

令和 2（2020）年度スルメイカ秋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ホッカー・スティック型関係式を用いた。目標管理基準値（SBtarget）案には最大持続生産量（MSY）を実現する親魚量（SBmsy：329千トン）、限界管理基準値（SBlimit）案には MSY の 75% の漁獲量が得られる親魚量（SB0.75msy：189千トン）、禁漁水準（SBban）案には MSY の 15% の漁獲量が得られる親魚量（SB0.15msy：30千トン）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。なお、この漁獲量は日本だけでなく本系群を漁獲するすべての国の漁獲量の合計である。

項目	値	説明
管理基準値案、禁漁水準案、 β		
SBtarget 案	329 千トン	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	189 千トン	MSY の 75% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.75msy)
SBban 案	30 千トン	MSY の 15% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.15msy)
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、通常の加入予測を仮定した場合、10 年後に目標管理基準値案を 50% 以上の確率で上回るように β を 0.9 以下にすることが推奨されている。また、今後 5 年間は低加入が継続すると仮定した場合も、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 0.9 以下にすることが推奨されている。

通常の加入を仮定した場合（通常加入シナリオ）

2020年漁期後の親魚量:225千トン			
項目	2021年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020)	2021年漁期の 漁獲割合(%)
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	231	0.88	28
$\beta=0.9$	212	0.79	26
$\beta=0.8$	193	0.70	24
$\beta=0.7$	173	0.61	21
$\beta=0.6$	151	0.53	18
$\beta=0.5$	129	0.44	16
$\beta=0$	0	0.00	0
F2020	255	1.00	31

考慮している不確実性：加入量					
項目	2025年漁期 後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2025年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	342	181-527	48	88	100
$\beta=0.9$	371	203-564	56	93	100
$\beta=0.8$	400	224-601	64	95	100
$\beta=0.7$	429	246-640	71	97	100
$\beta=0.6$	457	266-677	77	98	100
$\beta=0.5$	484	285-713	82	99	100
$\beta=0$	630	378-918	95	100	100
F2020	285	123-469	32	74	100

考慮している不確実性： 加入量					
項目	2030 年漁期 後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030 年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	343	186-526	48	89	100
$\beta=0.9$	373	209-566	57	93	100
$\beta=0.8$	401	231-602	64	96	100
$\beta=0.7$	429	252-640	71	98	100
$\beta=0.6$	457	271-678	77	99	100
$\beta=0.5$	484	289-717	82	99	100
$\beta= 0$	629	382-924	96	100	100
F2020	273	106-453	30	70	98

今後 5 年間は低加入が継続すると仮定した場合（低加入シナリオ）

2020 年漁期後の親魚量:225 千トン			
項目	2021 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020)	2021 年漁期の 漁獲割合(%)
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	203	0.88	28
$\beta=0.9$	187	0.79	26
$\beta=0.8$	170	0.70	24
$\beta=0.7$	152	0.61	21
$\beta=0.6$	133	0.53	18
$\beta=0.5$	114	0.44	16
$\beta= 0$	0	0.00	0
F2020	224	1.00	31

考慮している不確実性：加入量					
項目	2025 年漁期 後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2025 年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	252	116-447	21	67	100
$\beta=0.9$	276	127-469	26	71	100
$\beta=0.8$	301	143-492	39	76	100
$\beta=0.7$	329	164-534	44	85	100
$\beta=0.6$	359	192-638	48	90	100
$\beta=0.5$	390	218-676	52	95	100
$\beta= 0$	554	333-858	100	100	100
F2020	181	56-367	12	38	99

考慮している不確実性：加入量					
項目	2030年漁期後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	310	142-493	46	83	100
$\beta=0.9$	337	160-521	52	85	100
$\beta=0.8$	361	178-547	69	88	100
$\beta=0.7$	386	207-573	71	93	100
$\beta=0.6$	413	229-601	74	96	100
$\beta=0.5$	440	262-631	76	98	100
$\beta=0$	586	358-801	100	100	100
F2020	195	43-387	14	46	94

1. 資源の状況

(1) 加入量あたり親魚量 (SPR) と現状の漁獲圧の関係

現状の漁獲圧に対する%SPR の関係を図 1 に示す。Fmsy は%SPR に換算すると 62%に相当する。現状の漁獲圧 (F2020) は Fmsy を上回り、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ホッケー・スティック型再生産関係が適用されている (久保田ほか 2020)。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 (久保田ほか 2020) 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た。加入量の残差の自己相関は考慮していない。

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、将来の加入量を算出した (図 2)。ホッケー・スティックの折れ点は親魚量 315 千トンに位置する。この親魚量以上であれば、平均的には 41 億尾程度の加入量が得られると期待される。本系群では、上記の通常の再生産関係による将来予測に加え、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、本系群の加入量の予測値に対する観測値の残差が、近年では負に偏る傾向がみられたことから、負の残差が今後数年間は連続して起こる可能性も考慮した低加入シナリオを検討した。詳細は「令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋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」を参照されたい。

(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	329 千トン	最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 案	189 千トン	MSY の 75% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.75msy)
SBban 案	30 千トン	MSY の 15% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.15msy)

上述の「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) 案には MSY を実現する親魚量 (SBmsy : 329 千トン)、限界管理基準値 (SBlimit) 案には MSY の 75% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.75msy : 189 千トン)、禁漁水準 (SBban) 案には MSY の 15% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.15msy : 30 千トン) を用いることが提案されている (久保田ほか 2020)。

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、1984~1990 年漁期に概ね Fmsy を上回った後に低下し、1991~2004 年漁期では、資源量が一時的に減少した 1998 年漁期を除いて Fmsy 以下で推移した。中国の漁獲量 (仮定値) を加えた 2005 年漁期以降は、2005~2007 年漁期に Fmsy を上回った以降は 2015 年漁期まで Fmsy を下回ったが、2016 年漁期以降は再び Fmsy を上回る漁獲圧となった。2020 年漁期の漁獲圧は 0.55 で Fmsy の 1.14 倍

である。親魚量は、1982～1991年漁期は目標管理基準値案を下回ったが、1992年漁期以降は1998、2004年漁期を除き上回った。2005年漁期以降は、2015年漁期まで2005、2007年漁期を除き目標管理基準値案を上回っていたが、2016年漁期以降は下回っている。2020年漁期後の親魚量の推定値（225千トン）は目標管理基準値案を下回り、限界管理基準値案および禁漁水準案を上回っている。

2. 将来予測

(1) 将来予測の設定

前述の漁獲管理規則（HCR）案を用いた将来予測に従い、2021年漁期の漁獲量を試算した（補足資料1）。将来予測における加入量は、各年漁期後の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。このとき本系群では、推定された再生産関係に従った加入があると仮定した通常加入シナリオと、近年の低加入が当面続くことを想定した低加入シナリオの二通りについて検討を行った（補足資料1）。加入量の不確実性として、通常加入シナリオでは推定された再生産関係に基づく対数正規分布に従う誤差を仮定し、低加入シナリオでは近年（過去5年、2016～2020年漁期）と同様の加入が5年間継続した後、徐々に好転するような誤差を仮定し、それぞれ10,000回の繰り返し計算を行った。なお、将来予測においては、日本だけでなく本系群を漁獲するすべての国による漁獲量の合計が本管理規則案に従った場合を想定している。

2020年漁期の漁獲量は、2020年漁期資源量と日韓のみの漁獲圧 F （2017-2019） $= 0.14$ により求めた漁獲量（71千トン）に、中国の漁獲量（仮定値）として150千トンを加えた値とした。また2020年漁期の漁獲圧（ F_{2020} ）は、2020年漁期資源量と前述の通り求めた2020年漁期漁獲量を用い、各生物パラメータ（平均体重等）の条件下で0.55と算出した。本報告書では F_{2020} を現状の漁獲圧として定義する。2021年漁期の漁獲圧には、2020年漁期後親魚量をもとに漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。同様に2022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。

(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・回復でき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。「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に令和2年7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0.9とした場合を各シナリオについて示した。なお、研究機関会議提案では通常加入シナリオであれば「10年後に目標管理基準値案を50%以上の確率で上回るための β が0.9以下である」とされており、また低加入シナリオでは、今後数年にわたり低加入が続いた場合でも、「5年後に限界管理基準値案を50%以上の確率で上回るような管理を行うことが望ましい。そのための β が0.9以下である」とされている。

3) 2021 年漁期の予測値

2020 年漁期後の親魚量は 225 千トンで、限界管理基準値案を上回ると推定されている。この親魚量をもとに漁獲管理規則案に基づき試算された 2021 年漁期の平均漁獲量は、通常加入シナリオでは β を 0.9 とした場合に 212 千トン、 β を 1.0 とした場合に 231 千トンであった。低加入シナリオでは β を 0.9 とした場合に 187 千トン、 β を 1.0 とした場合に 203 千トンであった。なお、この漁獲量は日本だけでなく本系群を漁獲するすべての国の漁獲量の合計である。

通常の加入を仮定した場合（通常加入シナリオ）

2020 年漁期後の親魚量:225 千トン			
項目	2021 年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020)	2021 年漁期の 漁獲割合 (%)
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	231	0.88	28
$\beta=0.9$	212	0.79	26
$\beta=0.8$	193	0.70	24
$\beta=0.7$	173	0.61	21
$\beta=0.6$	151	0.53	18
$\beta=0.5$	129	0.44	16
$\beta= 0$	0	0.00	0
F2020	255	1.00	31

今後5年間は低加入が継続すると仮定した場合（低加入シナリオ）

2020年漁期後の親魚量:225千トン			
項目	2021年漁期の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020)	2021年漁期の 漁獲割合(%)
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等			
$\beta=1.0$ (Fmsy)	203	0.88	28
$\beta=0.9$	187	0.79	26
$\beta=0.8$	170	0.70	24
$\beta=0.7$	152	0.61	21
$\beta=0.6$	133	0.53	18
$\beta=0.5$	114	0.44	16
$\beta=0$	0	0.00	0
F2020	224	1.00	31

(4) 2022年漁期以降の予測

2022年漁期以降も含めた将来予測の結果を図5、6および表1~4に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を5年間継続した場合、2025年漁期後の親魚量の予測値は、通常加入シナリオでは、 β を0.9とした場合には371千トン（80%信頼区間は203千~564千トン）、 β を1.0とした場合には342千トン（80%信頼区間は181千~527千トン）であり、いずれの β であっても限界管理基準値案を50%以上の確率で上回る。また、漁獲管理規則案に基づく管理を10年間継続した場合、2030年漁期後の親魚量の予測値は β を0.9とした場合には373千トン（80%信頼区間は209千~566千トン）、 β を1.0とした場合には343千トン（80%信頼区間は186千~526千トン）であり、 β が0.9以下であれば目標管理基準値案を50%以上の確率で上回る。一方、低加入シナリオでは2025年漁期後の親魚量の予測値は β を0.9とした場合には276千トン（80%信頼区間は127千~469千トン）、 β を1.0とした場合には252千トン（80%信頼区間は116千~447千トン）であり、いずれの β であっても限界管理基準値案を50%以上の確率で上回る。また、2030年漁期後の親魚量の予測値は β を0.9とした場合には337千トン（80%信頼区間は160千~521千トン）、 β を1.0とした場合には310千トン（80%信頼区間は142千~493千トン）であり、 β が0.9以下であれば目標管理基準値案を50%以上の確率で上回る。現状の漁獲圧（F2020）を継続した場合は、通常加入シナリオでは、2025年漁期後の親魚量の予測値は285千トン（80%信頼区間は123千~469千トン）で限界管理基準値案を上回る確率は74%、2030年漁期後の親魚量の予測値は273千トン（80%信頼区間は106千~453千トン）で目標管理基準値案を上回る確率は30%である。また、現状の漁獲圧（F2020）を継続した場合に、低加入シナリオでは、2025年漁期後の親魚量の予測値は181千トン（80%信頼区間は56千~367千トン）で限界管理基準値案を上回る確率は38%、2030年漁期後の親魚量の予測値は195千トン（80%信頼区間は43千~

387千トン)で目標管理基準値案を上回る確率は14%である。

上述の低加入シナリオでは、バックワードリサンプリングに用いる加入量の残差の最初の5年に2016~2020年漁期の加入量の残差を用いている(詳細は補足資料1参照)。このバックワードリサンプリングにおいて用いた加入量の残差は、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」にて適用された再生産関係式に対して、今年度の資源解析結果の加入尾数(資源尾数)および親魚尾数を与えることで求めた(補足資料1)が、このとき与えた今年度評価の2020年漁期の資源量は、前述の研究機関会議での予測値を上回っているため、将来予測を開始する時点の親魚量(2020年漁期後の親魚量)も限界管理基準値を下回る値から上回る値へと更新された。また、算出された2020年漁期の加入量の残差は0.37と正の残差となった(補足図2-1)。しかしながら、本資源は加入の変動が大きく、資源量が相対的に低い状況下であっても加入量の残差が正となることは過去にも見られることであり、将来予測においては今後も資源が回復しにくい状況が続く可能性を考慮する必要がある(補足資料2)。以上から、補足資料2に示すとおり、上述の低加入シナリオに加えて、2020年漁期の残差を用いず、バックワードリサンプリングに用いる最初の5年の残差を2015~2019年漁期の残差とした将来予測も行った。詳細は補足資料2に示すが、漁獲管理規則案に基づく管理を5年間継続した場合、いずれの β であっても限界管理基準値案を50%以上の確率で上回り、また、10年間継続した場合は、 β が0.8以下で目標管理基準値案を50%以上の確率で上回る結果となった。

低加入シナリオにおいては、 β を1.0とした場合でも5年後(2025年漁期後)の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率は50%を超えている。一方、通常加入シナリオでは、5年後(2025年漁期後)および10年後(2030年漁期後)に親魚量が目標管理基準値案を50%以上の確率で上回るのは β を0.9以下とした場合である。本年度の資源評価によって、2020年漁期の加入量の残差は正と推定され、資源量および予測親魚量は2019年漁期より回復したと考えられるが、今後も加入量の残差が正の傾向が続くかは不明である。こうした中で、仮に低加入シナリオに基づき管理を開始したときに、2021年漁期に良好な加入があった場合、将来予測を通常加入シナリオに切り替える可能性がある。このような加入量変動の不確実性に対して頑健な β は0.9以下である。また前述の通り、本項目で述べた将来予測の試算結果は、日本だけでなく本系群を漁獲するすべての国が本管理規則案に従った漁獲を行うことを想定した結果であることに注意を要する。本系群の正確な漁獲量は、中国が日本海で漁獲を開始した年以降では不明であることから、2004年漁期以降の親魚量の推定値には不確実性が大きく、それに伴い将来予測における加入量推定の不確実性も大きいことが懸念される。さらに、通常加入シナリオでは β が1.0のときに5年後(2025年漁期後)および10年後(2030年漁期後)に目標管理基準値案を上回る確率が50%未満であることにも留意すべきである。

通常の入加を仮定した場合（通常加入シナリオ）

考慮している不確実性：加入量					
項目	2025年漁期後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2025年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	342	181-527	48	88	100
$\beta=0.9$	371	203-564	56	93	100
$\beta=0.8$	400	224-601	64	95	100
$\beta=0.7$	429	246-640	71	97	100
$\beta=0.6$	457	266-677	77	98	100
$\beta=0.5$	484	285-713	82	99	100
$\beta=0$	630	378-918	95	100	100
F2020	285	123-469	32	74	100

考慮している不確実性：加入量					
項目	2030年漁期後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	343	186-526	48	89	100
$\beta=0.9$	373	209-566	57	93	100
$\beta=0.8$	401	231-602	64	96	100
$\beta=0.7$	429	252-640	71	98	100
$\beta=0.6$	457	271-678	77	99	100
$\beta=0.5$	484	289-717	82	99	100
$\beta=0$	629	382-924	96	100	100
F2020	273	106-453	30	70	98

今後5年間は低加入が継続すると仮定した場合（低加入シナリオ）

考慮している不確実性：加入量					
項目	2025年漁期後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2025年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	252	116-447	21	67	100
$\beta=0.9$	276	127-469	26	71	100
$\beta=0.8$	301	143-492	39	76	100
$\beta=0.7$	329	164-534	44	85	100
$\beta=0.6$	359	192-638	48	90	100
$\beta=0.5$	390	218-676	52	95	100
$\beta=0$	554	333-858	100	100	100
F2020	181	56-367	12	38	99

考慮している不確実性：加入量					
項目	2030年漁期後の親魚量 (千トン)	80% 信頼区間 (千トン)	2030年漁期後の親魚量が以下の 管理基準値を上回る確率(%)		
			SBtarget案	SBlimit案	SBban案
漁獲管理規則案に使用する安全係数 β での違い等					
$\beta=1.0$ (Fmsy)	310	142-493	46	83	100
$\beta=0.9$	337	160-521	52	85	100
$\beta=0.8$	361	178-547	69	88	100
$\beta=0.7$	386	207-573	71	93	100
$\beta=0.6$	413	229-601	74	96	100
$\beta=0.5$	440	262-631	76	98	100
$\beta=0$	586	358-801	100	100	100
F2020	195	43-387	14	46	94

引用文献

久保田洋・宮原寿恵・西嶋翔太・加賀敏樹・岡本 俊 (2020) 令和2(2020)年度スルメイカ秋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, 1-87. FRA-SA-2020-BRP04-2. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_a_20201014.pdf (last accessed Oct 21st, 2020)

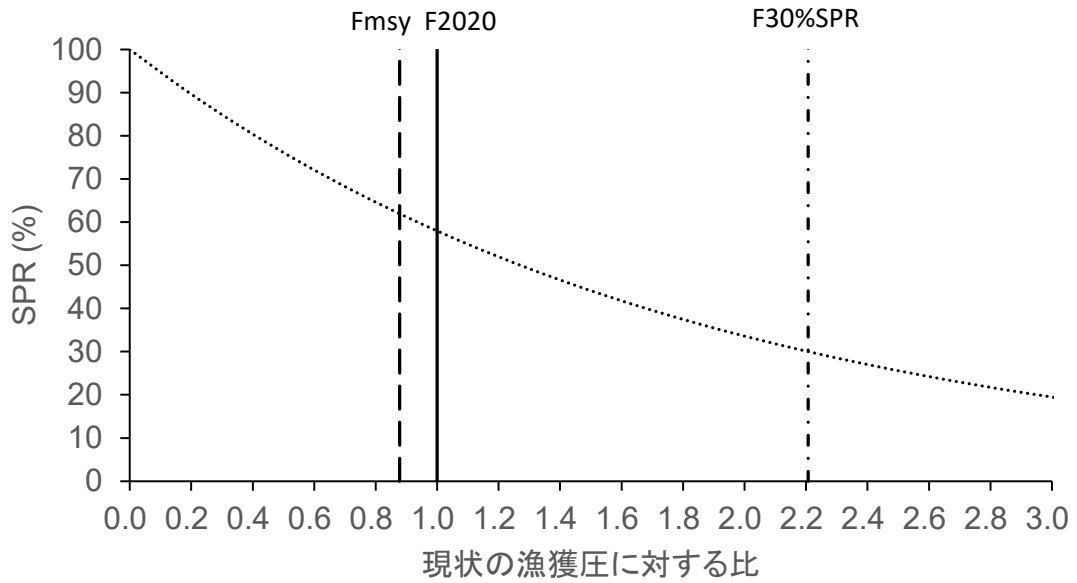


図1. 現状の漁獲圧 (F2020) に対する%SPR

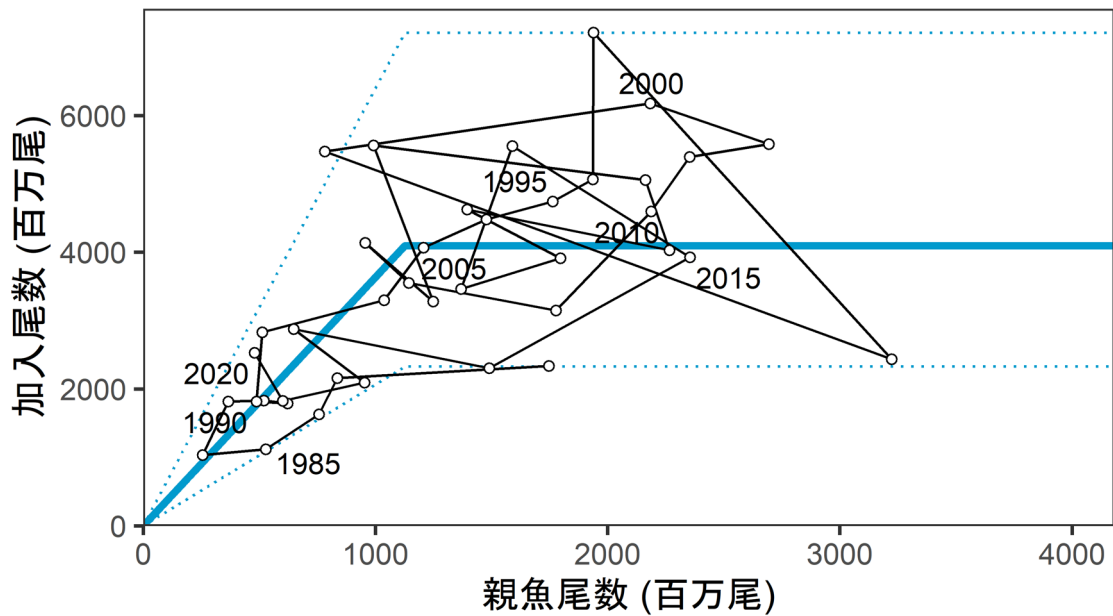


図2. 親魚量と加入量の関係 (再生産関係) 青線は令和2年7月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において適用された再生産関係式
 青実線は再生産関係を、上下の青点線は仮定されている再生産関係において観察データの90%が含まれると推定される範囲である。黒線は本資源評価で新たに推定された加入尾数、親魚尾数のプロットで、図中の推移時は年級群を示す。2020年漁期の親魚尾数はF2020(予測値)による漁獲後の残存資源尾数の推定値。

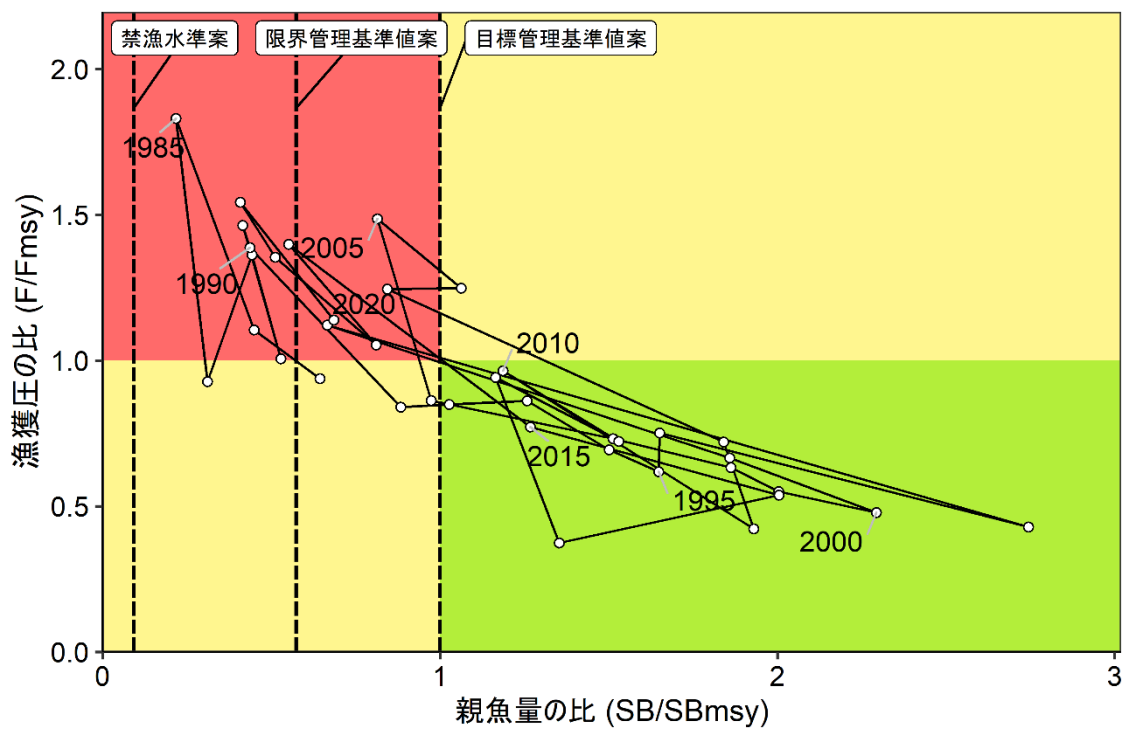
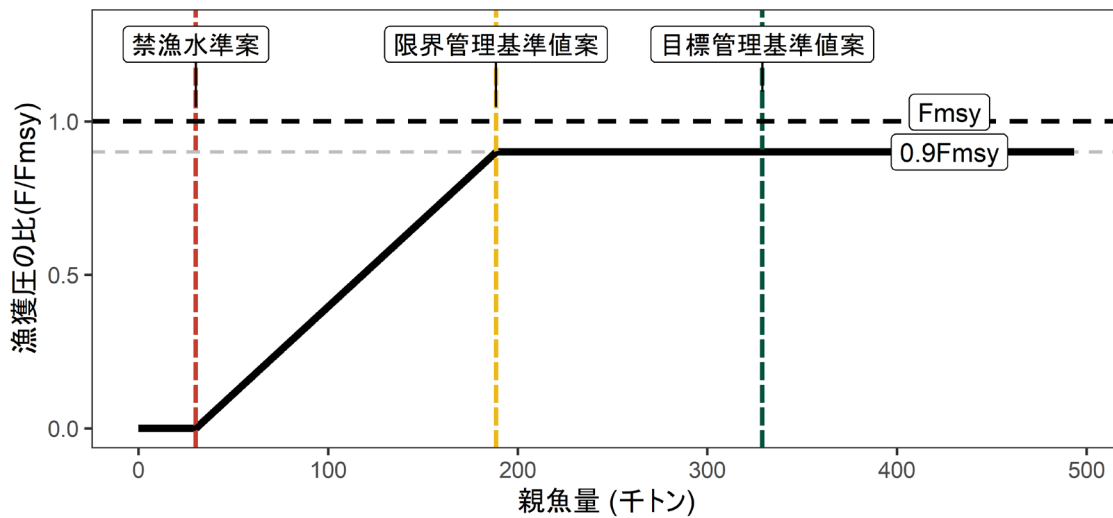


図3. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）

(a) 縦軸を漁獲圧にした場合



(b) 縦軸を漁獲量にした場合

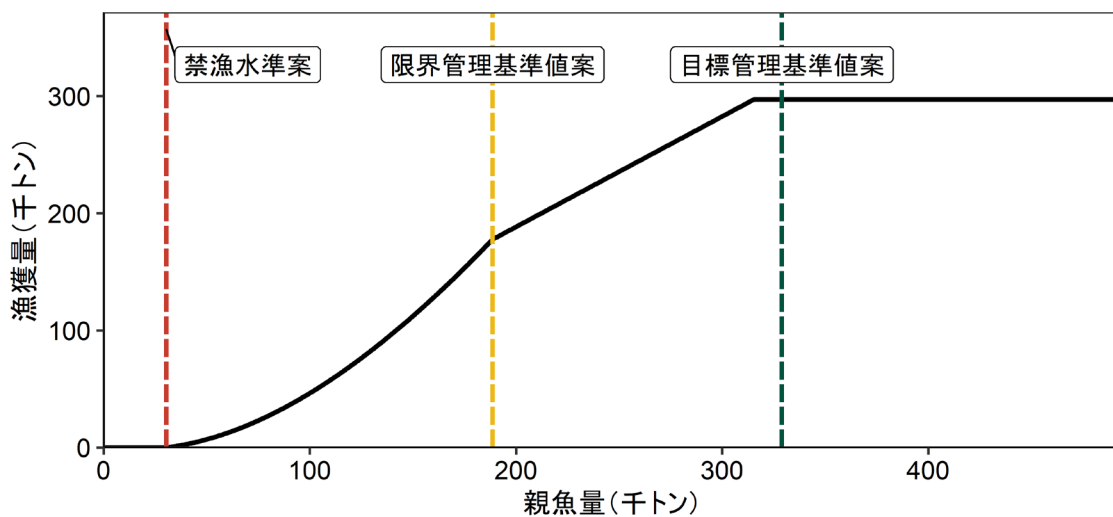
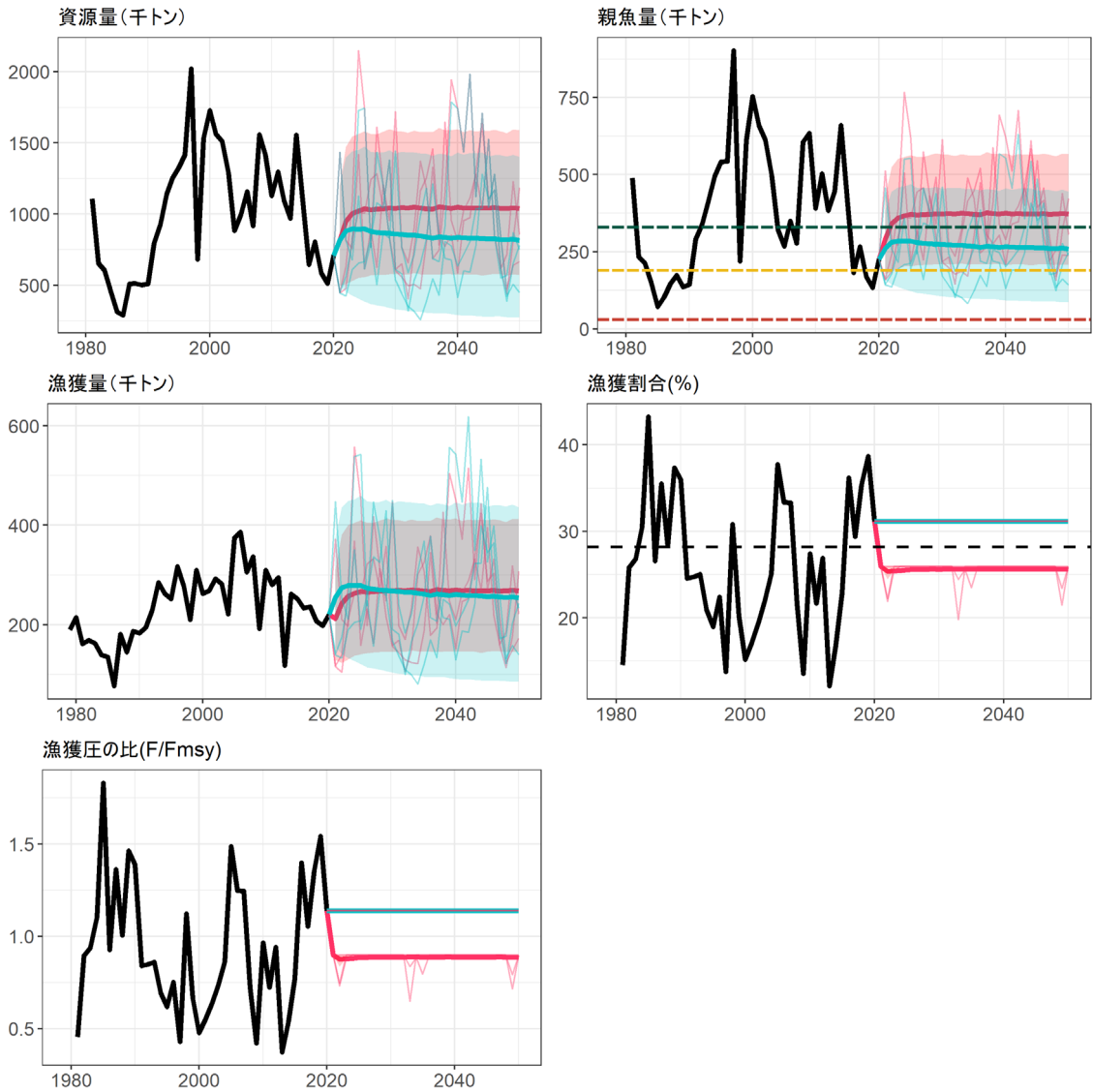


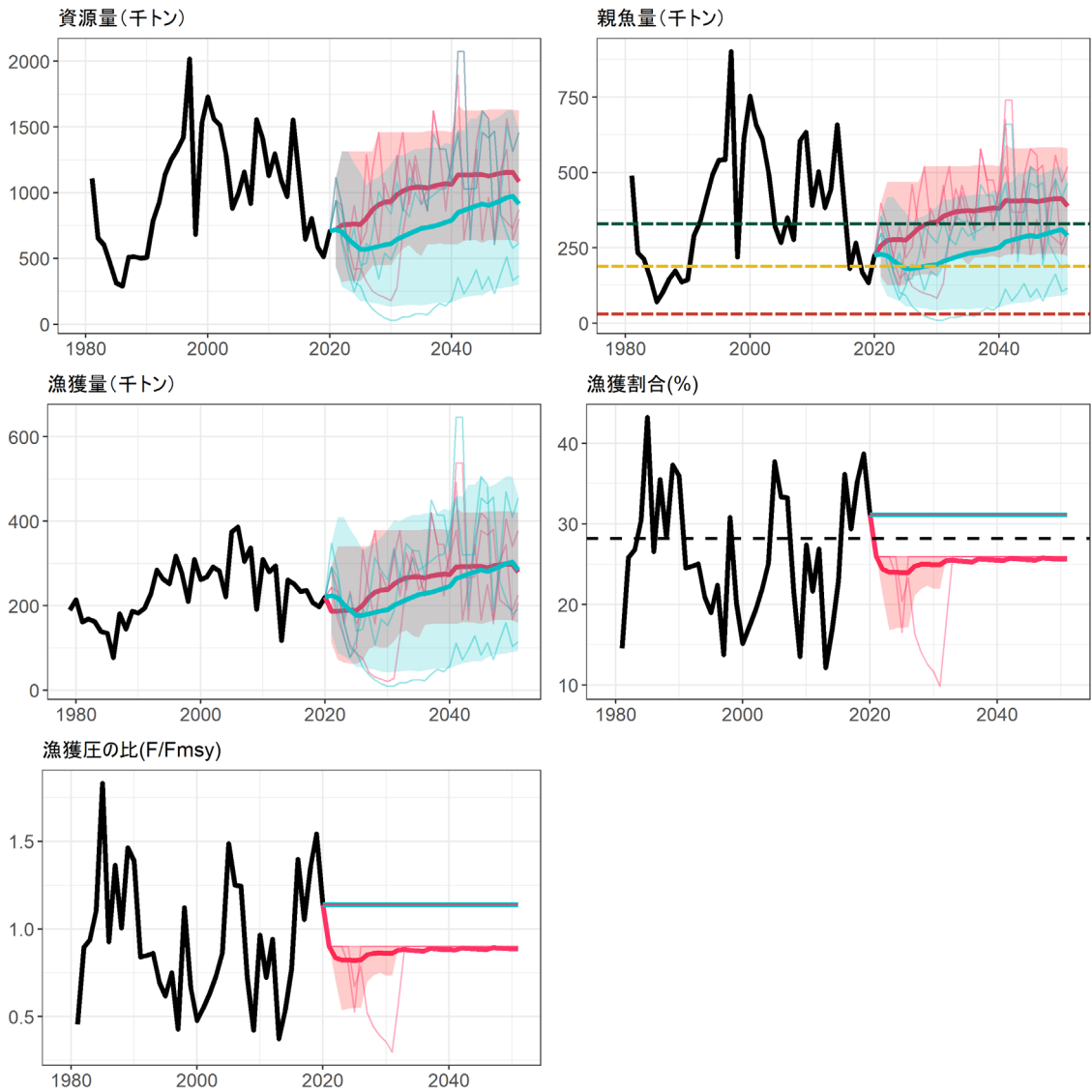
図4. 漁獲管理規則案 (β を0.9とした場合のものを示す)



(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 5. 通常の再生産関係による加入を仮定し、漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2020）で漁獲を続けた場合（青色）の将来予測（通常加入シナリオ）。

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 80%予測区間、細線は 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、赤破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。安全係数 β には 0.9 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 6. 今後 5 年間は低加入を仮定し、漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2020）で漁獲を続けた場合（青色）の将来予測（低加入シナリオ）
 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 80%予測区間、細線は 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、赤破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。安全係数 β には 0.9 を用いた。

表 1. 通常加入シナリオにおいて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
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	2040	2050
1.0	0	25	39	44	47	48	47	48	47	48	48	48	48
0.9	0	30	47	52	55	56	56	56	56	56	57	56	56
0.8	0	35	54	61	63	64	64	64	63	64	64	65	64
0.7	0	40	61	68	70	71	71	71	70	70	71	71	71
0.6	0	46	68	74	76	77	77	77	76	76	77	77	77
0.5	0	52	75	80	81	82	81	82	81	82	82	82	81
0.4	0	58	80	85	86	86	85	86	86	86	86	86	86
0.3	0	63	84	88	89	89	89	89	89	89	89	89	89
0.2	0	68	88	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92
0.1	0	73	92	93	94	94	94	94	93	94	94	94	94
0.0	0	77	94	95	96	95	95	95	95	96	96	95	95
F2020	0	19	29	32	32	32	32	31	31	31	30	29	28

(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	2040	2050
1.0	100	84	85	87	88	88	89	90	90	89	89	89	89
0.9	100	86	89	91	92	93	93	93	93	93	93	93	93
0.8	100	89	92	94	95	95	96	96	96	96	96	96	96
0.7	100	92	95	96	97	97	97	97	98	97	98	98	98
0.6	100	93	96	97	98	98	98	98	99	98	99	99	99
0.5	100	95	97	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0.4	100	96	98	99	99	100	99	99	99	99	99	99	100
0.3	100	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0	100	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020	100	78	76	75	75	74	72	72	71	71	70	67	66

表 2. 通常加入シナリオにおける将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移
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	2040	2050
1.0	225	278	316	332	337	342	340	341	342	344	343	346	343
0.9	225	292	341	360	366	371	369	370	371	373	373	375	372
0.8	225	306	366	388	395	400	397	399	400	402	401	403	400
0.7	225	321	393	417	424	429	425	427	427	430	429	431	428
0.6	225	337	421	446	452	457	452	454	455	457	457	458	455
0.5	225	354	450	475	480	484	480	482	482	484	484	486	482
0.4	225	371	480	505	508	512	507	509	509	512	512	513	509
0.3	225	389	510	535	537	541	535	537	537	540	540	541	537
0.2	225	408	542	565	566	569	563	566	566	568	569	570	566
0.1	225	428	575	596	596	599	592	595	595	598	598	599	595
0.0	225	449	608	627	626	630	623	626	625	628	629	630	625
F2020	225	260	280	285	285	285	279	277	276	275	273	266	260

(b) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	221	231	256	269	274	279	277	278	279	281	280	282	280
0.9	221	212	243	257	263	267	265	267	267	269	268	270	268
0.8	221	193	228	242	247	251	249	250	250	252	251	253	251
0.7	221	173	209	223	227	229	228	229	229	230	230	231	229
0.6	221	151	188	200	202	205	203	204	204	205	205	206	204
0.5	221	129	163	173	175	177	175	176	176	177	177	177	176
0.4	221	106	136	144	145	146	144	145	145	146	146	146	145
0.3	221	81	106	111	112	113	111	112	112	112	112	113	112
0.2	221	55	73	77	77	77	76	77	77	77	77	77	77
0.1	221	28	38	39	39	40	39	39	39	40	40	40	39
0.0	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2020	221	255	275	279	279	279	273	271	270	270	268	261	254

表 3. 低加入シナリオにおける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
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	2040	2050
1.0	0	21	20	23	23	21	27	32	39	44	46	60	65
0.9	0	40	24	25	26	26	33	40	47	50	52	66	73
0.8	0	40	36	38	38	39	47	58	66	68	69	75	80
0.7	0	40	40	41	43	44	54	66	71	71	71	81	84
0.6	0	40	44	46	46	48	64	72	74	74	74	87	88
0.5	0	40	52	49	52	52	70	76	77	76	76	88	89
0.4	0	40	52	57	56	57	77	79	80	78	79	89	90
0.3	0	40	52	57	58	59	80	80	80	79	80	90	90
0.2	0	40	56	58	58	60	80	80	80	79	80	90	90
0.1	0	60	72	76	78	79	90	90	91	90	90	95	97
0.0	0	60	84	93	98	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020	0	21	16	15	13	12	10	11	12	12	14	31	45

(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	2040	2050
1.0	100	60	68	69	67	67	74	81	82	83	83	92	94
0.9	100	60	68	70	71	71	80	85	86	85	85	93	95
0.8	100	60	72	77	75	76	85	88	89	88	88	94	96
0.7	100	60	84	83	84	85	91	93	93	93	93	96	98
0.6	100	80	84	88	90	90	95	96	96	96	96	98	99
0.5	100	80	84	93	94	95	98	98	98	98	98	99	99
0.4	100	100	88	93	97	98	99	99	100	100	100	100	100
0.3	100	100	96	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.2	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
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020	100	60	56	46	44	38	40	42	43	45	46	65	78

表 4. 低加入シナリオにおける将来の親魚量 (a) および漁獲量 (b) の平均値の推移
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	2040	2050
1.0	225	245	258	256	254	252	267	284	297	305	310	356	388
0.9	225	257	274	277	277	276	295	314	327	334	337	381	414
0.8	225	270	292	299	301	301	322	344	356	360	361	406	438
0.7	225	283	312	323	328	329	352	375	385	387	386	430	463
0.6	225	297	333	350	356	359	384	407	413	413	413	454	489
0.5	225	311	358	377	387	390	418	439	442	441	440	479	516
0.4	225	327	384	407	418	423	453	470	471	469	469	506	545
0.3	225	343	414	441	453	459	491	501	501	499	499	535	575
0.2	225	359	444	475	488	494	528	532	531	528	529	564	606
0.1	225	377	473	508	521	526	561	561	559	557	558	593	637
0.0	225	396	504	539	551	554	589	588	587	584	586	622	668
F2020	225	229	224	207	193	181	182	185	189	192	195	251	310

(b) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	221	203	197	195	194	191	203	223	237	244	248	291	319
0.9	221	187	187	189	190	189	201	221	232	237	239	275	298
0.8	221	170	176	180	182	182	195	212	221	224	224	254	275
0.7	221	152	163	168	171	172	184	199	205	206	206	230	248
0.6	221	133	148	153	157	159	170	182	185	185	185	203	219
0.5	221	114	130	136	140	141	152	160	161	161	161	175	188
0.4	221	93	109	115	118	120	129	134	134	133	134	144	155
0.3	221	71	86	92	94	95	102	104	104	104	104	111	120
0.2	221	49	60	64	66	67	72	72	72	72	72	76	82
0.1	221	25	31	34	34	35	37	37	37	37	37	39	42
0.0	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2020	221	224	219	202	189	177	178	181	185	188	191	246	304

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、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ホッケー・スティック型再生産関係式 ($a = 3.64, b = 1127, S.D. = 0.34$) から推定される値を用いた (久保田ほか 2020)。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。

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。漁獲物の平均体重等の値には、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。現状の漁獲圧 (F_{2020}) は、2020 年漁期資源量と日韓のみの漁獲圧 F (2017-2019) $= 0.14$ により求めた日韓の漁獲量 (71 千トン) に、中国の漁獲量 (仮定値) として 150 千トンを加えた値を 2020 年漁期漁獲量とし、これと 2020 年漁期資源量を用い、各生物パラメータ (平均体重等) の条件下で 0.55 と算出した。

補足表 1-1. 将来予測で用いたパラメータ

年齢	F2020	平均体重 (g)	自然死亡係数	成熟割合
1 歳	0.55	280	0.6	1.00

本系群の将来予測では、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、通常の再生産関係による将来予測に加えて、今後数年間、連続して加入量の予測値に対する観測値の残差が、負に偏る可能性を考慮した低加入シナリオについても検討を行った。詳細は、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」を参照されたい。この場合、加入量の不確実性として、直近の低加入の傾向を反映させる為、時代を区切って再生産関係式に対する過去の加入量の残差をリサンプリングするバックワードリサンプリングを採用した。バックワードリサンプリングの方法は以下のような手順で行われる (補足図 1-1)。

- ・将来予測の 1～5 年目：資源評価の直近 5 年分 (2016～2020 年) の加入量の残差から重複を許したりサンプリングを行う。
- ・将来予測の 6～10 年目：直近 5 年分 (2016～2020 年) の加入量の残差、または、さらに過去に遡った 5 年分 (2011～2015 年) の加入量の残差のどちらかをランダムに選択し、選ばれた方の 5 年分の加入量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。
- ・加入量の不確実性に過去の加入量の残差をリサンプリングする以外は、通常の再生産関係による将来予測と同じ設定を使用する。

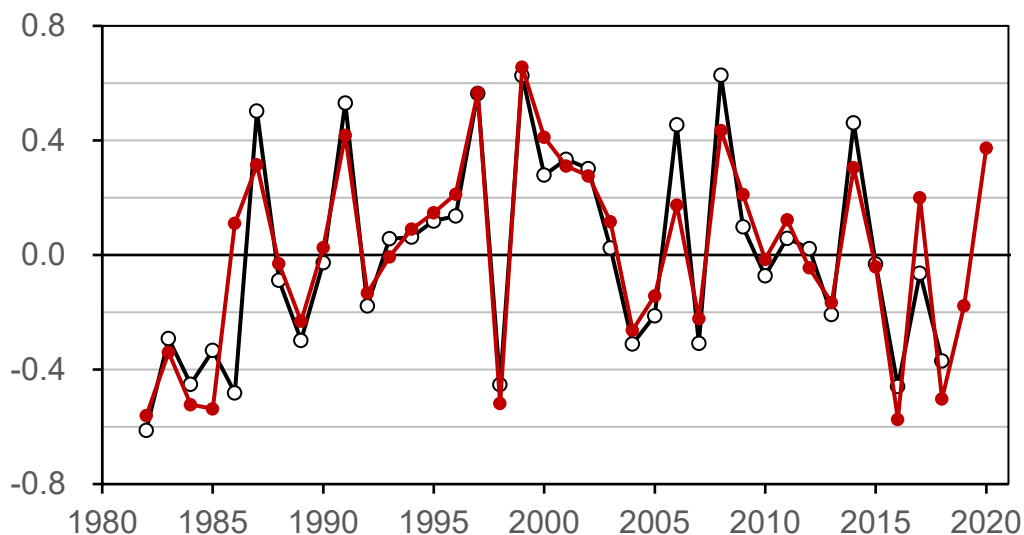
補足資料 2. 低加入シナリオで 2020 年漁期の加入の残差を使用しない場合の将来予測

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から求められた加入量の予測値に対する観測値の残差は、2015 年漁期以降負に偏っており、低加入が続いてきた。このため、通常の再生産関係による将来予測に加えて、今後数年間においても低加入が続く可能性を考慮した将来予測をバックワードリサンプリングにより行った（久保田ほか 2020）。しかしながら、2020 年漁期の資源量は、前述の研究機関会議での予測値（低加入シナリオでの予測値 416 千トン）を上回る値（708 千トン）が今年度評価により推定された。この結果、将来予測を開始する時点の親魚量（2020 年漁期の親魚量）も限界管理基準値を下回る値から上回る値へと更新された。また 2020 年漁期の加入量の残差は正となった。これはスルメイカでは資源量が少ない状態が継続している時代においても、加入量の残差が正に振れることがあるためと考えられる。例えば不適レジームで低加入が続いていた 1980 年代であっても、1987 年漁期のように加入量の残差が高い年も認められている（補足図 2-1）。このような資源の特徴から、2020 年漁期の結果をもって本系群の資源が低加入の状況から回復に転じたと判断するのは時期尚早であり、将来予測においては今後も資源が回復しにくい状況が続く可能性を考慮する必要がある。

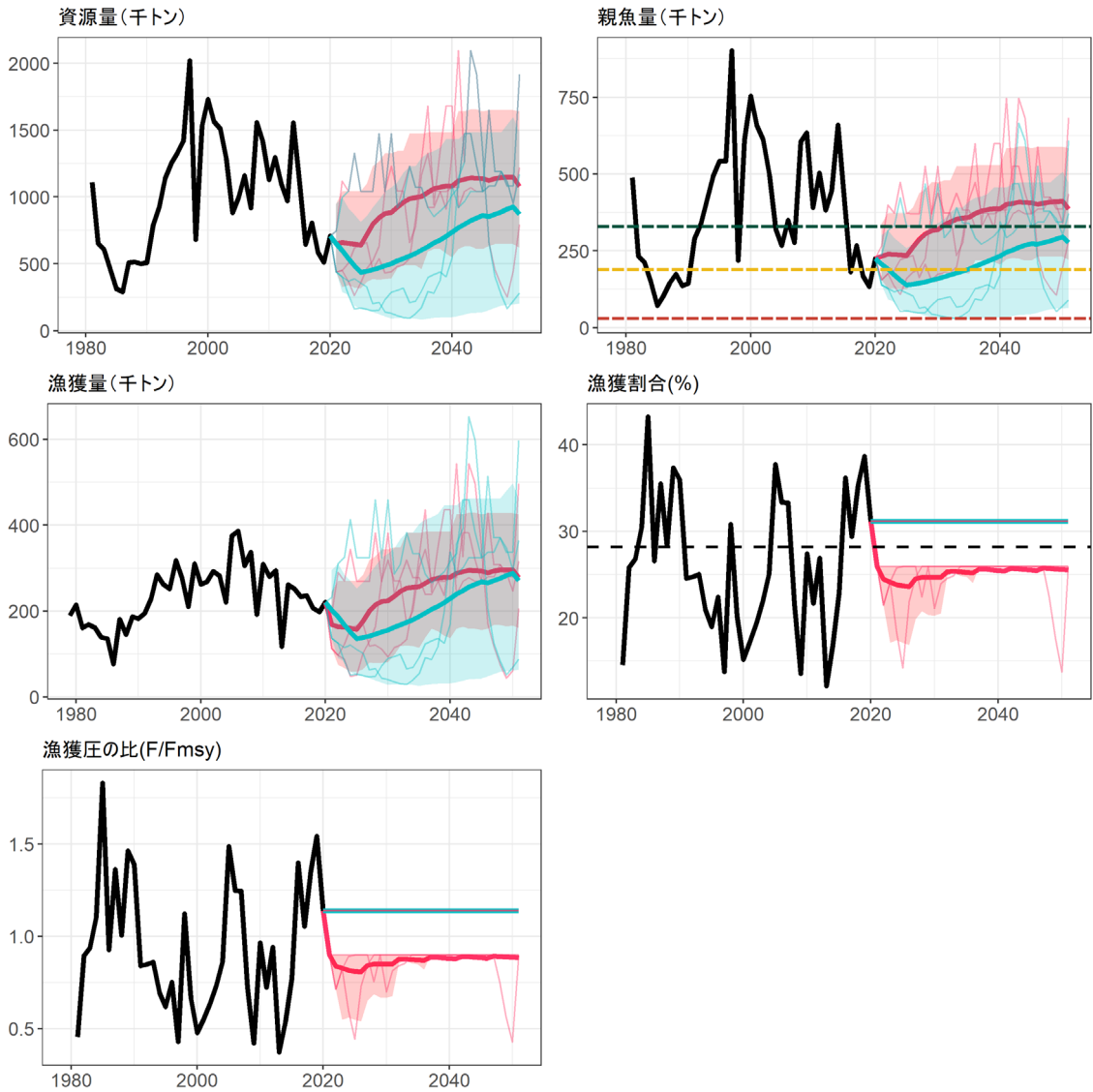
また、本編補足資料 2 にあるとおり、標準化 CPUE 算出手法の修正により資源解析結果が更新され、これに伴い加入量の残差も更新された。本年度の資源解析結果により更新された残差は、前述の研究機関会議と同様、近年は負の残差をとる年が多いが、2017 年漁期のように負の残差から正の残差に変更された年も見られた（補足図 2-1）。以上の状況から、本資料の低加入シナリオは、前述の研究機関会議と比べて、かなり上方修正された結果となっていると考えられる。

本資料では、低加入シナリオの将来予測においてバックワードリサンプリングを行う際、2020 年漁期までの加入量の残差を使用した（補足資料 1）。このとき、最初の 5 年間にあてる加入量の残差のうち、正の残差が 2 年、負の残差が 3 年となっている（補足図 1-1、補足図 2-1）。そこで、補足資料 2 では、加入量の残差がより負に偏る年が続いた場合の将来予測を検討することとし、2020 年漁期を除いた加入量の残差を用いた将来予測を行った。すなわち、バックワードリサンプリングにおいて、補足資料 1 で示した年より 1 年過去へずらした加入量の残差を使用した（例えば将来予測の最初の 5 年は 2015～2019 年漁期の加入量の残差を使用する）将来予測を行った。このときの最初の 5 年間の加入量の残差は、正の残差が 1 年、負の残差が 4 年となる（補足図 1-1、補足図 2-1）。この手法による将来予測の結果を補足図 2-2 および補足表 2-1、2-2 に示す。漁獲管理規則案に基づき試算された 2021 年漁期の漁獲量は、 β を 0.9 とした場合には 169 千トン、 β を 1.0 とした場合には 183 千トンであった。次に、漁獲管理規則案に基づく管理を 5 年間継続した場合、2025 年漁期後の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 261 千トン（80%信頼区間は 140 千～390 千トン）、 β を 0.9 とした場合には 234 千トン（80%信頼区間は 125 千～372 千トン）で、 β を 1.0 とした場合には 209 千トン（80%信頼区間は 114 千～334 千トン）であり、いずれの β でも限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回った。また、漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2030 年漁期後の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 345 千トン（80%信頼区間は 175 千～552 千トン）、 β を 0.9 とした場合には 319 千トン（80%信頼区間は 149

千～474千トン)で、 β を1.0とした場合には291千トン(80%信頼区間は129千～452千トン)であり、 β が0.8以下で目標管理基準値案を50%以上の確率で上回る。現状の漁獲圧(F2020)を継続した場合は、2025年漁期後の親魚量の予測値は138千トン(80%信頼区間は52千～259千トン)で限界管理基準値案を上回る確率は23%、2030年漁期後の親魚量の予測値は159千トン(80%信頼区間は29千～341千トン)で目標管理基準値案を上回る確率は13%である。



補足図 2-1. 加入量の予測値に対する実際の加入量の残差の年推移
 黒線は令和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」における加入量の残差を、赤線は本資料で用いた今年度の資源解析結果から算出した加入量の残差を示す。詳細は補足資料1を参考のこと。



(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)

補足図 2-2. 2020 年漁期を除いた加入量の残差によるバックワードリサンプリングに基づき、漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（F2020）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 80%予測区間、細線は 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、赤破線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。安全係数 β には 0.9 を用いた。

補足表 2-1. 2020 年漁期を除いた加入量の残差を用いたバックワードリサンプリングによる将来予測の元で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
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	2040	2050
1.0	0	0	12	12	11	11	16	23	31	38	41	58	64
0.9	0	20	16	14	16	15	23	32	41	46	46	64	72
0.8	0	20	24	26	27	27	38	52	59	63	63	73	79
0.7	0	20	32	34	34	35	50	62	67	68	68	79	83
0.6	0	20	36	39	42	42	60	70	72	72	72	86	88
0.5	0	20	44	48	50	52	71	76	77	77	77	88	89
0.4	0	40	44	54	55	56	77	79	79	79	79	89	90
0.3	0	40	49	55	58	59	80	80	80	80	80	90	90
0.2	0	40	56	58	60	60	80	80	80	80	80	90	91
0.1	0	60	72	77	79	80	90	90	90	90	90	95	97
0.0	0	60	84	94	99	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020	0	0	4	7	5	4	5	6	9	11	13	32	46

(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	2040	2050
1.0	100	60	60	57	54	53	65	72	75	75	75	89	92
0.9	100	60	64	66	65	63	75	80	81	81	81	92	94
0.8	100	60	77	74	72	74	83	86	87	87	87	94	95
0.7	100	60	84	80	83	83	90	92	92	92	92	97	98
0.6	100	80	84	88	89	91	95	96	95	96	96	98	99
0.5	100	100	84	93	95	95	98	98	98	98	98	99	100
0.4	100	100	88	94	97	99	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100
0.2	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
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2020	100	60	44	35	29	23	24	27	29	32	35	57	72

補足表 2-2. 2020 年漁期を除いた加入量の残差を用いたバックワードリサンプリングによる将来予測の元で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
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	2040	2050
1.0	225	221	223	217	213	209	234	255	272	285	291	362	386
0.9	225	232	240	238	237	234	263	287	305	316	319	388	411
0.8	225	243	259	261	262	261	295	322	337	345	345	413	436
0.7	225	255	279	286	290	291	330	357	368	373	372	438	461
0.6	225	268	302	313	319	321	365	391	398	400	399	463	487
0.5	225	281	326	340	349	352	401	423	426	428	427	489	514
0.4	225	295	351	371	380	383	437	453	454	456	455	516	543
0.3	225	309	378	403	413	416	473	482	483	485	484	545	573
0.2	225	324	404	433	444	447	508	511	511	513	512	573	603
0.1	225	340	431	461	473	474	538	538	538	540	539	602	633
0.0	225	357	459	490	500	499	564	565	564	567	565	632	664
F2020	225	207	191	172	154	138	141	145	149	154	159	234	295

(b) 漁獲量の平均値

(千トン)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2040	2050
1.0	221	183	170	164	159	154	171	197	214	225	230	295	316
0.9	221	169	164	162	160	157	176	200	215	223	225	279	297
0.8	221	153	156	158	157	157	177	198	209	213	213	259	273
0.7	221	137	147	149	151	152	173	190	196	198	198	234	247
0.6	221	120	134	137	141	142	162	175	178	179	179	208	219
0.5	221	103	119	123	126	128	146	154	155	156	156	178	188
0.4	221	84	100	105	108	109	124	129	129	130	130	147	155
0.3	221	64	79	84	86	87	99	101	101	101	101	114	119
0.2	221	44	55	59	60	61	69	69	69	70	69	78	82
0.1	221	23	29	31	31	31	36	36	36	36	36	40	42
0.0	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F2020	221	203	187	168	151	135	138	142	146	151	156	229	289

引用文献

久保田洋・宮原寿恵・西嶋翔太・加賀敏樹・岡本 俊 (2020) 令和 2 (2020) 年度スルメイカ秋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, 1-87. FRA-SA-2020-BRP04-2. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/detail_surume_a_20201014.pdf (last accessed Oct 21st, 2020)