

## 令和 6（2024）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（森田晶子・千葉 悟・境 磨・  
濱邊昂平・濱津友紀・市野川桃子）

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

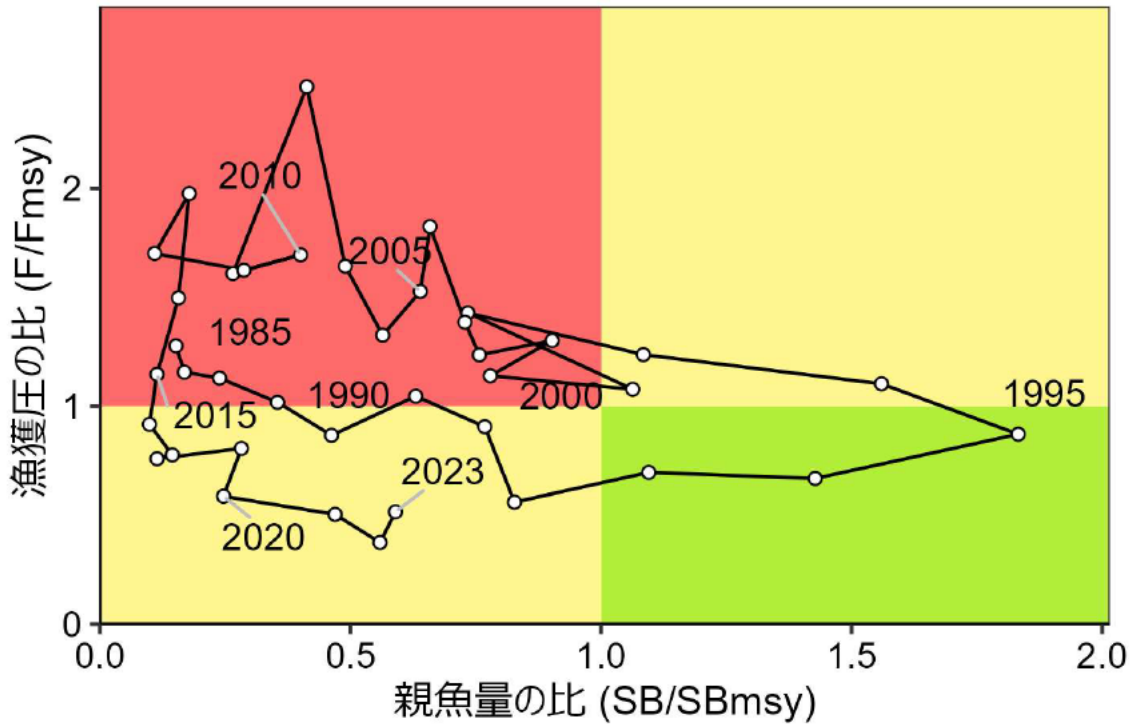
### 要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮した半期別コホート解析により推定した。本系群の資源量は 1995 年には 44.2 万トンであったが、増減を伴いながら減少し 2000 年代後半には 30 万トンを下回るようになった。2008 年から 2010 年にかけての急減を経て 2013 年には 10 万トンを下回り、2016 年には 1985 年以降で最低の 4.0 万トンとなった。親魚量は 1995 年に 18.4 万トンまで増加した後、2006 年までは 5 万トン以上で推移したが、その後減少して 2016 年には過去最低の 1.0 万トンとなった。資源量および親魚量の急減と低迷は、2010 年の加入量が非常に少なく 1 億尾を下回ったこと、およびこれに起因した資源量および親魚量の減少が更なる加入量の低下をもたらしたことが一因と考えられる。2012 年以降、自主管理において特に若齢魚に対する獲り控えが行われていることに加え、近年では 2017 年級群、2019 年級群の加入量がそれぞれ 3.5 億尾と 5.7 億尾と良好であったことから、資源量は 2017 年から増加に転じた。しかし、2020 年以降は加入量が 3 億尾を下回って減少傾向であり、特に直近 2023 年級群は 1.2 億尾程度と 2014 年級群並み（1.1 億尾）に少ないことに注意を要する。加入量の低迷により、資源量は 2020 年に 12 万トンを超えて以降は増加がみられず、2023 年には 12.5 万トンと前年から若干減少した。2023 年の親魚量は 5.9 万トンと推定された。

令和 4 年 7 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ケ・スティック型再生産関係（HS）が適用されている。これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる親魚量（SBmsy）は 10.1 万トンと推定された。この基準に従うと、本系群の 2023 年の親魚量は SBmsy を下回る。また 2023 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2019～2023 年）の推移から「増加」と判断される。

本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した。

要 約 図 表



最大持続生産量 (MSY)、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量 (SBmsy)	10.1 万トン
2023 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2023 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る
2023 年の親魚量の動向	増加
最大持続生産量 (MSY)	12.5 万トン
2025 年の ABC	-
コメント: ・ ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・ 近年の加入量が再生産関係から期待される平均値を継続して下回っていることに留意する必要がある。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (万トン)	親魚量 (万トン)	漁獲量 (万トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2019	11.4	2.8	2.9	0.81	26
2020	12.3	2.5	3.0	0.59	25
2021	12.7	4.7	3.0	0.50	24
2022	12.7	5.6	2.9	0.38	23
2023	12.5	5.9	2.7	0.52	22
2024	13.0	6.2	3.2	0.57	25
2025	14.0	4.1	—	—	—

・ 2024、2025 年の値は将来予測に基づく平均値である。

## 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(水産機構、北海道) 年別・半期別・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) 小樽根拠の沖合底びき網漁業の漁獲報告(水産機構)
自然死亡係数(M)	年あたり0.295を仮定(入江 1983)

\*はコホート解析におけるチューニング指数である。

本系群の漁期は1～12月であり、年齢の起算日は1月1日としている。

## 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は標準体長(mm)、Wは体重(g)、tは満年齢である。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ですが、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、産卵場付近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 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。各雌の産卵回数は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）。また、海獣類および海鳥の餌生物としても重要である（Goto et al. 2017、Watanuki et al. 2022、大門ほか 2021）。

### 3. 漁業の状況

#### (1) 漁業の概要

本系群は、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る（表 3-1）。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が、1～3割を日本海における沿岸漁業が、1割程度をオホーツク海における沖底が漁獲していた。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。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、両者で2017年および2019年は総漁獲量の7割程度を占めた。2018年および2020～2022年は5割程度で推移し、2023年は沖底が6割程度となった。

本系群の資源の回復を目標として、2012年下半期以降、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管理が行われている（中央・稚内・網走水産試験場 2024）。

#### (2) 漁獲量の推移

本系群の海域別、漁業種別漁獲量の推移を図 3-1 と表 3-2 に示す。総漁獲量は、1980年代前半に10万トン前後から3万トン台に減少したが、1990年代前半には10万トン台まで回復した。その後も増加傾向が続き、1998年には20万トンを超えた。2000年代は9.6万～15.1万トンで推移したが、2010年以降激減した。2015～2017年は1.6万～1.7万トンと1985年以降で最も少ない状況であったが2018年以降増加に転じ、2019～2022年は3.0万トン前後で推移した。2023年は若干減少し、2.7万トンとなった。

沖底による漁獲量は、1980年代は1.7万～5.6万トンであったが、1990、2000年代は10万トン前後で推移した。これまでの最大の漁獲量は1998年の16.8万トンであった（図 3-1、表 3-2）。漁獲量は2008年から減少が続き、2015年には1万トンを下回り、2017年には過去最小の4,806トンとなった。2020～2023年は1.5万トン前後で推移している。

沿岸漁業による漁獲量は、1980～1981年に5万トン前後であったがその後減少し、1982年は7千トンとなった。1980年代半ばの1.6万トン前後から増加し、1990～2000年代は概ね2万トンを上回る漁獲量で推移した。2003年には4.3万トンに達した。2010年代は2万トンを下回る年が多く、2014～2016年は1万トンをも下回った（図 3-1、表 3-2）。その後、

漁獲量は増加し、2019年には2.2万トン、2020～2022年は1.5万トン前後で推移していたが、2023年は若干減少して1.2万トンとなった。

半期別の年齢別漁獲尾数を図3-2に示す。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は、下半期（7～12月）では0歳魚、上半期（1～6月）では1歳魚の漁獲が主体となっている（図3-2、中央・稚内・網走水産試験場2024）。下半期において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。近年では増減を繰り返しており、2017年および2019年にはそれぞれ0.6億尾および0.7億尾と多かったが、2020～2022年は213万～797万尾で推移し、2023年は339万尾となった。

### (3) 漁獲努力量

本系群に対する沖底の漁獲努力量の長期的な傾向として、1985年以降のかけまわしおよびオッターコン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）の月別集計値を示した（補足図10-2、補足表10-3）。沿岸漁業の漁獲努力量として、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、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、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それぞれ示した（補足表10-4）。

沖底の漁獲努力量は長期的には減少傾向にある（補足図10-2、補足表10-3）。日本海におけるかけまわしの有漁網数では、1980年代後半から1990年代後半までは概ね2万網前後で推移していたものが、2000年代は1万網前後、2010年代前半は0.7万～0.8万網程度に減少し、2010年代後半以降はおおむね0.5万網を下回っている。2020～2023年は0.3万～0.4万網で推移している。日本海におけるオッターコントロールの有漁網数は、2008年までおよそ0.1万網前後で推移していた。その後は減少し、2022年は11網であったが、2023年は400網に増加した。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年代は減少して1万網前後となり、2016年以降は0.6万～0.7万網程度で推移した。2022年は前年より減少し、0.6万網以下となった。オホーツク海におけるオッターコントロールの有漁網数は少なく、2022～2023年は0.1万網であった。

底建網の行使者数は、1990年代後半と比較して2000年代は概ね減少していたが、振興局によって差が見られ、2020年以降はオホーツク、宗谷および後志で増加している（補足表10-4）。定置網の漁労体数は、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。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10-4）。

## 4. 資源の状態

### (1) 資源評価の方法

本系群では、上半期（1～6月）と下半期（7～12月）で年齢別の漁獲状況が異なることが報告されている（中央・稚内・網走水産試験場2024）。そこで、資源や漁獲の状況をより

詳細に把握するため、2021年度の資源評価より年別のコホート解析から半期別のコホート解析に変更した（FRA-SA2021-SC05-1）。これにより、年別・年齢別・半期別の漁獲係数の推定が可能となり、漁獲状況についてより詳細に把握することが出来るようになった。本年度についても、道総研により提供された1985～2023年の半期別・年齢別の漁獲尾数（図3-2、中央・稚内・網走水産試験場2024）に基づいて、資源尾数、資源量、および漁獲係数Fを上半期・下半期のそれぞれについて半期別のコホート解析により推定した（補足資料1、2）。推定にあたり、沖底の漁獲成績報告書に基づく日本海かけまわしデータを用いた標準化CPUEと、小樽沖底の漁獲報告情報に基づく1歳標準化CPUE（補足資料8、9）をチューニング指数として用いた。推定した上半期の年齢別資源尾数と年集計の年齢別漁獲尾数に基づき、年別の年齢別漁獲係数Fを計算し、将来予測（補足資料6）に用いた。

チューニング指数として用いた沖底の標準化CPUEとしては、オホーツク海では近年漁獲量が非常に少なくなっていることを鑑み、近年漁獲量の大半を占める日本海の100トン以上の沖底かけまわし船のデータに基づく標準化CPUEを用いた（補足資料8、詳細はFRA-SA2024-SC13-101を参照のこと）。加入量のチューニング指標としては、小樽沖底かけまわし船の1歳標準化CPUEを用いた（補足資料9、詳細はFRA-SA202-SC15-102を参照のこと）。これは、近年の自主管理における0歳魚を獲り控える等の操業変化により、沖底の0歳魚の漁獲情報からは加入状況を反映した指標値を得ることが難しいため、評価最終年から半期先（2024年上半期）までの1歳魚の漁獲情報を2023年までの加入量を反映したチューニング指数として使用するものである。小樽根拠の沖底船から収集した2016（下半期）～2024年（上半期）の漁獲報告情報を漁獲物年齢で分けることで求めた1歳魚のCPUEを標準化し、1歳上半期開始時点の資源量に合うようにチューニングした（補足資料2、9）。なお、小樽根拠の沖底では、以前は漁期始めの9～12月には加入間もない0歳魚の漁獲が多かったが、近年は0歳魚の漁獲を避け、主に1歳魚を漁獲していることがうかがえる。一方、2021～2023年については2019年級群と見られる2～4歳魚の漁獲も多く見られる状況が続いている。

## （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年に過去最高値の7.37トン/網であったが2017年の過去最低値の0.73トン/網まで低下した（補足図10-3、補足表10-3）。その後は上昇に転じ2022年は4.41トン/網と2018年以降で最も高くなり、2023年も3.93トン/網と直近10年の中では高い値で推移している。日本海のオッタートロールのCPUEも同様の増減傾向を示し、2017～2018年に0.8～0.9トン/網まで低下した後は上昇に転じ、2019年および2020年には1.6トン/網前後になった。2021年は0.61トン/網、2022年は0.41トン/網と減少したが、2023年は2.94トン/網と急増した。オホーツク海のかげまわしのCPUEは、2004年に3.0トン/網を超えたが、それ以降減少し、2009年以降は1.0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0.34トン/網と増加したその後は減少し、2022年および2023年は0.04トン/網となった。オホーツク海のオッタートロールのCPUEは、1998年以外は1.0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標準化CPUE指標値（図4-1、補足表2-4、補足図

10-3、補足資料 8) は、2008 年に 1.904 まで増加した後に減少し、2017 年には 2005 年以降で最低の 0.185 となった。その後は、0.290~0.922 の範囲で増減しつつ推移しており、2023 年は 0.766 となった。加入量の指標値として用いた小樽沖底の漁獲報告に基づく 1 歳標準化 CPUE 指標値 (2016~2024 年) では、2017 年に 0.015 と極めて低い値を示した後は増減しながらも増加傾向を示し、2020 年には 3.675 となった。その後は減少に転じ、2023 年は 0.619、2024 年には 0.217 となった (図 4-1、補足表 2-4、補足図 9-1、詳細は補足資料 9)。

### (3) 資源量と漁獲圧の推移

チューニング VPA によって推定した上半期の年齢別資源尾数および年齢別資源重量を図 4-2 および 4-3 に示す。年別の年齢別資源重量は、上半期開始時点の資源尾数と下半期の年齢別体重 (0 歳は 10 月 1 日時点、1 歳以上は 7 月 1 日時点 ; 補足表 2-2) により求めた。親魚量については、年齢別の成熟率 (補足表 2-1) および成熟の季節を考慮して、前年 11 月の体重を用いて算出した (補足表 2-1、2-3)。

資源量と親魚量の推移を図 4-4 と表 4-1 に、加入量と再生産成功率、漁獲圧および漁獲割合は図 4-5~4-7 と表 4-1 に示す (詳細は補足資料 2 および補足資料 5 参照)。

資源量は、1980 年代後半から 1990 年代前半にかけて増加し、1995 年には 44.2 万トンに達した。1996 年以降は増減を伴いながら減少し、2000 年代後半には 30 万トンを下回るようになった。2009 年頃に資源量は急減し 20 万トンを下回った後、2013 年には 10 万トンを下回って減少傾向が続き、2016 年には 1985 年以降最低の 4.0 万トンになった。2017 年級群および 2019 年級群の比較的高い加入によってその後の資源量は増加したが、その後の加入量の低迷により、2020 年に 12 万トンを超えて以降は増加が見られず、2023 年の資源量は 12.5 万トンと前年より若干減少した (図 4-4、表 4-1)。

親魚量も資源量と同様の推移を示しており、1995 年に 18.4 万トンまで増加した後は減少した。2006 年まで 5 万トン以上で推移したが、2010 年代は 5 万トンを下回って低調に推移し、2016 年には過去最低の 1.0 万トンとなった。その後 2019 年に 2 万トンを超えて増加に転じ、2023 年は 5.9 万トンとなった (図 4-4、表 4-1)。

1985 年級群以降の各年級群の加入量は、1996 年までは 5 億~13 億尾で増減しながら推移した (図 4-5、表 4-1)。1997 年に 21 億尾と最高値を記録した後も 2008 年まで 7 億~19 億尾で大きく増減しつつ推移していたが、2010 年に加入量が 1 億尾を下回る非常に低い年級群が出現した。2012 年以降は 2017 年の 3.5 億尾と 2019 年の 5.7 億尾を除くと 3 億尾を超える年級群は出現せず、そのなかでも 2016 年の加入量は過去最低の 3 千万尾程度となった。2020 年以降は 3 億尾を下回って減少傾向が続いており、直近 2023 年の加入量も 1.2 億尾と 2014 年の 1.1 億尾と同程度の少なさとなった。なお、資源計算による直近年の 0 歳魚尾数の推定には不確実性が高いことに注意が必要である。

再生産成功率 (RPS、加入尾数/親魚量) は、1985 年の 29.8 尾/kg から 1996 年の 4.4 尾/kg まで増減を繰り返しながら減少した後、1997~2006 年は 10.5~25.5 尾/kg で推移した。2008 年に 34.7 尾/kg に増加したのちは増減しつつも減少が続いた。そのなかでも 2010 年の RPS は 2.3 尾/kg と極めて低かった。2010 年の親魚量は 4.0 万トンであり、それ以前の過去 3 年 (2007~2009 年) の親魚量 (2.7 万~4.9 万トン) と比較しても少なくともはなかったが、2010 年の加入量は非常に少なく、低い RPS がその後の資源減少をもたらす一因になったと考え

られる。2016年は親魚量が1.0万トンと少なく、1985年以降で最低の加入量となり、RPSは2010年に次ぐ低さの2.6尾/kgとなった。2017年は1.5万トンと少ない親魚量で加入尾数が大きく増加したため、RPSも24.3尾/kgと急増した。2019年も20.1尾/kgと高くなったが、2020年以降は再び減少した。2023年は2.0尾/kgと過去最低となったが、これは親魚量が2010年よりも多い5.9万トンであったにも関わらず、加入量が2014年並みに少なくなったことに起因する(図4-5、表4-1、補足資料5)。

各年齢の漁獲係数Fと漁獲割合の推移を図4-6、4-7、4-8および補足資料5に示す。各年齢の半期別の漁獲係数は、0歳下半期では2014年に大きく低下して以降は0.01~0.23で推移している。また1歳上半期では2013~2017年に低下して以降は0.2以下の低い値で推移しており、若齢魚に対する漁獲圧が抑制されているといえる。1歳の下半期では2018年以降0.13~0.41で推移した。2023年は2022年と比べて上昇し、0.37となった。2歳の上半期、下半期のFは2012年の自主管理導入以降は増減しながら減少傾向にある。3歳のFは、近年では2020年に上半期と下半期、2021年に下半期で若干高い値となったが、それ以降は減少している(図4-6、補足資料5)。

半期別コホートで得られた資源尾数と年齢別漁獲尾数より計算した年別の年齢別漁獲係数(補足資料5)を図4-7に示す。漁獲の大半を占める1歳魚に対するFは1985年以降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、2013年以降は減少し、2017年は2000年以降で最低となった。2018年以降も低い水準で推移している。0歳魚に対する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年以降は更に低い値で推移し、自主管理の基準年(2008~2010年)と比較すると漁獲圧が大きく削減されているといえる(図4-7)。

漁獲割合は1995年までは40%を下回って推移していた(図4-8、表4-1)。1990年代後半から2000年代後半にかけて増減しながら増加し、2010年には56%と高い値を示した。2013年以降は減少傾向となり、2017年には25%まで減少した。2018年に30%と増加したが、2019年以降は26%以下で推移しており、2023年は22%となった。

昨年度の評価と比べると、2019年以前の資源尾数の推定値に大きな違いはないものの、2020~2022年は0歳の資源尾数(加入量)の下方修正の影響により、2020年以降の資源量や親魚量が下方修正された(補足資料12)。具体的には、2020年級群および2022年級群の加入量がそれぞれ3.1億尾から2.8億尾、2.4億尾から1.8億尾への下方修正となり、2022年の資源量が14.1万トンから12.7万トンへ、親魚量が5.9万トンから5.6万トンへと下方修正された。

#### (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

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量(SPR)を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図4-9に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(%SPR)の推移を示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きな値となる。1992~1995年は15%を上回って推移したが、2001~2014年まで10%を下回って推移した。2015年以降再び増加し、2023年は28.8%と推定された(表4-1)。現状の漁獲圧として直近5年間(2019~2023年)の平均F値から%SPRを算出すると23.7%となった。

Fmsy に対する YPR と%SPR を図 4-10 に示す。このとき F の選択率としては、令和 4 年 7 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 2022) を用いた。年齢別平均体重および成熟割合については Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は%SPR に換算すると 12.9%に相当する。現状の漁獲圧 (F2019-2023) は Fmsy を下回り、F0.1、F30%SPR を上回る。

#### (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 4-11 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カー・スティック型関係式が適用された (森田ほか 2022)。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用したデータは、令和 3 (2021) 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量である。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。再生産関係式の各パラメータを補足表 7-1 に示す。

#### (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」 (森田ほか 2022) において示された推定値を補足表 7-2 に示す。

#### (7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSY を実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図 4-12 に示す。また、2023 年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表 7-3 に示した。本系群における 2023 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SBmsy) を下回っており、2023 年の親魚量は SBmsy の 0.59 倍である。また、2023 年の漁獲圧は、MSY を維持する漁獲圧 (Fmsy) を下回っており、2023 年の漁獲圧は MSY を維持する漁獲圧の 0.5 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/Fmsy) とは、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。親魚量の動向は、直近 5 年間 (2019~2023 年) の推移から増加と判断される。本系群の親魚量は 2000 年以降 SBmsy を下回って推移しているが、漁獲圧は 2012 年下半期から自主管理により削減され、2016 年以降は Fmsy を下回って推移している。

### 5. 資源評価のまとめ

本系群の資源量は 1995 年に 44.2 万トンまで増加したのち減少し、2016 年には 4.0 万トンとなった。その後、豊度が比較的高い 2017 年級群および 2019 年級群の加入により 2017 年から資源量は増加したが、2020 年に 12 万トンを超えて以降は増加が見られず、2023 年は前年より若干減少して 12.5 万トンとなった。親魚量は 1990 年代半ばに 18 万トンを上回った後減少し、2012~2018 年は 2 万トンを下回り 1.0 万~1.8 万トンで推移した。2019 年以降は増加し、2023 年は 5.9 万トンとなり 2000 年代中頃の水準まで回復した。一方、比較的豊度が高かった 2019 年級群以降は豊度の高い加入は見られておらず、2020 年以降の加入量は 3 億尾を下回り、減少傾向にある。

2000 年以降、親魚量は最大持続生産量を実現する親魚量 (SBmsy) より低い水準にある

ものの、2016 年以降増加傾向にある。2023 年の親魚量は MSY を実現する水準を下回り、その動向は直近 5 年間（2019～2023 年）の推移から増加と判断された。本系群に対する漁獲圧は、1996 年以降 SBmsy へ回復・維持する水準（Fmsy）を上回る状態が続いていたが、2016 年以降は Fmsy を下回って推移している。2023 年の漁獲圧も Fmsy を下回る。

## 6. その他

資源量が過去最低の水準に落ち込んだ状況を受けて、2012 年下半期より沿岸漁業と沖底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おり（中央・稚内・網走水産試験場 2024）、その基準年（2008～2010 年）と比べると漁獲圧（F）は各年齢で減少している（図 4-6、4-7、補足資料 4）。特に若齢魚保護の取り組みにより、0 歳下半期や 1 歳上半期の F は基準年と比べると大きく削減されており、その取り組みが 2017 年級群や 2019 年級群の高豊度加入へとつながったと考えられる。また、漁獲圧は 2016 年以降は Fmsy を下回っており、以前と比べて資源に対する漁獲圧は減少したと考えられる。2021 年以降は親魚量が増加したが、2020 年級群以降豊度の高い年級群が発生していない。直近 2023 年級群は 1 億尾程度の低加入と推定され、その翌年の 2024 年級群も道総研の稚魚採集調査から高豊度の加入ではない可能性が示されている（中央・稚内・網走水産試験場 2024）。もし低加入が 2 年連続した場合には、短期間に資源量や親魚量が急減する可能性があることに注意を要する。

沖底を対象としたアンケート結果（補足資料 11）では、中型～大型魚の漁獲が引き続き見られている一方で若齢に関する情報は限られており、2019 年級群のような大きな豊度の年級群は見られていない状況がうかがえる。機械学習を用いたホッケの加入量予測では、特に前年の親魚量や 2 歳下半期の漁獲圧が加入量の多寡に影響し、親魚量が 4 万トンを下回ると加入量が大きく減少する予測結果が示された（Okamura et al. 2024）。今後も若齢魚の保護をはじめとする自主管理の継続により、近年の豊度がそれほど高くない若齢の年級群を再生産に寄与させ、親魚量を確保することが資源回復には重要であると考えられる。ホッケもマサバ、ゴマサバ、マアジ等の小型浮魚類と同様に若齢段階から漁業利用される資源であり、直近の加入量の推定や 2 年後までの将来予測における加入量の仮定が ABC 算定に大きく影響することに注意が必要である。

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もあるため（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

Goto, Y., A. Wada, N. Hoshino, T. Takashima, M. Mitsuhashi, K. Hattori, O. Yamamura (2017) Diets of Steller sea lions off coast of Hokkaido, Japan: An inter-decadal and geographic comparison. *Mar. Ecol.*, 38, 1-22

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.



- 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.
- 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.
- 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・境 磨・千葉 悟・濱津友紀・山下夕帆・市野川桃子・岡村 寛 (2022) 令和 4 (2022)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資料(FRA-SA2022-BRP02-01).
- 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.
- Okamura, H., S. Morita, H. Kuroda (2024) Forecasting fish recruitment using machine learning methods: A case study of arabesque greenling. Fish. Res., **278**, 1-8
- 大門純平・伊藤元裕・長谷部 真・庄子晶子・林 はるか・佐藤信彦・越野陽介・渡辺謙太・桑江朝比呂・綿貫 豊 (2021) 北海道周辺の 4 つのウトウ繁殖地における餌および雛の体重の違い, 日本鳥学会誌, **70**, 37-52
- 坂口健司・鈴木祐太郎・秦 安史・浅見大樹・高嶋孝寛 (2018) 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. 北水試研報, **93**, 51-57.
- 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.
- 中央・稚内・網走水産試験場 (2022) ホッケ (道央日本海～オホーツク海海域). 2021 年度北海道周辺海域における主要魚種の資源評価書, 道総研水産研究本部, p. 94-120.  
<https://www.hro.or.jp/upload/41790/Hokkaidostockassessment2022.pdf>
- 中央・稚内・網走水産試験場 (2024) ホッケ (道央日本海～オホーツク海海域). 2024 年度水産資源管理会議評価書, 道総研水産研究本部, p. 87-118.  
<https://www.hro.or.jp/upload/52198/StockAssessment2024.pdf>
- Watanuki, Y., M. Yamamoto, J. Okado, M. Ito, W. Sydeman (2022) Seabird reproductive responses to changing climate and prey communities are mediated by prey packaging. Mar. Ecol. Prog. Ser., **683**, 179-194.

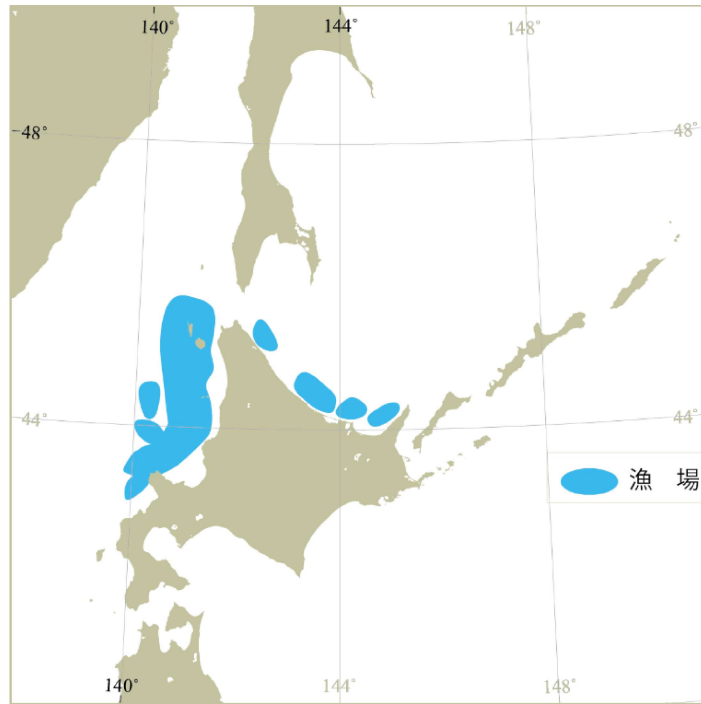


図 2-1. ホッケ道北系群の漁場（ホッケ研究グループ（1983）を改変）

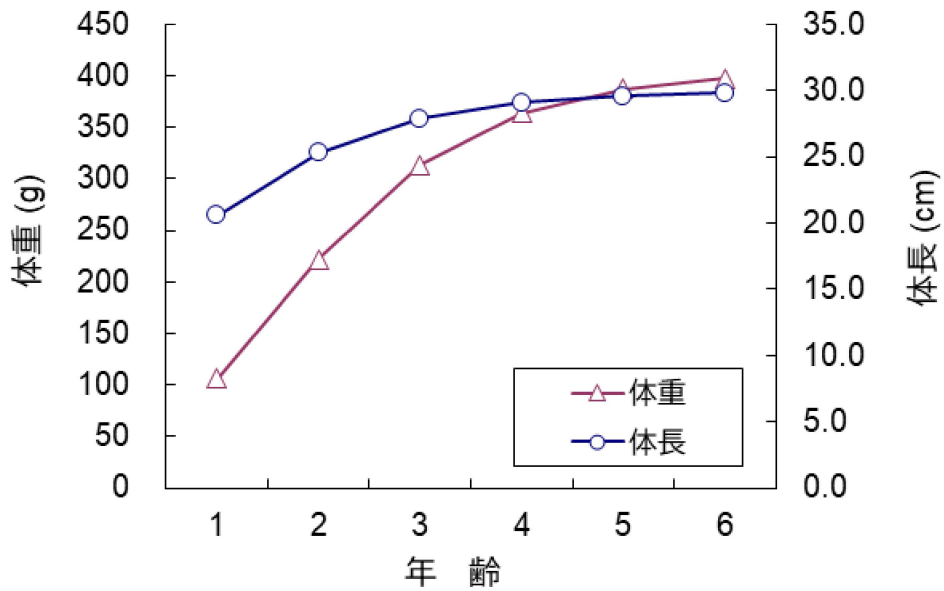


図 2-2. ホッケ道北系群における年齢と平均体長・体重の関係（雌雄の平均値）（高嶋ほか 2013）

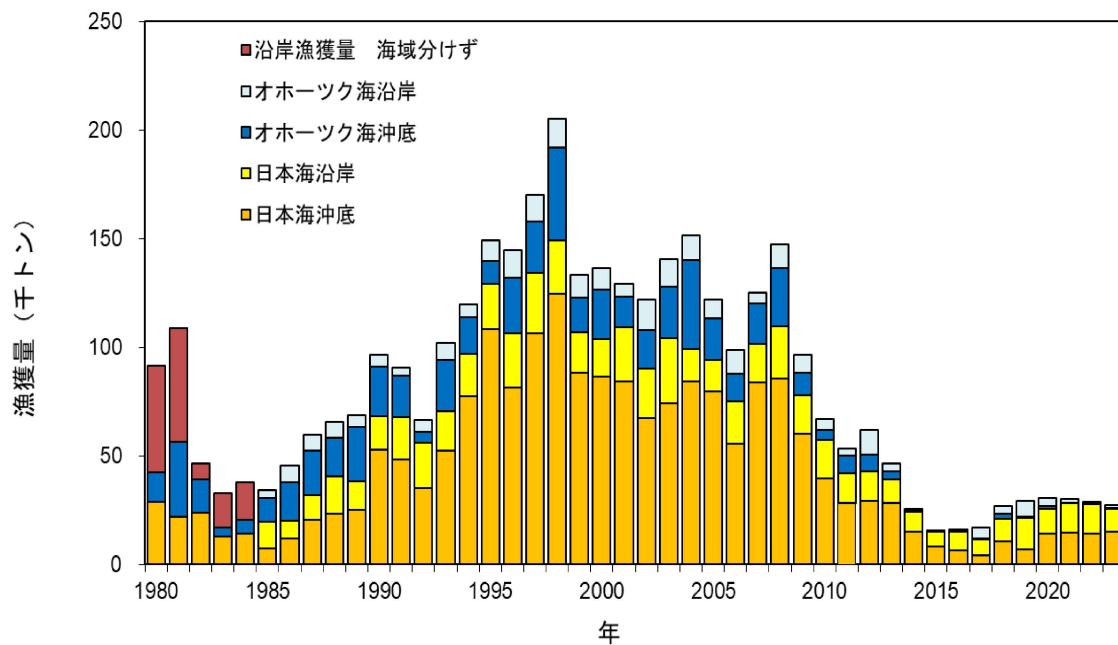


図 3-1. ホッケ道北系群の漁獲量の推移

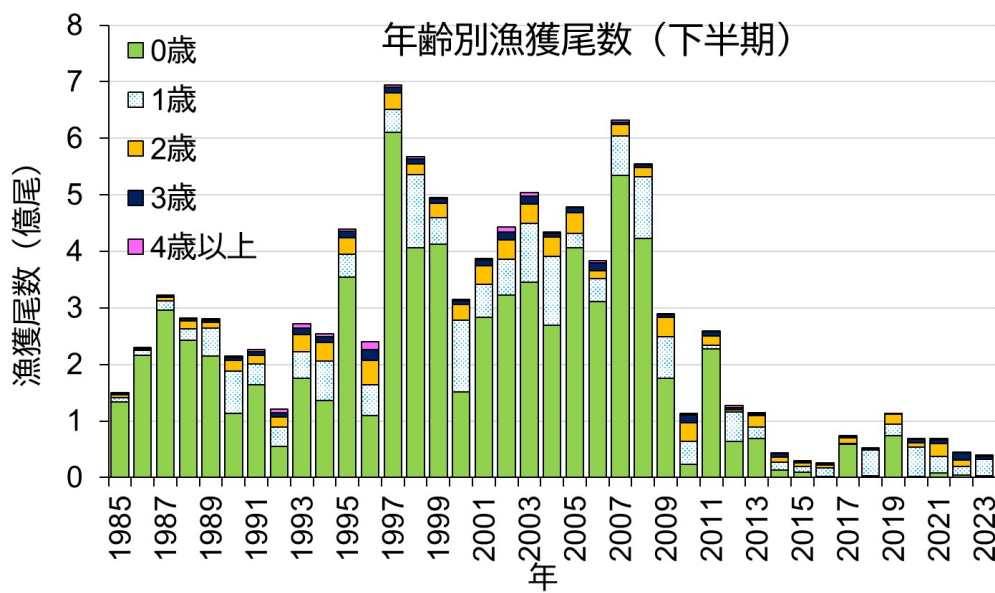
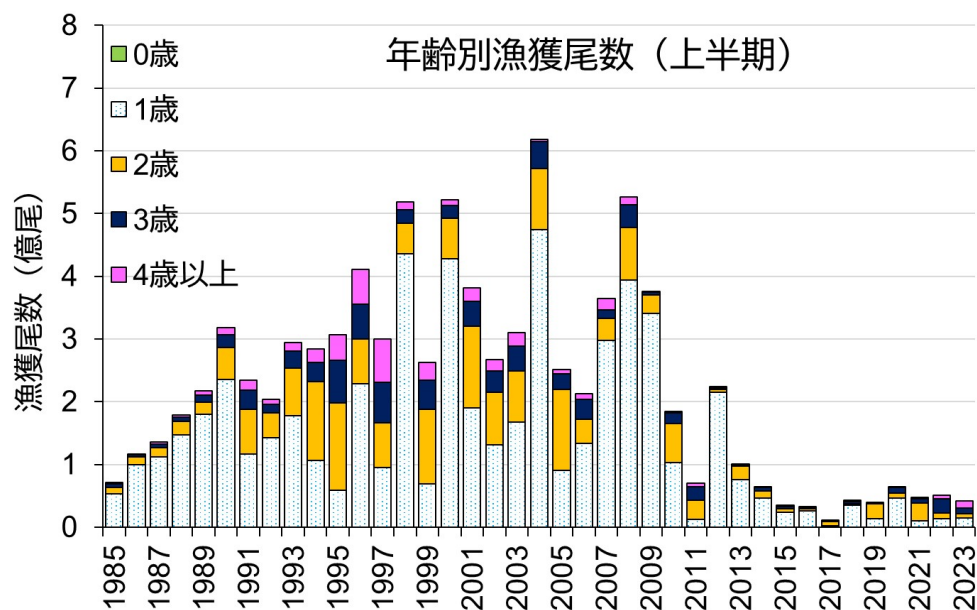


図 3-2. ホッケ道北系群の半期別・年齢別漁獲尾数の推移 (中央・稚内・網走水産試験場 2024)

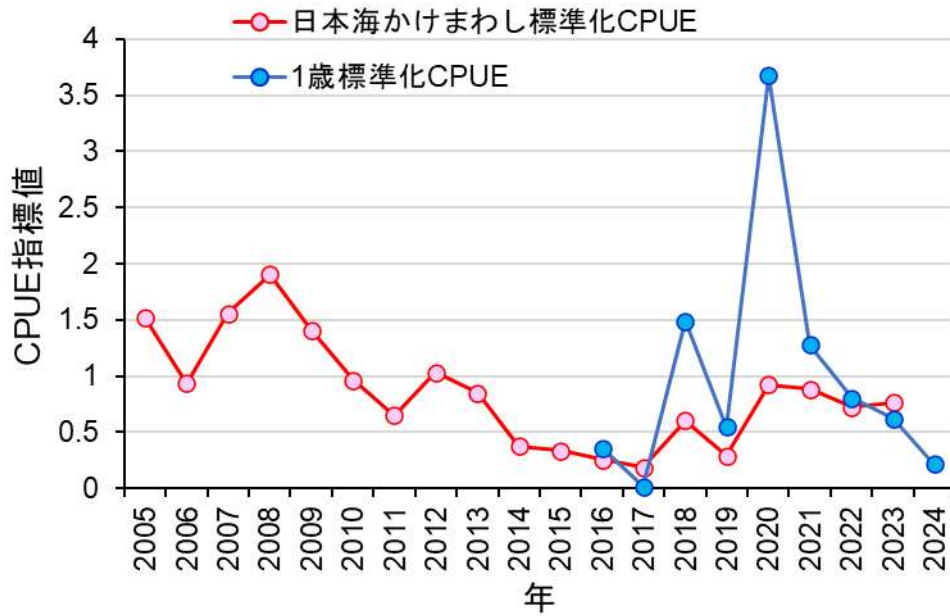


図 4-1. チューニングに用いた沖底標準化 CPUE (0~4 歳のチューニング指標値) (赤線) および小樽沖底の漁獲報告から算出した 1 歳標準化 CPUE (1 歳のチューニング指標値) (青線)

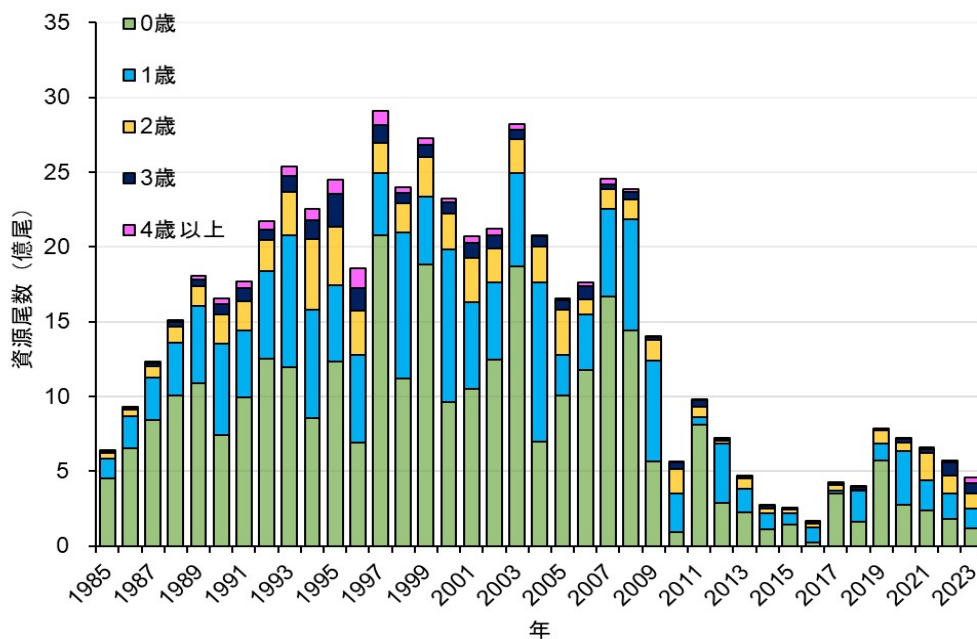


図 4-2. 年齢別資源尾数（上半期）の推移

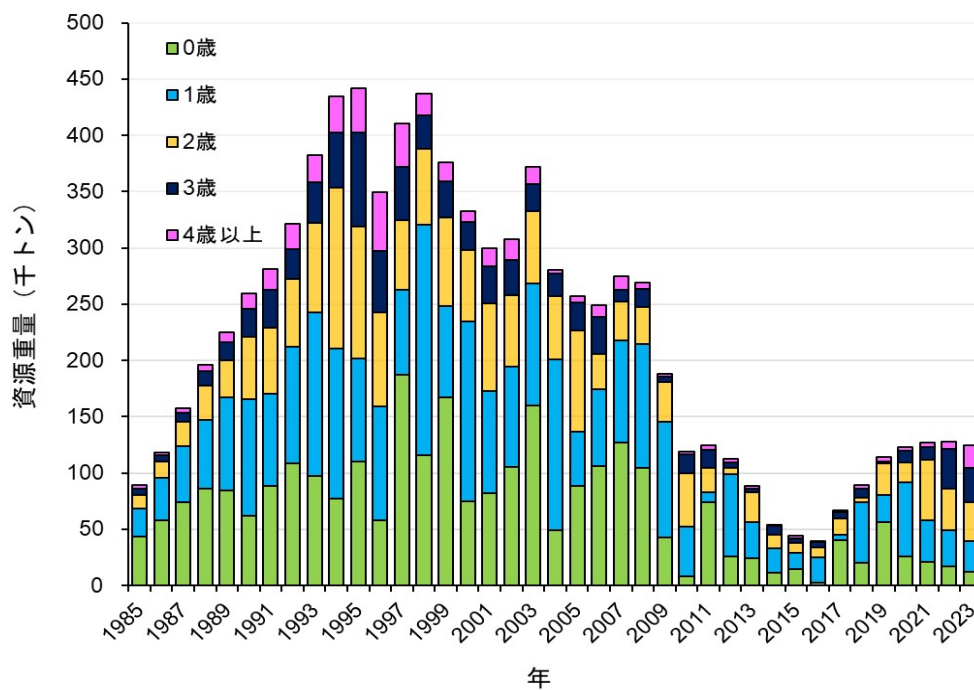


図 4-3. 年齢別資源重量（上半期）の推移

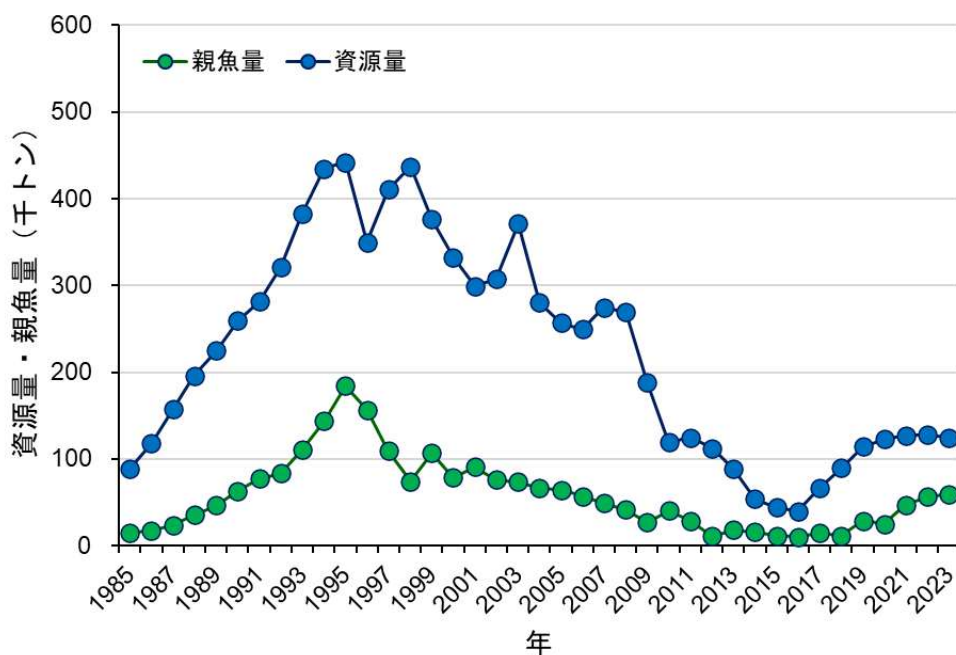


図 4-4. 資源量と親魚量の推移

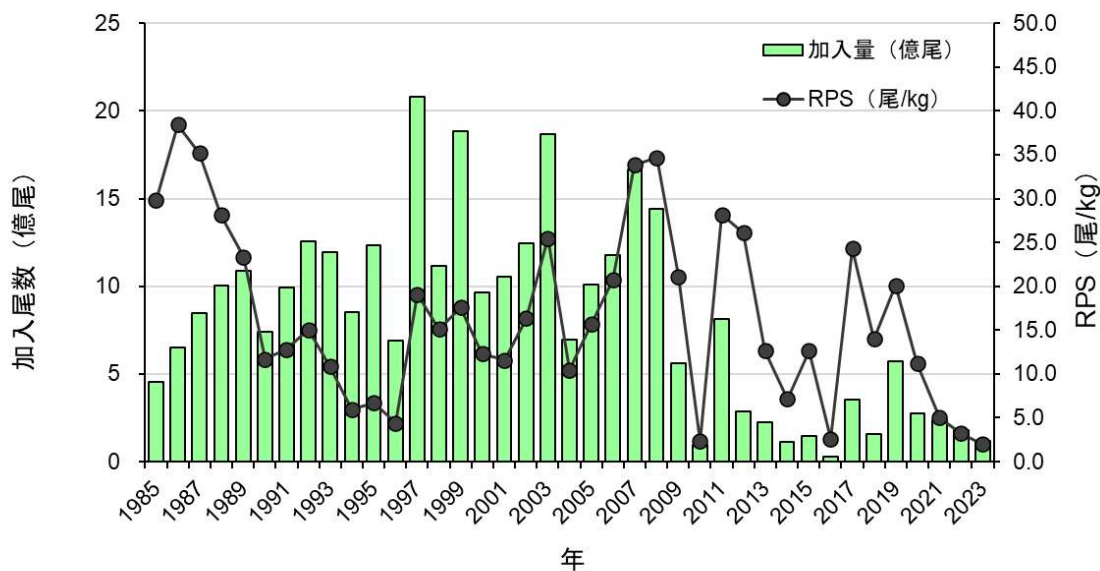


図 4-5. 加入量と再生産成功率 (RPS) の経年推移



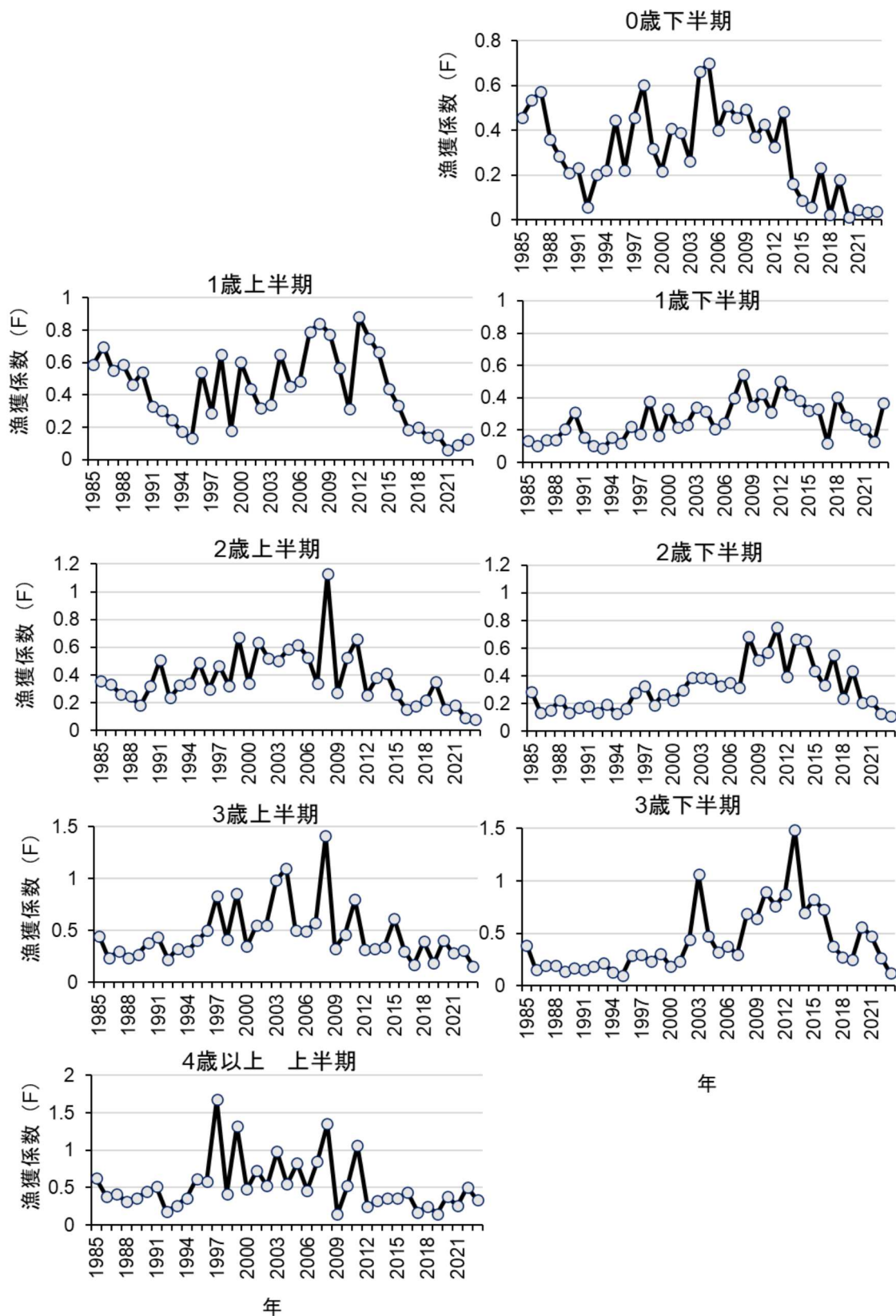


図 4-6. 各年齢の半期別 F 値の経年推移

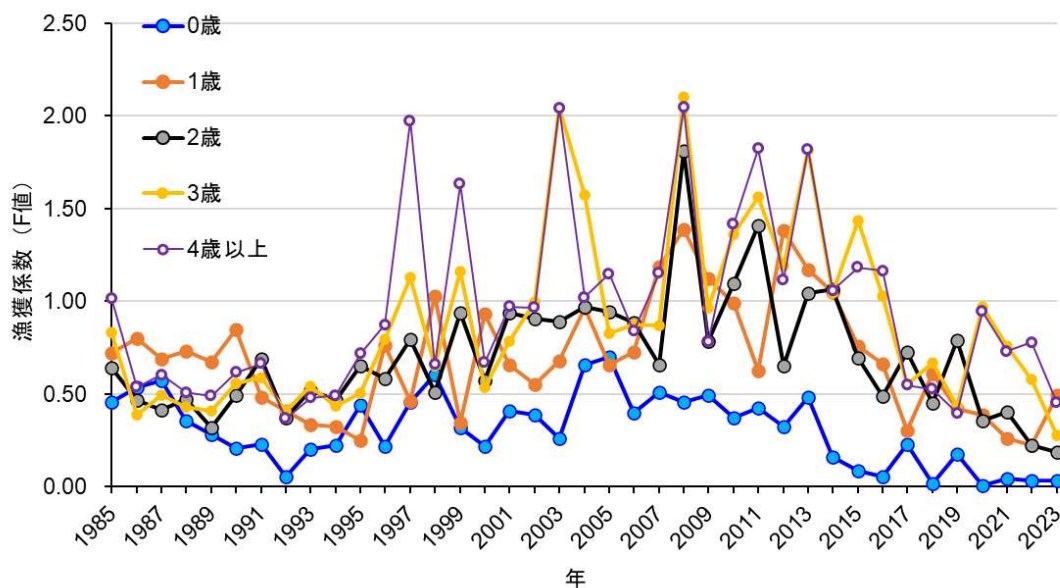


図 4-7. 年集計した漁獲尾数と上半期の資源尾数から計算した各年齢の年別 F 値の推移

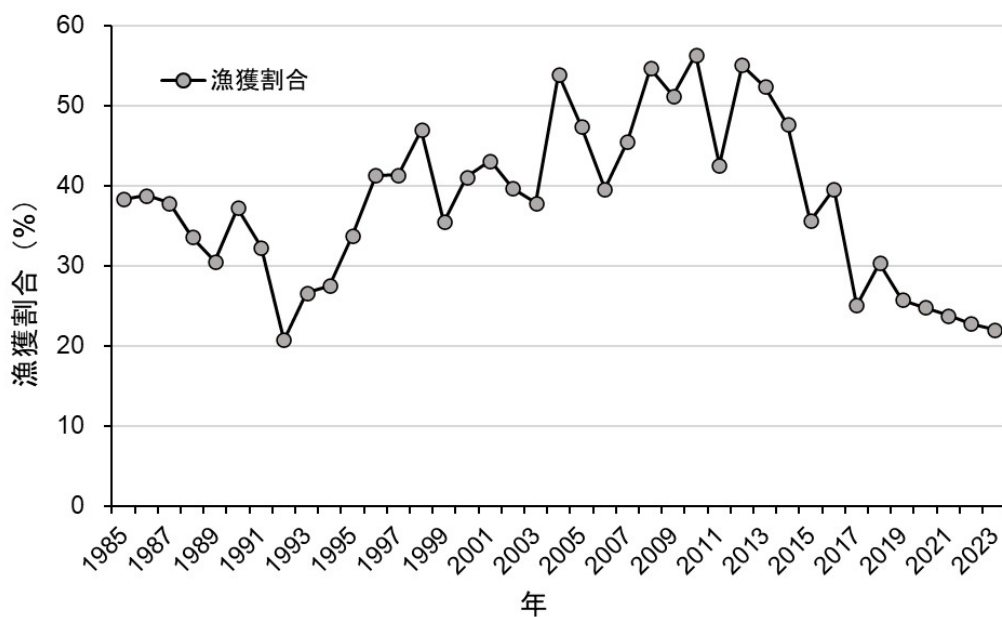


図 4-8. 年集計した漁獲重量と上半期の資源量から計算した漁獲割合の推移

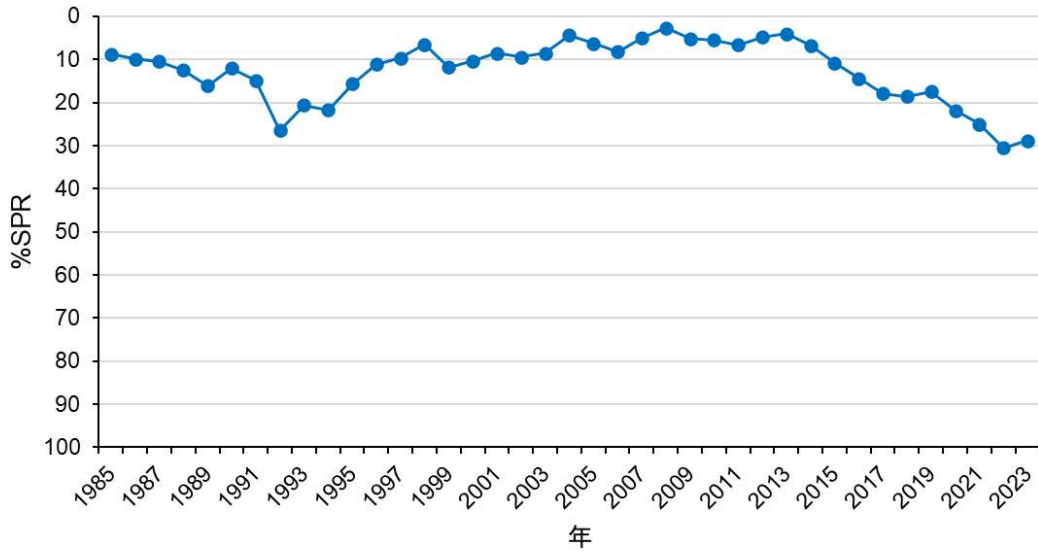


図 4-9. 各年における%SPR 値の経年推移

%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。

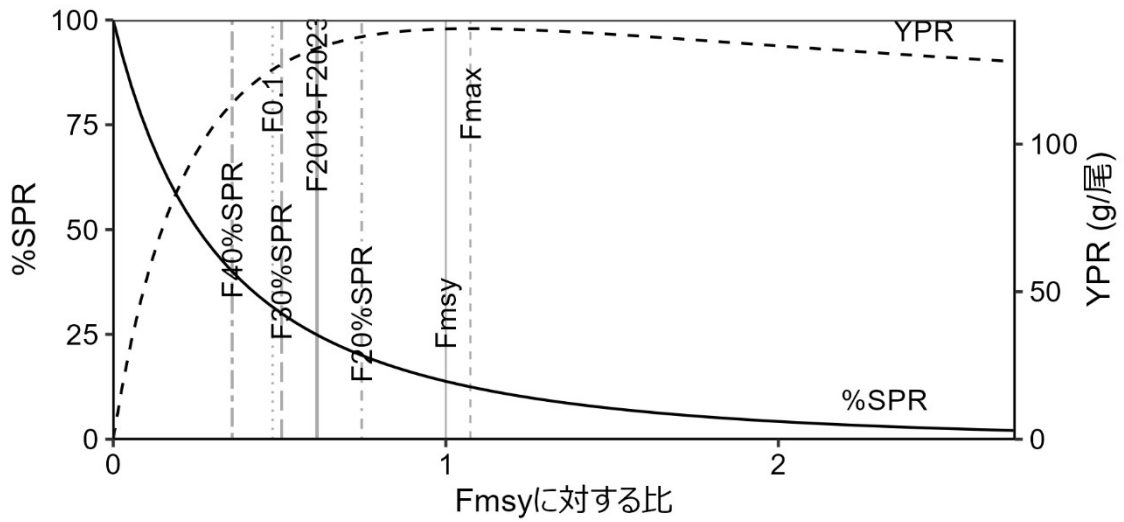
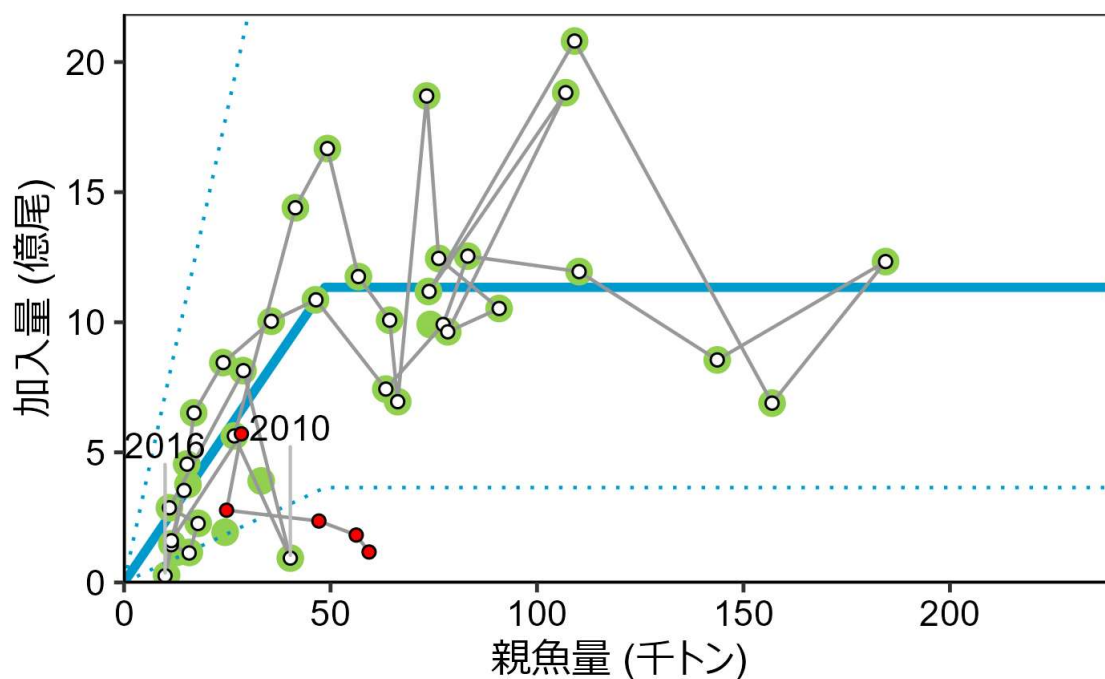


図 4-10. Fmsy に対する YPR と%SPR の関係



関数形: HS, 自己相関: 0, 最適化法L1, AICc: 71.64

図 4-11. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

緑色の丸および青線は令和 4 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」で使用された親魚量と加入量および適用された再生産関係式。点線は観察データの 90%が含まれると推定される範囲を示す(森田ほか 2022)。白色の丸(直近 5 年は赤丸)は令和 6 (2024) 年度の資源評価における親魚量と加入量のデータ。本年度の VPA の更新により、2020~2022 年の加入量および 2022 年の親魚量が下方修正となった。

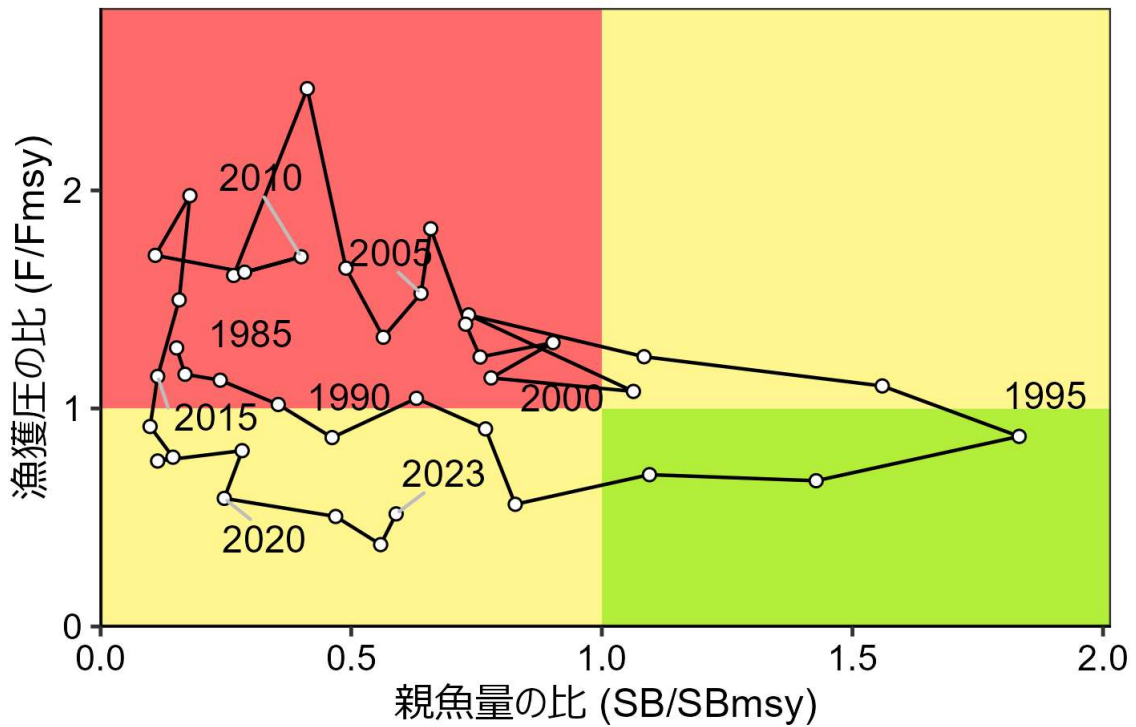


図 4-12. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) および MSY を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する、親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)

表 3-1. ホッケ道北系群の漁業種類、漁獲海域および漁獲対象年齢

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、雄冬沖	ほぼ周年	0歳以上
	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		0歳以上
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		

表 3-2. 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	7,571	12,322	10,814	3,454	18,384	15,777	34,161
1986	12,090	8,270	17,563	7,813	29,654	16,083	45,737
1987	20,452	11,571	20,457	7,041	40,909	18,612	59,521
1988	23,366	17,031	17,909	7,424	41,275	24,455	65,730
1989	25,105	13,326	24,887	5,344	49,992	18,670	68,661
1990	52,984	15,204	22,734	5,646	75,719	20,850	96,569
1991	48,505	19,523	18,846	3,885	67,351	23,408	90,758
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	26,238	101,827
1994	77,369	19,439	16,865	5,810	94,234	25,249	119,483
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	27,386	23,657	12,201	130,277	39,587	169,864
1998	124,626	24,450	42,930	13,079	167,556	37,530	205,086
1999	88,431	18,625	15,788	10,546	104,219	29,171	133,390
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	67,281	22,839	17,771	13,941	85,053	36,780	121,833
2003	73,981	30,401	23,492	12,616	97,473	43,017	140,491
2004	84,405	14,566	41,205	11,049	125,610	25,614	151,225
2005	79,775	14,586	18,688	8,745	98,463	23,330	121,794
2006	55,560	19,744	12,557	10,758	68,117	30,502	98,620
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	39,717	17,533	4,515	5,311	44,231	22,844	67,075
2011	28,281	13,592	8,171	3,038	36,452	16,631	53,083
2012	29,391	13,266	7,859	11,452	37,250	24,717	61,967
2013	28,413	10,861	3,664	3,357	32,077	14,219	46,296
2014	15,317	8,705	504	1,263	15,820	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	9,238	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
2020	14,132	11,246	1,359	3,642	15,491	14,888	30,379
2021	14,688	13,437	383	1,782	15,071	15,218	30,290
2022	14,296	13,346	237	1,109	14,533	14,455	28,988
2023	15,147	10,657	267	1,423	15,414	12,080	27,494

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）。

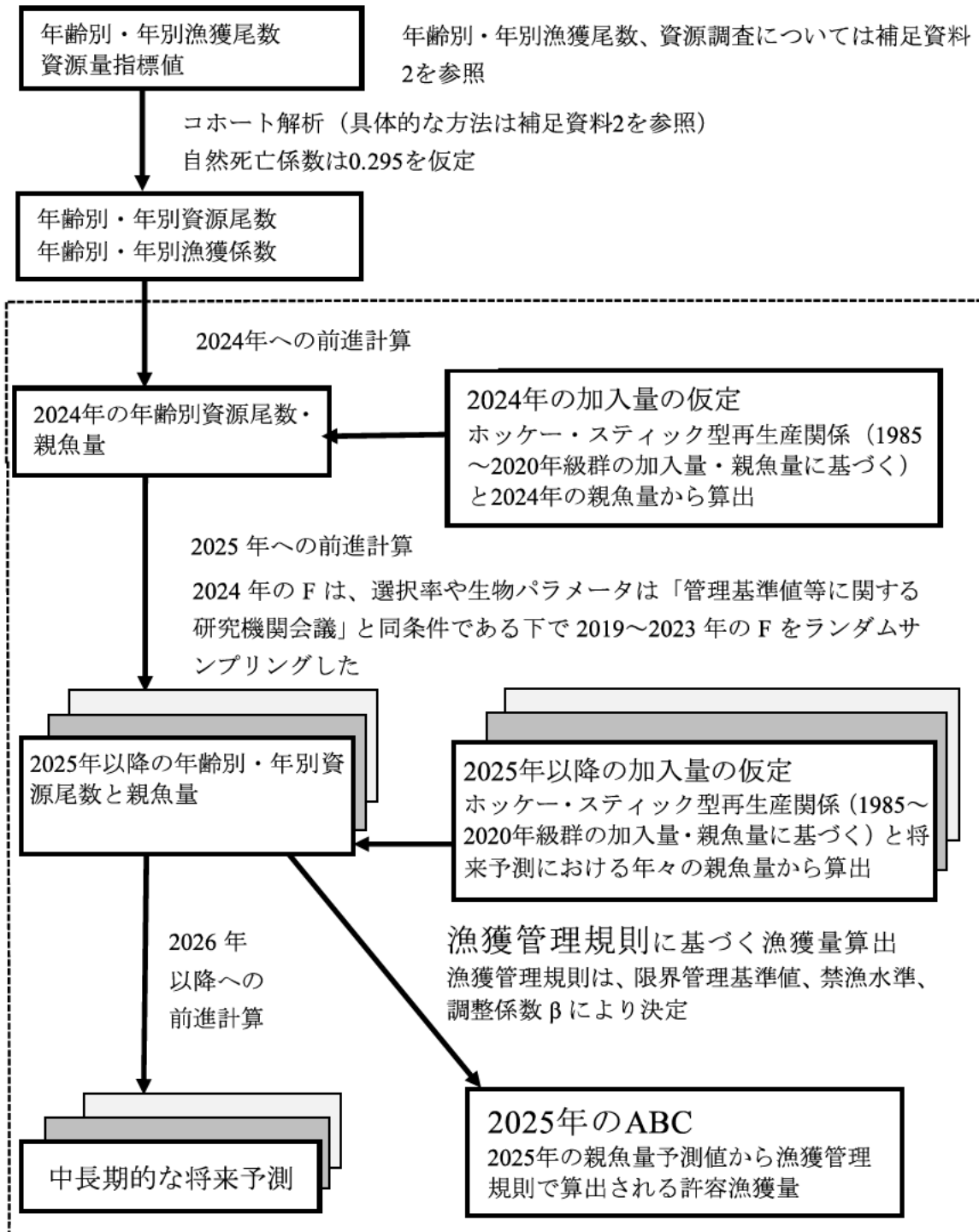
2023年の沿岸漁獲量は北海道水試集計速報値、沖底については確定値。

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 (%)	%SPR	F/Fmsy	再生産成功 率 (尾/kg)
1985	34	89	15	455	38	8.7	1.28	29.8
1986	46	118	17	652	39	9.9	1.16	38.4
1987	60	157	24	845	38	10.4	1.13	35.2
1988	66	196	36	1,004	34	12.5	1.02	28.1
1989	69	225	46	1,086	31	16.1	0.87	23.4
1990	97	259	63	743	37	12.0	1.05	11.7
1991	91	281	77	992	32	14.8	0.91	12.8
1992	66	321	83	1,254	21	26.4	0.56	15.1
1993	102	383	110	1,195	27	20.6	0.70	10.8
1994	119	435	144	855	27	21.7	0.67	6.0
1995	149	442	184	1,233	34	15.6	0.87	6.7
1996	144	350	157	689	41	11.1	1.10	4.4
1997	170	411	109	2,081	41	9.7	1.24	19.1
1998	205	437	74	1,118	47	6.5	1.43	15.1
1999	133	376	107	1,882	35	11.8	1.08	17.6
2000	137	332	78	963	41	10.4	1.14	12.3
2001	129	299	91	1,053	43	8.5	1.30	11.6
2002	122	307	76	1,245	40	9.5	1.24	16.3
2003	140	372	73	1,870	38	8.5	1.39	25.5
2004	151	280	66	695	54	4.3	1.82	10.5
2005	122	257	64	1,008	47	6.2	1.53	15.7
2006	99	249	57	1,176	40	8.2	1.33	20.7
2007	125	275	49	1,668	46	5.1	1.64	33.9
2008	147	269	41	1,440	55	2.6	2.47	34.7
2009	96	188	27	563	51	5.2	1.61	21.1
2010	67	119	40	94	56	5.4	1.70	2.3
2011	53	125	29	814	43	6.6	1.63	28.2
2012	62	113	11	287	55	4.8	1.70	26.1
2013	46	88	18	227	52	4.0	1.98	12.6
2014	26	54	16	113	48	6.7	1.50	7.2
2015	16	44	11	145	36	10.8	1.15	12.7
2016	16	40	10	26	40	14.4	0.92	2.6
2017	17	67	15	354	25	17.9	0.78	24.3
2018	27	89	11	160	30	18.6	0.76	14.0
2019	29	114	28	571	26	17.5	0.81	20.1
2020	30	123	25	278	25	21.8	0.59	11.2
2021	30	127	47	236	24	25.0	0.50	5.0
2022	29	127	56	182	23	30.6	0.38	3.2
2023	27	125	59	117	22	28.8	0.52	2.0



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。

## 補足資料 2 計算方法

### (1) 資源計算方法

1985～2022 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）の半期別の資源尾数、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、道総研が求めた半期別の年齢別漁獲尾数を用いた。年齢別成熟率は 1 歳の終わりに 80%程度が産卵するとし、補足表 2-1 の通り仮定した。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。年あたりの自然死亡係数  $M$  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。沖底から得られた標準化 CPUE（以下沖底 CPUE とする。チューニング対象は 0～4+歳、チューニングに使用した期間は 2005～2023 年：補足表 2-3、補足資料 8）および小樽根拠の沖底船の漁獲報告から算出した 1 歳標準化 CPUE（以下 1 歳 CPUE とする。チューニング対象は 1 歳、チューニングに使用した期間は 2016～2024 年：補足表 2-4、補足資料 9）の 2 つの指標値を用いてチューニングを行った。なお、一昨年度は沖底 CPUE の標準化に使用するデータを日本海およびオホーツク海の全データとしていたが、近年のオホーツク海側での漁獲量の急減を鑑み、昨年度より日本海かけまわし漁法のデータを用いている。本年度についても昨年度と同様に日本海かけまわし漁法のデータを用いた（補足資料 8）。沖底 CPUE が各年齢の上半期の資源量に、1 歳 CPUE が上半期開始時点の 1 歳魚資源量と合うよう、最近年の 0 歳～4+歳の年齢別  $F$  を探索的に求めた。その際、沖底 CPUE と 1 歳 CPUE の重みを変え、沖底 CPUE の重みが 7.0～9.0 の間は 0.1 刻みで探索し、資源尾数、資源量、親魚量、漁獲係数の各項目のレトロスペクティブバイアスが 5%以下であり、かつ加入量のレトロスペクティブバイアスが最小となる重みを使用した（補足資料 12）。指数間の重みを沖底 CPUE : 8.2、1 歳 CPUE : 1.8 とする場合、全ての項目でレトロスペクティブバイアスは 5%以下であり、加入量のレトロスペクティブバイアスは最小となるほか（補足表 12-1）、資源尾数や漁獲係数の年齢別のレトロスペクティブバイアスも小さい値となるため（補足図 2-2、補足図 2-3）、この重みを採用した。なお、この指数間の重みの調整の上で、更にリッジ VPA の手法（Okamura et al. 2017）でリッジペナルティを与えてもレトロスペクティブバイアスは大きくは改善しないことから（補足表 2-6）、昨年度と同様にリッジ VPA の手法は用いないこととした。

半期別年齢別漁獲尾数 ( $C_{a,y,h}$ ) から半期別年齢別資源尾数 ( $N_{a,y,h}$ ) を推定する。上半期の年齢別資源尾数 ( $N_{a,y,1}$ ) は (1) 式により、下半期の年齢別資源尾数 ( $N_{a,y,2}$ ) は (2) 式により計算し、(1)、(2) の計算を交互に繰り返すことによって、全期間全年齢の資源尾数を得た。

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

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

ここで  $y$  は年、 $a$  は年齢とし、上半期と下半期を  $h=1, 2$  で区別した。

3 歳下半期および 4+歳下半期はそれぞれ (3) 式と (4) 式で求めた。

$$N_{3,y,2} = \frac{C_{3,y,2}}{C_{3,y,2}+C_{4,y,2}} \times N_{4+,y+1,1} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) + C_{3,y,2} \times \exp\left(\frac{M}{4}\right) \quad (3)$$

$$N_{4+,y,2} = \frac{C_{4+,y,2}}{C_{3,y,2}+C_{4+,y,2}} \times N_{4+,y+1,1} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right) + C_{4+,y,2} \times \exp\left(\frac{M}{4}\right) \quad (4)$$

コホート最終年の下半期の資源尾数は (5) 式により求めた。

$$N_{a,2023,2} = \frac{C_{a,2023,2} \exp\left(\frac{M}{4}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2023,2})} \quad (5)$$

ここで、 $F_{a,2023,2}$  は最終年・下半期の  $a$  歳の漁獲係数で資源量指数に適合するように決定されるが、詳細は後述する。 $a$  歳、 $y$  年、上下半期の資源重量 ( $B_{a,y,h}$ ) は、上下半期の平均体重を乗じて (6) 式により求めた。

$$B_{a,y,h} = N_{a,y,h} \times w_{a,y,h} \quad (6)$$

半期別の 0~4+歳の漁獲係数  $F$  は、チューニングにより推定する最終年以外は (7) 式から求めた。

$$F_{a,y,h} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y,h} \times \exp\left(\frac{M}{4}\right)}{N_{a,y,h}}\right) \quad (7)$$

ここで、 $F_{a,y,h}$  は上半期または下半期 (上半期： $h=1$ 、下半期： $h=2$ ) の  $y$  年における  $a$  歳の漁獲係数である。また、(3)、(4) 式から、 $F_{3,y,2} = F_{4+,y,2}$  が成り立つ。

ここで得られた年齢別  $F$  から (8) 式により年齢別選択率  $S_{a,y,h}$  を求めた。

$$S_{a,y,h} = F_{a,y,h} / F_{4+,y,h} \quad (8)$$

各年の年齢別資源重量は (9) 式で求めた。

$$B_{a,y} = N_{a,y,1} \times w_{a,y,2} \quad (9)$$

ここで  $w_{a,y,2}$  は  $y$  年  $a$  歳下半期 (0 歳は 10 月 1 日、1 歳以上は 7 月 1 日時点) における漁獲物の年齢別平均体重 (補足表 2-2) である。

一方、各年の親魚量は (10) 式により計算した。

$$SSB_y = \sum_{a=1}^{4+} N_{a+1,y,1} \times m_a \times w_{a,y-1} \quad (10)$$

ここで、 $w_{a,y-1}$  は  $y-1$  年  $a$  歳 11 月における年齢別平均体重 (補足表 2-3) である。 $N_{4,y}$  は (11) 式より求め、 $N_{5+}$  は  $N_{4+,y}$  から  $N_{4+,y}$  を差し引いて求めた。なお  $N_{4,1985}$  は (12) 式より別途求めた。

$$N_{4,y} = N_{3,y-1,2} \times \exp^{-F_{3,y-1,2} - \frac{M}{2}} \quad (11)$$

$$N_{4,1985} = N_{4+,1985,1} \times (1 - \exp^{-F_{4+,1985,1} - F_{4+,1985,2} - M}) \quad (12)$$

2012 年下半期以降、本系群は自主管理が行われており、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管理では、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）や 2019 年級群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 2022）。その影響を考慮するため、年別・半期別・年齢別の日本海沖底の漁獲量が全体漁獲量に占める割合（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標準化 CPUE の変動傾向が最も合うように F を求めた。なお、今年度は沖底の指標値として日本海側のデータから得られた標準化 CPUE を用いているため、チューニングで使用する沖底の割合を、昨年度まで使用していた海域全体の沖底の割合から日本海沖底の割合へと変更した。また、加入尾数の推定のために、小樽沖底の漁獲報告を元にした 1 歳標準化 CPUE（2016~2024 年）と上半期開始時点の 1 歳の資源量の変動傾向が最も合うように F を求めた。

最近年（2023 年）下半期の 0 歳、1 歳、2 歳、および 3 歳の漁獲係数については、尤度関数で構成される以下の (13) 式の目的関数を最小化するように年齢別に F を推定した。その際、プラスグループ（4+歳）の漁獲係数は 3 歳の漁獲係数と同値と仮定した。

$$obj = \sum_{i=1}^2 \beta_i \times 0.5 n_i \{ \log(2\pi) + \log(\sigma_i^2) - 1 \} \quad (13)$$

ここで  $\sigma_1$  は、0~4+歳の指標値として用いた沖底 CPUE（ $CPUE_1$ ）に対する観測値と予測値の残差から計算される最小化すべき量で、以下の (14) ~ (17) 式で定義される。 $\beta_i$  は指数間で重みを調整するためのパラメータである。

$$\sigma_1 = \sqrt{\left( \frac{1}{n_1} \sum_y r_{1,y}^2 \right)} \quad (14)$$

$$r_{1,y} = \log(CPUE_{1,y}) - (q_1 + b_1 \times \log(\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y,1} S_{a,y,1} B_{a,y,1})) \quad (15)$$

$$b_1 = \frac{\text{cov}(\log(CPUE_{1,y}), \log(\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y,1} S_{a,y,1} B_{a,y,1} / \sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y,1} S_{a,y,1}))}{\text{var}(\log(\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y,1} S_{a,y,1} B_{a,y,1} / \sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y,1} S_{a,y,1}))} \quad (16)$$

$$q_1 = \exp \left( \frac{1}{n_1} \sum_y \log(CPUE_{1,y}) - \frac{b_1}{n_1} \sum_y \log(\sum_{a=0}^{4+} \Omega_{a,y,1} S_{a,y,1} B_{a,y,1}) \right) \quad (17)$$

ここで、 $\Omega_{a,y,1}$  は y 年 a 歳上半期の漁獲量に対する上半期の日本海の沖底漁獲量の割合、 $S_{a,y,1}$  は y 年 a 歳の上半期漁獲に対する選択率である。 $n_1$  は時系列の長さ、 $q_1$  は  $CPUE_1$  と資源量との関係を表す係数、 $b_1$  は  $CPUE_1$  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）である。

同様に、 $\sigma_2$  は、1 歳の指標値として用いた漁獲報告 1 歳 CPUE ( $CPUE_2$ ) に対する観測値と予測値の残差から計算される最小化すべき量で以下の (18) ~ (21) 式で定義される。

$$\sigma_2 = \sqrt{\left(\frac{1}{n_2} \sum_y r_{2,y}^2\right)} \quad (18)$$

$$r_{2,y} = \log(CPUE_{2,y}) - (q_2 + b_2 \times \log(B_{1,y,1})) \quad (19)$$

$$b_2 = \frac{\text{cov}(\log(CPUE_{2,y}), \log(\sum_y B_{1,y,1}))}{\text{var}(\log(\sum_y B_{1,y,1}))} \quad (20)$$

$$q_2 = \exp\left(\frac{1}{n_2} \sum_y \log(CPUE_{2,y}) - \frac{b_2}{n_2} \sum_y \log(\sum_y B_{1,y,1})\right) \quad (21)$$

$CPUE_{2,y}$  の予測値は、y 年上半期の 1 歳資源重量である  $B_{1,y,1}$  と対応させることとし、 $B_{1,2024,1}$  は (22) 式より求めた。

$$B_{1,2024,1} = \exp(-F_{0,2023,2} - 0.5M) \times N_{0,2023,2} \times \tilde{w}_{1,2024,1} \quad (22)$$

ここで、 $\tilde{w}_{1,2024,1} = (1/5) \sum_{y=2016}^{2023} w_{1,y,1}$  とした。

$n_2$  は時系列の長さ、 $q_2$  は  $CPUE_2$  と資源量との関係を表す係数、 $b_2$  は  $CPUE_2$  と資源量の非線形性の程度を表すパラメータである。

(13) 式の  $\beta_i$  はそれぞれの指数間で重みを調整するためのパラメータであり、親魚量、加入量、資源量、漁獲係数のレトロスペクティブバイアスが小さくなるように決定し、沖底 CPUE については 8.2 を、1 歳 CPUE には 1.8 とした (補足資料 12)。

前述の通り、2023 年下半期の各年齢の  $F_{a,2023,2}$  は (13) 式を最小とするように探索的に求めた。プラスグループ (4+歳) の漁獲係数は 3 歳の漁獲係数と同値と仮定したため、 $F_{4+,2023,2}$  のみは下記 (23) 式とした。

$$F_{3,2023,2} = F_{4+,2023,2} \quad (23)$$

なお、年別年齢別漁獲尾数および半期コホート計算で得られた資源尾数に対し (24) 式に基づき (25) 式を用いて年別年齢別の平均漁獲係数を計算し、将来予測の計算に用いた。

$$\begin{aligned} N_{a+1,y+1,1} &= N_{a,y,1} \exp(-F_{a,y} - M) \\ &= N_{a,y,1} \exp(-M) - C_{a,y,1} \exp(-3M/4) - C_{a,y,2} \exp(-M/4) \\ &= N_{a,y,1} \exp(-M - F_{a,y,1} - F_{a,y,2}) \end{aligned} \quad (24)$$

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y,1} \exp(M/4) + C_{a,y,2} \exp(3M/4)}{N_{a,y,1}}\right) = F_{a,y,1} + F_{a,y,2} \quad (25)$$

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) を半期 VPA 用に拡張したものを使用して行った。なお、レトロスペクティブ解析においてデータを遡る年数は、近年の範囲として 5 年を用いた。p 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。

「令和 6 (2024) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針 (FRA-SA2024-ABCWG02-03)」(水産研究・教育機構 2024) に従って、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。各チューニング指標値(補足表 2-4) と予測値との残差プロットは補足図 2-1 に示した。それぞれにおいて問題のある残差傾向は見られないと判断し、指標値と予測値との関係はべき乗関係を仮定して問題ないと考えられた。b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, q<sub>1</sub>, q<sub>2</sub>, σ<sub>1</sub>, σ<sub>2</sub> の推定結果および obj の値については補足表 2-5 に示した。チューニング後のコホート解析による資源解析結果の詳細は、補足資料 5 に示した。レトロスペクティブ解析結果から、加入量および漁獲圧の推定結果に問題はないと判断した(補足表 2-6、補足図 2-2 および 2-3)。

## 引用文献

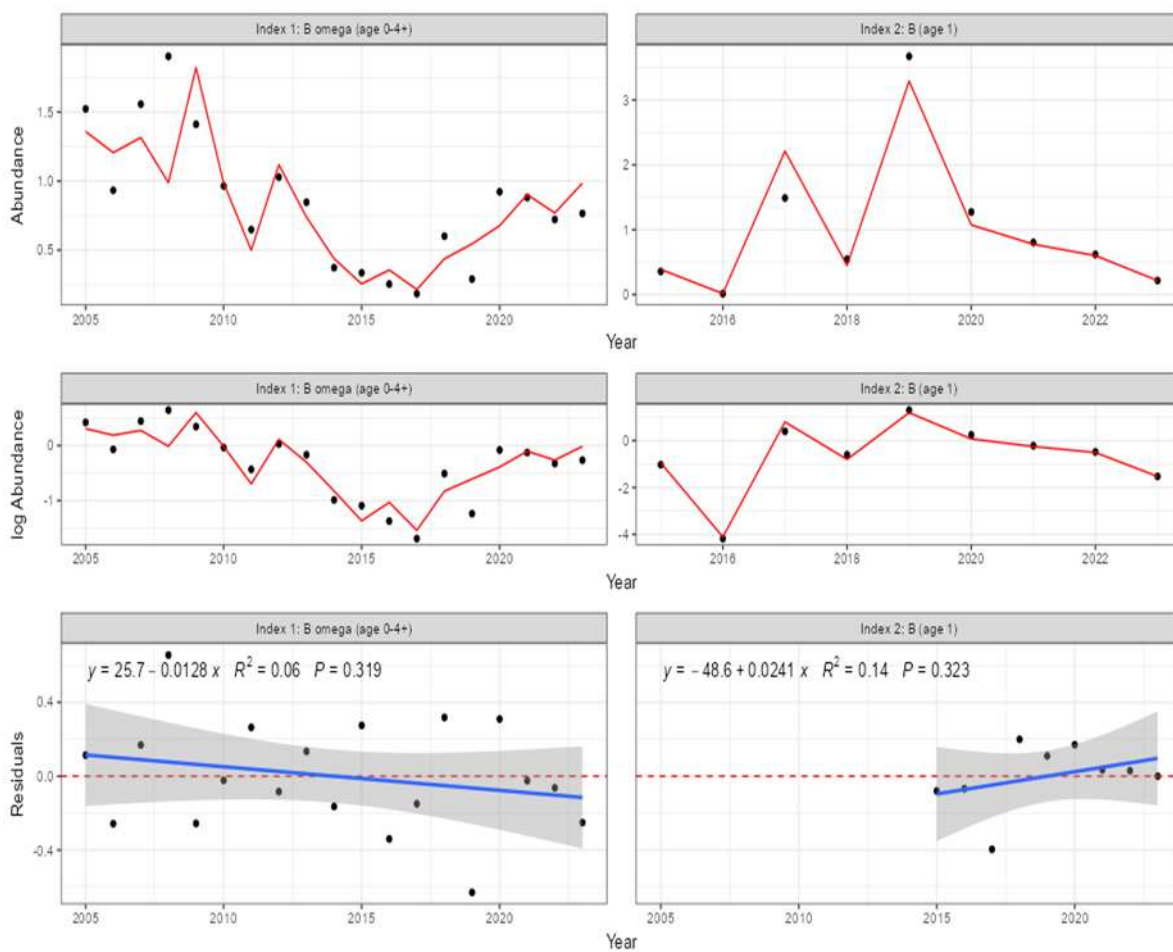
- Hashimoto, M., H. Okamura, M. Ichinokawa, K. Hiramatsu and T. Yamakawa (2018) Impacts of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual population analysis. *Fish. Sci.*, **84**, 335-347.
- 平松一彦 (1999) VPA の入門と実際. 水産資源管理談話会報, **20**, 9-28.
- 市野川桃子・岡村 寛 (2014) VPA を用い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.
- 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.
- 森田晶子・境 磨・千葉 悟・濱津友紀・山下夕帆・市野川桃子・岡村 寛 (2022) 令和 4(2022) 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資料. FRA-SA2022-BRP02-01.
- 岡村 寛・森田晶子・市野川桃子 (2022) 個体数に影響を受ける体重の予測モデル-ホッケ道北系群の場合. FRA-SA2022-BRP02-03.
- Okamura, H., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. *ICES J. Mar. Sci.*, **74**, 2427-2436.
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. *Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, **9**, 65-74.
- 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, <https://www.hro.or.jp/upload/41331/ima833.pdf>

水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2024-ABCWG02-03, 水産研究・教育機構, 横浜, 13pp.

[https://abchan.fra.go.jp/references\\_list/FRA-SA2024-ABCWG02-03.pdf](https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-03.pdf)

中央・稚内・網走水産試験場 (2022) ホッケ (道央日本海～オホーツク海海域). 2021 年度水産資源管理会議評価書, 道総研水産研究本部, p. 94-120

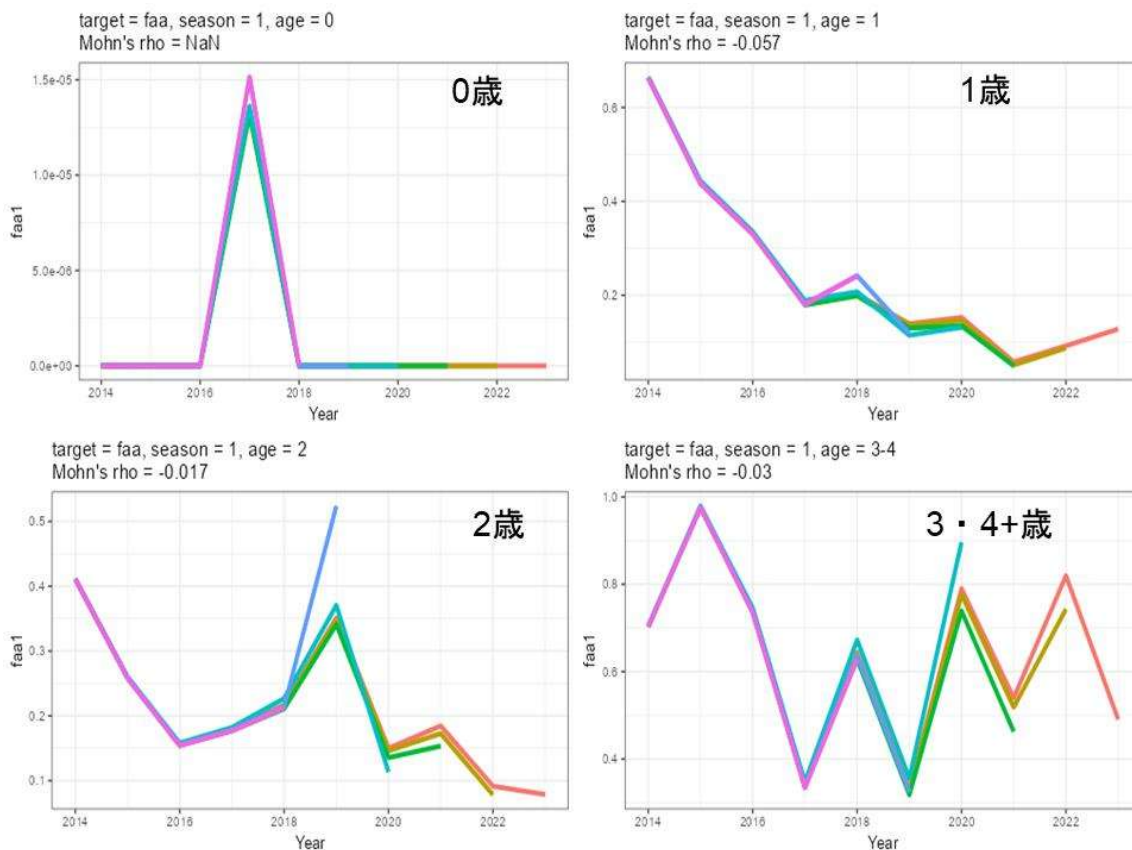
<https://www.hro.or.jp/upload/41790/Hokkaidostockassessment2022.pdf>



補足図 2-1. 各チューニング指標値 (左: 沖底標準化 CPUE、右: 漁獲報告 1 歳標準化 CPUE) の予測値と観測値 (上)、対数変換した予測値と観測値 (中) および対数変換された予測値と観測値の残差プロット (下)

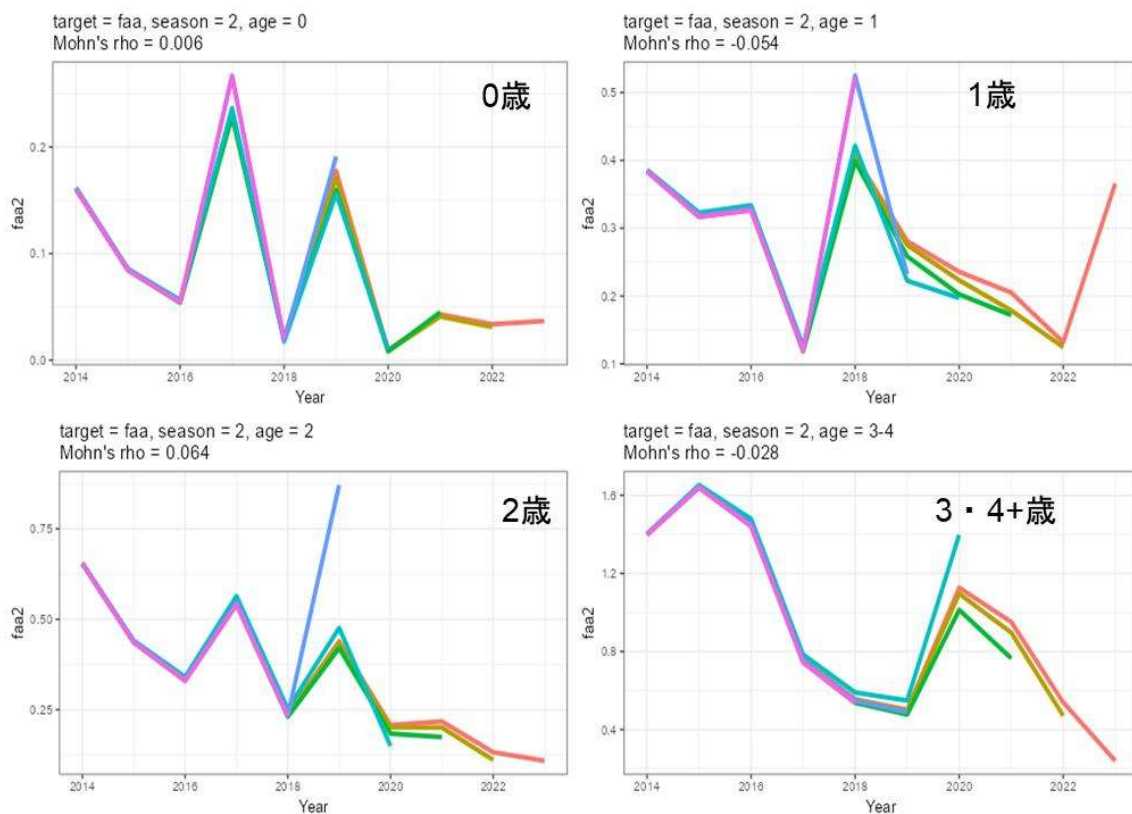


a)

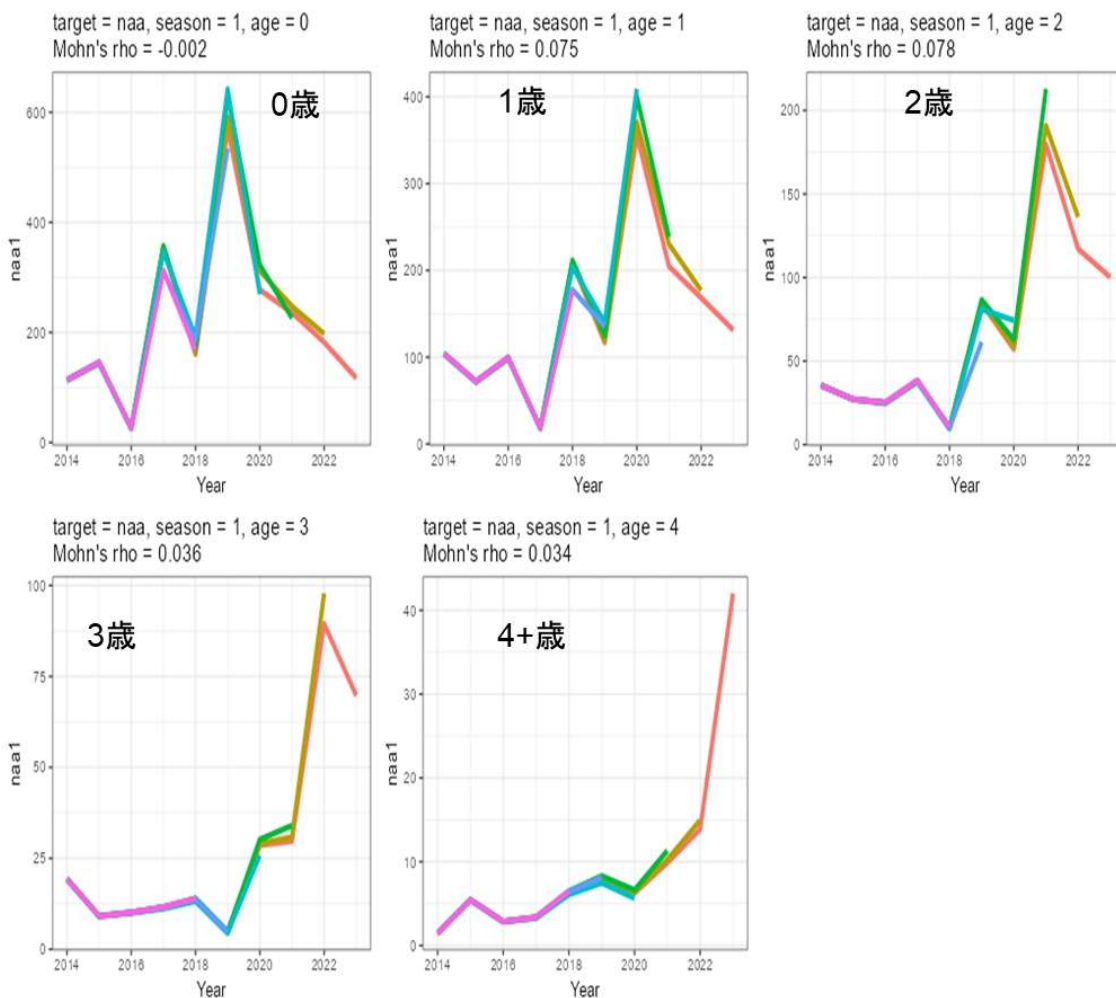


補足図 2-2. 上半期 (a) における年齢別 F のレトロスペクティブ解析結果 (指数間の重みを 沖底 CPUE : 1 歳 CPUE = 8.2 : 1.8 とし、リッジペナルティは使用していない)

b)



補足図 2-2 (続き). 下半期 (b) における年齢別 F のレトロスペクティブ解析結果 (指数間の重みを沖底 CPUE : 1 歳 CPUE = 8.2 : 1.8 とし、リッジペナルティは使用していない)



補足図 2-3. 年齢別資源尾数のレトロスペクティブ解析結果（指数間の重みを沖底 CPUE : 1 歳 CPUE = 8.2 : 1.8 とし、リッジペナルティは使用していない）

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	80	100	100	100

補足表 2-2. 漁獲物の年齢別体重 (g)

年	上半期の年齢別体重 (g)					年	下半期の年齢別体重 (g)				
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上		0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上
1985	32	125	262	369	429	1985	95	193	322	404	445
1986	30	116	243	343	398	1986	88	179	298	375	413
1987	29	115	240	339	393	1987	87	177	295	371	408
1988	29	112	235	331	384	1988	85	173	288	363	399
1989	26	102	214	302	350	1989	78	158	263	330	364
1990	28	110	229	324	376	1990	83	169	282	355	391
1991	30	118	246	347	403	1991	89	181	302	380	419
1992	29	114	239	337	391	1992	87	176	293	369	406
1993	27	107	223	315	366	1993	81	165	275	345	380
1994	30	119	248	350	407	1994	90	183	305	384	423
1995	30	117	245	346	401	1995	89	181	301	378	417
1996	28	111	232	327	380	1996	84	171	285	358	395
1997	30	119	248	350	406	1997	90	183	305	383	422
1998	35	136	284	401	465	1998	103	209	349	438	483
1999	30	117	243	344	399	1999	89	180	300	376	415
2000	26	102	213	301	350	2000	78	157	262	330	363
2001	26	102	213	301	350	2001	78	157	262	330	363
2002	28	111	232	328	381	2002	84	171	286	359	395
2003	29	112	235	331	385	2003	85	173	289	363	400
2004	24	92	193	272	316	2004	70	142	237	298	328
2005	30	116	242	342	397	2005	88	178	298	374	412
2006	30	118	248	350	406	2006	90	183	304	383	421
2007	26	100	210	296	344	2007	76	155	258	324	357
2008	24	96	200	282	328	2008	73	147	246	309	340
2009	25	99	206	291	338	2009	75	152	254	319	351
2010	29	112	234	330	383	2010	85	172	288	361	398
2011	31	120	250	353	410	2011	91	184	307	386	426
2012	30	119	249	351	408	2012	90	184	306	385	424
2013	35	138	288	407	473	2013	105	213	355	446	491
2014	34	133	279	394	457	2014	101	206	343	431	475
2015	33	129	270	382	443	2015	98	199	332	418	460
2016	36	142	297	420	488	2016	108	219	366	460	506
2017	39	151	315	445	517	2017	115	233	388	488	537
2018	43	167	348	492	571	2018	127	257	428	538	593
2019	33	130	272	384	446	2019	99	201	335	420	463
2020	31	120	251	354	411	2020	91	185	309	388	427
2021	30	117	244	345	401	2021	89	180	301	378	416
2022	31	123	257	362	421	2022	93	189	316	397	437
2023	35	135	282	399	463	2023	103	208	347	436	481
2024	32	125	261	369	428	2024	95	193	321	404	445

年齢-体長および体長-体重の関係式（高嶋ほか 2013）から下半期の年齢別体重（0歳は10月1日時点、1歳以上は7月1日時点）を求め、年齢別漁獲尾数と乗じた和が各年の漁獲量に合うよう計算で求められた値。この値を資源量および将来予測の産卵資源量の計算に用いている（右表）。漁獲報告の1歳標準化において（補足資料9）、2024年の値は直近5年間（2019～2023年）の平均値を用いた。一方、左表の1歳上半期体重を用いて上半期の1歳資源量を算出し、漁獲報告の1歳標準化 CPUE を用いた1歳のチューニングに使用した。その際、2024年の値は直近5年間（2019～2023年）の平均値を用いた。

補足表 2-3. 資源計算において親魚量の計算に用いた体重

年	年齢別体重 (g)				
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳以上
1985	105	239	355	422	460
1986	97	222	329	391	427
1987	96	219	325	387	422
1988	94	215	318	378	412
1989	86	196	290	345	376
1990	92	210	311	370	403
1991	98	225	334	396	432
1992	96	218	324	384	419
1993	89	204	303	360	393
1994	99	227	337	400	436
1995	98	224	332	394	430
1996	93	212	315	374	408
1997	99	227	336	399	435
1998	114	259	385	457	499
1999	98	223	330	393	428
2000	85	195	289	344	375
2001	85	195	289	344	375
2002	93	212	315	374	408
2003	94	215	318	378	413
2004	77	176	261	310	339
2005	97	221	328	390	425
2006	99	226	336	399	435
2007	84	192	284	338	368
2008	80	183	271	322	351
2009	83	189	280	333	363
2010	94	214	317	377	411
2011	100	229	339	403	439
2012	100	228	338	401	437
2013	115	264	391	465	507
2014	112	255	378	450	490
2015	108	247	367	436	475
2016	119	272	404	479	523
2017	126	288	428	508	555
2018	139	318	472	561	612
2019	109	249	369	438	478
2020	100	230	341	405	441
2021	98	224	332	394	430
2022	101	230	341	405	441
2023	113	258	383	455	496

年齢-体長および体長-体重の関係式（高嶋ほか 2013）から下半期の年齢別体重（0 歳は 10 月 1 日時点、1 歳以上は 7 月 1 日時点）を求め、年齢別漁獲尾数と乗じた和が各年の漁獲量に合うよう計算で求められた値（補足表 2-2）を用い、ホッケの成熟期にあたる 11 月 1 日時点の体重に換算したもの。

補足表 2-4. 沖底標準化 CPUE (CPUE1 : 0~4 歳のチューニング指標値) および小樽沖底の漁獲報告から算出した 1 歳標準化 CPUE (CPUE2 : 1 歳のチューニング指標値)

		資源量指標値									
CPUE1	年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
		1.523	0.933	1.558	1.904	1.411	0.965	0.649	1.029	0.846	0.372
	年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
		0.336	0.254	0.185	0.601	0.290	0.922	0.881	0.722	0.766	
CPUE2	年	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
		0.358	0.015	1.490	0.547	3.675	1.275	0.804	0.619	0.217	

補足表 2-5. CPUE1 および CPUE2 における係数 b、q、 $\sigma$  および p の推定結果、それぞれの指数に対して任意に与えた重み ( $\beta_i$ ) および目的関数 obj の推定結果

	b	q	$\sigma$	$\beta_i$
CPUE1	0.956	0.051	0.290	8.2
CPUE2	1.930	0.002	0.167	1.8
obj	22.222			

補足表 2-6. リッジペナルティ  $\lambda$  を 0.05 刻みで変化させた場合の親魚量、資源尾数 (N)、資源量 (B)、加入尾数 (R)、および漁獲係数 (F) のレトロスペクティブバイアス  $\rho$

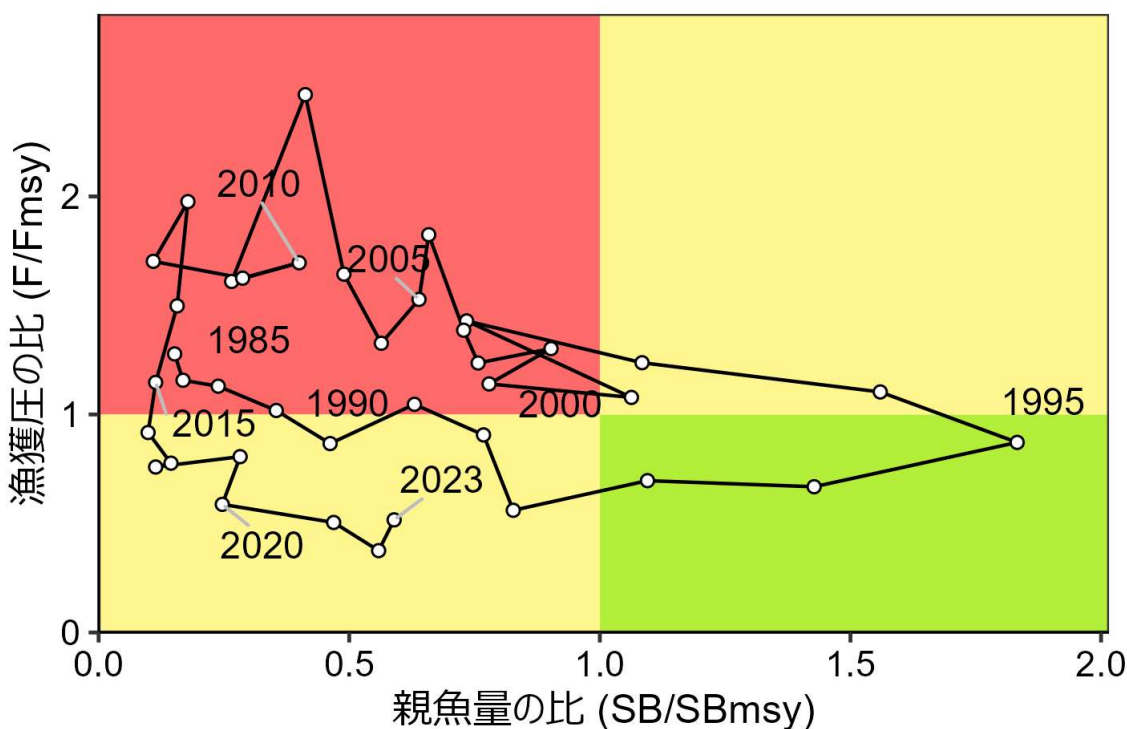
$\lambda$	$\rho$						
	N (上半期)	N (下半期)	資源量	親魚量	加入量	F (上半期)	F (下半期)
0	0.054	0.059	0.074	0.046	-0.013	-0.006	0.020
0.05	0.054	0.059	0.074	0.047	-0.013	-0.006	0.020
0.1	0.054	0.060	0.074	0.047	-0.013	-0.006	0.019
0.15	0.054	0.060	0.075	0.047	-0.013	-0.007	0.018
0.2	0.054	0.060	0.075	0.047	-0.013	-0.007	0.017
0.25	0.054	0.060	0.075	0.048	-0.013	-0.008	0.016
0.3	0.054	0.060	0.075	0.048	-0.013	-0.008	0.015
0.35	0.054	0.060	0.075	0.049	-0.013	-0.009	0.014
0.4	0.054	0.060	0.076	0.049	-0.013	-0.010	0.013
0.45	0.055	0.061	0.076	0.050	-0.013	-0.011	0.011
0.5	0.055	0.061	0.076	0.050	-0.013	-0.012	0.009
0.55	0.055	0.061	0.077	0.051	-0.013	-0.013	0.007
0.6	0.055	0.061	0.077	0.052	-0.013	-0.015	0.005
0.65	0.056	0.062	0.078	0.053	-0.013	-0.017	0.002
0.7	0.056	0.062	0.079	0.055	-0.013	-0.019	-0.002
0.75	0.057	0.063	0.080	0.057	-0.012	-0.022	-0.007
0.8	0.058	0.064	0.082	0.060	-0.012	-0.026	-0.013
0.85	0.059	0.066	0.085	0.064	-0.012	-0.033	-0.023
0.9	0.062	0.068	0.089	0.072	-0.012	-0.043	-0.038
0.95	0.067	0.074	0.100	0.090	-0.013	-0.066	-0.068

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

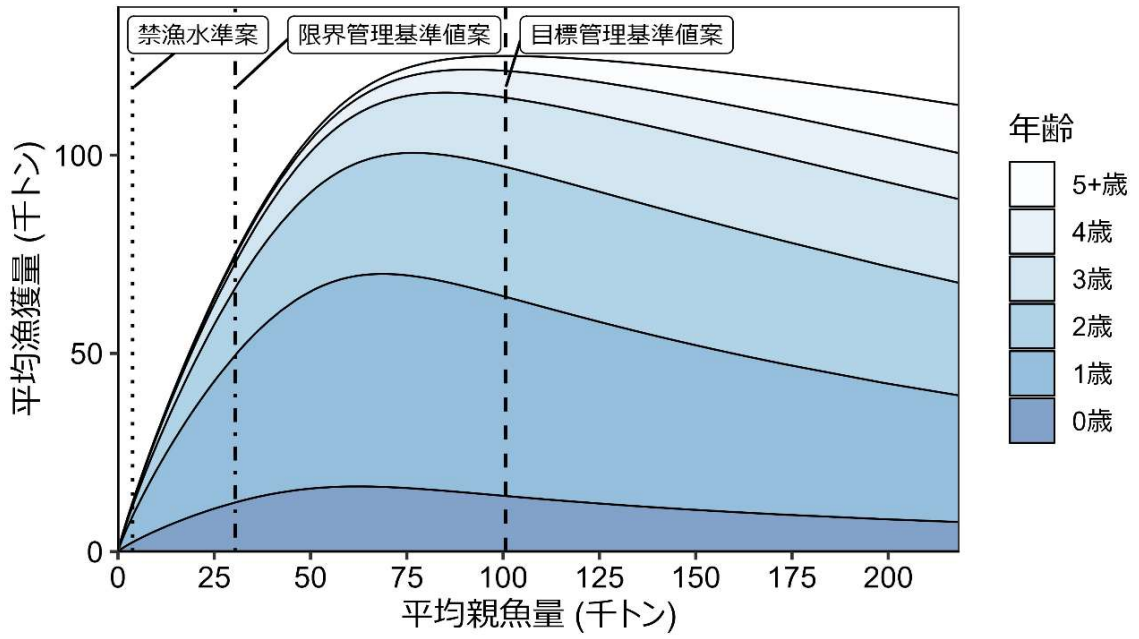
令和 4 年 7 月に開催された「管理基準値に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) 案には MSY を実現する親魚量 (SBmsy: 10.1 万トン)、限界管理基準値 (SBlimit) 案には MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy: 3.0 万トン)、禁漁水準 (SBban) 案には MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy: 0.4 万トン) を用いることが提案されている (森田ほか 2022、補足表 7-2)。

目標管理基準値案と、MSY を維持する漁獲圧 (F) を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2023 年の親魚量 (SB2023: 59 千トン) は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案および禁漁水準案は上回る (補足表 7-2、補足表 7-3)。本系群に対する漁獲圧 (F) は、1996~2015 年においては Fmsy を上回っていたが、2016 年以降の漁獲圧は Fmsy を下回っていると判断される。

平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。平均親魚量が限界管理基準値案以下では 0 歳および 1 歳魚が漁獲量の殆どを占める。しかし、親魚量が増加するにつれて漁獲量に占める高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。



補足図 3-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



補足図 3-2. 平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係 (漁獲量曲線)



#### 補足資料 4 漁獲管理規則案に対応した将来予測

##### (1) 将来予測の設定

資源評価で推定した 2023 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024～2055 年の将来予測計算を行った。将来予測における加入量は、各年漁期の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。

令和 4 年 7 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、本系群の再生産関係式における加入量の残差は、2010 年以降は観測値が予測値よりも低く、負に偏る傾向が見られた（補足図 4-1a）。特に 2010 年および 2016 年は非常に低い加入であり、近年についても負の残差が続く傾向にある。そのため、将来予測では加入量の残差には 5～10 年程度は類似した低加入の傾向が継続することを想定したシナリオを用いた。なお、親魚量と残差の関係は、親魚量が少ない時に残差のばらつきは大きくなるものの、全体としては明瞭な傾向は認められなかった（補足図 4-1b）。

低加入の傾向が 5～10 年程度継続するシナリオでは、将来の加入量は、HS 型再生産関係からの予測値に過去の観測値の残差をランダムにリサンプリングして与えた。リサンプリングするデータは 5 年単位に区切り、低加入を仮定した 5 年ブロックのバックワード・リサンプリング（5 年を 1 ブロックとし、将来 5 年までは直近の過去 5 年の残差からリサンプリング、将来 6～10 年は過去 5 年もしくは 6～10 年の残差をリサンプリングというように 5 年ごとに過去に遡った残差を選択する方法）を実施した（補足図 4-2）。

- ・ 将来予測の 1～5 年（2024～2028 年）：過去 1～5 年（2019～2023 年）の残差から重複を許してリサンプリングした。
- ・ 将来予測の 6～10 年（2029～2033 年）：過去 1～5 年（2019～2023 年）もしくは過去 6～10 年（2014～2018 年）の残差のいずれかをランダムに選び、選んだ方の 5 年分の残差から重複を許してリサンプリングした。
- ・ 将来予測の 11 年目（2034 年）以降：上記の手順で 5 年区切りの残差をリサンプリングする範囲を追加した。

補足図 4-2 では、5 年ずつに区切ったリサンプリング単位を青灰色の破線で示した。このようなリサンプリングのやり方により、短期的には直近の低加入トレンドを反映するような加入を想定し、中長期的にはそれ以前の過去の条件を反映するような加入を想定した。なお、バックワード・リサンプリングによる残差の平均値は年数が経過するにつれて 0 に近づく（補足図 4-3）。

再生産関係に従い、低加入を仮定したバックワード・リサンプリングによる将来予測として 10,000 回の繰り返し計算を行った。2024 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧から仮定した。ここでの現状の漁獲圧は、2019～2023 年の年齢別漁獲係数をランダムサンプリングしたものである。2025 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。なお、将来予測の計算方法は補足資料 6 に示した。

##### (2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「令和 6（2024）年度漁獲管理規則お

よび ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2024-AWCWG02-01）」では、親魚量が限界管理基準値を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には Fmsy に調整係数  $\beta$  を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-4 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数  $\beta$  を 0.7 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では「調整係数  $\beta$  が 0.7 以下であれば 10 年後の親魚量は 50%以上の確率で目標管理基準値案を上回ると予測された。適用すべき真の再生産関係がリッカー (RI) 型再生産関係であった場合でも、調整係数  $\beta$  が 0.6 以下であれば 10 年後に真の目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると考えられた。なお、これらの将来予測では、近年の低加入が短期的に継続することを仮定した（バックワード・リサンプリングによる低加入シナリオ）」とされている。

### (3) 2025 年の予測値

再生産関係に従い低加入を仮定したバックワード・リサンプリングによる将来予測を行った結果、漁獲管理規則案に従い計算された 2025 年の漁獲量の平均値は、研究機関会議で提案された  $\beta$  が 0.7 の場合は 3.9 万トン、 $\beta$  が 0.6 の場合は 3.5 万トンとなる。（補足表 4-2、補足表 7-4）。なお、 $\beta$  が 0.7 の時の漁獲量の平均値 3.9 万トンのうち、再生産関係から仮定した年級群（0 歳および 1 歳）は 59%を占めており、2024 年以降の加入尾数に左右される部分が大きく、不確実性が高いことに注意が必要である。2025 年に予測される親魚量はいずれの繰り返し計算でも 99%以上の確率で限界管理基準値案を上回り、平均 4.1 万トンと見込まれた（補足表 4-2）。

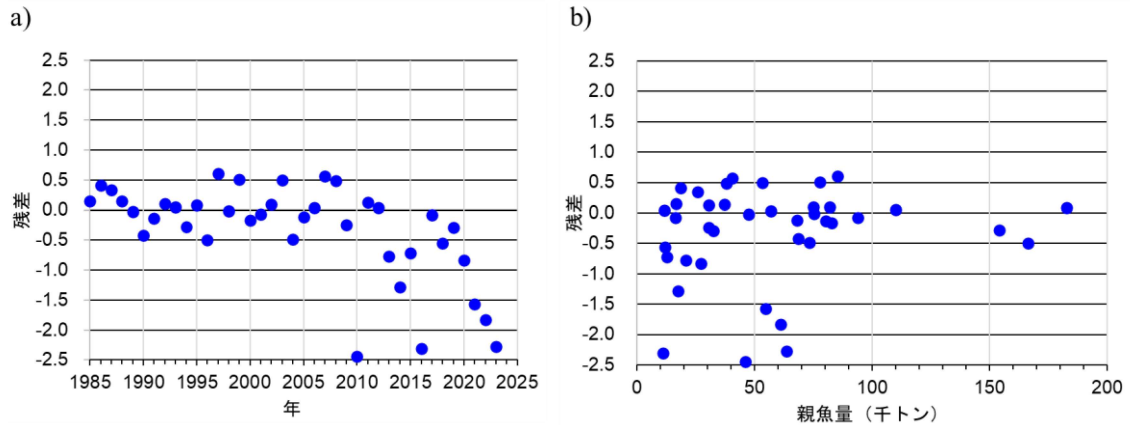
### (4) 2026 年以降の予測

2026 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-5 および補足表 4-1～4-2 に示す。令和 4（2022）年度の研究機関会議では、 $\beta$  が 0.7 以下であれば今後低加入が続いた場合でも 10 年程度で 50%以上の確率で親魚量が目標管理基準値案まで回復すると示された。更新したデータを用い、漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、 $\beta$  が 0.7 の場合は、10 年後（2035 年）の親魚量の予測値は 7.8 万トン（90%予測区間は 3.8 万～12.2 万トン）であり、目標管理基準値案を上回る確率は 24%と推定される（補足表 7-5）。 $\beta$  が 0.6 の場合は親魚量の予測値は 9.5 万トン（4.8 万～14.3 万トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は 42%と推定される。 $\beta$  が 1.0 の場合、親魚量の予測値は 4.5 万トン（90%予測区間は 2.1 万トン～7.2 万トン）であり、目標管理基準値案を上回る確率は 1%と推定される。現状の漁獲圧（2019～2023 年の F のランダムサンプリング）を継続した場合の 2035 年の親魚量の予測値は 9.4 万トン（90%予測区間は 4.3 万トン～14.9 万トン）であり、目標管理基準値案を上回る確率は 41%、限界管理基準値案を上回る確率は 98%である。

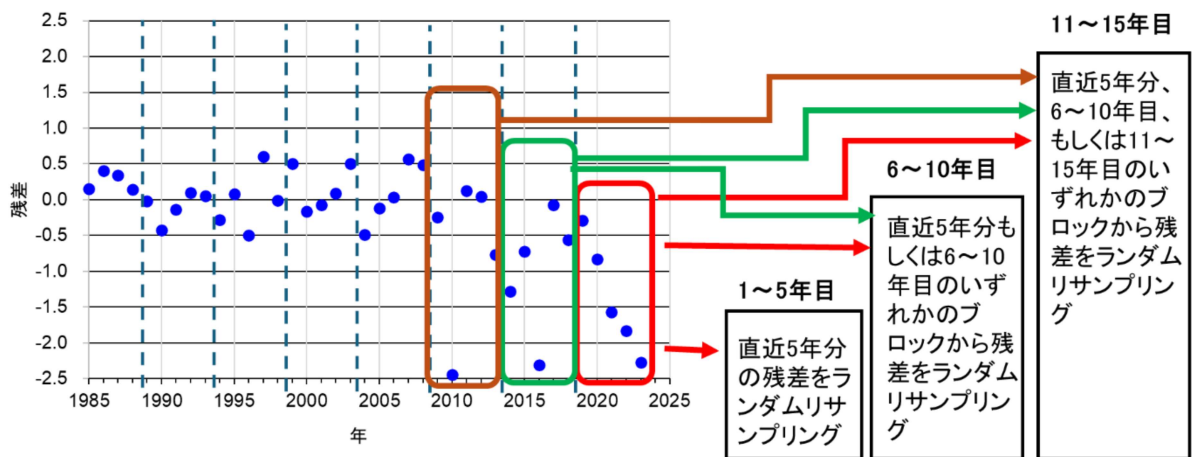
本系群では 2010 年以降に極端に低い加入量の年級が 2 度発生しており、2023 年の加入尾数も低い推定値となった。今後も同様の低加入が発生する可能性には十分留意する必要がある。漁獲管理規則に用いる  $\beta$  については、令和 4（2022）年度の研究機関会議での提案書にあるように、この状況が今後も継続する可能性を考慮した予防的な値をとることが推奨される。

引用文献

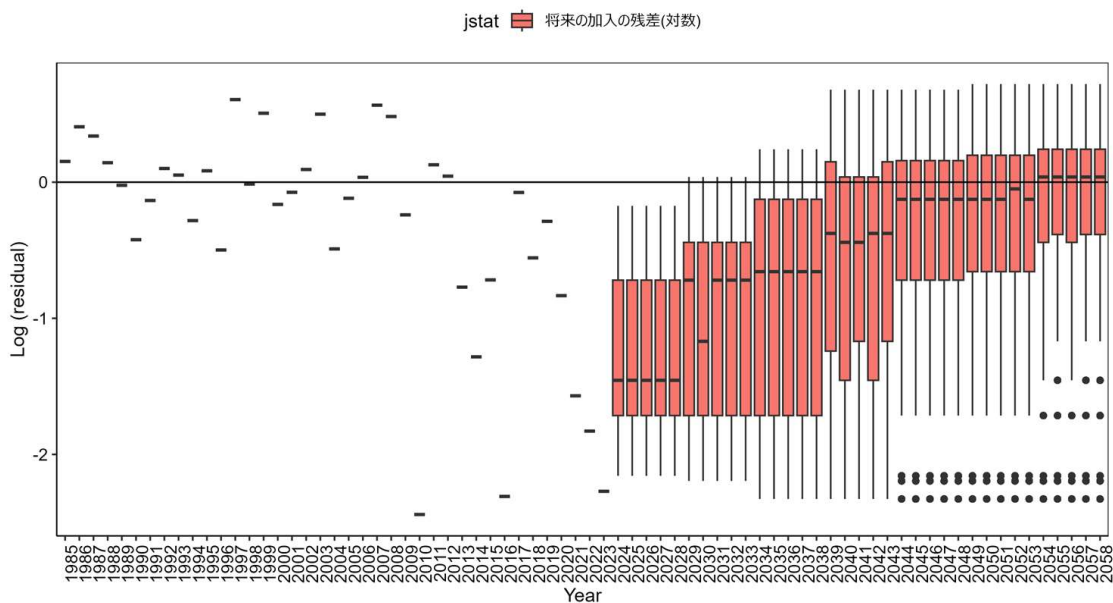
水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 . FRA-SA2024-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 23pp.  
[https://abchan.fra.go.jp/references\\_list/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf](https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2024-ABCWG02-01.pdf)



補足図 4-1. ホッケー・スティック再生産関係からの残差 (log (予測値/観測値))  
 左図 a) では横軸を年で表し、右図 b) では横軸を親魚量とした。

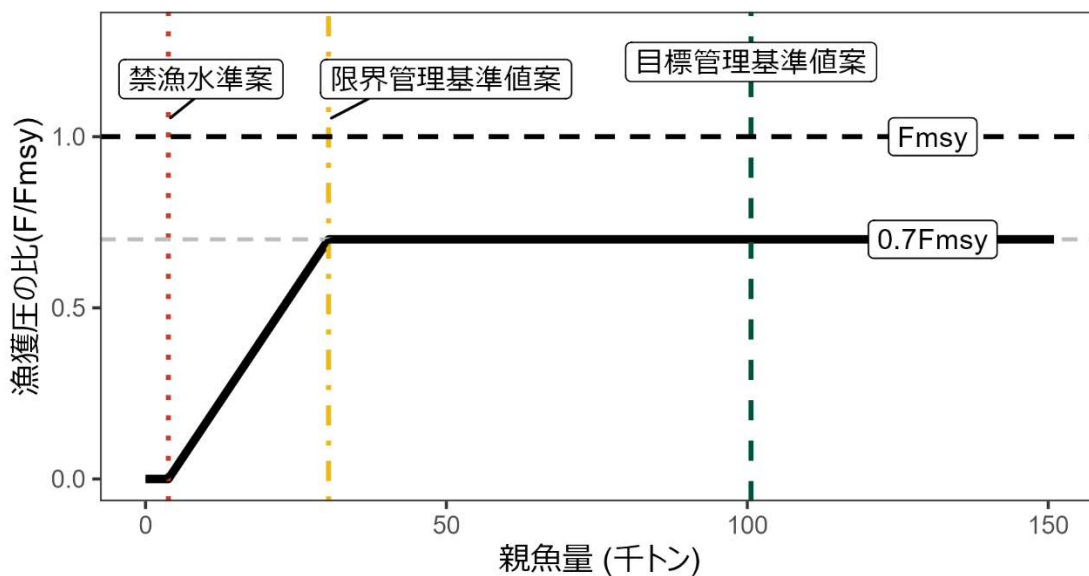


補足図 4-2. 近年の加入がホッケー・スティック再生産関係の予測値を下回る状況を考慮した低加入シナリオにおけるバックワード・リサンプリングの概念図

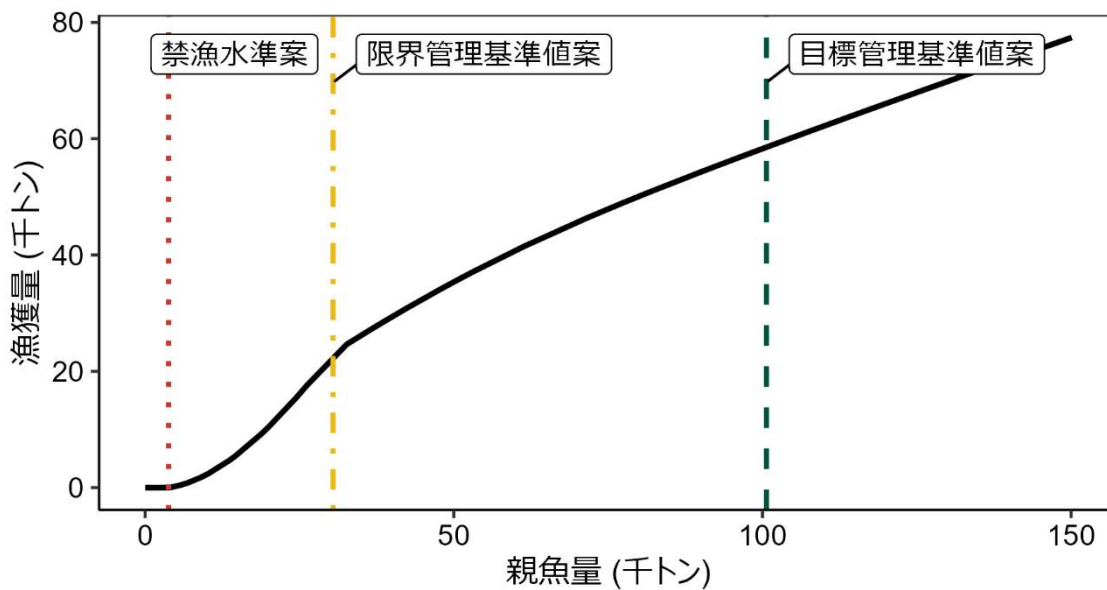


補足図 4-3. ホッケー・スティック型再生産関係式を最小絶対値法で当てはめた場合の加入量の予測値に対する観測値の残差（1985～2023 年）と将来予測において用いた残差  
 令和 4 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において示された  
 残差リサンプリングの結果と比べ、低加入の期間はやや長くなる。これは各ブロックで  
 リサンプリングされる年の設定が異なるためであり、1 ブロック目は 2019～2023 年とな  
 り、2021～2023 年の低い加入の影響を受ける。非常に低加入であった 2016 年は 2 ブロ  
 ック目のリサンプリング対象となる。

a) 縦軸を漁獲圧にした場合

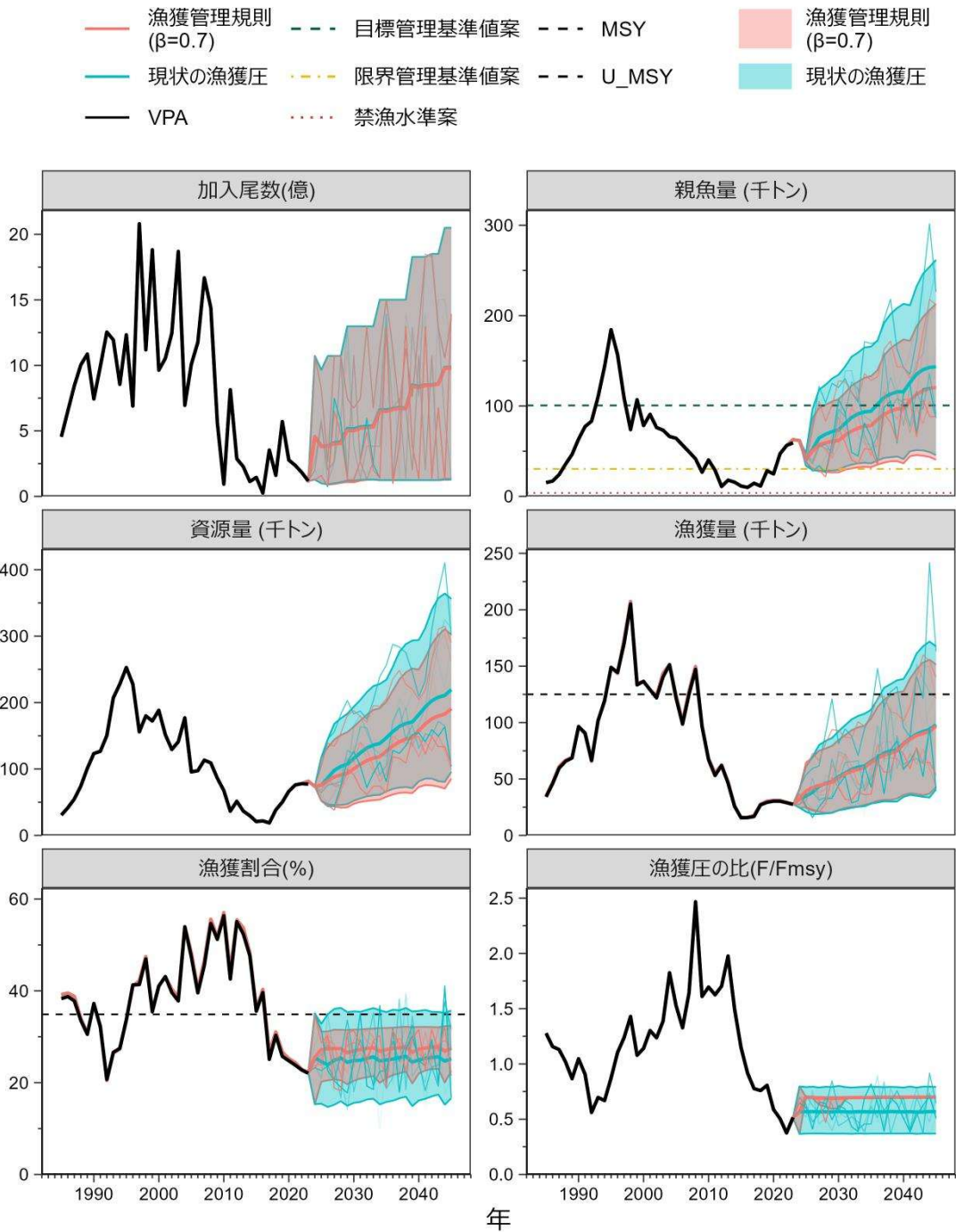


b) 縦軸を漁獲量にした場合



補足図 4-4. 漁獲管理規則案

調整係数  $\beta$  に 0.7 を用いたものを例示した。



補足図 4-5. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青線）  
 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は  
 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄破鎖線  
 は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲量の図の破線は MSY を、漁  
 獲割合の図の破線は  $U_{msy}$  を示す。漁獲管理規則案での調整係数  $\beta$  には 0.7 を用い  
 た。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0.9			0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	5
0.8			0	2	2	2	3	4	7	8	11	11	16
0.7			0	4	5	7	9	12	16	20	23	24	32
0.6			0	9	13	16	18	26	33	37	40	42	51
0.5			2	18	25	31	36	45	53	58	61	61	69
0.4			14	28	39	49	54	64	72	76	78	77	83
0.3			18	37	56	66	71	81	87	89	90	89	93
0.2			20	45	66	80	85	92	95	96	97	97	98
0.1			20	55	78	88	94	98	99	100	100	100	100
0.0			21	61	84	96	99	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧			2	12	16	19	21	27	34	38	40	41	50

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	100	99	62	65	68	64	60	70	72	73	73	73	80
0.9			74	69	75	74	72	79	81	82	83	82	87
0.8			85	79	80	83	82	87	90	91	91	90	93
0.7			94	90	89	90	91	94	95	96	96	96	97
0.6			98	96	96	96	96	98	99	99	99	99	100
0.5			100	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧			92	92	93	94	94	96	97	98	98	98	98

$\beta$  を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は 2019~2023 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧として 2019~2023 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲（平均的には  $\beta = 0.57$  に相当）で漁獲を続けた場合の結果も示した。



補足表 4-2. 将来の平均親魚量および平均漁獲量

a) 将来の平均親魚量 (万トン)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	6.2	4.1	4.1	4.2	4.0	3.9	3.8	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.9
0.9			4.4	4.6	4.5	4.5	4.4	4.8	5.0	5.2	5.3	5.4	5.9
0.8			4.7	5.1	5.2	5.2	5.2	5.7	6.0	6.2	6.4	6.5	7.1
0.7			5.0	5.7	5.9	6.1	6.2	6.8	7.2	7.6	7.8	7.8	8.5
0.6			5.4	6.4	6.9	7.2	7.4	8.1	8.7	9.2	9.4	9.5	10.2
0.5			5.7	7.2	8.0	8.6	8.9	9.8	10.6	11.1	11.4	11.5	12.3
0.4			6.1	8.0	9.3	10.3	10.8	11.8	12.8	13.4	13.8	13.9	14.8
0.3			6.6	9.0	10.8	12.2	13.0	14.3	15.5	16.3	16.8	17.0	18.0
0.2			7.0	10.1	12.6	14.6	15.8	17.4	19.0	20.0	20.8	21.1	22.2
0.1			7.5	11.3	14.7	17.4	19.2	21.4	23.4	24.9	26.0	26.6	28.0
0.0			8.0	12.7	17.1	20.8	23.5	26.4	29.3	31.5	33.2	34.3	36.2
現状の漁獲圧			5.2	6.5	6.9	7.2	7.4	8.1	8.7	9.1	9.4	9.4	10.2

b) 将来の平均漁獲量 (万トン)

$\beta$	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	3.2	5.2	4.8	4.5	4.4	4.3	4.5	4.8	5.0	5.2	5.3	5.7	6.2
0.9		4.8	4.7	4.6	4.5	4.5	4.8	5.1	5.3	5.5	5.7	6.1	6.5
0.8		4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	5.0	5.3	5.6	5.7	5.9	6.4	6.8
0.7		3.9	4.2	4.4	4.6	4.7	5.1	5.4	5.7	5.8	6.0	6.5	6.8
0.6		3.5	3.9	4.3	4.5	4.7	5.1	5.4	5.7	5.8	6.0	6.4	6.8
0.5		3.0	3.5	4.0	4.3	4.5	4.9	5.2	5.5	5.6	5.8	6.1	6.5
0.4		2.4	3.0	3.5	3.9	4.1	4.5	4.9	5.1	5.2	5.3	5.7	6.0
0.3		1.9	2.4	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.6	4.7	5.0	5.2
0.2		1.3	1.7	2.2	2.5	2.8	3.1	3.3	3.5	3.6	3.7	3.9	4.1
0.1		0.7	0.9	1.2	1.5	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧		3.5	3.8	4.4	4.6	4.8	5.2	5.5	5.8	6.1	6.2	6.6	6.9

$\beta$  を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は 2019~2023 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2025 年から漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧として 2019~2023 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲 ( $\beta = 0.57$  に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。



補足資料 5 資源解析結果の詳細 (1985~1997 年)

半期別・年齢別漁獲量 (千トン)

年齢	期	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	上半期	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	下半期	12.7	19.1	25.8	20.7	16.7	9.4	14.6	4.8	14.3	12.3	31.5	9.3	55.0
1歳	上半期	10.4	17.9	19.8	25.4	28.4	39.9	21.1	25.1	29.4	19.6	10.6	39.1	17.5
	下半期	1.4	1.5	3.0	3.6	7.8	12.8	6.7	6.1	7.7	12.8	7.4	9.3	7.3
2歳	上半期	3.3	3.7	4.5	6.2	5.2	14.2	21.7	11.8	20.6	38.2	42.1	20.2	21.6
	下半期	1.7	1.0	1.9	3.9	2.8	5.2	4.8	4.9	8.2	10.0	8.7	12.3	8.8
3歳	上半期	1.9	1.0	2.0	2.5	3.6	7.3	11.3	4.9	9.4	11.9	25.7	20.0	24.6
	下半期	1.0	0.5	0.9	1.4	1.3	2.1	2.5	3.0	4.1	3.6	4.2	6.6	4.2
4歳以上	上半期	1.4	0.8	1.3	1.4	2.4	4.6	6.8	3.3	5.2	8.9	17.1	21.7	29.4
	下半期	0.5	0.2	0.4	0.6	0.6	1.1	1.2	2.5	2.9	2.2	1.6	5.9	1.5
計		34.2	45.7	59.5	65.7	68.7	96.6	90.8	66.5	101.8	119.5	149.0	144.5	169.9

半期別・年齢別資源尾数 (百万尾)

年齢	期	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	上半期	455	652	845	1,004	1,086	743	992	1,254	1,195	855	1,233	689	2,081
	下半期	392	562	729	866	937	641	856	1,082	1,031	738	1,064	595	1,795
1歳	上半期	130	214	284	355	522	609	449	586	883	726	510	589	411
	下半期	62	92	141	169	283	307	279	373	596	527	385	296	266
2歳	上半期	37	47	72	106	127	198	194	206	290	471	390	294	205
	下半期	22	29	48	71	91	124	101	141	180	290	207	188	111
3歳	上半期	14	14	22	35	49	69	90	72	106	128	220	151	122
	下半期	8	10	14	24	32	40	50	50	66	82	127	79	46
4歳以上	上半期	7	7	10	14	23	35	43	54	64	75	96	134	92
	下半期	3	4	6	9	14	19	22	39	42	45	45	64	15
計 (上半期)		643	934	1,233	1,514	1,808	1,655	1,768	2,173	2,536	2,255	2,449	1,858	2,911

半期別・年齢別漁獲係数

年齢	期	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	上半期	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	下半期	0.46	0.53	0.57	0.36	0.28	0.21	0.23	0.06	0.20	0.22	0.44	0.22	0.46
1歳	上半期	0.59	0.70	0.55	0.59	0.46	0.54	0.33	0.30	0.25	0.17	0.13	0.54	0.29
	下半期	0.13	0.10	0.14	0.14	0.21	0.31	0.15	0.11	0.09	0.15	0.12	0.22	0.18
2歳	上半期	0.36	0.33	0.26	0.25	0.18	0.32	0.51	0.24	0.33	0.34	0.49	0.30	0.47
	下半期	0.29	0.14	0.15	0.23	0.13	0.17	0.18	0.14	0.20	0.13	0.16	0.28	0.33
3歳	上半期	0.45	0.23	0.30	0.24	0.27	0.38	0.44	0.22	0.33	0.30	0.40	0.51	0.83
	下半期	0.39	0.15	0.19	0.19	0.14	0.17	0.15	0.19	0.22	0.13	0.10	0.29	0.30
4歳以上	上半期	0.63	0.38	0.41	0.32	0.35	0.45	0.51	0.18	0.26	0.36	0.62	0.58	1.68
	下半期	0.39	0.15	0.19	0.19	0.14	0.17	0.15	0.19	0.22	0.13	0.10	0.29	0.30

年齢別漁獲係数

年齢	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	0.46	0.53	0.57	0.36	0.28	0.21	0.23	0.06	0.20	0.22	0.44	0.22	0.46
1歳	0.72	0.80	0.69	0.73	0.67	0.85	0.48	0.41	0.33	0.33	0.25	0.76	0.46
2歳	0.64	0.47	0.42	0.48	0.32	0.49	0.69	0.37	0.52	0.47	0.65	0.58	0.80
3歳	0.83	0.39	0.50	0.43	0.41	0.56	0.59	0.41	0.54	0.44	0.50	0.80	1.13
4歳以上	1.02	0.54	0.60	0.51	0.49	0.62	0.67	0.37	0.48	0.49	0.72	0.87	1.97
単純平均	0.73	0.55	0.56	0.50	0.43	0.54	0.53	0.32	0.42	0.39	0.51	0.65	0.96
%SPR	8.7	9.9	10.4	12.5	16.1	12.0	14.8	26.4	20.6	21.7	15.6	11.1	9.7

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)

年齢	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	43.3	57.5	73.7	85.6	84.5	62.0	88.7	108.8	97.0	77.2	109.8	58.1	187.5
1歳	25.1	38.4	50.3	61.3	82.3	103.1	81.4	103.1	145.4	132.9	92.0	100.8	75.1
2歳	11.9	14.0	21.2	30.6	33.4	56.0	58.7	60.5	79.6	143.7	117.4	84.0	62.3
3歳	5.7	5.4	8.1	12.8	16.2	24.4	34.3	26.7	36.5	49.1	83.2	54.2	46.9
4歳以上	3.3	2.7	4.1	5.6	8.5	13.7	18.2	21.9	24.1	31.7	39.9	52.7	38.9
資源量	89.2	118.0	157.5	195.9	224.9	259.3	281.3	321.1	382.7	434.6	442.2	349.8	410.7
親魚量	15.3	17.0	24.0	35.7	46.5	63.4	77.3	83.2	110.2	143.7	184.4	156.9	109.1
RPS	29.8	38.4	35.2	28.1	23.4	11.7	12.8	15.1	10.8	6.0	6.7	4.4	19.1

補足資料 5 資源解析結果の詳細（続き）（1998～2010年）

半期別・年齢別漁獲量（千トン）

年齢	期	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	上半期	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	下半期	41.9	36.6	11.8	22.0	27.3	29.5	18.9	35.7	28.1	40.7	30.8	13.2	2.0
1歳	上半期	91.2	12.5	67.3	30.0	22.5	29.0	67.5	16.2	24.4	46.0	58.1	51.8	17.8
	下半期	27.1	8.3	19.8	9.1	10.9	17.9	17.3	4.5	7.2	10.8	15.9	11.2	6.9
2歳	上半期	17.1	35.5	17.0	34.2	23.9	23.7	23.1	38.5	11.9	9.2	20.5	7.7	18.1
	下半期	6.8	7.6	7.3	8.6	9.8	10.1	8.0	11.0	4.4	5.4	4.2	8.6	9.7
3歳	上半期	9.5	17.2	6.8	13.1	12.3	14.1	12.6	9.1	12.1	4.1	11.3	1.3	5.9
	下半期	3.4	2.9	2.5	3.3	5.2	4.8	2.0	3.4	5.2	1.2	1.6	1.4	5.0
4歳以上	上半期	6.0	11.7	3.4	7.5	6.9	8.6	1.3	2.8	3.6	6.7	4.2	0.3	1.0
	下半期	2.1	1.0	0.8	1.3	3.1	2.9	0.6	0.5	1.7	1.1	0.6	0.7	0.8
計		205.1	133.4	136.6	129.1	121.9	140.5	151.2	121.8	98.6	125.2	147.2	96.3	67.1

半期別・年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	期	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	上半期	1,118	1,882	963	1,053	1,245	1,870	695	1,008	1,176	1,668	1,440	563	94
	下半期	965	1,624	831	909	1,074	1,613	599	870	1,014	1,439	1,242	486	81
1歳	上半期	982	455	1,018	576	521	627	1,071	267	373	586	745	679	256
	下半期	442	328	481	320	327	386	483	146	198	229	277	270	125
2歳	上半期	193	261	240	298	222	223	237	303	103	134	133	138	164
	下半期	121	115	147	136	114	117	114	141	52	83	37	91	84
3歳	上半期	69	86	76	101	87	67	68	67	88	32	52	16	47
	下半期	39	32	46	50	43	22	20	35	46	15	11	10	25
4歳以上	上半期	39	42	26	43	46	37	10	13	25	35	18	6	7
	下半期	22	10	14	18	24	12	5	5	14	13	4	5	3
計（上半期）		2,400	2,727	2,324	2,071	2,122	2,824	2,080	1,658	1,764	2,454	2,388	1,403	567

半期別・年齢別漁獲係数

年齢	期	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	上半期	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	下半期	0.60	0.32	0.22	0.41	0.39	0.26	0.66	0.70	0.40	0.51	0.46	0.49	0.37
1歳	上半期	0.65	0.18	0.60	0.44	0.32	0.34	0.65	0.45	0.49	0.79	0.84	0.78	0.57
	下半期	0.38	0.16	0.33	0.22	0.23	0.34	0.32	0.21	0.24	0.40	0.55	0.35	0.42
2歳	上半期	0.32	0.67	0.34	0.64	0.52	0.50	0.58	0.62	0.53	0.34	1.13	0.27	0.53
	下半期	0.19	0.27	0.23	0.30	0.39	0.39	0.39	0.33	0.36	0.32	0.68	0.51	0.57
3歳	上半期	0.42	0.85	0.35	0.55	0.55	0.98	1.10	0.50	0.49	0.57	1.41	0.33	0.47
	下半期	0.24	0.31	0.19	0.24	0.44	1.06	0.48	0.33	0.38	0.30	0.69	0.64	0.90
4歳以上	上半期	0.42	1.32	0.48	0.73	0.52	0.98	0.55	0.82	0.46	0.85	1.35	0.14	0.52
	下半期	0.24	0.31	0.19	0.24	0.44	1.06	0.48	0.33	0.38	0.30	0.69	0.64	0.90

年齢別漁獲係数

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	0.60	0.32	0.22	0.41	0.39	0.26	0.66	0.70	0.40	0.51	0.46	0.49	0.37
1歳	1.03	0.34	0.93	0.66	0.55	0.68	0.97	0.66	0.73	1.19	1.39	1.12	0.99
2歳	0.51	0.94	0.57	0.94	0.91	0.89	0.97	0.95	0.89	0.66	1.81	0.79	1.10
3歳	0.66	1.16	0.54	0.79	1.00	2.04	1.58	0.83	0.87	0.87	2.11	0.97	1.36
4歳以上	0.66	1.63	0.67	0.97	0.97	2.04	1.02	1.15	0.84	1.15	2.05	0.78	1.42
単純平均	0.69	0.88	0.59	0.75	0.76	1.18	1.04	0.86	0.75	0.88	1.56	0.83	1.05
%SPR	6.5	11.8	10.4	8.5	9.5	8.5	4.3	6.2	8.2	5.1	2.6	5.2	5.4

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）

年齢	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	115.4	166.7	74.7	81.7	105.2	159.6	48.7	88.7	105.8	127.1	104.6	42.3	8.0
1歳	205.4	81.8	160.1	90.7	89.2	108.6	152.1	47.7	68.2	90.5	109.8	103.3	44.1
2歳	67.2	78.3	63.0	78.2	63.5	64.5	56.1	90.2	31.3	34.6	32.7	35.1	47.3
3歳	30.1	32.4	25.0	33.3	31.2	24.2	20.3	25.0	33.5	10.2	16.0	5.1	16.9
4歳以上	18.9	17.2	9.5	15.6	18.3	14.8	3.3	5.4	10.5	12.6	6.2	2.3	2.7
資源量	436.9	376.4	332.4	299.5	307.5	371.7	280.4	257.0	249.3	275.0	269.3	188.1	119.0
親魚量	73.9	107.0	78.4	90.8	76.2	73.3	66.3	64.3	56.8	49.3	41.5	26.7	40.3
RPS	15.1	17.6	12.3	11.6	16.3	25.5	10.5	15.7	20.7	33.9	34.7	21.1	2.3

補足資料 5 資源解析結果の詳細（続き）（2011～2023 年）

半期別・年齢別漁獲量（千トン）

年齢	期	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	上半期	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	下半期	20.6	5.8	7.3	1.4	0.9	0.1	6.7	0.3	7.4	0.2	0.7	0.5	0.3
1歳	上半期	2.2	39.5	16.1	9.6	4.7	5.7	0.7	9.1	2.8	8.7	1.9	2.6	3.1
	下半期	1.4	9.5	4.3	2.8	2.0	3.5	0.3	11.7	4.0	9.5	5.2	2.9	5.9
2歳	上半期	9.7	1.2	7.7	3.8	1.9	1.2	2.2	0.8	7.8	2.3	8.5	3.0	2.4
	下半期	4.8	1.2	7.0	3.1	2.0	1.8	4.2	0.6	5.7	2.3	7.0	3.4	2.7
3歳	上半期	8.1	1.2	0.9	2.2	1.6	1.1	0.8	2.2	0.3	3.5	2.6	8.8	4.1
	下半期	3.0	1.7	1.5	2.4	0.9	1.4	1.2	1.0	0.3	2.5	2.6	4.9	2.4
4歳以上	上半期	2.6	0.6	0.6	0.2	0.7	0.5	0.3	0.8	0.5	0.8	0.9	2.2	5.3
	下半期	0.6	1.2	1.0	0.2	0.8	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0	0.7	1.3
計		53.1	62.0	46.3	25.8	15.6	15.8	16.8	27.1	29.3	30.4	30.3	29.0	27.5

半期別・年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	期	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	上半期	814	287	227	113	145	26	354	160	571	278	236	182	117
	下半期	702	248	195	98	125	22	305	138	493	240	204	157	101
1歳	上半期	48	395	154	104	72	99	18	209	117	356	205	168	131
	下半期	30	141	63	46	40	61	13	147	88	264	167	132	100
2歳	上半期	71	19	74	36	27	25	38	10	85	57	180	117	100
	下半期	32	13	44	20	18	18	27	7	51	42	129	92	80
3歳	上半期	41	13	7	19	9	10	11	14	5	29	30	89	70
	下半期	16	8	5	12	4	6	8	8	3	16	19	57	51
4歳以上	上半期	10	8	5	1	5	3	3	6	8	6	10	14	42
	下半期	3	5	3	1	3	2	2	4	6	4	7	7	26
計（上半期）		984	722	467	274	258	163	425	399	785	726	660	571	460

半期別・年齢別漁獲係数

年齢	期	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	上半期	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	下半期	0.43	0.33	0.48	0.16	0.08	0.05	0.23	0.02	0.18	0.01	0.04	0.03	0.04
1歳	上半期	0.31	0.88	0.75	0.66	0.44	0.33	0.18	0.20	0.14	0.15	0.06	0.09	0.13
	下半期	0.31	0.50	0.42	0.38	0.32	0.33	0.12	0.41	0.28	0.24	0.21	0.13	0.37
2歳	上半期	0.66	0.26	0.38	0.41	0.26	0.16	0.18	0.22	0.35	0.15	0.18	0.09	0.08
	下半期	0.75	0.40	0.66	0.65	0.44	0.33	0.55	0.24	0.44	0.21	0.22	0.13	0.11
3歳	上半期	0.80	0.31	0.33	0.34	0.61	0.30	0.17	0.39	0.18	0.41	0.28	0.31	0.16
	下半期	0.76	0.88	1.49	0.70	0.82	0.73	0.38	0.28	0.25	0.56	0.48	0.27	0.12
4歳以上	上半期	1.06	0.24	0.33	0.36	0.36	0.44	0.17	0.25	0.15	0.38	0.26	0.51	0.33
	下半期	0.76	0.88	1.49	0.70	0.82	0.73	0.38	0.28	0.25	0.56	0.48	0.27	0.12

年齢別漁獲係数

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0.43	0.33	0.48	0.16	0.08	0.05	0.23	0.02	0.18	0.01	0.04	0.03	0.04
1歳	0.62	1.38	1.17	1.05	0.76	0.66	0.30	0.61	0.42	0.39	0.26	0.22	0.49
2歳	1.41	0.65	1.05	1.07	0.70	0.49	0.73	0.45	0.79	0.36	0.40	0.22	0.19
3歳	1.56	1.19	1.82	1.04	1.44	1.03	0.55	0.67	0.44	0.97	0.76	0.58	0.28
4歳以上	1.82	1.12	1.82	1.06	1.18	1.16	0.55	0.53	0.40	0.94	0.73	0.78	0.45
単純平均	1.17	0.93	1.27	0.88	0.83	0.68	0.47	0.46	0.44	0.53	0.44	0.37	0.29
%SPR	6.6	4.8	4.0	6.7	10.8	14.4	17.9	18.6	17.5	21.8	25.0	30.6	28.8

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）

年齢	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	74.0	26.0	23.8	11.5	14.3	2.8	40.6	20.3	56.5	25.3	21.0	17.0	12.0
1歳	8.9	72.6	32.8	21.4	14.3	21.8	4.2	53.6	23.5	65.9	36.9	31.9	27.3
2歳	21.7	5.9	26.2	12.2	9.0	9.2	14.8	4.3	28.3	17.6	54.0	37.0	34.8
3歳	15.8	5.0	3.3	8.3	3.8	4.6	5.6	7.4	2.0	11.1	11.2	35.5	30.4
4歳以上	4.3	3.2	2.3	0.7	2.5	1.4	1.8	3.8	3.7	2.7	4.1	6.1	20.2
資源量	124.7	112.6	88.4	54.1	43.9	39.8	66.9	89.3	113.9	122.7	127.3	127.4	124.7
親魚量	28.9	11.0	17.9	15.8	11.5	9.9	14.5	11.5	28.4	24.8	47.2	56.2	59.3
RPS	28.2	26.1	12.6	7.2	12.7	2.6	24.3	14.0	20.1	11.2	5.0	3.2	2.0

補足資料 5 資源解析結果の詳細（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。

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳以上	計
2019	75	34	40	1	2	153
2020	2	98	15	15	3	134
2021	8	39	52	14	4	117
2022	5	29	20	35	7	95
2023	3	43	15	15	14	90

補足資料 6 将来予測の方法

令和 6 (2024) 年度ホッケ道北系群の資源評価 (補足資料 2) では 1985~2023 年の半期別・年齢別漁獲尾数を用いて半期単位のコホート解析を行ったが、将来予測では年単位のコホート解析の前進法を用いた ( (1) 式)。漁獲尾数の計算をする際には、Baranov の漁獲方程式 ( (2) 式) を使用した。なお資源評価ではプラスグループを 4+歳としたが、後述の親魚量計算では 4 歳と 5+歳に年齢別資源尾数を分ける必要があるため、将来予測でのコホートの前進計算では 5+歳をプラスグループとして計算した。5+歳のプラスグループの資源尾数は、前年の 4 歳と 5+歳の和から前進させた。5+歳の年齢別漁獲係数  $F$ 、自然死亡係数、および成熟率は 4 歳と同じ値とした (補足表 6-1)。

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

$$C_{a,y} = F_{a,y} / (F_{a,y} + M) \times N_{a,y} (1 - \exp(-F_{a,y} - M)) \tag{2}$$

各年の年齢別資源重量は (3) 式で求めた。

$$B_{a,y} = N_{a,y} \times w_{a,y}^{Jul} \tag{3}$$

ここで、 $w_{a,y}^{Jul}$  は  $y$  年  $a$  歳の 7 月に相当する年齢別平均体重の予測値 (0 歳は 10 月相当) である。資源評価 (FRA-SA2022-SC09-1) において、0 歳の体重として 10 月の値を、1~4+歳の体重として 7 月の値を用いているため、将来予測にでも同様に、0 歳には 10 月時点に相当する体重を、1 歳以上は 7 月時点に相当する体重を予測モデルから与えた。予測モデルは、年齢別資源尾数と年齢別体重の負の非線形関係を考慮して、資源尾数から体重を予測するものである (FRA-SA2022-BRP02-03)。

また、各年の親魚量は (4) 式により計算した。

$$SSB_y = \sum_{a=1}^{4+} N_{a+1,y} \times m_a \times w_{a,y-1}^{Nov} \tag{4}$$

ここで  $m_a$  は  $a$  歳における成熟率 (補足表 2-1) である。 $w_{a,y-1}^{Nov}$  は  $a$  歳  $y-1$  年の 11 月時点に相当する平均体重について前述のモデルから予測したものである。ホッケの産卵期は漁期末にあたるため、親魚量に対応する前年の漁期末の資源尾数は当年の 1 月 1 日の資源尾数と同等であると仮定している (補足資料 2)。

補足表 6-1. 将来予測計算に用いた各種設定

	選択率	F <sub>msy</sub>	F2019-2023	資源量・漁獲量の計算に用いた平均重量 (最小-最大)* <sup>1</sup>	親魚量の計算に用いた平均重量 (最小-最大)* <sup>2</sup>	自然死亡係数	成熟割合
	(注 1)	(注 2)	(注 3)	(g)	(g)		
0 歳	0.24	0.17	0.06	92 (89-98)	95 (91-105)	0.295	0.0
1 歳	0.89	0.65	0.36	174 (168-186)	209 (201-231)	0.295	0.8
2 歳	0.91	0.67	0.39	286 (276-306)	326 (314-362)	0.295	1.0
3 歳	1.01	0.74	0.61	362 (350-387)	386 (371-428)	0.295	1.0
4 歳	1.00	0.73	0.66	400 (385-427)	406 (390-450)	0.295	1.0
5 歳以上	1.00	0.73	0.66	401 (385-427)	-	0.295	1.0

注 1： 令和 4 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 3 年度資源評価での F<sub>current</sub> の選択率）。

注 2： 令和 4 年度研究機関会議で推定された F<sub>msy</sub>（すなわち、令和 3 年度資源評価での F<sub>current</sub> に F<sub>msy</sub>/F<sub>current</sub> を掛けたもの）。

注 3： 将来予測では、上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2019～2023 年の年齢別 F 値をランダムサンプリングして用いた。ここで示した F 値はその平均値である。

\*1 漁獲量および資源量の計算に用いた、予測モデルに基づく体重の平均値および範囲（0 歳は 10 月、1 歳以上は 7 月の体重に相当）

\*2 親魚量の計算に用いた、予測モデルに基づく体重の平均値および範囲（11 月の体重に相当）

補足資料 7 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 7-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b (トン)	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小絶対値法	無	0.0233	48,640	0.690	0

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D.は加入量の標準偏差、ρ は自己相関係数である。

補足表 7-2. 管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	10.1 万トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	3.0 万トン	限界管理基準値案。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	0.4 万トン	禁漁水準案。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy		最大持続生産量 MSY を維持する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上)=(0.17, 0.65, 0.67, 0.74, 0.73, 0.73)
%SPR (Fmsy)	12.9%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	12.5 万トン	最大持続生産量 MSY

補足表 7-3. 直近年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	5.9 万トン	2023 年の親魚量
F2023	2023 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) =(0.04, 0.49, 0.19, 0.28, 0.45, 0.45)	
U2023	22%	2023 年の漁獲割合
%SPR (F2023)	28.8%	2023 年の%SPR
%SPR (F2019-2023)	23.7%	現状(2019~2023 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2023/ SBmsy (SBtarget)	0.59	最大持続生産量を実現する親魚量(目標管理基準値案)に対する 2023 年の親魚量の比
F2023/ Fmsy	0.52	最大持続生産量を維持する漁獲圧に対する 2023 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

\* 2023 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。



補足表 7-4. 予測漁獲量と予測親魚量

2025 年の親魚量(予測平均値):41 千トン			
項目	2025 年の 平均漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2019-2023)	2025 年の 漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された $\beta$ (最高値)			
$\beta=0.7$	39	0.70	27
上記と異なる $\beta$ を使用した場合			
$\beta=1.0$	52	1.00	36
$\beta=0.9$	48	0.90	33
$\beta=0.8$	44	0.80	30
$\beta=0.6$	35	0.60	24
$\beta=0.5$	30	0.50	21
$\beta=0.3$	24	0.40	17
$\beta=0.5$	19	0.30	13
$\beta=0.2$	13	0.20	9
$\beta=0.1$	7	0.10	5
$\beta=0.0$	0	0.00	0
F2019-2023*	35	0.57	25

\*2019～2023 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を続けた場合の結果

補足表 7-5. 異なる  $\beta$  を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2035 年の平均親魚量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2035 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
管理基準値等に関する研究機関会議資料で提案された $\beta$ (最高値)					
$\beta=0.7$	78	38 – 122	24	96	100
上記と異なる $\beta$ を使用した場合					
$\beta=1.0$	45	21 – 72	1	73	100
$\beta=0.9$	54	25 – 86	3	82	100
$\beta=0.8$	65	30 – 103	11	90	100
$\beta=0.6$	95	48 – 143	42	99	100
$\beta=0.5$	115	62 – 170	61	100	100
$\beta=0.4$	139	78 – 203	77	100	100
$\beta=0.3$	170	99 – 244	89	100	100
$\beta=0.2$	211	127 – 298	97	100	100
$\beta=0.1$	266	166 – 370	100	100	100
$\beta=0.0$	343	221 – 470	100	100	100
F2019-2023*	94	43 – 149	41	98	100

\*2019～2023 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を続けた場合の結果

## 補足資料 8 沖合底びき網漁業の標準化 CPUE

近年はオホーツク海での漁獲の減少が大きく、日本海とオホーツク海では漁獲量が大きく異なることを考慮し、昨年度評価より、日本海とオホーツク海での漁獲状況の詳細な把握を行った上で、日本海のかげまわしのデータを用い、デルタ 2 段階モデル (Lo et al. 1992) を標準化に使用している。本年度についても昨年度と同様に 2 段階デルタ型一般化線形混合モデル (GLMM) により標準化 CPUE を得る方法を用いた (標準化の詳細な説明は FRA-SA2024-SC13-101 参照のこと)。

フルモデルの説明変数として、第1段階、第2段階とも年 (Year)、月 (Month)、船 (Ship)、根拠地 (Chiki) および漁区 (FA) データを用い、主効果についてAICcを用いた変数選択を行い、最終的なモデルとした。なお、年、月、海域、根拠地、船および漁区はカテゴリカル変数として用いた。また、第1段階および第2段階では、漁区および年と月、年と船、船と漁区の交互作用についてランダム効果とした。

最終的に選択されたモデル

第 1 段階 :  $\text{Caught or not} \sim^{\text{logit}} \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Chiki} + (\text{Ship}) + (\text{FA}) + (\text{Year} \times \text{Month}) + (\text{Year} \times \text{FA}) + (\text{Year} \times \text{Ship}) + (\text{Month} \times \text{FA}) + (\text{Ship} \times \text{FA}) + \text{binomial error}$

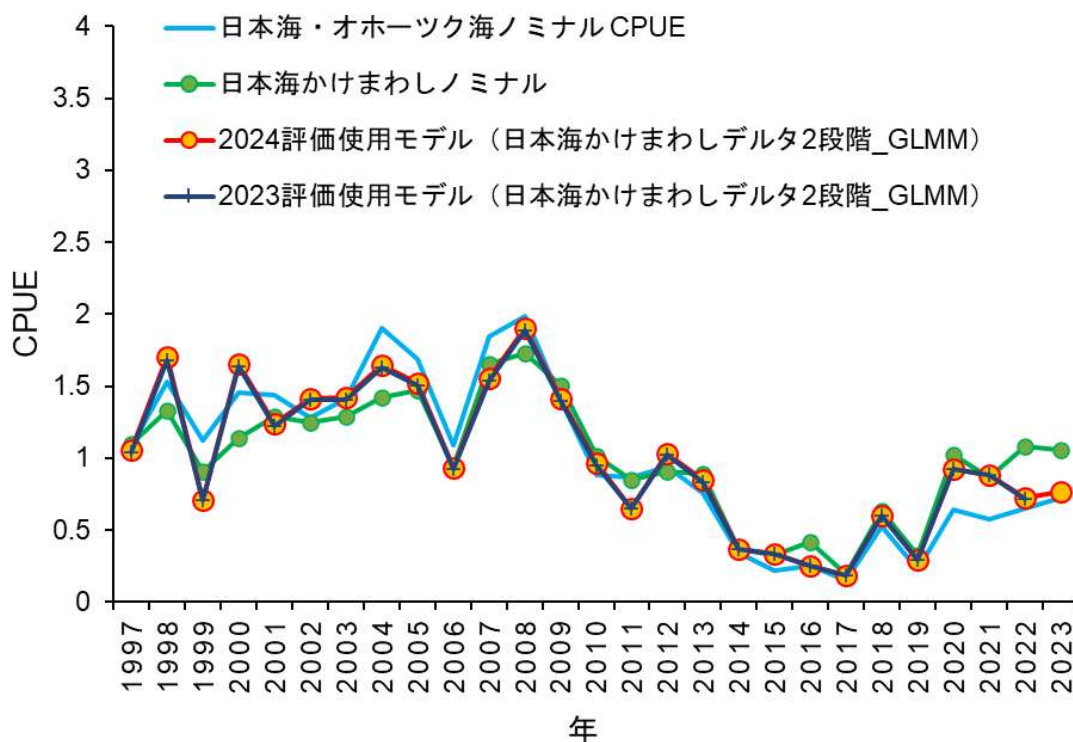
第2段階 :  $\text{CPUE} \sim (\log) \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Chiki} + (\text{FA}) + (\text{Ship}) + (\text{Year} \times \text{Month}) + (\text{Year} \times \text{FA}) + (\text{Year} \times \text{Ship}) + (\text{Month} \times \text{FA}) + (\text{FA} \times \text{Ship}) + \text{gamma error}$

ここで、( ) がついたものはランダム効果として扱ったもので、モデル選択の対象としなかった。

資源計算過程では、全年齢 (0~4 歳) の沖底の漁獲割合を用いる事により近年の自主管理における沖底での若齢魚への獲り控えの影響を考慮することとした (補足資料 2)。なお、標準化 CPUE を算出する際には日本海の沖底データを使用しているため、チューニングで用いる沖底の漁獲割合についても日本海沖底の漁獲量が全体の漁獲量に占める割合を用いた。先述のとおり、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、沖底 CPUE のみを用いたチューニングでは推定される直近数年の 0 歳魚の F および資源尾数に実態を反映させることが困難であるため、別途 1 歳の資源量指標値として小樽沖底船の漁獲記録 (2016~2024 年 6 月まで) から得られた 1 歳標準化 CPUE (補足資料 9) を用いてチューニングを行った。

## 引用文献

Lo, N.C., L.D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2515-2526.



補足図 8-1. 本年度評価においてチューニングに用いた標準化 CPUE（日本海かけまわしデルタ 2 段階 GLMM モデル）と昨年度使用した標準化 CPUE（日本海かけまわしデルタ 2 段階 GLMM モデル）およびノミナル CPUE の推移  
 比較のため、それぞれの CPUE について 1997～2023 年の平均値で除し、規格化した値を示した。なお、チューニングには 2005～2023 年の標準化 CPUE を用いた。

### 補足資料 9 小樽根拠の沖底漁獲報告をもとにした 1 歳標準化 CPUE

前述の通り、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。特に沖底漁業における自主管理では 0 歳魚の漁獲を控える動きが広がっており、獲り控えられた 0 歳魚への漁獲圧を把握するために加入に関わるチューニング指標値の使用が不可欠となっている。

小樽根拠の沖底漁船に詳細な漁獲報告の提出および水温・水深を 30 分ごとに記録するよう設定したデータロガー（DST-milli、STARODDI 社）の漁具への取り付けを依頼し、2016 年下半期漁期（9 月）から 2024 年漁期終了（6 月）までのデータを得た。漁獲報告に記載された操業データ（緯度・経度、漁区、漁獲水深、網数、ホッケの漁獲量、ロガー番号）とデータロガーから抽出した水深、水温データを合わせることで、各船の操業ごとの位置、水深、水温、ホッケの漁獲量および努力量を得た。このデータをもとに評価最終年から半期先（2024 年上半期）までの 1 歳標準化 CPUE を以下の手順により算出し、加入量のチューニング指数として用いた。標準化における詳細は、標準化 CPUE に関する文書（FRA-SA2024-SC15-102）を参照のこと

(1) 年別・半期別（2016～2023 年）・月別（2024 年）の 1 歳魚の漁獲割合を用いた操業ごとの 1 歳魚漁獲量の抽出

- ・ 年別に半期別（2016～2023 年）および月別（2024 年）の小樽沖底年齢別漁獲尾数と年齢別体重を用い、半期別の年齢別漁獲尾数と年齢別体重（補足表 2-2 の右表）を掛け合わせることで各年齢の漁獲重量を算出し、1 歳の漁獲量と合計漁獲量から半期別（2024 年については月別）の 1 歳魚の割合を計算した。なお、ここで用いている年齢別体重（2016～2023 年）は、年齢-体長および体長-体重の関係式（高嶋ほか 2013）を用いて各年齢で基準となる 7 月 1 日（0 歳については 10 月 1 日）の体重を求め、年齢別漁獲尾数と年齢別体重を乗じた和がその年の漁獲量と合うように計算されたものであり、資源量および産卵親魚量の計算にも用いられているものである。
- ・ 2016～2023 年については、半期別の小樽沖底年齢別漁獲尾数（中央・稚内・網走水産試験場未発表資料）および年別の漁獲物の年齢別体重（補足表 2-2 の右表）を用い、年別・半期別 1 歳魚の占める割合を求めた。
- ・ 2024 年の上半期については、水研機構で収集した漁獲物および道総研からの提供資料（未発表資料）より、各月の漁獲物の年齢、体重、銘柄別漁獲量および 1～6 月の沖底漁獲量を用い、高嶋（2016）の方法に従い月別・年齢別漁獲尾数を推定した。2024 年の年齢別体重は、補足表 2-2 に示した年齢別体重の直近 5 年（2019～2023 年）の平均体重を用いた。月別・年齢別漁獲尾数と年齢別体重（補足表 2-2 の右表）から月別・年齢別漁獲量を算出し、2024 年の月ごとの 1 歳魚の占める割合を求めた。
- ・ 操業ごとの漁獲量と上記で求めた半期別（2016～2023 年）および月別（2024 年）の 1 歳魚の占める割合を乗じることで、その操業の 1 歳漁獲量を便宜的に抽出し、標準化の元データとした。

(2) 1 歳標準化 CPUE の算出について

- ・ 小樽根拠の沖底船は時期により漁獲主体となる魚種が異なる。そのため、操業によりゼ

ロキャッチが生じる場合があるため、デルタ型 2 段階モデル (Lo et al. 1992) を標準化に使用する。これは第一段階としてゼロキャッチデータの割合について二項分布を用いた一般化線形混合モデル (GLMM) により推定し、次に第 2 段階として非ゼロキャッチデータに対してガンマ分布を仮定した GLMM を適用し、最終的に非ゼロキャッチデータの割合と非ゼロキャッチ部分の応答変数 (有漁 CPUE) を掛け合わせることで標準化 CPUE を得る方法である。

- フルモデルの説明変数として、第 1 段階、第 2 段階とも年 (Year)、月 (Month)、船 (Ship)、漁区 (FA)、水深 (depth)、水温 (temp) データを用い、主効果および交互作用について AIC を用いた変数選択を行い、最終的なモデルとした。なお、年、月、船、漁区はカテゴリカル変数として用いた。また、第 1 段階では、漁区および年と月の交互作用についてランダム効果とし、第 2 段階では、年と月、年と漁区、年と船、月と漁区および月と船についてランダム効果とした。

### (3) 最終的に選択されたモデル

第 1 段階 : Caught or not  $\sim$  Intercept+ Year+ Month+ Ship +depth + (FA) + (Year×Month) + (Ship×FA) + binomial error

第 2 段階 : CPUE  $\sim$  Intercept+ Year + Month + depth +Ship + (Year×Month) + (Year×FA) + (Year×Ship) + (Month×FA) + (Month×Ship) + (Ship×FA) + gamma error

ここで、( ) がついたものはランダム効果として扱ったもので、モデル選択の対象としなかった。

チューニングに用いた 1 歳標準化 CPUE は、0 歳加入尾数と変動傾向は似ている。一方で、全年齢ノミナル CPUE が 2020 年～2022 年まで横ばい傾向で 2023 年は減少したのに対し、1 歳ノミナル CPUE および 1 歳標準化 CPUE では 2020 年に増加、2021 年以降は減少傾向である (補足図 9-1)。

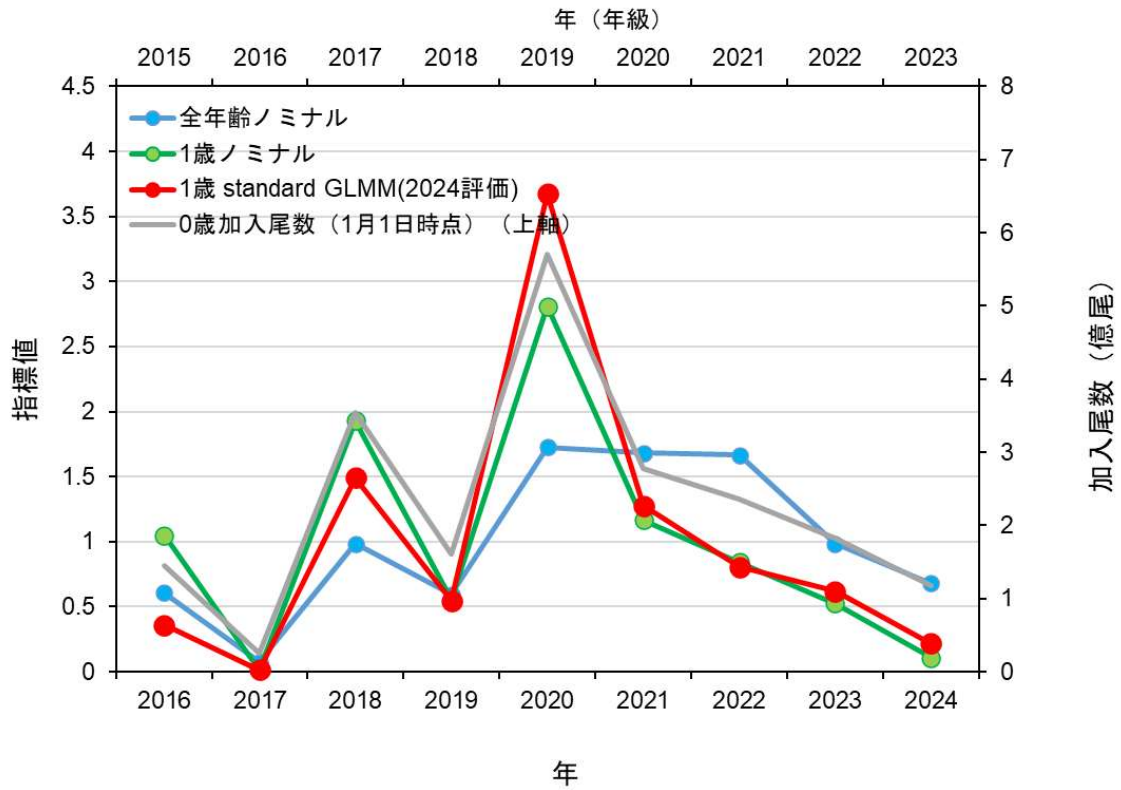
参考として、上記の年 (2016 年と 2024 年はそれぞれ下半期と上半期) に該当する北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書 (日別・漁区別・船別データ) から集計した小樽根拠の沖底漁船による漁獲量、努力量および CPUE と、漁獲報告から得られた 1 歳の標準化 CPUE (1 歳チューニング指数) を補足表 9-1 に示す。

### 引用文献

Lo, N.C., L.D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2515-2526.

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.

高嶋孝寛 (2016) ホッケ道北系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.



補足図 9-1. チューニングに用いた 1 歳標準化 CPUE (赤)、全年齢ノミナル CPUE および 1 歳ノミナル CPUE の推移 (2016~2024 年) と推定された 0 歳加入尾数 (2015~2023 年、上軸)

補足表 9-1. 小樽根拠の沖底漁船による漁獲量 (トン)、努力量 (網数)、CPUE (トン/網数) および 1 歳標準化 CPUE

年	集計期間	漁獲量 (トン)	網数	CPUE (トン/網数)	1歳標準化 CPUE*
2016	下半期	1,295	678	1.911	0.358
2017	年	624	2,189	0.285	0.015
2018	年	4,480	2,259	1.983	1.490
2019	年	3,934	2,263	1.739	0.547
2020	年	10,004	2,184	4.580	3.675
2021	年	11,286	2,185	5.165	1.275
2022	年	10,362	1,988	5.212	0.804
2023	年	7,593	1,940	3.914	0.619
2024	上半期	3,639	1,270	2.865	0.217

\*チューニングVPAで1歳魚の資源量指標値として用いた値。

## 補足資料 10 漁業の詳細

### (1) 北海道および全国における長期的なホッケの漁獲量推移

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 10-1）。全国の漁獲量は、1960 年代には 8.2 万～20.4 万トンで推移し、1970 年代後半に 20 万トンを超えたが、1980 年代前半に全国で 5 万トン台に減少した。その後は 1998 年に再び 20 万トンを超えたが以後減少した。2015～2017 年は 1.7 万トンで推移したが、2018 年の 3.4 万トンから 2021 年の 4.5 万トンと増加した。2022 年以降は減少し、2023 年は 3.2 万トンとなった。2011 年以降は北海道と全国の漁獲量に大きな差はなく、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 10-1 および補足表 10-2 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 1 万～1.7 万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 8 百トンとなった。近年は増加し 2022 年は 0.5 万トンとなったが、2023 年は 0.3 万トンに減少した。オホーツクでは 2016 年の 2 百トンから 2017 年に 0.4 万トンに急増し、2018 年も 0.4 万トン程度で推移し、2019 年に 0.7 万トン程度まで増加したが、2020 年以降にふたたび減少し 2023 年は 0.1 万トンとなった。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 0.7 万トンを超える年もみられたが、2013 年までは 0.5 万トン前後で推移した。2014～2015 年は減少して 0.3 万トンとなったが、それ以降は増減しながら推移し、近年では 2020 年の 0.4 万トンから 2022 年の 0.6 万トンに増加したが、2023 年には 0.5 万トンに減少した。後志では、1998 年まで 0.2 万～0.6 万トンで推移していたがその後減少し、2004 年には 0.1 万トン未満となった。2011 年には 0.3 万トンを超える漁獲となったが、2017～2023 年は 0.1 万～0.2 万トンで推移している。

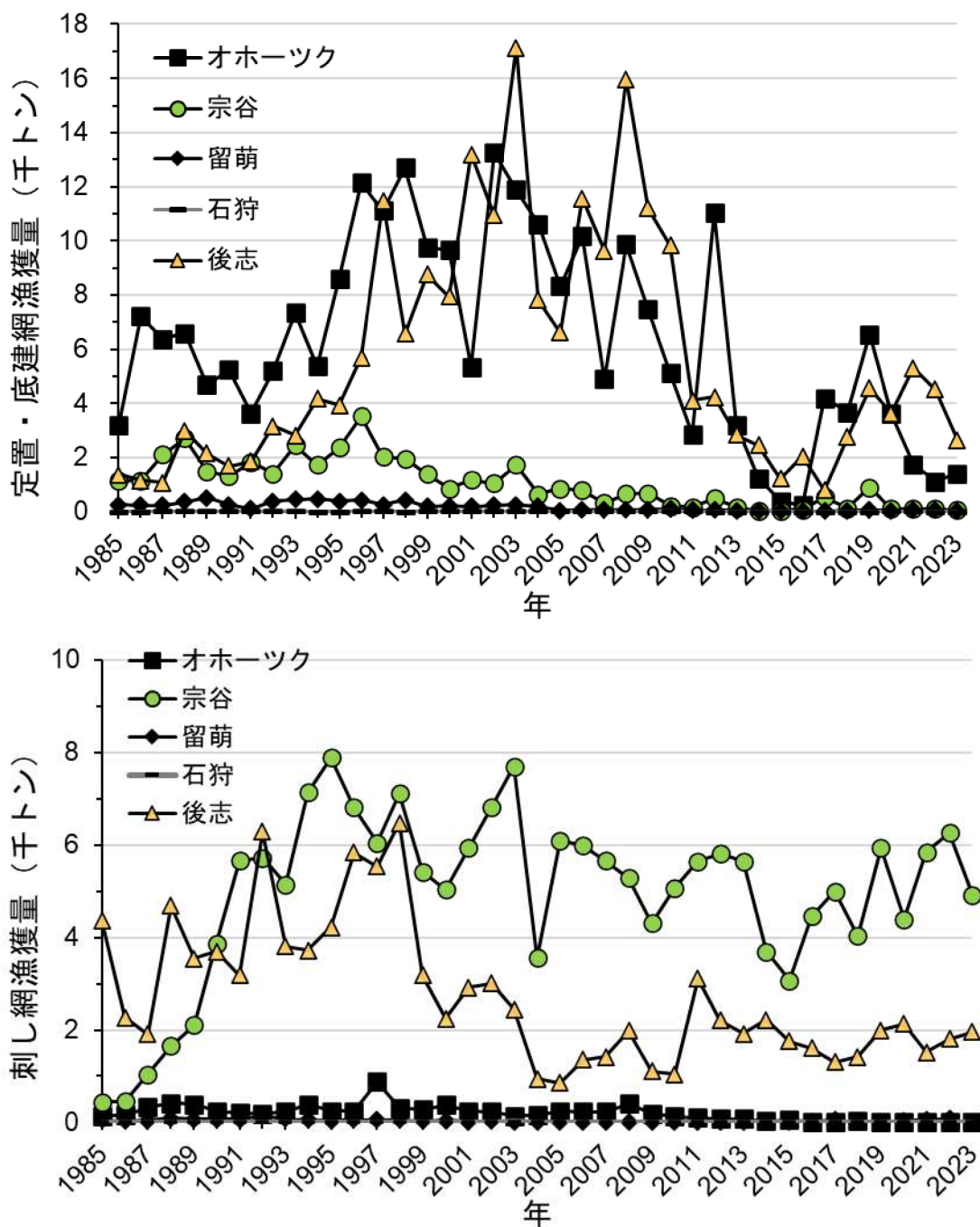
### (3) 沖底および沿岸漁業の漁獲努力量

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 10-2 および補足表 10-3 に示す。日本海におけるかけまわしの有漁網数は、2 万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。2009 年以降は 1 万網を下回り、2015 年以降は 0.4 万～0.5 万網で推移していた。2021 年～2023 年は 0.3～0.4 万網で推移している（補足図 10-2、補足表 10-3）。オッタートロールの有漁網数は、およそ 0.1 万網前後で推移していたが、その後は減少し、2018～2020 年は 2 百～3 百網、2022 年は 11 網であったが、2023 年は 4 百網に増加した。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 0.9 万～2.4 万網で推移し、2000 年以降は 1 万網前後で推移している。2012 年には 0.8 万網と減少し



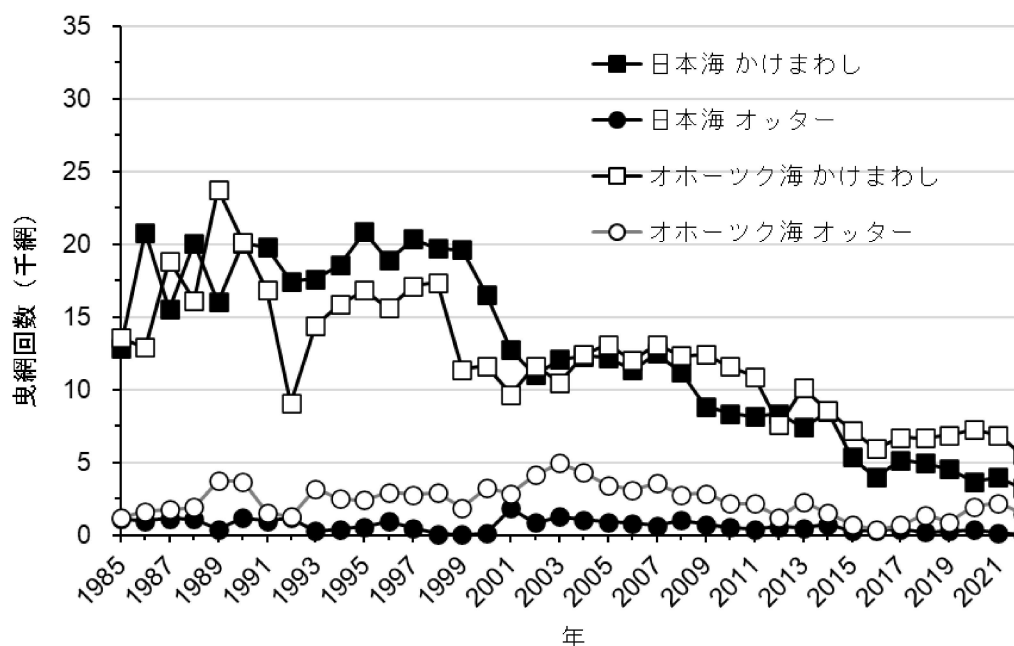
たが、2013 年はホッケ以外にスルメイカなどへの操業が増加し、1 万網となった。2015 年は前年の 0.9 万網より減少して 0.7 万網となり、2021 年まで同程度で推移していたが、2022～2023 年は 0.6 万網で推移した。オッタートロールの有漁網数は、およそ 0.1 万～0.5 万網で推移したが、2015 年は減少して 7 百網になり、2016 年はさらに減少して 4 百網となった。2019 年の 9 百網から増加傾向となり、2021 年は 0.2 万網となったが、2022～2023 年は 0.1 万網で推移した。

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 10-4）。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。

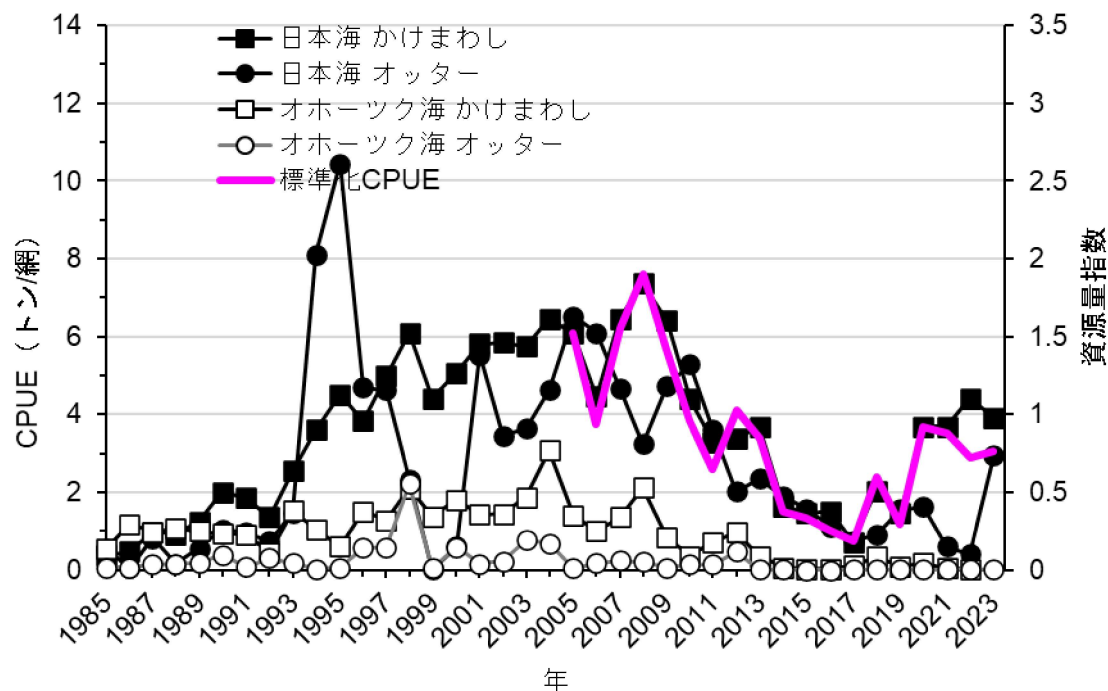


補足図 10-1. 振興局別の漁獲量の推移

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 10-2. 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（月別集計値）の推移



補足図 10-3. ホッケ道北系群に対する沖合底びき網漁業の海域別・漁業種別 CPUE

補足表 10-1. 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	1990	121,482	133,605
1957	104,944	105,562	1991	112,104	130,385
1958	47,642	47,933	1992	88,405	97,564
1959	100,185	100,300	1993	126,509	135,529
1960	115,798	115,978	1994	145,581	152,503
1961	184,898	185,248	1995	168,276	176,603
1962	120,425	122,218	1996	173,834	181,513
1963	150,089	150,393	1997	199,777	206,763
1964	202,900	204,888	1998	233,231	240,971
1965	106,031	107,288	1999	163,011	169,481
1966	105,026	106,016	2000	160,085	165,118
1967	81,395	81,912	2001	157,453	161,160
1968	84,641	86,855	2002	147,328	154,736
1969	98,096	102,581	2003	160,137	167,989
1970	142,643	146,516	2004	167,010	175,544
1971	145,693	147,209	2005	135,457	140,450
1972	178,219	180,552	2006	112,658	116,391
1973	112,928	114,986	2007	134,830	139,154
1974	138,534	143,500	2008	164,646	169,807
1975	110,635	114,706	2009	116,341	119,325
1976	223,074	229,194	2010	82,362	84,497
1977	219,492	234,812	2011	61,180	62,583
1978	123,889	134,763	2012	67,935	68,762
1979	107,422	118,888	2013	52,009	52,690
1980	102,864	117,351	2014	28,194	28,438
1981	104,483	122,839	2015	17,026	17,195
1982	85,791	102,884	2016	17,199	17,393
1983	43,660	55,531	2017	17,695	17,776
1984	55,468	65,650	2018	32,577	33,667
1985	52,767	66,384	2019	32,799	34,107
1986	74,718	89,039	2020	39,460	41,054
1987	88,001	99,377	2021	44,218	45,469
1988	93,751	104,160	2022	33,692	35,280
1989	103,325	114,945	2023	31,087	31,547

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)、2023年は暫定値。

補足表 10-2. 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（次ページ）の漁獲量（トン）

定置網および底建網						
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
1986	7,222	1,159	232	0	1,142	9,756
1987	6,372	2,112	233	5	1,062	9,783
1988	6,592	2,705	360	8	2,988	12,653
1989	4,687	1,491	511	17	2,166	8,872
1990	5,251	1,299	247	4	1,688	8,489
1991	3,635	1,840	99	5	1,863	7,442
1992	5,199	1,408	376	34	3,154	10,172
1993	7,350	2,465	448	13	2,811	13,087
1994	5,363	1,736	456	3	4,171	11,730
1995	8,598	2,361	375	1	3,945	15,280
1996	12,132	3,531	418	10	5,689	21,781
1997	11,122	2,024	252	4	11,444	24,846
1998	12,703	1,958	415	0	6,568	21,644
1999	9,758	1,390	187	5	8,747	20,088
2000	9,653	858	213	22	7,932	18,678
2001	5,357	1,163	176	7	13,193	19,895
2002	13,254	1,048	219	21	10,948	25,489
2003	11,891	1,731	259	18	17,135	31,034
2004	10,625	637	179	14	7,808	19,264
2005	8,323	856	43	8	6,614	15,845
2006	10,173	792	47	6	11,556	22,574
2007	4,896	319	82	3	9,630	14,930
2008	9,869	651	57	5	15,982	26,564
2009	7,480	674	72	22	11,207	19,454
2010	5,117	211	107	26	9,818	15,278
2011	2,863	171	55	19	4,109	7,217
2012	11,024	492	52	3	4,242	15,813
2013	3,216	168	40	2	2,847	6,272
2014	1,226	9	8	1	2,450	3,694
2015	387	29	5	0	1,220	1,640
2016	223	70	9	0	2,047	2,349
2017	4,190	536	6	0	785	5,517
2018	3,686	111	38	0	2,750	6,586
2019	6,554	898	50	1	4,562	12,067
2020	3,605	103	39	8	3,644	7,400
2021	1,759	100	59	15	5,309	7,242
2022	1,096	106	51	0	4,505	5,759
2023	1,415	65	33	0	2,646	4,160

単位：トン。

補足表 10-2. (続き) オホーツク・宗谷・留萌・石狩・後志振興局における刺網漁業の漁獲量 (トン)

刺網						
年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計
1985	138	437	51	0	4,378	5,004
1986	153	454	35	0	2,267	2,909
1987	324	1,038	36	0	1,902	3,299
1988	423	1,657	96	0	4,680	6,856
1989	390	2,103	61	1	3,551	6,106
1990	247	3,868	61	5	3,698	7,878
1991	200	5,665	62	1	3,187	9,115
1992	194	5,720	148	6	6,283	12,352
1993	224	5,149	75	4	3,806	9,258
1994	388	7,143	50	1	3,715	11,298
1995	236	7,888	45	1	4,222	12,392
1996	247	6,809	55	0	5,835	12,946
1997	884	6,054	51	1	5,534	12,524
1998	317	7,118	48	2	6,469	13,954
1999	275	5,430	25	2	3,188	8,919
2000	378	5,038	40	3	2,243	7,702
2001	243	5,930	16	10	2,922	9,123
2002	225	6,822	24	7	3,002	10,081
2003	139	7,707	17	12	2,448	10,323
2004	160	3,557	15	3	944	4,678
2005	240	6,105	11	1	853	7,210
2006	233	5,992	11	0	1,357	7,593
2007	229	5,660	15	1	1,420	7,326
2008	403	5,291	7	1	1,977	7,678
2009	188	4,309	6	0	1,105	5,608
2010	131	5,075	6	0	1,037	6,249
2011	100	5,643	11	0	3,102	8,856
2012	80	5,815	18	0	2,212	8,125
2013	79	5,647	7	0	1,919	7,653
2014	33	3,693	6	0	2,219	5,951
2015	49	3,076	20	0	1,762	4,908
2016	19	4,456	20	0	1,602	6,097
2017	13	4,993	49	0	1,311	6,366
2018	27	4,034	10	0	1,419	5,490
2019	15	5,934	8	0	1,988	7,945
2020	12	4,402	34	1	2,128	6,576
2021	16	5,853	61	0	1,523	7,454
2022	8	6,263	85	0	1,808	8,164
2023	5	4,921	65	1	1,955	6,947

単位：トン。

補足表 10-3. 北海道根拠の沖底の漁獲量と漁獲努力量（月別集計値）

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*3	かけまわし*2	オッター*3	かけまわし*2	オッター*3
1985	12,835	1,083	4,852	601	0.38	0.55
1986	20,834	985	9,807	52	0.47	0.05
1987	15,517	1,115	15,361	920	0.99	0.83
1988	20,078	1,095	18,612	181	0.93	0.17
1989	16,028	399	20,108	221	1.25	0.55
1990	20,070	1,183	40,211	1,248	2.00	1.06
1991	19,790	968	36,957	931	1.87	0.96
1992	17,451	1,155	23,709	846	1.36	0.73
1993	17,610	259	44,971	383	2.55	1.48
1994	18,581	403	66,999	3,265	3.61	8.10
1995	20,861	577	94,196	6,027	4.52	10.45
1996	18,913	932	72,427	4,381	3.83	4.70
1997	20,387	482	101,852	2,232	5.00	4.63
1998	19,735	50	120,274	117	6.09	2.33
1999	19,618	3	86,471	0	4.41	0.01
2000	16,574	107	83,969	65	5.07	0.61
2001	12,756	1,846	74,102	10,214	5.81	5.53
2002	11,019	829	64,455	2,869	5.85	3.46
2003	12,079	1,254	69,407	4,574	5.75	3.65
2004	12,310	1,067	79,458	4,947	6.45	4.64
2005	12,189	865	74,136	5,640	6.08	6.52
2006	11,364	806	50,653	4,908	4.46	6.09
2007	12,495	624	80,613	2,917	6.45	4.67
2008	11,176	1,025	82,359	3,330	7.37	3.25
2009	8,846	725	56,655	3,439	6.40	4.74
2010	8,334	518	36,703	2,736	4.40	5.28
2011	8,141	395	26,854	1,427	3.30	3.61
2012	8,361	556	28,261	1,130	3.38	2.03
2013	7,395	488	27,261	1,152	3.69	2.36
2014	8,473	734	13,932	1,385	1.64	1.89
2015	5,355	267	7,829	423	1.46	1.58
2016	3,970	325	6,001	363	1.51	1.12
2017	5,172	393	3,752	295	0.73	0.75
2018	4,942	206	10,092	186	2.04	0.90
2019	4,532	257	6,642	402	1.47	1.56
2020	3,682	348	13,563	570	3.68	1.64
2021	3,955	164	14,587	101	3.69	0.61
2022	3,238	11	14,292	4	4.41	0.41
2023	3,556	402	13,964	1,183	3.93	2.94

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年よりオコック沿岸（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（試験操業を含む）。

\*3 オッタートロール（試験操業を含む）。

オホーツク海の沖底の漁獲量および漁獲努力量と、チューニングに用いた標準化 CPUE は次ページに示す。

補足表 10-3. (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						日本海
	有漁網数*1 (月別)		漁獲量 (トン)		CPUE (トン/網)		標準化CPUE*4
	かけまわし*2	オッター*3	かけまわし*2	オッター*3	かけまわし*2	オッター*3	
1985	13,546	1,164	7,250	74	0.54	0.06	
1986	12,906	1,617	15,246	113	1.18	0.07	
1987	18,865	1,757	18,709	244	0.99	0.14	
1988	16,158	1,927	17,202	317	1.06	0.16	
1989	23,787	3,712	23,918	634	1.01	0.17	
1990	20,184	3,666	18,802	1,445	0.93	0.39	
1991	16,852	1,558	15,446	127	0.92	0.08	
1992	9,057	1,263	3,932	398	0.43	0.32	
1993	14,435	3,177	21,966	547	1.52	0.17	
1994	15,843	2,480	16,783	68	1.06	0.03	
1995	16,851	2,384	10,344	134	0.61	0.06	
1996	15,599	2,930	23,702	1,689	1.52	0.58	
1997	17,137	2,752	22,052	1,605	1.29	0.58	
1998	17,374	2,881	36,527	6,403	2.10	2.22	
1999	11,399	1,859	15,700	88	1.38	0.05	
2000	11,617	3,214	21,096	1,883	1.82	0.59	
2001	9,648	2,863	13,804	445	1.43	0.16	
2002	11,633	4,115	16,869	903	1.45	0.22	
2003	10,492	4,927	19,702	3,790	1.88	0.77	
2004	12,408	4,288	38,224	2,981	3.08	0.70	
2005	13,131	3,412	18,559	129	1.41	0.04	1.52
2006	12,012	3,098	12,020	537	1.00	0.17	0.93
2007	13,098	3,545	17,807	850	1.36	0.24	1.56
2008	12,346	2,772	26,218	585	2.12	0.21	1.90
2009	12,400	2,869	10,361	170	0.84	0.06	1.41
2010	11,613	2,137	4,211	304	0.36	0.14	0.96
2011	10,900	2,155	7,862	309	0.72	0.14	0.65
2012	7,560	1,207	7,290	569	0.96	0.47	1.03
2013	10,128	2,290	3,633	31	0.36	0.01	0.85
2014	8,560	1,494	472	31	0.06	0.02	0.37
2015	7,196	737	157	2	0.02	0.00	0.34
2016	5,921	367	147	2	0.02	0.00	0.25
2017	6,717	693	754	6	0.11	0.01	0.18
2018	6,654	1,365	2,279	12	0.34	0.01	0.60
2019	6,877	892	653	7	0.09	0.01	0.29
2020	7,263	1,958	1,321	37	0.18	0.02	0.92
2021	6,893	2,211	345	38	0.05	0.02	0.88
2022	5,522	1,465	199	38	0.04	0.03	0.72
2023	5,539	1,367	248	18	0.04	0.01	0.77

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年よりオコック沿岸 (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 (試験操業を含む)。

\*3 オッタートロール (試験操業を含む)。

\*4 チューニングVPAに用いた資源量指標値。漁獲成績報告を用いた日本海かけまわしの標準化CPUE指標値。



補足表 10-4. 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 <sup>*1</sup> (行使者数)						さけ定置 <sup>*2</sup> (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	116	25	(12)	68	340	2017	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2018	119	116	23	(12)	70	340	2018	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2019	119	113	20	(12)	68	332	2019	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2020	286	160	18	(12)	206	682	2020	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2021	286	156	17	(12)	239	710	2021	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2022	266	(156)	17	(12)	214	665	2022	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2023	(266)	(160)	(17)	(12)	(214)	669	2023	(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・後志・留萌は2022年、宗谷は2021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、2007～2023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 10-4. (続き) 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 <sup>*2</sup> (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
2020	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2021	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2022	(658)	(277)	(95)	(37)	(464)	1,531
2023	(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・ほっけ底建て網使用者数（各振興局より）。  
オホーツク・後志・留萌は2022年、宗谷は2021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、2007～2023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 11 沖底漁業へのホッケ漁獲状況アンケート（2024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、オッタートロール）を対象として漁況状況確認アンケートを行っている。本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. 漁況は普通、好調、不調など（場所によって異なるが、オホーツク海側では不調の割合が多かった）。タラが豊漁で、スケトウダラ TAC との兼ね合いでホッケの漁獲は調整している状況

Q. 多く漁獲されたホッケのサイズについて。

A. 中型サイズ～大型サイズが多く、季節・漁場により小サイズが獲れるところがある。体長 25～30 cm が中心、40 cm 以上の大型も漁獲されている。小型のものも混じる。

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。海底が複雑な所で大型が多い、など。

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、隻日数の削減の取り組み、価格向上のための工夫を行っている、狙っていない、何日も同じ漁区を利用しない、小さいサイズのホッケが漁獲される漁場は避ける、常に資源管理を意識している、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. 隻日数削減等の取り組みもあり、引き続き 2019 年級群と見られる大型魚も漁獲されており、今後も新規加入が継続することが期待される。資源は増加傾向にあるものと考えているが、引き続き隻日数の削減等継続したい、など。

本年度の漁獲状況アンケートでは、一部海域で2019年級と思われる大型魚や2020年級～2022年級と思われる中型～大型魚が中心に漁獲されているという情報が寄せられた。また、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、作業時間を短縮しているという情報も頂いた。本年度のアンケート結果からは少数ながら2019年級群が見られることや、それ以降の年級が漁獲されていることがうかがえる。今後も、引き続き2019年級群に続く年級を親とする若齢魚の漁獲を抑えることにより、後続の年級を残すことが資源回復にとって重要であると考えられる。

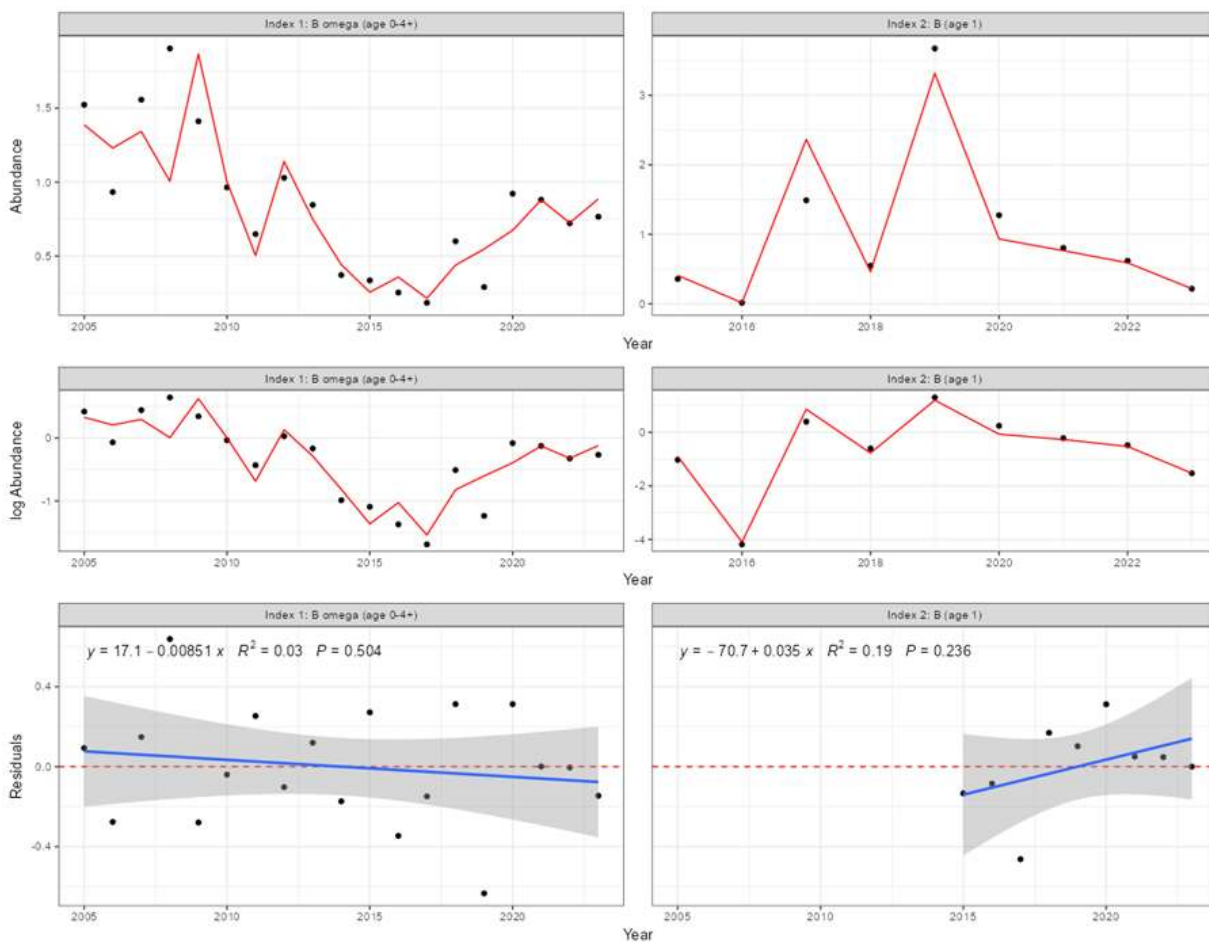
## 補足資料 12 昨年度評価結果との比較

### (1) 指数間の重みの変更

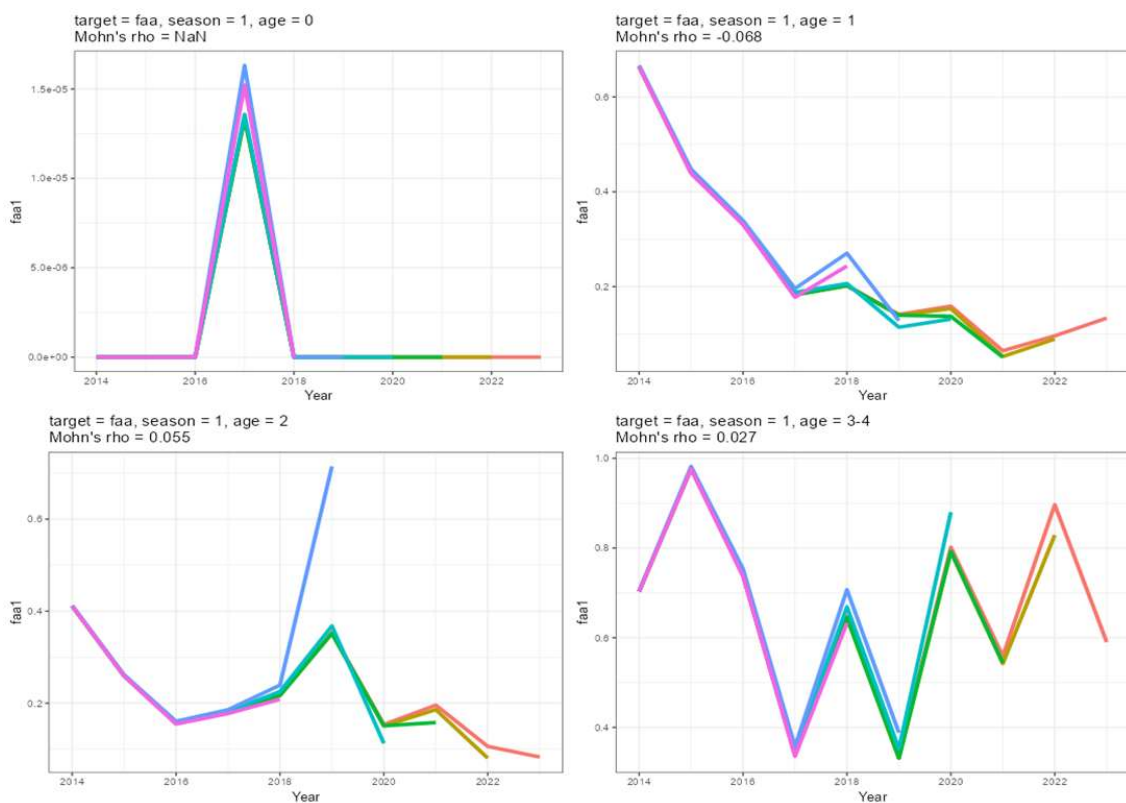
昨年度評価で用いた沖底 CPUE を更新したものをチューニング指数とし、昨年度評価で用いたのと同じ重み（沖底 CPUE : 9.0、1 歳 CPUE : 1.0）を用いる場合、沖底標準化 CPUE の予測値と観測値の残差プロットには有意な傾向は見られず、また推定値には大きな差は見られなかった（補足図 12-1、補足表 12-1）。一方、上半期、下半期 F および年齢別資源尾数のレトロスペクティブバイアスは本年度採用した重み（沖底 CPUE : 8.2、1 歳 CPUE : 1.8）の結果（補足図 2-2、補足図 2-3）と比べて若干大きくなる（補足図 12-2）。

### (2) 昨年度の資源評価結果との比較

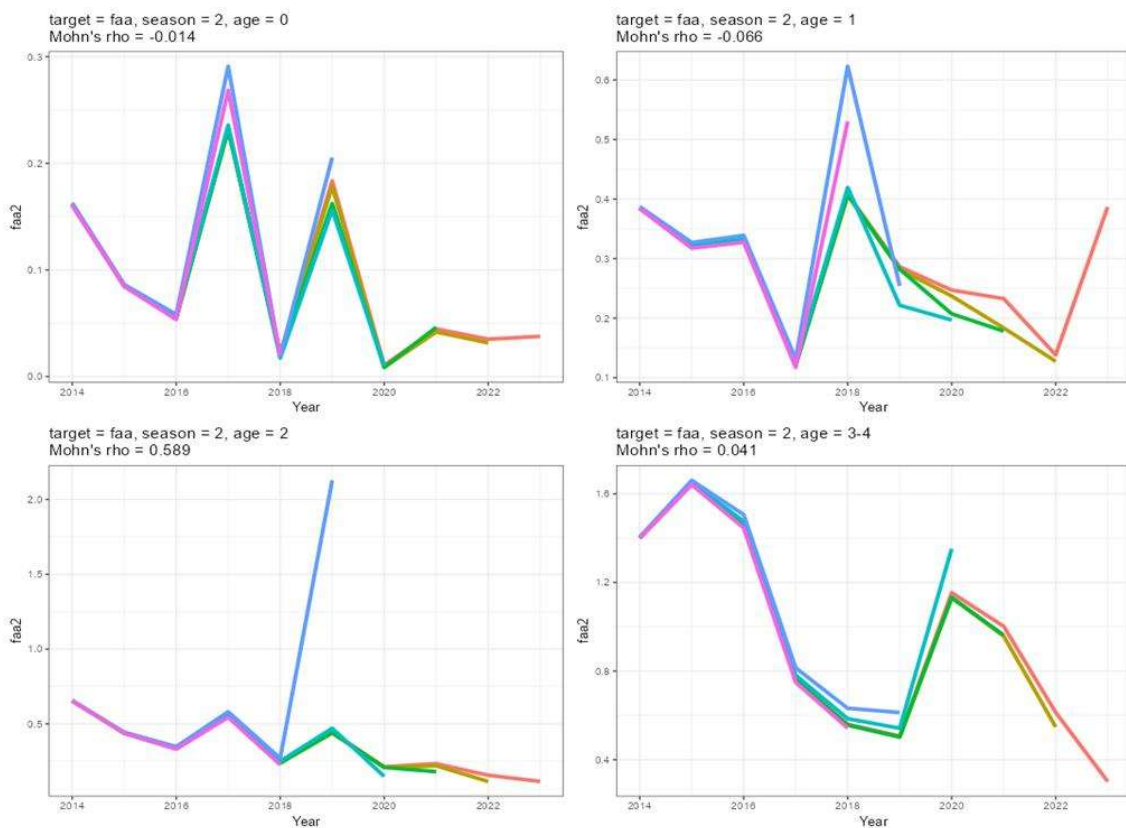
本年度と昨年度とで評価結果と比べると、昨年度評価と同じ指数間重み（沖底 CPUE : 9.0、1 歳 CPUE : 1.0）を用いた場合、2021 年および 2022 年の親魚量は下方修正となる。資源量についても同様に、昨年度評価と比較すると 2020~2022 年は下方修正になるが、これは、2020~2022 年級群の加入量が遡って下方修正されたためである（補足図 12-4、補足表 12-2）。一方、指数間の重みにより推定結果は若干変化するものの、その違いは小さいことが示された（補足表 12-1）。



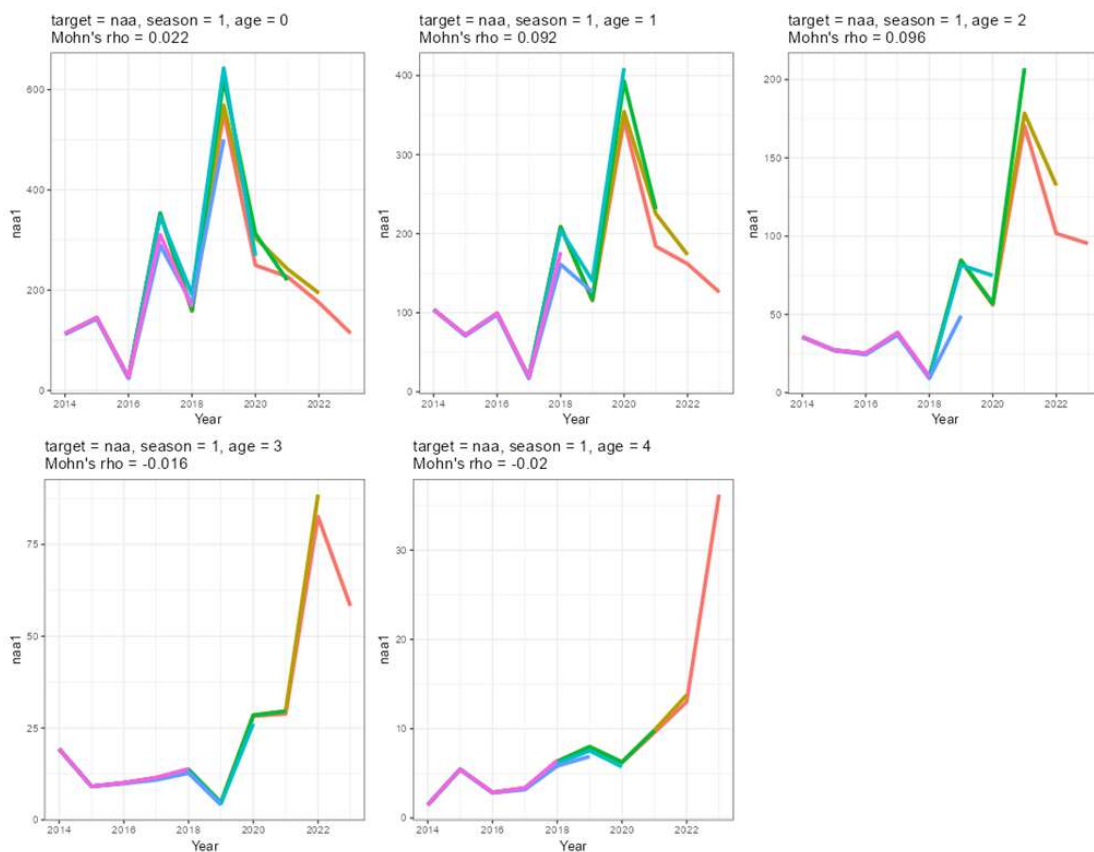
補足図 12-1. 昨年度と同じ指数間の重みを用いた場合の各チューニング指標値（左：沖底標準化 CPUE、右：1 歳標準化 CPUE）の予測値と観測値（上）、対数変換した予測値と観測値（中）および対数変換された予測値と観測値の残差プロット（下）



補足図 12-2a. 昨年度と同じ指数間の重みを用いた場合の上半期における年齢別 F のレトロスペクティブ解析結果（指数間の重みを沖底 CPUE : 1 歳 CPUE=9.0 : 1.0 とし、リッジペナルティは使用していない）

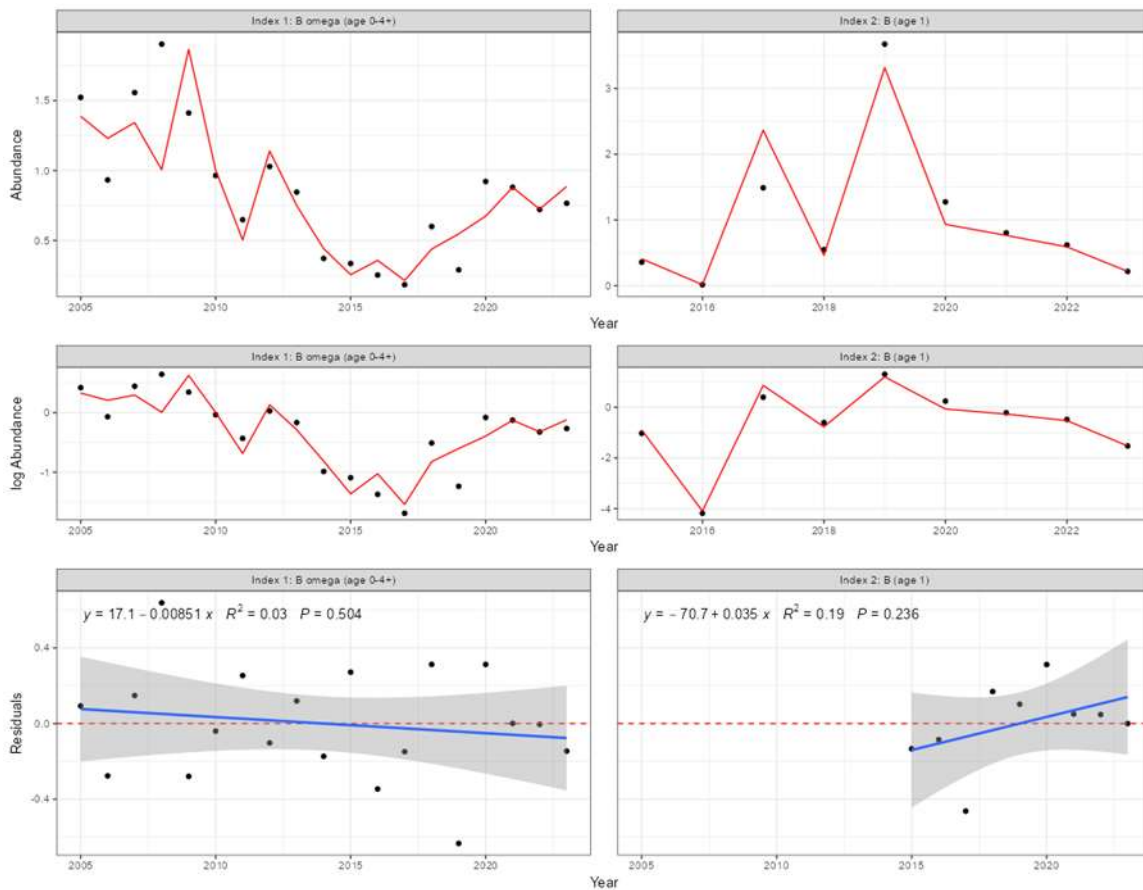


補足図 12-2b. 昨年度と同じ指数間の重みを用いた場合の下半期における年齢別 F のレトロスペクティブ解析結果 (指数間の重みを沖底 CPUE : 1 歳 CPUE=9.0 : 1.0 とし、リッジペナルティは使用していない)



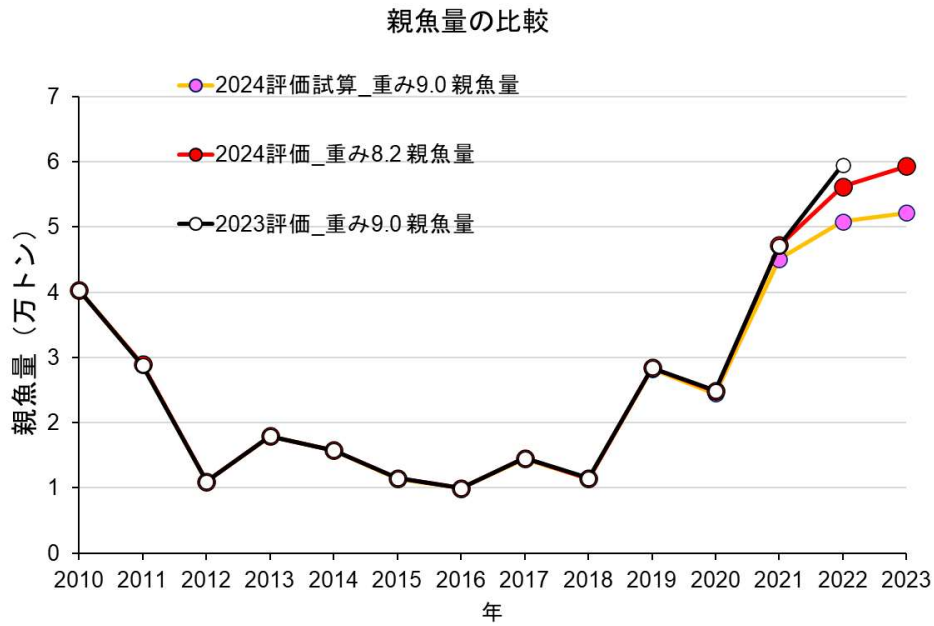
補足図 12-2c. 昨年度と同じ指数間の重みを用いた場合の年齢別資源尾数のレトロスペクティブ解析結果（指数間の重みを沖底 CPUE : 1 歳 CPUE = 9.0 : 1.0 とし、リッジペナルティは使用していない）



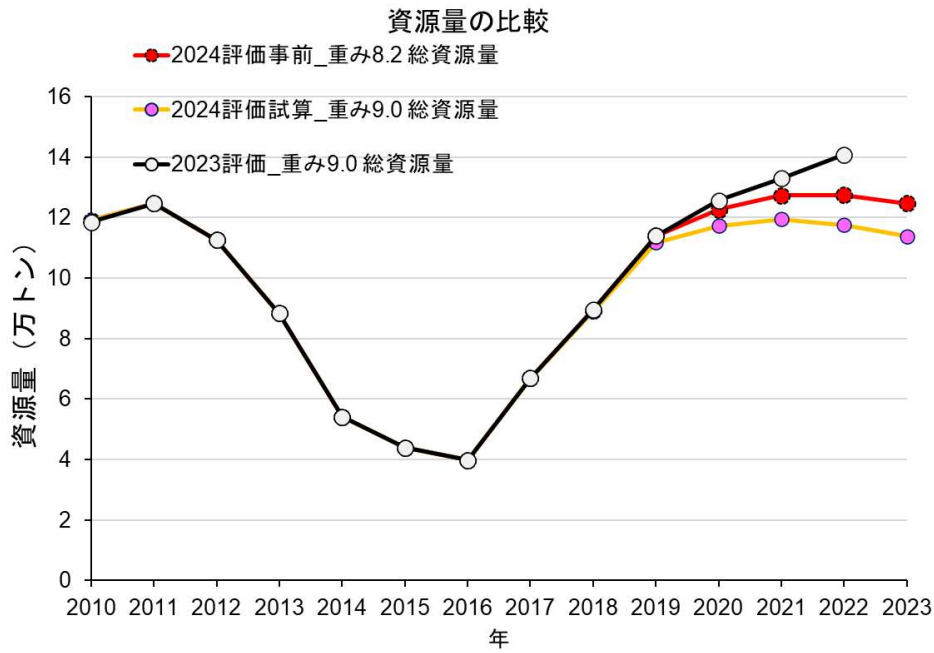


補足図 12-3. 昨年度と同じ指数間の重みを用いた場合の各チューニング指標値（左：沖底標準化 CPUE、右：1 歳標準化 CPUE）の予測値と観測値（上）、対数変換した予測値と観測値（中）および対数変換された予測値と観測値の残差プロット（下）

a)



b)



補足図 12-4. 手法の違いによる a)親魚量および b) 資源量の推定結果の比較

2023 年評価 (指数の重み沖底 9.0)、2024 年評価試算 (2023 評価で用いた沖底重み 9.0)  
 2024 年評価 (指数の重み沖底 8.2) で比較した。

補足表 12-1. チューニング指標値間の重みを変えた場合のレトロスペクティブバイアス、推定される加入尾数および観測値、パラメータ、予測値と観測値の残差プロットの傾向

2023群価	チューニング指標 (対象年齢)と それぞれの重み		λ		tf		N (上半期) (下半期)		資源量		観魚量		加入量		F (上半期) (下半期)		推定される加入尾数 (百万尾)							推定される観魚量 (千トン)							1歳 GLMM (1歳)		1歳 GLMM (0-4歳)		予測値と観測値の差 差プロット	
	沖庄 (0-4歳)	1歳 GLMM (1歳)	λ	tf	N (上半期)	N (下半期)	資源量	観魚量	加入量	F (上半期)	F (下半期)	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2019	2020	2021	2022	2023	b	σ	沖庄 (0-4歳)	1歳 GLMM (1歳)	沖庄 (0-4歳)	1歳 GLMM (1歳)	沖庄 (0-4歳)	1歳 GLMM (1歳)					
	9.0	1.0	0	全F推定	-0.042	-0.044	-0.039	-0.048	0.115	0.269	-0.081	354	161	570	312	249	235	28	25	47	59	0.967	1.927	0.291	0.153	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし							
	5.0	5.0	0		0.003	0.003	0.032	0.041	-0.0429	0.004	0.074	355	164	600	325	251	193	121	29	25	51	65	0.934	1.890	0.302	0.134	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	6.0	4.0	0		0.011	0.012	0.039	0.055	-0.0334	-0.015	0.041	355	163	595	318	249	191	121	29	25	50	64	0.937	1.897	0.300	0.136	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.0	3.0	0		0.011	0.011	0.032	0.035	-0.0297	0.001	0.047	354	162	588	306	245	189	120	29	25	49	62	0.943	1.907	0.297	0.142	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.1	2.9	0		0.010	0.011	0.031	0.031	-0.0295	0.005	0.051	354	162	588	305	245	189	120	29	25	49	62	0.944	1.908	0.296	0.143	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.2	2.8	0		0.006	0.007	0.024	0.015	-0.0325	0.025	0.074	354	162	587	303	244	188	119	29	25	49	61	0.945	1.909	0.296	0.144	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.3	2.7	0		0.012	0.013	0.030	0.029	-0.0272	0.007	0.051	354	162	585	301	244	188	119	29	25	49	61	0.945	1.911	0.296	0.145	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.4	2.6	0		0.009	0.009	0.025	0.016	-0.0290	0.023	0.069	354	162	584	299	243	187	119	29	25	49	60	0.946	1.913	0.295	0.146	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.5	2.5	0		0.010	0.011	0.025	0.019	-0.0267	0.025	0.080	354	162	583	297	242	187	119	29	25	49	60	0.947	1.914	0.295	0.148	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.6	2.4	0		0.024	0.026	0.044	0.056	-0.0136	-0.019	0.017	354	162	582	295	242	186	119	29	25	49	60	0.948	1.916	0.294	0.150	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.7	2.3	0		0.012	0.013	0.026	0.015	-0.0235	0.026	0.069	354	161	580	293	241	186	118	29	25	48	59	0.950	1.918	0.293	0.152	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.8	2.2	0		0.016	0.017	0.030	0.021	-0.0194	0.018	0.058	354	161	579	290	240	185	118	28	25	48	59	0.951	1.920	0.293	0.154	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	7.9	2.1	0	全F推定	0.023	0.025	0.037	0.035	-0.0125	0.002	0.037	354	161	577	287	239	184	118	28	25	48	58	0.952	1.923	0.292	0.157	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.0	2.0	0		0.027	0.030	0.041	0.043	-0.0075	-0.005	0.029	354	161	575	284	238	184	118	28	25	48	58	0.953	1.925	0.291	0.160	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.1	1.9	0		0.032	0.035	0.046	0.051	-0.0021	-0.011	0.021	354	161	573	281	237	183	117	28	25	47	57	0.955	1.928	0.291	0.163	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.2	1.8	0		0.031	0.035	0.043	0.041	-0.0015	-0.001	0.031	354	160	571	278	236	182	117	28	25	47	56	0.956	1.930	0.290	0.167	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.3	1.7	0		0.030	0.033	0.039	0.027	-0.0019	0.016	0.050	354	160	569	274	235	181	117	28	25	47	56	0.958	1.933	0.289	0.171	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.4	1.6	0		0.036	0.040	0.045	0.037	0.0044	0.007	0.039	353	160	567	270	234	181	116	28	25	47	55	0.959	1.936	0.289	0.176	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.5	1.5	0		0.034	0.038	0.040	0.021	0.0287	0.064	0.004	353	159	565	267	233	180	116	28	25	46	54	0.961	1.938	0.288	0.180	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.6	1.4	0		0.039	0.043	0.044	0.026	0.0092	0.024	0.057	353	159	562	263	231	179	116	28	25	46	53	0.962	1.941	0.287	0.185	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.7	1.3	0		0.052	0.057	0.059	0.056	0.0216	-0.006	0.022	353	159	560	259	230	178	115	28	25	46	53	0.963	1.943	0.287	0.191	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.8	1.2	0		0.053	0.059	0.059	0.049	0.0234	0.003	0.032	353	159	558	256	229	177	115	28	25	46	52	0.964	1.946	0.286	0.196	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	8.9	1.1	0		0.064	0.071	0.071	0.071	0.0337	-0.015	0.011	353	158	556	253	228	176	115	28	24	45	51	0.965	1.948	0.286	0.201	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	9.0	1.0	0		0.048	0.054	0.045	0.026	0.0675	0.231	0.022	353	158	554	250	227	175	114	28	24	45	51	0.966	1.950	0.285	0.206	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						
	9.5	0.5	0		0.293	0.332	0.279	0.107	0.0671	2.697	0.215	352	157	547	237	223	171	113	28	24	44	48	0.969	1.956	0.284	0.228	傾向なし	傾向なし	傾向なし	傾向なし						

2024秋集

補足表 12-2. 評価年別の年齢別資源尾数（百万尾）

評価年度	年齢/年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2023	0	161	570	312	249	235	591	584
	1	209	117	355	230	178	170	417
	2	10	85	57	179	136	108	88
	3	14	5	29	30	89	84	53
	4+	6	8	6	10	14	40	47
	計	400	784	759	698	652	993	1190
2024	年齢/年	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	0	160	571	278	236	182	117	424
	1	209	117	356	205	168	131	84
	2	10	85	57	180	117	100	60
	3	14	5	29	30	89	70	62
	4+	6	8	6	10	14	42	59
	計	399	785	726	660	571	460	689

黒字の数字は評価年時点で資源評価により推定された年齢別資源尾数を、赤色の数字は評価年時点ではバックワード・リサンプリングを行った場合の将来予測結果となる年齢別資源尾数の予測平均値を示す。

昨年度評価と本年度評価を比較すると、2020～2022年の加入尾数は下方修正となった。この加入尾数の下方修正が親魚量や資源量の下方修正に影響し、その結果、本年度の評価では、昨年度の評価と比べて2020～2022年の資源量が小さく推定された。

### 補足資料 13 1 歳成熟率の検討

本年度の資源評価では、昨年度までと同様の年齢別成熟率を用いて親魚量を計算した(補足資料 2)。成熟率の仮定によって推定される親魚量は変化し、再生産関係や将来予測にも影響する可能性があるため、適切な仮定をおくことが重要であると考えられる。ホッケ道北系群の 1 歳の成熟率は加入量の多寡により変化することが知られている一方で、2018 年級群や 2019 年級群は他の年級よりも 1 歳秋季における成熟率が低く、加入後の 1 歳産卵期までの成長が悪いことが成熟率の低下につながったことが報告されている(坂口ほか 2018、板谷・鈴木 2022)。近年の 1 歳の成熟率の低下が生じている場合、親魚量の推定値に影響を与える可能性があるため、現状の資源評価で用いている成熟率が適切かどうか検討する必要がある。本資料では以下に示した坂口ほか(2018)の方法を用いて近年の 1 歳成熟率の検討を行った。

2018~2023 年の秋季に小樽根拠の沖底漁船により漁獲されたホッケについて、1 歳の雌のサンプルを用い(補足表 13-1)、体長組成 10mm 単位ごとの頻度分布と成熟率曲線で表したモデル(坂口ほか 2018)を用いて成熟率の計算を行った。

$$P(l) = \left( \frac{1}{1+e^{56.487-0.238l}} + \frac{1}{1+e^{32.068-0.134l}} \right) / 2 \quad (1)$$

ここで、 $P(l)$ は体長  $l$ mm の時の成熟率である。各漁獲物標本の成熟率は、以下の式で求めた。

$$P = \sum fj \times p(m) \quad (2)$$

ここで、 $P$  は漁獲物標本の成熟率、 $f$  は体長階級  $j$  の頻度、 $m$  は体長階級  $j$  の中央値であり、年ごとに平均して 1 歳魚の成熟率とした。

標本から計算された 2017 年級~2022 年級の 1 歳魚の成熟率は 0.65~0.97 であった(補足表 13-1)。2017、2018、2022 年級は 0.90 以上となり、資源評価で用いている 1 歳魚の成熟率の 0.8 より高かったが、2019 年級、2020 年級、2022 年級はそれぞれ 0.71、0.65、0.78 と小さくなった。本試算で得られた値は、板谷・鈴木(2022)で示された値(2018 年級群、2019 年級それぞれ 0.85 と 0.48)と比べて大きかった。

本試算では、産卵期前~産卵期にかけてサンプルを取得できた 9~11 月の 1 歳雌の標本を用いて便宜的に成熟率の計算を行ったため、年によりサンプルに不足や偏りが生じている可能性がある。正確な成熟率の算出には産卵期前の 1 歳魚の漁獲物標本を十分に確保する必要があると考えられる。1 歳成熟率は親魚量の推定や再生産関係の仮定などに影響することが考えられるため、将来予測を含め、より適切な資源評価を行うためには本系群の現状を反映した成熟率の情報を取り入れることが重要である。今後の導入に向け、検討を進めたい。

引用文献

- 板谷和彦・鈴木祐太郎 (2022) 道央日本海～オホーツク海海域のホッケの近年における 1 歳での成熟率について, 北水試だより, 104, 1-4
- 坂口健司・鈴木祐太郎・秦 安史・浅見大樹・高嶋孝寛 (2018) 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. 北水試研報, 93, 51-57.

補足表 13-1. 各年級の 1 歳成熟率および推定に用いた 1 歳標本の詳細

年	年級	標本数	体長範囲	中央値	漁獲日	成熟率
2018	2017	115	237-298	270	2018/10/27	0.97
2019	2018	131	233-302	260	2019/10/4	0.91
2020	2019	50	219-312	262	2020/11/20	0.71
2021	2020	58	214-293	259	2021/10/25	0.65
2022	2021	123	226-304	260	2022/9/17	0.95
2023	2022	95	225-290	253	2023/9/26	0.78

\*2020年以降については、銘柄別漁獲尾数で重みづけした体長組成を用いた。