

令和元（2019）年度ホッケ道北系群の資源評価の参考資料

（資源管理目標等の検討材料の提案）

本資料における管理基準値、禁漁水準、将来予測および漁獲管理規則については、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。

要 約

本系群の再生産関係にはホッカー・スティック型関係式を用いた。目標管理基準値（SBtarget）案には最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy：112千トン）、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：34千トン）、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：5千トン）を用いた。以上の管理基準値案等から得られる漁獲管理規則案に基づき、2020年の漁獲量を算定した。

項目	値	備考
管理基準値案、禁漁水準案、 β		
SBtarget 案	112 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）
SBlimit 案	34 千トン	MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）
SBban 案	5 千トン	MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）
β	—	漁獲管理規則の漁獲圧の上限の設定のため、Fmsy に掛ける安全係数。研究機関会議からは、親魚量が限界管理基準値案を下回るリスクをさけるため β を0.7以下にすることが推奨されている。

2020年の親魚量（予測平均値）：14千トン			
項目	2020年の漁獲量（千トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2016-2018）	2020年の漁獲割合（%）
漁獲管理規則案（異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	15	0.78	15
$\beta=0.9$	13	0.70	13
$\beta=0.8$	12	0.62	12
$\beta=0.7$	11	0.55	11
$\beta=0.6$	9	0.47	9
$\beta=0.5$	8	0.39	8
$\beta=0$	0	0	0
F2016-2018	37	1.00	36

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030年の親魚量（千トン）	80%信頼区間（千トン）	2030年に親魚量が以下の管理基準値案と禁漁水準案を上回る確率（%）		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
漁獲管理規則案（異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	110	64-167	39	100	100
$\beta=0.9$	126	74-189	54	100	100
$\beta=0.8$	144	86-214	70	100	100
$\beta=0.7$	167	102-246	83	100	100
$\beta=0.6$	194	121-283	93	100	100
$\beta=0.5$	228	145-329	98	100	100
$\beta=0$	652	457-879	100	100	100
F2016-2018	109	62-165	38	100	100

1. 資源の状況

(1) 加入量あたり漁獲量（YPR）および親魚量（SPR）と現状の漁獲圧の関係

将来の漁獲に仮定された選択率を用いたFによるYPRと%SPRを図1に示す。なお、この選択率は平成31年4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）の推定に用いた値である（補足資料1、補足表1）。現状の漁獲圧（F2016-2018）としては、この選択率において推定される%SPRが2016～2018年の平均F値から推定される%SPRと等しくなる値を用いることとした。F2016-2018はF30%SPRを上回っているが、後述のFmsyはやや下回っている。

(2) 再生産関係と今後の加入量

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図2に示す。平成31年4月に開催された研究機関会議により、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型関係式が適用されている。再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、平成30（2018）年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、最適化方法には絶対値最小法を用いた。加入量の残差の自己相関は考慮していない。詳細は「平成31（2019）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報告書」を参照されたい。

本系群の将来予測では、このホッケー・スティック型再生産関係に従い、加入量の不確実性として対数正規分布に従う誤差を仮定して、将来の加入量を算出した。

(3) 管理基準値案と禁漁水準案

本系群の管理基準値案と禁漁水準案について以下に示す。

項目	値	備考
管理基準値案と禁漁水準案		
SBtarget 案	112 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）
SBlimit 案	34 千トン	MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）
SBban 案	5 千トン	MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）

平成31年4月に開催された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：112千トン）、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：34千トン）、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：5千トン）を用いることが提案されている。詳細は「平成31（2019）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報告書」を参照されたい。

(4) 親魚量と漁獲圧の推移

目標管理基準値案（すなわちSBmsy）と、MSYを実現する漁獲圧（Fmsy）を基準にした神戸プロットを図3に示す。本系群における漁獲圧（F）は、2000年～2015年においてはFmsyを上回っていたが、2018年の漁獲圧（F2018）はFmsyを下回っている（F2018/Fmsyは0.95）。一方、2018年の漁獲割合（U2018：40%）はMSYを達成する漁獲割合（Umsy：35%）を上回っている。親魚量は、1993～1997年および1999年、2001において目標管理基準値案を上回ったが、2002年以降は下回っており、2018年の親魚量（SBcurrent：11千トン）も目標管理基準値案および限界管理基準値案を下回るが禁漁水準案は上回っている。

2. 2020年漁獲量の算定

(1) 資源評価のまとめ

2018年の親魚量は、限界管理基準値案未満かつ禁漁水準案以上であった。2016年の親魚量が少なかったため、2018年級群の豊度は低いものと考えられ、2020年の親魚量は減少する可能性がある。一方、近年では比較的豊度の高い2017年級群の加入により親魚量は増加

することが想定され、親魚量が禁漁水準案を下回る可能性は低いと推察される。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則（HCR）案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復できる確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定める漁獲シナリオ案である。「漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げるとともに、漁獲圧の上限となる F_{msy} には安全係数となるチューニングパラメータ β を乗じるものを提示している。図4に平成31年4月に開催された研究機関会議により提案された漁獲管理規則案を示す。ここでは例として安全係数 β を0.8とした場合を示した。

(3) 漁獲管理規則案に対応した漁獲量の算定

前述の漁獲管理規則案を用いた将来予測に従い、2020年の漁獲量を試算した。将来予測はコホート解析の前進法に加え、親魚量から予測される加入量を再生産関係から与えて実施した。加入量の不確実性として対数正規分布に従う誤差を仮定し、10,000回の繰り返し計算を行った。2019年は現状の漁獲圧（ $F_{2016-2018}$ ）による漁獲とし、将来予測により予測された2020年の親魚量をもとに漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を、2020年の漁獲量試算のための漁獲圧とした。

将来予測の結果、漁獲管理規則案に従い試算された2020年の漁獲量の平均値は β を0.8とした場合には12千トン、 β を1.0とした場合には15千トンであった。2020年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも限界管理基準値案を下回り、平均14千トンと見込まれた。漁獲量試算のための漁獲圧は、親魚量が限界管理基準値案未満であるため親魚量に応じた係数を乗じ、 $\gamma(SB_t) \times \beta F_{msy}$ として算出した。ここで2020年の $\gamma(SB_t)$ は「漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針」における1系資源の管理規則に基づき、下式により0.78と計算された。

$$\gamma(SB_t) = \frac{SB_t - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

2020年の親魚量（予測平均値）：14千トン			
項目	2020年の漁獲量（千トン）	現状の漁獲圧に対する比（ $F/F_{2016-2018}$ ）	2020年の漁獲割合（%）
漁獲管理規則案（異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	15	0.78	15
$\beta=0.9$	13	0.70	13
$\beta=0.8$	12	0.62	12
$\beta=0.7$	11	0.55	11
$\beta=0.6$	9	0.47	9

$\beta=0.5$	8	0.39	8
$\beta=0$	0	0	0
F2016-2018	37	1.00	36

(4) 不確実性を考慮した検討

中長期的な将来予測の結果は図5および表1、2に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を10年間継続した場合、2030年の親魚量の予測値は β を1.0とした場合には平均110千トン（80%信頼区間は64千トン～167千トン）、 β を0.8とした場合には平均144千トン（80%信頼区間は86千トン～214千トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は70%である。 β を0とした場合には親魚量は平均652千トン（80%信頼区間は457千トン～879千トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は100%である。限界管理基準値案および禁漁水準案を上回る確率は全ての漁獲管理規則案において100%となった。なお、研究機関会議からは、親魚量が限界管理基準値案を下回るリスクをさけるため β を0.7以下にすることが推奨されている。

本系群では2010年に加入量が急激に減少したため、2011年以降の親魚量は低い水準で推移し、2012～2016年は高豊度の加入群が見られていなかった。そのため、漁業管理規則案導入後、短期的に親魚量が高い確率で目標管理基準値案以下へ低下することが予測される。一方、2017年級群は近年の中でも高豊度の加入とみられており、再生産関係で予測される平均的な加入が発生すれば、中長期的には高い確率で目標管理基準値案以上に維持される。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030年の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030年に親魚量が以下の 管理基準値案と禁漁水準案を 上回る確率 (%)		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
漁獲管理規則案（異なる β を使用した場合）					
$\beta=1.0$	110	64-167	39	100	100
$\beta=0.9$	126	74-189	54	100	100
$\beta=0.8$	144	86-214	70	100	100
$\beta=0.7$	167	102-246	83	100	100
$\beta=0.6$	194	121-283	93	100	100
$\beta=0.5$	228	145-329	98	100	100
$\beta=0$	652	457-879	100	100	100
F2016-2018	109	62-165	38	100	100

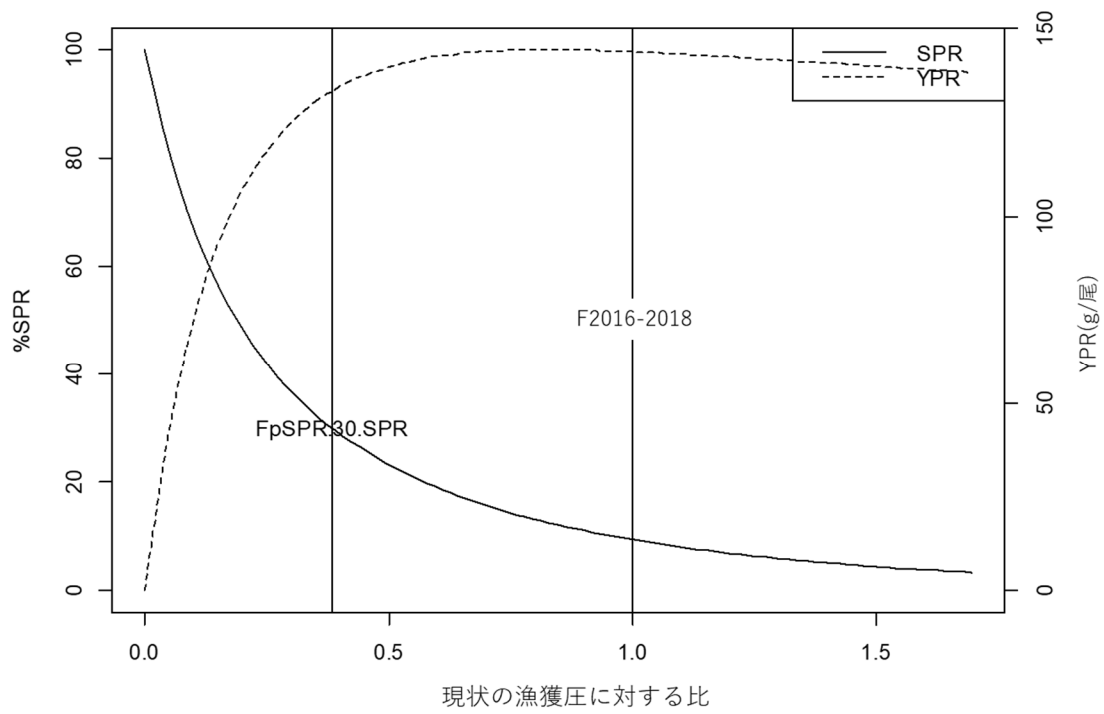


図1. 現状の漁獲圧（F2016-2018）に対する YPR と%SPR の関係

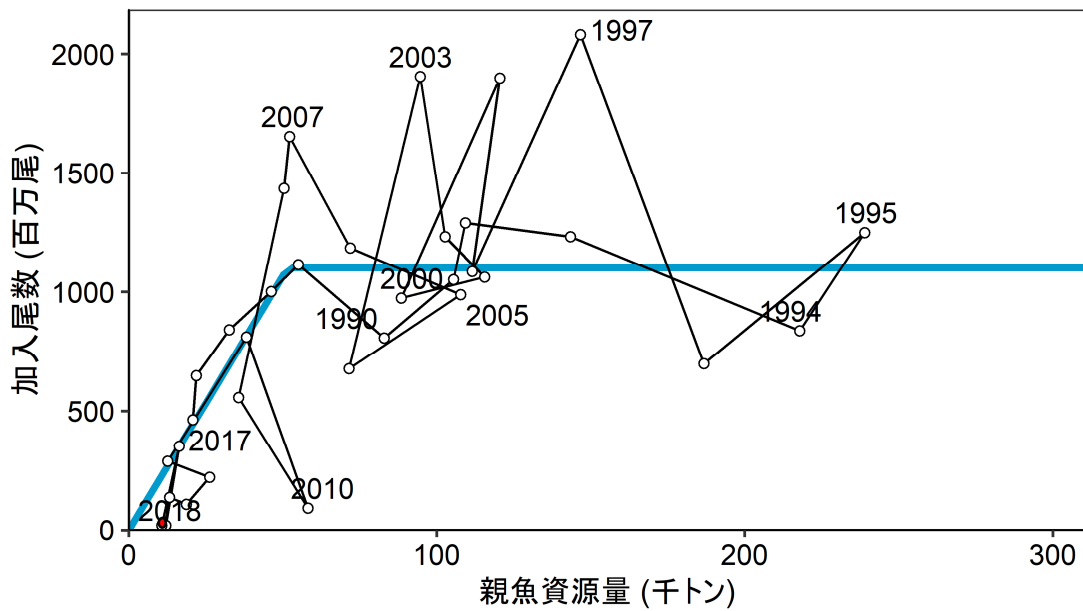


図2. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 青線は平成31年4月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において適用された再生産関係式。今回の資源評価で新たに推定された2018年級群を●で示す。

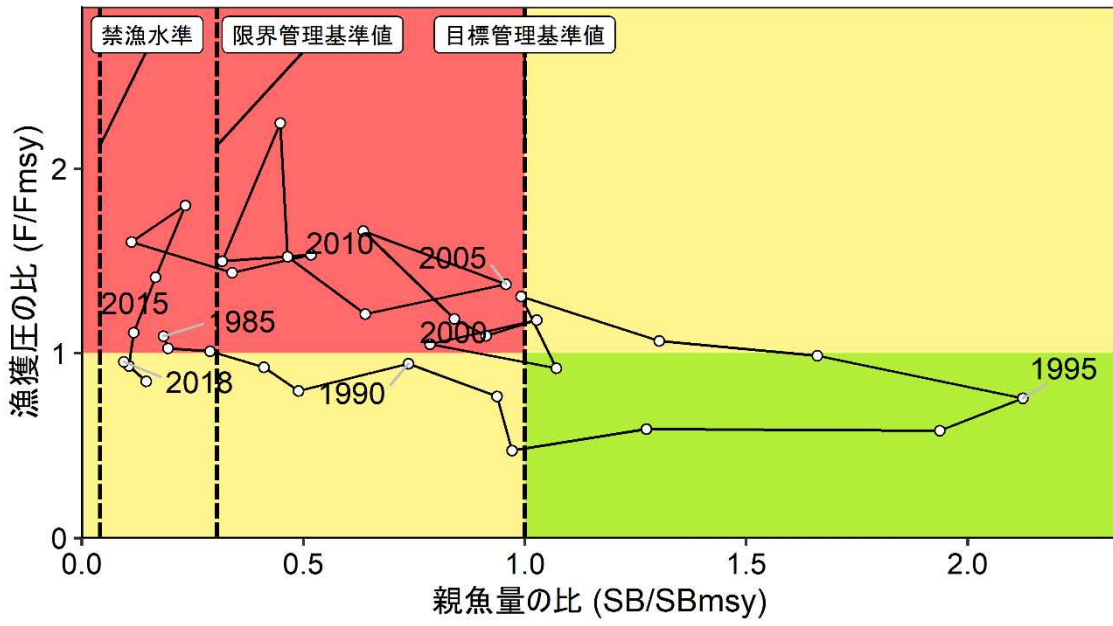


図 3. 禁漁水準案 限界管理基準値案 目標管理基準値案 (神戸プロット)

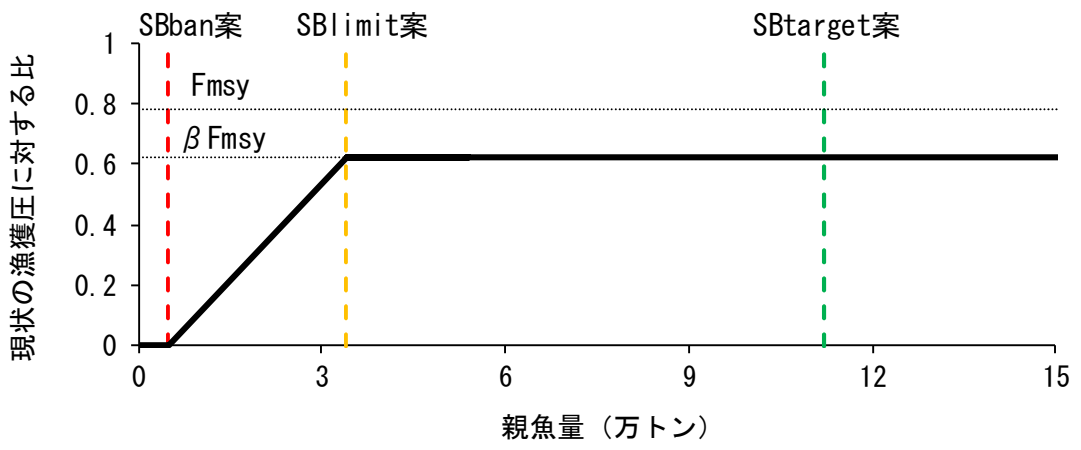


図 4. 漁獲管理規則案 (β を 0.8 とした場合のものを示す) 現状の漁獲圧は F2016-2018。

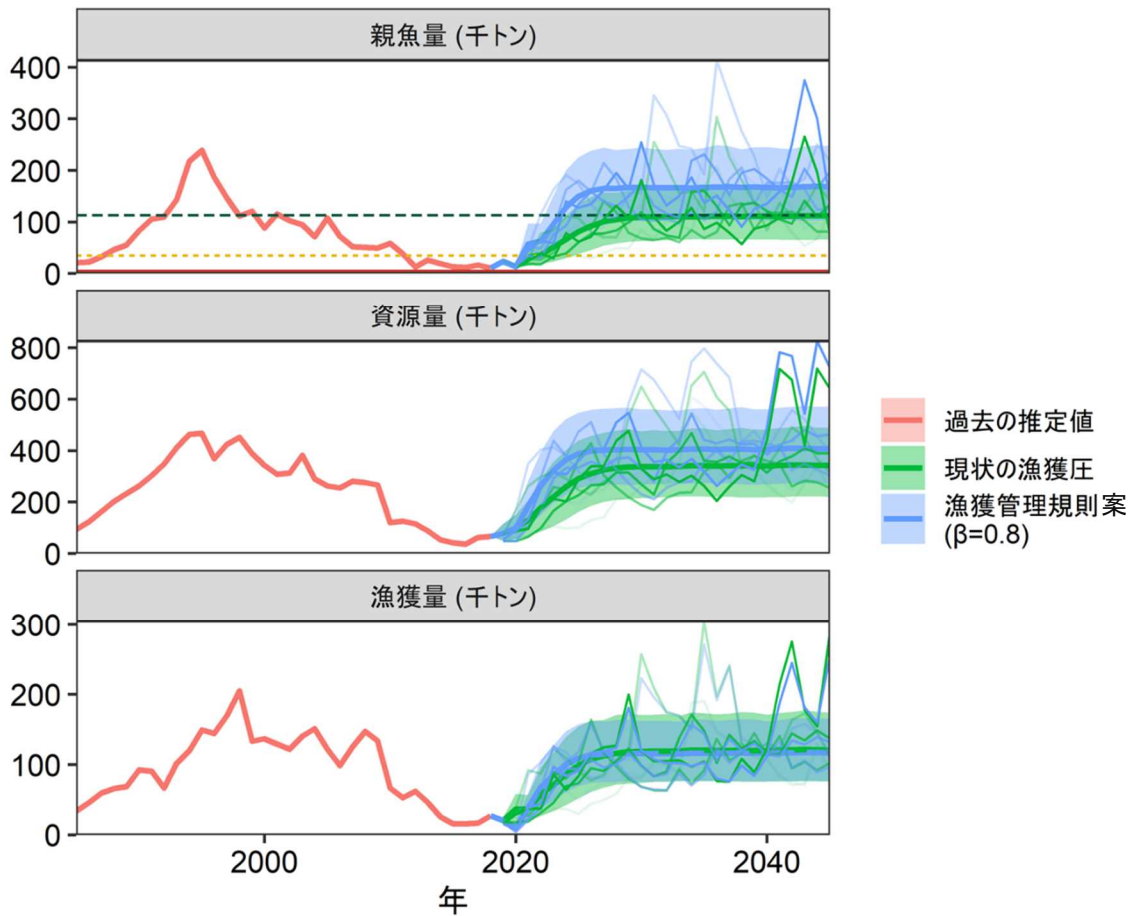


図 5. 漁獲管理規則案を用いた場合と現状の漁獲圧 (F2016-2018) で漁獲を続けた場合との将来予測の比較

太実線は平均値、網掛けは 80%信頼区間、細線は 3 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、黄点線は限界管理基準値案、赤線は禁漁水準案を示す。2019 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2016-2018) により仮定した。漁獲管理規則案の β は 0.8 のものを示す。

補足資料 1 将来予測方法

得られた資源量をもとに漁獲管理規則案に従う将来予測を行った。

将来の加入量の推定には、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において適用されたホッケー・スティック型関係式 ($a=0.022$ 、 $b=51051$ 、 $SD=0.62$) から推定される値を用いた。なお、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは、平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく親魚量・加入量とし、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。詳細は「平成 31 (2019) 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報告書」を参照されたい。

将来予測における漁獲係数 F は、「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測に用いたパラメータは補足表 2-4 に示す。選択率や漁獲物平均体重等の値には、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」で MSY を実現する水準の推定に用いた値を引き続き用いた。これらは再生産関係と同じく平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく値であり、選択率はこの計算結果における 2015~2017 年の平均値である。現状の漁獲圧 ($F_{2016-2018}$) は、この選択率において推定される %SPR が 2016~2018 年の平均 F 値から推定される %SPR と等しくなる値とした。2019 年の F は現状の漁獲圧と等しいとした。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法 ((1) 式) を用いた。

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

4 歳以上のプラスグループについては、前年の 3 歳と 4 歳以上の和から前進させた。

漁獲尾数は、上記で求めた資源尾数と各漁獲シナリオから仮定される F 値をもとに (2) 式により求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y} \left(1 - \exp(-F_{a,y})\right) \exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \quad (2)$$

補足表 1. 将来予測で用いたパラメータ

	選択率	Fmsy	F2016-2018	SBmsy での平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟率 (年度初)
0 歳	0.15	0.11	0.15	86	0.295	0.0
1 歳	0.58	0.77	0.99	172	0.295	0.0
2 歳	0.80	0.57	0.74	287	0.295	0.8
3 歳	1.00	0.92	1.18	358	0.295	1.0
4 歳以上	1.00	0.92	1.18	400	0.295	1.0

なお、本系群では資源尾数と年齢別体重のあいだに負の相関関係が見られる（補足図 1）。そこで、MSY を実現する水準の推定や将来予測では、下記に示した資源尾数に対する年齢別体重の回帰式を用い、1985～2017 年の年齢別体重の平均値の予測値に観察された誤差を足したものをを用いた。各年齢の資源尾数と体重の回帰式のパラメータおよび 1985～2017 年の平均資源尾数を補足表 2 に示す。なお、使用した資源尾数および年齢別体重は、再生産関係と同じく平成 30（2018）年度の資源評価に基づく値である。

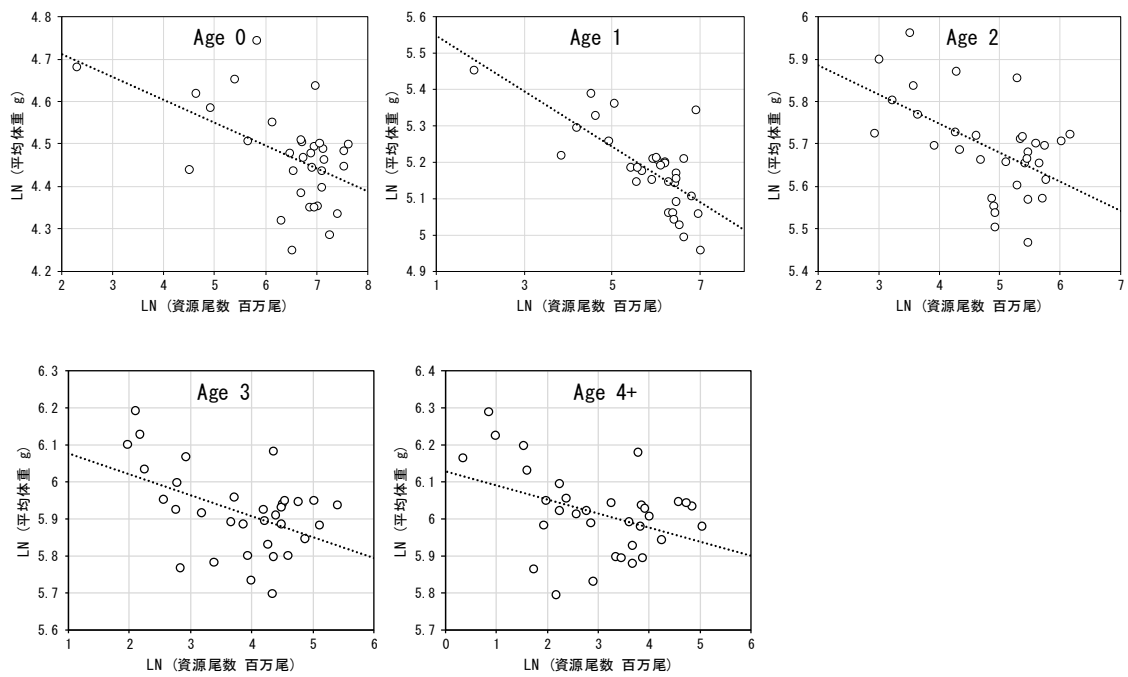
[資源尾数に対する年齢別体重の回帰式]

$$\log(Bw_x) = a \times \log(N_x) + b + e, \quad e \sim N(0, \sigma^2)$$

ここで Bw_x および N_x は x 歳における体重と資源尾数、 e は誤差である。

補足表 2. 年齢別資源尾数と体重の回帰式のパラメータ

	a	b	SD	1985-2017 年の資源尾数の平均値 (括弧内は最小値～最大値) (百万尾)	左の資源尾数の場合に回帰式から予測される体重 (g)
0 歳	-0.054	4.820	1.272	908 (10-2080)	86 (82-109)
1 歳	-0.076	5.624	0.826	482 (7-1121)	173 (162-240)
2 歳	-0.068	6.022	0.763	176 (19-485)	290 (271-338)
3 歳	-0.057	6.135	1.256	66 (7-225)	364 (339-412)
4 歳以上	-0.038	6.123	1.739	37 (1-156)	398 (377-450)



補足図 1. 各年齢の資源尾数と体重の関係

資源尾数と漁獲物平均体重は、平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」で MSY を実現する水準の推定に用いた値を引き続き用いた。これらは再生産関係と同じく平成 30 (2018) 年度の資源評価に基づく値である。