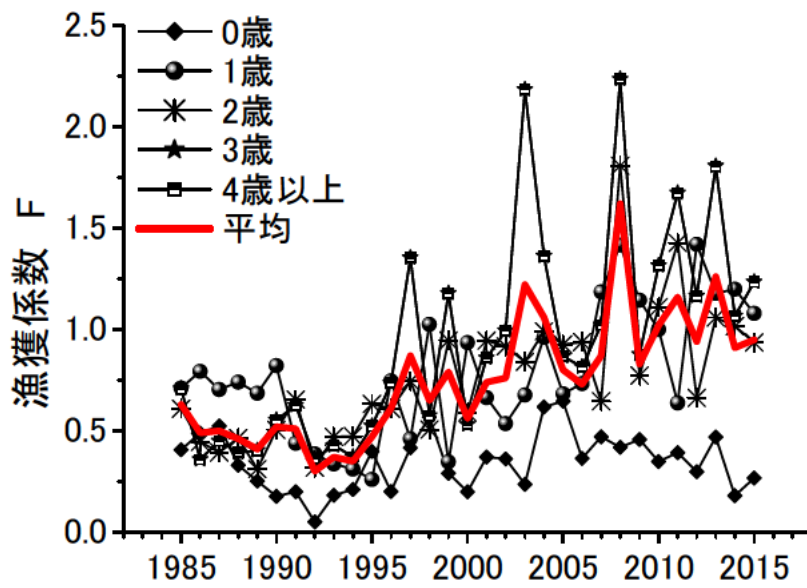


図 9. ホッケ道北系群の年齢別漁獲係数 (F) と各年齢の単純平均値

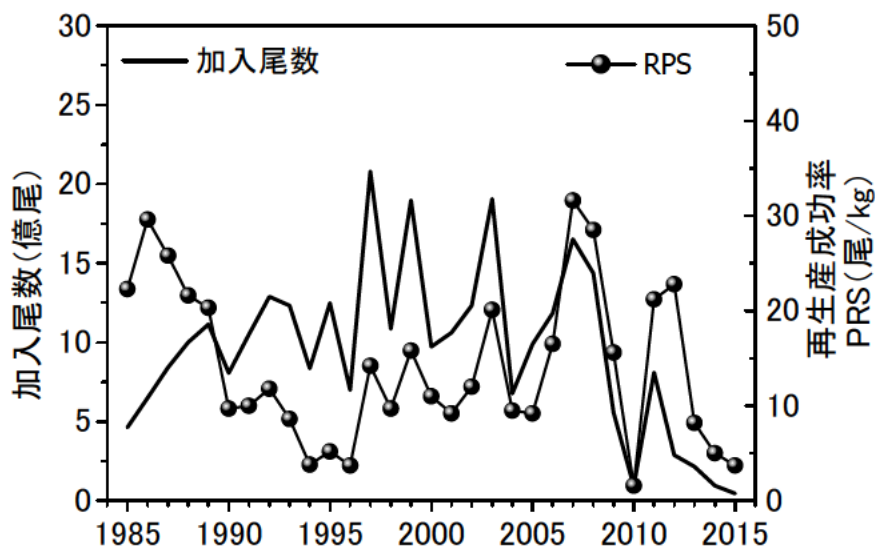


図 10. ホッケ道北系群の加入尾数と再生産成功率 (RPS) の推移

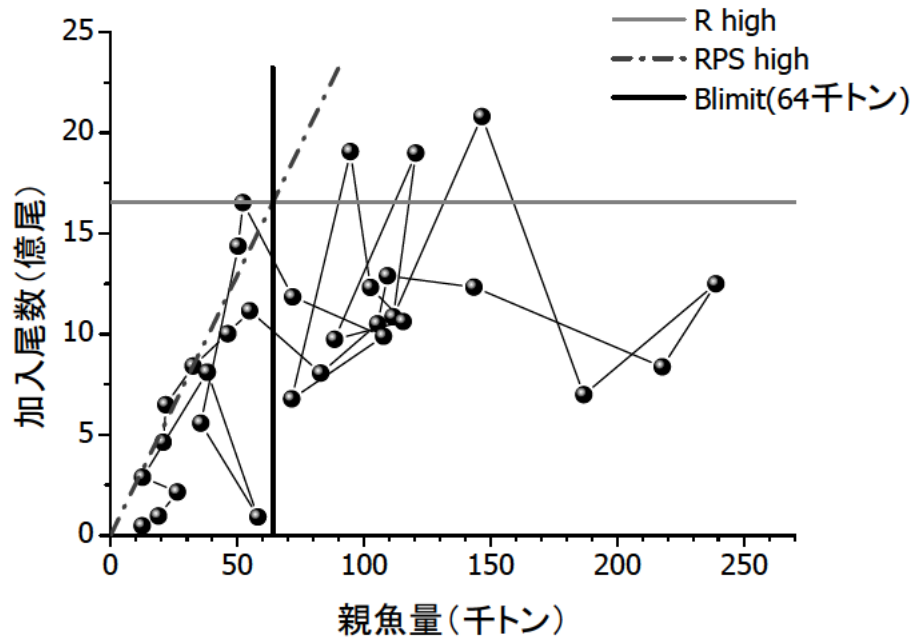


図 11. ホッケ道北系群の親魚量と加入量の関係（再生産関係）および Blimit

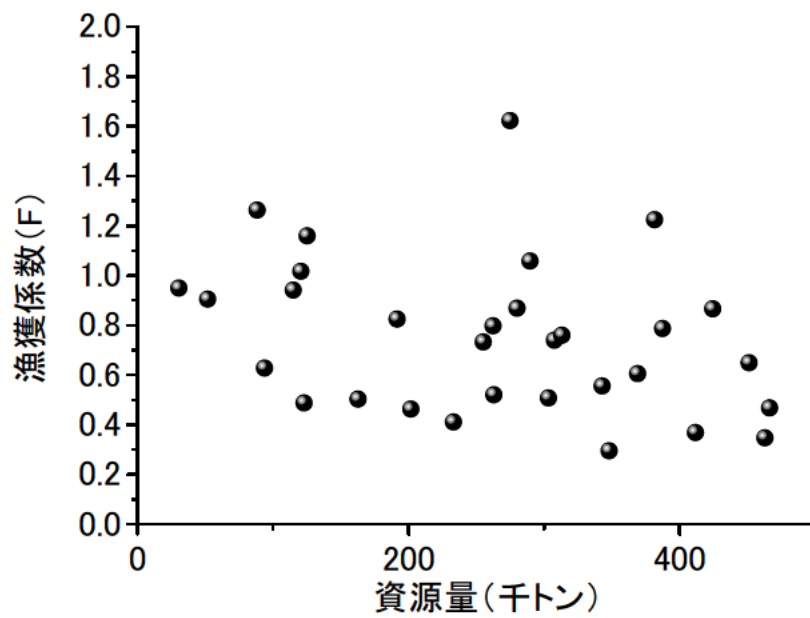


図 12. ホッケ道北系群の資源量と漁獲係数（F）の関係

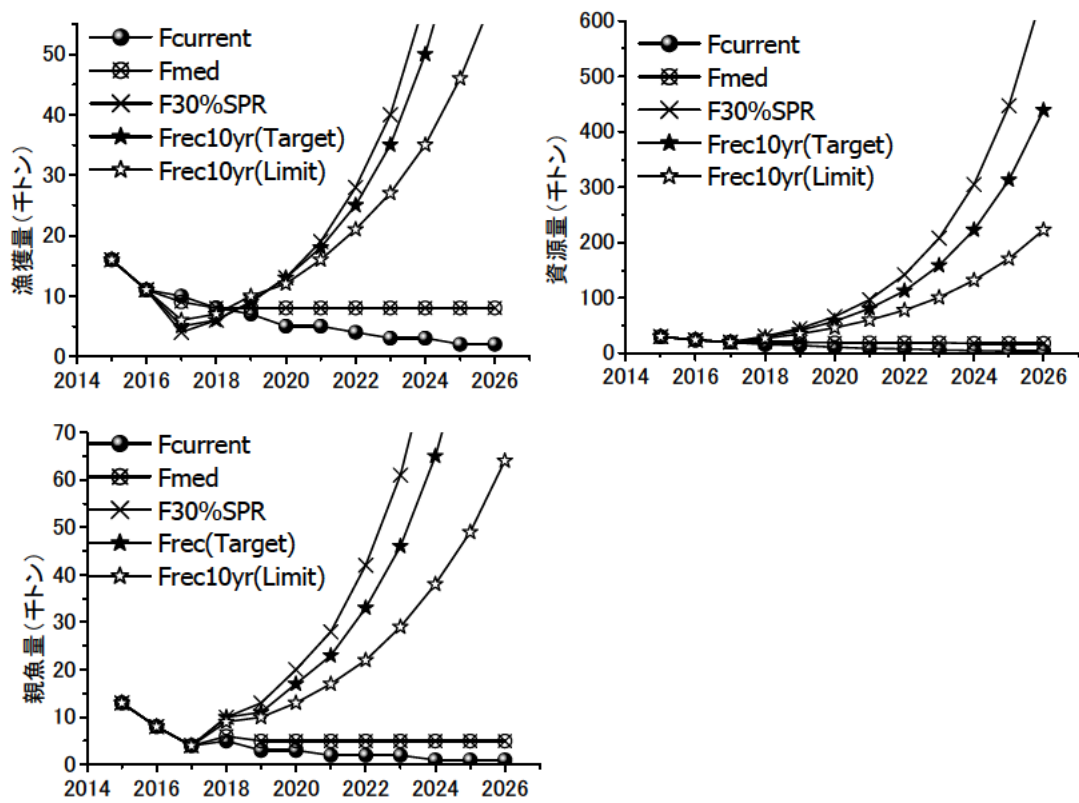


図 13. 異なる漁獲係数 (F) に対する漁獲量、資源量および親魚量の推移

表 1. ホッケ道北系群の漁業種別漁獲量

年	日本海		オホーツク海		沿岸漁獲量	海域計 漁獲量
	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		48,826	91,426
1981	22,043		34,453		52,271	108,767
1982	23,673		15,703		6,995	46,371
1983	12,969		4,212		15,897	33,078
1984	14,166		6,280		17,471	37,918
1985	7,545	12,322	10,640	3,454		33,962
1986	12,054	8,270	17,434	7,813		45,571
1987	20,397	11,571	20,457	7,041		59,466
1988	23,185	17,031	17,908	7,424		65,548
1989	25,105	13,326	24,869	5,344		68,644
1990	52,699	11,586	22,734	5,646		92,665
1991	48,445	19,523	18,846	3,885		90,698
1992	35,041	21,206	4,749	5,476		66,472
1993	52,199	18,546	23,389	7,693		101,827
1994	77,369	19,439	16,862	5,810		119,481
1995	108,187	21,141	10,478	9,176		148,983
1996	81,310	25,191	25,391	12,571		144,464
1997	106,621	26,984	23,657	12,201		169,462
1998	124,626	24,450	42,930	13,079		205,086
1999	88,431	18,624	15,788	10,546		133,389
2000	86,252	17,251	22,979	10,123		136,604
2001	84,316	24,788	14,249	5,704		129,057
2002	67,324	22,839	17,771	13,941		121,876
2003	73,981	30,401	23,492	12,616		140,491
2004	84,405	14,566	41,205	11,049		151,225
2005	79,775	14,586	18,688	8,745		121,794
2006	55,560	19,744	12,557	10,758		98,619
2007	83,530	17,811	18,657	5,252		125,250
2008	85,689	23,999	26,803	10,755		147,246
2009	60,094	17,607	10,532	8,083		96,316
2010	39,439	17,533	4,515	5,311		66,798
2011	28,281	13,592	8,171	3,038		53,082
2012	29,391	13,266	7,859	11,452		61,968
2013	28,413	10,861	3,664	3,357		46,295
2014	15,317	8,705	504	1,263		25,788
2015	8,212	6,769	160	437		15,578

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年よりオコック沿岸（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）。

2015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 2. オホーツク・宗谷・留萌・石狩・後志振興局における定置・底建網および刺し網漁業の漁獲量

定置網および底建網							刺し網						
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

単位:トン。

表 3. ホッケ道北系群の沖底漁業の有漁網数、漁獲量およびCPUE

年	日本海			オホーツク海			CPUE (トン/網)	CPUE (トン/網)	面積重み付け標準化CPUE ^{*3}	
	有漁網数 ^{*1} (月別)	漁獲量 (トン)	試験操業	有漁網数 ^{*1} (月別)	漁獲量 (トン)	試験操業				
かけまわし ^{*2}	試験操業	かけまわし ^{*2}	試験操業	かけまわし ^{*2}	試験操業	かけまわし ^{*2}	試験操業	かけまわし ^{*3}	試験操業	
1985	12,835	1,083	0	4,852	601	0	0.38	0.55	0.54	0.06
1986	20,834	985	0	9,807	52	0	0.47	0.05	1.18	0.07
1987	15,517	1,115	0	15,361	920	0	0.99	0.83	0.99	0.14
1988	20,078	1,095	0	18,612	181	0	0.93	0.17	1.06	0.16
1989	16,028	399	0	20,108	221	0	1.25	0.55	1.01	0.17
1990	21,686	2,133	0	40,211	1,248	0	1.85	0.59	18,802	0.16
1991	19,790	968	0	36,957	931	0	1.87	0.96	15,446	0.08
1992	17,451	1,155	0	23,709	846	0	1.36	0.73	3,932	0.32
1993	17,610	259	0	44,971	383	0	2.55	1.48	21,966	0.17
1994	18,581	403	0	66,999	3,265	0	3.61	8.10	16,783	0.03
1995	20,861	577	0	94,196	6,027	0	4.52	10.45	10,344	0.06
1996	18,913	932	0	72,427	4,381	0	3.83	4.70	23,702	0.58
1997	20,387	482	0	101,852	2,232	0	5.00	4.63	22,052	0.58
1998	19,735	50	0	120,274	117	0	6.09	2.33	36,527	2.22
1999	19,618	3	0	86,471	0	0	4.41	0.01	15,700	0.05
2000	16,574	107	0	83,969	65	0	5.07	0.61	21,621	0.59
2001	12,756	1,846	0	74,102	10,214	0	5.81	5.53	13,804	0.16
2002	10,887	829	132	63,397	2,869	1,058	5.82	3.46	16,869	0.22
2003	11,292	1,254	787	66,152	4,574	3,255	5.86	3.65	19,702	0.77
2004	11,990	1,067	320	78,183	4,947	1,275	6.52	4.64	38,198	0.70
2005	11,402	865	787	71,396	5,640	2,740	6.26	6.52	18,559	0.04
2006	10,552	806	812	48,865	4,908	1,788	4.63	6.09	12,020	0.17
2007	11,668	624	827	78,455	2,917	2,158	6.72	4.67	17,807	0.24
2008	10,645	1,025	531	80,773	3,330	1,586	7.59	3.25	26,218	0.21
2009	8,833	725	13	56,549	3,439	1,07	6.40	4.74	10,361	0.06
2010	7,578	518	756	33,492	2,736	3,211	4.42	5.28	4,211	0.15
2011	7,184	395	957	24,450	1,427	2,404	3.40	3.61	7,862	0.53
2012	7,379	556	982	25,353	1,130	2,908	3.44	2.03	7,290	0.17
2013	7,124	488	271	25,888	1,152	1,373	3.63	2.36	3,633	0.01
2014	7,530	734	943	12,288	1,385	1,643	1.63	1.89	460	0.34
2015	4,910	267	445	7,350	423	478	1.50	1.58	157	0.02
									2	23

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。

表 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

底建網 ¹⁾ (行使者数)						さけ定置 ²⁾ (統)						小定置 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	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	1973	466	533	57	63	435	1,554
1974							1974	104	30	9	9	6	158	1974	523	600	97	60	498	1,778
1975							1975	104	26	9	10	4	153	1975	521	632	146	67	535	1,901
1976							1976	104	61	12	8	5	190	1976	508	559	115	70	411	1,663
1977							1977	106	61	10	10	5	192	1977	526	584	172	73	486	1,841
1978							1978	106	64	9	12	5	196	1978	573	546	158	29	500	1,806
1979							1979	102	73	15	17	5	212	1979	540	517	220	58	692	2,027
1980							1980	102	74	15	16	5	212	1980	555	443	175	43	703	1,919
1981							1981	102	92	19	17	5	235	1981	595	428	153	82	765	2,023
1982							1982	102	88	16	17	5	228	1982	648	447	126	116	916	2,253
1983							1983	102	88	11	17	5	223	1983	586	344	114	132	894	2,070
1984							1984	89	79	23	18	4	213	1984	518	380	83	55	815	1,851
1985							1985	90	80	23	18	4	215	1985	525	418	86	69	708	1,806
1986							1986	89	80	23	18	4	214	1986	514	398	126	96	699	1,833
1987							1987	84	79	23	18	5	209	1987	526	386	136	58	729	1,835
1988							1988	84	80	22	18	5	209	1988	569	400	107	47	605	1,728
1989				291			1989	77	67	25	18	116	303	1989	426	454	91	55	642	1,668
1990				307			1990	77	67	25	18	113	300	1990	536	429	112	53	674	1,804
1991				349			1991	73	67	27	18	115	300	1991	567	416	145	34	615	1,777
1992				531			1992	76	67	25	18	111	297	1992	496	385	101	38	606	1,626
1993				369			1993	79	67	25	18	116	305	1993	590	389	103	32	615	1,729
1994				362			1994	67	65	23	19	226	400	1994	480	293	120	33	567	1,493
1995				369			1995	147	64	22	18	237	488	1995	683	337	154	22	590	1,786
1996	451	238	55	369			1996	74	63	21	16	227	401	1996	718	414	98	21	546	1,797
1997	231	200	50	311			1997	74	59	19	16	215	383	1997	658	409	60	20	498	1,645
1998	479	153	75	315			1998	71	60	19	16	213	379	1998	746	380	100	25	536	1,787
1999	471	185	71	290			1999	71	56	18	18	228	391	1999	713	345	88	31	539	1,716
2000	491	187	56	333			2000	71	56	-	17	224	368	2000	673	338	144	40	546	1,741
2001	584	179	66	23	293	1,145	2001	71	56	-	16	216	359	2001	646	294	125	36	565	1,666
2002	396	174	40	24	295	929	2002	72	53	19	16	212	372	2002	647	284	103	31	532	1,597
2003	206	103	48	16	295	668	2003	72	50	19	16	201	358	2003	611	283	98	33	493	1,518
2004	357	150	43	18	91	659	2004	75	52	18	15	209	369	2004	688	291	97	44	512	1,632
2005	370	150	45	16	111	692	2005	73	52	18	16	209	368	2005	714	291	93	35	506	1,639
2006	361	152	41	16	302	872	2006	74	51	19	16	205	365	2006	658	277	95	37	464	1,531
2007	349	138	28	16	298	829	2007	74	51	19	16	205	365	2007	658	277	95	37	464	1,531
2008	120	137	36	16	303	612	2008	74	51	19	16	205	365	2008	658	277	95	37	464	1,531
2009	119	135	37	12	76	379	2009	74	51	19	16	205	365	2009	658	277	95	37	464	1,531
2010	119	128	35	13	86	381	2010	74	51	19	16	205	365	2010	658	277	95	37	464	1,531
2011	179	127	39	12	75	432	2011	74	51	19	16	205	365	2011	658	277	95	37	464	1,531
2012	125	125	33	12	83	378	2012	74	51	19	16	205	365	2012	658	277	95	37	464	1,531
2013	142	125	36	12	76	391	2013	74	51	19	16	205	365	2013	658	277	95	37	464	1,531
2014	142	125	36	12	76	391	2014	74	51	19	16	205	365	2014	658	277	95	37	464	1,531
2015	142	125	36	12	76	391	2015	74	51	19	16	205	365	2015	658	277	95	37	464	1,531

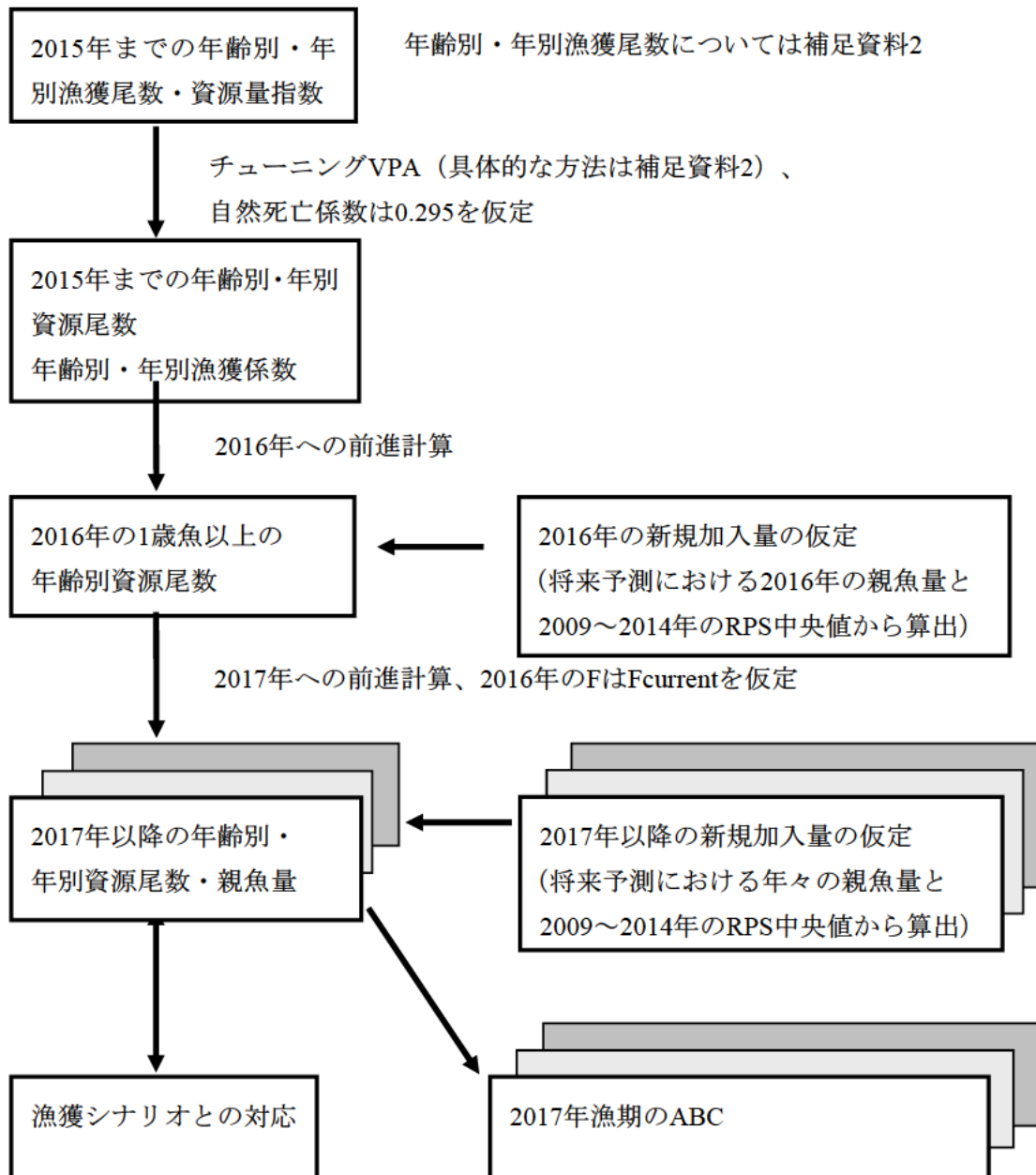
*1)底建網の漁獲体数は、第2種共同漁業権に含まれるかれい・ひらめ・ほっけ底建て網行使者数(各振興局より)。オホーツク・宗谷・後志・留萌は2013年、石狩は2011年が最新の値。

*2)さけ定置・小定置の漁獲体数(統)は、北海道農林水産統計年報から抜粋、2006年が最新の値。

表 5. ホッケ道北系群の漁獲量と資源計算結果

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)	F単純平均
1985	34	94	21	463	36	22.3	0.63
1986	46	123	22	649	37	29.6	0.49
1987	59	163	33	841	37	25.8	0.50
1988	66	202	46	1001	32	21.6	0.46
1989	69	233	55	1115	29	20.3	0.41
1990	93	263	83	806	35	9.7	0.52
1991	91	303	105	1051	30	10.0	0.51
1992	66	348	109	1289	19	11.8	0.30
1993	102	412	143	1232	25	8.6	0.37
1994	119	463	218	836	26	3.8	0.35
1995	149	466	239	1249	32	5.2	0.47
1996	144	369	187	699	39	3.7	0.61
1997	169	425	147	2080	40	14.2	0.87
1998	205	451	112	1086	45	9.7	0.65
1999	133	387	121	1899	34	15.8	0.79
2000	137	343	88	974	40	11.0	0.56
2001	129	308	116	1062	42	9.2	0.74
2002	122	313	103	1232	39	12.0	0.76
2003	140	382	95	1906	37	20.1	1.22
2004	151	290	72	677	52	9.5	1.06
2005	122	262	108	989	46	9.2	0.80
2006	99	255	72	1184	39	16.5	0.73
2007	125	280	52	1652	45	31.6	0.87
2008	147	275	50	1436	54	28.5	1.62
2009	96	192	36	556	50	15.6	0.83
2010	67	121	58	92	55	1.6	1.02
2011	53	125	38	811	42	21.2	1.16
2012	62	115	13	289	54	22.8	0.94
2013	46	88	26	216	52	8.2	1.26
2014	26	52	19	95	50	5.0	0.91
2015	16	30	13	47	51	3.7	0.95

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源量の計算について

1. コホート計算

ホッケ道北系群の 1985～2015 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、資源重量、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ホッケ道北系群の年齢別漁獲尾数（補足表 2-1、中央水産試験場 2016）、年齢別体重（補足表 2-2）、年齢別成熟率（補足表 2-3）を用いた。なお、ホッケは 1 歳の終わりに 80%程度が産卵するため、成熟割合は計算上 2 歳で 80%とした。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（表 3、補足資料 5）を用いてチューニングを行った。

(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) 式で計算した。

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

$F_{a,y}$: 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 から年齢別選択率を求めた。

最近年（2015 年）の F は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求めた。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 2005～2015 年とし、（6）式を最小とする $F_{4+,2015}$ を探索的に求めた。

$$SSQ = \sum (\ln(I_y) - \ln(qB_y))^2 \quad (6)$$

ここで、 I_y は y 年の資源量指数、 B_y は y 年の 0～2 歳の資源量である。q は比例係数であり、（7）式によって計算した。

$$q = \exp\left(\frac{\sum \ln\left(\frac{I_y}{B_y}\right)}{Y}\right) \quad (7)$$

ここで、Y はチューニング期間の年数である。

最近年（2015 年）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（8）、（9）式により推定した。

0～3 歳：

$$F_{a,2015} = \frac{1}{2} \sum_{2013}^{2014} \frac{F_{a,y}}{F_{4+,y}} \times F_{4+,2015} \quad (8)$$

4+歳：

$$F_{4+,2015} = F_{3,2015} \quad (9)$$

2. ABC 算定方法

Fcurrent は過去 3 年（2013～2015 年）の F の平均値とし、2016 年の F は Fcurrent とした。2016 年以降の漁獲量と資源量を計算する際には漁獲物の年齢別体重の 2015 年の値を用いた。また将来予測における選択率には Fcurrent の選択率を用いた。資源尾数の将来予測にはコホート解析の前進法を用いた（（10）式）。

$$N_{a+1,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (10)$$

プラスグループについては、前年の 3 歳と 4 歳以上の和から前進させた。

将来予測における加入量は RPS と親魚量の積とし、RPS は資源状態が悪化して以降の 2009～2014 年の RPS の中央値 11.9 尾/kg を仮定した。Fcurrent は過去 3 年（2013～2015 年）の F の平均値とし、2016 年の F は Fcurrent であるとした。また、将来予測における選択率には Fcurrent の選択率を用いた。2016 年以降の漁獲尾数については（11）式により求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \{1 - \exp(-F_{a,y})\} \exp(-M/2) \quad (11)$$

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。

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.
- 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.
- 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.
- 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漁獲尾数の推移 (単位・万尾)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0歳	13,364	21,628	29,560	24,284	21,478	11,275	16,369	5,503	17,605	13,675	35,424	10,978	61,099	40,618	41,294	15,171
1歳	6,093	10,831	12,914	16,746	22,935	31,153	15,363	17,727	22,502	17,661	9,953	28,329	13,535	56,518	11,576	55,372
2歳	1,540	1,576	2,165	3,508	3,039	6,875	8,750	5,698	10,500	15,786	16,887	11,404	9,991	6,849	14,396	9,272
3歳	710	411	758	1,085	1,463	2,635	3,625	2,144	3,923	4,045	7,916	7,427	7,512	2,939	5,363	2,809
4歳以上	418	246	411	497	815	1,451	1,917	1,448	2,124	2,626	4,493	6,996	7,325	1,681	3,067	1,149

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	28,330	32,265	34,597	26,920	40,595	31,178	53,452	42,324	17,601	2,325	22,690	6,412	6,957	1,349	896
1歳	24,855	19,509	27,098	59,698	11,598	17,298	36,710	50,250	41,386	14,310	1,955	26,685	9,552	6,059	3,391
2歳	16,314	11,791	11,683	13,120	16,635	5,376	5,668	10,058	6,447	9,647	4,714	792	4,138	2,020	1,154
3歳	4,961	4,867	5,193	4,914	3,346	4,527	1,648	4,150	859	3,016	2,870	763	525	1,074	567
4歳以上	2,428	2,543	2,877	567	815	1,251	2,186	1,435	291	446	769	431	337	83	308

資料：中央水産試験場 (2016)。

補足表 2-2. ホッケ道北系群の年齢別体重

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

補足表 2-3. ホッケ道北系群の年齢別成熟率

年齢	0	1	2	3	4+
成熟割合 (%)	0	0	80	100	100

補足資料3 ホッケ道北系群の資源解析結果

年齢別漁獲尾数(百万尾)										
年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	134	216	296	243	215	113	164	55	176	137
1歳	61	108	129	167	229	312	154	177	225	177
2歳	15	16	22	35	30	69	87	57	105	158
3歳	7	4	8	11	15	26	36	21	39	40
4歳以上	4	2	4	5	8	15	19	14	21	26
計	221	347	458	461	497	534	460	325	567	538

年齢別漁獲量										
年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	13	19	26	21	17	9	15	5	14	12
1歳	12	19	23	29	36	51	28	31	37	32
2歳	5	5	6	10	8	19	26	17	29	48
3歳	3	2	3	4	5	9	14	8	14	16
4歳以上	2	1	2	2	3	5	8	6	8	11
計	34	46	59	66	69	93	91	66	102	119

年齢別資源尾数(百万尾)										
年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	463	649	841	1001	1115	806	1051	1289	1232	836
1歳	139	229	297	371	536	644	503	641	913	766
2歳	39	51	77	109	132	201	211	242	324	485
3歳	16	16	24	39	51	72	90	82	131	151
4歳以上	10	9	13	18	28	40	48	55	71	98
計	667	954	1252	1539	1862	1763	1903	2309	2671	2336

年齢別漁獲係数										
年	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
0歳	0.41	0.49	0.52	0.33	0.25	0.18	0.20	0.05	0.18	0.21
1歳	0.71	0.79	0.70	0.74	0.68	0.82	0.44	0.39	0.34	0.31
2歳	0.61	0.44	0.39	0.46	0.31	0.50	0.65	0.32	0.47	0.47
3歳	0.71	0.36	0.45	0.39	0.40	0.55	0.62	0.36	0.43	0.37
4歳以上	0.71	0.36	0.45	0.39	0.40	0.55	0.62	0.36	0.43	0.37
単純平均	0.63	0.49	0.50	0.46	0.41	0.52	0.51	0.30	0.37	0.35

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

補足資料3 ホッケ道北系群の資源解析結果（つづき）

年齢別漁獲尾数(百万尾)

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	354	110	611	406	413	152	283	323	346	269
1歳	100	283	135	565	116	554	249	195	271	597
2歳	169	114	100	68	144	93	163	118	117	131
3歳	79	74	75	29	54	28	50	49	52	49
4歳以上	45	70	73	17	31	11	24	25	29	6
計	747	651	995	1086	757	838	769	710	814	1052

年齢別漁獲量

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	32	9	55	42	37	12	22	27	30	19
1歳	18	48	25	118	21	87	39	33	47	85
2歳	51	33	30	24	43	24	43	34	34	31
3歳	30	27	29	13	20	9	16	17	19	15
4歳以上	19	28	31	8	13	4	9	10	11	2
計	149	144	169	205	133	137	129	122	140	151

年齢別資源尾数(百万尾)

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	1249	699	2080	1086	1899	974	1062	1232	1906	677
1歳	505	624	425	1022	458	1057	594	546	639	1121
2歳	418	290	220	200	273	241	309	228	238	242
3歳	225	165	117	78	90	79	100	90	68	77
4歳以上	128	156	114	45	51	32	49	47	38	9
計	2524	1934	2958	2431	2771	2384	2114	2142	2889	2125

年齢別漁獲係数

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	0.40	0.20	0.42	0.57	0.29	0.20	0.37	0.36	0.24	0.62
1歳	0.26	0.75	0.46	1.02	0.35	0.93	0.66	0.53	0.68	0.96
2歳	0.63	0.61	0.74	0.51	0.94	0.59	0.94	0.92	0.84	0.99
3歳	0.52	0.74	1.35	0.57	1.18	0.53	0.86	0.99	2.18	1.36
4歳以上	0.52	0.74	1.35	0.57	1.18	0.53	0.86	0.99	2.18	1.36
単純平均	0.47	0.61	0.87	0.65	0.79	0.56	0.74	0.76	1.22	1.06

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	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳	111.2	58.9	187.0	112.1	168.1	75.5	82.4	104.1	162.7	47.4
1歳	91.1	106.8	77.6	213.8	82.3	166.3	93.5	93.6	110.6	159.2
2歳	125.7	82.6	67.0	69.8	81.8	63.3	81.2	65.0	68.8	57.3
3歳	85.1	59.2	44.8	34.2	33.8	26.1	32.9	32.1	24.6	22.8
4歳以上	53.2	61.4	48.1	21.5	21.3	11.7	17.7	18.5	15.0	2.9
資源量	466.3	369.0	424.5	451.4	387.3	342.9	307.6	313.3	381.7	289.6
親魚量	238.9	186.8	146.6	111.5	120.5	88.4	115.5	102.7	94.6	71.5
RPS	5.2	3.7	14.2	9.7	15.8	11.0	9.2	12.0	20.1	9.5

補足資料3 ホッケ道北系群の資源解析結果（つづき）

年齢別漁獲尾数(百万尾)

年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	406	312	535	423	176	23	227	64	70	13	9
1歳	116	173	367	502	414	143	20	267	96	61	34
2歳	166	54	57	101	64	96	47	8	41	20	12
3歳	33	45	16	41	9	30	29	8	5	11	6
4歳以上	8	13	22	14	3	4	8	4	3	1	3
計	730	596	997	1082	666	297	330	351	215	106	64

年齢別漁獲量

年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	36	28	41	31	13	2	21	6	7	1	1
1歳	21	32	57	74	63	25	4	49	20	12	7
2歳	50	16	15	25	16	28	14	2	15	7	4
3歳	13	17	5	13	3	11	11	3	2	5	3
4歳以上	3	5	8	5	1	2	3	2	2	0	1
計	122	99	125	147	96	67	53	62	46	26	16

年齢別資源尾数(百万尾)

年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	989	1184	1652	1436	556	92	811	289	216	95	47
1歳	272	386	613	769	704	262	48	408	160	101	59
2歳	319	102	138	139	139	167	72	19	73	37	23
3歳	67	94	30	54	17	48	41	13	7	19	10
4歳以上	16	26	40	19	6	7	11	7	5	1	5
計	1663	1793	2472	2416	1422	576	983	736	461	253	144

年齢別漁獲係数

年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	0.65	0.36	0.47	0.42	0.46	0.35	0.39	0.30	0.47	0.18	0.27
1歳	0.68	0.73	1.19	1.42	1.14	1.00	0.64	1.42	1.18	1.20	1.08
2歳	0.93	0.94	0.65	1.81	0.77	1.11	1.43	0.66	1.06	1.02	0.94
3歳	0.87	0.82	1.02	2.24	0.88	1.31	1.67	1.16	1.81	1.07	1.23
4歳以上	0.87	0.82	1.02	2.24	0.88	1.31	1.67	1.16	1.81	1.07	1.23
単純平均	0.80	0.73	0.87	1.62	0.83	1.02	1.16	0.94	1.26	0.91	0.95

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	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0歳	87.0	106.6	125.9	104.3	41.8	7.8	73.7	26.2	22.6	9.6	4.6
1歳	48.5	70.5	94.7	113.3	107.1	45.1	8.9	74.9	34.0	20.7	11.8
2歳	95.0	31.2	35.6	34.3	35.2	47.8	22.1	5.8	26.1	12.6	7.5
3歳	25.0	36.0	9.7	16.6	5.4	17.2	15.8	4.9	3.2	8.2	4.1
4歳以上	6.7	11.0	14.1	6.3	2.0	2.8	4.7	3.1	2.3	0.7	2.4
資源量	262.2	255.2	280.1	274.9	191.6	120.6	125.2	114.9	88.3	51.8	30.4
親魚量	107.7	71.9	52.3	50.4	35.7	58.2	38.2	12.7	26.4	18.9	12.5
RPS	9.2	16.5	31.6	28.5	15.6	1.6	21.2	22.8	8.2	5.0	3.7

補足資料 4 ホッケ道北系群の将来予測結果

管理基準	F値	漁獲量											
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Fcurrent	1.04	16	11	10	8	7	5	5	4	3	3	2	2
Fmed	0.80	16	11	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8
F30%SPR	0.32	16	11	4	6	9	13	19	28	40	59	87	127
Frec10yr(target)	0.37	16	11	5	6	9	13	18	25	35	50	70	98
Frec10yr(Limit)	0.47	16	11	6	7	10	12	16	21	27	35	46	60
		資源量											
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Fcurrent	1.04	30	24	20	16	14	11	9	8	6	5	4	4
Fmed	0.80	30	24	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
F30%SPR	0.32	30	24	20	31	45	66	97	142	208	305	447	655
Frec10yr(target)	0.37	30	24	20	29	41	58	81	113	159	223	313	439
Frec10yr(Limit)	0.47	30	24	20	27	35	46	60	78	101	132	171	223
		親魚量											
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Fcurrent	1.04	13	8	4	5	3	3	2	2	2	1	1	1
Fmed	0.80	13	8	4	6	5	6	5	5	5	5	5	5
F30%SPR	0.32	13	8	4	10	13	20	28	42	61	90	132	193
Frec10yr(target)	0.37	13	8	4	10	11	17	23	33	46	65	91	128
Frec10yr(Limit)	0.47	13	8	4	9	10	13	17	22	29	38	49	64

補足資料5 沖底CPUEの標準化について

1997～2015年の沖底統計の日別詳細データを用い、沖底100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（カテゴリーカル変数）とし、一般線形化モデルによってCPUE標準化を行った。CPUEの対数値が正規分布に従うと仮定した。

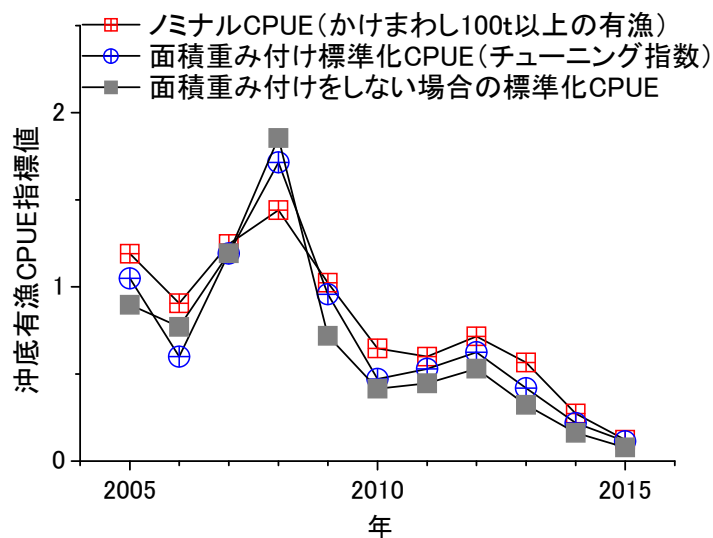
$$\log(\text{CPUE}) = Y + M + SA + Y * M + Y * SA$$

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、面積重み付け指数を計算した。

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

ここで $E(Y * M)$ はYとMの交互作用の単純平均値、 $E_w(Y * SA)$ はYとSAの面積重み付き平均値である。

チューニングを行った2005年以降のCPUE指標値について、かけまわし有漁100t以上のノミナルCPUE（標準化されていないCPUE）、面積重み付けなしの標準化CPUEおよびチューニング指数として用いた面積重み付け標準化CPUEを比較すると、2008年を除いて両海域のCPUEで高く、面積重み付けなしの標準化CPUEで低い傾向が見られる。標準化CPUEを面積で重みづけることにより、面積重み付けをしない場合の標準化CPUEより若干高くなるが、2008年以降の変動傾向はほぼ一致している。



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および沖底有漁CPUE指標値の推移

補足資料 6 ホッケ漁獲状況アンケート

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少ない、漁況は不調、減少など。

Q. 多く漁獲されたホッケのサイズについて。

A. 小型～中型のホッケが多いなど。

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について。

A. 時期的に漁場でのホッケのサイズが変わる。

Q. ここ数年で、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、一日の漁獲量を制限している、価格向上のための工夫を行っているなど。

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. 漁場が狭い、複雑な場所でしか獲れなくなった、ホッケの魚価は良いが漁獲量は少ないなど。

今年度実施したアンケートでは、全海域にわたって漁獲状況は不調であるという情報が多く寄せられた。また、魚価は高いが漁獲量が少ない、来遊が遅れている、複雑な場所でしか獲れなくなった、という情報も寄せられた。場所によっては2015年級群と見られる小型魚が漁獲されているという情報も寄せられているが、このような小型魚の出現は現在のところ局所的な情報にとどまっており、加えて資源解析結果も考慮すると、資源状況は引き続き低い水準で推移すると考えられる。