

令和元（2019）年度スケトウダラ太平洋系群の資源評価の

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を実現する親魚量（SBmsy：220千トン）、限界管理基準値（SBlimit）案には歴史的に観察されたことのある最低親魚量（SBmin：151千トン）、禁漁水準（SBban）案には安全係数 β を0.8とした漁獲管理規則案で漁獲を続けた場合に10年間で目標管理基準値案へ50%の確率で回復する閾値（70千トン）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。本系群では、近年10年間に卓越年級群が発生したことを示す情報が得られておらず、今後もこの状況が継続すれば、親魚量の減少傾向が続くことが懸念される。

項目	値	備考
管理基準値案、禁漁水準案、 β		
SBtarget 案	220 千トン	最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy）
SBlimit 案	151 千トン	これまで観測された最小親魚量（SBmin）
SBban 案	70 千トン	漁獲管理規則案（ $\beta=0.8$ ）で10年間漁獲しながら50%の確率で目標管理基準値案まで回復する親魚量の閾値
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0.8以下にすることが推奨されている。

2020年漁期の親魚量（予測平均値）：241千トン			
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/F2014-2018）	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）			
$\beta=1.0$ （Fmsy）	155	2.10	20
$\beta=0.9$	143	1.89	19
$\beta=0.8$	130	1.68	17
$\beta=0.7$	117	1.47	15
$\beta=0.6$	102	1.26	13
$\beta=0.5$	88	1.05	11
$\beta=0$	0	0	0
F2014-2018	84	1.00	11

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）					
$\beta=1.0$ （Fmsy）	217	146-300	41	88	100
$\beta=0.9$	245	168-336	59	95	100
$\beta=0.8$	276	191-375	77	99	100
$\beta=0.7$	312	219-420	90	100	100
$\beta=0.6$	355	252-474	97	100	100
$\beta=0.5$	407	293-541	99	100	100
$\beta=0$	1,035	797-1307	100	100	100
F2014-2018	421	304-559	100	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月に開催されたスケトウダラ太平洋系群の管理基準値等に関する研究機関会議にて、最大持続生産量（MSY）を実現するF（Fmsy）の推定に使用された値であり、平成30（2018）年度の資源評価で推定された2013～2017年漁期の平均年齢別F値に基づく（補足資料1、補足表1）。本年度の資源評価からプラスグループを8歳以上から10歳以上に延長しているため、8歳、9歳、10歳以上の選択率は、上記の選択率の8歳以上の

値と同じとした。年齢別平均体重については、平成 31 年度研究機関会議で推定された F_{msy} の計算時の仮定との一貫性を保つため、 F_{msy} 算出時の値を用いた。8 歳、9 歳、10 歳以上の年齢別平均体重は、 F_{msy} 算出時の 8 歳以上の平均体重と同値とした。

現状の漁獲圧 ($F_{2014-2018}$) として、上記の選択率において推定される %SPR が 2014～2018 年漁期の平均 F 値から推定される %SPR (36%) と等しくなる値を用いた。後述の F_{msy} は %SPR に換算すると 19% に相当する。 $F_{2014-2018}$ は F_{msy} や $F_{30\%SPR}$ を下回る。

(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カー・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) 年度スケトウダラ太平洋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、このホッカー・スティック型再生産関係に従い将来の加入量を算出した。親魚量 151 千トンにホッカー・スティックの折れ点が位置する。この親魚量以上であれば、平均的には 19 億尾程度の加入量が得られると期待される。

(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	220 千トン	最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SB _{msy})
SBlimit 案	151 千トン	これまで観測された最小親魚量 (SB _{min})
SBban 案	70 千トン	漁獲管理規則案 ($\beta=0.8$) で 10 年間漁獲しながら 50% の確率で目標管理基準値案まで回復する親魚量の閾値

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 (SB_{msy} : 220 千トン)、限界管理基準値 (SBlimit) 案には歴史的に観察されたことのある最低親魚量 (SB_{min} : 151 千トン)、禁漁水準 (SBban) 案には安全係数 β を 0.8 とした漁獲管理規則案 (後述) で漁獲を続けた場合に 10 年間で目標管理基準値案へ 50% の確率で回復する閾値 (70 千トン) を用いることが提案されている。この限界管理基準値案は、これまで Blimit として用いられてきた「豊度の高い年級群の発生が期待できる最低水準の親魚量 (1982 年級群が発生した親魚量 151 千トン)」と同値である。詳細は「平成 31 (2019) 年度スケトウダラ太平洋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 SB_{msy}) 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年漁期以降、2004年漁期以外は F_{msy} を下回り、2018年漁期の漁獲圧(F2018)も F_{msy} を下回っている(F2018/ F_{msy} は0.36)。2018年漁期の漁獲割合(U2018:10%)もMSYを実現する漁獲割合(U_{msy} :18%)を下回っている。親魚量は、2009年漁期以降目標管理基準値案を上回っており、2018年漁期の親魚量(SB2018:271千トン)も目標管理基準値案を上回っている。

2. 2020年漁期漁獲量の算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群の資源量は、1981年漁期以降大きく落ち込むことなく推移しており、2018年漁期の親魚量は限界管理基準値案・目標管理基準値案を上回っている。限界管理基準値案は、豊度の高い年級群の発生が期待できる最低水準の親魚量に相当する。本系群では卓越年級群を含む豊度の高い年級群が発生した後に資源量が増加する傾向にあるため、引き続き親魚量を高豊度の年級群が発生し得る水準に維持し、持続的な利用を図ることが必要である。ただし、現段階では近年10年間に卓越年級群が発生したことを示す情報が得られておらず、今後もこの状況が継続すれば、親魚量の減少傾向が続くことが懸念される。

(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を示す。ここでは例として、安全係数 β を研究機関会議からの推奨値0.8を用いた場合を示した。

(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、10000回の繰り返し計算を行った。2019年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧(F2014-2018)から仮定した。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130千トンとなった。なお、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上回り、平均241千トンと見込まれた。そのため、漁獲量試算のための漁獲圧には「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、親魚量が限界管理基準値案以上の場合の漁獲圧である βF_{msy} が用いられた。

2020年漁期の親魚量（予測平均値）：241千トン			
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/F2014-2018)	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）			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	155	2.10	20
$\beta=0.9$	143	1.89	19
$\beta=0.8$	130	1.68	17
$\beta=0.7$	117	1.47	15
$\beta=0.6$	102	1.26	13
$\beta=0.5$	88	1.05	11
$\beta=0$	0	0	0
F2014-2018	84	1.00	11

(4) 不確実性を考慮した検討

中長期的な将来予測の結果を図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0.8とした場合には平均276千トンである（80%信頼区間は191千トン～375千トン）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は77%、限界管理基準値案を上回る確率は99%、禁漁水準案を上回る確率は100%である。本系群では、2010年以降、高豊度の加入群が発生していない。また、直近年（2016～2018年漁期）に比較的低い加入量を仮定している年級群が2020年代漁期後半まで親魚量の一部を構成する。そのため、漁獲管理規則案導入後、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と予測される。その後、再生産関係で予測される平均的な加入が発生すれば、中長期的には親魚量が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）					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	217	146-300	41	88	100
$\beta=0.9$	245	168-336	59	95	100
$\beta=0.8$	276	191-375	77	99	100
$\beta=0.7$	312	219-420	90	100	100
$\beta=0.6$	355	252-474	97	100	100
$\beta=0.5$	407	293-541	99	100	100
$\beta=0$	1,035	797-1307	100	100	100
F2014-2018	421	304-559	100	100	100

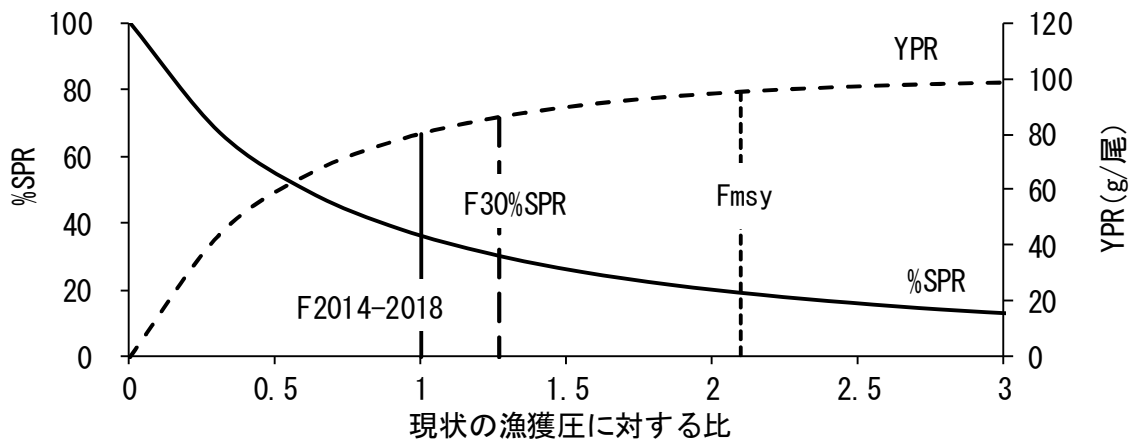


図1. 現状の漁獲圧（F2014-2018）に対する YPA と%SPR の関係

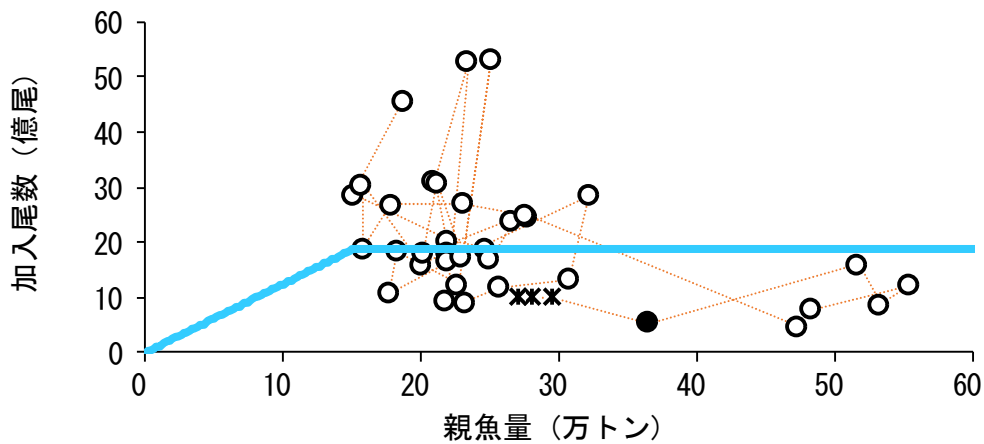


図2. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

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。*の加入量は仮定値。

今回の資源評価で新たに推定された2015年級群を●で示す。

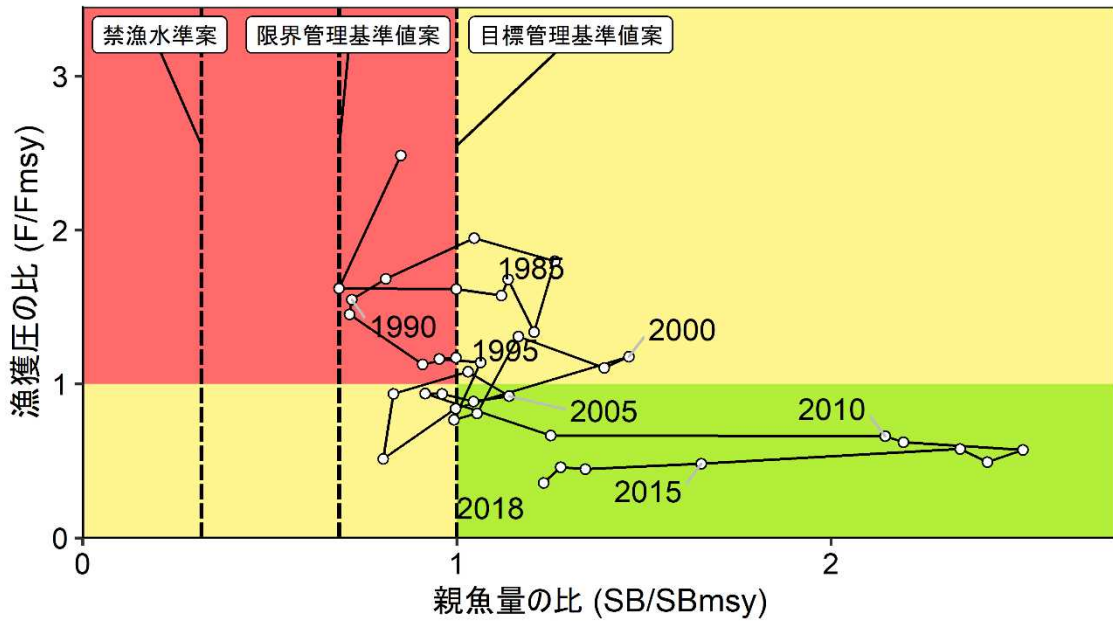


図3. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）

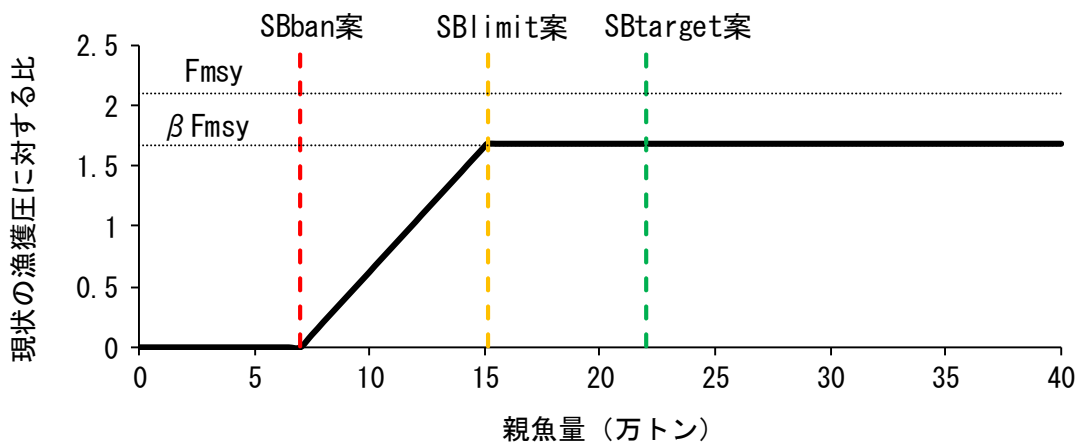


図4. 漁獲管理規則案（ β を0.8とした場合のものを示す）
現状の漁獲圧は $F_{2014-2018}$ 。

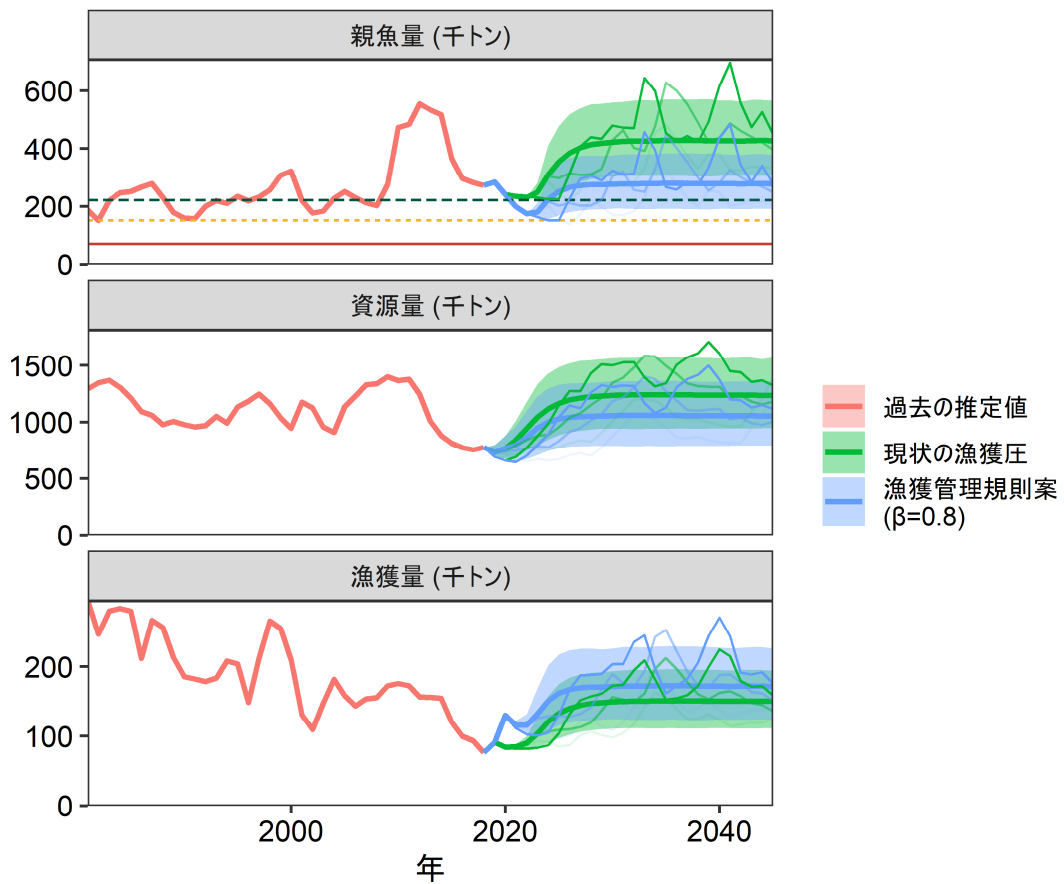


図 5. 漁獲管理規則案を用いた場合と現状の漁獲圧 (F2014-2018) で漁獲を続けた場合とでの将来予測の比較

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 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2014-2018) により仮定した。例示に用いた漁獲管理規則案の β は 0.8 である。

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 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2014-2018) により仮定した。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	100	100	100	0	0	1	23	35	40	41	40	40	41	44	44
0.9	100	100	100	0	0	3	32	47	55	58	58	59	59	61	61
0.8	100	100	100	0	0	6	43	61	69	73	75	76	77	76	77
0.7	100	100	100	0	0	14	58	74	82	86	88	89	90	89	90
0.6	100	100	100	0	0	36	75	87	93	95	96	96	97	97	97
0.5	100	100	100	100	100	86	90	96	98	99	99	99	99	99	99
0.4	100	100	100	100	100	100	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	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	100	100

(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	100	100	100	100	0	38	71	82	87	87	86	86	88	89	89
0.9	100	100	100	100	100	69	82	90	94	94	95	95	95	95	96
0.8	100	100	100	100	100	98	92	96	98	98	98	98	99	99	99
0.7	100	100	100	100	100	100	98	99	99	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	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	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 年漁期の漁獲量は予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2014-2018) により仮定した。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	271	284	241	179	148	150	188	208	217	217	215	215	217	221	222
0.9	271	284	241	188	160	164	205	228	239	244	245	244	245	248	249
0.8	271	284	241	198	174	180	224	250	265	272	275	275	276	278	279
0.7	271	284	241	209	190	198	246	277	295	305	309	311	312	314	315
0.6	271	284	241	220	207	219	272	308	330	343	350	353	355	357	358
0.5	271	284	241	231	226	242	302	344	373	390	400	404	407	412	413
0.4	271	284	241	244	247	270	337	388	424	448	462	469	474	483	483
0.3	271	284	241	257	271	302	379	441	487	519	540	552	560	576	576
0.2	271	284	241	271	298	340	429	504	564	608	639	659	672	704	704
0.1	271	284	241	286	327	383	490	583	661	723	769	801	825	889	890
0.0	271	284	241	302	361	434	562	680	784	872	941	994	1035	1174	1183

(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	76	91	155	129	125	142	161	170	173	172	172	173	174	176	177
0.9	76	91	143	123	121	138	157	167	171	173	173	173	174	175	175
0.8	76	91	130	116	116	132	151	162	167	170	170	171	171	172	172
0.7	76	91	117	108	110	125	144	155	161	164	166	166	167	167	168
0.6	76	91	102	98	102	116	135	147	153	157	159	160	160	161	161
0.5	76	91	88	87	92	106	124	136	143	147	149	151	152	153	153
0.4	76	91	72	74	80	93	110	121	129	134	137	138	139	141	141
0.3	76	91	55	59	66	78	92	103	110	115	119	121	122	125	125
0.2	76	91	38	42	48	58	69	78	85	90	93	95	97	100	100
0.1	76	91	19	23	27	32	39	45	49	53	56	58	59	63	63
0.0	76	91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

補足資料 1 将来予測方法

将来予測での各年の加入量は、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－・スティック型再生産関係式と各年の親魚量とで算出される値を用いた。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) 年度スケトウダラ太平洋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 2-8 に示す。将来予測では、上記会議において MSY を実現する水準の推定シミュレーションで用いた選択率（すなわち、平成 30 (2018) 年度の資源評価での将来予測に用いた 2013～2017 年漁期の平均年齢別 F 値に基づく選択率）を引き続き使用するが、本年度の資源評価からプラスグループを 8 歳以上から 10 歳以上に延長しているため、8 歳、9 歳、10 歳以上の選択率は、これまでの 8 歳以上の選択率と同値とした。年齢別平均体重についても、平成 31 年度研究機関会議で推定された Fmsy の計算時の仮定との一貫性を保つため、Fmsy 算出時の値と同一とした。そのため、8 歳、9 歳、10 歳以上の年齢別平均体重は、Fmsy 算出時の 8 歳以上の平均体重と同値とした。

将来の資源量の推定は、(1) 式で示したコホート解析の前進法より行った。10 歳以上のプラスグループについては、前年の 9 歳と 10 歳以上から前進させた。

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

年齢別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 値に基づき (2) 式により予測した。なお、2019 年漁期の F 値は、現状の漁獲圧 (F2014-2018) を与えた。F2014-2018 は、上記の選択率の下で 2014～2018 年漁期の年齢別の平均 F 値と同じ漁獲圧を与える F 値を %SPR 換算し探索的に求めた。

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

補足表 1. 将来予測で用いたパラメータ

年齢	選択率 (注 1)	Fmsy (注 2)	F2014-2018 (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.026	0.017	0.008	47	0.40	0.0
1 歳	0.025	0.017	0.008	95	0.35	0.0
2 歳	0.111	0.075	0.036	194	0.30	0.0
3 歳	0.200	0.136	0.065	349	0.25	0.0
4 歳	0.548	0.371	0.177	473	0.25	0.2
5 歳	0.906	0.614	0.293	555	0.25	0.8
6 歳	0.996	0.675	0.322	612	0.25	0.9
7 歳	1.000	0.678	0.324	651	0.25	1.0
8 歳	1.000	0.678	0.324	740	0.25	1.0
9 歳	1.000	0.678	0.324	740	0.25	1.0
10+歳	1.000	0.678	0.324	740	0.25	1.0

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）。ただし、8、9、10+歳の値は、当該選択率の 8+歳の値と同値とした。

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）。ただし、8、9、10+歳の値は、当該選択率の 8+歳の値と同値とした。

注 3： 上記の選択率の下で、今回の資源評価で推定された 2014～2018 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。この F 値は 2019 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

注 4： 平成 31 年度研究機関会議で推定された F_{msy} の計算時の仮定との一貫性を保つため、年齢別平均体重は F_{msy} 算出時の値と同一とした。8 歳、9 歳、10 歳以上の年齢別平均体重は、 F_{msy} 算出時の 8 歳以上の平均体重と同値とした。