

令和 4（2022）年度ホッケ道北系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

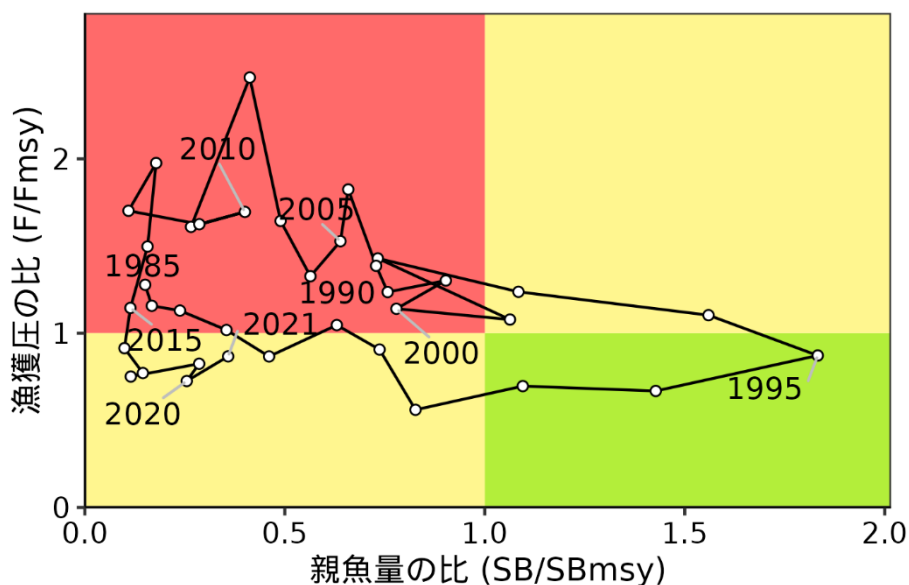
参画機関：北海道立総合研究機構稚内水産試験場、北海道立総合研究機構中央水産試験場
北海道立総合研究機構網走水産試験場

要 約

本系群の資源量について、資源量指標値を考慮した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。2009年頃の急減を経て2013年には10万トンを下回り、2016年には過去最低の4.0万トンとなった。その後は増加に転じ、2019年は10.3万トン、2020年および2021年は9.6万トンと推定された。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。近年は増加に転じて2.0万トン以上で推移し、2019年には2.9万トン、2021年は3.6万トンと推定された。2009年頃に急減した後の資源の低迷は、2010年に極めて低い再生産成功率により加入量が非常に少なかったこと、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来たこともあり、2017年以降、資源量および親魚量は回復の傾向が見られるが、2010年以降極めて低い加入が2度見られていることから、今後の資源状況には引き続き注意が必要である。近年は2019年級群の加入により漁獲量は増加しているが、この年級を親とする若齢魚を再生産に寄与させることが資源の回復にとって重要だと考えられる。

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キー・スティック型再生産関係（HS）が適用されている。最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）は、適用した再生産関係に基づき10.1万トンと推定された。この基準に従うと、本系群の2021年の親魚量はSBmsyを下回る。また2021年の漁獲圧はMSYを実現する水準を下回る。親魚量の動向は近年5年間（2017～2021年）の推移から「増加」と判断される。

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



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	10.1 万トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の親魚量の動向	増加
最大持続生産量 (MSY)	12.5 万トン
2023 年の ABC	-
コメント: <ul style="list-style-type: none"> • 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 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2017	67	15	17	0.77	25
2018	90	12	27	0.75	30
2019	103	29	29	0.82	28
2020	96	26	30	0.73	32
2021	96	36	31	0.87	32

データセット

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

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

1. 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)。

$$\text{雄: } L_t = 292.2 / \{1 + 1.086 \times \exp(-0.955 \times t)\}$$

$$W = 0.469 \times L^{3.612} \times 10^{-6}$$

$$\text{雌: } L_t = 307.0 / \{1 + 1.191 \times \exp(-0.876 \times t)\}$$

$$W = 0.884 \times L^{3.493} \times 10^{-6}$$

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、産卵場の近辺を生活の領域とする“根ボッケ”となって、広い範囲の移動・回遊を行わなくなる。1 歳の終わりに一部成熟する個体が出現し、2 歳の終わりではほぼ

すべての個体が成熟する（高嶋・三橋 2009）。産卵期は9月中旬～11月上旬で緯度が高いほど早く、利尻・礼文島沿岸および武蔵堆の最浅部などで産卵する。産卵回数は1産卵期当たり2～4回で、1回に2,800～4,500粒を産卵する。

(4) 被捕食関係

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

2. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群のホッケは、沖合底びき網漁業（以下、沖底）と沿岸漁業（刺網、底建網、定置網など）の双方で漁獲される。各漁業の主漁期、主漁場、および主漁獲対象年齢は漁業種類によって異なり、以下の表のように整理される。現在、沖底による漁獲は、かけまわし船（以下、かけまわし）、オッタートロール船（以下、オッタートロール）によるものである。2014年までは総漁獲量の6割程度を日本海における沖底が、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2020～2021年は5割程度で推移した。

本系群のホッケ資源の回復を目標として、2012年下半年以降、漁獲量または漁獲努力量を2008～2010年を基準年として3割削減することを目標とした自主管理が行われている（中央・稚内・網走水産試験場 2022）。

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

(2) 漁獲量の推移

本系群の海域、漁業種別漁獲量の推移を図 3-1 と表 3-1 に示す。総漁獲量は、1980 年代前半に 10 万トン前後から 3 万トン前後に減少したが、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 年からは増加に転じて 2.7 万トンとなり、2020 年は 3.0 万トン、2021 年は 3.1 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 10.0 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 3-1）。漁獲量は 2008 年から減少が続き、2015 年には 1 万トンを下回った。2017 年には過去最小の 4,806 トンとなったが、近年は 1 万トンを上回り、2020 年および 2021 年は 1.5 万トンであった。

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 万トンも下回った（図 3-1、表 3-1）。その後、漁獲量は増加し、2019 年には 2.2 万トン、2020 年には 1.5 万トン、2021 年には 1.6 万トンで推移している。

半期別の年齢別漁獲尾数を図 3-2 に示す。道総研により算出されたホッケ道北系群の海域全体の年齢別漁獲尾数は、下半期では 0 歳魚、上半期では 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 2022）。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、2018 年、2020 年、および 2021 年はそれぞれ 265 万尾、213 万尾、および 797 万尾と少なかった。

(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トロールによるホッケを対象とした漁獲の有漁曳網回数（以下、有漁網数）の月別集計を示した（補足表 4-3）。沿岸漁業の漁獲努力量として、小定置網については北海道農林水産統計に記載されている漁労体数を、さけ定置網については北海道農林水産統計の漁労体数（統）およびさけ定置網漁業免許統数を、底建網については第 2 種共同漁業権に含まれるかれい・ひらめ・ほっけ底建網の行使者数をそれぞれ示した（補足表 4-4）。

沖底の漁獲努力量は長期的には減少傾向にある。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 年代後半は 0.5 万網を下回る年もみられるようになった。2021 年は前年より若干増加し、0.4 万網であった（補足図 4-2、補足表 4-3）。日本海におけるオッター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が、その後は減少し、2021 年は 128 網であった。オホ

ーツク海におけるかけまわしの有漁網数は、日本海と同様 1980 年代後半と比較して 2000 年代は減少して 1 万網前後となり、2016 年以降は 0.7 万網を下回るようになった。2020 年および 2021 年は 0.5 万網程度で推移している。

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

3. 資源の状況

(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た（中央・稚内・網走水産試験場 2021）。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。今年度についても、北海道立総合研究機構（以下、道総研）により提供された 1985～2021 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 2022）に基づいて、資源尾数、資源量、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 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（FRA-SA2022-SC09-101）に用いた。

チューニング指数として用いた沖底の漁獲成績報告書に基づく標準化 CPUE は、昨年までは 100 トン以上の沖底かけまわし船の有漁データに基づいていたが（補足資料 6）、近年の資源の増加傾向と指標値の動向が合わなくなっていることから（補足資料 9）、本年度評価ではデータおよび標準化手法の見直しを行った（補足資料 6）。具体的には、近年漁獲が行われない操業も増えている状況を鑑み、有漁データ以外にも含めたデルタ 2 段階法を用いた標準化を行った（補足資料 6、詳細は標準化 CPUE についての文書（FRA-SA2022-SC09-102）参照のこと）。加入量のチューニング指標としては、昨年度から引き続き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 7、1 歳標準化 CPUE の詳細は標準化 CPUE についての文書（FRA-SA2022-SC09-103）を参照のこと）。これは、沖底では 0 歳魚を獲り控える等の操業変化により、近年の 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（2022 年上半期）までの 1 歳魚の漁獲情報を 2021 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）～2022 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、補足資料 7）。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 歳の漁獲が多かったが、近年は 0 歳の漁獲を避け、主に 1 歳魚を漁獲していることがうかがえる。一方、2021 年および 2022 年については

2019年級群と見られる2～3歳魚の漁獲も多く見られる状況が続いている。

資源計算ではリッジペナルティを用いた検討（リッジVPA；Okamura et al. 2017）も行ったが、ペナルティの重み λ を0としても半期別・年齢別Fのレトロバイアスが小さかったことから、昨年度に引き続きリッジVPAの手法は用いなかった（補足資料2および補足資料9）。

(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年から2017年に過去最高値の7.4トン/網から過去最低値の0.7トン/網まで低下した（補足図4-3、補足表4-3）。その後は上昇に転じ2020年は3.9トン/網と2014年以降で最も高くなり、2021年も3.8トン/網の高い値を示している。日本海のオットマトロールの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年には1.6トン/網、2020年には1.6トン/網となった。しかし、2021年は0.8トン/網と半減している。オホーツク海のかげまわしのCPUEは、2004年に3トン/網を超えたが、それ以降減少し、2009年以降は1トン/網を下回っている。2015年には過去最低の0.02トン/網となったが、2018年は0.3トン/網と増加した。2020年は0.26トン/網と前年より若干増加したが、2021年は0.06トン/網と減少した。オホーツク海のオットマトロールのCPUEは、1998年以外は1トン/網以下で推移しており、2013年以降は特に低く、ほぼ0トン/網であった。

チューニング指数として用いた沖底の標準化CPUE指標値（図4-1、補足図4-3、補足表2-4、詳細は補足資料6）は、2008年に2.562まで増加した後急減し、2016年には0.072となった。2018年は増加して0.368となったが2019年は0.195と減少し、2020年および2021年はそれぞれ0.317、0.263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の1歳標準化CPUE指標値（2016～2022年）は、2016年の0.292から増減しながら増加傾向を示している。2020年には2.679と高い値となったが、2021年および2022年は1.056と1.378と2020年と比べて低い値をとった（図4-1、補足図6-1、補足表2-4、詳細は補足資料7）。

(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、昨年度と同様に成熟の季節を考慮して、前年11月の体重（補足表2-3）を用いて算出した（補足表2-8）。

年齢別資源重量を全年齢で合算して求めた資源量と、これらのうち成熟魚の重量である親魚量の推移を図4-4と表4-1に示す。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

下回って減少傾向が続き、2016年には過去最低の4.0万トンになった。その後は増加に転じ、2019年は10.3万トン、2020年および2021年は9.6万トンになった（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5万トンを下回り低調に推移し、2016年には過去最低の1.0万トンとなった。近年は増加傾向が見られ、2019年は2.9万トン、2020年は2.6万トン、2021年は3.6万トンとなった（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5億尾～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5億尾を超える年級群は出現せず、親魚量の減少に沿うように加入量の減少傾向が続いた。2016年に過去最低の3千万尾程度の加入量となった後は、2017年に3.6億尾、2019年には2012年以降で最も多い4.5億尾程度の加入量が推定されたが、2020年は1.5億尾と減少した。2021年の加入量は2.7億尾と推定されたが、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30.0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、2010年には2.3尾/kgとそれまでの最低値になった。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はなかったが、2010年の加入量は非常に少なく、その後の更なる資源減少をもたらす一因になったと考えられる。2011～2012年のRPSは増加して20尾/kgを超えたが、2013年以降は2.6～24.3尾/kgで推移している。過去5年で見ると、2016年は2010年に次ぐ低さの2.6尾/kgとなったが、2017年は少ない親魚量で加入尾数が大きく増加したため、RPSも24.3尾/kgと増加した。2018年と2019年は14.3尾/kgと15.8尾/kgであったが、2020年は若干減少して5.8尾/kg、2021年も前年とほぼ変わらず7.5尾/kgとなった（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年以降0.3以下で推移し、特に2018年、2020～2021年は0.1を下回る値で推移している。また、1歳の上半期では2012～2017年に低下した後は0.2前後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。一方、1歳の下半期では2017年に低い値を示したものの、2012年以降に1歳上半期ほどの漁獲圧の削減はみられない。2歳の上半期、下半期のFは2012年の自主管理導入以降は減少傾向にあるものの、2021年は増加する傾向が見られた。3歳以上のFは、上半期、下半期とも低い水準で推移している（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歳に対するFは増減を繰り返しながら増加し、2000年代に入って高い状態が続いていたが、2012年以降は減少し、2017年は2000年以降で最低となった。2018年以降も低い水準で推移している。0歳に対するFは、2004～2005年に高かったが、その後は0.5を下回る水準で推移した。2014年以降は更に低下して低い値で推移し、自主管理の基準年（2008～2010年）と比較すると大きく減少している（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）。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。その後2012年以降は減少傾向となり、2017年には25%まで減少した。2018年以降は若干増加したが、いずれも30%程度で推移しており、2021年は32%となった（表4-1）。

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

選択率の影響を加味して漁獲圧を比較するため、各年のF値を%SPR（年ごとに漁獲がなかったと仮定した場合のSPRに対する、漁獲があった場合のSPRの割合）に換算した値を表4-1および図4-9に示す。%SPRは漁獲圧が低いほど大きい値をとる。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、2018～2019年は17%～19%となった。2020年は18.7%、2021年は15.6%と推定された。

現状の漁獲圧に対する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（F2017-2021）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。再生産式の各パラメータを補足表3-2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3-1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（SBmsy）と漁獲の強さ（Fmsy）を基準にした神戸プロット（神戸チャート）を図4-12に示す。漁獲圧（F）の比（F/Fmsy）は、各年の年別F値の選択率の下でFmsyの漁獲圧を与えるFを%SPR換算して求めた値と、各年の年別F値との比である（表4-1）。本系群におけるFは、1996年以降2015年までFmsyを上回っていた。2016年以降はFmsyを下回っており、2019年のFは、Fmsyの0.82倍、2020年は0.73倍、2021年は0.87倍となった。また、本系群における親魚量は1998年以降1999年を除きSBmsyを下回っている。2021年の親魚量はSBmsyの0.36倍である（補足表3-1）。親魚量の動向は、近年5年間（2017～2021年）の推移から増加と判断された。

4. 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増加し、2021年は9.6万トンとなった。親魚量は1990年代半ばに18万トンを上回った後減少し、2015～2018年は1.0万～1.5万トンで推移した。2019年以降は増加し、2021年は3.6万トンとなった。2016年以降、資源量と親魚量は増加傾向にあるが、長期的にみると依然として低い水準にある。

2021年の親魚量はMSYを実現する水準を下回り、その動向は過去5年間（2017～2021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2000年以降高い状態が続いていたが、2016年以降はMSYを実現する水準を下回り、2021年についても下回って推移している。

5. その他

昨年度の評価では、2019年級群の加入量は3.9億尾と推定されたが、本年度評価では4.5億尾と上方修正された。この上方修正は、当該年級が2021年に2歳魚として漁獲された情報が加わったことで、より現実を反映した資源尾数推定値に置き換わったことによる。この上方修正にともない、2019年の資源量は昨年度評価の9.5万トンから10.3万トンへ上方修正された。一方、2018年の資源量は昨年度評価の9.0万トンから変わりはない。

資源水準が過去最低水準に落ち込んでいる現状を受けて、2012年下半年より沿岸漁業と沖合底びき網漁業の漁業者間で資源回復に向けた漁獲量または漁獲努力量の3割減を目標とした自主管理が継続されており（中央・稚内・網走水産試験場2022）、その基準年（2008～2010年）と比べると漁獲努力量は各年齢で減少している（図4-5、補足資料4）。特に若齢魚保護の取り組みにより、0歳下半年や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2016年以降はF_{msy}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が、今後も取り組みを継続して若齢魚を保護し、再生産へと寄与させることが資源回復には重要であると考えられる。

沖底を対象としたアンケート結果（補足資料8）では、2019年級群とみられる漁獲が引き続き多いが、若齢魚の漁獲に関する情報は少なく、全体として資源回復には至っていないと考えられる。近年では比較的高い豊度であると考えられる2019年級やそれに続く年級群を親とする若齢魚を再生産に寄与させることが資源の回復にとって重要だと考えられるため、今後も引き続き管理を継続することが必要である。

また、北海道南部海域における水温上昇が産卵場への来遊盛期の遅れや相対的に水温の低い海域への魚群の偏りをもたらす可能性が指摘されているほか（星野ほか2009）、加入量は水温によって影響を受ける可能性があるため（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。

6. 引用文献

- ホッケ研究グループ (1983) 北海道周辺海域のホッケの分布,回遊,最近のホッケの調査研究. 北海道立中央水産試験場, 余市, 44-59.
- 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.
- 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., Y. Yamashita and M. Ichinokawa (2017) Ridge virtual population analysis to reduce the instability of fishing mortalities in the terminal year. ICES J. Mar. Sci., **74** (9), 2427-2436.
- 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 (2021) 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北海道立総合研究機構水産研究本部.
http://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/shigen/12_hokke_JSOK_2021.pdf
(last accessed 6 November 2021)
- 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). 2022 年度水産資源管理会議評価書北海道立総合研究機構水産研究本部.
https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/shigen/08_hokke_northJSOkhotsk_2022.pdf (last accessed 30 November 2022)

(執筆者：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)

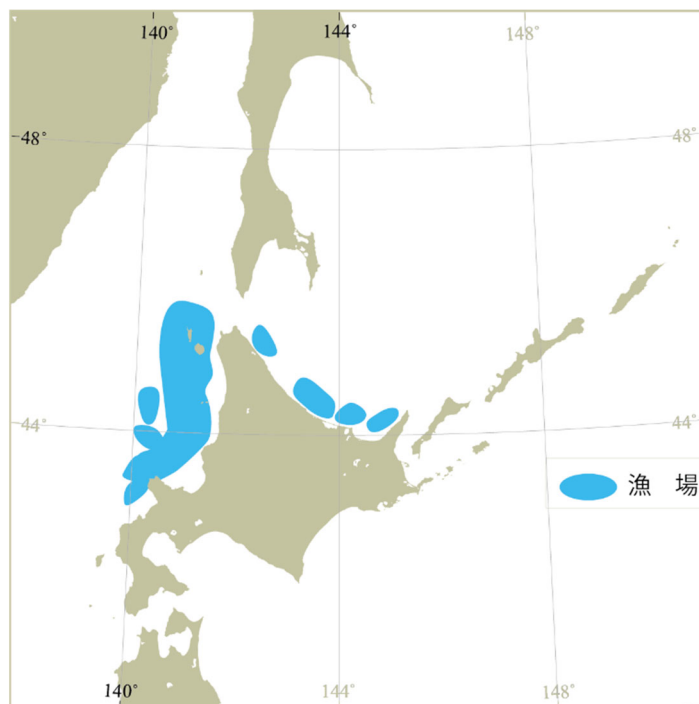


図 2-1. ホッケ道北系群の漁場（ホッケ研究グループ（1983）を改変）

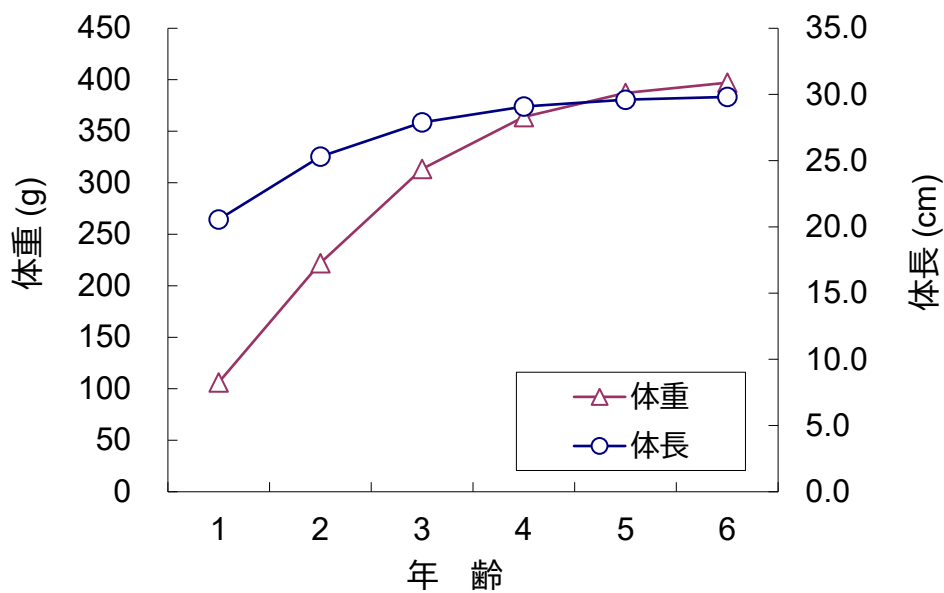


図 2-2. ホッケ道北系群における年齢と平均体長・体重の関係（雌雄の平均値）（高嶋ほか 2013）

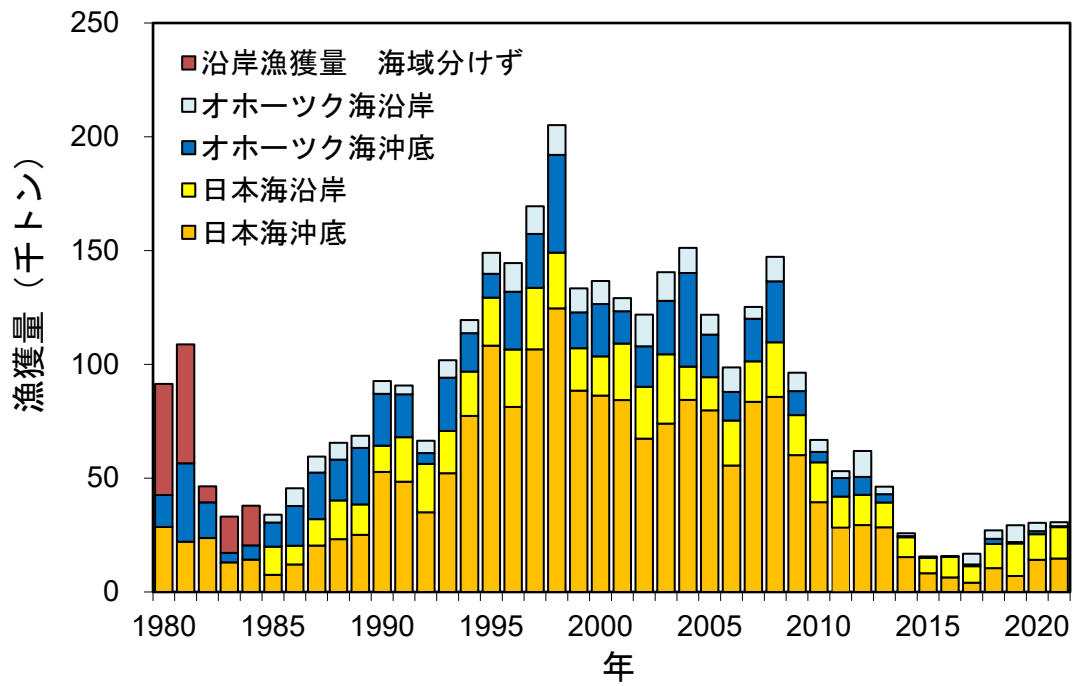


図 3-1. ホッケ道北系群の漁獲量の推移

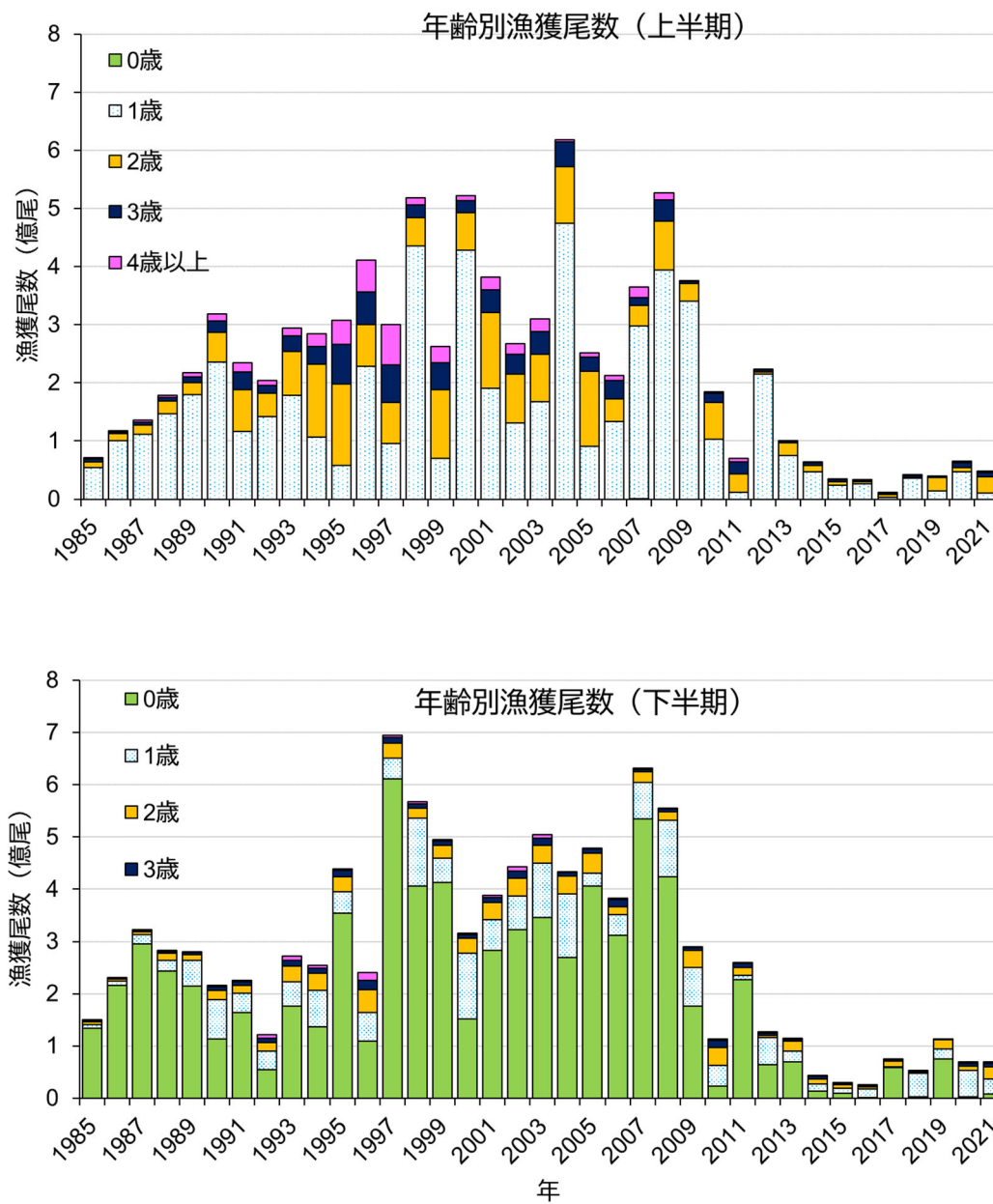


図 3-2. ホッケ道北系群の半期別・年齢別漁獲尾数の推移 (中央・稚内・網走水産試験場 2022)

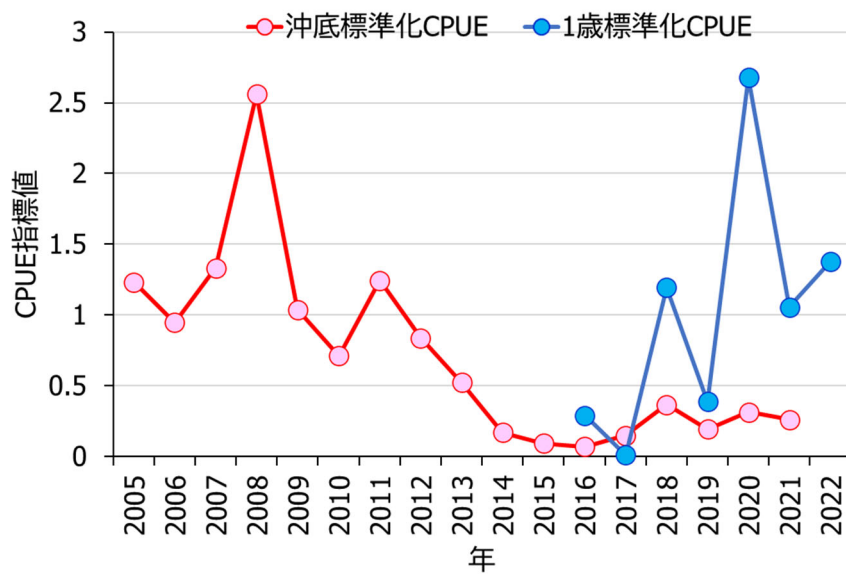


図 4-1. チューニングに用いた沖底標準化 CPUE (0~4 歳のチューニング指標値) および小樽沖底の漁獲報告から算出した 1 歳標準化 CPUE (1 歳のチューニング指標値)

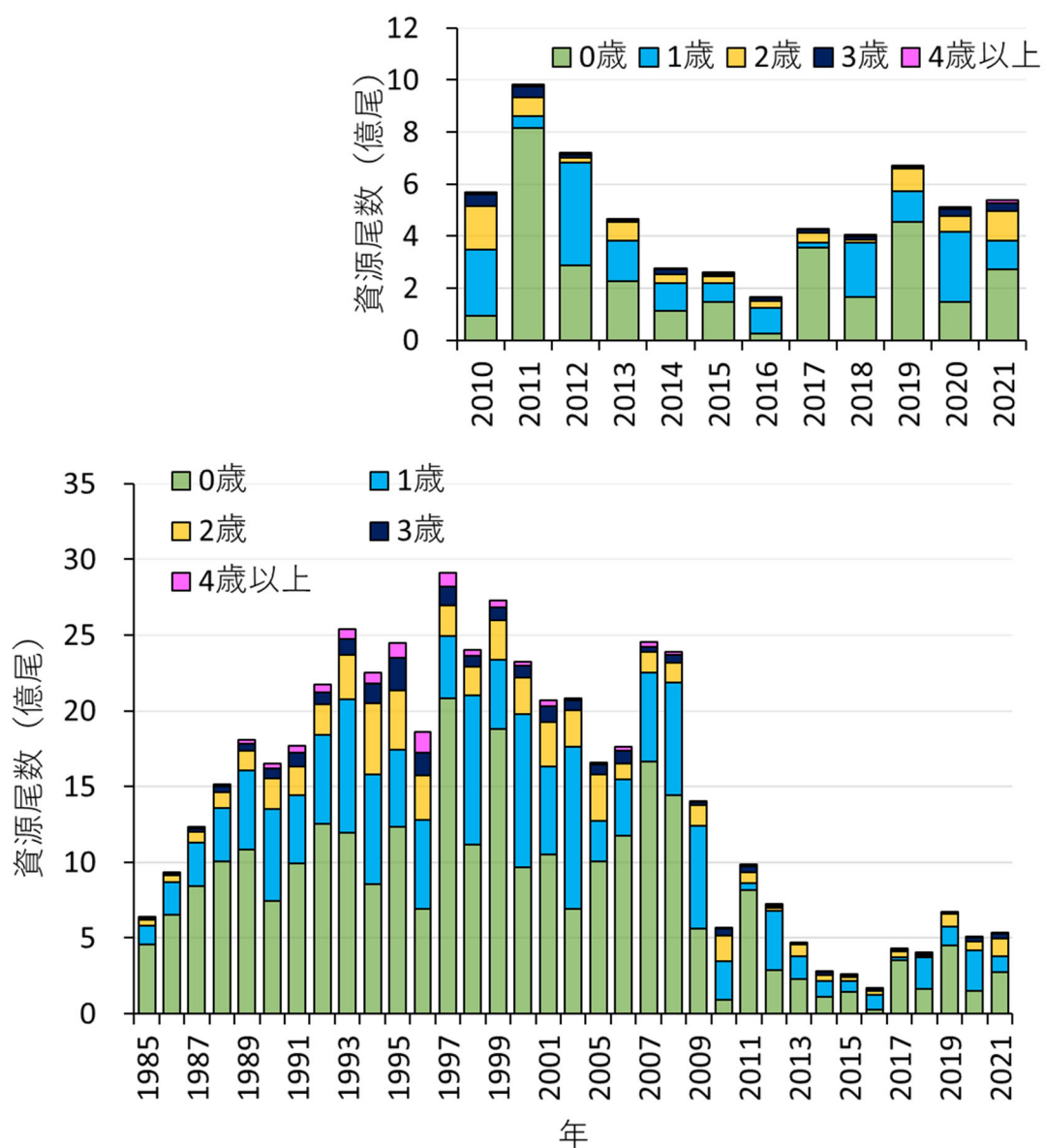


図 4-2. 年齢別資源尾数（上半期）の推移
 右上に 2010 年以降を拡大した図を示す。

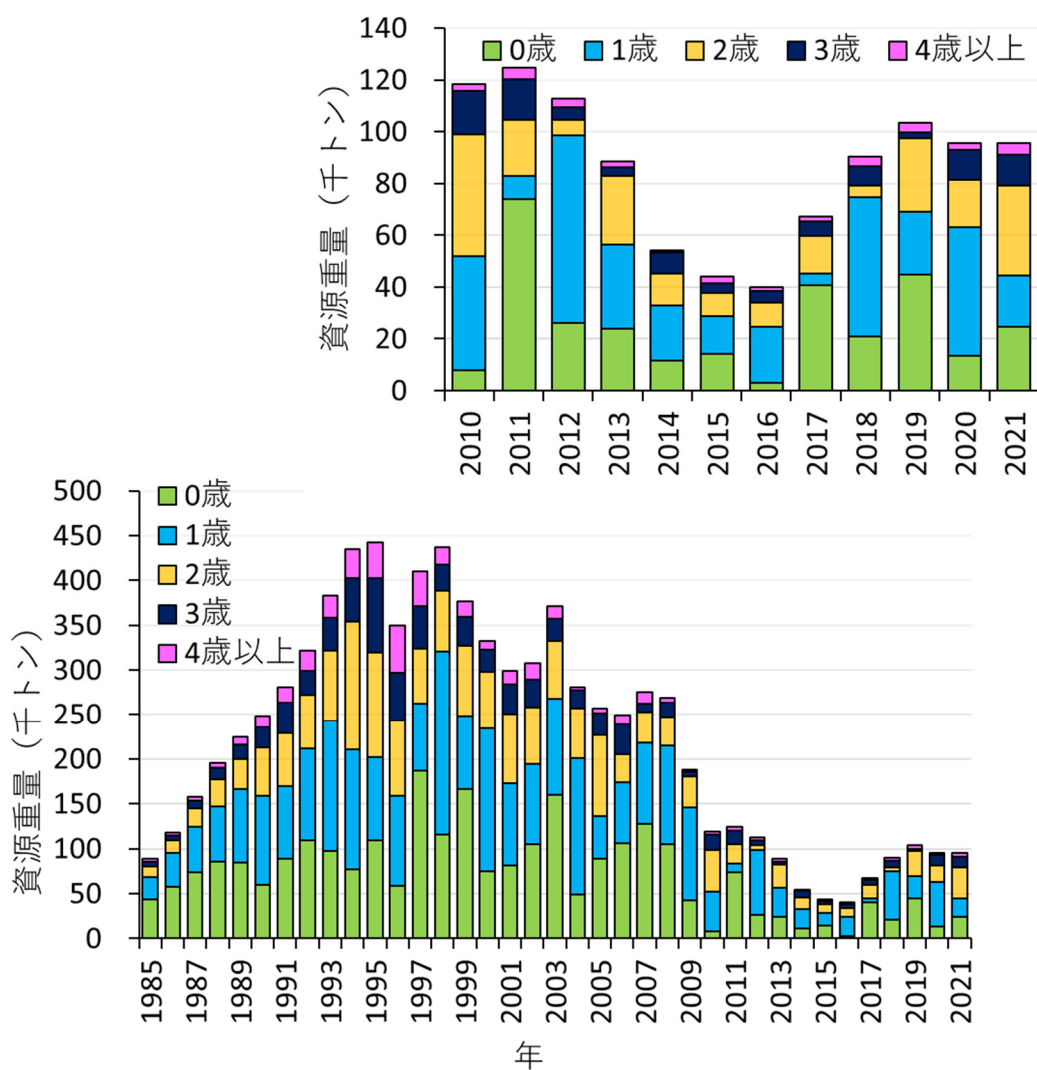


図 4-3. 年齢別資源重量（上半期）の推移
 右上に 2010 年以降を拡大した図を示す。

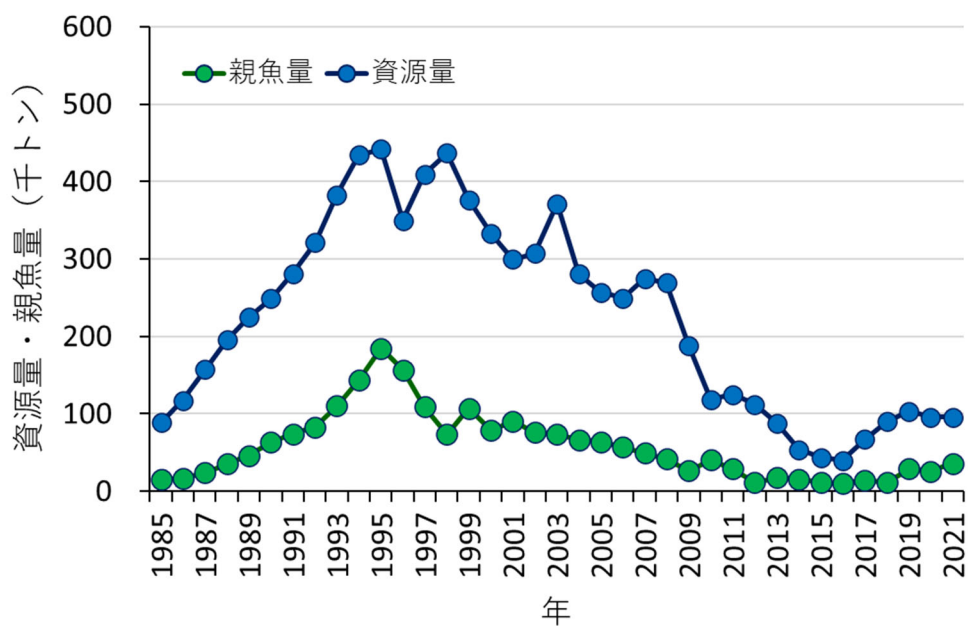


図 4.4. 資源量と親魚量の推移

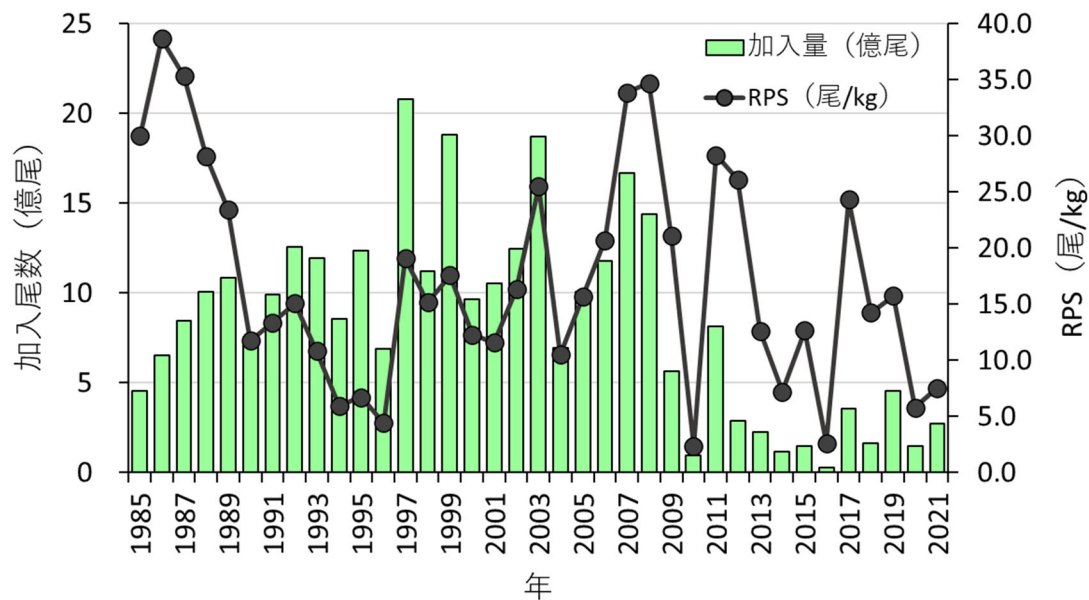


図 4.5. 加入量と再生産成功率 (RPS) の経年推移

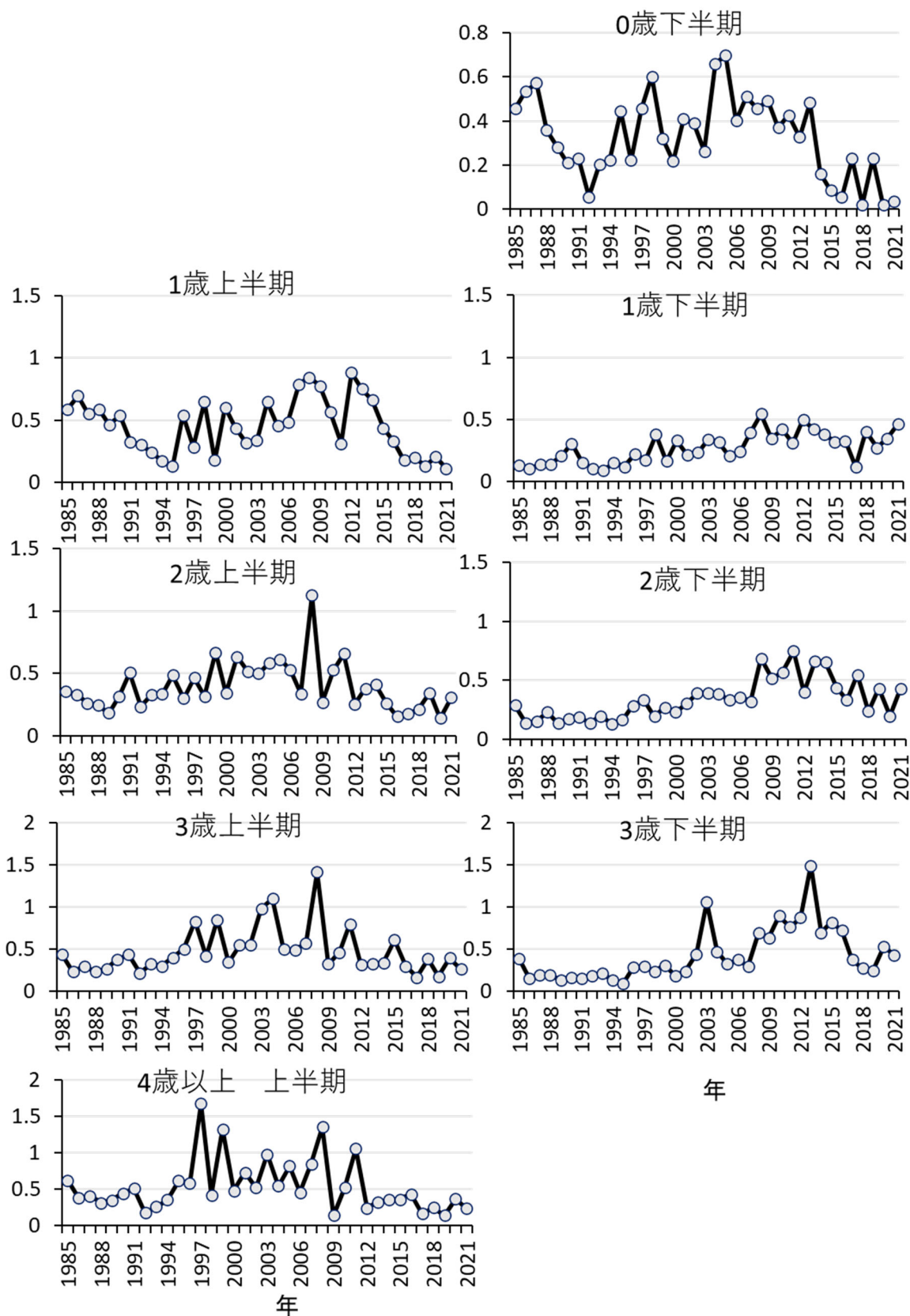


図 4-6. 各年齢の半期別 F 値の経年推移

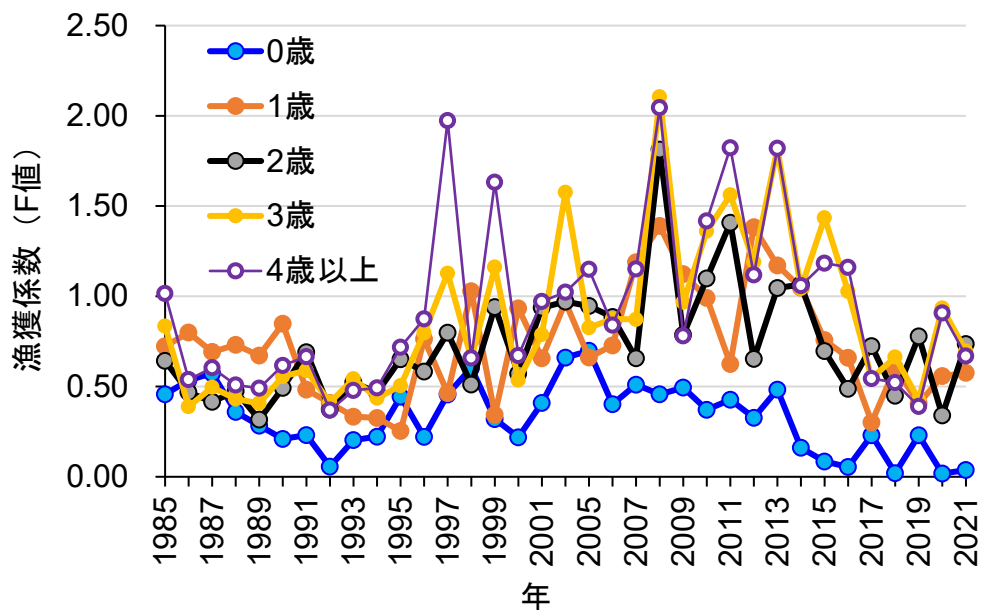


図 4-7. 年集計した漁獲尾数と上半期の資源尾数から計算した各年齢の年別 F 値の推移

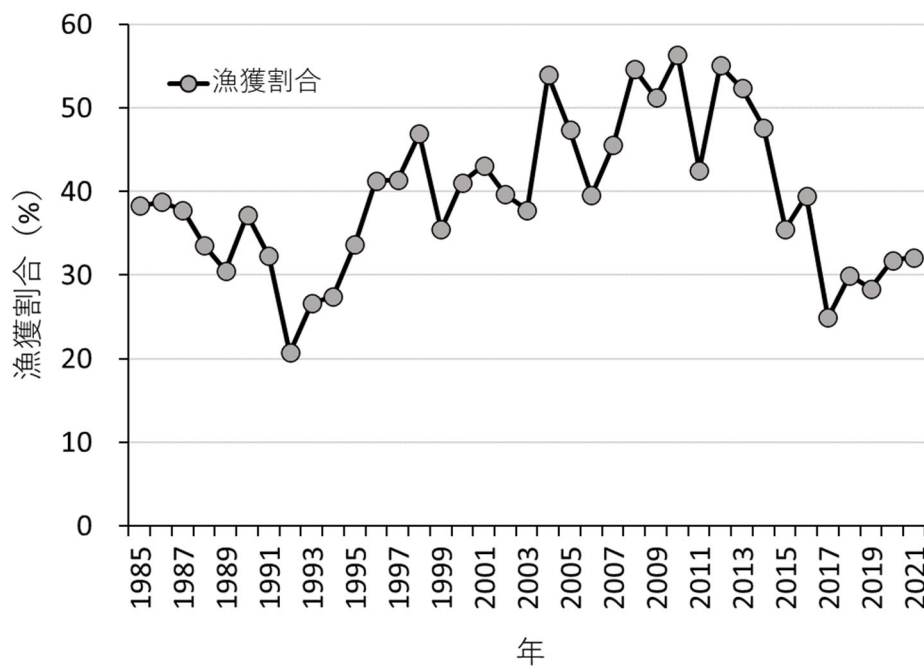


図 4-8. 年集計した漁獲重量と上半期の資源量から計算した漁獲割合の推移

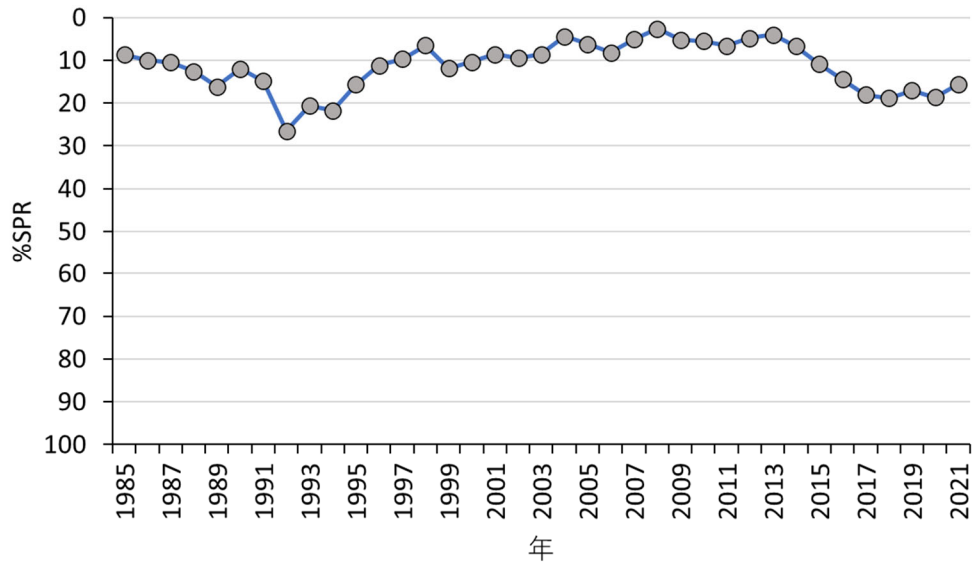


図 4-9. 各年における%SPR 値の経年推移

%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。なお、この際用いた親魚量（補足表 2-8）は前年 11 月の体重を用いて算出されたものである。

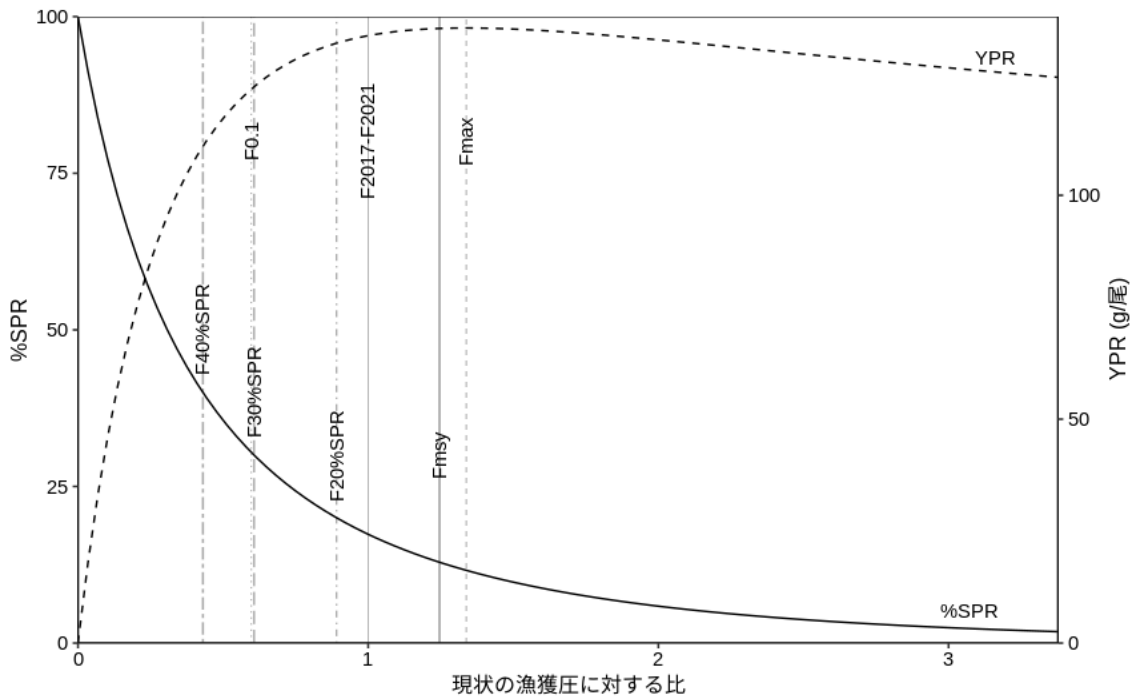
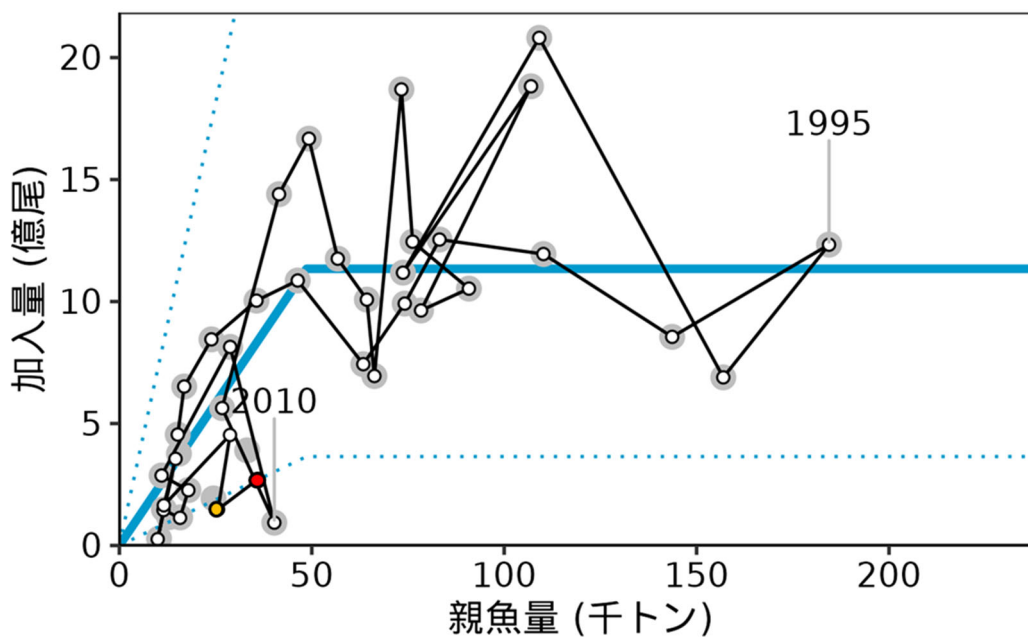


図 4-10. 現状の漁獲圧（F2017-2021）に対する YPR と%SPR の関係



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）

灰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。白色の丸は令和 4 年（2022）年度の資源評価における親魚量と加入量のデータ。2020 年の値は●、2021 年の値は●で示す。今年度よりコホート解析でのチューニング指標値として使用する沖底標準化 CPUE を変更し、また、指数間の重みを変更する手法を取り入れたため、過去年についても親魚量および加入量の推定値がわずかに変化した。

表 3-1. ホッケ道北系群の漁獲量（トン）

年	日本海		オホーツク海		沖底漁獲量(計)	沿岸漁獲量(計)	海域計
	沖底 漁獲量	沿岸 漁獲量	沖底 漁獲量	沿岸 漁獲量			
1980	28,567		14,033		42,600	48,826	91,426
1981	22,043		34,453		56,496	52,271	108,767
1982	23,673		15,703		39,376	6,995	46,371
1983	12,969		4,212		17,181	15,897	33,078
1984	14,166		6,280		20,447	17,471	37,918
1985	7,545	12,322	10,640	3,454	18,185	15,777	33,962
1986	12,054	8,270	17,434	7,813	29,488	16,083	45,571
1987	20,397	11,571	20,457	7,041	40,854	18,612	59,466
1988	23,185	17,031	17,908	7,424	41,092	24,455	65,548
1989	25,105	13,326	24,869	5,344	49,974	18,670	68,644
1990	52,699	11,586	22,734	5,646	75,434	17,232	92,665
1991	48,445	19,523	18,846	3,885	67,290	23,408	90,698
1992	35,041	21,206	4,749	5,476	39,790	26,682	66,472
1993	52,199	18,546	23,389	7,693	75,588	26,239	101,827
1994	77,369	19,439	16,862	5,810	94,232	25,249	119,481
1995	108,187	21,141	10,478	9,176	118,665	30,318	148,983
1996	81,310	25,191	25,391	12,571	106,701	37,763	144,464
1997	106,621	26,984	23,657	12,201	130,277	39,185	169,462
1998	124,626	24,450	42,930	13,079	167,556	37,530	205,086
1999	88,431	18,624	15,788	10,546	104,219	29,170	133,389
2000	86,252	17,251	22,985	10,123	109,237	27,374	136,611
2001	84,316	24,788	14,249	5,704	98,565	30,492	129,057
2002	67,324	22,839	17,771	13,941	85,096	36,780	121,876
2003	73,981	30,401	23,492	12,616	97,473	43,017	140,491
2004	84,405	14,566	41,179	11,049	125,584	25,615	151,199
2005	79,775	14,586	18,688	8,745	98,463	23,331	121,794
2006	55,560	19,744	12,557	10,758	68,117	30,502	98,619
2007	83,530	17,811	18,657	5,252	102,187	23,063	125,250
2008	85,689	23,999	26,803	10,755	112,492	34,754	147,246
2009	60,094	17,607	10,532	8,083	70,626	25,690	96,316
2010	39,439	17,533	4,515	5,311	43,954	22,844	66,798
2011	28,281	13,592	8,171	3,038	36,452	16,630	53,082
2012	29,391	13,266	7,859	11,452	37,250	24,718	61,968
2013	28,413	10,861	3,664	3,357	32,077	14,218	46,295
2014	15,317	8,705	504	1,263	15,821	9,968	25,789
2015	8,252	6,769	160	437	8,411	7,207	15,618
2016	6,364	9,004	149	235	6,513	9,239	15,752
2017	4,047	7,264	760	4,705	4,806	11,969	16,775
2018	10,467	10,596	2,292	3,720	12,758	14,316	27,074
2019	7,043	14,256	661	7,363	7,704	21,619	29,323
2020	14,132	11,246	1,359	3,642	15,491	14,888	30,379
2021	14,688	13,800	383	1,800	15,071	15,600	30,671

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）。

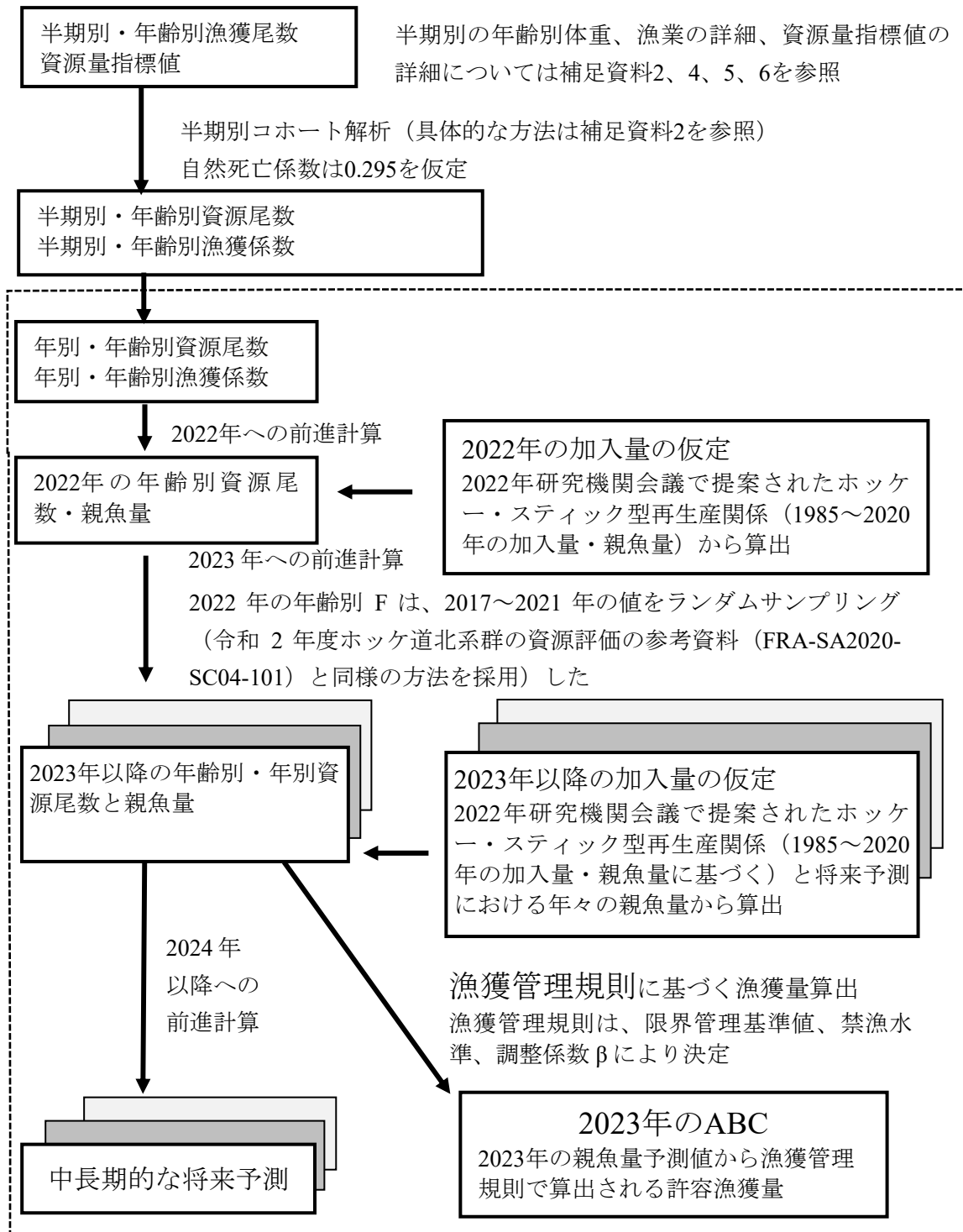
沿岸漁獲量（海域計）：漁業生産高報告（北海道水産林務部）（後志、石狩、留萌、宗谷、オホーツク振興局管内の漁獲量から沖底漁獲量を除いたもの）。

2021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	30.0
1986	46	118	17	652	39	9.9	1.16	38.7
1987	59	157	24	845	38	10.4	1.13	35.3
1988	66	195	36	1,004	34	12.5	1.02	28.2
1989	69	225	46	1,086	31	16.1	0.87	23.4
1990	93	249	63	743	37	12.0	1.05	11.7
1991	91	281	74	992	32	14.8	0.91	13.4
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	169	410	109	2,081	41	9.7	1.24	19.1
1998	205	437	74	1,118	47	6.5	1.43	15.2
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	28.3
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	1.14	12.7
2016	16	40	10	26	39	14.4	0.91	2.6
2017	17	67	15	355	25	18.0	0.77	24.3
2018	27	90	12	165	30	18.8	0.75	14.3
2019	29	103	29	453	28	17.0	0.82	15.8
2020	30	96	26	148	32	18.7	0.73	5.8
2021	31	96	36	272	32	15.6	0.87	7.5

補足資料 1 資源評価の流れ



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

補足資料 2 計算方法

(1) 資源計算方法

1985～2021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。資源状況による成熟率の変化は考慮していない。年齢別体重には各年の漁獲物の年齢別平均体重（補足表 2-2）を用いた。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 0～4+歳：補足表 2-3、補足資料 6）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 1 歳：補足表 2-3、補足資料 7）の 2 つの指標値を用いてチューニングを行った。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、指数間の重みを 1 : 1 とすると、1 歳 CPUE にオーバーフィッティングし、資源尾数、 F 値、産卵親魚量などのレトロスペクティブバイアスが大きくなる傾向が見られたことから（補足資料 9）、指数間の重みを変えた場合に全体的にレトロスペクティブバイアスが小さくなる重み（沖底 CPUE : 7.3115、1 歳 CPUE : 2.6885）を探索して使用した。なお、この指数間の重みを用いた場合は、本年度の半期別の資源計算では F 値の推定が安定する傾向が見られており、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改善しない（補足表 2-6）。そのため、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。

$$N_{a,2021,2} = \frac{C_{a,2021,2} \exp\left(\frac{M}{4}\right)}{1 - \exp(-F_{a,2021,2})} \quad (5)$$

ここで、 $F_{a,2021,2}$ 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 (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 m_a は a 歳における成熟率 (補足表 2-1) であり、 $w_{a,y-1}$ は a 歳 $y-1$ 年の体重である。親魚量の計算は、ホッケの産卵期が漁期末にあたるため、漁期末の資源尾数が 1 月 1 日と同等であるとみなし、体重は前年 (産卵年) の 1 歳前の 11 月 1 日における体重 (補足表 2-3) を用いた。ただし、1985 年の親魚量の計算については 1984 年の値がないため、1985 年の体重を用いた。

この際、 $N_{4,y}$ 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。

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

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

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 2021）。その影響を考慮するため、年別・半期別・年齢別の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。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（2016~2022 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（2021 年）の 0 歳以上の漁獲係数については、以下の (13) 式の目的関数を最小化するように F を推定した。

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

ここで σ_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。 β_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、 σ_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、 $B_{1,2022,1}$ は (22) 式より求めた。

$$B_{1,2022,1} = \exp(-F_{0,2021,2} - 0.5M) \times N_{0,2021,2} \times \tilde{W}_{1,2022,1} \quad (22)$$

ここで、 $\tilde{W}_{1,2022,1} = (1/5) \sum_{y=2016}^{2021} w_{1,y,1}$ 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 β_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され、沖底 CPUE については 7.3115 を、1 歳 CPUE には 2.6885 とした (補足資料 9)。最終年の 1 ~ 4+ 歳の漁獲係数については選択率更新法を用いており、計算の容易さなどから (選択率の) 制約条件付き目的関数の最小化によって実行した。制約条件の重み W_s は選択率のしばりの強さとなっており、1 歳 ~ 3 歳に対する過去 3 年 (2018~2020 年) の選択率と最近年 (2021 年) の選択率が合うように、漁獲係数の相対バイアス ((最終年の $F_{at_age} - F_{at_4+} \times$ 過去の平均 $S_{at_age}) / F_{at_4+} \times$ 過去の平均 $S_{at_age} \times 100$) が絶対値で 0.1 以下になるよう 50,000 と設定した (昨年度と同じ $W_s = 1000$ の場合は、相対誤差が 1 歳で -27.95、2 歳で -20.18 になり、 $W_s = 50000$ の場合は相対誤差が 1 歳で -0.06、2 歳で 0.007 となった)。SelCon は以下の (23) (24) 式で定義した。

$$F_{a,5} = F_{4+,2021,2} \times \frac{1}{3} \sum_{y=2018}^{2020} F_{a,y,2} / F_{4+,y,2} \quad (23)$$

$$SelCon = \sum_{a=1}^3 (F_{a,2021,2} - SF_a)^2 \quad (24)$$

(13) 式を最小とするよう、2021 年下半期の各年齢の $F_{a,2021,2}$ を探索的に求めた。その際、 $F_{3,2021,2} = F_{4+,2021,2}$ とした。

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 (26) 式に基づく (27) 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。

$$\begin{aligned} N_{a+1,y+1,1} &= N_{a,y,1} \exp(-F_{a,y} - M) \\ &= N_{a,y,1} \exp(-M) - C_{a,y,1} \exp(-3M/4) - C_{a,y,2} \exp(-M/4) \\ &= N_{a,y,1} \exp(-M - F_{a,y,1} - F_{a,y,2}) \end{aligned} \quad (26)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{a,y,1} \exp(M/4) + C_{a,y,2} \exp(3M/4)}{N_{a,y,1}} \right) = F_{a,y,1} + F_{a,y,2} \quad (27)$$

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。ρ は最新データを *i* 年分落とした場合の最終年 (*Y - i* 年) における推定値とフルデータによる *Y - i* 年の推定値との相対偏差の平均値 (Mohn 1999) である。

「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針 (令和 4 年度) FRA-SA2022-ABCWG02-03」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、 $b_1, b_2, q_1, q_2, \sigma_1, \sigma_2$ の推定結果および SelCon, obj, W_i の値については補足表 2-5 に示した。また、チューニング後のコホート解析によるレトロスペクティブ解析の結果を補足表 2-6、補足図 2-2 および補足図 2-3 に、資源解析結果の詳細は補足資料 5 に示した。

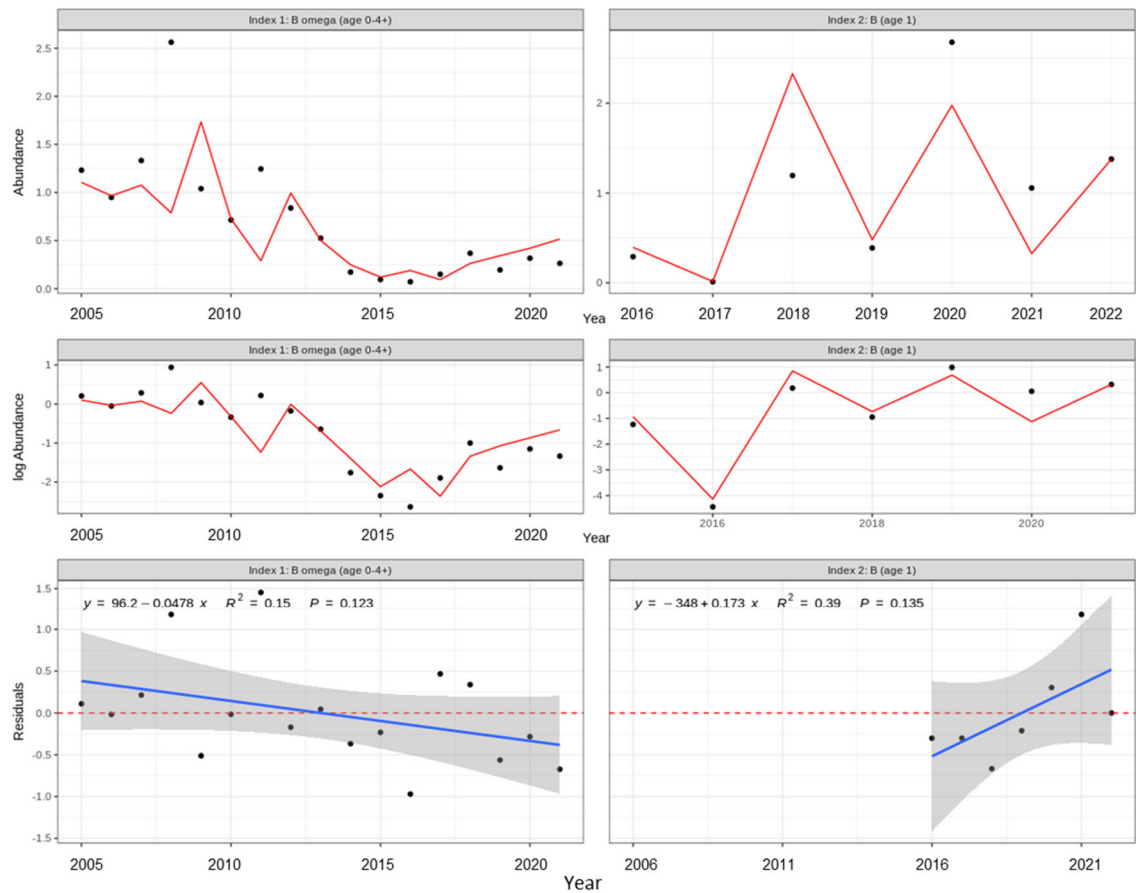
再生産関係式の適用と最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定の詳細については、令和 4 年 7 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」の資料 (森田ほか 2022) を参照されたい。ここで、MSY を実現する水準の推定には、適用した再生産関係と、令和 3 年度我が国周辺水域の漁業資源評価での将来予測に用いた各種設定が使用された。すなわち、再生産関係は令和 3 年資源評価で推定された 1985~2020 年級群の加入量および親魚量に基づくホッカー・スティック型とし、自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重および漁獲の選択率がシミュレーションの条件付けに用いられた。将来予測に用いる親魚量の計算には、「管理基準値等に関する研究機関会議」において将来予測に用いた年齢別資源尾数に対する年齢別体重の回帰式から得られた体重を用いた (FRA-SA2022-BRP02-01、FRA-SA2022-BRP02-03)。

また、選択率は、各年齢の漁獲係数 (F 値) の 2017~2021 年の平均値 (すなわち令和 3 年度資源評価での $F_{current}$) に基づくものとされた (補足表 2-7)。本系群は資源尾数と体重に負の関係が見られることから、将来の年齢別の体重は、資源尾数に体重を回帰させたときの回帰式からの予測値に確率的な変動を加えたものを用いた。以上の条件および使用した再生産関係の下で行われたシミュレーションにおいて、平衡状態における漁獲量を最

大化する漁獲係数が F_{msy} 、そのときの親魚量が SB_{msy} 、平衡状態で最大化された漁獲量の平均値が最大持続生産量 (MSY) として推定された。

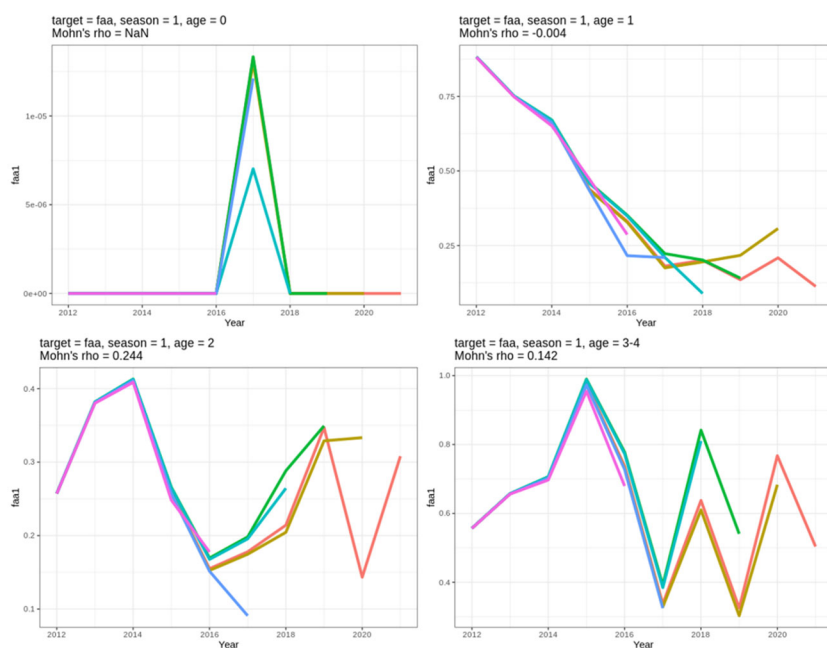
引用文献

- 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 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- (2022) 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** (9), 2427-2436.
- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. *Res. Bull. inst. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, **9**, 65-74.
- 鈴木祐太郎 (2017) 2017 年に北海道沖合で採集されたホッケ仔稚魚について. 試験研究は今, 833. (オンライン), 入手先 <http://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima833.pdf>
- 中央・稚内・網走水産試験場 (2022) ホッケ (道央日本海～オホーツク海海域). 2022 年度水産資源管理会議評価書. 北海道立総合研究機構水産研究本部 https://www.hro.or.jp/list/fisheries/research/central/section/shigen/08_hokke_northJSOkhotsk_2022.pdf (last accessed 30 November 2022)

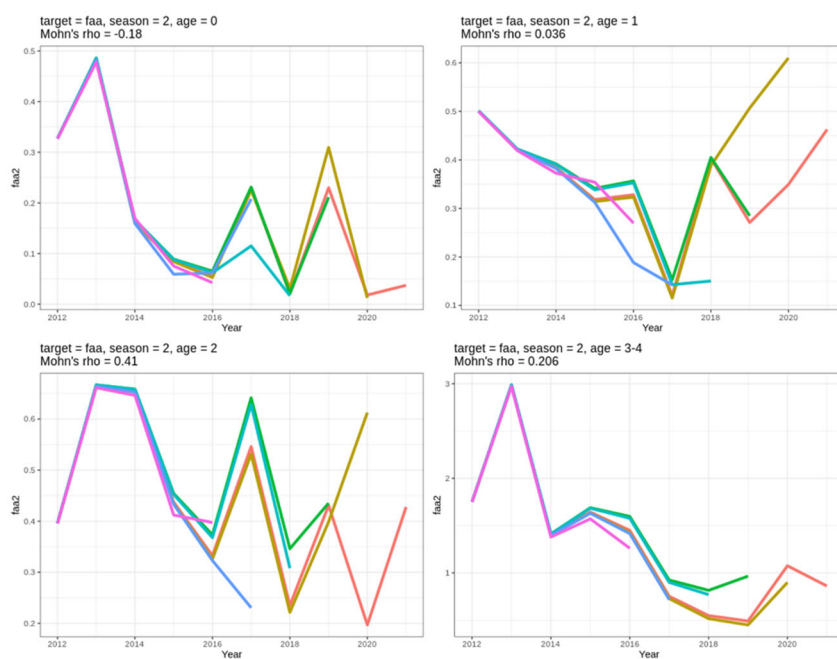


補足図 2-1. 各チューニング指標値（左：沖底標準化 CPUE、右：漁獲報告 1 歳標準化 CPUE）の予測値と観測値（上）、対数変換した予測値と観測値（中）および対数変換された予測値と観測値の残差プロット（下）

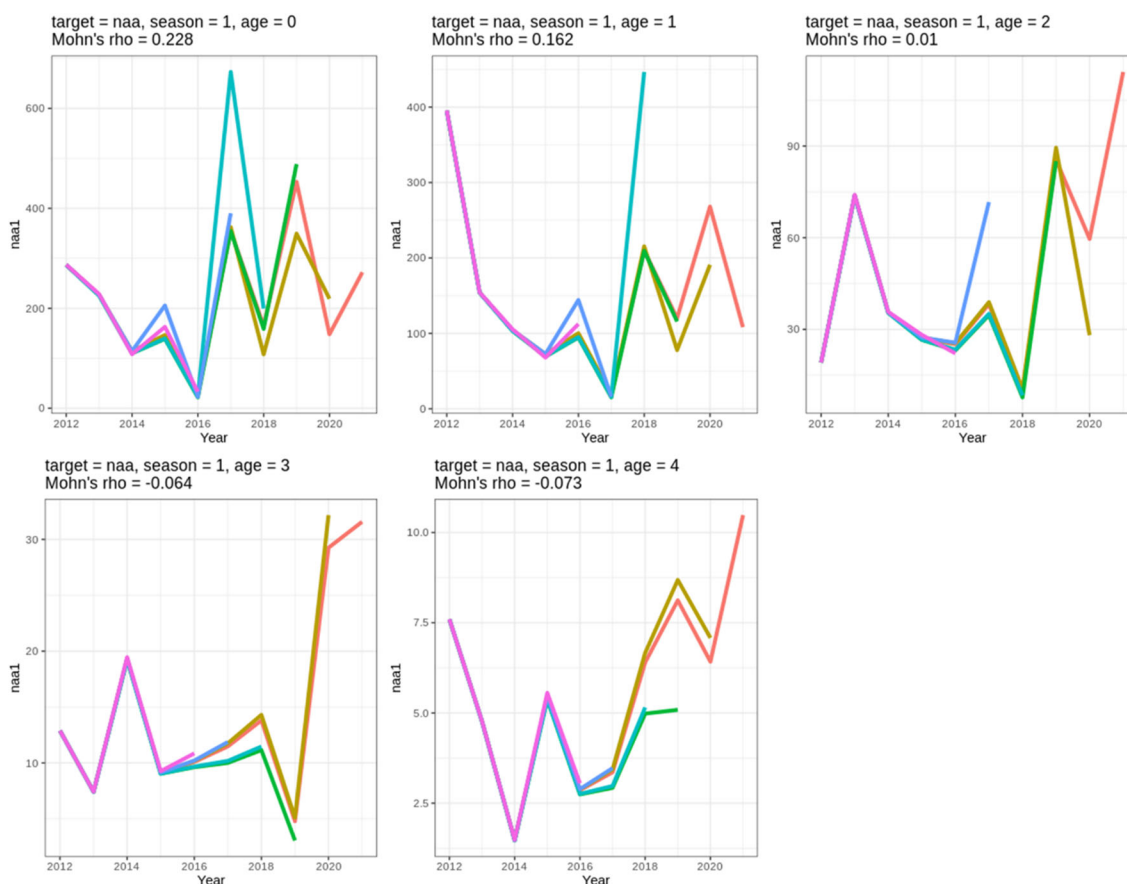
a)



b)



補足図 2-2. 上半期 (a) および下半期 (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 = 7.3115 : 2.6885 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 = 7.3115 : 2.6885 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

*従来方法で親魚量を計算する際はホッケの産卵後の資源：漁期末=翌年1月1日として扱い、成熟率は便宜的に1年ずらして使用している。

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	124	260	367	426	1985	95	192	320	402	443
1986	30	116	242	341	396	1986	88	178	297	374	412
1987	29	115	240	338	393	1987	87	177	295	370	408
1988	29	112	234	330	383	1988	85	173	288	362	398
1989	26	102	214	302	350	1989	78	158	263	330	364
1990	27	105	220	311	361	1990	80	162	271	340	375
1991	30	118	246	347	403	1991	89	181	302	380	418
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	118	247	349	405	1997	90	182	304	382	421
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
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	111	233	329	382	2010	85	172	286	360	396
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	43	167	348	492	571	2019	99	201	335	420	463
2020	33	130	272	384	446	2020	91	185	309	388	427
2021	31	120	251	354	411	2021	90	183	304	383	421
2022	38	147	307	433	503	2022	104	212	353	443	488

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6）、2022年の値は過去5年間（2017～2021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、2022年の値は過去5年間（2017～2021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	104	238	353	419	457
1986	97	221	328	390	425
1987	96	219	325	386	421
1988	94	214	317	377	411
1989	86	195	290	344	376
1990	88	201	299	355	387
1991	98	225	333	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	226	335	398	434
1998	114	259	385	457	499
1999	98	223	330	393	428
2000	85	195	289	344	375
2001	85	195	289	344	375
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	93	213	316	375	409
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	99	226	336	399	435

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	
		1.232	0.949	1.332	2.562	1.039	0.714	1.245	0.838	0.525	
	年	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
		0.172	0.096	0.072	0.150	0.368	0.195	0.317	0.263		
CPUE2	年			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
				0.292	0.012	1.195	0.388	2.679	1.056	1.378	

補足表 2-5. CPUE1 および CPUE2 における係数 b 、 q 、 σ 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 (β_i)、SelCon および目的関数の推定結果

	b	q	σ	β_i
CPUE1	1.267075	0.01432333	0.6023552	7.3115
CPUE2	1.9607	0.002186227	0.5545192	2.6885
SelCon	7.67E-08			
obj	128.9718109			

補足表 2-6. リッジペナルティ λ 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 ρ

λ	ρ						
	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	0.196	0.216	0.196	0.019	0.217	0.116	0.114
0.05	0.190	0.210	0.192	0.016	0.206	0.120	0.119
0.1	0.183	0.202	0.187	0.012	0.193	0.124	0.125
0.15	0.175	0.193	0.181	0.008	0.179	0.129	0.132
0.2	0.166	0.182	0.174	0.003	0.163	0.136	0.141
0.25	0.153	0.168	0.165	-0.004	0.144	0.145	0.154
0.3	0.133	0.147	0.149	-0.015	0.115	0.161	0.176
0.35	-0.006	-0.006	0.022	-0.100	-0.045	0.302	0.376
0.4	-0.008	-0.008	0.021	-0.101	-0.049	0.303	0.376
0.45	-0.008	-0.008	0.022	-0.100	-0.051	0.302	0.373
0.5	-0.007	-0.007	0.024	-0.099	-0.053	0.299	0.368
0.55	-0.005	-0.005	0.027	-0.097	-0.055	0.294	0.360
0.6	-0.002	-0.002	0.032	-0.093	-0.055	0.288	0.350
0.65	0.003	0.004	0.039	-0.089	-0.055	0.279	0.337
0.7	0.009	0.011	0.048	-0.082	-0.054	0.268	0.320
0.75	0.018	0.021	0.060	-0.073	-0.051	0.254	0.299
0.8	0.032	0.035	0.078	-0.060	-0.047	0.234	0.270
0.85	0.052	0.058	0.105	-0.040	-0.039	0.205	0.231
0.9	0.088	0.096	0.151	-0.004	-0.023	0.158	0.169
0.95	0.171	0.186	0.259	0.083	0.019	0.064	0.051

補足表 2-7. 最大持続生産量 (MSY) を実現する水準の推定に用いたパラメータ値 (森田ほか 2022)

年齢	自然死亡係数	成熟率	平均重量(最小-最大)(g)* ¹	平均重量(最小-最大)(g)* ²	選択率	現状の漁獲圧 (F2016-2019)
0	0.295	0	91 (89-105)	94 (92-109)	0.24	0.14
1	0.295	0.8	175 (168-198)	210 (92-239)	0.89	0.53
2	0.295	1	287 (277-326)	329 (316-374)	0.91	0.54
3	0.295	1	364 (352-413)	389 (373-442)	1.01	0.60
4	0.295	1	401 (387-455)	409 (392-465)	1.00	0.59
5+	0.295	1	401 (387-455)	-	1.00	0.59

本系群は資源尾数と体重に負の関係が見られることから、将来の年齢別の体重は、資源尾数と体重に非線形関係を過程した予測モデル (FRA-SC2022-BRP02-03) から得られた値を用いた。MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率は、令和 3 年度資源評価での現状の漁獲圧 F2016-2019 の選択率 (2016~2019 年漁期の平均 F の選択率) 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)

補足表 2-8. 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で用いた親魚量と加入量（令和 3 年度資源評価，左表）および令和 4 年度資源評価で推定された親魚量と加入量（右表）

年	親魚量 (千トン)	加入尾数 (百万尾)	年	親魚量 (千トン)	加入尾数 (百万尾)
1985	15170	455	1985	15170	455
1986	16852	652	1986	16852	652
1987	23927	845	1987	23927	845
1988	35629	1004	1988	35629	1004
1989	46349	1086	1989	46349	1086
1990	63388	743	1990	63388	743
1991	74153	992	1991	74153	992
1992	83193	1254	1992	83193	1254
1993	110200	1195	1993	110200	1195
1994	143655	855	1994	143655	855
1995	184417	1233	1995	184417	1233
1996	156932	689	1996	156932	689
1997	109106	2081	1997	109106	2081
1998	73705	1118	1998	73705	1118
1999	106969	1882	1999	106969	1882
2000	78391	963	2000	78391	963
2001	90834	1053	2001	90834	1053
2002	76196	1245	2002	76196	1245
2003	73289	1870	2003	73289	1870
2004	66273	695	2004	66273	695
2005	64316	1008	2005	64316	1008
2006	56754	1176	2006	56754	1176
2007	49251	1668	2007	49251	1668
2008	41493	1440	2008	41493	1440
2009	26707	563	2009	26707	563
2010	40263	94	2010	40263	94
2011	28793	814	2011	28792	814
2012	10980	287	2012	10979	287
2013	17943	227	2013	17930	227
2014	15804	115	2014	15770	113
2015	11570	149	2015	11463	145
2016	10303	28	2016	9959	26
2017	15484	377	2017	14598	355
2018	12903	116	2018	11555	165
2019	33208	390	2019	28755	453
2020	24472	193	2020	25640	148
			2021	36047	272

補足資料 3 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 3-1. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	36 千トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 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, 0.58, 0.74, 0.7, 0.67, 0.67)	
U2021	32%	2021 年の漁獲割合
%SPR (F2021)	15.6%	2021 年の%SPR
%SPR (F2017-2021)	17.4%	現状(2017~2021 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
MSY 水準との比較		
SB2021/ SBmsy (SBtarget)	0.36	最大持続生産量を実現する親魚量に対する 2021 年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	0.87	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 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	MSY を実現する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2021 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 3-2. 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	S.D.	ρ
ホッケ-スティック型	最小絶対値法	無	0.0233	48,640	0.69	0

a (百万尾/トン) と b (トン) 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。

補足資料 4 漁業の詳細

(1) 北海道周辺の長期的な漁獲量の推移

本系群の漁獲量は 1998 年以降減少して 1980 年以降で最低となっているが、1980 年以前の漁獲状況を押し量るものとして 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 4-1）。全国の漁獲量は、1960 年代には 8.0 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、北海道で 4 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 および 2019 年は 3.4 万トン、2020 年は 4.1 万トン、2021 年は 4.5 万トンと増加している。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

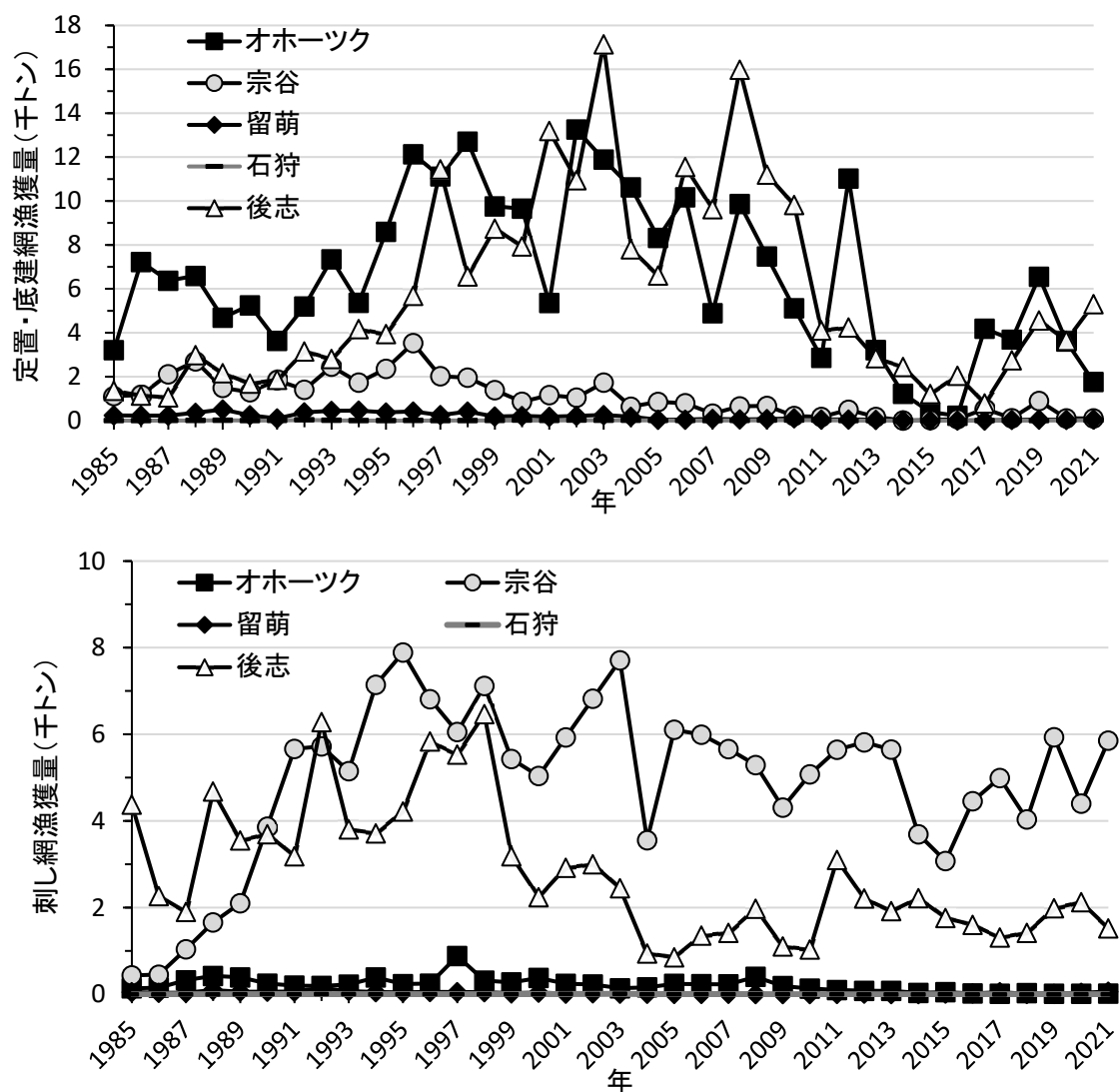
補足図 4-1 および補足表 4-2 に沿岸漁業による漁獲の 5～6 割を占める定置・底建網および刺網の振興局別漁獲量を示した。定置・底建網の漁獲量は、オホーツク総合振興局（オホーツク）および後志総合振興局（後志）で多い。両振興局の漁獲量とも、1990 年代に増加し、2000 年代前半にかけて 1 万～1.7 万トン程度の高い値で推移した。2008 年以降は減少傾向が見られ、2017 年は後志で 8 百トンとなったが、近年は増加し、2021 年は 0.5 万トンとなった。オホーツクでは 2016 年の 2 百トンから 2017 年に 0.4 万トンに急増し、2018 年も 0.4 万トン程度で推移し、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 2021 年は 0.2 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、2016～2017 年は 0.5 万トンに増加した。2018 年以降は増減しながら推移しており、2020 年は 0.4 万トン、2021 年は 0.6 万トンとなった。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、2017～2021 年は 0.1 万～0.2 万トンで推移している。

(3) 漁獲量および漁獲努力量

沖底における月別集計の操業種類別（かけまわしおよびオッタートロール）の努力量（ホッケ有漁網回数）を補足図 4-2 および補足表 4-3 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。2020 年に 0.3 万網に減少したが、2021 年は 0.4 万網と若干増加した（補足図 4-2、補足表 4-3）。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 年は 2 百網、2019 年・2020 年は 3 百網、2021 年は 1 百網であった。オホーツク海におけるかけまわしの有漁網数は、日本海と同様 1980 年代後半から 1990 年代後半まで 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、2019 年まで同程度で推移していたが、2020 年および 2021 年は 0.5 万網となった。オッタートロールの有漁網数は、およそ 0.1 万～0.5

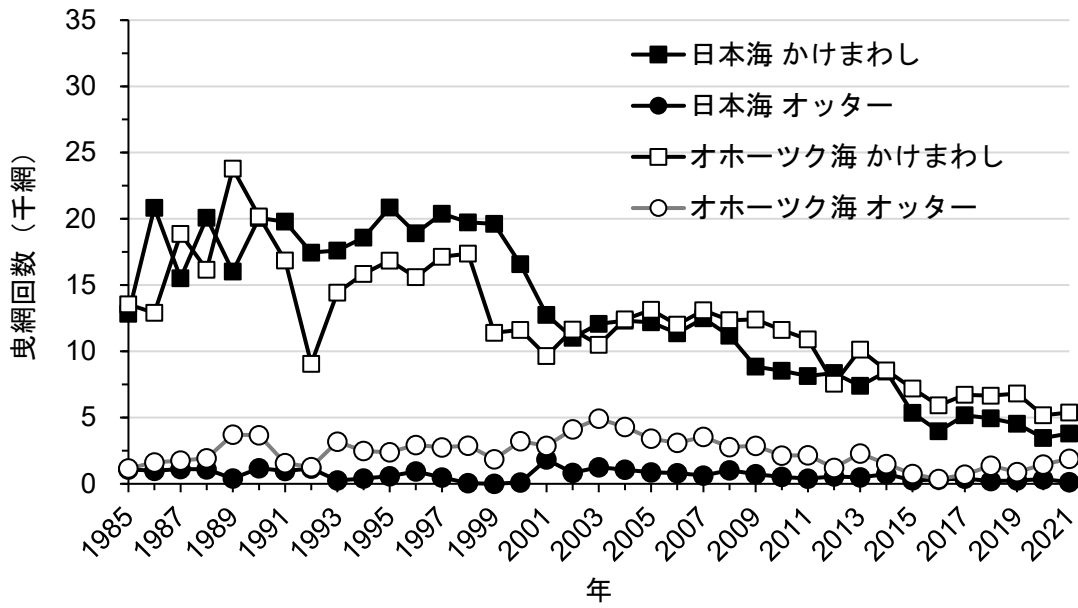
万網で推移したが、2015年は減少して7百網になり、2016年はさらに減少して4百網となった。2019年の9百網から増加傾向となり、2021年は0.2万網となった。

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4-4）。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。

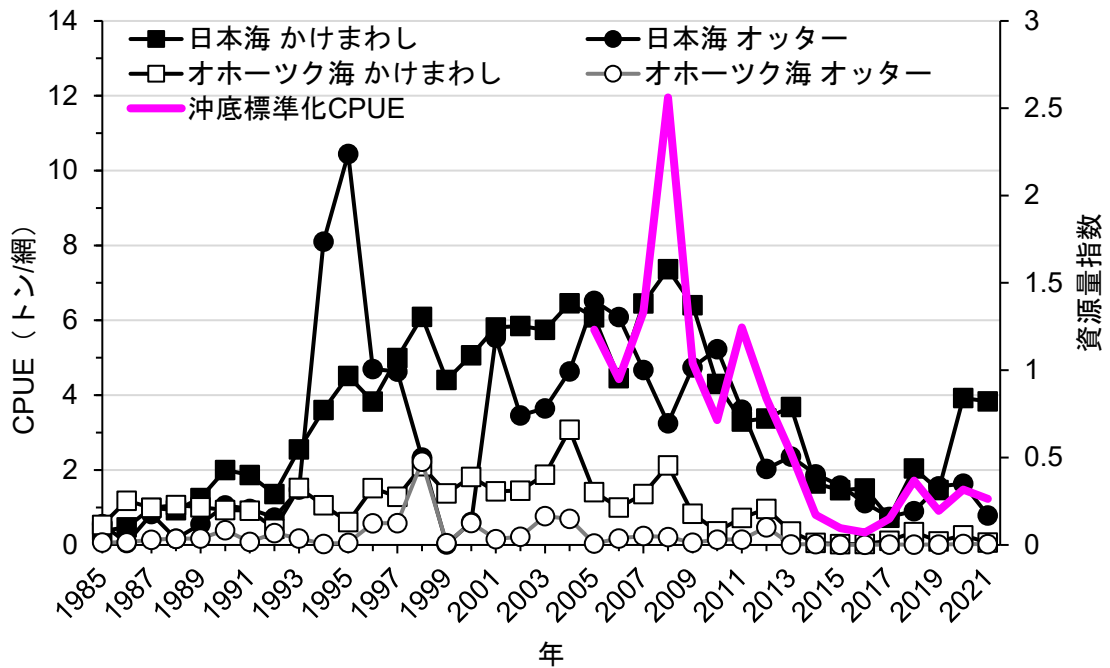


補足図 4-1. 振興局別の漁獲量の推移

定置・底建網（上図）および刺し網漁業（下図）について示す。



補足図 4-2. ホッケ道北系群に対する沖合底びき網漁業の有漁曳網回数の推移



補足図 4-3. ホッケ道北系群に対する沖合底びき網漁業の海域・漁業種別 CPUE

補足表 4-1. 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	1989	103,325	114,945
1957	104,944	105,562	1990	121,482	133,605
1958	47,642	47,933	1991	112,104	130,385
1959	100,185	100,300	1992	88,405	97,564
1960	115,798	115,978	1993	126,509	135,529
1961	184,898	185,248	1994	145,581	152,503
1962	120,425	122,218	1995	168,276	176,603
1963	150,089	150,393	1996	173,834	181,513
1964	202,900	204,888	1997	199,777	206,763
1965	106,031	107,288	1998	233,231	240,971
1966	105,026	106,016	1999	163,011	169,481
1967	81,395	81,912	2000	160,085	165,118
1968	84,641	86,855	2001	157,453	161,160
1969	98,096	102,581	2002	147,328	154,736
1970	142,643	146,516	2003	160,137	167,989
1971	145,693	147,209	2004	167,010	175,544
1972	178,219	180,552	2005	135,457	140,450
1973	112,928	114,986	2006	112,658	116,391
1974	138,534	143,500	2007	134,830	139,154
1975	110,635	114,706	2008	164,646	169,807
1976	223,074	229,194	2009	116,341	119,325
1977	219,492	234,812	2010	82,362	84,497
1978	123,889	134,763	2011	61,180	62,583
1979	107,422	118,888	2012	67,935	68,762
1980	102,864	117,351	2013	52,009	52,690
1981	104,483	122,839	2014	28,194	28,438
1982	85,791	102,884	2015	17,026	17,195
1983	43,660	55,531	2016	17,199	17,393
1984	55,468	65,650	2017	17,695	17,776
1985	52,767	66,384	2018	32,577	33,667
1986	74,718	89,039	2019	32,799	34,107
1987	88,001	99,377	2020	39,460	41,054
1988	93,751	104,160	2021	44,218	45,469

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)、2021年は暫定値。

補足表 4-2. 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

単位:トン。

補足表 4-2. (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

単位:トン。

補足表 4-3. 北海道根拠の沖底の漁獲量と漁獲努力量（月別集計値）

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

年	日本海					
	有漁網数*1 (月別)		漁獲量 (トン)		CPUE (トン/網)	
	かけまわし*2	オッター*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	8,534	523	36,703	2,736	4.30	5.23
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	3,456	348	13,563	570	3.92	1.64
2021	3,804	128	14,587	101	3.83	0.79

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）。

補足表 4-3 (続き) . 北海道根拠の沖底の漁獲量と漁獲努力量 (月別集計値、オホーツク海)

年	オホーツク海						両海域
	有漁網数*1 (月別)		漁獲量 (トン)		CPUE (トン/網)		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	1.23
2006	12,012	3,098	12,020	537	1.00	0.17	0.95
2007	13,098	3,545	17,807	850	1.36	0.24	1.33
2008	12,346	2,772	26,218	585	2.12	0.21	2.56
2009	12,400	2,869	10,361	170	0.84	0.06	1.04
2010	11,613	2,137	4,211	304	0.36	0.14	0.71
2011	10,900	2,155	7,862	309	0.72	0.14	1.24
2012	7,560	1,207	7,290	569	0.96	0.47	0.84
2013	10,128	2,290	3,633	31	0.36	0.01	0.52
2014	8,560	1,494	472	31	0.06	0.02	0.17
2015	7,196	737	157	2	0.02	0.00	0.10
2016	5,921	367	147	2	0.02	0.00	0.07
2017	6,717	693	754	6	0.11	0.01	0.15
2018	6,654	1,365	2,279	12	0.34	0.01	0.37
2019	6,815	892	653	7	0.10	0.01	0.20
2020	5,171	1,450	1,321	37	0.26	0.03	0.32
2021	5,387	1,894	345	38	0.06	0.02	0.26

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

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

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

*2 100トン以上のかけまわし (試験操業を含む)。

*3 オッターコントロール (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1-12月の標準化CPUE指標値。

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

底建網 ^{*1} （行使者数）						さけ定置 ^{*2} （統）							
年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計	年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計
1973							1973	105	26	8	8	4	151
1974							1974	104	30	9	9	6	158
1975							1975	104	26	9	10	4	153
1976							1976	104	61	12	8	5	190
1977							1977	106	61	10	10	5	192
1978							1978	106	64	9	12	5	196
1979							1979	102	73	15	17	5	212
1980							1980	102	74	15	16	5	212
1981							1981	102	92	19	17	5	235
1982							1982	102	88	16	17	5	228
1983							1983	102	88	11	17	5	223
1984							1984	89	79	23	18	4	213
1985							1985	90	80	23	18	4	215
1986							1986	89	80	23	18	4	214
1987							1987	84	79	23	18	5	209
1988							1988	84	80	22	18	5	209
1989					291		1989	77	67	25	18	116	303
1990					307		1990	77	67	25	18	113	300
1991					349		1991	73	67	27	18	115	300
1992					531		1992	76	67	25	18	111	297
1993					369		1993	79	67	25	18	116	305
1994					362		1994	67	65	23	19	226	400
1995					369		1995	147	64	22	18	237	488
1996	451	238	55		369		1996	74	63	21	16	227	401
1997	231	200	50		311		1997	74	59	19	16	215	383
1998	479	153	75		315		1998	71	60	19	16	213	379
1999	471	185	71		290		1999	71	56	18	18	228	391
2000	491	187	56		333		2000	71	56	-	17	224	368
2001	584	179	66	23	293	1,145	2001	71	56	-	16	216	359
2002	396	174	40	24	295	929	2002	72	53	19	16	212	372
2003	206	103	48	16	295	668	2003	72	50	19	16	201	358
2004	357	150	43	18	91	659	2004	75	52	18	15	209	369
2005	370	150	45	16	111	692	2005	73	52	18	16	209	368
2006	361	152	41	16	302	872	2006	74	51	21	16	205	367
2007	349	138	28	16	298	829	2007	74	51	21	(16)	234	396
2008	120	137	28	16	303	604	2008	78	51	21	(16)	224	389
2009	119	135	36	12	76	378	2009	78	52	20	(16)	224	390
2010	119	128	37	13	86	383	2010	78	52	20	(16)	224	390
2011	179	127	35	12	75	428	2011	78	52	20	(16)	224	390
2012	125	125	39	12	83	384	2012	78	52	20	(16)	224	390
2013	142	125	33	12	76	388	2013	82	52	19	(16)	209	389
2014	123	131	36	12	73	375	2014	82	51	18	(16)	(209)	377
2015	124	138	35	12	62	371	2015	(82)	(51)	(18)	(16)	(209)	376
2016	124	131	40	12	63	370	2016	(82)	(51)	19	(16)	(209)	377
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)	198	365
2019	119	113	20	12	68	332	2019	(82)	50	17	(16)	198	363
2020	286	131	18	12	206	653	2020	92	(50)	17	(16)	197	373
2021	(286)	(131)	(23)	(12)	(63)	653	2021	(92)	(50)	(17)	(16)	(197)	373

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

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

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

()は、値が更新されていない場合、前年の数値を記載した。

補足表 4-4 (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

小定置 ^{*2} (統)						
年/振興局	オホーツク	宗谷	留萌	石狩	後志	計
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

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

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

2007年以降のさげ定置はさげ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5 ホッケ道北系群の資源解析結果（1985～1996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
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
	下半期	12.6	19.0	25.8	20.7	16.7	9.0	14.6	4.8	14.3	12.3	31.5	9.3
1歳	上半期	10.3	17.8	19.8	25.3	28.4	38.3	21.1	25.1	29.4	19.6	10.6	39.1
	下半期	1.4	1.5	3.0	3.6	7.8	12.3	6.7	6.1	7.7	12.8	7.4	9.3
2歳	上半期	3.3	3.7	4.5	6.2	5.2	13.7	21.7	11.8	20.6	38.2	42.1	20.2
	下半期	1.6	1.0	1.9	3.9	2.8	5.0	4.7	4.9	8.2	10.0	8.7	12.3
3歳	上半期	1.9	1.0	2.0	2.5	3.6	7.0	11.3	4.9	9.4	11.9	25.7	20.0
	下半期	0.9	0.5	0.9	1.4	1.3	2.0	2.5	3.0	4.1	3.6	4.2	6.6
4歳以上	上半期	1.4	0.8	1.3	1.4	2.4	4.4	6.8	3.3	5.2	8.9	17.1	21.7
	下半期	0.4	0.2	0.4	0.6	0.6	1.1	1.2	2.5	2.9	2.2	1.6	5.9
計		34.0	45.6	59.5	65.5	68.6	92.7	90.7	66.5	101.8	119.5	149.0	144.5

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
0歳	上半期	455	652	845	1,004	1,086	743	992	1,254	1,195	855	1,233	689
	下半期	392	562	729	866	937	641	856	1,082	1,031	738	1,064	595
1歳	上半期	130	214	284	355	522	609	449	586	883	726	510	589
	下半期	62	92	141	169	283	307	279	373	596	527	385	296
2歳	上半期	37	47	72	106	127	198	194	206	290	471	390	294
	下半期	22	29	48	71	91	124	101	141	180	290	207	188
3歳	上半期	14	14	22	35	49	69	90	72	106	128	220	151
	下半期	8	10	14	24	32	40	50	50	66	82	127	79
4歳以上	上半期	7	7	10	14	23	35	43	54	64	75	96	134
	下半期	3	4	6	9	14	19	22	39	42	45	45	64
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

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
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
	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
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
	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
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
	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
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
	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
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
	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

年齢別漁獲係数

年齢	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
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
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
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
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
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
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
%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

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
0歳	43.0	57.3	73.6	85.4	84.4	59.5	88.6	108.8	97.0	77.2	109.8	58.1
1歳	24.9	38.2	50.3	61.2	82.3	99.0	81.3	103.2	145.4	132.9	92.0	100.8
2歳	11.8	14.0	21.2	30.5	33.4	53.7	58.7	60.5	79.6	143.7	117.4	84.0
3歳	5.7	5.4	8.1	12.8	16.2	23.5	34.3	26.7	36.5	49.1	83.2	54.2
4歳以上	3.2	2.7	4.1	5.6	8.5	13.1	18.2	21.9	24.1	31.7	39.9	52.7
資源量	88.7	117.6	157.3	195.4	224.8	248.8	281.1	321.1	382.7	434.6	442.2	349.8
親魚量	15.2	16.9	23.9	35.6	46.3	63.4	74.2	83.2	110.2	143.7	184.4	156.9
RPS	30.0	38.7	35.3	28.2	23.4	11.7	13.4	15.1	10.8	6.0	6.7	4.4

補足資料5（続き） コホート解析結果の詳細（1997～2008年）

半期別・年齢別漁獲量（千トン）

年齢	期	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
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
	下半期	54.9	41.9	36.6	11.8	22.0	27.3	29.5	18.9	35.7	28.1	40.7	30.8
1歳	上半期	17.4	91.2	12.5	67.3	30.0	22.5	29.0	67.5	16.2	24.4	46.0	58.1
	下半期	7.3	27.1	8.3	19.8	9.1	10.9	17.9	17.3	4.5	7.2	10.8	15.9
2歳	上半期	21.6	17.1	35.5	17.0	34.2	23.9	23.7	23.1	38.5	11.9	9.2	20.5
	下半期	8.8	6.8	7.6	7.3	8.6	9.8	10.1	8.0	11.0	4.4	5.4	4.2
3歳	上半期	24.5	9.5	17.2	6.8	13.1	12.3	14.1	12.6	9.1	12.1	4.1	11.3
	下半期	4.2	3.4	2.9	2.5	3.3	5.2	4.8	2.0	3.4	5.2	1.2	1.6
4歳以上	上半期	29.3	6.0	11.7	3.4	7.5	6.9	8.6	1.3	2.8	3.6	6.7	4.2
	下半期	1.5	2.1	1.0	0.8	1.3	3.1	2.9	0.6	0.5	1.7	1.1	0.6
計		169.5	205.1	133.4	136.6	129.1	121.9	140.5	151.2	121.8	98.6	125.2	147.2

半期別・年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	期	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	上半期	2,081	1,118	1,882	963	1,053	1,245	1,870	695	1,008	1,176	1,668	1,440
	下半期	1,795	965	1,624	831	909	1,074	1,613	599	870	1,014	1,439	1,242
1歳	上半期	411	982	455	1,018	576	521	627	1,071	267	373	586	745
	下半期	266	442	328	481	320	327	386	483	146	198	229	277
2歳	上半期	205	193	261	240	298	222	223	237	303	103	134	133
	下半期	111	121	115	147	136	114	117	114	141	52	83	37
3歳	上半期	122	69	86	76	101	87	67	68	67	88	32	52
	下半期	46	39	32	46	50	43	22	20	35	46	15	11
4歳以上	上半期	92	39	42	26	43	46	37	10	13	25	35	18
	下半期	15	22	10	14	18	24	12	5	5	14	13	4
計（上半期）		2,911	2,400	2,727	2,324	2,071	2,122	2,824	2,080	1,658	1,764	2,454	2,388

半期別・年齢別漁獲係数

年齢	期	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
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
	下半期	0.46	0.60	0.32	0.22	0.41	0.39	0.26	0.66	0.70	0.40	0.51	0.46
1歳	上半期	0.29	0.65	0.18	0.60	0.44	0.32	0.34	0.65	0.45	0.49	0.79	0.84
	下半期	0.18	0.38	0.16	0.33	0.22	0.23	0.34	0.32	0.21	0.24	0.40	0.55
2歳	上半期	0.47	0.32	0.67	0.34	0.64	0.52	0.50	0.58	0.62	0.53	0.34	1.13
	下半期	0.33	0.19	0.27	0.23	0.30	0.39	0.39	0.39	0.33	0.36	0.32	0.68
3歳	上半期	0.83	0.42	0.85	0.35	0.55	0.55	0.98	1.10	0.50	0.49	0.57	1.41
	下半期	0.30	0.24	0.31	0.19	0.24	0.44	1.06	0.48	0.33	0.38	0.30	0.69
4歳以上	上半期	1.68	0.42	1.32	0.48	0.73	0.52	0.98	0.55	0.82	0.46	0.85	1.35
	下半期	0.30	0.24	0.31	0.19	0.24	0.44	1.06	0.48	0.33	0.38	0.30	0.69

年齢別漁獲係数

年齢	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	0.46	0.60	0.32	0.22	0.41	0.39	0.26	0.66	0.70	0.40	0.51	0.46
1歳	0.46	1.03	0.34	0.93	0.66	0.55	0.68	0.97	0.66	0.73	1.19	1.39
2歳	0.80	0.51	0.94	0.57	0.94	0.91	0.89	0.97	0.95	0.89	0.66	1.81
3歳	1.13	0.66	1.16	0.54	0.79	1.00	2.04	1.58	0.83	0.87	0.87	2.11
4歳以上	1.97	0.66	1.63	0.67	0.97	0.97	2.04	1.02	1.15	0.84	1.15	2.05
単純平均	0.96	0.69	0.88	0.59	0.75	0.76	1.18	1.04	0.86	0.75	0.88	1.56
%SPR	9.7	6.5	11.8	10.4	8.5	9.5	8.5	4.3	6.2	8.2	5.1	2.6

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	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
0歳	187.0	115.4	166.7	74.7	81.7	105.2	159.6	48.7	88.7	105.8	127.1	104.6
1歳	75.0	205.4	81.8	160.1	90.7	89.2	108.6	152.1	47.7	68.2	90.5	109.8
2歳	62.2	67.2	78.3	63.0	78.2	63.5	64.5	56.1	90.2	31.3	34.6	32.7
3歳	46.7	30.1	32.4	25.0	33.3	31.2	24.2	20.3	25.0	33.5	10.2	16.0
4歳以上	38.8	18.9	17.2	9.5	15.6	18.3	14.8	3.3	5.4	10.5	12.6	6.2
資源量	409.7	436.9	376.4	332.4	299.5	307.5	371.7	280.4	257.0	249.3	275.0	269.3
親魚量	109.1	73.7	107.0	78.4	90.8	76.2	73.3	66.3	64.3	56.8	49.3	41.5
RPS	19.1	15.2	17.6	12.3	11.6	16.3	25.5	10.5	15.7	20.7	33.9	34.7

補足資料5（続き） コホート解析結果の詳細（2009～2021年）

半期別・年齢別漁獲量（千トン）

年齢	期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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	13.2	2.0	20.6	5.8	7.3	1.4	0.9	0.1	6.7	0.3	7.4	0.2	0.7
1歳	上半期	51.8	17.7	2.2	39.5	16.1	9.6	4.7	5.7	0.7	9.1	2.8	8.7	2.0
	下半期	11.2	6.9	1.4	9.5	4.3	2.8	2.0	3.5	0.3	11.7	4.0	9.5	5.2
2歳	上半期	7.7	18.0	9.7	1.2	7.7	3.8	1.9	1.2	2.2	0.8	7.8	2.3	8.6
	下半期	8.6	9.6	4.8	1.2	7.0	3.1	2.0	1.8	4.2	0.6	5.7	2.3	7.1
3歳	上半期	1.3	5.8	8.1	1.2	0.9	2.2	1.6	1.1	0.8	2.2	0.3	3.5	2.6
	下半期	1.4	5.0	3.0	1.7	1.5	2.4	0.9	1.4	1.2	1.0	0.3	2.5	2.6
4歳以上	上半期	0.3	1.0	2.6	0.6	0.6	0.2	0.7	0.5	0.3	0.8	0.5	0.8	0.9
	下半期	0.7	0.8	0.6	1.2	1.0	0.2	0.8	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0
計		96.3	66.8	53.1	62.0	46.3	25.8	15.6	15.8	16.8	27.1	29.3	30.4	30.7

半期別・年齢別資源尾数（百万尾）

年齢	期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	上半期	563	94	814	287	227	113	145	26	355	165	453	148	272
	下半期	486	81	702	248	196	98	125	22	307	142	391	128	235
1歳	上半期	679	256	48	395	154	104	72	99	18	210	120	268	108
	下半期	270	125	30	141	63	46	40	62	13	148	91	188	83
2歳	上半期	138	164	71	19	74	36	27	25	38	10	86	60	114
	下半期	91	84	32	13	44	20	18	19	28	7	52	45	72
3歳	上半期	16	47	41	13	7	19	9	10	11	14	5	29	32
	下半期	10	25	16	8	5	12	4	6	8	8	3	17	21
4歳以上	上半期	6	7	10	8	5	1	5	3	3	6	8	6	10
	下半期	5	3	3	5	3	1	3	2	2	4	6	4	7
計（上半期）		1,403	567	984	722	467	274	259	163	427	405	672	511	537

半期別・年齢別漁獲係数

年齢	期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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	0.49	0.37	0.43	0.33	0.48	0.16	0.08	0.05	0.23	0.02	0.23	0.02	0.04
1歳	上半期	0.78	0.57	0.31	0.88	0.75	0.66	0.44	0.33	0.18	0.20	0.14	0.21	0.11
	下半期	0.35	0.42	0.31	0.50	0.42	0.38	0.32	0.33	0.12	0.40	0.27	0.35	0.46
2歳	上半期	0.27	0.53	0.66	0.26	0.38	0.41	0.26	0.16	0.18	0.21	0.35	0.14	0.31
	下半期	0.51	0.57	0.75	0.40	0.66	0.65	0.44	0.33	0.55	0.23	0.43	0.20	0.43
3歳	上半期	0.33	0.47	0.80	0.31	0.33	0.34	0.61	0.30	0.17	0.39	0.18	0.40	0.27
	下半期	0.64	0.90	0.76	0.88	1.49	0.70	0.82	0.72	0.38	0.27	0.25	0.54	0.43
4歳以上	上半期	0.14	0.52	1.06	0.24	0.33	0.36	0.36	0.44	0.17	0.25	0.14	0.37	0.24
	下半期	0.64	0.90	0.76	0.88	1.49	0.70	0.82	0.72	0.38	0.27	0.25	0.54	0.43

年齢別漁獲係数

年齢	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.49	0.37	0.43	0.33	0.48	0.16	0.08	0.05	0.23	0.02	0.23	0.02	0.04
1歳	1.12	0.99	0.62	1.38	1.17	1.05	0.76	0.66	0.30	0.60	0.41	0.56	0.58
2歳	0.79	1.10	1.41	0.65	1.05	1.07	0.70	0.49	0.72	0.45	0.78	0.34	0.74
3歳	0.97	1.36	1.56	1.19	1.82	1.04	1.44	1.03	0.55	0.66	0.43	0.93	0.70
4歳以上	0.78	1.42	1.82	1.12	1.82	1.06	1.18	1.16	0.54	0.52	0.39	0.91	0.67
単純平均	0.83	1.05	1.17	0.93	1.27	0.88	0.83	0.68	0.47	0.45	0.45	0.55	0.54
%SPR	5.2	5.4	6.6	4.8	4.0	6.7	10.9	14.7	18.6	19.8	19.2	21.9	21.8

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	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	42.3	7.9	74.0	26.0	23.8	11.5	14.3	2.8	40.8	20.9	44.8	13.5	24.5
1歳	103.3	43.9	8.9	72.6	32.8	21.4	14.3	21.8	4.3	54.0	24.1	49.6	19.8
2歳	35.1	47.1	21.7	5.9	26.2	12.2	9.0	9.2	14.8	4.3	28.6	18.4	34.8
3歳	5.1	16.9	15.8	5.0	3.3	8.3	3.8	4.6	5.6	7.4	2.0	11.3	12.1
4歳以上	2.3	2.7	4.3	3.2	2.3	0.7	2.5	1.4	1.8	3.8	3.8	2.7	4.4
資源量	188.1	118.5	124.7	112.6	88.4	54.1	44.0	39.9	67.2	90.4	103.3	95.6	95.5
親魚量	26.7	40.3	28.8	11.0	17.9	15.8	11.5	10.0	14.6	11.6	28.8	25.6	36.0
RPS	21.1	2.3	28.3	26.1	12.6	7.2	12.7	2.6	24.3	14.3	15.8	5.8	7.5

補足資料 5（続き）

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

2019 年～2021 年の年齢別漁獲尾数（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

補足資料 6 沖底 CPUE の標準化手法の変更について

昨年度評価まで0～4歳の資源量指数としてチューニングに用いていた沖底の標準化CPUEは、有漁データに基づいて推定されていた。標準化では、小海区と年の交互作用を考慮していたが、いくつかの小海区については操業のない年がみられるため、そのような小海区を事後的に統合して計算していた。CPUEが0になる海区は、毎年変動し、増加傾向にあるため、毎年海区の定義を事後的に変更する必要が生じていた。沖底のデータを2021年まで更新し、従来の方法から算出された面積重み付け標準化CPUEを昨年度と同様に0～4歳の資源量に対するチューニング指標値として半期コホートに用いた場合、チューニング指標値の予測値と観測値の残差プロットで有意な負の関係が見られ、また各推定値のレトロスペクティブバイアスも大きくなる傾向が見られた（補足資料9）。算出された面積重み付け標準化CPUEは、2020年から2021年にかけて減少しており（補足図6-1）、近年の中では大きな加入と考えられる2019年級による資源量の増加傾向と合わない状況であると考えられた。

沖底漁業では近年は操業されない小海区が増加しており、ゼロキャッチデータを考慮する必要があること、また、これまでの一般化線形モデルではデータの欠損により扱えなかった月と漁区の交互作用（月による漁区の利用状況の違い）等も考慮するため、補足資料7に示した1歳標準化CPUEと同様、デルタ2段階モデル（Lo et al. 1992）を沖底CPUEの標準化に使用することとした（標準化の詳細な説明はFRA-SA2022-SC09-102参照のこと）。

沖底船は時期により漁獲主体となる魚種が異なり、操業によりゼロキャッチが生じる場合があるため、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を得る方法を用いた。

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)、海域(MA)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：Caught or not \sim (logit) Intercept+ Year+ Month+ MA+ Chiki+ (FA)+ (Ship) + (Year×Month) +(Year×FA) + (Year×Ship) + (Month×FA) + (FA×Ship) + binomial error

第2段階：CPUE \sim (log) Intercept+ Year + Month + MA+ Chiki +(FA)+ (Ship) + (Year×Month) + (Year×FA) + (Year×Ship) + (Month×FA) + (FA×Ship) + gamma error

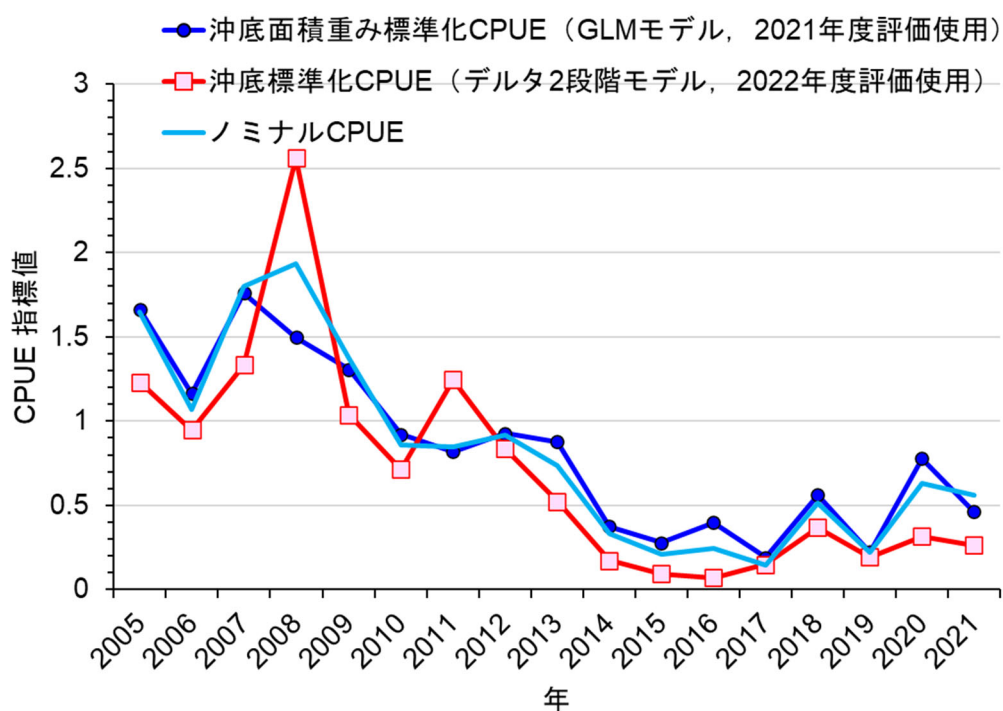
ここで、() がついたものはランダム効果として扱ったもので、モデル選択の対象としなか

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（補足資料2）、チューニングに用いる指数はデルタ2段階法により算出された標準化CPUEを用いた（補足図6-1）。なお先述のとおり、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（2016～2022年6月まで）から得られた1歳標準化CPUE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.
- 能勢幸雄・石井丈夫・清水誠 (1988) 水産資源学, 東京, 東京大学出版会, pp217
- 鈴木祐太郎 (2017) 2017年に北海道沖合で採集されたホッケ仔稚魚について. 試験研究は今, 833. (オンライン), 入手先 <http://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/att/ima833.pdf>
- 庄野 宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. *水産海洋研究*, 68, 106-120.
- 中央・稚内・網走水産試験場 (2021) 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. 北海道立総合研究機構水産研究本部.
- 山田作太郎・田中栄次 (1999) 水産資源解析学, 東京, 成山堂書店, pp151.



補足図 6-1. 本年度評価においてチューニングに用いた標準化 CPUE (デルタ 2 段階モデル) と昨年度まで使用していた面積重み付け標準化 CPUE (1~12 月 CPUE) およびノミナル CPUE の推移 (2005~2021 年)

比較のため、それぞれの CPUE について 1997~2021 年の平均値で除し、規格化した値を示した。

補足資料 7 小樽根拠の沖底漁獲報告をもとにした 1 歳漁獲量の標準化について

先述の通り、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、チューニングに使用可能な 0 歳魚の指標値の探索が不可欠となっている。

小樽根拠の沖底漁船に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、STAR ODDI 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 2022 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 1 歳標準化 CPUE を以下の手順により算出した。

(1) 年別・半期別（2016～2021 年）・月別（2022 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（2016～2021 年）および月別（2022 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、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（2022 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（2016～2021 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。
- 2016～2021 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、右表）を用い、年別・半期別 1 歳魚の占める割合を求めた。
- 2022 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。2022 年の年齢別体重は、補足表 2-2 に示した年齢別体重の過去 5 年（2017～2021 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、右表）から月別・年齢別漁獲量を算出し、2022 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（2016～2021 年）および月別（2022 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

ヤ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 : $\text{Caught or not} \sim \text{Intercept} + \text{Year} + \text{Month} + \text{Ship} + \text{depth} + \text{temp} + \text{temp}^2 + (\text{FA}) + (\text{Year} \times \text{Month}) + \text{binomial error}$

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

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。

チューニングに用いた漁獲報告 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 年以降は横ばい傾向であるのに対し、1 歳標準化 CPUE では 2020 年に増加、2021 年は減少し、2022 年は若干増加している（補足図 7-1）。標準化における詳細は、標準化 CPUE に関する文書（FRA-SA2022-SC09-103）を参照のこと。

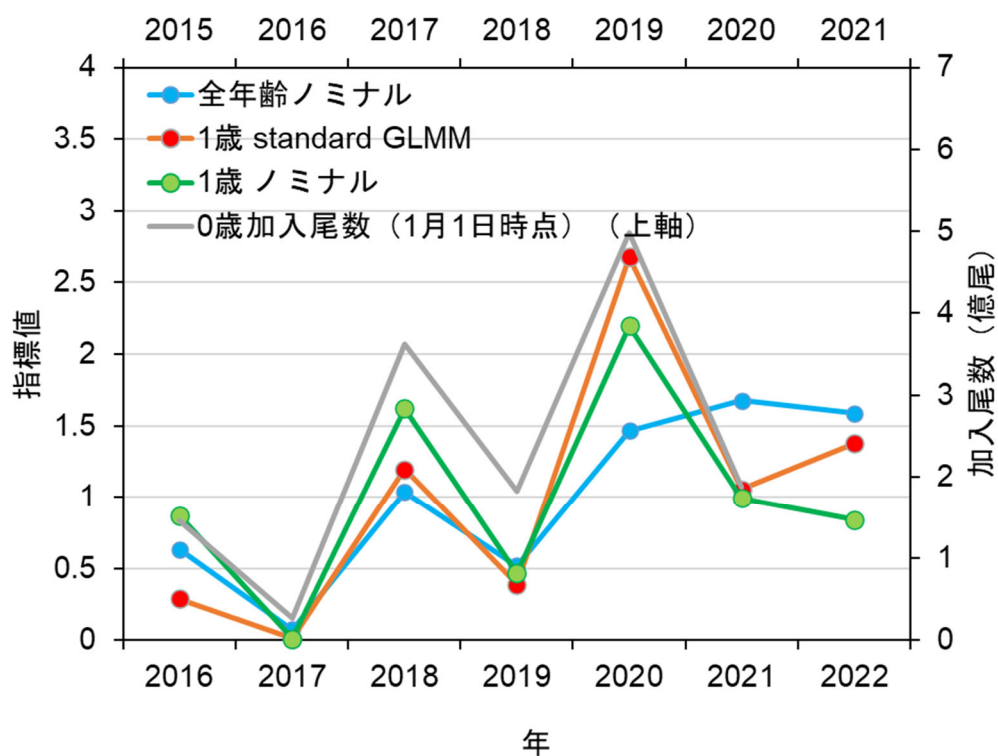
参考として、上記の年（2016 年と 2022 年はそれぞれ下半期と上半期）に該当する北海道沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（日別・漁区別・船別データ）から集計した小樽根拠の沖底漁船による漁獲量、努力量および CPUE と、漁獲報告から得られた 1 歳の標準化 CPUE（1 歳チューニング指数）を補足表 7-1 に示す。

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 7-1. チューニングに用いた漁獲報告 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 (2016~2022 年) と上半期の 0 歳加入尾数 (2015~2021 年、上軸)

補足表 7-1. 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	0.292
2017	年	624	2,189	0.285	0.012
2018	年	4,480	2,259	1.983	1.195
2019	年	3,934	2,263	1.739	0.388
2020	年	10,004	2,184	4.580	2.679
2021	年	11,286	2,185	5.165	1.056
2022	上半期	6,843	1,238	5.528	1.378

* 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 8 沖底漁業へのホッケ漁獲状況アンケート（2022年6月実施）

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

Q. 昨年から今年にかけてのホッケの漁模様について。

A. ここ数年と比較して多い、漁況は普通、好調、など（場所によって異なる）

Q. 多く漁獲されたホッケのサイズについて。

A. 中型サイズ中心、季節・漁場により小サイズが獲れるところがある。体長 25 ~30cm が中心、30 cm 以上の大型もまじる

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ける漁獲努力量・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、など。

Q. ホッケの漁獲について、何かお気づきの点がありましたら教えてください。

A. 隻日数削減等の取り組みで引き続き 2019 年級群も漁獲されており、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。

今年度の漁獲状況アンケートでは、一部海域で2019年級と思われる中型魚を中心に漁獲されているという情報や、自主規制の取り組みとして小型魚保護のため一日の漁獲量（箱数含む）を制限している、操業時間を短縮しているという情報も頂いた。本年度のアンケート結果からは不調であるという情報は寄せられなかった。2019年級群は2017年級群に続いて豊度が高く、昨年度に引き続き漁獲されていることがアンケート結果からもうかがえる。今後も引き続き比較的豊度が高いと考えられる2019年級群およびそれ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 9 チューニング指標値および手法の変更について

- (1) チューニング指標値および手法の変更（沖底 GLM から沖底 GLMM へ変更し、指数間の重みを考慮する方法）

今年度の資源評価では、補足資料 6 で示したとおり、資源量に対するチューニング指数として用いる沖底 CPUE について標準化手法の変更を行った。1 歳標準化 CPUE は昨年度と同様の方法で算出した値を用いた。

新たに算出した沖底標準化 CPUE（沖底 GLMM）と 1 歳標準化 CPUE をチューニング指数として半期 VPA を行ったところ、上半期および下半期 F のレトロバイアスが大きくなり（補足表 9-1、補足図 9-1）、沖底標準化 CPUE の予測値と観測値の残差プロットは有意な負の関係が見られた（補足図 9-2）。そのため、チューニング手法の変更を行うこととし（補足資料 2）、重み β_1 を 0 から 10 まで 0.1 刻みで変化させ、レトロスペクティブバイアスができるだけ小さくなる値を選択した。レトロスペクティブバイアスは、親魚量、加入量、資源量、漁獲係数のそれぞれについて Mohn's rho (ρ) を検討し、いずれも可能な限り ± 0.2 以下になる組み合わせの中で、特に上半期・下半期の漁獲係数の ρ が最小になるように設定することとした。最終的に選択された重みは沖底標準化 CPUE については 7.3115、1 歳標準化 CPUE の重みについては 2.6885 となった（補足表 9-1）。

- (2) 昨年度と同様のチューニング指標値を用いた場合と今年度の資源計算結果の比較

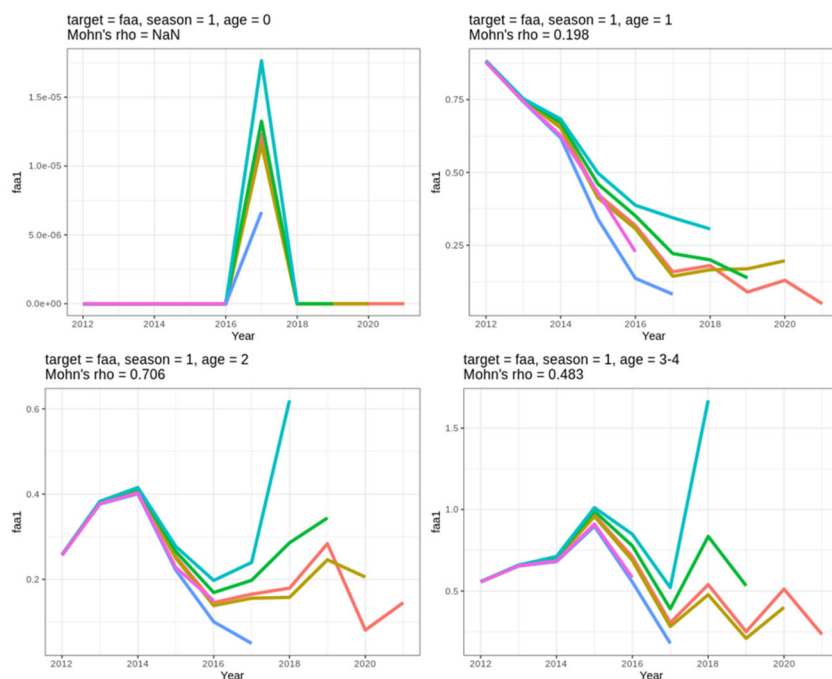
昨年度と同様のチューニング指標値（沖底 GLM）と 1 歳標準化 CPUE（1 歳 GLMM）、指数間の重みを考慮しない）を用いた場合、今年度（沖底 GLMM と 1 歳 GLMM を用い、指数間の重みを考慮）の資源計算結果の比較を示す。

昨年度と同様のチューニング指数および手法を用いた場合と今年度の手法を用いた場合の上半期および下半期の各年齢の F のレトロバイアスを比較すると（補足表 9-1、補足図 9-4、補足図 2-2）、今年度の手法を用いた場合の方がレトロバイアスが全体的に小さくなり、チューニング指標値やチューニング手法の変更は妥当であると考えられた。

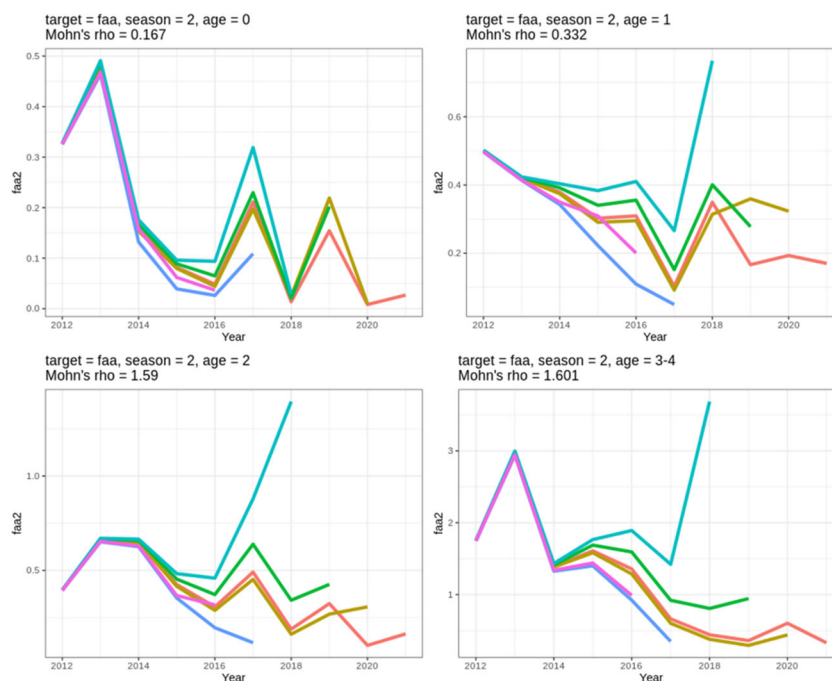
昨年度と同じチューニング指数を用いて半期チューニング VPA を行い、昨年度と同様にリッジペナルティ λ を 0、指数間の重みを考慮しない場合、沖底標準化 CPUE の予測値と観測値の残差プロットは有意な負の関係が見られ（補足図 9-3）、2021 年は資源量の予測値から大きく外れる傾向が見られた。詳細な推定結果は補足表 9-2 および補足表 9-4 に示す。推定される 2021 年の加入尾数は 3.7 億尾となり（補足表 9-1、9-2）、F のレトロバイアスは下半期で過大となった（補足表 9-1、補足図 9-1）。リッジペナルティ λ を 0~1.0 の範囲で 0.05 刻みで変化させた場合、下半期 F のリッジペナルティを最小とする λ は 0.9 となったが、その場合の資源量、親魚量のレトロバイアスが過大となった（補足表 9-3）。今年度採用した沖底 GLMM を用いた場合と比べて 2021 年の 1 歳魚以上の下半期の F が小さくなり、資源尾数の推定値は大きくなる傾向が見られた（補足表 9-1）。

昨年度から今年度へのチューニング指数および手法の変更による資源量、資源尾数および親魚量の推定値の比較を行った（補足図 9-5~補足図 9-7）。資源量（補足図 9-5）、資源尾数（補足図 9-6）および親魚量（補足図 9-7）において、昨年度までの指数および手法を用いる場合、2019 年以降で推定値が高くなる傾向が見られた。

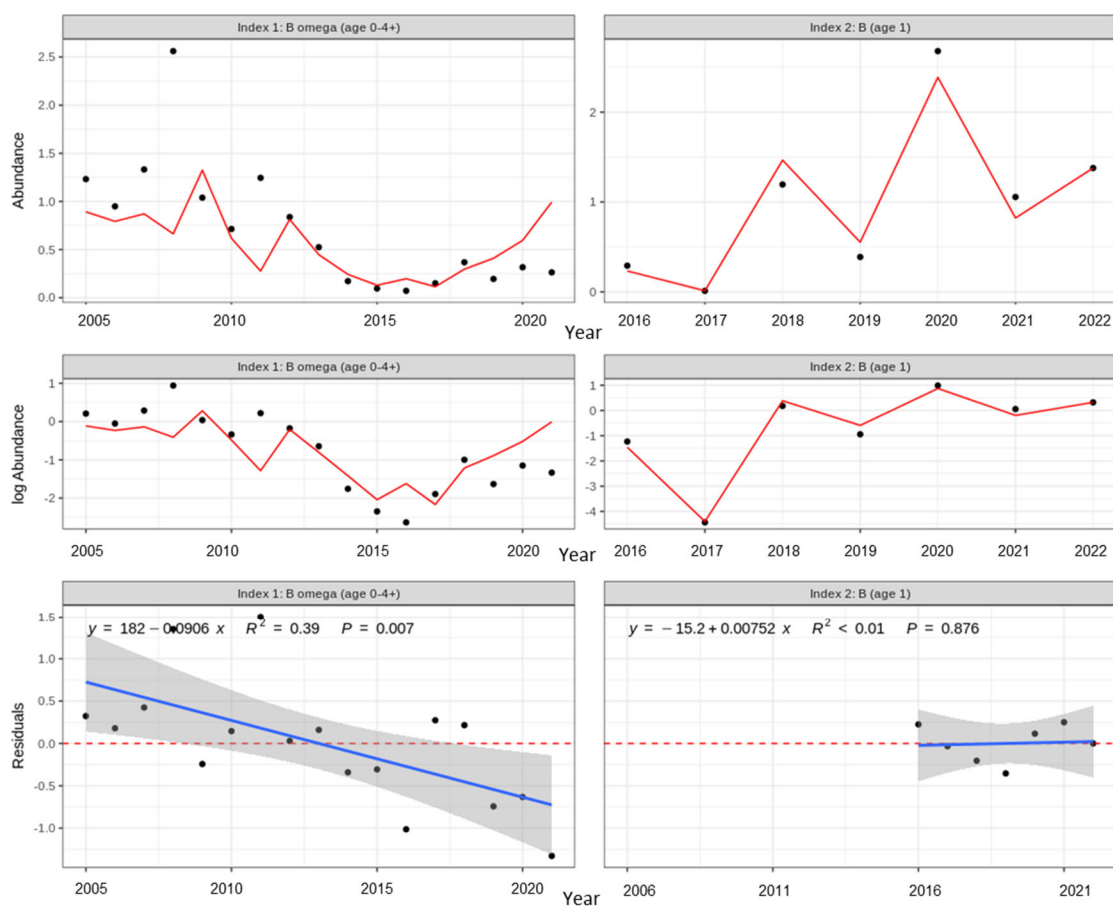
(a)



(b)

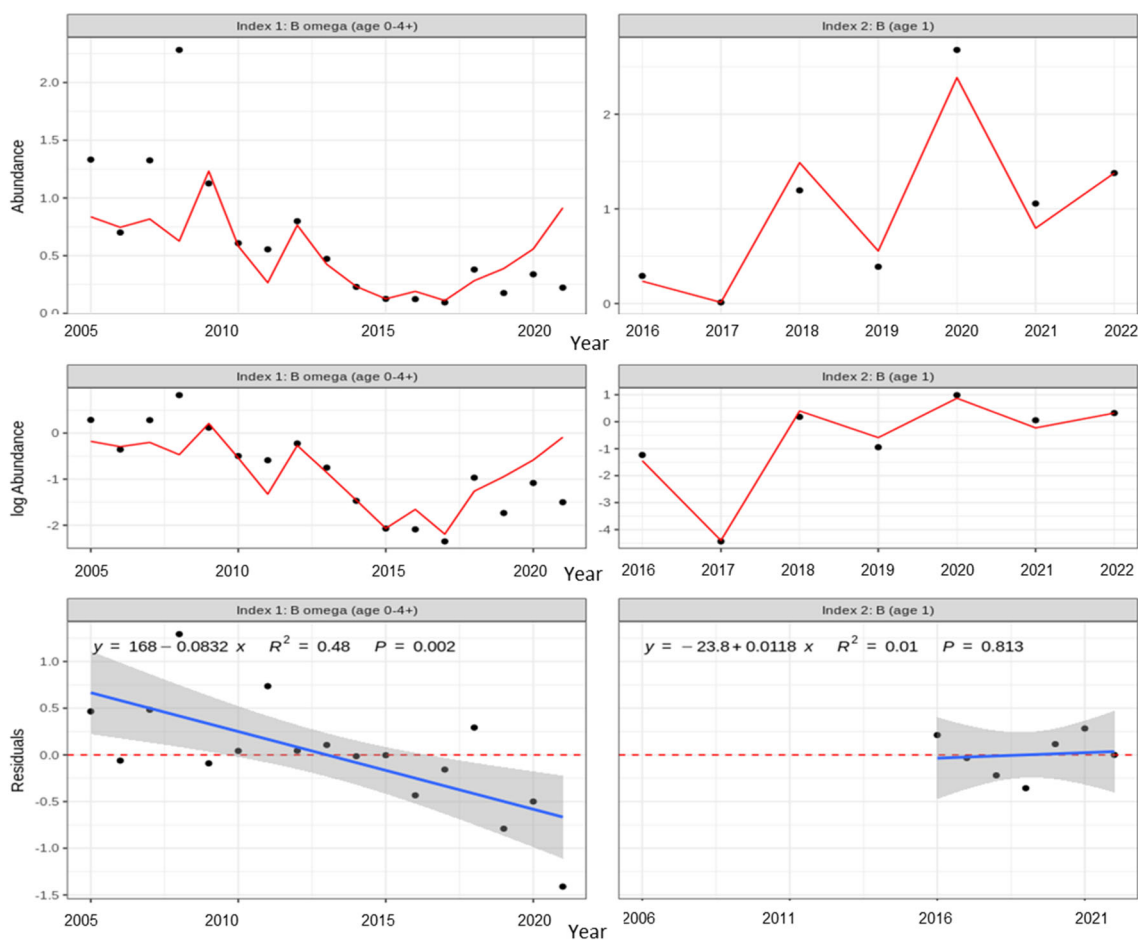


補足図 9-1. 上半期 (a) および下半期 (b) における年齢別 F のレトロスペクティブ解析結果 ($\lambda=0$)
 沖底標準化 CPUE (GLMM) を用い、指数間の重みを 1 : 1 とした場合。



補足図 9-2. 各チューニング指標値（左：沖底標準化 CPUE（GLMM）、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）

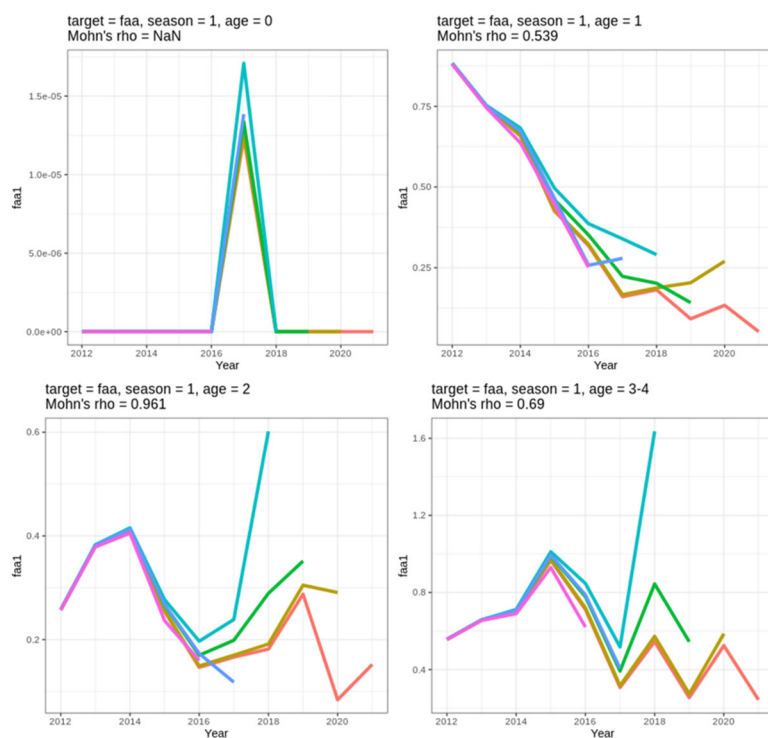
沖底標準化 CPUE を昨年度の手法を GLM から GLMM 変更し、昨年度と同様指数間の重みを 1 : 1 とした場合。沖底指標値の変更により、沖底 GLM を用いた場合（補足図 9-3）と比べて残差プロットは若干改善されるが、有意な負の関係が見られる。



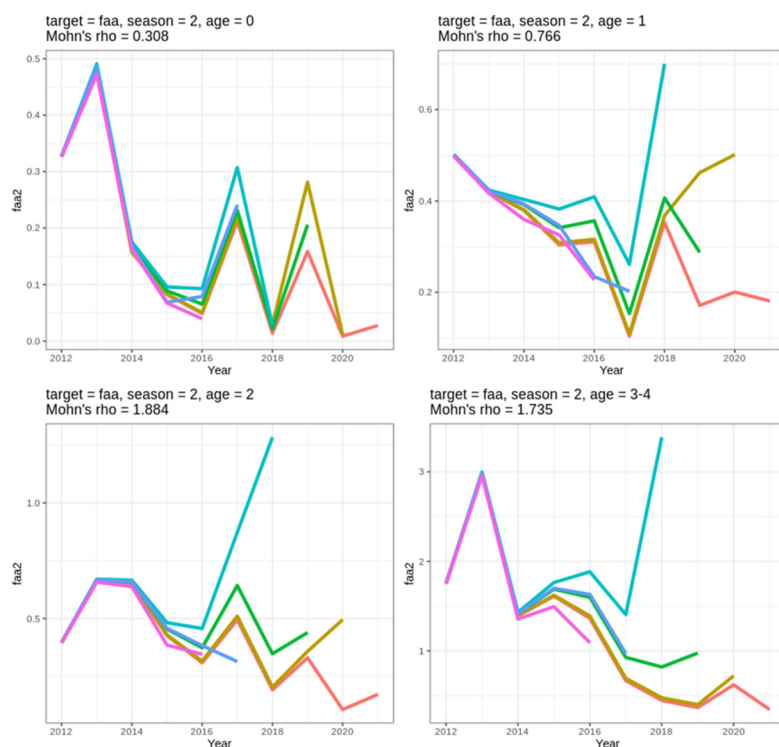
補足図 9-3. 各チューニング指標値（左：沖底標準化 CPUE (GLM)、右：漁獲報告 1 歳標準化 CPUE) の予測値と観測値（上）、対数変換した予測値と観測値（中）および対数変換された予測値と観測値の残差プロット（下）

昨年度と同様の沖底 GLM を用い、指数間の重みを 1 : 1 とした場合。沖底 GLM を用いた場合、残差プロットには有意な負の関係が見られ、特に 2021 年は大きく外れる。

(a)

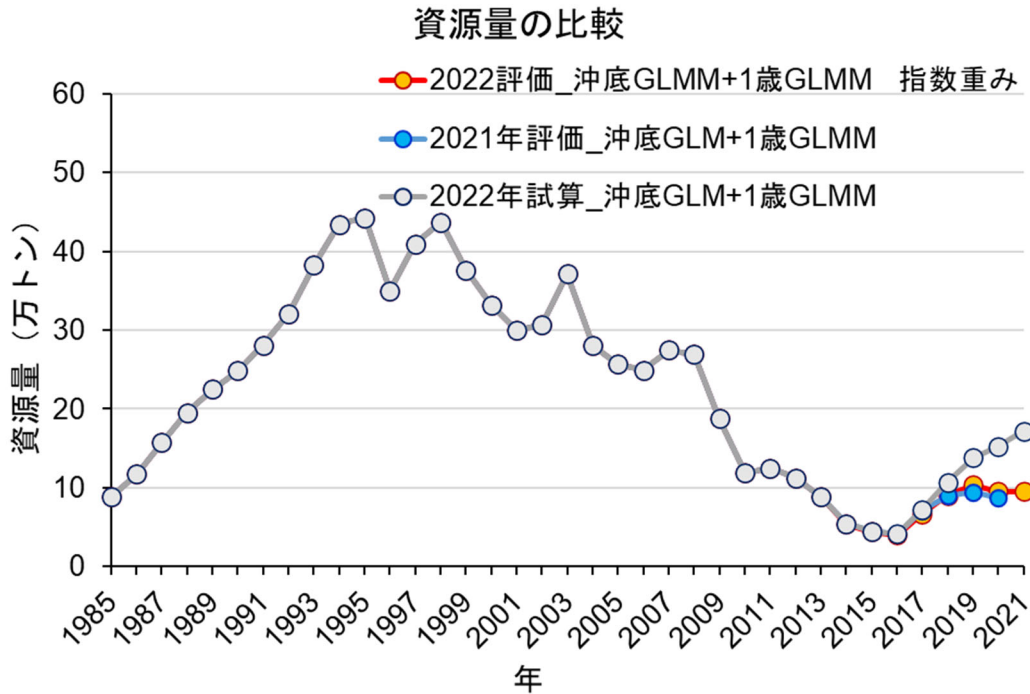
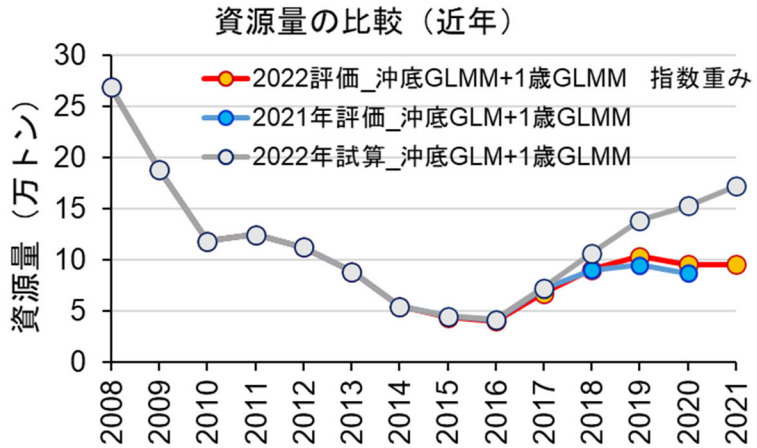


(b)

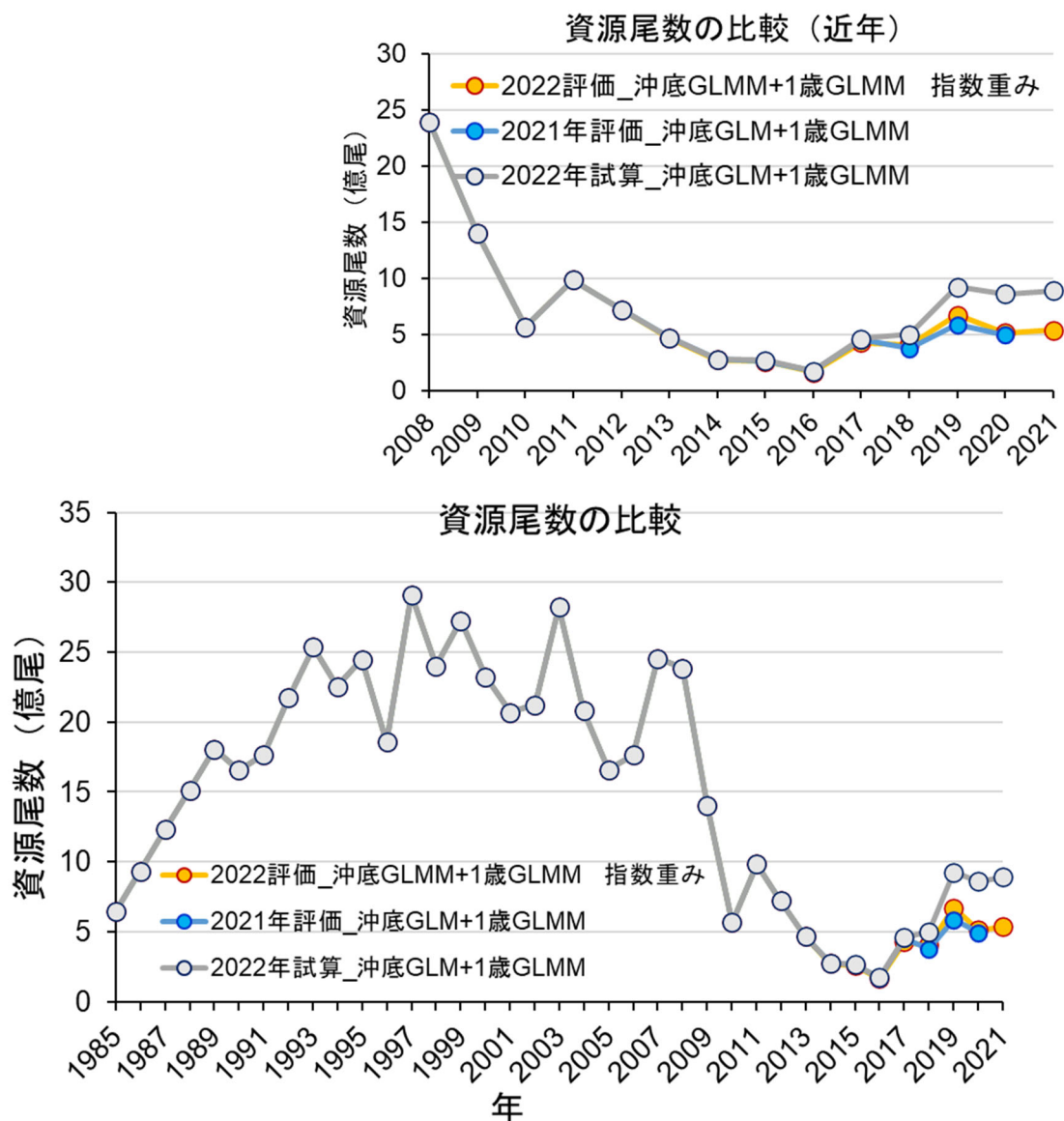


補足図 9-4. 上半期 (a) および下半期 (b) における年齢別 F のレトロスペクティブ解析結果 ($\lambda=0$)

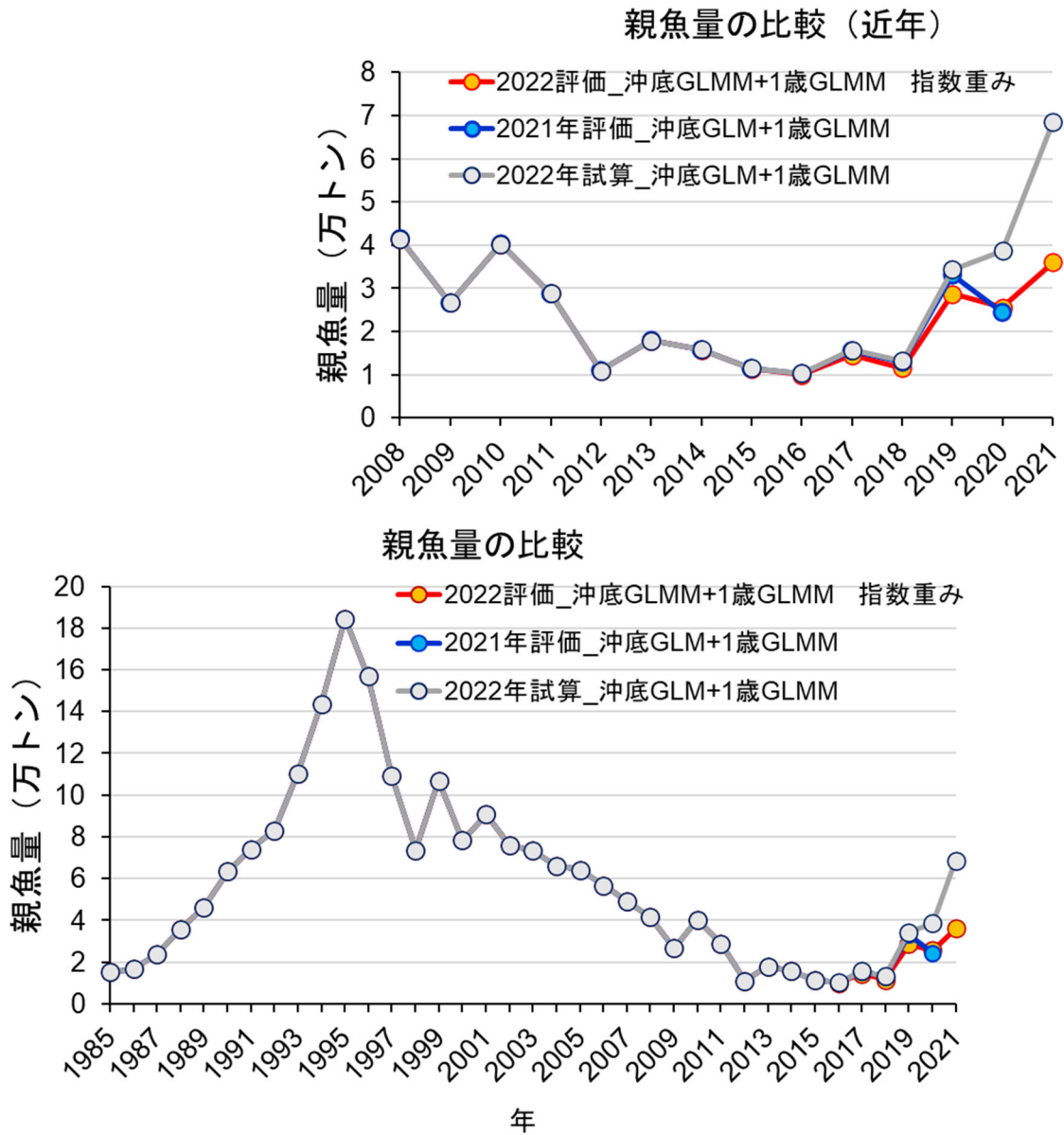
昨年度と同様、沖底 GLM を用い、指数間の重みを 1 : 1 とした場合。



補足図 9-5. チューニング指数および手法の違いによる資源量の推定結果の比較
 沖底 GLM+1 歳 GLMM (2021 年評価、2022 年試算、ともに指数の重みづけなし)、沖底 GLMM+1 歳 GLMM (2022 年評価、指数の重みを与えたもの) で比較した。
 右上に近年の拡大図を示す。



補足図 9-6. チューニング指数および手法の違いによる資源尾数の推定結果の比較
 沖底 GLM+1 歳 GLMM (2021 年評価、2022 年試算、ともに指数の重みづけなし)、沖底 GLMM+1 歳 GLMM (2022 年評価、指数の重みを与えたもの) で比較した。
 右上に近年の拡大図を示す。



補足図 9-7. チューニング指数および手法の違いによる親魚量の推定結果の比較
 沖底 GLM+1 歳 GLMM (2021 年評価、2022 年試算、ともに指数の重みづけなし)、
 沖底 GLMM+1 歳 GLMM (2022 年評価、指数の重みを与えたもの) で比較した。
 右上に近年の拡大図を示す。

補足表 9-1. チューニング指標値の重みを変えた場合のレトロスペクティブバイアスおよび推定される加入尾数

昨年度評価では、沖底 GLM (0-4 歳) と 1 歳 1 歳 GLMM (1 歳) の指標値間の重みは 1:1 としていた (最下段)。今年度は沖底 CPUE の標準化手法を変更し、沖底 GLMM を 0~4 歳の指標値としたが、指数間の重みを 1:1 とする場合、上半期 F および下半期 F のレトロスペクティブバイアスが過大となった。沖底の重みを 7.3115 とする場合、各推定値のレトロスペクティブバイアスは小さくなった。

	チューニング指数 (対象年齢) とそれぞれの重み		mohn's rho (ρ)								推定される加入尾数 (百万尾)			
	沖底GLMM (0-4歳)	1歳GLMM (1歳)	λ	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)	2018	2019	2020	2021
根拠地・海域など追加した沖底GLMM + 1歳GLMM	5	5	0	0.054	0.057	0.096	0.119	0.054	0.387	1.029	242	651	325	375
	6	4	0	-0.086	-0.116	-0.042	-0.008	-0.079	0.579	1.334	235	633	310	366
	7	3	0	-0.158	-0.169	-0.157	-0.175	-0.118	0.551	1.044	220	594	274	345
	7.2	2.8	0	-0.150	-0.161	-0.147	-0.164	-0.106	0.509	0.905	211	572	254	333
	7.3	2.7	0	0.096	0.097	0.093	-0.053	0.131	0.179	0.257	166	457	152	274
	7.31	2.69	0	0.092	0.090	0.088	-0.058	0.129	0.200	0.328	165	454	148	272
	7.311	2.689	0	0.092	0.090	0.087	-0.059	0.129	0.202	0.337	165	453	148	272
	7.3115	2.6885	0	0.179	0.201	0.168	0.009	0.228	0.080	0.073	165	453	148	272
	7.312	2.688	0	0.179	0.202	0.168	0.008	0.229	0.080	0.074	165	453	148	272
	7.313	2.687	0	0.180	0.203	0.169	0.008	0.230	0.080	0.073	164	453	148	272
	7.32	2.68	0	0.182	0.204	0.170	0.009	0.234	0.078	0.071	164	450	146	271
	7.33	2.67	0	0.189	0.212	0.175	0.012	0.245	0.074	0.065	163	448	143	270
	7.35	2.65	0	0.201	0.225	0.185	0.019	0.261	0.066	0.053	161	443	139	268
	7.4	2.6	0	0.220	0.246	0.198	0.026	0.291	0.055	0.038	157	434	132	264
7.45	2.55	0	0.252	0.284	0.223	0.042	0.335	0.035	0.009	155	428	126	261	
7.5	2.5	0	0.268	0.303	0.236	0.048	0.361	0.026	-0.003	153	423	122	259	
沖底GLM+1歳GLMM (昨年度と同じ)	5.5	4.5	0	-0.193	-0.202	-0.202	-0.231	-0.158	0.640	1.196	231	622	300	360
	6	4	0	-0.178	-0.185	-0.190	-0.228	-0.136	0.612	1.063	222	600	280	348
	6.5	3.5	0	0.416	0.478	0.329	0.088	0.612	-0.036	-0.101	139	386	91	247
	6.7	3.3	0	0.440	0.506	0.343	0.091	0.657	-0.041	-0.109	137	381	87	246
	6.8	3.2	0	0.454	0.521	0.353	0.099	0.678	-0.047	-0.117	136	379	85	246
	6.9	3.1	0	0.462	0.530	0.356	0.093	0.696	-0.045	-0.115	135	377	83	245
	7	3	0	0.475	0.546	0.367	0.102	0.716	-0.050	-0.123	134	375	81	245
	1	1	0	-0.284	-0.307	-0.195	-0.272	-0.263	0.808	1.562	236	634	309	366

補足表 9-2. 昨年度と同様、沖底 GLM (0-4 歳) と 1 歳 GLMM (1 歳) の重みを考慮せずに用いて半期チューニング VPA を行った場合のホッケ道北系群の資源解析結果 (2010 ~ 2021 年)

年	漁獲量 (千トン)	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	加入量 (百万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
2010	67	119	47	94	56	2.0
2011	53	125	32	814	43	25.6
2012	62	113	11	287	55	25.6
2013	46	89	22	227	52	10.5
2014	26	55	16	116	47	7.3
2015	16	45	12	150	35	12.9
2016	16	42	12	29	38	2.4
2017	17	72	17	382	23	22.1
2018	27	107	15	236	25	15.7
2019	29	138	28	634	21	22.7
2020	30	153	37	309	20	8.4
2021	31	172	70	366	18	5.2

補足表 9-3. 昨年度と同様に沖底 GLM と 1 歳 GLMM を用い、指数間の重みを考慮せずに半期チューニング VPA を行った場合にリッジペナルティ λ を 0.05 刻みで変化させた際の親魚量および半期別の資源尾数 (N)、資源量 (B)、加入尾数 (R)、漁獲係数の平均 (F) のレトロスペクティブバイアス ρ

λ	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)
0.000	-0.284	-0.307	-0.276	-0.272	-0.263	0.808	1.562
0.050	-0.275	-0.297	-0.265	-0.265	-0.257	0.776	1.425
0.100	-0.266	-0.287	-0.254	-0.257	-0.251	0.746	1.313
0.150	-0.256	-0.277	-0.243	-0.249	-0.245	0.715	1.213
0.200	-0.246	-0.266	-0.231	-0.241	-0.239	0.684	1.118
0.250	-0.235	-0.254	-0.218	-0.231	-0.232	0.651	1.025
0.300	-0.222	-0.240	-0.202	-0.221	-0.224	0.615	0.932
0.350	-0.207	-0.223	-0.184	-0.209	-0.215	0.576	0.839
0.400	-0.189	-0.204	-0.163	-0.196	-0.204	0.533	0.746
0.450	-0.168	-0.181	-0.139	-0.180	-0.193	0.489	0.658
0.500	-0.145	-0.156	-0.111	-0.163	-0.180	0.444	0.577
0.550	-0.120	-0.129	-0.082	-0.144	-0.166	0.400	0.505
0.600	-0.094	-0.101	-0.050	-0.122	-0.151	0.358	0.439
0.650	-0.066	-0.070	-0.016	-0.098	-0.135	0.315	0.377
0.700	-0.034	-0.036	0.024	-0.068	-0.116	0.271	0.316
0.750	0.005	0.005	0.071	-0.031	-0.093	0.222	0.253
0.800	0.053	0.057	0.131	0.019	-0.062	0.166	0.182
0.850	0.123	0.132	0.219	0.096	-0.017	0.095	0.097
0.900	0.376	0.395	0.542	0.448	0.182	-0.046	-0.053
0.950	0.499	0.529	0.694	0.543	0.238	-0.165	-0.197

補足表 9-4. チューニング指数として昨年度と同じ沖底 CPUE (GLM) と 1 歳 CPUE (GLMM) を用いた資源解析結果
2009 年以降の結果のみ示す。

半期別・年齢別漁獲量(千トン)														
年齢	期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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	13.2	2.0	20.6	5.8	7.3	1.4	0.9	0.1	6.7	0.3	7.4	0.2	0.7
1歳	上半期	51.8	17.7	2.2	39.5	16.1	9.6	4.7	5.7	0.7	9.1	2.8	8.7	2.0
	下半期	11.2	6.9	1.4	9.5	4.3	2.8	2.0	3.5	0.3	11.7	4.0	9.5	5.2
2歳	上半期	7.7	18.0	9.7	1.2	7.7	3.8	1.9	1.2	2.2	0.8	7.8	2.3	8.6
	下半期	8.6	9.6	4.8	1.2	7.0	3.1	2.0	1.8	4.2	0.6	5.7	2.3	7.1
3歳	上半期	1.3	5.8	8.1	1.2	0.9	2.2	1.6	1.1	0.8	2.2	0.3	3.5	2.6
	下半期	1.4	5.0	3.0	1.7	1.5	2.4	0.9	1.4	1.2	1.0	0.3	2.5	2.6
4歳以上	上半期	0.3	1.0	2.6	0.6	0.6	0.2	0.7	0.5	0.3	0.8	0.5	0.8	0.9
	下半期	0.7	0.8	0.6	1.2	1.0	0.2	0.8	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	1.0
計		96.3	66.8	53.1	62.0	46.3	25.8	15.6	15.8	16.8	27.1	29.3	30.4	30.7

半期別・年齢別資源尾数(百万尾)														
年齢	期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	上半期	563	94	814	287	227	116	150	29	382	236	634	309	366
	下半期	486	81	703	248	196	100	129	25	330	204	547	266	316
1歳	上半期	679	256	48	395	154	105	74	103	20	230	173	403	228
	下半期	270	125	30	141	63	47	42	64	15	165	136	304	187
2歳	上半期	138	164	71	19	74	36	28	26	41	12	100	99	215
	下半期	91	84	32	13	44	20	18	20	30	8	65	79	159
3歳	上半期	16	47	41	13	7	19	9	10	13	16	6	40	61
	下半期	10	25	16	8	5	12	4	7	9	10	4	26	46
4歳以上	上半期	6	7	10	8	5	1	5	3	4	7	10	9	21
	下半期	5	3	3	5	3	1	3	2	3	5	8	6	16
計(上半期)		1403	568	984	722	468	277	266	171	459	501	924	860	890

半期別・年齢別漁獲係数														
年齢	期	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
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	0.49	0.37	0.43	0.33	0.48	0.16	0.08	0.05	0.21	0.01	0.16	0.01	0.03
1歳	上半期	0.78	0.57	0.31	0.88	0.75	0.66	0.43	0.32	0.16	0.18	0.09	0.13	0.05
	下半期	0.35	0.42	0.31	0.50	0.42	0.38	0.30	0.31	0.10	0.35	0.17	0.20	0.18
2歳	上半期	0.27	0.53	0.66	0.26	0.38	0.41	0.25	0.15	0.17	0.18	0.29	0.08	0.15
	下半期	0.51	0.57	0.75	0.40	0.66	0.65	0.43	0.31	0.49	0.19	0.33	0.11	0.17
3歳	上半期	0.33	0.47	0.80	0.31	0.33	0.34	0.61	0.29	0.15	0.33	0.14	0.27	0.13
	下半期	0.64	0.90	0.76	0.88	1.49	0.70	0.81	0.68	0.33	0.22	0.18	0.31	0.17
4歳以上	上半期	0.14	0.52	1.06	0.24	0.33	0.36	0.36	0.42	0.15	0.21	0.11	0.25	0.11
	下半期	0.64	0.90	0.76	0.88	1.49	0.70	0.81	0.68	0.33	0.22	0.18	0.31	0.17

年齢別漁獲係数														
年齢	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
0歳	0.49	0.37	0.43	0.33	0.48	0.16	0.08	0.05	0.21	0.01	0.16	0.01	0.03	
1歳	1.12	0.99	0.62	1.38	1.17	1.04	0.73	0.63	0.26	0.53	0.26	0.33	0.23	
2歳	0.79	1.10	1.41	0.65	1.04	1.06	0.68	0.46	0.66	0.37	0.62	0.19	0.32	
3歳	0.97	1.36	1.56	1.19	1.82	1.04	1.41	0.97	0.49	0.56	0.32	0.58	0.30	
4歳以上	0.78	1.42	1.82	1.12	1.82	1.05	1.16	1.10	0.49	0.43	0.30	0.56	0.29	
単純平均	0.83	1.05	1.17	0.93	1.27	0.87	0.81	0.64	0.42	0.38	0.33	0.34	0.23	

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	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
0歳	42.3	7.9	74.0	26.0	23.9	11.8	14.7	3.1	43.8	29.9	62.8	28.2	33.0	
1歳	103.3	43.9	8.9	72.6	32.8	21.5	14.7	22.5	4.8	59.1	34.8	74.6	41.6	
2歳	35.1	47.1	21.7	5.9	26.2	12.2	9.2	9.7	15.8	5.0	33.6	30.6	65.4	
3歳	5.1	16.9	15.8	5.0	3.3	8.4	3.8	4.8	6.1	8.4	2.5	15.6	23.3	
4歳以上	2.3	2.7	4.3	3.2	2.3	0.7	2.5	1.5	2.0	4.4	4.7	3.8	8.6	
資源量	188.1	118.5	124.7	112.6	88.5	54.6	45.0	41.6	72.4	106.8	138.4	152.8	171.9	
親魚量	26.7	40.3	28.8	11.0	17.9	15.8	11.6	10.4	15.7	13.2	34.3	38.7	68.7	
RPS	21.1	2.3	28.3	26.1	12.7	7.3	12.9	2.8	24.3	17.8	18.5	8.0	5.3	