

令和元（2019）年度スケトウダラ日本海北部系群の資源評価の 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：382千トン）、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：171千トン）、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：25千トン）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、漁獲管理規則案にて異なる β を使用した場合における2020年漁期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	382 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）
SBlimit 案	171 千トン	MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）
SBban 案	25 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。本系群では資源の回復速度は遅く、10 年以内に親魚量が目標管理基準値まで回復する確率は β を 0 とした場合でも 50% 未満である。

2020年漁期の親魚量（予測平均値）：115千トン			
項目	2020年漁期の漁獲量（千トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2016-2018）	2020年漁期の漁獲割合（%）
漁獲管理規則案（異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	8.3	0.65	4
$\beta=0.8$	6.7	0.52	3
$\beta=0.6$	5.1	0.39	2
$\beta=0.4$	3.4	0.26	2
$\beta=0.2$	1.7	0.13	1
$\beta=0$	0	0	0
F2016-2018	12.3	1.00	6

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030年漁期の親魚量（千トン）	80%信頼区間（千トン）	2030年漁期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）					
$\beta=1.0$	173	110 – 253	1	40	100
$\beta=0.8$	190	119 – 280	2	51	100
$\beta=0.6$	210	130 – 311	4	63	100
$\beta=0.4$	235	144 – 349	7	76	100
$\beta=0.2$	264	162 – 392	11	86	100
$\beta=0$	300	184 – 443	18	94	100
F2016-2018	161	93 – 245	1	34	100

考慮している不確実性：加入量			
	管理基準値案と禁漁水準案を 50%以上の確率で上回る漁期年		
	SBtarget 案	Sblimit 案	SBban 案
漁獲管理規則案（異なる β を使用した場合）			
$\beta=1.0$	2050 年漁期以降	2033 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.8$	2050 年漁期以降	2030 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.6$	2046 年漁期	2027 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.4$	2041 年漁期	2026 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.2$	2037 年漁期	2026 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0$	2034 年漁期	2025 年漁期	2018 年漁期
F2016-2018	2050 年漁期以降	2035 年漁期	2018 年漁期

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）。本系群においては 2015 年漁期より大幅に削減された TAC による管理が行われており、漁獲努力量も大幅に制限されている。このため、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 年漁期の平均 F 値から推定される %SPR（61%）と等しくなる値を用いた。後述の F_{msy} は %SPR に換算すると 60%に相当する。F2016-2018 は F0.1 や F30%SPR を下回っており、F_{msy} もやや下回る。

(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、最適化方法には最小二乗法を用いている。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）年度スケトウダラ日本海北部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	382 千トン	最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	171 千トン	MSY の 60% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 案	25 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 : 382 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 : 171 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 : 25 千トン) を用いることが提案されている。詳細は「平成 31 (2019) 年度スケトウダラ日本海北部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、2016 年漁期以前においては Fmsy を上回っていたが、2018 年漁期の F (F2018) は Fmsy を下回っている (F2018/Fmsy は 0.86)。また、2018 年漁期の漁獲割合 (U2018 : 3%) も MSY を実現する漁獲割合 (Umsy : 7%) を下回っている。親魚量は、全期間において目標管理基準値案を下回っており、2018 年漁期の親魚量 (SB2018 : 50 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 年漁期漁獲量の算定

(1) 資源評価のまとめ

2018 年漁期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。今後は 2015、2016 年級群等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 Fmsy 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 年漁期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年漁期の漁獲量はTAC数量である6.3千トンとした。将来予測により予測された2020年漁期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年漁期漁獲量の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年漁期の漁獲量の平均値は β を0.8とした場合には6.7千トン、 β を1.0とした場合には8.3千トンであった。2020年漁期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115千トンと見込まれた。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年漁期の $\gamma(SB_t)$ 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0.62と計算された。

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

2020年漁期の親魚量（予測平均値）：115千トン				
項目	2020年漁期の漁獲量（千トン）	現状の漁獲圧に対する比（F/F2016-2018）	2020年漁期の漁獲割合（%）	
漁獲管理規則案（異なる β を使用した場合）				
$\beta=1.0$	8.3	0.65	4	
$\beta=0.8$	6.7	0.52	3	
$\beta=0.6$	5.1	0.39	2	
$\beta=0.4$	3.4	0.26	2	
$\beta=0.2$	1.7	0.13	1	
$\beta=0$	0	0	0	
F2016-2018	12.3	1.00	6	

(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年漁期の親魚量の予測値は β を1.0とした場合には平均173千トン（80%信頼区間は110千トン～253千トン）、 β を0.8とした場合には平均190千トン（80%信頼区間は119千トン～280千トン）である。ただし β を0とした場合でも親魚量は平均300千トン（80%信頼区間は184千トン～443千トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は18%である。限界管理基準値案を上回る確率は β を1.0とした場合には40%、 β を0.8とした場合には51%であり、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。

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030 年漁期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)					
$\beta=1.0$	173	110 – 253	1	40	100
$\beta=0.8$	190	119 – 280	2	51	100
$\beta=0.6$	210	130 – 311	4	63	100
$\beta=0.4$	235	144 – 349	7	76	100
$\beta=0.2$	264	162 – 392	11	86	100
$\beta=0$	300	184 – 443	18	94	100
F2016-2018	161	93 – 245	1	34	100

中長期的には、 β が 1.0 または 0.8 の場合および F2016-2018 での漁獲を継続した場合、親魚量が目標管理基準値案を 50% 以上の確率で上回る年は 2050 年漁期以降となると推測された。また限界管理基準値案に対しては、50% 以上の確率で上回る年は、 β を 0~0.8 とした場合には 2030 年漁期以前となることが推測された。

考慮している不確実性： 加入量			
	管理基準値案と禁漁水準案を 50% 以上の確率で上回る漁期年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
漁獲管理規則案 (異なる β を使用した場合)			
$\beta=1.0$	2050 年漁期以降	2033 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.8$	2050 年漁期以降	2030 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.6$	2046 年漁期	2027 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.4$	2041 年漁期	2026 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0.2$	2037 年漁期	2026 年漁期	2018 年漁期
$\beta=0$	2034 年漁期	2025 年漁期	2018 年漁期
F2016-2018	2050 年漁期以降	2035 年漁期	2018 年漁期

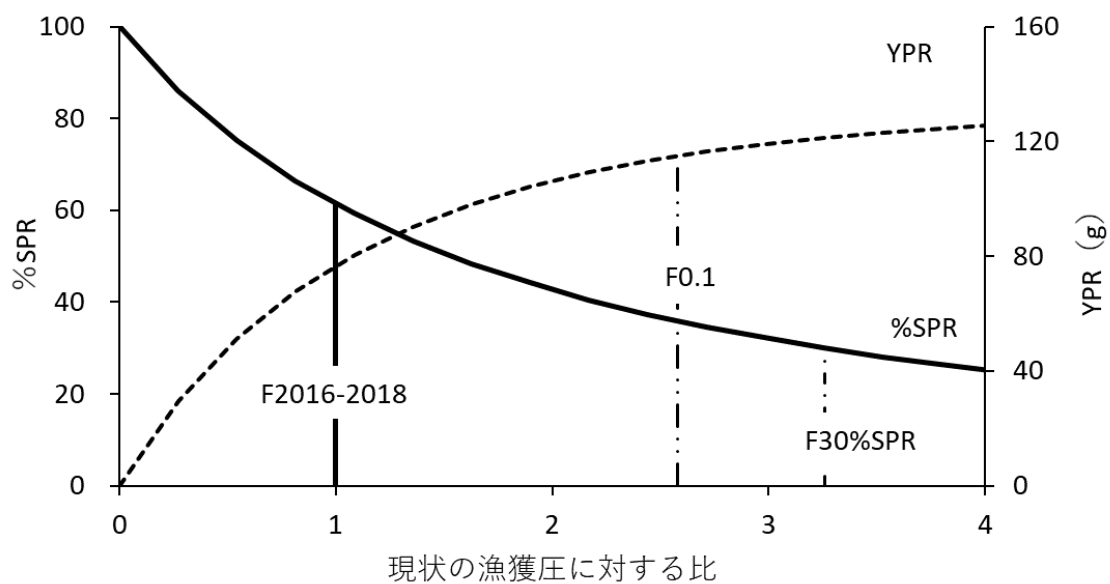


図1. 現状の漁獲圧（F2016-2018）に対する YPR と%SPR の関係

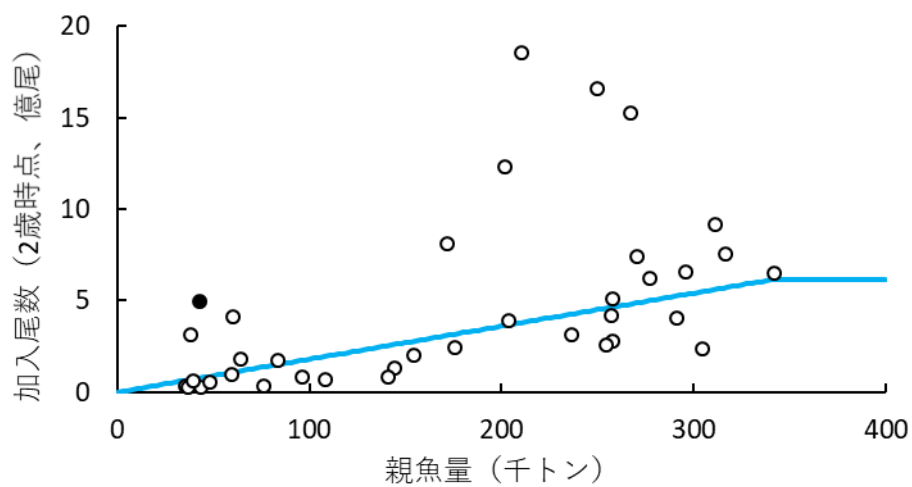


図2. 親魚量と加入量の関係（再生産関係） 青線は平成31年4月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において適用された再生産関係式。2016年級群の値は●で示す。

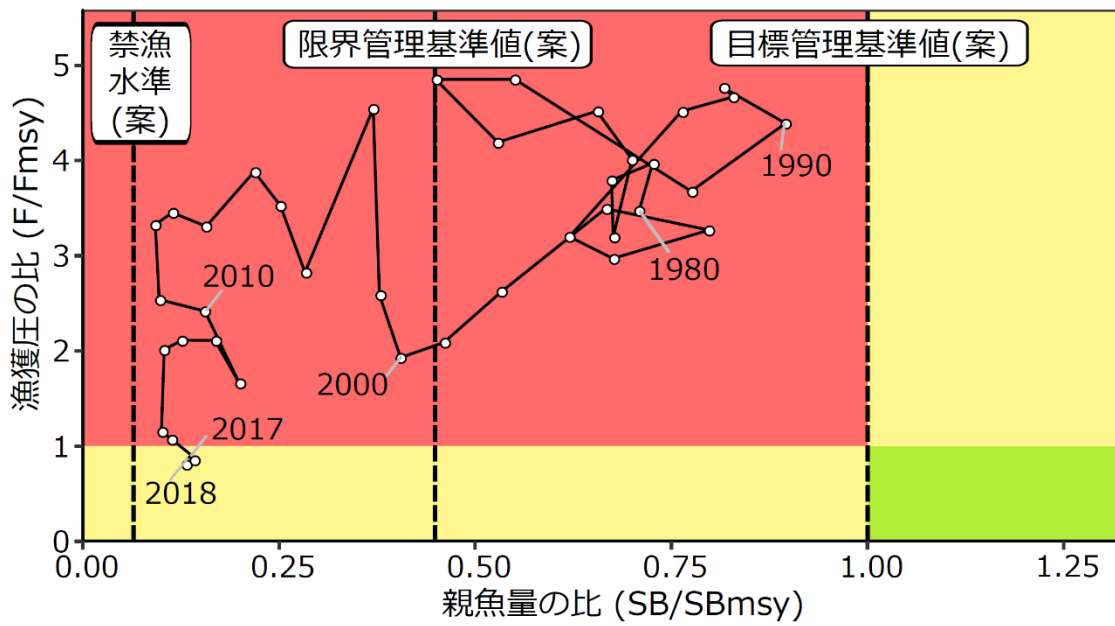


図3. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）

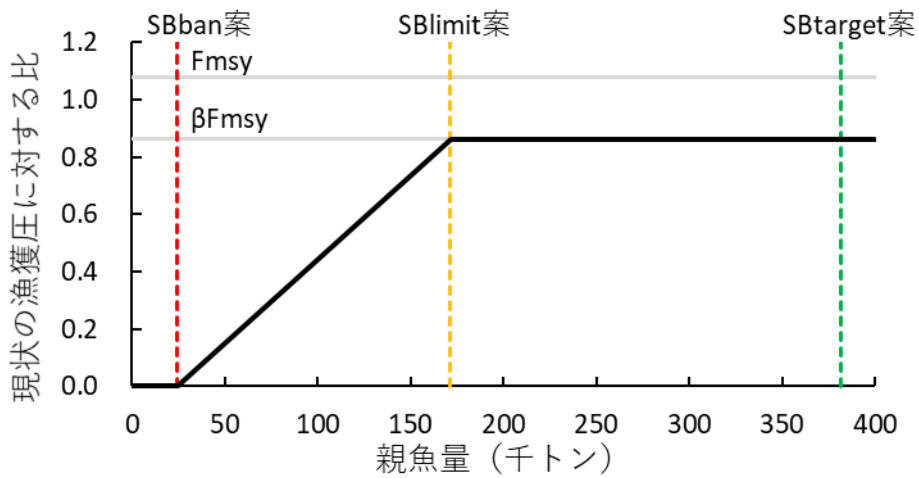


図4. 漁獲管理規則案 β を 0.8 とした場合のものを示す。現状の漁獲圧は F2016-2018。

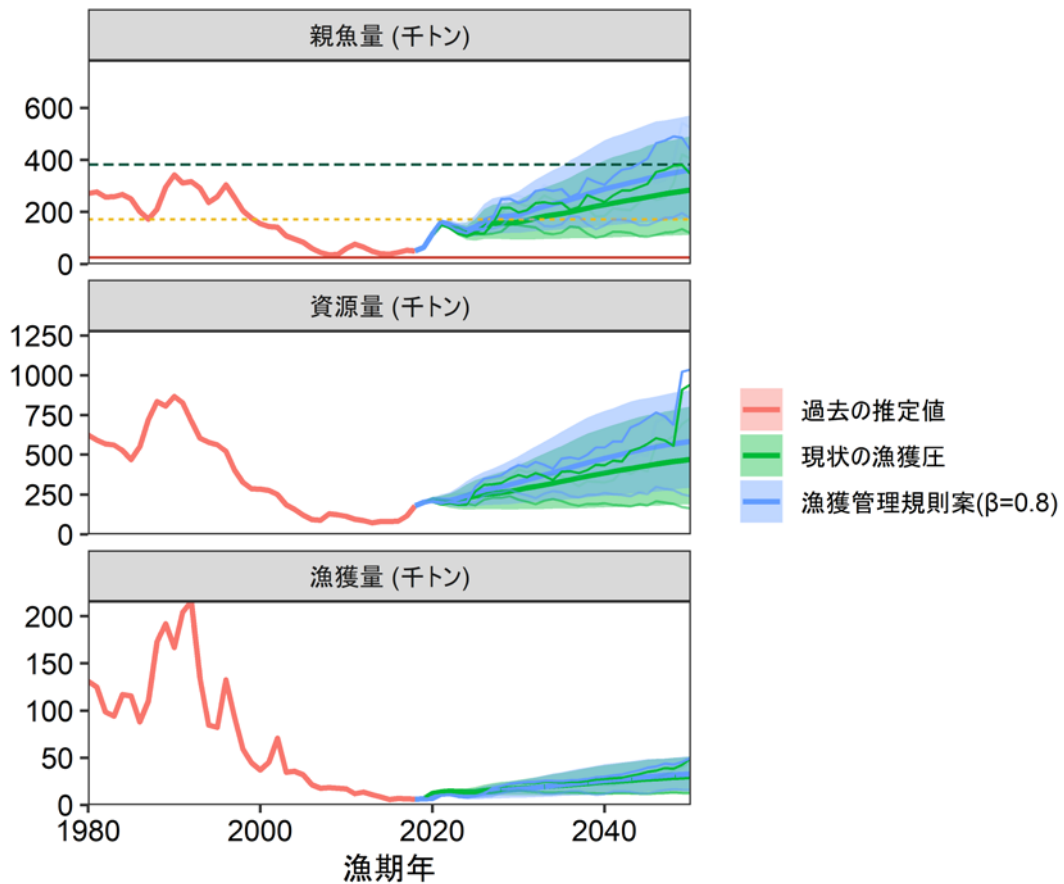


図 5. 漁獲管理規則案を用いた場合と現状の漁獲圧（F2016-2018）で漁獲を続けた場合とでの将来予測の比較

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。2019 年漁期の漁獲量は TAC（6.3 千トン）とし、漁獲管理規則案は $\beta=0.8$ とした場合の結果を示した。

2007 年漁期までの漁獲量は年齢別漁獲尾数に年齢別体重をかけたものであり、実際の漁獲量とは異なる。

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。2019 年漁期の漁獲量は TAC
 (6.3 千トン) とし、2020 年漁期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	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	12	23
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	15	30
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	20	39
0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	3	26	48
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	4	33	58
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	5	40	68
0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	5	7	49	77
0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5	6	9	59	85
0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	8	11	68	91
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	7	10	15	77	95
0.0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	9	13	18	85	98

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

(%)

β	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	0	0	0	3	6	3	4	13	27	36	38	38	40	69	81
0.9	0	0	0	3	8	4	5	15	30	39	42	43	46	75	86
0.8	0	0	0	4	9	5	6	16	34	43	46	48	51	81	91
0.7	0	0	0	5	10	6	7	19	37	47	51	54	57	86	95
0.6	0	0	0	6	12	8	9	22	42	52	57	59	63	90	97
0.5	0	0	0	6	14	9	11	25	46	57	62	65	70	94	99
0.4	0	0	0	8	17	12	13	29	51	62	68	72	76	96	99
0.3	0	0	0	9	21	15	16	34	56	68	74	77	81	98	100
0.2	0	0	0	11	25	19	20	38	62	73	79	83	86	99	100
0.1	0	0	0	13	31	23	24	45	68	78	84	87	90	100	100
0.0	0	0	0	15	37	29	31	52	74	83	88	91	94	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。2019 年漁期の漁獲量は TAC (6.3 千トン) とし、2020 年漁期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	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	50	63	115	159	148	131	124	136	157	167	169	169	173	244	297
0.9	50	63	115	160	150	134	127	139	161	172	175	176	181	264	328
0.8	50	63	115	160	152	137	130	143	165	177	182	184	190	288	362
0.7	50	63	115	161	155	140	133	147	170	183	189	192	199	314	398
0.6	50	63	115	162	157	143	137	151	175	189	197	202	210	343	437
0.5	50	63	115	163	159	146	141	155	180	196	205	212	222	376	478
0.4	50	63	115	164	162	150	145	160	186	203	214	223	235	411	520
0.3	50	63	115	165	164	154	149	165	192	211	224	235	249	450	563
0.2	50	63	115	166	166	157	154	170	199	220	235	248	264	492	606
0.1	50	63	115	167	169	161	159	176	207	230	247	262	281	537	651
0	50	63	115	168	172	166	164	182	215	240	260	278	300	585	698

(b) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	5.6	6.3	8.3	14.1	13.8	11.7	10.9	12.3	14.8	16.3	17.0	17.4	18.0	26.8	33.2
0.9	5.6	6.3	7.5	12.9	12.8	11.0	10.4	11.6	14.0	15.4	16.2	16.7	17.3	26.6	33.2
0.8	5.6	6.3	6.7	11.6	11.8	10.3	9.7	10.8	13.0	14.4	15.2	15.8	16.5	26.0	32.8
0.7	5.6	6.3	5.9	10.3	10.6	9.4	9.0	10.0	12.0	13.3	14.1	14.8	15.4	25.0	31.7
0.6	5.6	6.3	5.1	9.0	9.4	8.5	8.1	9.0	10.8	12.0	12.8	13.5	14.2	23.6	29.9
0.5	5.6	6.3	4.2	7.6	8.1	7.4	7.2	7.9	9.4	10.5	11.3	12.0	12.7	21.6	27.3
0.4	5.6	6.3	3.4	6.2	6.7	6.3	6.1	6.7	7.9	8.9	9.6	10.2	10.9	19.0	23.8
0.3	5.6	6.3	2.6	4.7	5.2	4.9	4.9	5.3	6.3	7.0	7.7	8.2	8.7	15.6	19.3
0.2	5.6	6.3	1.7	3.2	3.6	3.5	3.4	3.7	4.4	4.9	5.4	5.8	6.2	11.4	13.9
0.1	5.6	6.3	0.9	1.6	1.9	1.8	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	3.1	3.3	6.2	7.5
0	5.6	6.3	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

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・スティック型の再生産関係式 ($a=1.81$ 、 $b=341,742$ 、 $SD=0.81$) 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二乗法を用いている。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) 年度スケトウダラ日本海北部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、選択率および漁獲物平均体重はこの計算結果における 2013~2017 年漁期の平均値である。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 年漁期の平均 F 値から推定される $\%SPR$ と等しくなる値とした。2019 年漁期の F は、これら将来予測に用いたパラメータの下で 2019 年漁期の TAC (6.3 千トン) を与える F の値を探索的に求めた。

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。

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

10 歳以上のプラスグループについては、前年の 9 歳と 10 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 (注 1)	F _{msy} (注 2)	F ₂₀₁₆₋₂₀₁₈ (注 3)	資源の 平均体重 (g)	漁獲物平 均体重 (g)	自然死 亡係数	成熟率 (年度 初)
2 歳	0.18	0.02	0.02	134	98	0.30	0.00
3 歳	0.36	0.04	0.04	229	202	0.25	0.00
4 歳	0.60	0.07	0.07	326	287	0.25	0.31
5 歳	0.81	0.09	0.09	425	370	0.25	0.89
6 歳	1.15	0.13	0.13	485	442	0.25	0.99
7 歳	1.24	0.14	0.14	545	489	0.25	1.00
8 歳	1.31	0.15	0.14	570	548	0.25	1.00
9 歳	1.00	0.12	0.11	578	607	0.25	1.00
10 歳以上	1.00	0.12	0.11	688	680	0.25	1.00

注 1：平成 31 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、平成 30 年度資源評価での F_{current} の選択率）。

注 2：平成 31 年度研究機関会議で推定された F_{msy}（すなわち、平成 30 年度資源評価での F_{current} に F_{msy}/F_{current} を掛けたもの）。

注 3：上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2016～2018 年漁期の年齢別の平均 F と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算して算出した。