

令和 3（2021）年度スルメイカ冬季発生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ベバートン・ホルト型関係式を用いた。目標管理基準値 (SBtarget) には最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy: 23.4 万トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 85% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.85msy: 13.2 万トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 15% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.15msy: 1.4 万トン) が提案されている。これらの管理基準値案から得られる基本的漁獲管理規則案および 2 つの代替漁獲管理規則案（獲り残し割合一定方策、漁獲量 3 年間一定方策）において、複数の調整係数 (β) あるいは獲り残し割合を使用した場合における将来予測計算を行った。

項目	値	説明
SBtarget 案	234 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	132 千トン	MSY の 85% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.85msy)
SBban 案	14 千トン	MSY の 15% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.15msy)
β	—	基本的漁獲管理規則、および代替漁獲管理規則である漁獲量 3 年間一定方策の漁獲圧の上限設定のため、Fmsy に掛ける調整係数。研究機関会議において、基本的漁獲管理規則の場合には、管理目標（5 年後に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率および 10 年後に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率がともに 50% 以上）を達成する最小の β を基準シナリオとした。また、漁獲量 3 年間一定方策の下で β を 0～1.0 の範囲で変化させた各管理シナリオについて、上記管理目標の達成に加え、5 年後までに 1 度でも親魚量が禁漁水準案および過去最低親魚量を下回る確率が基準シナリオの同確率より小さくなるどうかを評価した。
獲り残し割合	—	代替漁獲管理規則である獲り残し割合一定方策の漁獲圧の上限設定のための獲り残し割合。研究機関会議では、本方策の下で獲り残し割合を 30～52% の範囲で変化させた各管理シナリオについて、上記の漁獲量 3 年間一定方策の場合と同様の条件で評価した。

基本的漁獲管理規則案

2021 年漁期の親魚量：49 千トン			
項目	2022 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合 (%)
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	12	0.22	8
$\beta=0.9$	10	0.20	7
$\beta=0.8$	9	0.18	6
$\beta=0.7$	8	0.16	6
$\beta=0.6$	7	0.13	5
$\beta=0.5$	6	0.11	4
F2018-2020	41	1.00	28

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2026 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2026 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	103	46 – 176	1	27	100
$\beta=0.9$	110	50 – 187	2	30	100
$\beta=0.8$	117	54 – 199	3	35	100
$\beta=0.7$	126	60 – 213	5	40	100
$\beta=0.6$	136	66 – 228	9	45	100
$\beta=0.5$	147	72 – 245	13	52	100
$\beta=0.0$	228	123 – 356	42	87	100
F2018-2020	35	16 – 58	0	0	92

基本的漁獲管理規則案

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2031 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	172	51 – 323	25	57	100
$\beta=0.9$	188	57 – 349	31	62	100
$\beta=0.8$	206	64 – 375	37	66	100
$\beta=0.7$	225	73 – 403	43	70	100
$\beta=0.6$	248	83 – 435	50	75	100
$\beta=0.5$	273	96 – 467	56	80	100
$\beta=0.0$	436	213 – 655	86	99	100
F2018-2020	56	13 – 114	0	6	88

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差			
	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
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2029 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.9$	2049 年漁期	2028 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.8$	2038 年漁期	2028 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.7$	2034 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.6$	2031 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.5$	2030 年漁期	2026 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.0$	2027 年漁期	2024 年漁期	2020 年漁期
F2018-2020	2051 年漁期以降	2045 年漁期以降	2020 年漁期

代替漁獲管理規則案（獲り残し割合一定方策）

2021 年漁期の親魚量：49 千トン			
項目	2022 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合 (%)
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等			
獲り残し割合 30%	46	1.18	31
獲り残し割合 35%	37	0.88	25
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	34	0.77	22
獲り残し割合 40%	28	0.62	19
獲り残し割合 45%	19	0.39	12
獲り残し割合 50%	9	0.18	6
獲り残し割合 52%	5	0.11	4

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2026 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2026 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等					
獲り残し割合 30%	27	3 – 61	0	1	62
獲り残し割合 35%	45	10 – 99	0	4	83
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	55	14 – 118	0	7	90
獲り残し割合 40%	74	22 – 150	1	14	97
獲り残し割合 45%	116	44 – 211	6	34	100
獲り残し割合 50%	168	79 – 281	21	62	100
獲り残し割合 52%	192	96 – 311	28	73	100

代替漁獲管理規則案（獲り残し割合一定方策）

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2031 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等					
獲り残し割合 30%	45	3 – 113	1	8	70
獲り残し割合 35%	86	10 – 205	7	23	84
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	109	14 – 251	12	33	90
獲り残し割合 40%	154	24 – 325	24	49	96
獲り残し割合 45%	245	66 – 444	50	72	100
獲り残し割合 50%	343	137 – 552	70	91	100
獲り残し割合 52%	381	168 – 594	77	95	100

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差			
	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
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等			
獲り残し割合 30%	2051 年漁期以降	2051 年漁期以降	2020 年漁期
獲り残し割合 35%	2051 年漁期以降	2051 年漁期以降	2020 年漁期
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	2051 年漁期以降	2040 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 40%	2046 年漁期	2032 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 45%	2031 年漁期	2028 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 50%	2028 年漁期	2025 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 52%	2027 年漁期	2025 年漁期	2020 年漁期

代替漁獲管理規則案（漁獲量 3 年間一定方策）

2021 年漁期の親魚量：49 千トン			
項目	2022 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合 (%)
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	12	0.22	8
$\beta=0.9$	10	0.20	7
$\beta=0.8$	9	0.18	6
$\beta=0.7$	8	0.16	6
$\beta=0.6$	7	0.13	5
$\beta=0.5$	6	0.11	4
$\beta=0.45$	5	0.10	4

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2026 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2026 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	111	25 – 213	6	35	93
$\beta=0.9$	119	34 – 223	8	38	95
$\beta=0.8$	129	43 – 234	10	42	97
$\beta=0.7$	138	52 – 247	13	46	98
$\beta=0.6$	149	61 – 260	16	51	100
$\beta=0.5$	160	70 – 273	19	57	100
$\beta=0.45$	166	74 – 281	21	61	100

代替漁獲管理規則案（漁獲量 3 年間一定方策）

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2031 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	157	3 – 346	27	50	83
$\beta=0.9$	176	6 – 371	32	55	86
$\beta=0.8$	197	12 – 396	38	60	89
$\beta=0.7$	222	34 – 425	45	66	93
$\beta=0.6$	247	58 – 454	51	72	95
$\beta=0.5$	276	80 – 483	57	77	98
$\beta=0.45$	291	91 – 498	60	81	99

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差			
	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
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2030 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.9$	2051 年漁期以降	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.8$	2039 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.7$	2035 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.6$	2030 年漁期	2026 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.5$	2029 年漁期	2024 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.45$	2029 年漁期	2024 年漁期	2020 年漁期

1. 資源の状況

(1) 加入量当たり親魚量 (SPR) と現状の漁獲圧の関係

現状の漁獲圧 (F2018-2020 : 2018～2020 年の平均漁獲圧) に対する %SPR の関係を図 1 に示す。Fmsy は %SPR に換算すると 68% に相当する。現状の漁獲圧は Fmsy を上回るが、F30%SPR を下回る。

(2) 再生産関係

親魚量 (尾数) と加入量 (尾数) の関係 (再生産関係) を図 2 に示す。令和 2 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、本系群の再生産関係式にはベバートン・ホルト型再生産関係が適用されている (FRA-SA2020-BRP04-1)。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは、同報告書 (FRA-SA2020-BRP04-1) 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有意でなかったため考慮していない。

本系群の将来予測では、このベバートン・ホルト型再生産関係に従い、将来の加入量を算出した。なお、加入量の観測値に対する予測値の残差が近年負に偏る傾向が確認されたことから、負の残差が今後数年間は連続して起こる低加入状況を想定した将来予測を実施した (詳細は補足資料 1)。

(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	説明
SBtarget 案	234 千トン	最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	132 千トン	MSY の 85% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.85msy)
SBban 案	14 千トン	MSY の 15% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.15msy)

令和 2 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」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy : 23.4 万トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 85% が得られる親魚量 (SB0.85msy : 13.2 万トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 15% が得られる親魚量 (SB0.15msy : 1.4 万トン) を用いることが提案されている。

目標管理基準値案と、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。本系群の 2021 年漁期の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SBmsy) に対して 0.21 倍で、下回っている。なお、親魚量は、資源量から自然死亡と漁獲量を差し引いて得られる漁期後の残存資源量である。2021 年漁期の漁獲圧は Fmsy に対して 1.32 倍で、上回っている。本系群の漁獲圧は、2000 年以降では 2008、2009、2017 年漁期を除いて Fmsy を上回っており、親魚量は 2014 年以降 SBmsy を下回っている。

2. 将来予測

(1) 将来予測の設定

資源評価で予測した 2021 年漁期の資源量から、2022～2051 年漁期までの将来予測計算を行った。将来予測における加入量は、再生産関係式に各年漁期の親魚量を代入して得られる

値とした。加入量の不確実性として、本系群では今後 5 年間は直近 5 年間のような低加入が続くと想定したバックワードリサンプリング法を適用し、10000 回の繰り返し計算を行った。また、資源評価においては、翌年の加入量を予測するにあたり当年漁期終了後の親魚量および加入変動を予測する必要があるが、これらの予測には誤差が伴うため将来予測で考慮した。詳細については、補足資料 1 を参照されたい。なお、本系群の将来の漁獲量は、日本と韓国、および太平洋における中国とロシアの漁獲量の合計であり、その合計漁獲量は各漁獲管理規則案に基づき決定される。

2021 年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2020) から仮定した。現状の漁獲圧は、今年度資源評価における 2018~2020 年漁期の平均漁獲圧に対応する F 値とした。2022 年漁期の漁獲圧には、2021 年漁期後の親魚量を基に下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。同様に 2023 年漁期以降の漁獲圧も、前年漁期後の親魚量に基づき漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

また、漁獲管理規則案に基づいた管理の他に、本参考資料では外国の管理方式を適用した場合の TAC で管理した場合の将来予測についても実施した (詳細は補足資料 2)。

(2) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、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。本系群では、基本的漁獲管理規則案に加えて、2 つの代替漁獲管理規則案について検討した。

ア. 基本的漁獲管理規則案

「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」の基本的漁獲管理規則 (基本ルール) に基づき、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減し、親魚量が限界管理基準値案以上にある場合には F_{msy} (MSY を実現する漁獲係数) に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とした。例として、図 4 に β が 0.8 の場合の基本的漁獲管理規則案を示す。 β は 0~1.0 の範囲にて 0.05 刻みで変化させたシナリオを設定し、各シナリオで将来予測を実施した。

イ. 代替漁獲管理規則案：獲り残し割合一定方策

親魚量が禁漁水準案より多い場合では、資源量に対して獲り残す割合を常に一定とし、禁漁水準案を下回った場合には禁漁とした。例として、図 5 に獲り残し割合が 40% の場合の代替漁獲管理規則案を示す。この場合の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧に 0.8 を掛けた値に相当する。また、スルメイカ冬季発生系群の MSY を実現する漁獲圧に相当する獲り残し割合は 37% である。シミュレーションでは獲り残し割合を 30~52% の範囲にて 1% 刻みで変化させたシナリオを設定し、各シナリオで将来予測を実施した。

ウ. 代替漁獲管理規則案：漁獲量 3 年間一定方策

基本的漁獲管理規則案 (例：図 4) に基づいて漁獲圧を決定し、その値と翌年の予測資源量から計算される漁獲量を 3 年間一定とした。ただし、この期間中に親魚量が禁漁水準案を下回った場合は禁漁とした。4 年後に漁獲量を更新するが、この時に親魚量が禁漁水準案を

下回っていた場合は3年間禁漁とした。漁獲圧を決定する際の β は0～1.0の範囲にて0.05刻みで変化させたシナリオを設定し、各シナリオで将来予測を実施した。

エ. 管理シナリオのパフォーマンス評価

各管理シナリオのパフォーマンスを評価する指標を以下の4つとした。

- ① 5年後に親魚量が限界管理基準値案（23.4万トン）を上回る確率
- ② 10年後に親魚量が目標管理基準値案（13.2万トン）を上回る確率
- ③ 5年後までに一度でも親魚量が禁漁水準案（1.4万トン）を下回る確率
- ④ 5年後までに一度でも親魚量が過去最低親魚量（4.7万トン）を下回る確率

①と②は目標達成の指標で、③と④はリスクの指標である。スルメイカ資源については、①と②が50%以上となることを管理目標としている。「代替漁獲管理規則（代替ルール）を提案する際のガイドライン」に基づき、基本的漁獲管理規則案の代わりとして科学的に推奨できる代替漁獲管理規則案は、「管理目標に適いつつ、基本的漁獲管理規則と同等のパフォーマンスを持つ管理方策」とした。

各管理シナリオのパフォーマンスを次の基準で分類した。すなわち、将来予測の結果から①と②がともに50%以上となる基本的漁獲管理規則案を基準シナリオとし、①と②がともに50%以上で、かつリスクの指標となる③と④を基準シナリオ以下に抑えられる管理方策をランク2とした。また、①と②はともに50%以上であるものの、③と④が基準シナリオより大きい場合はランク1とし、①と②のどちらか一方でも50%未満の場合はランク0とした。

(3) 将来予測の結果

各漁獲管理規則案に基づいた2051年漁期までの将来予測の結果を図6～8および表1～3に示す。また、全てのシナリオ間での目標達成確率とリスクを比較するために、各シナリオにランクを付した上で表4に一覧としてまとめた。基準シナリオは β が0.50の時の基本的漁獲管理規則案となり、ランク2に該当する獲り残し割合一定方策の同割合は52%以下、漁獲量3年間一定方策の β は0.45以下であった（表4）。なお、外国の管理方式を適用した場合の将来予測結果は補足資料2に示す。

ア. 2022年漁期の予測値

基本的漁獲管理規則案に基づいて試算された2022年漁期の平均漁獲量は、 β を0.5とした場合には0.6万トン、 β を1.0とした場合には1.2万トンであった。獲り残し割合一定方策では、獲り残し割合を52%とした場合には2022年漁期の平均漁獲量は0.5万トン、37%（ F_{msy} に相当）とした場合には3.4万トンであった。漁獲量3年間一定方策では、 β を0.45とした場合には2022年漁期の平均漁獲量は0.5万トン、 β を1.0とした場合には1.2万トンであった。2021年漁期の親魚量は4.9万トンと予測されており、限界管理基準値案を下回る。そのため、基本的漁獲管理規則案と漁獲量3年間一定方策における2022年漁期の漁獲圧は、親魚量に応じた係数 $\gamma(SB_t)$ を乗じ、 $\gamma(SB_t) \times \beta \times F_{msy}$ として算出した。ここで2022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0.30と計算された。

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

基本的漁獲管理規則案

2021 年漁期の親魚量：49 千トン			
項目	2022 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合 (%)
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	12	0.22	8
$\beta=0.9$	10	0.20	7
$\beta=0.8$	9	0.18	6
$\beta=0.7$	8	0.16	6
$\beta=0.6$	7	0.13	5
$\beta=0.5$	6	0.11	4
F2018-2020	41	1.00	28

代替漁獲管理規則案（獲り残し割合一定方策）

2021 年漁期の親魚量：49 千トン			
項目	2022 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合 (%)
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等			
獲り残し割合 30%	46	1.18	31
獲り残し割合 35%	37	0.88	25
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	34	0.77	22
獲り残し割合 40%	28	0.62	19
獲り残し割合 45%	19	0.39	12
獲り残し割合 50%	9	0.18	6
獲り残し割合 52%	5	0.11	4

代替漁獲管理規則案（漁獲量 3 年間一定方策）

2021 年漁期の親魚量：49 千トン			
項目	2022 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2018-2020)	2022 年漁期の 漁獲割合 (%)
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	12	0.22	8
$\beta=0.9$	10	0.20	7
$\beta=0.8$	9	0.18	6
$\beta=0.7$	8	0.16	6
$\beta=0.6$	7	0.13	5
$\beta=0.5$	6	0.11	4
$\beta=0.45$	5	0.10	4

イ．2023 年漁期以降の予測

基本的漁獲管理規則案に基づいて試算された 2026 年漁期（管理開始から 5 年後）の平均親魚量の予測値は、 β を 1.0 とした場合には 10.3 万トン（80%予測区間は 4.6 万～17.6 万トン）であり、 β を 0.8 とした場合には 11.7 万トン（80%予測区間は 5.4 万～19.9 万トン）であった。 β を 0.5 とした場合には 14.7 万トン（80%予測区間は 7.2 万～24.5 万トン）であり、予測値が限界管理基準値案を上回る確率は 52%であった。2031 年漁期（管理開始から 10 年後）の平均親魚量の予測値は、 β を 1.0 とした場合には 17.2 万トン（80%予測区間は 5.1 万～32.3 万トン）であり、 β を 0.8 とした場合には 20.6 万トン（80%予測区間は 6.4 万～37.5 万トン）であった。 β を 0.5 とした場合には 27.3 万トン（80%予測区間は 9.6 万～46.7 万トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は 56%であった。

獲り残し割合一定方策による代替漁獲管理規則案に基づいて試算された 2026 年漁期の平均親魚量の予測値は、獲り残し割合をおおよそ Fmsy に相当する 37%とした場合には 5.5 万トン（80%予測区間は 1.4 万～11.8 万トン）であった。獲り残し割合を 52%とした場合には 19.2 万トン（80%予測区間は 9.6 万～31.1 万トン）であり、予測値が限界管理基準値案を上回る確率は 73%であった。2031 年漁期の平均親魚量の予測値は、獲り残し割合を 37%とした場合には 10.9 万トン（80%予測区間は 1.4 万～25.1 万トン）であった。獲り残し割合を 52%とした場合には 38.1 万トン（80%予測区間は 16.8 万～59.4 万トン）であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は 77%であった。

漁獲量 3 年間一定方策による代替漁獲管理規則案に基づいて試算された 2026 年漁期の平均親魚量の予測値は、 β を 1.0 とした場合には 11.1 万トン（80%予測区間は 2.5 万～21.3 万トン）であった。 β を 0.45 とした場合には 16.6 万トン（80%予測区間は 7.4 万～28.1 万トン）であり、予測値が限界管理基準値案を上回る確率は 61%であった。2031 年漁期の平均親魚量の予測値は、 β を 1.0 とした場合には 15.7 万トン（80%予測区間は 0.3 万～34.6 万トン）であった。 β を 0.45 とした場合には 29.1 万トン（80%予測区間は 9.1 万～49.8 万トン）

であり、予測値が目標管理基準値案を上回る確率は 60%であった。

前述の通り、これらの将来予測では本系群を漁獲する各国の漁獲量を漁獲管理規則案に基づき仮定している。もし、日本を含む各国が現状の漁獲圧（F2018-2020）を継続した場合は、2026 年漁期の平均親魚量の予測値は 3.5 万トン（80%予測区間は 1.6 万～5.8 万トン）であり、限界管理基準値案を上回る確率は 0%であった。2031 年漁期の平均親魚量の予測値は 5.6 万トン（80%予測区間は 1.3 万～11.4 万トン）、目標管理基準値案を上回る確率は 0%、限界管理基準値案を上回る確率は 6%であり、資源回復は見込めない。本資源からの良好な漁獲を長期的に持続するには、韓国、ロシア、および中国などの本系群を漁獲する全ての国と協調して漁獲を管理する必要がある。

基本的漁獲管理規則案

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2026 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2026 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	103	46 – 176	1	27	100
$\beta=0.9$	110	50 – 187	2	30	100
$\beta=0.8$	117	54 – 199	3	35	100
$\beta=0.7$	126	60 – 213	5	40	100
$\beta=0.6$	136	66 – 228	9	45	100
$\beta=0.5$	147	72 – 245	13	52	100
$\beta=0.0$	228	123 – 356	42	87	100
F2018-2020	35	16 – 58	0	0	92

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2031 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	172	51 – 323	25	57	100
$\beta=0.9$	188	57 – 349	31	62	100
$\beta=0.8$	206	64 – 375	37	66	100
$\beta=0.7$	225	73 – 403	43	70	100
$\beta=0.6$	248	83 – 435	50	75	100
$\beta=0.5$	273	96 – 467	56	80	100
$\beta=0.0$	436	213 – 655	86	99	100
F2018-2020	56	13 – 114	0	6	88

基本的漁獲管理規則案

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差			
	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
基本的漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2029 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.9$	2049 年漁期	2028 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.8$	2038 年漁期	2028 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.7$	2034 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.6$	2031 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.5$	2030 年漁期	2026 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.0$	2027 年漁期	2024 年漁期	2020 年漁期
F2018-2020	2051 年漁期以降	2045 年漁期以降	2020 年漁期

代替漁獲管理規則案（獲り残し割合一定方策）

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2026 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2026 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等					
獲り残し割合 30%	27	3 – 61	0	1	62
獲り残し割合 35%	45	10 – 99	0	4	83
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	55	14 – 118	0	7	90
獲り残し割合 40%	74	22 – 150	1	14	97
獲り残し割合 45%	116	44 – 211	6	34	100
獲り残し割合 50%	168	79 – 281	21	62	100
獲り残し割合 52%	192	96 – 311	28	73	100

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2031 年漁期の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等					
獲り残し割合 30%	45	3 – 113	1	8	70
獲り残し割合 35%	86	10 – 205	7	23	84
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	109	14 – 251	12	33	90
獲り残し割合 40%	154	24 – 325	24	49	96
獲り残し割合 45%	245	66 – 444	50	72	100
獲り残し割合 50%	343	137 – 552	70	91	100
獲り残し割合 52%	381	168 – 594	77	95	100

代替漁獲管理規則案（獲り残し割合一定方策）

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差			
	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
代替漁獲管理規則案に使用する獲り残し割合での違い等			
獲り残し割合 30%	2051 年漁期以降	2051 年漁期以降	2020 年漁期
獲り残し割合 35%	2051 年漁期以降	2051 年漁期以降	2020 年漁期
獲り残し割合 37% (Fmsy に相当)	2051 年漁期以降	2040 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 40%	2046 年漁期	2032 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 45%	2031 年漁期	2028 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 50%	2028 年漁期	2025 年漁期	2020 年漁期
獲り残し割合 52%	2027 年漁期	2025 年漁期	2020 年漁期

代替漁獲管理規則案（漁獲量 3 年間一定方策）

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2026 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2026 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	111	25 – 213	6	35	93
$\beta=0.9$	119	34 – 223	8	38	95
$\beta=0.8$	129	43 – 234	10	42	97
$\beta=0.7$	138	52 – 247	13	46	98
$\beta=0.6$	149	61 – 260	16	51	100
$\beta=0.5$	160	70 – 273	19	57	100
$\beta=0.45$	166	74 – 281	21	61	100

考慮している不確実性： 加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差					
項目	2031 年漁期 の親魚量 (千トン)	80% 予測区間 (千トン)	2031 年漁期に親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	157	3 – 346	27	50	83
$\beta=0.9$	176	6 – 371	32	55	86
$\beta=0.8$	197	12 – 396	38	60	89
$\beta=0.7$	222	34 – 425	45	66	93
$\beta=0.6$	247	58 – 454	51	72	95
$\beta=0.5$	276	80 – 483	57	77	98
$\beta=0.45$	291	91 – 498	60	81	99

代替漁獲管理規則案（漁獲量 3 年間一定方策）

考慮している不確実性：加入変動・漁期終了後の親魚量の予測誤差・漁獲量の推定誤差			
	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
代替漁獲管理規則案に使用する調整係数 β での違い等			
$\beta=1.0$	2051 年漁期以降	2030 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.9$	2051 年漁期以降	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.8$	2039 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.7$	2035 年漁期	2027 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.6$	2030 年漁期	2026 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.5$	2029 年漁期	2024 年漁期	2020 年漁期
$\beta=0.45$	2029 年漁期	2024 年漁期	2020 年漁期

引用文献

加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2020) 令和 2 (2020)年度スルメイカ冬季発生系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. 水産研究・教育機構, 1-81. FRA-SA2020-BRP04-1.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_w_20201014.pdf
 (last accessed 2 November 2021)

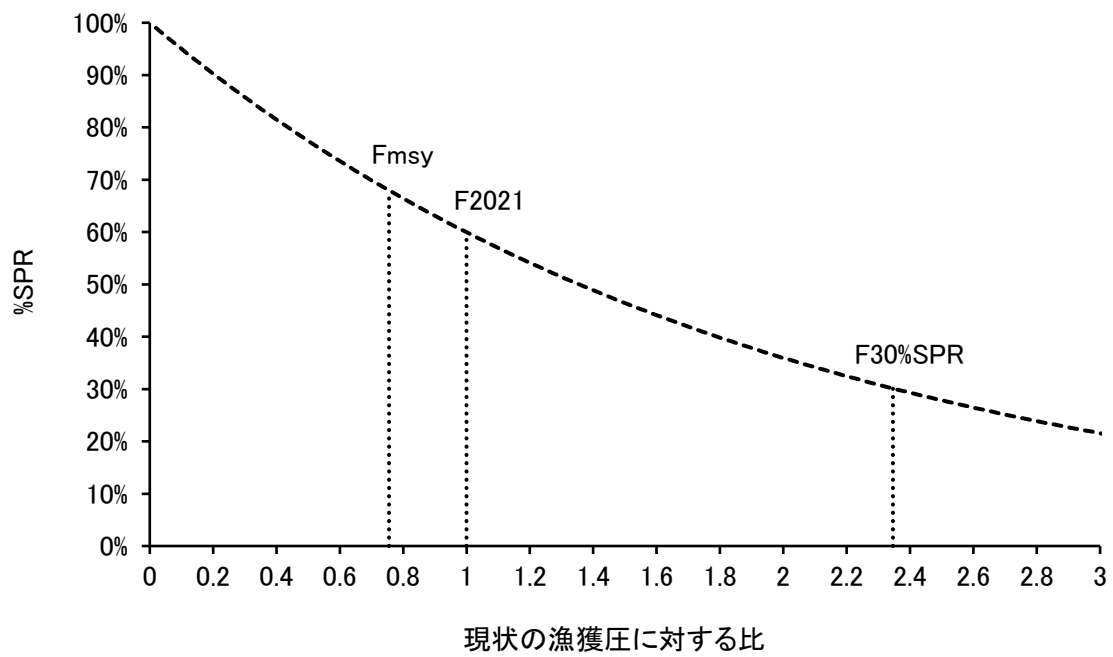


図 1. 現状の漁獲圧（F2018-2020）に対する%SPR の関係

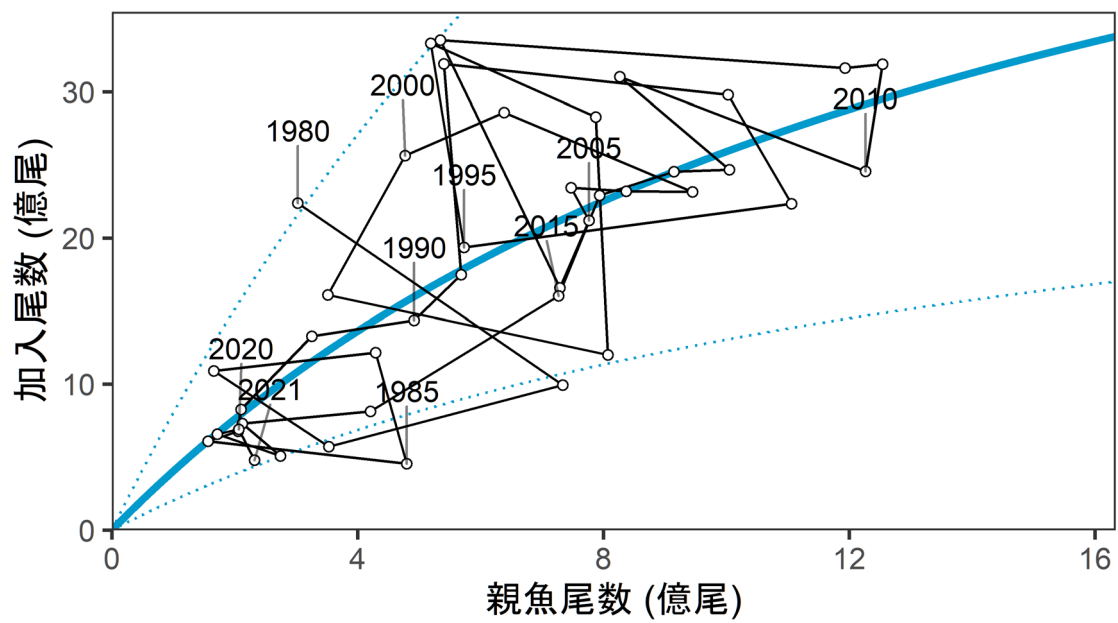


図 2. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

青線は令和 2 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」において適用された再生産関係。青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。図中の数字は年級群を示す。

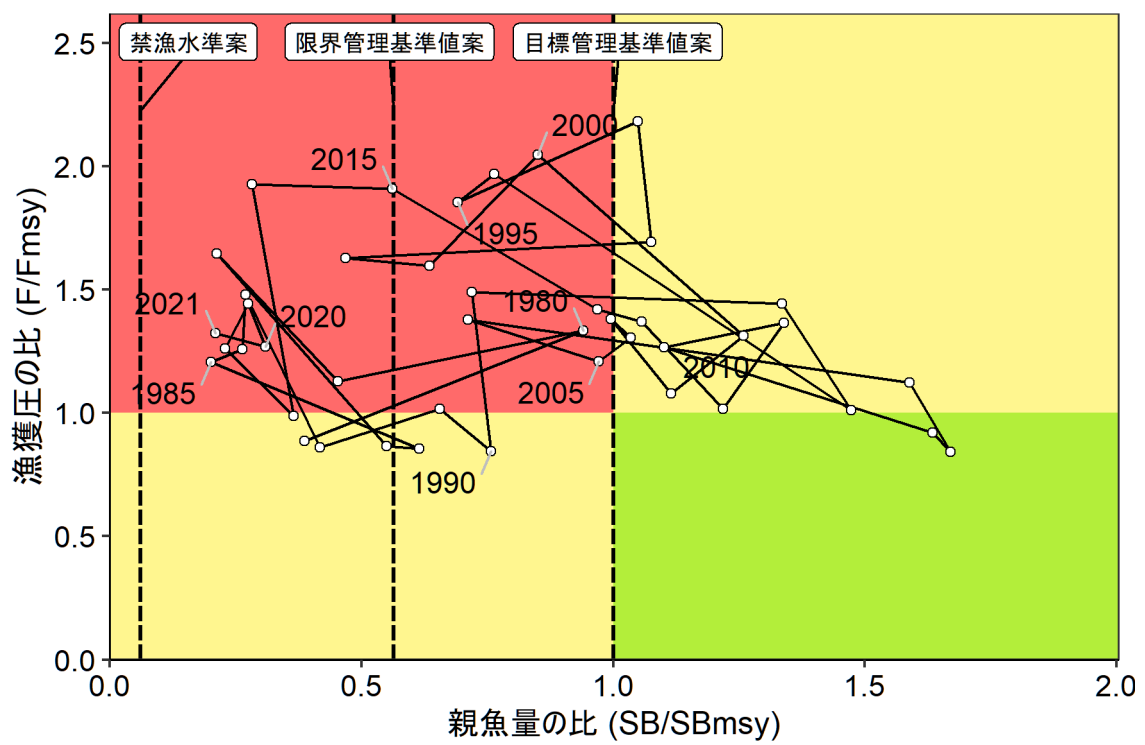
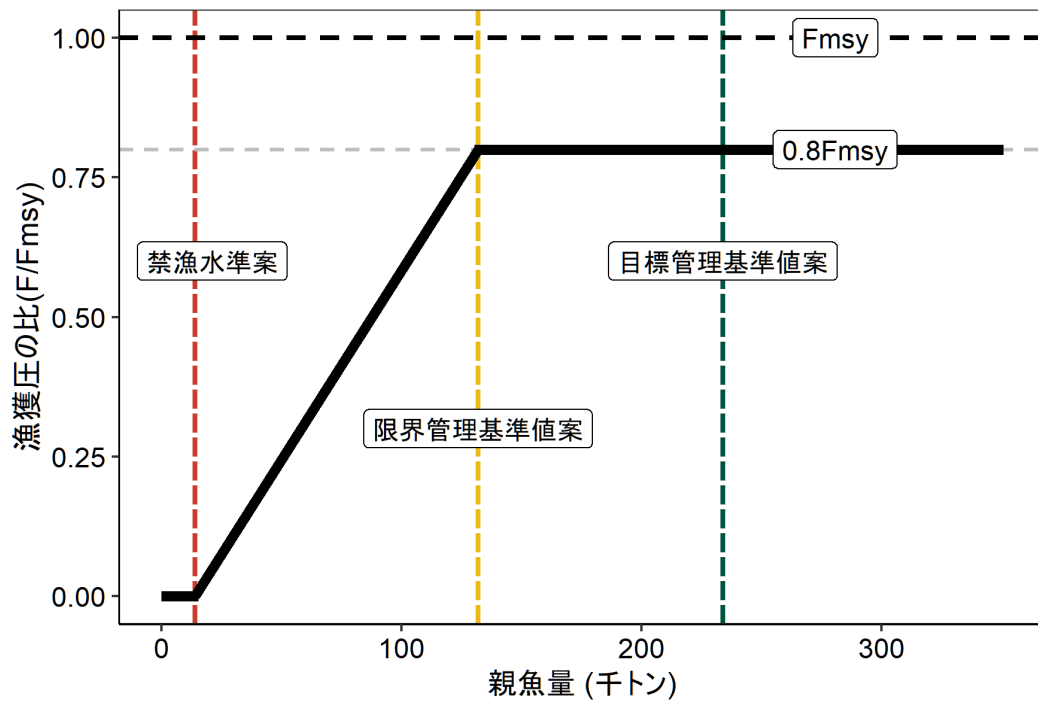
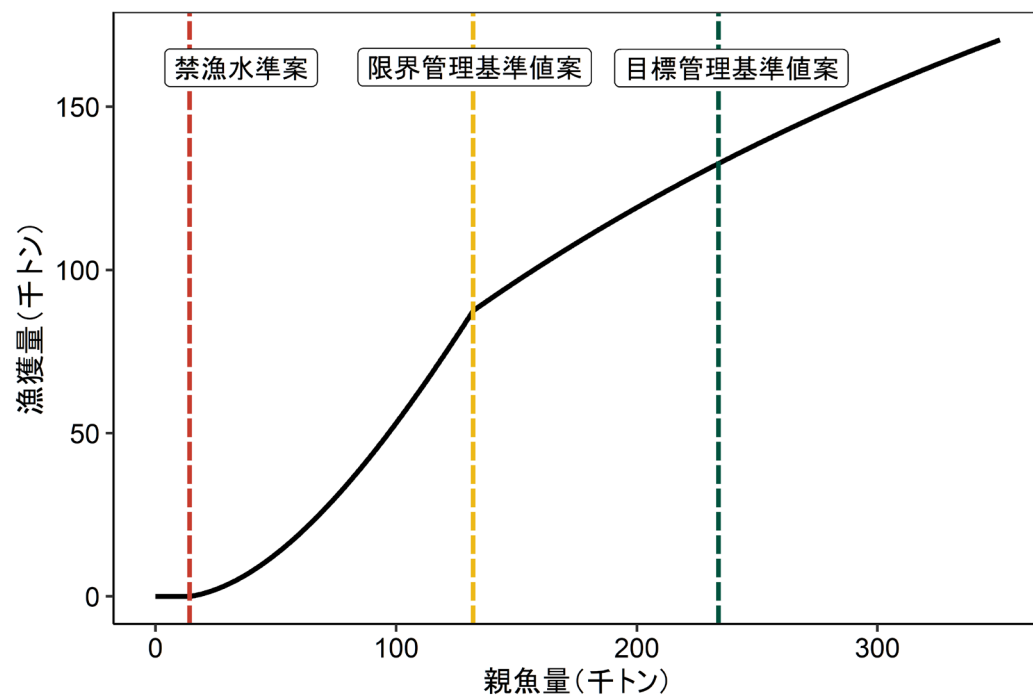


図 3. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）

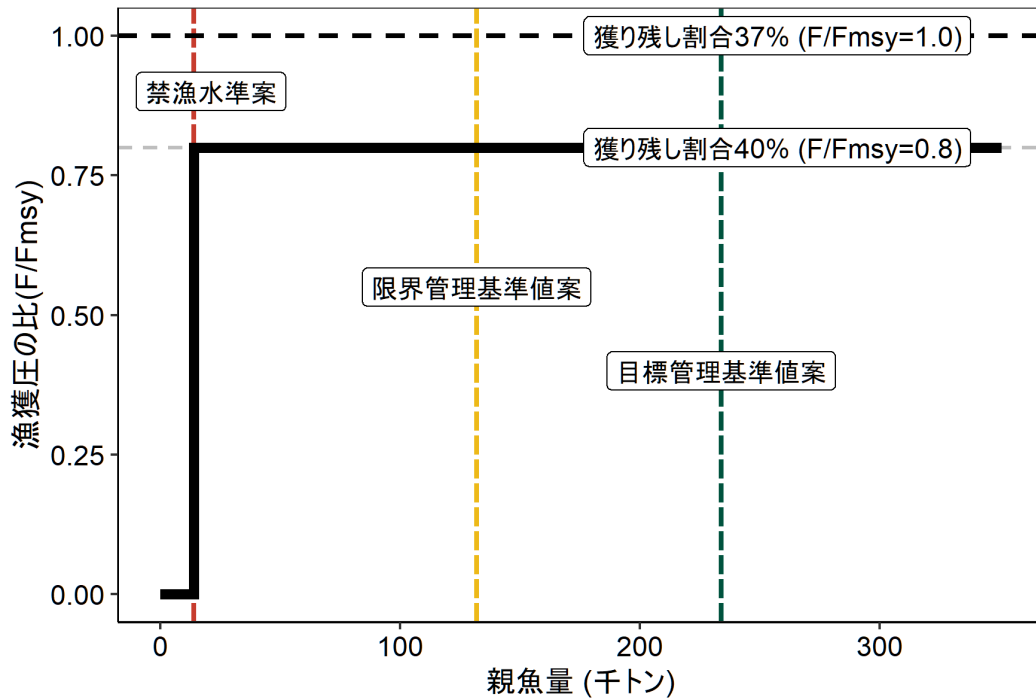
(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合（加入変動は考慮せず、決定論的に計算）

図 4. 基本的漁獲管理規則案（ β が 0.8 の場合）

(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合 (加入変動は考慮せず、決定論的に計算)

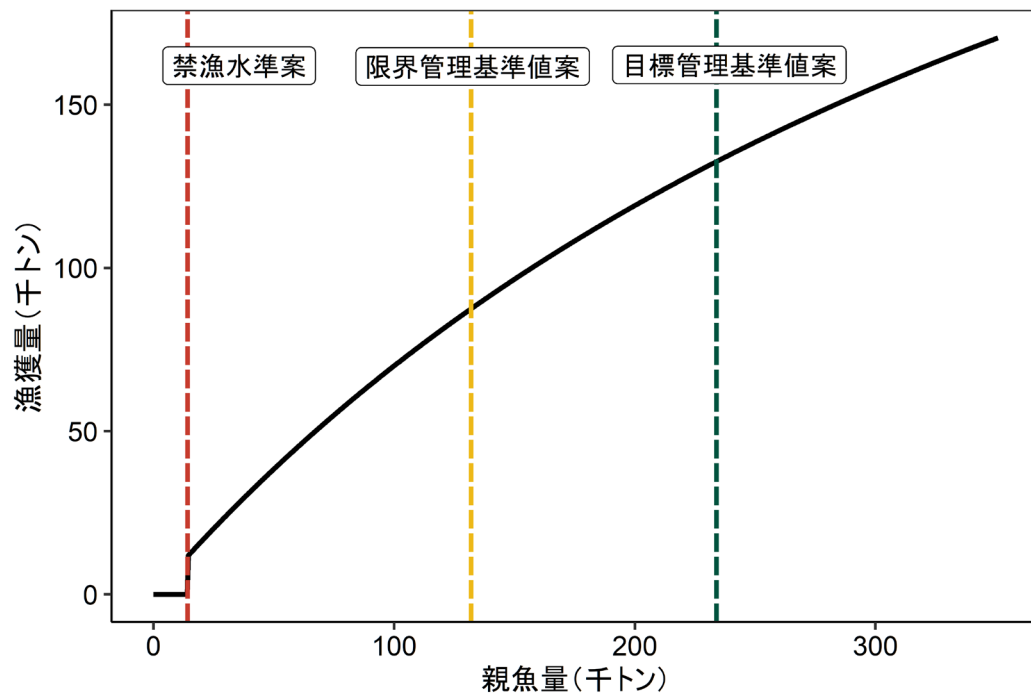
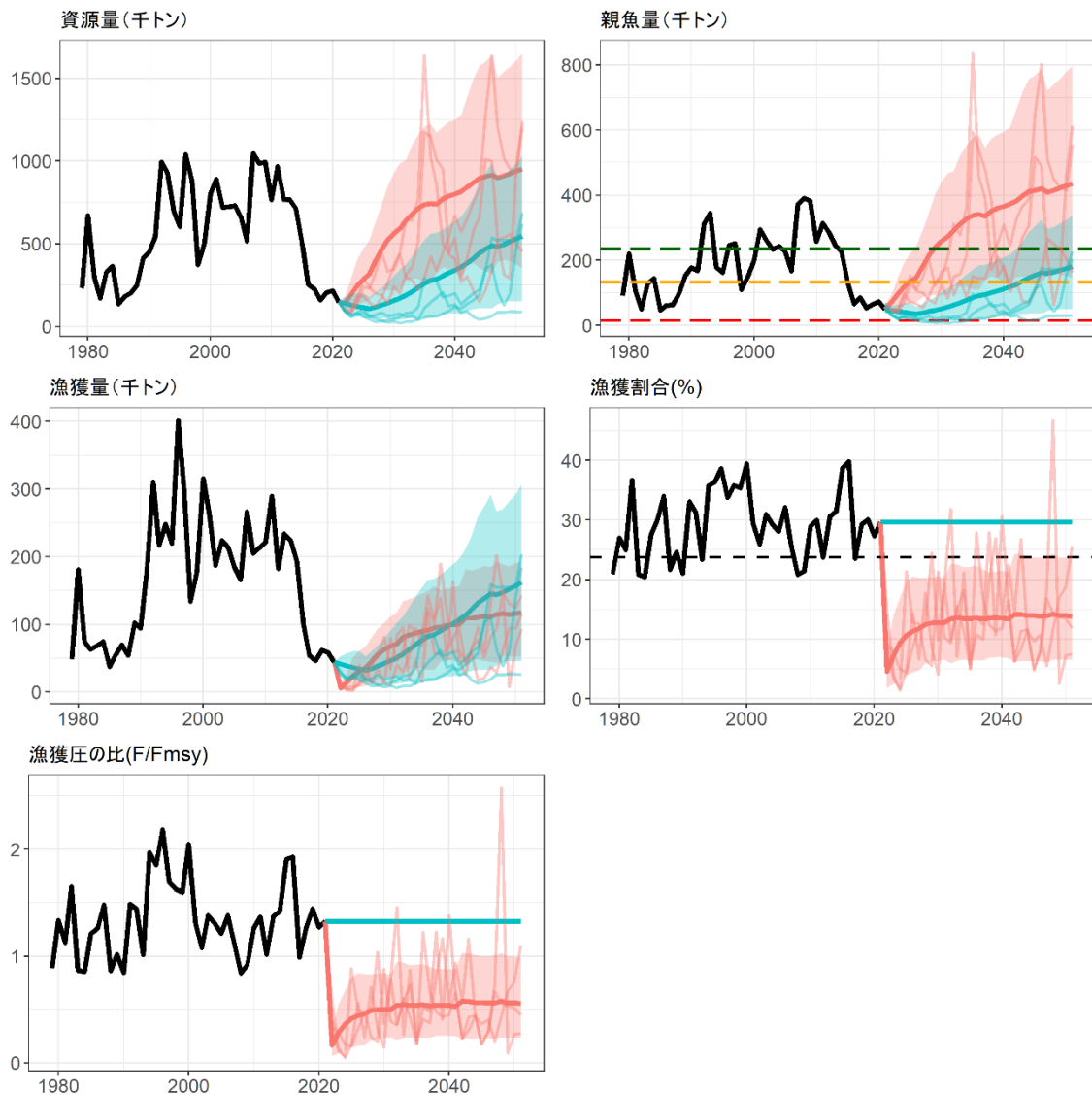


図 5. 獲り残し割合一定方策の代替漁獲管理規則案 (獲り残し割合が 40% の場合)

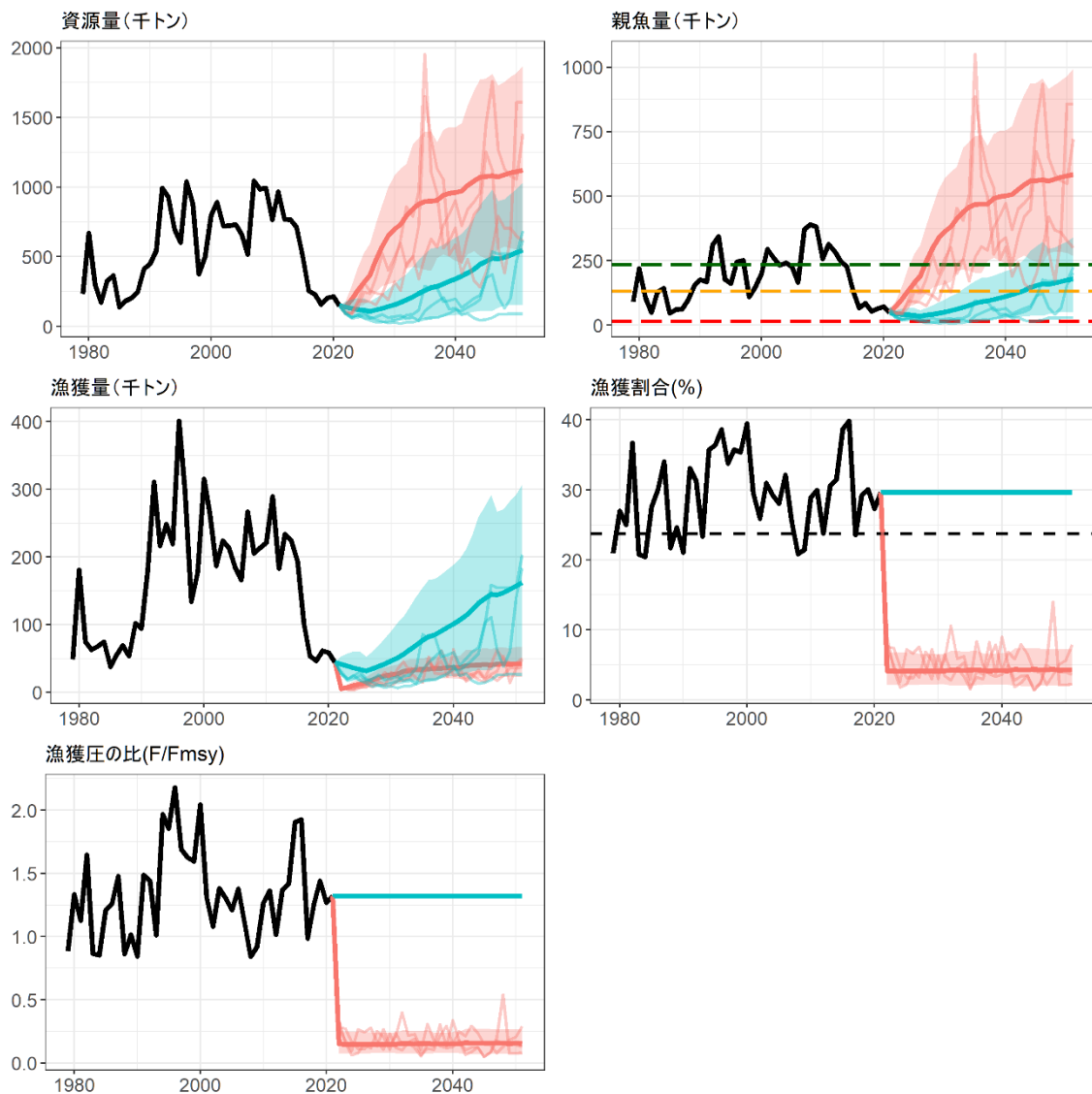
獲り残し割合 40% の時の漁獲圧は $0.8F_{msy}$ に相当し、37% の時の漁獲圧は F_{msy} に相当する。



(塗り：80%予測区間、太実線：平均値、細い実線：シミュレーションの例)

図 6. 基本的漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合（青色）の将来予測。

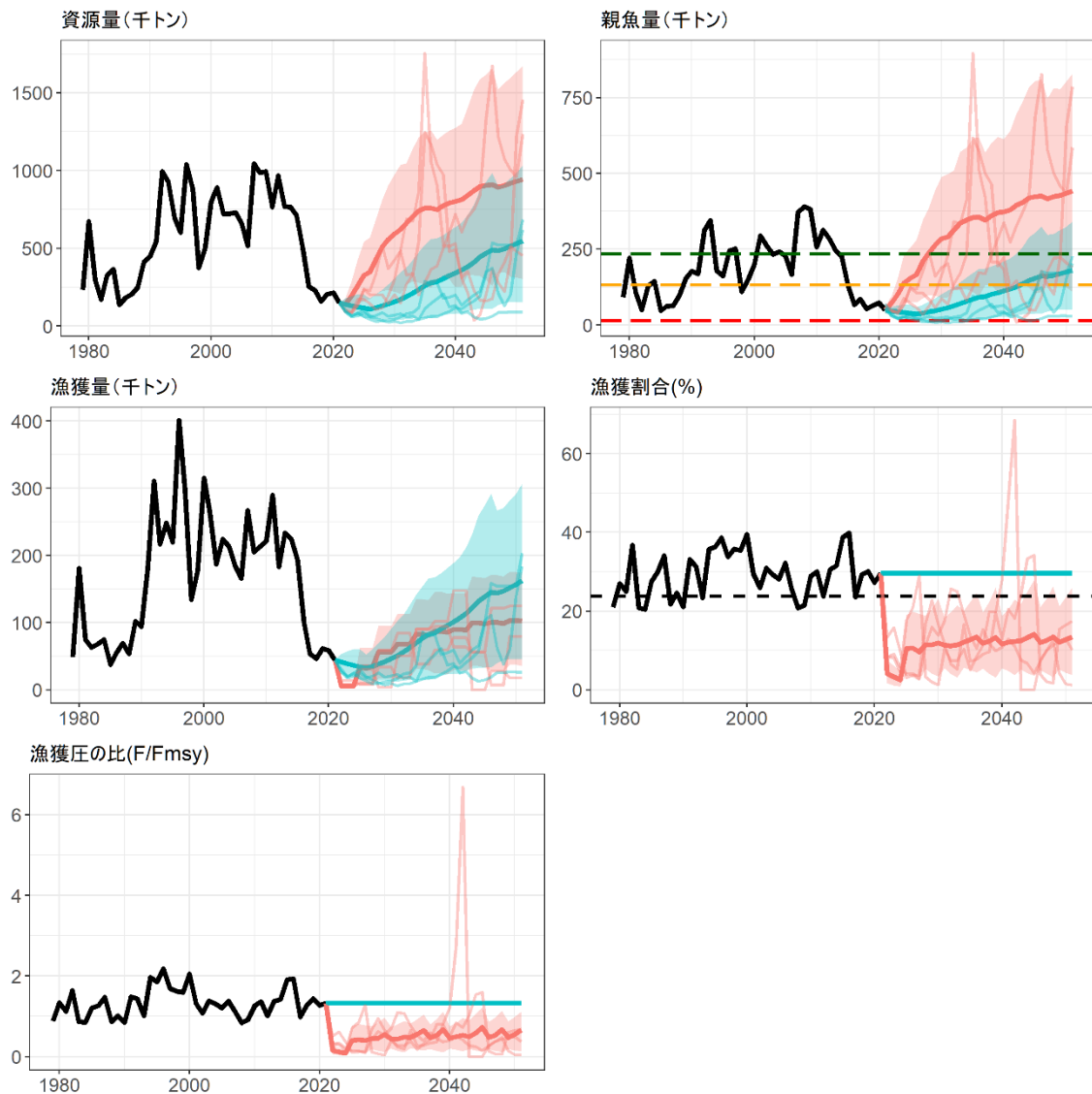
太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80%が含まれる予測区間、細線はランダムに抽出した 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の緑破線は目標管理基準値案、黄色破線は限界管理基準値案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。調整係数 β には 0.50 を用いた。



(塗り：80%予測区間、太実線：平均値、細い実線：シミュレーションの例)

図7. 獲り残し割合一定方策による代替漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合（青色）の将来予測。

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の80%が含まれる予測区間、細線はランダムに抽出した3通りの将来予測の例示である。親魚量の緑破線は目標管理基準値案、黄色破線は限界管理基準値案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。獲り残し割合には52%を用いた。



(塗り：80%予測区間、太実線：平均値、細い実線：シミュレーションの例)

図 8. 漁獲量 3 年間一定方策による代替漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2018-2020）で漁獲を続けた場合（青色）の将来予測。

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 80%が含まれる予測区間、細線はランダムに抽出した 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の緑破線は目標管理基準値案、黄色破線は限界管理基準値案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。調整係数 β には 0.45 を用いた。

表 1. 基本的漁獲管理規則案に基づいた場合および現状の漁獲圧 (F2018-2020) を継続した場合の将来予測の結果

2021 年漁期の漁獲量は資源評価で推定した資源量と現状の漁獲圧から仮定した。

2021 年漁期から基本的漁獲管理規則案 (β は 0~1.0) 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	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	0	0	0	0	0	1	5	10	17	22	25	41	46
0.95	0	0	0	0	0	1	6	12	19	24	28	45	50
0.90	0	0	0	0	1	2	7	13	21	27	31	49	53
0.85	0	0	0	0	1	2	8	15	24	29	34	53	57
0.80	0	0	0	0	1	3	10	18	27	32	37	57	60
0.75	0	0	0	0	2	4	12	20	30	36	40	61	63
0.70	0	0	0	0	2	5	13	23	33	39	43	64	67
0.65	0	0	0	0	3	7	16	26	37	43	47	68	71
0.60	0	0	0	0	4	9	18	30	40	47	50	71	74
0.55	0	0	0	0	5	11	21	34	45	50	53	74	77
0.50	0	0	0	0	7	13	24	38	48	54	56	77	80
0.45	0	0	0	0	9	15	27	42	52	57	59	79	83
0.40	0	0	0	1	10	17	31	47	56	61	62	81	85
0.35	0	0	0	1	12	19	35	51	60	64	65	83	86
0.30	0	0	0	2	14	22	39	55	64	67	68	84	88
0.25	0	0	0	3	15	24	43	60	67	69	71	86	89
0.20	0	0	0	4	16	27	48	64	70	72	73	87	91
0.15	0	0	0	6	19	30	52	68	74	75	76	89	92
0.10	0	0	0	9	22	34	57	72	77	79	80	91	93
0.05	0	0	0	12	25	38	62	76	80	82	84	93	95
0.00	0	0	0	15	29	42	68	80	83	85	86	94	96
F2018-2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	24

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	0	0	8	19	25	27	37	49	54	56	57	71	72
0.95	0	0	9	20	27	29	40	51	56	59	60	74	74
0.90	0	0	10	22	28	30	43	54	59	61	62	76	77
0.85	0	0	11	23	30	32	46	57	61	63	64	78	79
0.80	0	0	13	24	32	35	49	60	64	66	66	80	81
0.75	0	0	14	26	33	37	52	62	67	68	68	81	84
0.70	0	0	15	27	35	40	55	65	69	70	70	83	86
0.65	0	0	17	29	38	42	58	68	72	72	72	85	87
0.60	0	0	19	30	40	45	62	71	74	74	75	86	89
0.55	0	0	21	32	42	48	65	74	76	76	77	88	90
0.50	0	0	23	34	45	52	69	77	79	79	80	89	91
0.45	0	0	25	36	48	55	72	80	81	82	82	91	93
0.40	0	0	27	38	51	59	76	83	83	84	85	92	94
0.35	0	0	30	41	54	62	79	85	86	86	87	94	95
0.30	0	0	32	44	57	66	82	87	88	89	90	95	96
0.25	0	0	34	47	61	70	85	90	90	91	92	96	97
0.20	0	0	35	50	64	73	88	92	93	93	94	98	98
0.15	0	0	35	54	67	77	90	94	95	95	96	99	99
0.10	0	0	35	57	71	80	93	95	97	97	97	99	99
0.05	0	0	35	60	74	84	94	97	98	98	98	100	100
0.00	0	0	35	62	78	87	96	98	99	99	99	100	100
F2018-2020	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	6	39	63

表 1. つづき

(a) 親魚量の平均値 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	49	68	83	93	99	103	122	139	154	164	172	231	271
0.95	49	68	84	95	102	106	126	145	160	171	180	242	285
0.90	49	69	85	97	105	110	131	150	167	179	188	254	298
0.85	49	69	86	99	108	113	136	157	174	187	197	267	313
0.80	49	69	88	102	111	117	141	163	182	195	206	280	329
0.75	49	70	89	104	115	122	147	170	190	204	215	294	345
0.70	49	70	90	106	118	126	153	178	199	214	225	309	362
0.65	49	71	92	109	122	131	160	186	208	224	236	324	380
0.60	49	71	93	112	126	136	167	195	218	235	248	340	398
0.55	49	72	94	114	130	141	174	204	229	247	260	356	416
0.50	49	72	96	117	134	147	182	214	241	259	273	373	435
0.45	49	72	97	120	139	153	190	225	253	272	286	390	455
0.40	49	73	99	123	144	160	199	236	266	286	300	408	475
0.35	49	73	100	126	149	167	209	248	279	300	315	426	495
0.30	49	74	102	130	154	174	219	261	294	315	330	444	515
0.25	49	74	103	133	160	182	230	275	309	331	346	463	536
0.20	49	75	105	137	166	190	242	289	325	348	363	483	558
0.15	49	75	107	141	172	198	254	304	341	365	381	503	580
0.10	49	75	108	145	179	208	267	320	359	383	398	523	602
0.05	49	76	110	149	186	217	281	337	377	401	417	543	624
0.00	49	76	112	153	193	228	296	354	396	420	436	564	647
F2018-2020	49	46	43	40	38	35	39	43	47	51	56	119	180

(b) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	44	12	24	35	42	45	55	67	76	83	88	126	147
0.95	44	11	23	34	41	45	54	67	76	83	87	126	147
0.90	44	10	22	33	41	44	54	67	76	82	87	125	146
0.85	44	10	22	33	40	44	54	66	75	82	86	124	145
0.80	44	9	21	32	39	43	53	66	74	81	85	122	143
0.75	44	9	20	30	38	42	53	65	73	80	84	120	141
0.70	44	8	19	29	37	42	52	64	72	78	82	118	138
0.65	44	8	18	28	36	40	51	62	70	76	80	114	134
0.60	44	7	16	27	34	39	49	61	68	74	77	110	129
0.55	44	7	15	25	33	38	48	58	66	71	74	106	124
0.50	44	6	14	24	31	36	46	56	63	68	71	100	117
0.45	44	5	13	22	29	34	43	53	59	64	67	94	110
0.40	44	5	12	20	27	31	40	49	55	60	62	87	101
0.35	44	4	10	18	24	29	37	45	51	55	57	79	92
0.30	44	4	9	16	22	26	34	41	46	49	51	70	82
0.25	44	3	8	14	19	23	29	36	40	43	45	61	70
0.20	44	2	6	11	16	19	25	30	34	36	37	50	58
0.15	44	2	5	9	12	15	19	24	26	28	29	39	45
0.10	44	1	3	6	8	10	14	16	18	20	20	27	31
0.05	44	1	2	3	4	5	7	9	10	10	11	14	16
0.00	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2018-2020	44	41	39	36	34	32	35	38	42	46	51	107	162

表 2. 獲り残し割合一定方策による代替漁獲管理規則案に基づいた将来予測の結果

2021 年漁期の漁獲量は資源評価で推定した資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2020) から仮定した。2021 年漁期から代替漁獲管理規則案 (獲り残し割合は 30~52%) 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 (%)

獲り残し割合(%)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7	13
31	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	8	15
32	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	10	17
33	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	13	20
34	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	5	17	24
35	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	7	21	27
36	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7	9	25	32
37	0	0	0	0	0	0	1	3	5	9	12	31	37
38	0	0	0	0	0	0	2	4	7	12	15	36	42
39	0	0	0	0	0	0	2	5	10	15	20	42	48
40	0	0	0	0	0	1	4	7	13	18	24	48	54
41	0	0	0	0	0	1	5	10	16	23	29	55	59
42	0	0	0	0	0	2	6	13	21	28	34	60	65
43	0	0	0	0	1	3	9	16	25	33	40	66	70
44	0	0	0	0	2	5	12	20	30	39	45	71	75
45	0	0	0	0	3	6	15	25	36	45	50	74	78
46	0	0	0	0	4	8	18	31	42	50	55	78	82
47	0	0	0	0	6	11	22	37	48	55	59	81	84
48	0	0	0	0	9	14	27	43	54	60	62	83	86
49	0	0	0	0	11	17	33	49	59	64	66	84	88
50	0	0	0	1	13	21	39	55	64	68	70	86	90
51	0	0	0	2	14	24	44	61	69	72	73	88	91
52	0	0	0	4	16	28	50	66	73	75	77	89	92
F2018-2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	24

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

獲り残し割合(%)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
30	0	0	0	0	1	1	1	2	4	6	8	18	24
31	0	0	0	0	1	1	2	3	5	7	10	22	27
32	0	0	0	1	1	2	3	4	7	9	12	27	32
33	0	0	0	1	2	2	4	6	8	12	15	32	36
34	0	0	0	1	3	3	5	7	11	15	19	37	41
35	0	0	0	2	4	4	6	9	14	18	23	43	47
36	0	0	0	3	5	6	9	12	17	22	28	49	53
37	0	0	0	4	7	7	11	16	22	27	33	55	59
38	0	0	0	5	8	9	14	20	26	33	38	61	64
39	0	0	0	7	10	12	17	24	31	38	43	66	69
40	0	0	0	10	12	14	21	29	37	44	49	71	74
41	0	0	1	12	14	17	26	35	43	50	54	75	78
42	0	0	1	15	16	21	31	41	50	55	58	78	82
43	0	0	2	18	19	25	36	47	56	60	63	81	85
44	0	0	3	20	23	29	43	54	62	65	67	84	87
45	0	0	4	21	28	34	49	60	68	70	71	87	89
46	0	0	7	22	33	38	55	66	72	74	76	89	91
47	0	0	10	23	38	44	61	72	77	79	80	91	93
48	0	0	14	25	43	50	68	78	81	83	84	93	95
49	0	0	19	28	46	57	74	83	85	86	88	95	96
50	0	0	23	33	51	62	79	87	88	90	91	97	97
51	0	0	28	40	56	68	84	90	92	92	94	98	98
52	0	0	33	48	61	73	88	93	94	95	95	99	99
F2018-2020	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	6	39	63

表 2. つづき

(a) 親魚量の平均値 (千トン)

獲り残し割合(%)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
30	49	42	36	32	29	27	29	32	36	41	45	77	103
31	49	43	39	35	32	30	32	36	41	46	52	88	116
32	49	45	41	38	35	33	36	41	46	52	59	99	130
33	49	46	43	41	38	37	41	46	52	59	67	113	146
34	49	47	46	44	42	41	45	52	59	67	76	128	163
35	49	49	48	47	46	45	51	58	67	76	86	145	183
36	49	50	51	51	50	50	57	66	76	86	97	163	204
37	49	52	53	55	55	55	64	74	86	98	109	182	226
38	49	53	56	59	60	61	71	83	97	110	123	203	249
39	49	54	59	63	65	67	80	94	109	124	138	224	273
40	49	56	62	67	71	74	89	105	122	139	154	246	298
41	49	57	65	72	77	81	99	117	137	155	170	268	323
42	49	58	68	76	84	89	109	131	152	172	188	291	349
43	49	60	71	81	90	98	120	145	169	189	206	314	374
44	49	61	74	86	97	106	132	160	186	208	225	337	399
45	49	63	77	92	105	116	145	175	204	227	245	360	424
46	49	64	80	97	112	125	158	192	222	246	264	382	448
47	49	65	84	103	120	136	172	209	241	266	284	404	471
48	49	67	87	109	129	146	186	226	260	285	303	425	495
49	49	68	90	115	137	157	201	244	280	305	323	446	517
50	49	70	94	121	146	168	216	262	299	325	343	466	540
51	49	71	98	127	155	180	232	280	319	344	362	486	562
52	49	72	101	133	165	192	248	299	339	364	381	507	584
F2018-2020	49	46	43	40	38	35	39	43	47	51	56	119	180

(b) 漁獲量の平均値 (千トン)

獲り残し割合(%)	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
30	44	46	38	32	28	25	26	28	31	34	38	69	88
31	44	45	38	33	30	26	28	31	33	37	41	74	95
32	44	43	38	33	31	28	30	33	36	40	45	80	101
33	44	41	37	34	32	29	32	35	39	43	48	85	107
34	44	39	37	34	33	31	34	38	42	47	52	91	114
35	44	37	36	34	34	32	36	40	45	50	55	96	120
36	44	35	35	34	34	33	38	43	47	53	58	101	125
37	44	34	34	34	35	34	40	45	50	56	61	106	129
38	44	32	33	34	35	35	41	47	52	59	64	109	133
39	44	30	32	34	35	36	42	49	55	61	67	112	135
40	44	28	31	33	35	36	44	50	57	63	69	113	136
41	44	26	29	32	35	37	44	51	58	65	70	113	135
42	44	24	28	31	34	36	44	52	59	65	71	112	133
43	44	22	26	30	33	36	44	52	59	65	71	110	130
44	44	20	25	28	32	35	44	52	58	65	70	106	125
45	44	19	23	27	31	34	42	50	57	63	68	101	118
46	44	17	21	25	29	32	41	48	55	60	64	94	110
47	44	15	19	23	27	30	38	46	52	57	60	87	101
48	44	13	17	21	25	28	36	43	48	53	56	79	91
49	44	11	15	18	22	25	32	38	43	47	50	69	80
50	44	9	12	16	19	22	28	34	38	41	43	59	68
51	44	7	10	13	16	18	24	28	32	34	36	48	56
52	44	5	8	10	12	14	18	22	24	26	27	37	42
F2018-2020	44	41	39	36	34	32	35	38	42	46	51	107	162

表 3. 漁獲量 3 年間一定方策による代替漁獲管理規則案に基づいた将来予測の結果
 2021 年漁期の漁獲量は資源評価で推定した資源量と現状の漁獲圧 (F2018-2020) から
 仮定した。2021 年漁期から代替漁獲管理規則案 (β は 0~1.0) 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	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	0	0	0	3	4	6	16	16	22	29	27	38	43
0.95	0	0	0	4	5	7	17	18	24	31	30	41	46
0.90	0	0	0	4	5	8	18	20	26	33	32	44	48
0.85	0	0	0	4	6	9	20	22	28	36	35	47	51
0.80	0	0	0	4	7	10	21	24	31	38	38	51	55
0.75	0	0	0	5	8	11	23	27	34	41	41	54	58
0.70	0	0	0	5	9	13	25	30	37	44	45	58	61
0.65	0	0	0	6	10	14	28	33	41	48	48	61	65
0.60	0	0	0	6	11	16	30	36	44	51	51	65	68
0.55	0	0	0	7	12	17	32	39	48	54	54	69	71
0.50	0	0	0	7	13	19	34	43	52	57	57	73	75
0.45	0	0	0	8	14	21	37	47	56	60	60	76	78
0.40	0	0	0	9	15	23	39	51	59	63	63	79	81
0.35	0	0	0	9	15	25	42	55	63	65	66	81	84
0.30	0	0	0	10	16	27	45	59	66	68	68	83	86
0.25	0	0	0	11	18	28	49	63	69	71	71	85	89
0.20	0	0	0	12	20	31	53	66	72	73	74	87	90
0.15	0	0	0	13	22	33	57	70	75	76	77	89	92
0.10	0	0	0	13	24	36	60	74	78	79	80	91	93
0.05	0	0	0	14	26	39	64	77	81	82	84	93	95
0.00	0	0	0	15	29	42	68	80	83	85	86	94	96

(b) 親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	0	0	23	37	36	35	46	47	49	51	50	60	61
0.95	0	0	24	38	38	36	48	49	51	53	53	63	63
0.90	0	0	25	39	39	38	51	52	54	56	55	65	65
0.85	0	0	26	41	41	40	53	54	57	58	58	67	67
0.80	0	0	27	42	43	42	55	58	60	61	60	70	70
0.75	0	0	28	44	44	44	58	61	63	64	63	72	73
0.70	0	0	29	45	46	46	60	64	65	67	66	74	75
0.65	0	0	30	46	47	48	63	68	68	69	69	76	78
0.60	0	0	31	48	49	51	67	71	71	72	72	79	80
0.55	0	0	32	50	51	54	70	74	75	75	75	82	83
0.50	0	0	33	51	53	57	73	77	78	78	77	84	86
0.45	0	0	33	53	56	61	76	80	81	81	81	87	88
0.40	0	0	34	54	58	64	79	84	84	83	84	90	90
0.35	0	0	34	56	61	68	81	87	87	86	87	92	92
0.30	0	0	35	57	63	71	84	89	89	88	89	94	94
0.25	0	0	35	59	65	74	87	91	91	91	92	95	96
0.20	0	0	35	60	68	77	90	93	93	93	94	97	97
0.15	0	0	35	61	70	79	92	94	95	95	96	98	98
0.10	0	0	35	61	73	82	93	96	97	97	97	99	99
0.05	0	0	35	62	75	84	94	97	98	98	98	100	100
0.00	0	0	35	62	78	87	96	98	99	99	99	100	100

表 3. つづき

(a) 親魚量の平均値 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	49	68	92	121	116	111	132	136	145	158	157	206	253
0.95	49	68	93	123	119	115	137	143	153	167	166	217	265
0.90	49	69	94	124	122	119	143	150	162	176	176	229	276
0.85	49	69	95	126	125	124	149	158	171	186	186	241	289
0.80	49	69	96	127	128	129	155	166	181	196	197	255	305
0.75	49	70	97	129	132	133	162	175	191	207	209	270	321
0.70	49	70	98	131	135	138	169	184	202	219	222	285	338
0.65	49	71	99	132	139	144	177	194	213	231	234	302	357
0.60	49	71	100	134	142	149	185	204	225	243	247	320	376
0.55	49	72	101	135	146	155	193	214	237	256	261	340	397
0.50	49	72	102	137	150	160	201	226	250	270	276	359	419
0.45	49	72	103	138	153	166	210	237	263	284	291	380	442
0.40	49	73	104	140	157	172	219	249	277	298	306	401	466
0.35	49	73	105	142	161	179	228	261	291	312	321	421	489
0.30	49	74	106	143	166	185	237	273	305	327	336	441	512
0.25	49	74	107	145	170	192	246	286	319	342	352	461	535
0.20	49	75	108	147	174	199	256	299	334	357	368	482	557
0.15	49	75	109	148	179	206	266	312	349	372	385	502	579
0.10	49	75	110	150	184	213	276	326	364	388	401	522	602
0.05	49	76	111	151	188	220	286	340	380	404	418	543	624
0.00	49	76	112	153	193	228	296	354	396	420	436	564	647

(b) 漁獲量の平均値 (千トン)

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2041	2051
1.00	44	12	12	11	59	57	49	72	70	63	80	105	109
0.95	44	11	11	11	57	56	49	72	71	64	81	105	110
0.90	44	10	10	10	55	55	49	72	71	65	81	106	112
0.85	44	10	10	10	53	53	48	71	70	65	82	105	113
0.80	44	9	9	9	51	51	47	71	70	66	82	105	114
0.75	44	9	9	9	49	49	46	70	69	66	81	105	115
0.70	44	8	8	8	47	47	45	69	68	66	80	104	115
0.65	44	8	8	8	45	45	43	67	67	65	79	103	114
0.60	44	7	7	7	42	42	42	65	65	64	77	101	113
0.55	44	7	7	7	40	40	39	63	63	62	75	98	111
0.50	44	6	6	6	37	37	37	60	60	59	72	94	107
0.45	44	5	5	5	34	34	34	57	57	56	68	90	102
0.40	44	5	5	5	31	31	31	53	53	53	63	84	96
0.35	44	4	4	4	28	28	28	48	48	48	58	77	88
0.30	44	4	4	4	24	24	24	43	43	43	52	69	79
0.25	44	3	3	3	21	21	21	38	38	38	45	60	69
0.20	44	2	2	2	17	17	17	31	31	31	38	50	57
0.15	44	2	2	2	13	13	13	24	24	24	30	39	44
0.10	44	1	1	1	9	9	9	17	17	17	20	27	31
0.05	44	1	1	1	4	4	4	9	9	9	11	14	16
0.00	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4. 予測される親魚量・漁獲量と親魚量が管理基準値案を上回る確率のまとめ

調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.05 刻みで変更した基本的漁獲管理規則案および漁獲量 3 年間一定方策の代替漁獲管理規則案と、獲り残し割合を 30～52% にて 1% 刻みで変更した代替漁獲管理規則案の結果をまとめた。また、現状の漁獲圧 (F2018-2020) を継続した場合の結果についても最下段に併記した。漁獲管理規則案での漁獲管理を開始する初年度 (1 年後) の 2022 年漁期の値と、5 年および 10 年管理を行った後の値 (2026 年漁期および 2031 年漁期) を示した。ランクは、*①と*②の目標達成確率がともに 50%以上となる基本的漁獲管理規則案 ($\beta=0.50$) を基準シナリオとし、*①と*②がともに 50%以上で、かつリスクの指標となる*③と*④を基準シナリオ以下に抑えられる管理方策をランク 2 とした。また、*①と*②はともに 50%以上であるものの、*③と*④が基準シナリオより大きい場合はランク 1 とし、*①と*②のどちらか一方でも 50%未満の場合はランク 0 とした。

ラ ン ク	管理方策	目標達成確率 (%)		予測親魚量 (千トン)		予測漁獲量 (千トン)			リスク (%)							
		5年後(2026年)に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 *①	10年後(2031年)に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 *②	5年後 2026年 漁期	10年後 2031年 漁期	1年後 2022年 漁期	5年後 2026年 漁期	10年後 2031年 漁期	5年後までに一度でも親魚量が禁漁水準案を下回る確率 *③	10年後までに一度でも親魚量が禁漁水準案を下回る確率	5年後までに一度でも親魚量が過去最低を下回る確率 *④	10年後までに一度でも親魚量が過去最低を下回る確率	5年後までに一度でも漁獲量が前年から半減以下になる確率	10年後までに一度でも漁獲量が前年から半減以下になる確率	5年後までの漁獲量の平均年変動率	10年後までの漁獲量の平均年変動率
0	基本ルール ($\beta=1.00$)	27%	25%	103	172	12	45	88	0%	1%	51%	61%	62%	88%	77%	72%
0	基本ルール ($\beta=0.95$)	29%	28%	106	180	11	45	87	0%	1%	48%	58%	61%	87%	76%	71%
0	基本ルール ($\beta=0.90$)	30%	31%	110	188	10	44	87	0%	0%	45%	54%	59%	85%	76%	69%
0	基本ルール ($\beta=0.85$)	32%	34%	113	197	10	44	86	0%	0%	41%	50%	58%	84%	75%	68%
0	基本ルール ($\beta=0.80$)	35%	37%	117	206	9	43	85	0%	0%	38%	46%	56%	82%	75%	67%
0	基本ルール ($\beta=0.75$)	37%	40%	122	215	9	42	84	0%	0%	35%	41%	54%	81%	74%	66%
0	基本ルール ($\beta=0.70$)	40%	43%	126	225	8	42	82	0%	0%	33%	38%	52%	79%	73%	65%
0	基本ルール ($\beta=0.65$)	42%	47%	131	236	8	40	80	0%	0%	30%	34%	50%	77%	73%	63%
0	基本ルール ($\beta=0.60$)	45%	50%	136	248	7	39	77	0%	0%	28%	31%	48%	75%	72%	62%
0	基本ルール ($\beta=0.55$)	48%	53%	141	260	7	38	74	0%	0%	26%	28%	47%	72%	72%	61%
2	基本ルール ($\beta=0.50$)	52%	56%	147	273	6	36	71	0%	0%	24%	25%	44%	69%	71%	59%
2	基本ルール ($\beta=0.45$)	55%	59%	153	286	5	34	67	0%	0%	23%	23%	42%	66%	71%	58%
2	基本ルール ($\beta=0.40$)	59%	62%	160	300	5	31	62	0%	0%	21%	21%	40%	63%	70%	57%
2	基本ルール ($\beta=0.35$)	62%	65%	167	315	4	29	57	0%	0%	19%	19%	38%	59%	70%	56%
2	基本ルール ($\beta=0.30$)	66%	68%	174	330	4	26	51	0%	0%	18%	18%	35%	55%	69%	55%
2	基本ルール ($\beta=0.25$)	70%	71%	182	346	3	23	45	0%	0%	15%	15%	33%	51%	69%	54%
2	基本ルール ($\beta=0.20$)	73%	73%	190	363	2	19	37	0%	0%	12%	12%	30%	47%	68%	53%
2	基本ルール ($\beta=0.15$)	77%	76%	198	381	2	15	29	0%	0%	7%	7%	28%	44%	68%	52%
2	基本ルール ($\beta=0.10$)	80%	80%	208	398	1	10	20	0%	0%	2%	2%	26%	40%	68%	51%
2	基本ルール ($\beta=0.05$)	84%	84%	217	417	1	5	11	0%	0%	0%	0%	23%	36%	68%	51%

表 4. つづき

ラン ク	管理方策	目標達成確率 (%)		予測親魚量 (千トン)		予測漁獲量 (千トン)			リスク (%)							
		5年後(2026 年)に親魚量 が限界管理基 準値案を上回 る確率 *①	10年後(2031 年)に親魚量 が目標管理基 準値案を上回 る確率 *②	5年後	10年後	1年後	5年後	10年後	5年後までに 一度でも親魚 量が禁漁水準 案を下回る確 率 *③	10年後まで に一度でも親 魚量が禁漁水 準案を下回る 確率	5年後までに 一度でも親魚 量が過去最低 を下回る確率 *④	10年後まで に一度でも親 魚量が過去最 低を下回る確 率	5年後までに 一度でも漁獲 量が前年から 半減以下にな る確率	10年後まで に一度でも漁 獲量が前年か ら半減以下に なる確率	5年後まで の漁獲量の 平均年変動 率	10年後まで の漁獲量の 平均年変動 率
0	獲り残し割合一定：30%	1%	1%	27	45	46	25	38	62%	79%	94%	98%	79%	95%	86%	95%
0	獲り残し割合一定：31%	1%	2%	30	52	45	26	41	57%	75%	92%	97%	77%	94%	79%	90%
0	獲り残し割合一定：32%	2%	3%	33	59	43	28	45	51%	70%	91%	96%	75%	93%	73%	85%
0	獲り残し割合一定：33%	2%	4%	37	67	41	29	48	46%	64%	89%	94%	72%	91%	68%	81%
0	獲り残し割合一定：34%	3%	5%	41	76	39	31	52	40%	58%	87%	93%	69%	89%	63%	76%
0	獲り残し割合一定：35%	4%	7%	45	86	37	32	55	33%	51%	85%	91%	67%	87%	59%	69%
0	獲り残し割合一定：36%	6%	9%	50	97	35	33	58	28%	44%	82%	89%	64%	85%	56%	62%
0	獲り残し割合一定：37%	7%	12%	55	109	34	34	61	22%	37%	80%	87%	61%	82%	54%	57%
0	獲り残し割合一定：38%	9%	15%	61	123	32	35	64	17%	30%	77%	85%	57%	79%	52%	53%
0	獲り残し割合一定：39%	12%	20%	67	138	30	36	67	12%	22%	74%	82%	54%	76%	51%	51%
0	獲り残し割合一定：40%	14%	24%	74	154	28	36	69	8%	16%	70%	78%	50%	72%	49%	49%
0	獲り残し割合一定：41%	17%	29%	81	170	26	37	70	5%	10%	67%	74%	47%	68%	48%	47%
0	獲り残し割合一定：42%	21%	34%	89	188	24	36	71	3%	6%	62%	69%	43%	65%	47%	46%
0	獲り残し割合一定：43%	25%	40%	98	206	22	36	71	1%	3%	58%	65%	39%	60%	46%	45%
0	獲り残し割合一定：44%	29%	45%	106	225	20	35	70	1%	2%	54%	59%	36%	56%	45%	44%
0	獲り残し割合一定：45%	34%	50%	116	245	19	34	68	0%	1%	50%	54%	32%	51%	45%	43%
0	獲り残し割合一定：46%	38%	55%	125	264	17	32	64	0%	0%	46%	49%	29%	47%	44%	42%
0	獲り残し割合一定：47%	44%	59%	136	284	15	30	60	0%	0%	42%	44%	26%	43%	44%	41%
1	獲り残し割合一定：48%	50%	62%	146	303	13	28	56	0%	0%	38%	39%	23%	40%	44%	41%
1	獲り残し割合一定：49%	57%	66%	157	323	11	25	50	0%	0%	34%	35%	21%	36%	43%	40%
1	獲り残し割合一定：50%	62%	70%	168	343	9	22	43	0%	0%	30%	30%	19%	33%	43%	40%
1	獲り残し割合一定：51%	68%	73%	180	362	7	18	36	0%	0%	25%	25%	17%	30%	43%	39%
2	獲り残し割合一定：52%	73%	77%	192	381	5	14	27	0%	0%	22%	22%	15%	28%	43%	39%

表 4. つづき

ラ ン ク	管理方策	目標達成確率 (%)		予測親魚量 (千トン)		予測漁獲量 (千トン)			リスク (%)							
		5年後(2026年)に親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 *①	10年後(2031年)に親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 *②	5年後 2026年 漁期	10年後 2031年 漁期	1年後 2022年 漁期	5年後 2026年 漁期	10年後 2031年 漁期	5年後までに一度でも親魚量が禁漁水準案を下回る確率 *③	10年後までに一度でも親魚量が禁漁水準案を下回る確率	5年後までに一度でも親魚量が過去最低を下回る確率 *④	10年後までに一度でも親魚量が過去最低を下回る確率	5年後までに一度でも漁獲量が前年から半減以下になる確率	10年後までに一度でも漁獲量が前年から半減以下になる確率	5年後までの漁獲量の平均年変動率	10年後までの漁獲量の平均年変動率
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=1.00$)	35%	27%	111	157	12	57	80	8%	27%	46%	64%	8%	58%	35%	37%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.95$)	36%	30%	115	166	11	56	81	7%	25%	44%	61%	7%	56%	35%	36%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.90$)	38%	32%	119	176	10	55	81	6%	22%	42%	58%	6%	54%	35%	35%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.85$)	40%	35%	124	186	10	53	82	5%	19%	39%	55%	5%	51%	35%	34%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.80$)	42%	38%	129	197	9	51	82	4%	16%	37%	51%	5%	48%	35%	33%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.75$)	44%	41%	133	209	9	49	81	3%	14%	35%	48%	4%	45%	35%	32%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.70$)	46%	45%	138	222	8	47	80	2%	11%	33%	44%	4%	42%	36%	31%
0	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.65$)	48%	48%	144	234	8	45	79	1%	9%	31%	41%	3%	39%	36%	31%
1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.60$)	51%	51%	149	247	7	42	77	1%	7%	29%	38%	3%	36%	36%	30%
1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.55$)	54%	54%	155	261	7	40	75	0%	5%	27%	34%	3%	32%	36%	30%
1	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.50$)	57%	57%	160	276	6	37	72	0%	3%	25%	31%	2%	29%	36%	29%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.45$)	61%	60%	166	291	5	34	68	0%	2%	23%	27%	2%	26%	37%	29%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.40$)	64%	63%	172	306	5	31	63	0%	1%	21%	24%	2%	23%	37%	29%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.35$)	68%	66%	179	321	4	28	58	0%	0%	19%	21%	2%	19%	37%	29%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.30$)	71%	68%	185	336	4	24	52	0%	0%	17%	18%	2%	16%	37%	28%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.25$)	74%	71%	192	352	3	21	45	0%	0%	15%	15%	1%	13%	37%	28%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.20$)	77%	74%	199	368	2	17	38	0%	0%	11%	11%	1%	11%	38%	28%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.15$)	79%	77%	206	385	2	13	30	0%	0%	7%	7%	1%	9%	38%	28%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.10$)	82%	80%	213	401	1	9	20	0%	0%	2%	2%	1%	7%	38%	28%
2	漁獲量3年間一定 ($\beta=0.05$)	84%	84%	220	418	1	4	11	0%	0%	0%	0%	0%	5%	38%	28%
0	F2018-2020	0%	0%	35	56	41	32	51	9%	22%	91%	95%	0%	0%	25%	24%

補足資料 1. 将来予測の方法

(1) 再生産関係と今後の加入の想定

令和3年度の資源評価により推定された資源量を基に、基本的漁獲管理規則案および2つの代替漁獲管理規則案（獲り残し割合一定方策、漁獲量3年間一定方策）に従う将来予測を行った。将来の加入量の推定には、令和2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」において適用されたベバートン・ホルト型再生産関係式（ $a=4.315, b=0.066, S.D.=0.417$ ）から推定される値を用いた（FRA-SA2020-BRP04-1）。なお、再生産関係のパラメータ推定に使用するデータは同報告書で使用した親魚量・加入量とし、最適化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有意でなかったため考慮していない。

本系群に再生産関係を当てはめた時、近年は残差が負に偏る傾向がみられているため（補足図 1-1）、将来予測においては、今後5年間は直近5年間のような低加入が続き、その後徐々に回復する仮定を以下のバックワードリサンプリング法によって設定した（補足図 1-2）。なお、加入量の不確実性を考慮するため、10000回の繰り返し計算を行った。

- ・ 将来予測の1～5年目：資源評価の最新5年分（2016～2020年、2021年の資源量は推定値であるため含めない）の残差のみから重複を許したリサンプリングを行う。
- ・ 将来予測の6～10年目：最新5年分（2016～2020年）の残差、または、さらに過去に遡った5年分（2011～2015年）の残差のどちらかをランダムに選択し、選ばれた方の5年分の残差から重複を許してリサンプリングする。
- ・ 将来予測の11年目～：上記の手順のように、5年ずつリサンプリングできる範囲を追加する。

このバックワードリサンプリング法で使用する加入量の残差は、研究機関会議において適用された再生産関係式に対し、今年度の資源解析結果で得られた親子関係のプロットからの残差として求めた。

(2) 翌年の加入量予測と漁獲量算定

翌年の加入量を予測するにあたり当年漁期終了後の親魚尾数および加入変動を予測する必要があるが、資源評価で予測する加入量は誤差を伴う。令和2年12月のステークホルダー会議の提示資料（FRA-SA2020-SC05-101）では、この誤差を考慮しない将来予測を実施した。ステークホルダー会議において、単年性資源であるスルメイカの資源変動の大きさと加入量予測の不確実性の大きさが資源評価の課題として指摘されたことを踏まえ、今回の検討では上記2つの誤差を将来予測で考慮した。誤差の詳細と漁獲量算定までの流れについて以下に記す。なお、スルメイカは単年性資源であるため、資源尾数と加入尾数は同値である。

ア. 漁期終了後の親魚尾数の予測

t 年漁期終了後の親魚尾数 S_t は t 年漁期の資源尾数 N_t と漁獲尾数 C_t 、および自然死亡係数 M (0.6) から式1で計算される。

$$S_t = \left[N_t - C_t \cdot \exp\left(\frac{M}{2}\right) \right] \cdot \exp(-M) \quad (1)$$

なお、 N_t は資源量指標値（＝小型いか釣り漁船の標準化 CPUE）に比例係数を掛けることで算出される。資源評価の最終年漁期においては、資源尾数は当年漁期途中までの小型いか釣り漁業データと調査データから予測する。また、当年漁期の漁獲尾数は直近 3 年間の平均漁獲係数 F_{current} と予測資源尾数から予測する（例えば、2021 年漁期の漁獲尾数は、今年度の資源評価における現状の漁獲圧（F2018-2020、補足表 1-1）と 2021 年漁期の予測資源尾数から予測される）。したがって、当年漁期終了後の予測親魚尾数 S'_t には、当年漁期の資源尾数の予測誤差、および F_{current} による漁獲尾数の予測誤差が含まれる。過去のデータに基づいて S'_t の誤差を推定するため、1982～2020 年の各年を対象として上記の将来予測と同様に漁期途中までのデータから標準化 CPUE の予測値と F_{current} を求め、過去の予測親魚尾数 $S'_{t,\text{past}}$ を計算した。対数正規分布の誤差を仮定し、親魚尾数の確定値 $S_{t,\text{past}}$ に対する $S'_{t,\text{past}}$ の標準誤差 σ_1 を求めた（詳細は FRA-SA2021-BPR01-06 の補足資料 1 を参照）。将来予測のシミュレーションにおいては、 $S'_{t,k}$ は式 2 で得られるとした。

$$S'_{t,k} = S_{t,k} \cdot \exp(\varepsilon_{t,1,k} - 0.5\sigma_1^2), \quad \varepsilon_{t,1,k} \sim \text{Normal}(0, \sigma_1^2) \quad (2)$$

$\varepsilon_{t,1,k}$ は平均 0、標準偏差 σ_1 の正規分布から得られるランダムな誤差であり、 $-0.5\sigma_1^2$ は平均値のバイアス補正項である。 k はシミュレーションの試行回数を示す。

イ．加入変動の予測

スルメイカ冬季発生系群の再生産関係はベバートン・ホルト型であり、親魚尾数と加入尾数の関係は式 3 で定式化される。

$$R(S_t|a, b) = \frac{aS_t}{1 + bS_t} \quad (3)$$

a と b は再生産関係式から推定される係数である。ここで、各年の資源尾数の確定値 $N_{i,\text{past}}$ と再生産関係式からの推定値との残差 e_i は式 4 で表される（ i は 1980～2020 年）。

$$e_i = \log(N_{i,\text{past}}) - \log R(S_{i-1,\text{past}}|a, b) \quad (4)$$

実際の資源変動には確率的な加入変動が伴い、本資源では今後 5 年間は直近 5 年間のような低加入が続くと想定したバックワードリサンプリング法を適用しているため、翌年の真の資源尾数は式 5 で表される。

$$N_{t+1,k} = R(S_{t,k}|a, b) \cdot \exp(\varepsilon_{t,2,k} + \delta), \quad \delta = -\log\left(\frac{\sum_{i=1980}^{2020} \exp(e_i)}{41}\right) \quad (5)$$

$\varepsilon_{t,2,k}$ はバックワードリサンプリング法によって無作為抽出される残差である。 δ は残差リサンプリングで誤差を与える場合の平均値のバイアス補正項であり、再生産関係式に $\exp(\varepsilon_{t,2,k} + \delta)$ を掛けることによって加入変動を表している。

翌年の真の資源尾数は式 5 で表されるが、将来予測においては親魚尾数と加入変動に予測誤差が生じるため、管理上の予測資源尾数 $N'_{t+1,k}$ は式 6 で表される。

$$N'_{t+1,k} = R(S'_{t,k}|a,b) \cdot \exp(\varepsilon'_{t,2,k} + \delta) \quad (6)$$

$\varepsilon'_{t,2,k}$ はバックワードリサンプリング法によって前述の手順と同様に無作為抽出される残差であり、真の加入変動を表す式 5 の $\varepsilon_{t,2,k}$ とは独立である。

ウ．予測資源尾数からの漁獲量算定

漁獲管理規則案に基づいて翌年の漁獲尾数 $C'_{t+1,k}$ を算定する際には、漁獲係数 $F'_{t+1,k}$ を掛ける資源尾数として $N'_{t+1,k}$ を使用する（式 7）。

$$C'_{t+1,k} = N'_{t+1,k} \cdot \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \cdot [1 - \exp(-F'_{t+1,k})], \quad F'_{t+1,k} = f(S'_{t,k}) \quad (7)$$

$F'_{t+1,k}$ は「2－（2）漁獲管理規則案」に基づき、 $S'_{t,k}$ の状態に応じて決定される。例えば、基本的漁獲管理規則案の場合は式 8 と式 9 によって求められる（図 4 参照）。

$$F'_{t+1,k} = \begin{cases} 0 & \text{if } S'_{t,k} < SB_{\text{ban}} \\ \beta \cdot \gamma \cdot F_{\text{msy}} & \text{if } SB_{\text{ban}} < S'_{t,k} < SB_{\text{limit}} \\ \beta \cdot F_{\text{msy}} & \text{if } S'_{t,k} \geq SB_{\text{limit}} \end{cases} \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{S'_{t,k} - SB_{\text{ban}}}{SB_{\text{limit}} - SB_{\text{ban}}} \quad (9)$$

F_{msy} は MSY を得られる漁獲係数、 SB_{limit} は限界管理基準値案、 SB_{ban} は禁漁水準案である。 $t+1$ 年漁期終了後の真の親魚尾数 $S_{t+1,k}$ を計算する際には真の資源尾数 $N_{t+1,k}$ と $C'_{t+1,k}$ を使用するが、 $C'_{t+1,k}$ が $N_{t+1,k} \cdot \exp(-M/2)$ 以上の場合には $S_{t+1,k}$ が計算上 0 以下になってしまうため、僅かながら $S_{t+1,k}$ が残るように式 10 で漁獲尾数を下方修正した。続いて、式 11 で $S_{t+1,k}$ を算出した。

$$C'_{t+1,k} = 0.99N_{t+1,k} \cdot \exp\left(-\frac{M}{2}\right) \quad (10)$$

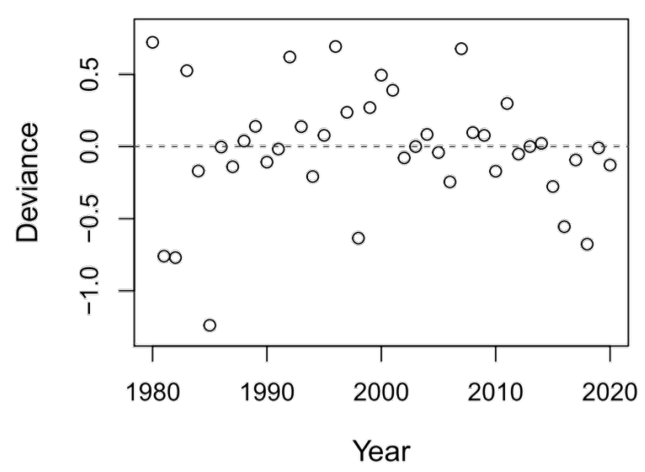
$$S_{t+1,k} = \left[N_{t+1,k} - C'_{t+1,k} \cdot \exp\left(\frac{M}{2}\right) \right] \cdot \exp(-M) \quad (11)$$

尾数単位による計算結果は、今年度の資源評価における平均体重（補足表 1-1）を用いて、最終的に全て重量単位に換算した。また、自然死亡係数と成熟割合の値には、令和 2 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 MSY を実現する水準の推定に用いた値を引き続き用いた（補足表 1-1）。

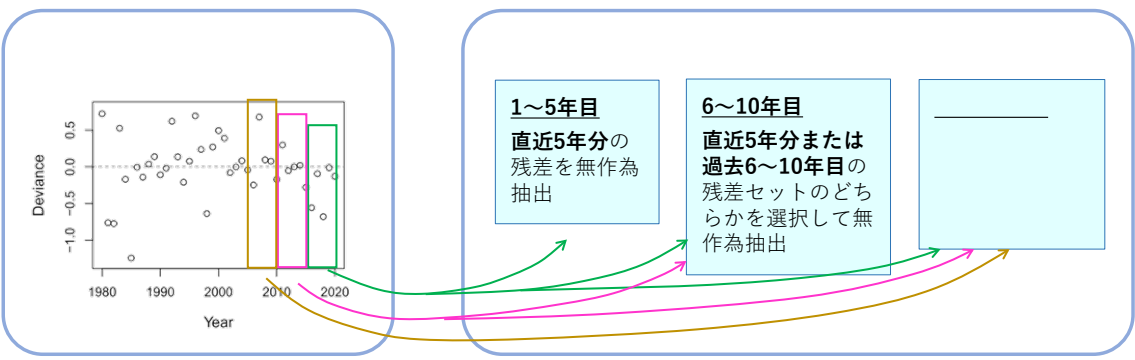
なお、実際の管理の手順では、漁獲管理規則案に基づいた翌年の漁獲尾数 $C'_{t+1,k}$ は、異なる $\varepsilon'_{t,2,k}$ をランダムに抽出した十分回数のシミュレーションによって得られた $N'_{t+1,k}$ の分布を基に計算される $C'_{t+1,k}$ の分布の平均値を利用しているが、ここでは計算時間の短縮のために式 7 を利用した。

引用文献

- 加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2020a) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ冬季発生系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. 水産研究・教育機構, 1-81. FRA-SA2020-BRP04-1.
https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_w_20201014.pdf
 (last accessed 2 November 2021)
- 加賀敏樹・岡本 俊・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2020b) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ冬季発生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). 水産研究・教育機構, 1-25. FRA-SA2020-SC05-101.
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/ref_surume-w_20201116.pdf (last accessed 2 November 2021)
- 岡本 俊・加賀敏樹・久保田 洋・宮原寿恵・西嶋翔太 (2021) スルメイカ冬季発生系群に関する代替漁獲管理規則による将来予測. 水産研究・教育機構, 1-25. FRA-SA2021-BPR01-06.
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/FRA-SA2021-BRP01-06.pdf (last accessed 2 November 2021)



補足図 1-1. 令和 2 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
提案されたベバートン・ホルト型再生産関係からの加入量の残差のトレンド



補足図 1-2. 残差のバックワードリサンプリングの概念図

補足表 1-1. 将来予測で使用したパラメータ

年齢	F2018-2020 (注 1)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
1 歳	0.511	312	0.6	1.00

注 1： 今回の資源評価で推定された 2018～2020 年漁期の平均 F とし、この F 値は 2021 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 2. 外国事例を参考にした TAC の試算

水産庁からの依頼により、令和 3 年 8 月に開催したスルメイカ研究機関会議において、以下の外国事例を参考にしたスルメイカ TAC を試算した（FRA-SA2021-BRP01-08）。

- ① 米国におけるアメリカケンサキイカの管理
- ② カナダにおけるカナダマツイカの管理
- ③ 米国におけるカナダマツイカの管理

本補足資料では、スルメイカ冬季発生系群の資源評価の更新（FRA-SA2021-SC04-1）に伴い、TAC 試算値を更新した。なお、各外国事例の詳細や算出方法については、上記研究機関会議資料（FRA-SA2021-BRP01-08）を参照されたい。

外国事例に基づくスルメイカ冬季発生系群の TAC 試算値を補足表 2-1～2-4 に示した。また、漁獲量一定方策であり、かつ TAC 試算値の小さいカナダマツイカのカナダ方式（参照期間は TAC 導入以降、資源低水準期は 2016～2020 年、過去最高の漁獲量の年を基準に計算される漁獲量と資源量指数は最高年の前後 2 年を含む 5 年間の平均値）を適用した場合の将来予測結果を補足表 2-5 に示した。5 年後までに一度でも親魚量が禁漁水準および過去最低親魚量を下回る確率はともに 100%と予測され、今回検討した外国方式の中では比較的管理の厳しい方式においても、資源状態悪化のリスクは高くなることが示された。

引用文献

- 松井 萌・岡本 俊・宮原寿恵・久保田 洋 (2021) 外国事例を参考にした TAC の試算. 水産研究・教育機構, 1-22. FRA-SA2021-BPR01-08.
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/FRA-SA2021-BRP01-08.pdf (last accessed 12 November 2021)
- 岡本 俊・加賀敏樹・久保田 洋・宮原寿恵・松井 萌・阿保純一・西嶋翔太・瀬藤 聡 (2021) 令和 3 (2021) 年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価 (案). 水産研究・教育機構, 1-36. FRA-SA2021-SC04-1.

補足表 2-1. アメリカケンサキイカのアメリカ方式で試算した 2021 年漁期のスルメイカ冬季発生系群の TAC

期間	漁獲割合 最高年	漁獲割合 (%)	TAC (千トン)		
			参照年	参照年+ 前後 1 年平均	参照年+ 前後 2 年平均
全期間	2016	39.9	101	116	124
TAC 導入以降	2016	39.9	101	116	124

補足表 2-2. カナダマツイカのカナダ方式で試算した 2021 年漁期のスルメイカ冬季発生系群の TAC

期間	漁獲量 最高年	資源 低水準期	TAC (千トン)		
			参照年	参照年+ 前後 1 年平均	参照年+ 前後 2 年平均
全期間	1996	1981-1988	97	91	91
TAC 導入以降	2000	2016-2020*	84	73	69
		1981-1988*	99	87	82

*1997 年以降では直近年を除くと資源低水準期が存在しないため、直近年を参照し 2016～2019 年を低水準期とした場合と、全期間を参照 1982～1990 年を低水準期とした場合の 2 通りで試算した。

補足表 2-3. カナダマツイカのアメリカ方式で直近 2 年の資源量指数を参照して試算した 2021 年漁期のスルメイカ冬季発生系群の TAC

期間	漁獲量 最高年	TAC (千トン)		
		参照年	参照年+ 前後 1 年平均	参照年+ 前後 2 年平均
全期間	1996	81	76	76
TAC 導入以降	2000	83	72	69

補足表 2-4. カナダマツイカのアメリカ方式で直近 3 年の資源量指数を参照して試算した 2021 年漁期のスルメイカ冬季発生系群の TAC

期間	漁獲量 最高年	TAC (千トン)		
		参照年	参照年+ 前後 1 年平均	参照年+ 前後 2 年平均
全期間	1996	75	70	70
TAC 導入以降	2000	76	67	63

補足表 2-5. 冬季発生系群にカナダマツイカのカナダ方式（参照期間は TAC 導入以降、資源低水準期は 2016～2020 年、過去最高漁獲量の年を基準に計算される漁獲量と資源量指数は最高年の前後 2 年を含む 5 年間の平均）を適用した場合の将来予測結果

予測親魚量 (千トン)		予測漁獲量 (千トン)			リスク (%)							
5年後	10年後	1年後	5年後	10年後	5年後までに 一度でも親魚 量が禁漁水準 を下回る確率	10年後まで に一度でも親 魚量が禁漁水 準を下回る確 率	5年後までに 一度でも親魚 量が過去最低 を下回る確率	10年後まで に一度でも親 魚量が過去最 低を下回る確 率	5年後までに 一度でも漁獲 量が前年から 半減以下にな る確率	10年後まで に一度でも漁 獲量が前年か ら半減以下に なる確率	5年後まで の漁獲量の 平均年変動 率	10年後まで の漁獲量の 平均年変動 率
<0.01	<<0.01	69	0.2	<<0.01	100%	100%	100%	100%	100%	100%	150%	173%