

令和 2（2020）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ケ・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、2021 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。

2021 年の親魚量（予測平均値）：47 千トン			
項目	2021 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2017-2019)	2021 年の 漁獲割合 (%)
漁獲管理規則案として研究機関会議が提案した β を使用した場合			
$\beta=1.0$	55	1.01	28
$\beta=0.9$	51	0.91	26
$\beta=0.8$	46	0.81	24
$\beta=0.7$	42	0.71	22
$\beta=0.6$	37	0.61	19
$\beta=0.5$	32	0.51	16
$\beta=0$	0	0	0
F2017-2019	55	0.93	28

考慮している不確実性： 加入量、2020 年の漁獲圧					
項目	2031 年 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2031 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
漁獲管理規則案として研究機関会議が提案した β を使用した場合					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	110	64-164	39	100	100
$\beta=0.9$	125	74-186	55	100	100
$\beta=0.8$	144	86-213	70	100	100
$\beta=0.7$	166	102-243	84	100	100
$\beta=0.6$	194	120-279	93	100	100
$\beta=0.5$	228	144-325	98	100	100
$\beta=0$	666	469-891	100	100	100
F2017-2019	122	69-186	51	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 （ F_{msy} ）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（ $F_{2017-2019}$ ）としては、この選択率において推定される %SPR が 2017～2019 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。 $F_{2017-2019}$ は $F_{0.1}$ 、 $F_{30\%SPR}$ を上回り、 F_{msy} を下回っている。

(2) 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 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、最適化方法には最小絶対値法を用いた。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。

目標管理基準値案（すなわち SBmsy）と、MSY を実現する漁獲圧（ F_{msy} ）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、2001 年を除く 2000 年～2015 年においては F_{msy} を上回っていたが、2016 年以降の漁獲圧は F_{msy} を下回り、2019 年は F_{msy} とほぼ同じとなった（ $2019F/F_{msy} : 1.00$ ）。一方、2019 年の漁獲割合（ $U_{2019} : 27\%$ ）は MSY を達成する漁獲割合（ $U_{msy} : 35\%$ ）を下回る。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、2019 年の

親魚量（SB_{current} : 24 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. 将来予測

(1) 将来予測の設定

前述の漁獲管理規則案を用いた将来予測に従い、2021 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。ホッケ道北系群では、近年の 0 歳魚獲り控えをはじめとする自主管理により選択率が年によって大きく変化し、将来予測に用いる漁獲圧の設定も難しい状況となっている。このような状況下において、漁獲圧の不確実性を将来予測に取り込むため、2020 年の年齢別 F は 2017～2019 年の値をランダムにリサンプリングする漁獲とし（補足資料 3）、将来予測により予測された 2021 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、2021 年の漁獲量試算のための漁獲圧とした。

(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。なお、研究機関会議提案では「 β が 0.8 以下であれば、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされている。

(3) 2021 年漁期の予測値

将来予測の結果、漁獲管理規則案に従い試算された 2021 年の漁獲量の平均値は β を 0.8 とした場合には 46 千トン、 β を 1.0 とした場合には 55 千トンであった。2021 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の 34 千トンを上回り、平均 47 千トンと見込まれた（表 2a）。

2021 年の親魚量（予測平均値）：47 千トン			
項目	2021 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2017-2019)	2021 年の 漁獲割合（%）
漁獲管理規則案として研究機関会議が提案した β を使用した場合			
$\beta=1.0$	55	1.01	28
$\beta=0.9$	51	0.91	26
$\beta=0.8$	46	0.81	24
$\beta=0.7$	42	0.71	22
$\beta=0.6$	37	0.61	19
$\beta=0.5$	32	0.51	16
$\beta=0$	0	0	0
F2017-2019	55	0.93	28

※ F2017-2019 は 2021 年以降の漁獲圧を現状の漁獲圧（F2017-2019）とした場合である

(4) 2022 年以降の予測

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、2031 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～164 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～213 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 666 千トン（80%信頼区間は 469 千トン～891 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いずれの β を用いた場合の漁獲管理規則案でも 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。また、 $\beta=0.5$ であれば今後低加入が続いた場合（バックワード・リサンプリングシナリオ）でもほぼ 10 年程度で 50%以上の確率で目標管理基準値案まで回復すると示されていた。今回、新たな資源評価結果に基づきバックワード・リサンプリングシナリオを更新したところ、低加入が続いた場合に 50%以上の確率で目標管理基準値案まで回復させる β は 0.6 以下となった（補足資料 2）。

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。一方、2017 年級群および 2019 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、2020 年の漁獲圧					
項目	2031 年 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2031 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
漁獲管理規則案として研究機関会議が提案した β を使用した場合					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	110	64-164	39	100	100
$\beta=0.9$	125	74-186	55	100	100
$\beta=0.8$	144	86-213	70	100	100
$\beta=0.7$	166	102-243	84	100	100
$\beta=0.6$	194	120-279	93	100	100
$\beta=0.5$	228	144-325	98	100	100
$\beta=0$	666	469-891	100	100	100
F2017-2019	122	69-186	51	100	100

考慮している不確実性:加入量、2020 年の漁獲圧			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
その他の方策（安全係数 β に提案とは異なる値を使用した場合）			
$\beta=1.0$	2051 年以降	2021 年	2020 年
$\beta=0.8$	2025 年	2021 年	2020 年
$\beta=0.6$	2024 年	2021 年	2020 年
$\beta=0.4$	2023 年	2021 年	2020 年
$\beta=0.2$	2023 年	2021 年	2020 年
$\beta=0$	2023 年	2021 年	2020 年
F2017-2019	2030 年	2021 年	2020 年

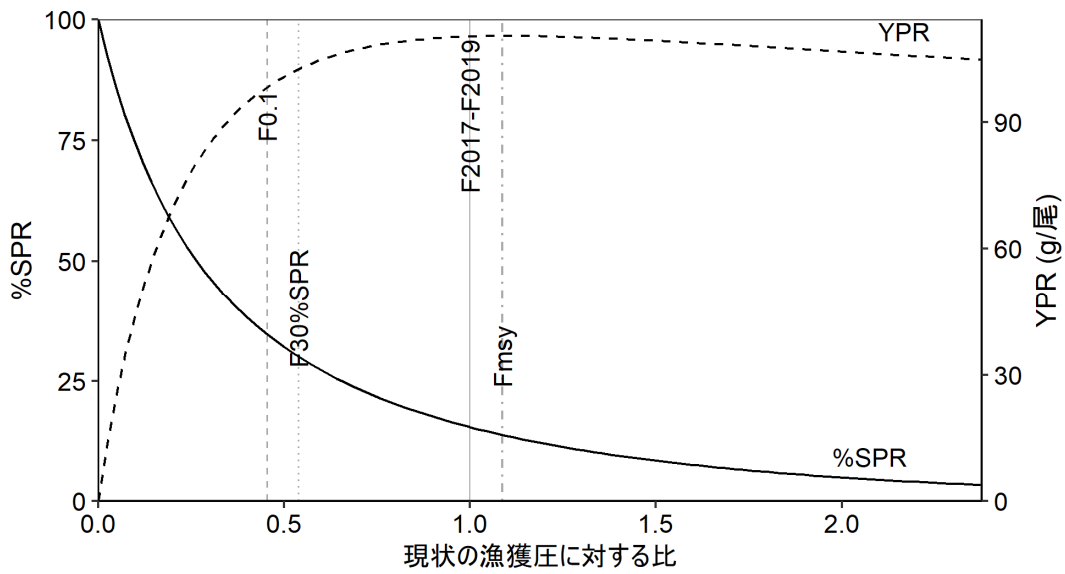


図 1. 現状の漁獲圧（F2017-2019）に対する YPR と%SPR の関係

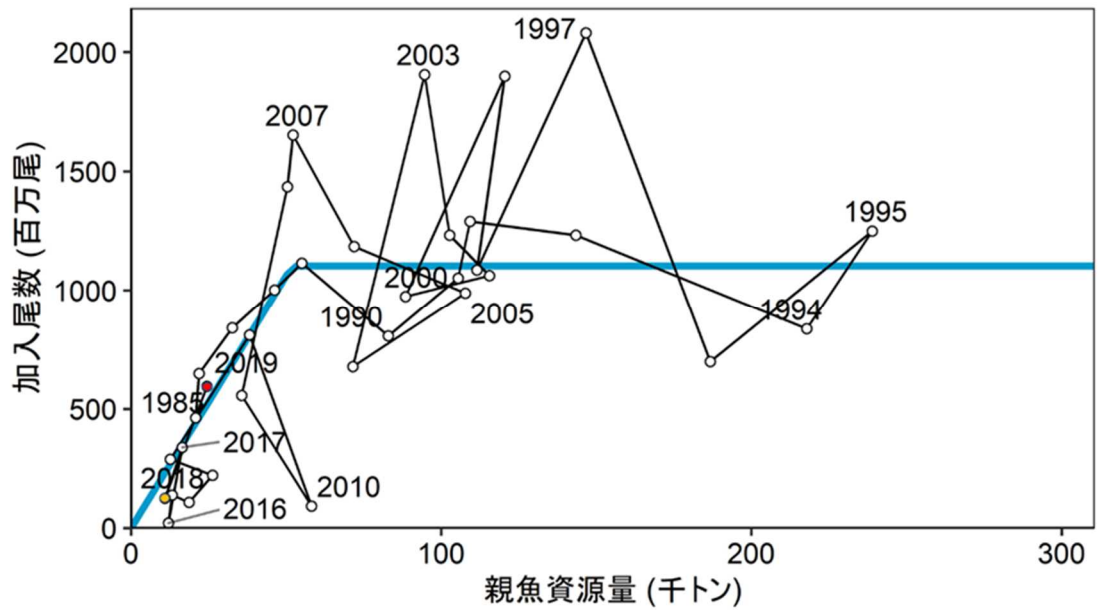


図 2. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 青線は平成 31 年 4 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において適用された再生産関係式。今回の資源評価で新たに推定された 2018 年を●、2019 年級群を●で示す。

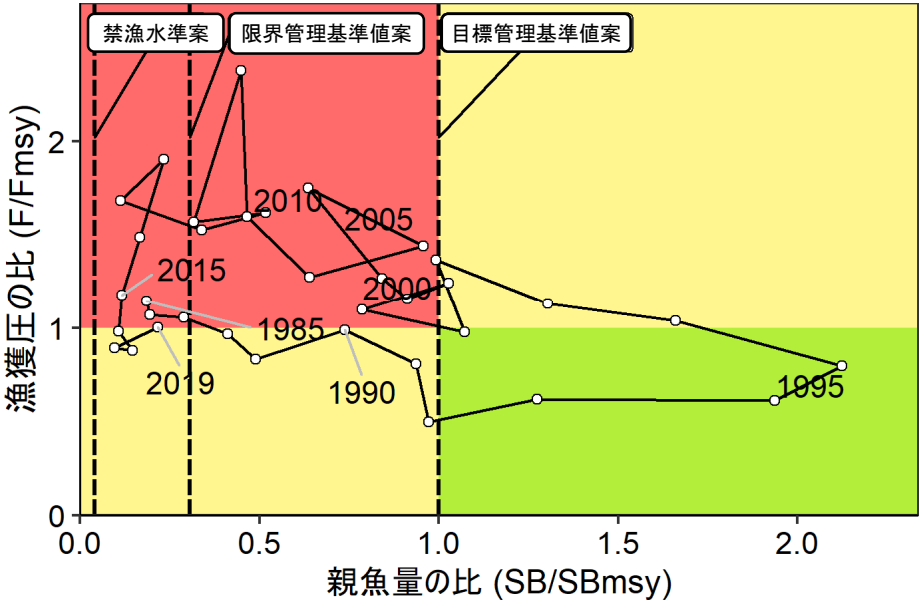
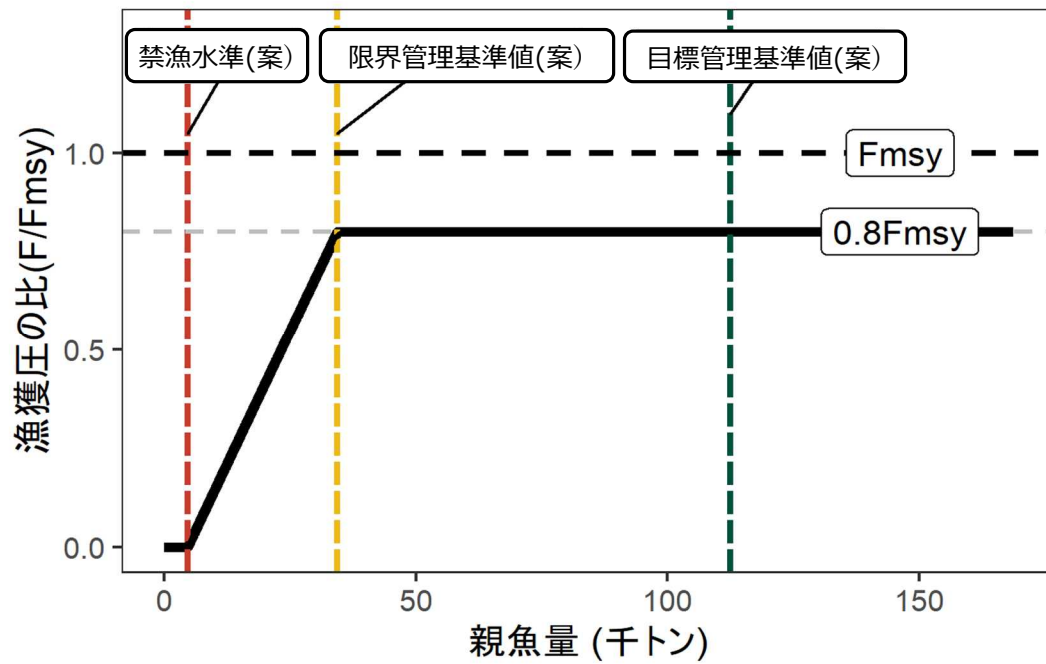
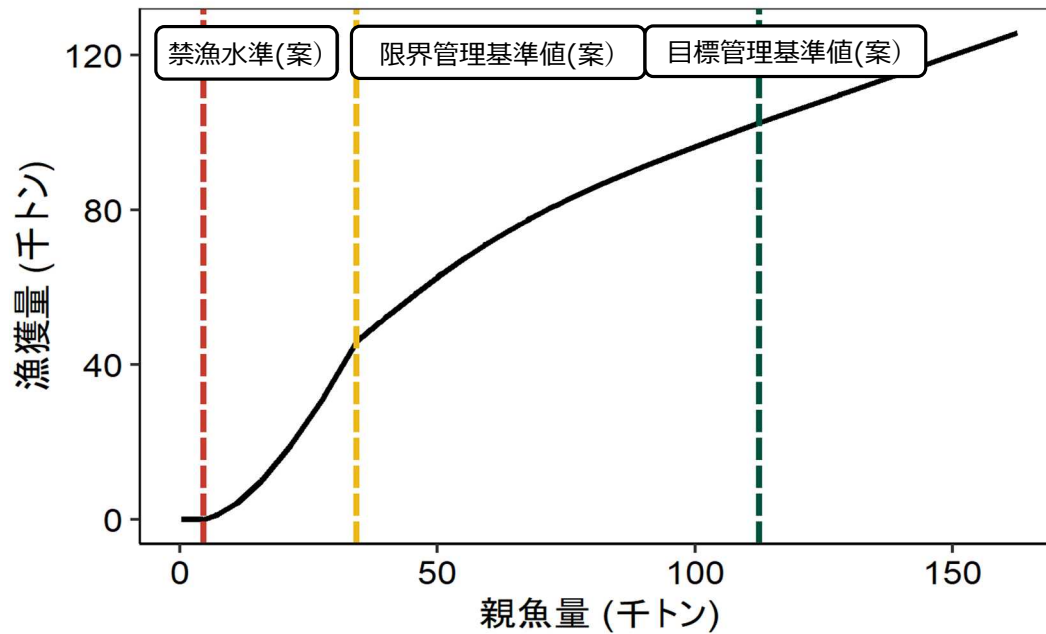


図 3. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)

(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合

図 4. 漁獲管理規則案 (β を 0.8 とした場合のものを示す)

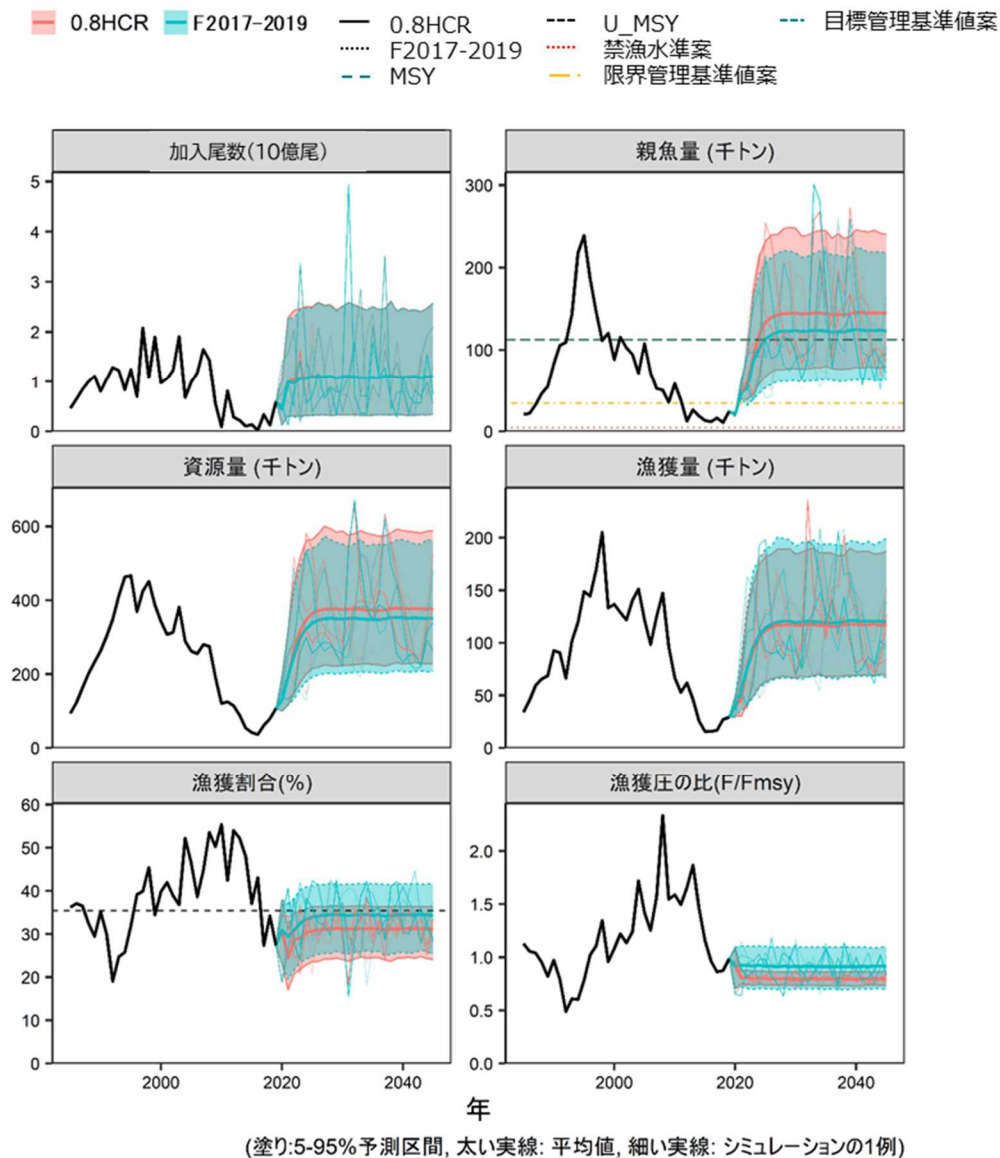


図 5. 漁獲管理規則案を用いた場合と現状の漁獲圧（F2017-2019）で漁獲を続けた場合との将来予測の比較

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。2020 年の漁獲量は 2017～2019 年の漁獲圧よりランダムリサンプリングした値を用いて仮定した。漁獲管理規則案の β は 0.8 のものを示す。

表 1. 将来の親魚量が目標管理基準値案 (a)、限界管理基準値案 (b) を上回る確率
 β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2020 年の漁獲量は予測される資源量と 2017~2019 年の漁獲圧よりランダムリサンプリングされた値により仮定した。2021 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	0	1	12	24	32	35	39	38	39	40	39	40	40
0.9	0	0	1	18	35	46	50	53	53	54	56	55	55	55
0.8	0	0	2	23	48	60	65	68	70	69	70	70	72	70
0.7	0	0	3	31	61	75	80	82	83	83	83	84	85	84
0.6	0	0	4	41	73	86	90	92	93	94	93	93	94	94
0.5	0	0	6	51	83	93	96	98	98	98	98	98	99	99
0.4	0	0	8	62	91	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	10	73	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	13	82	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	17	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	23	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	100	95	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.9	0	100	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.8	0	100	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

表 2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2020 年の漁獲量は予測される資源量と 2017~2019 年の漁獲圧よりランダムリサンプリングされた値により仮定した。2021 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量の平均値

(千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	21	47	52	76	93	101	105	108	110	110	111	110	111	110
0.9	21	47	55	84	105	116	121	124	126	126	127	125	127	126
0.8	21	47	59	92	120	134	139	143	144	145	145	144	145	144
0.7	21	47	63	102	136	153	161	165	166	167	168	166	168	166
0.6	21	47	67	113	154	176	186	191	193	194	195	194	195	194
0.5	21	47	71	125	174	203	215	223	226	228	229	228	230	228
0.4	21	47	76	138	197	234	251	262	268	270	273	271	274	272
0.3	21	47	81	153	224	271	296	311	320	325	329	328	332	330
0.2	21	47	86	170	254	314	350	373	388	397	404	404	412	410
0.1	21	47	92	188	290	367	418	454	478	494	507	511	528	527
0	21	47	98	209	331	431	503	558	599	628	653	666	713	715

(b) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	39	55	84	96	108	113	116	118	118	119	118	119	119	119
0.9	39	51	81	95	107	113	116	118	118	119	117	118	118	119
0.8	39	46	76	92	105	112	115	117	117	118	116	117	117	118
0.7	39	42	71	88	102	109	113	115	115	116	115	115	116	116
0.6	39	37	65	83	97	105	109	111	112	113	112	112	113	113
0.5	39	32	57	75	90	99	104	106	107	108	107	108	108	108
0.4	39	26	49	66	81	91	96	98	100	101	100	101	101	101
0.3	39	20	39	54	68	78	83	87	88	90	90	90	91	91
0.2	39	14	28	40	52	60	66	69	71	72	73	73	74	74
0.1	39	7	15	22	29	35	39	42	44	45	46	46	47	48
0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足資料 1. 将来予測の方法

令和 2 年度の資源評価により推定さ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 1-1 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 ($F_{2017-2019}$) は、この選択率において推定される %SPR が 2017～2019 年の平均 F 値から推定される %SPR と等しくなる値とした。2020 年の F は 2017～2019 年の漁獲圧 (F 値) からランダムリサンプリングするものとした (補足資料 3)。

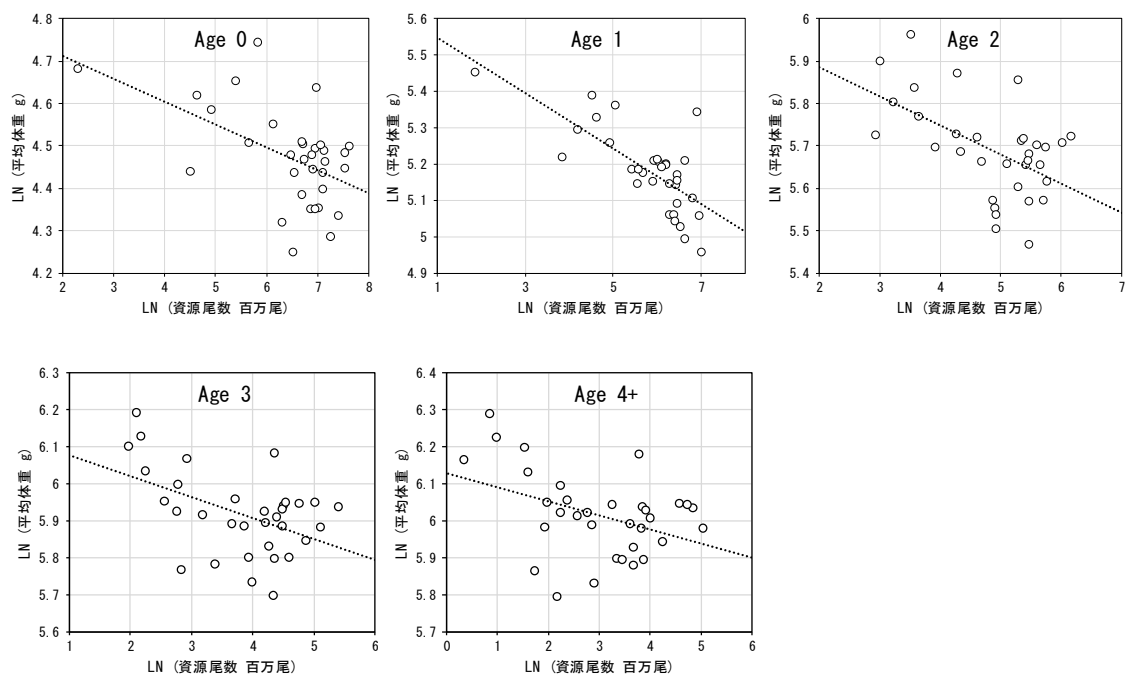
資源尾数の予測には、コホート解析の前進法 ((1) 式) を用いた。

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

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。

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



補足図 1-1. 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。

補足表 1-1. 将来予測で用いたパラメータ

	選択率	Fmsy	F2017	F2018	F2019	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	0.22	0.02	0.16	86	0.295	0.0
1 歳	0.60	0.77	0.40	0.63	0.57	172	0.295	0.0
2 歳	0.90	0.57	0.83	0.70	0.88	287	0.295	0.8
3 歳	1.00	0.92	0.74	0.98	0.95	358	0.295	1.0
4 歳以上	1.00	0.92	0.74	0.98	0.95	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 1-1）。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 1-2 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 1-2. 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)

補足資料 2 低加入シナリオを考慮した将来予測

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、本系群の加入量の予測値に対する観測値の残差が特に負に偏る傾向があったことから、負の残差が連続して起こる可能性も考慮して様々な低加入シナリオを検討した。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。

近年、2017 年級群や 2019 年級群の加入により、資源量や親魚量は 2016 年以降増加傾向であるものの、2008 年以前のような 10 億尾を超える加入が数年おきに発生する状況には回復しておらず、ホッケ・スティック型再生産関係式を仮定した場合の加入量の予測値に対する観測値の残差もここ 10 年で見ると負に偏る傾向にある（補足図 2-1）。特に 2010 年や 2016 年のような極端な低加入の年級も見られており、今後も同様の低加入の年級が発生する場合は、資源状態が再び悪化することが懸念される。そのため、2019 年までの資源計算結果をもとに、低加入を仮定したバックワード・リサンプリングによる将来予測を実施した（補足図 2-2、補足表 2-1、2-2）。将来予測の結果、漁獲管理規則案に従い試算された 2021 年の漁獲量の平均値は β を 0.8 とした場合には 32 千トン、 β を 1.0 とした場合には 38 千トンであった。2021 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上回り、平均 47 千トンと見込まれた（補足表 2-2）。

2021 年の親魚量（予測平均値）：47 千トン			
項目	2021 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2017-2019)	2021 年の 漁獲割合 (%)
漁獲管理規則案として研究機関会議が提案した β を使用した場合			
$\beta=1.0$	38	1.01	31
$\beta=0.9$	35	0.91	29
$\beta=0.8$	32	0.81	26
$\beta=0.7$	29	0.71	24
$\beta=0.6$	26	0.61	21
$\beta=0.5$	22	0.51	18
$\beta=0$	0	0	0
F2017-2019	41	0.93	33

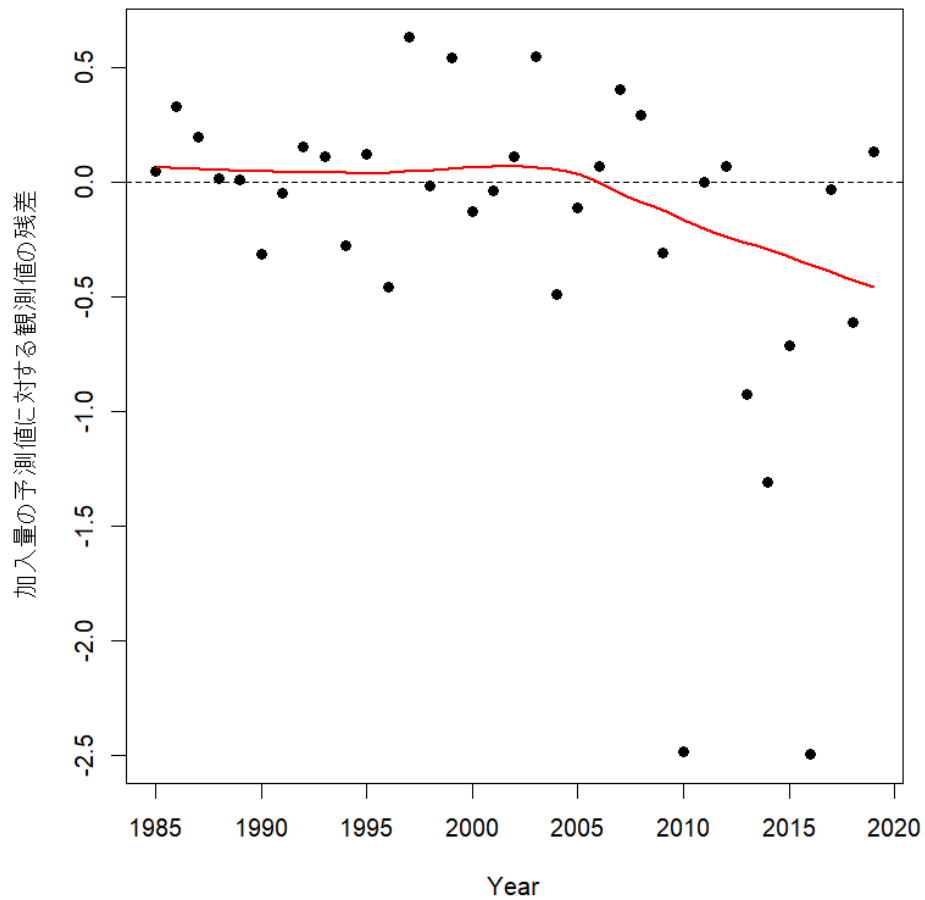
漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2031 年の親魚量の予測値は β を 1.0 とした場合には平均 70 千トン（80%信頼区間は 29 千トン～121 千トン）、 β を 0.8 とした場合には平均 95 千トン（80%信頼区間は 41 千トン～157 千トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は 35%である。 β を 0 とした場合には親魚量は平均 428 千ト

ン（80%信頼区間は 246 千トン～634 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。

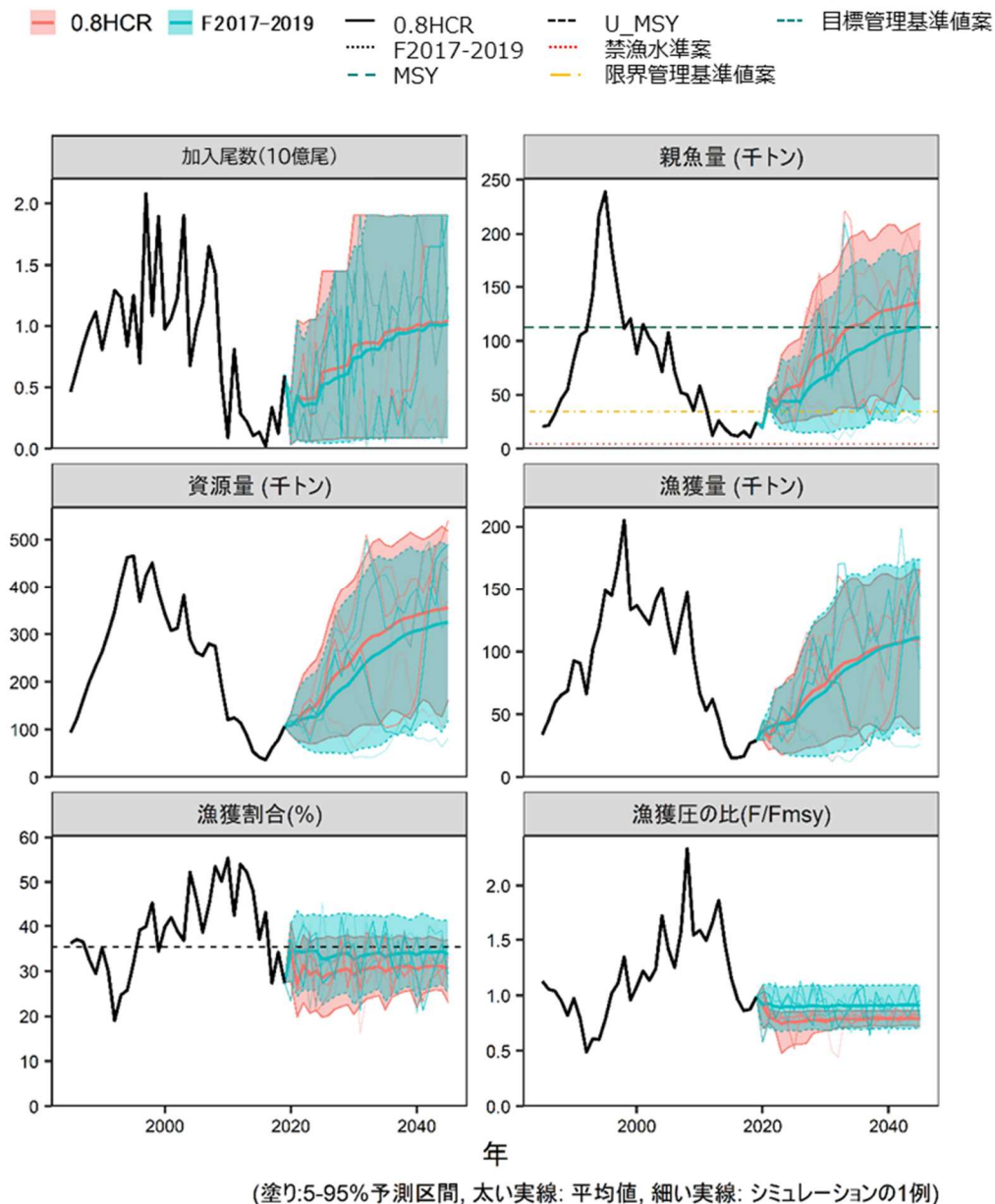
本系群では過去 10 年に極端に低い加入年級が 2 度発生しており、今後も同様の低加入が発生する可能性に十分留意する必要がある。漁獲管理規則案の検討の際には、低加入が発生する状況が今後も継続する可能性を考慮した将来予測結果を踏まえて、安全係数 β に予防的な値を選択することが望ましい。

考慮している不確実性： 加入量、2020 年の漁獲圧					
項目	2031 年 の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2031 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
漁獲管理規則案として研究機関会議が提案した β を使用した場合					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	70	29-121	15	83	100
$\beta=0.9$	81	34-138	25	90	100
$\beta=0.8$	95	41-157	35	95	100
$\beta=0.7$	111	50-181	45	97	100
$\beta=0.6$	130	61-209	57	99	100
$\beta=0.5$	153	74-244	68	100	100
$\beta=0$	428	246-634	100	100	100
F2017-2019	73	23-135	22	100	100

考慮している不確実性:加入量、2020 年の漁獲圧			
	親魚量が管理基準値を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
その他の方策（安全係数 β に提案とは異なる値を使用した場合）			
$\beta=1.0$	2051 年	2021 年	2020 年
$\beta=0.8$	2041 年	2021 年	2020 年
$\beta=0.6$	2029 年	2021 年	2020 年
$\beta=0.4$	2026 年	2021 年	2020 年
$\beta=0.2$	2024 年	2021 年	2020 年
$\beta=0$	2023 年	2021 年	2020 年
F2017-2019	2041 年	2021 年	2020 年



補足図 2-1. 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」において提案されたホッケー・スティック型再生産関係式の加入量の予測値に対する観測値の残差（1985～2019）



補足図 2-2. 漁獲管理規則案を用いた場合と現状の漁獲圧（F2017-2019）で漁獲を続けた場合とでの将来予測の比較

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。2020 年の漁獲量は 2017～2019 年の漁獲圧よりランダムリサンプリングした値を用いて仮定した。漁獲管理規則案の β は 0.8 のものを示す。

補足表 2-1. 将来の親魚量が目標管理基準値案 (a)、限界管理基準値案 (b) を上回る確率

β を 0～1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2020 年の漁獲量は予測される資源量と 2017～2019 年の漁獲圧よりランダムリサンプリングされた値により仮定した。2021 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量が目標管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	10	13	15	46	56
0.9	0	0	0	0	0	1	1	4	14	20	23	25	59	73
0.8	0	0	0	0	1	3	3	12	25	31	32	35	67	80
0.7	0	0	0	1	4	8	9	26	38	41	43	45	73	84
0.6	0	0	0	3	12	18	20	42	50	54	55	57	79	88
0.5	0	0	0	8	22	31	35	55	64	66	67	68	85	91
0.4	0	0	0	14	33	47	53	70	77	78	79	79	92	94
0.3	0	0	0	20	46	62	72	83	89	89	90	90	96	98
0.2	0	0	0	26	60	77	86	92	95	96	97	97	99	100
0.1	0	0	0	36	74	89	95	97	98	99	99	99	100	100
0	0	0	1	51	86	96	98	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	0	0	0	0	1	1	4	11	16	19	22	55	69

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	0	100	71	66	71	68	69	76	82	82	82	83	93	95
0.9	0	100	80	74	80	78	80	84	89	89	89	90	96	97
0.8	0	100	88	81	87	87	88	90	93	93	94	95	98	99
0.7	0	100	92	85	92	94	94	95	96	97	97	97	99	99
0.6	0	100	97	91	95	97	97	98	98	99	99	99	100	100
0.5	0	100	99	95	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100
0.4	0	100	100	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	100	100	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fcurrent	0	100	58	68	66	66	65	72	77	77	77	78	92	95

補足表 2-2. 将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2020 年の漁獲量は予測される資源量と 2017~2019 年の漁獲圧よりランダムリサンプリングされた値により仮定した。2021 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。

(a) 親魚量の平均値

(千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	21	47	39	42	45	45	45	55	62	65	68	70	102	111
0.9	21	47	42	46	51	52	53	64	73	76	79	81	116	127
0.8	21	47	45	51	58	60	62	75	86	90	92	95	134	146
0.7	21	47	47	56	66	70	73	88	101	106	108	111	155	168
0.6	21	47	50	63	75	82	86	103	118	125	127	130	181	196
0.5	21	47	54	70	86	96	101	121	139	147	150	153	213	231
0.4	21	47	57	78	99	113	120	142	163	174	178	182	253	275
0.3	21	47	61	86	113	132	143	168	193	207	213	219	306	333
0.2	21	47	64	96	130	155	170	201	231	249	259	268	378	413
0.1	21	47	69	108	150	183	205	243	280	305	321	334	481	528
0	21	47	73	120	173	217	248	297	346	381	406	428	639	711
Fcurrent	21	47	37	45	45	46	46	57	63	68	71	73	112	123

(b) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1	37	38	47	43	45	47	55	61	68	70	74	82	109	117
0.9	37	35	45	43	47	49	58	64	70	73	76	84	110	118
0.8	37	32	43	43	47	50	60	66	72	74	77	85	110	117
0.7	37	29	41	43	47	51	60	67	72	74	77	85	109	116
0.6	37	26	38	41	46	50	59	66	71	73	76	83	106	113
0.5	37	22	34	38	44	48	57	63	68	70	73	79	102	109
0.4	37	18	29	34	40	44	52	58	63	65	68	73	95	102
0.3	37	14	23	29	34	39	45	50	55	58	60	65	85	91
0.2	37	10	17	21	26	30	35	39	44	46	48	52	69	75
0.1	37	5	9	12	15	18	21	24	26	28	30	32	44	47
0	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fcurrent	37	41	42	44	45	47	54	60	65	69	72	79	110	119

補足資料3 2020年の漁獲圧の仮定について

背景

我が国の資源評価・管理は資源評価年（本年で言うと2020年）に前年（2019年）までの資源量推定をVPAで実施し、2020年以降の資源尾数はランダムな将来の加入尾数を仮定したコホートの前進計算のシミュレーションによって計算している。2021年以降はABC算定ルールや漁獲管理規則の指針に沿って決定された漁獲係数により漁獲される。管理上特に重要な数字は、資源評価年の翌年（2021年）の漁獲量で、これが生物学的漁獲可能量（Allowable Biological Catch、以下ABCとする）に対応している。TAC対象種の場合にはこの値がTACの根拠として取り扱われる。また、TAC対象種でなくても、管理上目標とすべき漁獲量としての取り扱いがなされている。

しかし、2021年の漁獲量は、2020年からの一年分の将来予測をもとにした予測値であるため、この漁獲量は2020年の漁獲や加入の仮定に大きく影響される。さらに、新漁業法をもとにした新しいABC算定指針では、親魚量が限界管理基準値（案）を下回る場合には2021年の予測親魚量と限界管理基準値（案）の比によって漁獲圧を引き下げられるような漁獲管理規則が提案されており、この管理規則をあてはめると、2021年の親魚量の不確実性も漁獲圧を通じて2021年の漁獲量に影響する。

令和2年度ホッケ道北系群の資源評価における資源計算結果（FRA-SA2020-SC04-1）では、2019年の加入尾数が比較的高い豊度で推定されている一方で、2019年の1歳以上の資源への漁獲圧が高い。そのため、2020年には1歳の資源尾数は比較的多いものの、2歳以上の残存資源は少なくなるという予測が得られている。このような年齢構成となる場合、2021年の漁獲量・親魚量の予測値は、2020年における1歳の漁獲圧の仮定に大きく依存することとなる。2020年に1歳をできるだけ獲り残せば2021年には2歳になった魚を多く漁獲できる。一方、2020年への1歳魚への漁獲圧が高いと、2021年には2歳の残存資源が少なくなり漁獲量も親魚量も少なくなることが予想される。

将来予測開始年の漁獲圧（F）の仮定の不確実性については他魚種系群でも同様の問題をはらんでいるが、特にホッケ道北系群では将来予測における2020年の資源尾数を1歳魚が大部分を占めるようになることが予想されるため、その影響が大きいと考えられる。

ここでは2020年のFの仮定によってどの程度2021年の親魚量や漁獲量が変わるかを確認し、2020年のFを一つに定めるのではなく過去直近年のFをリサンプリングする方法を提案する。それにより2020年の年齢別Fの値を一つに決める必要がなくなり、かわりに、2020年のFの不確実性を将来予測に取り込むことができる。

方法

次の3つの方法で2020年のFを仮定し、2021年の親魚量と漁獲量への影響を調べた。

1. 2020年の年齢別Fを2017-2019年の年齢別Fの平均値として用いる（以下average_2017_2019とする）。
2. 2017-2019年の年齢別Fの漁獲圧を%SPRで換算し、Fmsyの選択率にあわせる（以下convert_2017_2019とする）。

3. 2017-2019 年の 3 年分の年齢別 F をランダムサンプリングして 2020 年の F とする（以下 random_F とする）。ここでは 2017 年～2019 年の 3 年分の F をランダムサンプリングしたが、実際に適用する際には、サンプリングする期間は近年の漁獲の強さを反映すると思われる適当な期間を用いれば良い。

ここで示した結果は、令和 2（2020）年度ホッケ道北系群の資源評価（FRA-SA2020-SC04-1）と同じ VPA 結果を用いた。この補足資料でのシミュレーション回数は計算時間節約のため 300 回とした。

結果

3 通りの方法によって 2021 年の漁獲量・親魚量の平均値・中央値・分布の広さが異なった（補足図 3-1）。2020 年の F として 3 年分の F をランダムサンプリングした場合（random_F）は、漁獲量や親魚量の平均値・中央値は average_2017_2019 とほぼ同じになるものの、分布範囲は広くなり、その分だけ 2020 年の F の不確実性が反映できていると考えられた。MSY 計算時の選択率を用いる場合（convert_2017_2019）では、このときの選択率が特に 1 歳で高かったことから（補足図 3-2）、2020 年の漁獲量が多く、そのために 2021 年の漁獲量が比較的少なくなった。

また、将来の親魚量・漁獲量の不確実性の原因を探索するため、random_F のシミュレーション結果について、2020 年の 1 歳の F や 2020・2021 年の加入尾数と 2021 年の漁獲量の関係を見た（補足図 3-3a, b）。2021 年の漁獲量の不確実性の大部分は 2020・2021 年の加入尾数によって説明される（補足図 3-3a, b 上段）が、2020 年の 1 歳の F の仮定によっても漁獲量の分布が異なってくることが見て取れる。加入にバックワード・リサンプリングを仮定し、2020 年の 1 歳の F を 0.6 付近と比較的大きく仮定した場合には、2020 年には約 4 万トンの漁獲が得られるが、2021 年の漁獲量は約 3.1 万トンとなる。一方、2020 年の 1 歳の F を 0.4 と小さめに仮定する場合には、2020 年の漁獲量が約 3.2 万千トンに抑えられるかわりに、2021 年の漁獲量が 3.4 万トンと若干大きくなる。

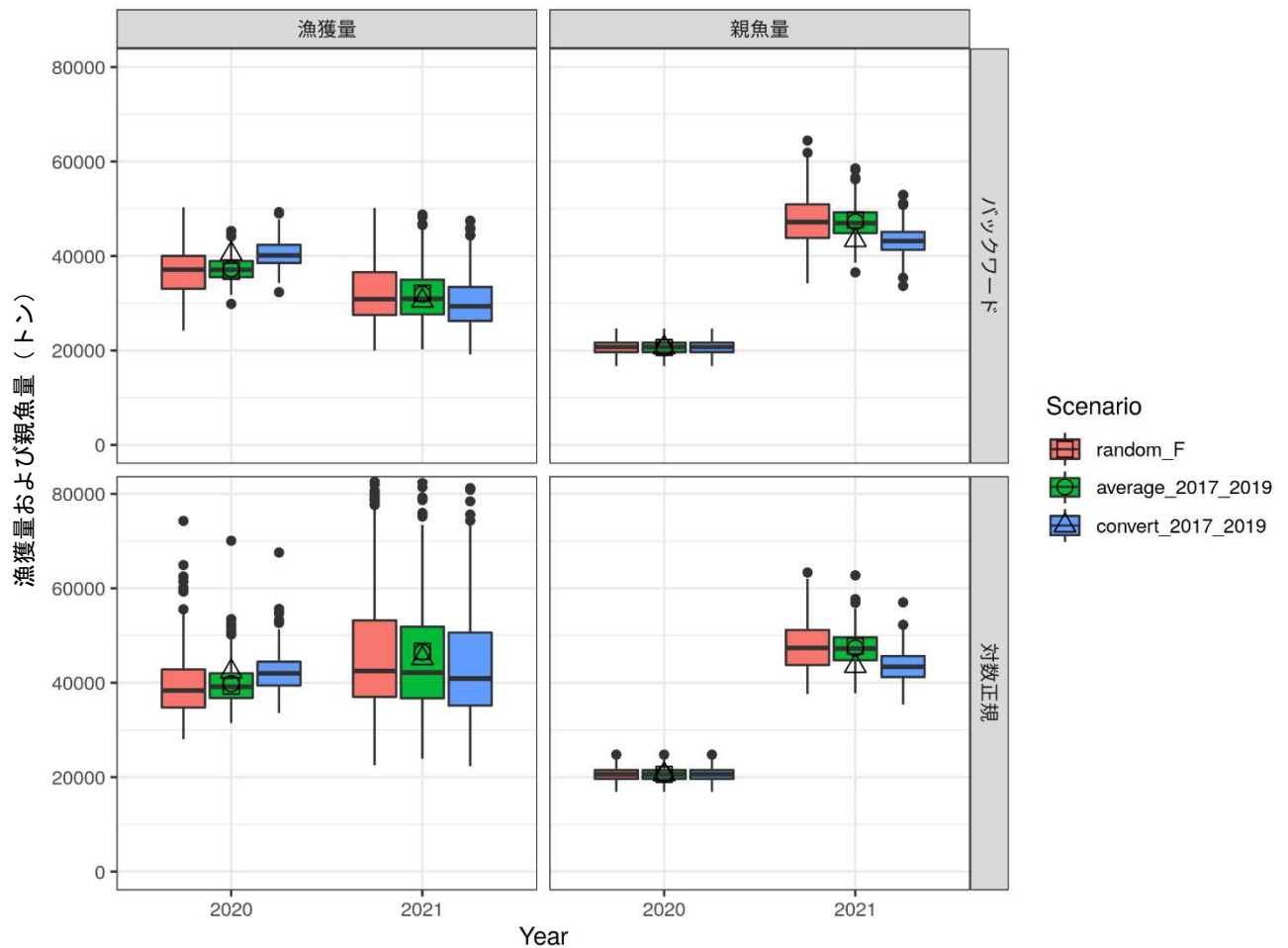
2021 年の親魚量も同様に 2020 年の 1 歳の F に大きく影響され、F を小さめに仮定するほうが 2021 年の親魚量はより多く残せることがわかる（補足図 3-4）。2021 年の親魚量は、バックワード・リサンプリングでも対数正規分布でも、本系群に対する限界管理基準値案の 3 万 4 千トンを上回っているため、この場合には親魚量の違いが γ を通して漁獲量に反映されることはない。しかし、2021 年の親魚量が限界管理基準値を下回る予測となる場合には、 γ を通じて 2020 年の漁獲量が 2021 年の漁獲量に影響を与えるため、2020 年の F の仮定がより重要となる。

まとめ

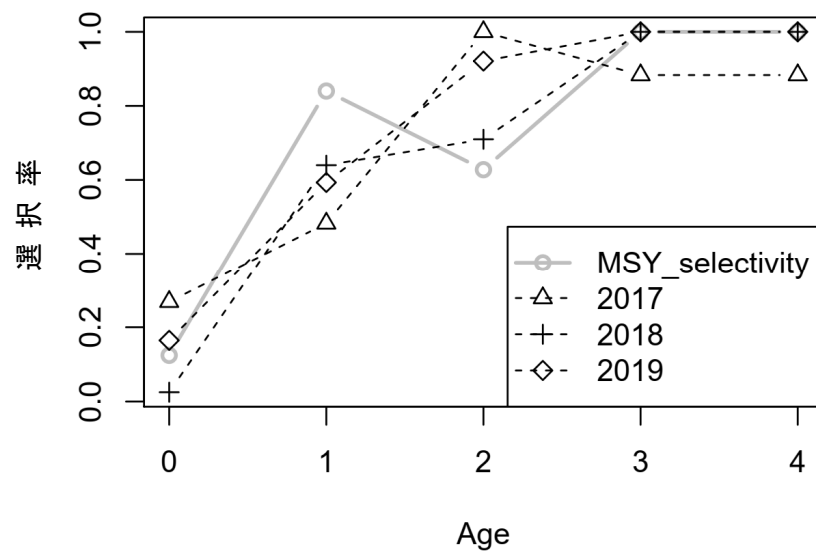
- 漁獲尾数の大部分を単一年級が占める傾向が強くなると予想される本系群では、2020 年の漁獲の仮定が 2021 年の漁獲量や親魚量に大きな影響を及ぼすため、2020 年の漁獲の仮定を慎重に検討する必要がある。
- 数値を一つに決めることが困難である場合には、近年の漁況を反映していると考えら

れる期間の F をランダムリサンプリングする方法も考えられる。それによって、漁獲量や親魚量の平均値はほぼ変わらないものの、将来の不確実性の幅をより適切にとらえることができる。

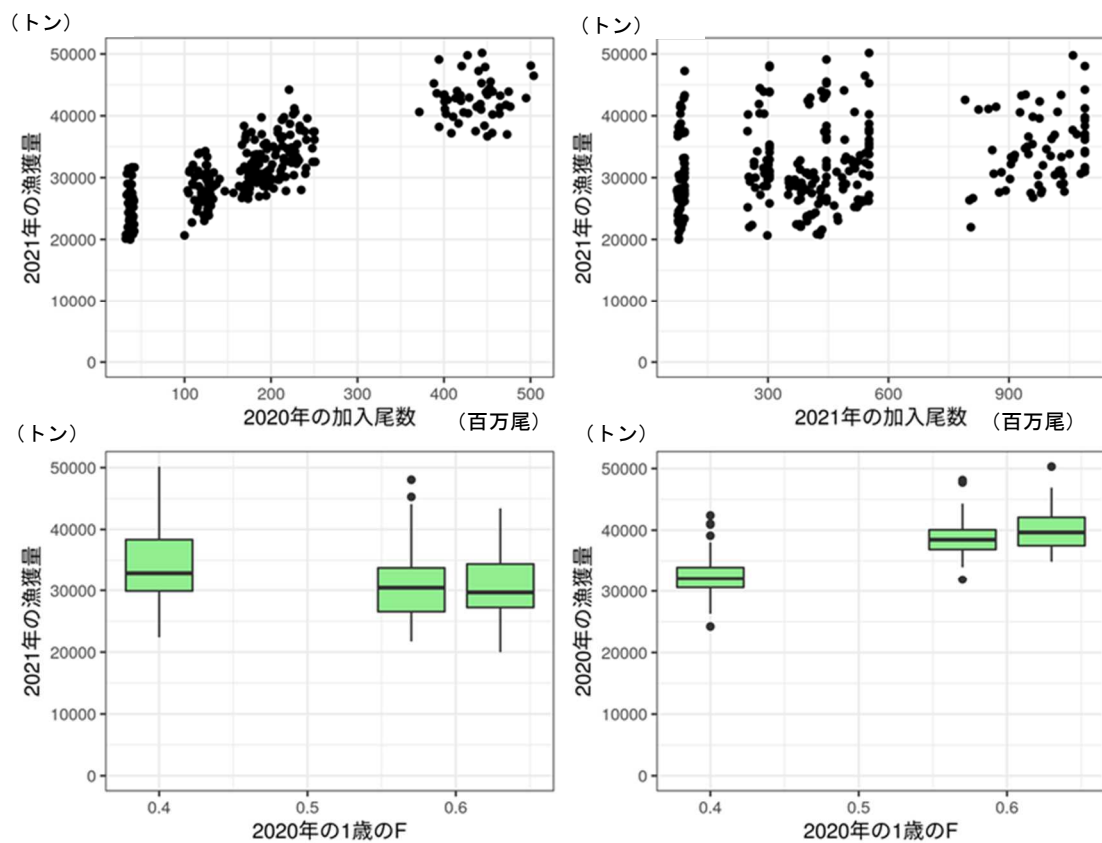
- 単一年級の挙動に依存する傾向が強い本系群の直近の将来予測は、2020 年の漁獲・加入の仮定値に特に影響を受けやすいと考えられる。ABC の不確実性を減らすためには高齡魚を安定して取り残し、残存資源の年齢構成の多様性を確保するような資源管理が重要である。



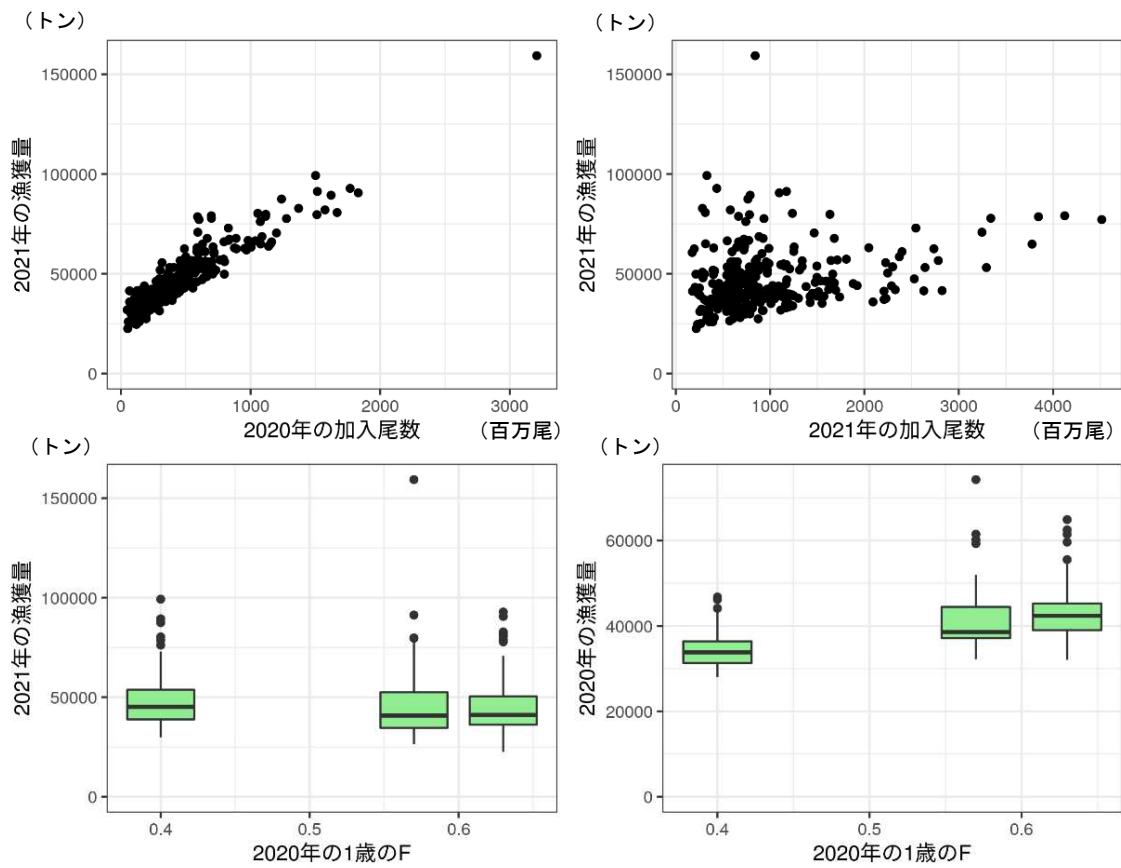
補足図 3-1. 2020 年の漁獲圧 (F 値) の仮定の違いによる 2020 年および 2021 年の漁獲量 (左) と親魚量 (右) の比較 (シミュレーション回数は 300 回)。上はバックワート・リサンプリングの加入を仮定した場合 (ホッケー・スティック型再生産関係を用いた低加入シナリオによる予測)、下は通常の対数正規分布を仮定した場合 (ホッケー・スティック型再生産関係を用いた通常加入の予測)。中央に示された白抜きのシンボルはそれぞれ凡例の場合の平均値。



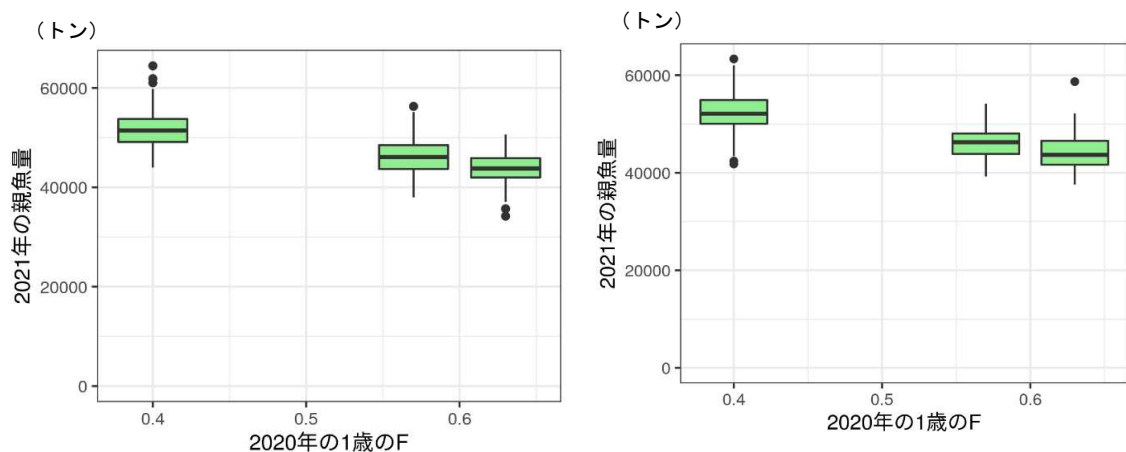
補足図 3-2. 推定された 2017-2019 年の選択率と MSY 計算時に用いられた選択率



補足図 3-3a. 2020、2021 年の加入尾数と 2021 年の漁獲量との関係（上図）および 2020 年に仮定する 1 歳の F と 2020、2021 年の漁獲量との関係（下図）
いずれもバックワード・リサンプリングで加入を仮定した場合（ホッケー・スティック型再生産関係を用いた低加入シナリオによる予測）。



補足図 3-3b. 補足図 3-3a と同様の試算結果。ただし加入量は対数正規分布を仮定して予測した場合（ホッケー・スティック型再生産関係を用いた通常加入の予測）。



補足図 3-4. 2020 年の 1 歳の F と 2021 年の親魚量との関係。左：バックワード・リサンプリングで加入を仮定した場合（ホッケー・スティック型再生産関係を用いた低加入シナリオによる予測）。右：対数正規分布を仮定して予測した場合（ホッケー・スティック型再生産関係を用いた通常加入の予測）。