

# 平成 31（2019）年度マサバ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

担当水研：中央水産研究所

## 要 約

本系群における再生産関係および管理基準値等を、平成 30（2018）年度マサバ太平洋系群の資源評価における各種データを用いて検討した。本系群の資源水準は 1970 年漁期以降の親魚量から中位、動向は最近 5 年間（2013～2017 年）の親魚量の推移から増加と判断されている。本系群の再生産関係式の候補として、加入の残差の自己相関を考慮したホッケー・スティック型（HS）再生産曲線を最小二乗法で推定したものを、目標管理基準の候補として SBmsy（1,540 千トン）を、限界管理基準の候補として SB0.6msy（560 千トン）を、禁漁水準の候補として SB0.1msy（70 千トン）をそれぞれ提案する。MSY を達成するときの漁獲率（漁獲量/資源量）は 10% であり、MSY を達成するときの漁獲圧は現状（Fcurrent、2015～2017 年漁期の平均漁獲圧）の 0.43 倍である。

### 1. 再生産関係

#### 1-1) 使用するデータセット

データセット	基礎情報、関係調査等
資源量・親魚量	平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価（水産庁・水研機構）

#### 1-2) 再生産関係の検討

本系群の再生産関係として挙げられる各候補について、モデル選択に関するパラメータを下表に示す。なおデータとしては 1970～2017 年の値を用いた。最小二乗法と最小絶対値法の両方において、ホッケー・スティック型（HS）の方が、リッカー型（RI）およびベバートン・ホルト型（BH）に比べて AICc はやや小さかった。BH や RI では密度効果が弱いことため SBmsy がこれまでの親魚量推定値を大幅に上回ることから、現実的な目標設定を行うために以下の解析では HS を使用した。最小絶対値法の方が最小二乗法よりも AICc は低かったが、再生産関係の診断を行った結果、最小二乗法を使用した場合でも大きな問題は見られなかったため（補足図 1-2）、最小二乗法の結果を以下の解析で使用した。残差の自己相関係数が有意であったため、残差から自己相関係数を推定した再生産関係を検討した。自己相関係数は 0.38、自己相関以外の加入変動の SD は 0.84 だった。

再生産 関係式	最適化法	AICc	$\Delta$ AIC	SD	データ 数
HS	最小絶対値法	128.48	0.00	0.93	48
RI	最小絶対値法	129.35	0.88	0.93	48
BH	最小絶対値法	129.36	0.88	0.93	48
<b>HS</b>	<b>最小二乗法</b>	<b>130.91</b>	<b>2.44</b>	<b>0.88</b>	<b>48</b>
BH	最小二乗法	131.34	2.87	0.89	48
RI	最小二乗法	131.35	2.87	0.89	48

\* 候補として推奨する再生産関係を太字とした

### 1-3) 再生産関係の候補

本系群の再生産関係としては、最小二乗法で最適化したホッカー・スティック型（図 1）で、残差に自己相関を考慮したものを候補として提案する。

## 2. 管理基準値

### 2-1) データセットおよび計算方法

資源計算手法や 1970～2017 年漁期における年齢別の資源尾数、漁獲係数、成熟率、自然死亡係数、平均体重等および将来予測における年齢別の選択率、成熟率、自然死亡係数、平均体重等は平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価（水産庁・水研機構）における値を用いた。将来予測における選択率は過去 10 年間（2008～2017 年漁期）における平均漁獲係数に基づいた。本系群の平成 30 年度資源評価における  $F_{current}$  は過去 3 年間の平均（2015～2017 年漁期）を使用した。これは外国漁船による漁獲量の増大を考慮したものである。しかし、外国漁船による漁獲量の年齢組成は不明であるため、近年の選択率の不確実性は大きいと考えられる。 $SB_{msy}$  などの管理基準値は中長期的な目標となるため、過去 10 年間の年齢別漁獲尾数の平均から選択率を求めた。この際、 $F_{current}$  は、%SPR が平成 30 年度資源評価と一致するように調整した。その結果、 $F_{current}$  における年齢別漁獲係数は 0 歳から 6+にかけて滑らかに大きくなった（図 2）。

成熟率と平均体重は 2018 年の値を使用した。本系群は資源量の増加とともに平均体重の減少と成熟の遅れが見られており、MSY を達成する資源量や親魚量の水準においても同様の傾向が予想されるため、直近年の値を用いた。

年齢	平均体重 (g)	成熟率	漁獲係数	選択率
0	94	0	0.03	0.04
1	202	0	0.11	0.14
2	264	0.2	0.23	0.29
3	316	0.8	0.42	0.53
4	349	1	0.44	0.55
5	529	1	0.80	1.00
6	645	1	0.80	1.00

以上の条件および使用した再生産関係の下で将来予測を行い、平衡状態において期待される漁獲量が最大となる漁獲係数  $F_{msy}$  を推定した。将来予測開始から約 50 年後を平衡状態とし、 $F_{msy}$  で漁獲したときに期待される漁獲量を  $MSY$ （最大持続生産量）、親魚量の期待値を  $SB_{msy}$  とした。加入量の残差を対数正規分布で与え、加入量の平均補正を行ったシミュレーションを 5000 回繰り返し、50 年後の期待漁獲量が最大となる  $F_{msy}$  を推定した。

## 2-2) 使用する再生産関係

再生産関係式としては最小二乗法で最適化した自己相関を考慮したホッカー・スティック型 (HS) を用い、加入量 (R)、親魚量 (SB)、および各パラメータの関係は以下の式で表される。

$$\hat{R}_y = \begin{cases} a \times SB_y & \text{if } SB_y < b \\ a \times b & \text{if } SB_y \geq b \end{cases}$$

$$\log(R_y) = \begin{cases} \log(\hat{R}_y) + \varepsilon_y & \text{if } y = 1970 \\ \log(\hat{R}_y) + \rho \times [\log(R_{y-1}) - \log(\hat{R}_{y-1})] + \varepsilon_y & \text{if } y > 1970 \end{cases}$$

各パラメータは下表に、過去の親魚量（トン）、加入量（百万尾）との関係は図 1 に示す。

再生産 関係式	最適化法	自己相関	$a$	$b$	SD	$\rho$
HS	最小二乗法	有	0.00758	1,056,000	0.837	0.375

ここで、パラメータ  $a$  は原点から折れ点までの HS 再生産曲線の傾き（百万尾/トン）、 $b$  は折れ点における親魚量（トン）である。

## 2-3) 管理基準値

本系群の目標管理基準値には標準値である  $MSY$  水準における親魚量 ( $SB_{msy}$ )、限界管理基準値には  $MSY$  の 60% の漁獲が得られる親魚量 ( $SB_{0.6msy}$ )、禁漁水準には  $MSY$  の 10% の漁獲が得られる親魚量 ( $SB_{0.1msy}$ ) を用いた。各水準における資源量は下表に示す。

管理基準値	親魚量	基準
目標管理基準値 (SBtarget)	1,540 千トン	SBmsy
限界管理基準値 (SBlimit)	560 千トン	SB0.6msy
禁漁水準 (SBban)	70 千トン	SB0.1msy

本系群における各基準値を表 1 に、再生産関係を用いた将来予測での平衡状態 (50 年後) における親魚量およびこれに対する年齢別漁獲量の平均値を図 3 に示す。目標管理基準値は過去最大親魚量 1,400 千トンよりもやや高い値となったが、近年の卓越年級の発生により過去最大親魚量は更新される予測となっている。目標管理基準値は漁獲がない状態で平衡状態となる親魚量 (SB0) の 46%相当となった。限界管理基準値は現行の 450 千トンよりもやや高いが、大きな乖離はない。禁漁水準は 70 千トンであり、過去最少の親魚量 44 千トン (2002 年漁期) よりも大きくなった。感度分析として、Fcurrent やシミュレーションを行う年数、再生産関係を変えた場合の管理基準値を計算した結果を補足資料 2 に示す。

#### 2-4) 目標管理基準値と漁獲割合

目標管理基準値を標準値とした場合の神戸プロットを図 4 に示す。本系群においては、1970 年漁期以降のいずれの年においても目標管理基準値 SBmsy を下回る親魚量であり、2014 年漁期以外のすべての年で MSY を達成する Umsy を越える漁獲割合であった。

#### 2-5) 漁獲管理規則

目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準に標準値を使用し、 $\beta$  に標準値である 0.8 を用いた場合の漁獲管理規則における親魚量と漁獲係数の関係を図 5 に示す。

#### 2-6) 漁獲管理規則に基づく資源の将来予測

##### (1) 管理基準値に標準値を用いた場合

目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準に標準値を用い、 $\beta$  にも標準値である 0.8 を用いた場合の資源量、親魚量、漁獲量、加入量、および漁獲割合の推移を図 6 に示す。なお、漁獲の制御は 2020 年漁期から開始し、2018 年漁期および 2019 年漁期の漁獲量は漁獲係数が Fcurrent の場合のときの暫定的な値である。

近年の卓越年級の発生により、親魚量は大きく増加し、SBtarget を上回る見込みとなっている。Fcurrent で漁獲を行う 2018・2019 年漁期では漁獲量は大幅に増加するが、漁獲管理規則が適用される 2020 年漁期以降は漁獲量が大幅に減少する。ただし、2020 年漁期の漁獲量は、2018・2019 年漁期の漁獲量に依存する (補足資料 3 参照)。近年の卓越年級群が成熟するのに伴い、親魚量は大きく増加し、その後、親魚量の期待値は緩やかに減少する。

##### (2) チューニングパラメータ $\beta$ を変えた場合

将来予測において  $\beta$  を 0.1~1.0 の間で変えた場合の目標管理基準値を達成する確率、限

界管理基準値を達成する確率、平均親魚量、平均漁獲量の推移を表 2~5 にそれぞれ示す。親魚量は  $\beta$  が高い方が期待される漁獲量は大きくなるが、目標達成確率は低くなる。2030 年時点における目標管理基準値の達成確率は  $\beta$  が 1 のとき 49%であったが、 $\beta$  が 0.9 以下であれば 50%を上回った ( $\beta=0.9$ : 53%、 $\beta=0.8$ : 58%)。なお、 $\beta=1.0$  のときに 50%を下回るのは、Fmsy で漁獲した場合における親魚量の確率分布は右に裾が伸びるため、中央値よりも平均値 (SBmsy) の方が高いからである。

### 3. まとめ

本系群の再生産関係については、データの観測範囲内に弱い密度効果しか認められないこと、自己相関の影響が大きいことから、最適化法としては最小二乗法を使用し、残差に自己相関を考慮した HS を用いた。各管理基準については、目標管理基準値 SBtarget は MSY を達成する資源水準と定められていることから、この再生産関係から推定される SBmsy を用い、限界管理基準値、禁漁水準には標準値である SB0.6msy、SB0.1msy をそれぞれ設定した。SBmsy は過去最大親魚量を上回っており、資源評価が開始された 1970 年漁期以降 SBmsy を達成したことはない。MSY を達成するときの漁獲割合 Umsy は 10%であり、2014 年漁期以外のすべての年で漁獲割合は Umsy よりも高かった。MSY を達成するためには現状の漁獲圧 (努力量) を 43%程度にまで減少させる必要がある。この管理基準値をもとにした将来予測をしたところ、Fmsy に対かける乗数  $\beta$  が標準値の 0.8 であれば、漁獲管理規則を適用してから 10 年後に目標管理基準値を上回る確率が 50%以上となる予測となった。

### 4. 今後の検討事項

本系群は北太平洋漁業委員会 (NPFC) の資源評価対象魚種となっており、今後、外国船による漁獲量の詳細が明らかになることで近年の年齢別漁獲尾数等のデータが変更される可能性がある。また、年齢別漁獲尾数の不確実性や、近年の加入量の推定値の不確実性が高いことから、現在の資源評価手法が状態空間資源評価モデルへと移行する可能性も考えられる。これらの変更が再生産関係や管理基準値に与える影響については今後の検討事項である。

執筆者：西嶋翔太、由上龍嗣、井須小羊子、上村泰洋、古市生

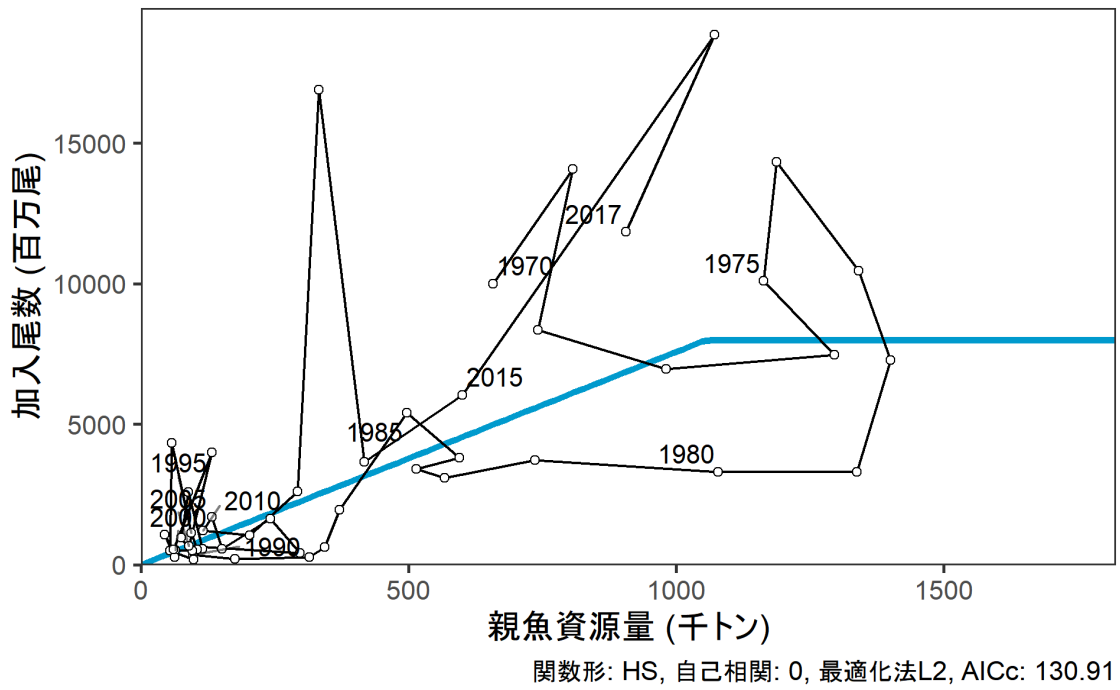


図 1. 再生産関係

図中の数字は年級群を示す。再生産曲線にはホッケー・スティック型 (HS) を用い、最小二乗法によりパラメータ推定を行った。

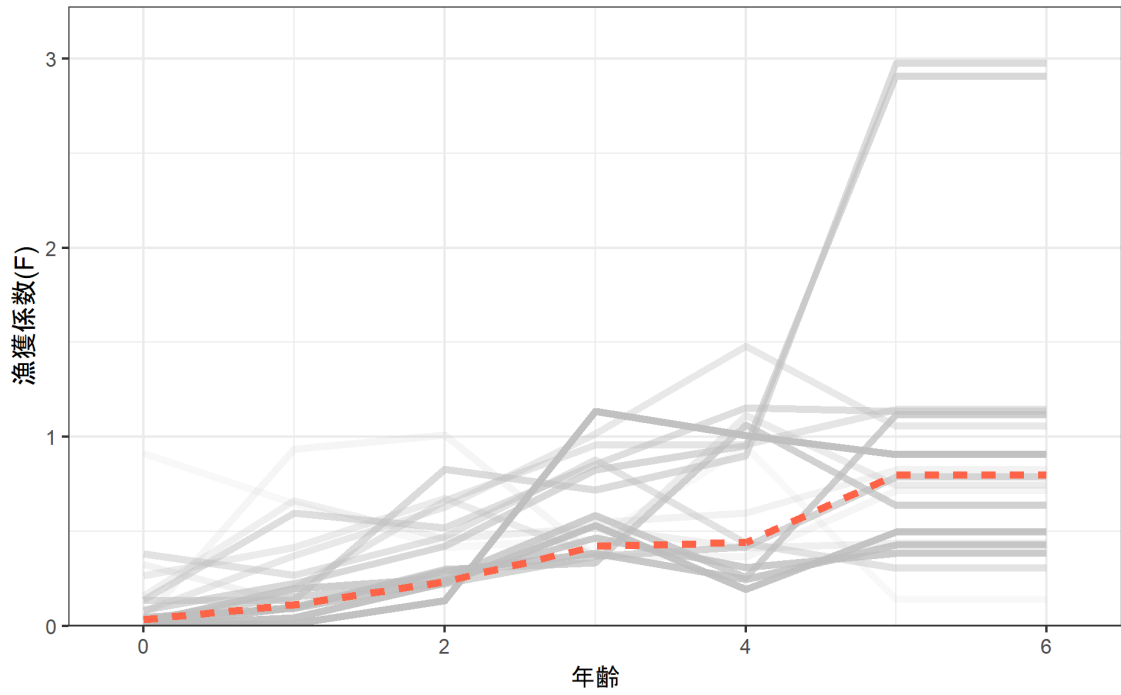


図2. 年齢別 F 値

赤点線は将来予測に用いた値、灰色の実線は 2002～2017 漁期年における各年の値である。

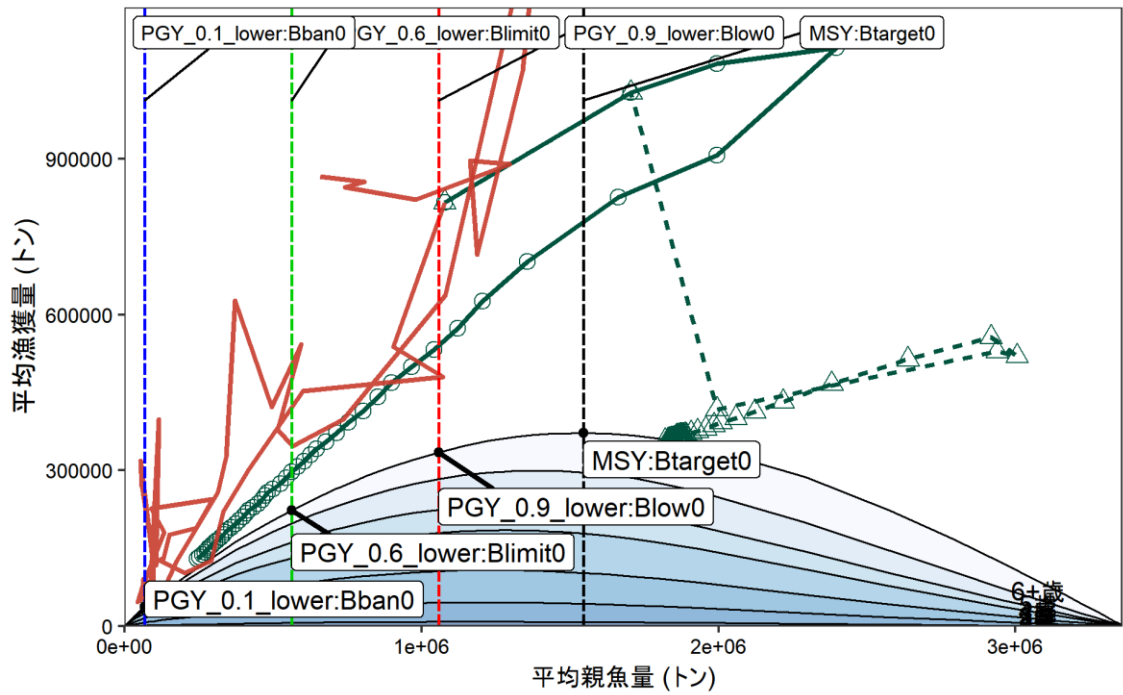
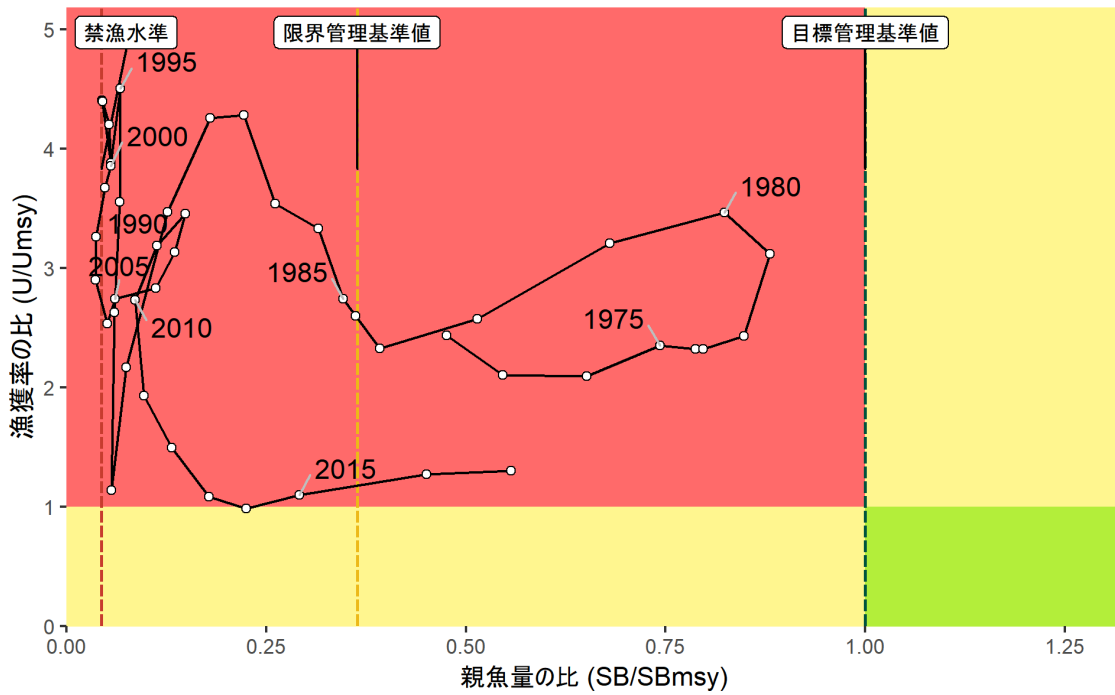


図3. 管理基準値と年齢別漁獲量曲線の関係

仮定された再生産関係を用いた将来予測での平衡状態における親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値を面で、漁獲量と親魚量の観測値(赤実線)と将来予測(○:  $F_{current}$  による漁獲、△: 標準値を用いた HCR による漁獲)における推移を折れ線で示した。

(a) 縦軸を漁獲率の比 ( $U/U_{msy}$ ) にした場合



(b) 縦軸を漁獲圧の比 ( $F/F_{msy}$ ) にした場合

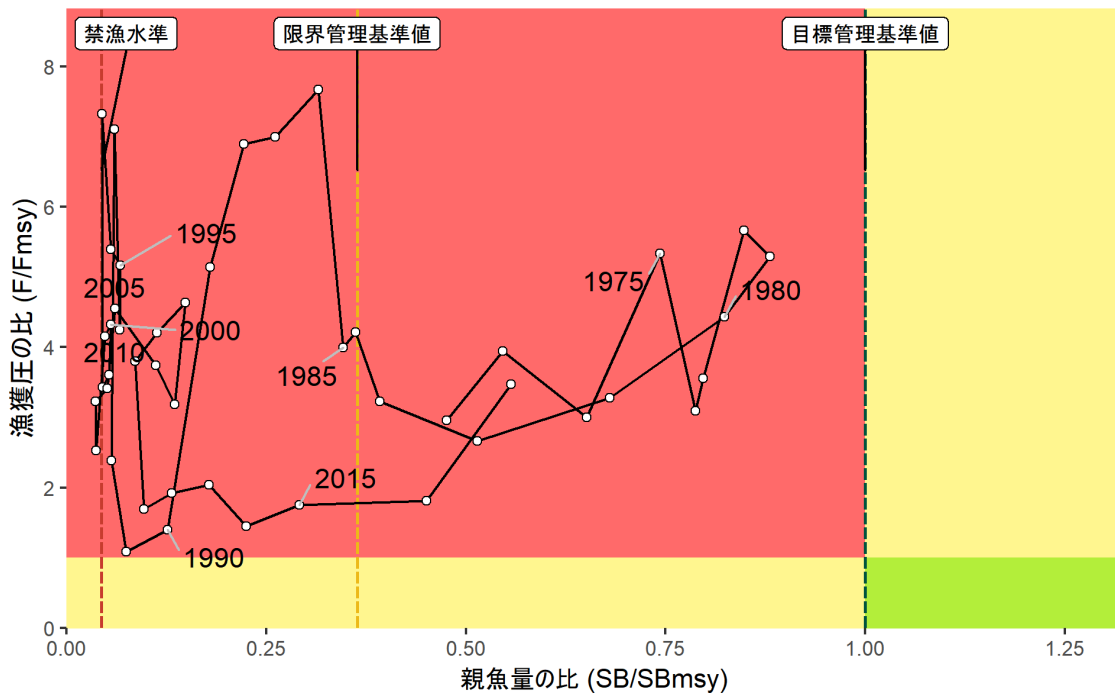


図4. 神戸プロット (4区分)

図中の目標管理基準値、限界管理基準値、禁漁水準にはそれぞれ  $SB_{msy}$ 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$  を用いた。

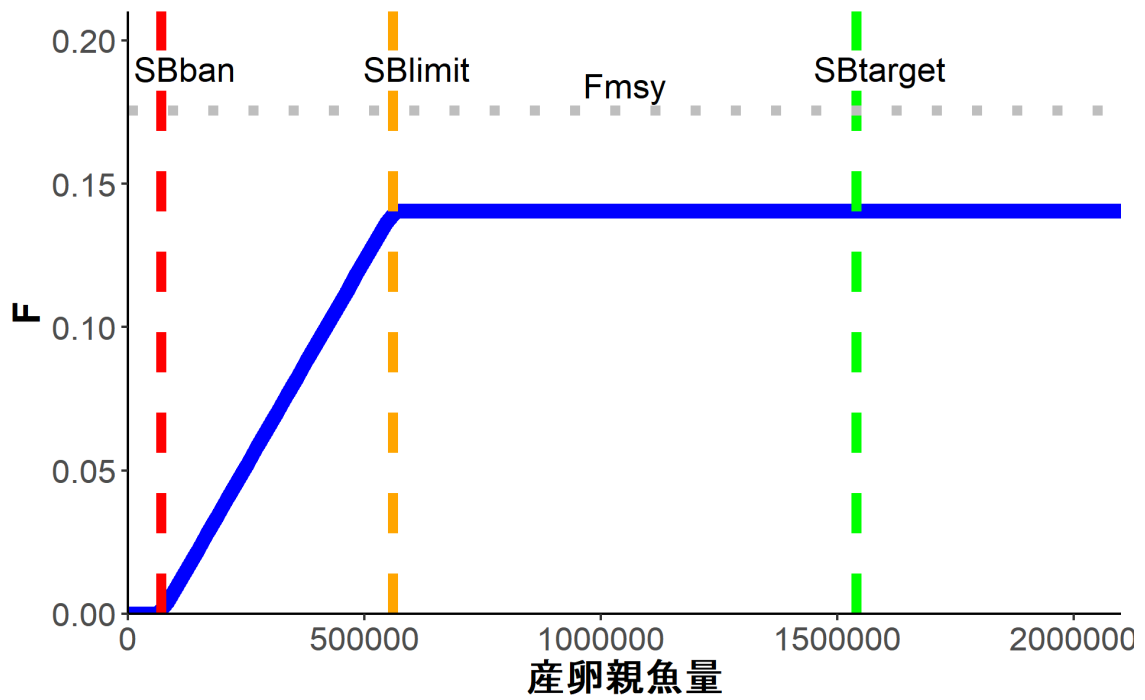


図 5. 漁獲管理規則における産卵親魚量（トン）と F（単純平均）の関係  
 管理基準値 SBtarget、SBlimit、SBban にそれぞれ SBmsy、SB0.6msy、SB0.1msy を用いた。  
 $\beta$  には標準値である 0.8 を用いた。

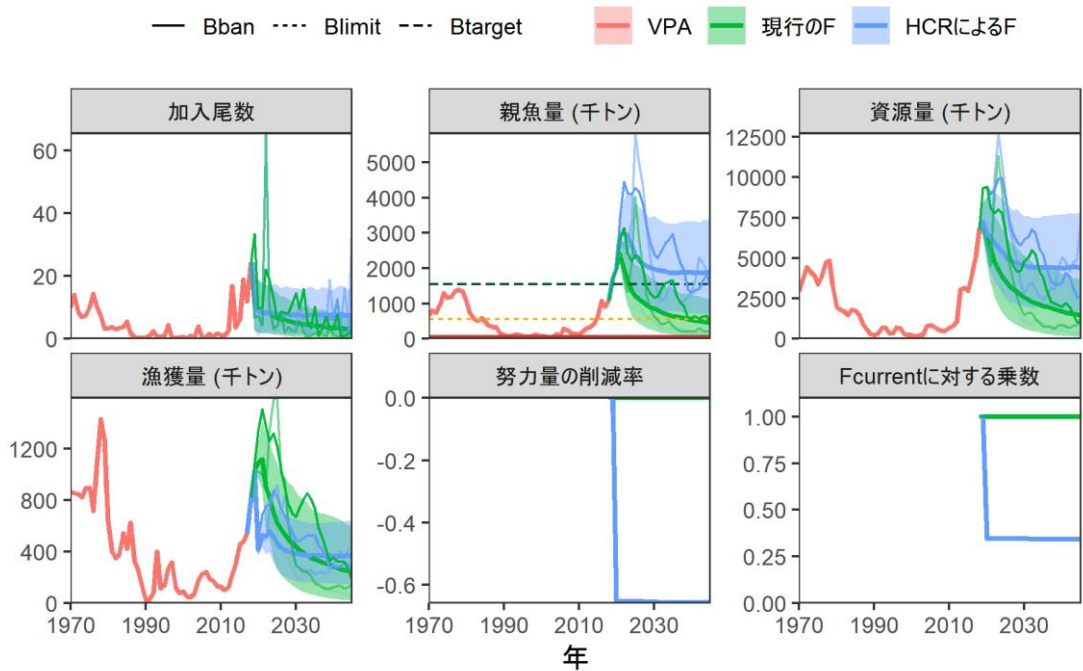


図 6. 漁獲管理規則による将来予測の平均値（実線）と 90%信頼区間  
 管理基準値  $SB_{target}$ 、 $SB_{limit}$ 、 $SB_{ban}$  にはそれぞれ  $SB_{msy}$ 、 $SB_{0.6msy}$ 、 $SB_{0.1msy}$  を用い、 $\beta$  には標準値である 0.8 とした。2018 年漁期および 2019 年漁期の漁獲係数は  $F_{current}$  を仮定し、2020 年漁期から漁獲管理規則に従う場合（赤）と  $F_{current}$  の場合（青）を示した。

表 1. 各種管理基準値と、平衡状態のときの平均親魚量、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) に対する比、平均資源量、漁獲率、平均漁獲量、漁獲量の変動係数、および現状の漁獲圧に対する努力量の乗数の関係

管理基準値	親魚資源量(トン)	SB0 に対する比	資源量(トン)	漁獲率	漁獲量(トン)	漁獲量の変動係数	努力量の乗数
<b>SBtarget</b>	1,540,000	0.46	3,810,000	0.10	370,000	0.67	0.43
<b>SBlimit</b>	560,000	0.17	1,630,000	0.14	220,000	1.27	0.74
<b>SBban</b>	70,000	0.02	220,000	0.17	40,000	3.45	1.04

表 2. 将来の親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	0	100	100	100	100	99	80	65	57	53	51	49	48
0.9	0	100	100	100	100	100	85	70	62	57	55	53	53
0.8	0	100	100	100	100	100	89	75	67	62	59	58	57
0.7	0	100	100	100	100	100	94	81	72	67	64	63	62
0.6	0	100	100	100	100	100	97	85	77	73	69	68	67
0.5	0	100	100	100	100	100	99	90	82	78	74	73	71
0.4	0	100	100	100	100	100	100	93	87	83	80	78	76
0.3	0	100	100	100	100	100	100	96	92	87	85	83	82
0.2	0	100	100	100	100	100	100	99	95	92	90	88	87
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	97	96	94	92	91

管理基準値 SBtarget、SBlimit、SBban にそれぞれ SBmsy、SB0.6msy、SB0.1msy を用いた漁獲管理規則で 2020 年から漁獲した場合の将来予測結果。2018 年および 2019 年は Fcurrent による漁獲とした。

表 3. 将来の親魚量が限界管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	97	96
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	97
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99
0.5	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
0.3	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
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

管理基準値 SBtarget、SBlimit、SBban にそれぞれ SBmsy、SB0.6msy、SB0.1msy を用いた漁獲管理規則で 2020 年から漁獲した場合の将来予測結果。2018 年および 2019 年は Fcurrent による漁獲とした。

表 4. 将来の平均親魚量（トン）の推移

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	1078000	1705000	1994000	2858000	2840000	2692000	2386000	2136000	1987000	1904000	1844000	1794000	1769000
0.9	1078000	1705000	1994000	2898000	2921000	2802000	2508000	2254000	2097000	2008000	1946000	1897000	1872000
0.8	1078000	1705000	1994000	2938000	3006000	2918000	2638000	2382000	2218000	2122000	2058000	2008000	1984000
0.7	1078000	1705000	1994000	2979000	3093000	3041000	2779000	2521000	2350000	2249000	2181000	2129000	2105000
0.6	1078000	1705000	1994000	3021000	3184000	3170000	2930000	2674000	2497000	2389000	2317000	2263000	2238000
0.5	1078000	1705000	1994000	3063000	3278000	3306000	3093000	2841000	2660000	2545000	2468000	2410000	2384000
0.4	1078000	1705000	1994000	3106000	3376000	3450000	3268000	3024000	2840000	2720000	2638000	2576000	2548000
0.3	1078000	1705000	1994000	3149000	3477000	3603000	3457000	3225000	3041000	2917000	2830000	2763000	2732000
0.2	1078000	1705000	1994000	3194000	3582000	3763000	3662000	3446000	3266000	3139000	3048000	2977000	2942000
0.1	1078000	1705000	1994000	3239000	3691000	3934000	3883000	3689000	3517000	3391000	3297000	3222000	3183000

管理基準値 SBtarget、SBlimit、SBban にそれぞれ SBmsy、SB0.6msy、SB0.1msy を用いた漁獲管理規則で 2020 年から漁獲した場合の将来予測結果。2018 年および 2019 年は Fcurrent による漁獲とした。

表 5. 将来の平均漁獲量（トン）の推移

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	816000	1027000	514000	633000	604000	629000	570000	514000	477000	455000	441000	431000	424000
0.9	816000	1027000	466000	582000	564000	595000	544000	492000	456000	436000	423000	414000	407000
0.8	816000	1027000	417000	529000	520000	556000	514000	466000	433000	413000	401000	393000	387000
0.7	816000	1027000	368000	474000	473000	512000	478000	436000	405000	386000	375000	368000	363000
0.6	816000	1027000	318000	415000	421000	463000	437000	400000	372000	355000	345000	338000	334000
0.5	816000	1027000	267000	354000	364000	407000	388000	358000	334000	319000	310000	303000	299000
0.4	816000	1027000	215000	290000	303000	343000	332000	308000	289000	276000	268000	262000	259000
0.3	816000	1027000	162000	222000	236000	272000	267000	250000	235000	225000	218000	213000	210000
0.2	816000	1027000	109000	152000	164000	192000	191000	180000	170000	163000	159000	155000	153000
0.1	816000	1027000	55000	78000	85000	102000	102000	98000	93000	89000	87000	85000	84000

管理基準値 SBtarget、SBlimit、SBban にそれぞれ SBmsy、SB0.6msy、SB0.1msy を用いた漁獲管理規則で 2020 年から漁獲した場合の将来予測結果。2018 年および 2019 年は Fcurrent による漁獲とした。

## 補足資料 1 再生産関係のモデル診断結果

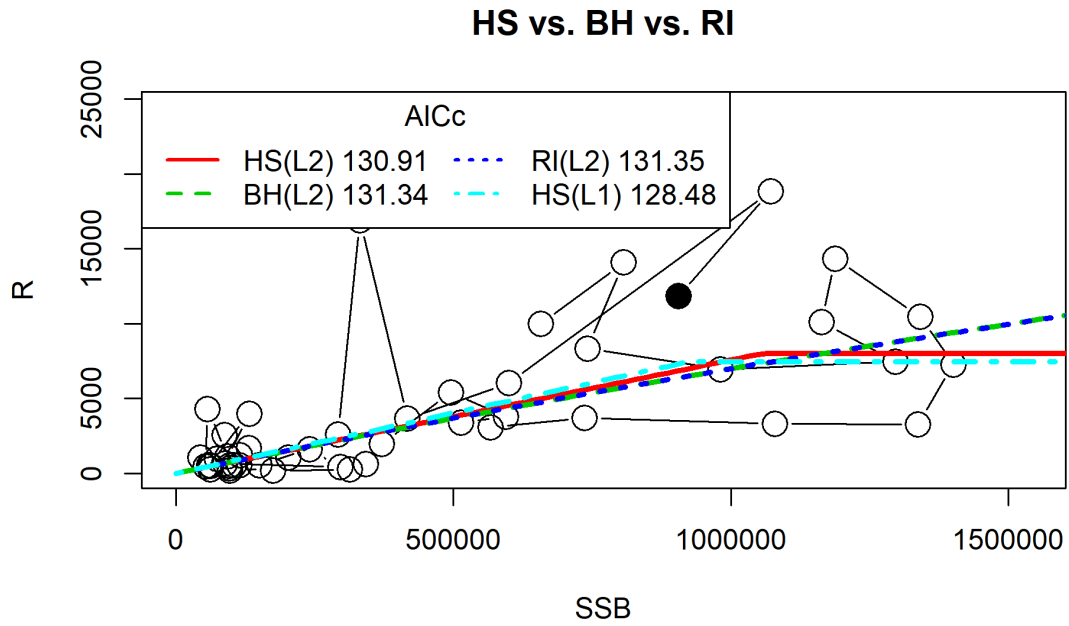
当系群の再生産関係における各種診断結果を以下に示す。最小二乗法で推定された HS を採用したが、最小絶対値法で推定した場合でも再生産関係の変化は小さかった（補足図 1-1）。また、BH や RI 型では密度効果が明瞭ではなく、親魚量に対して直線的に加入量が増加する傾向になった（補足図 1-1）。

QQ プロットでは端の方で予測線から逸脱する傾向がみられたが、Shapiro-Wilk 検定および Kolmogorov-Smirnov 検定を用いて残差の正規性を検定したところ、いずれも有意差は検出されなかった（補足図 1-2）。加入量と再生産関係の残差の自己回帰係数は 1 年のラグで有意差が検出され、残差は 1970 年代では正に、1980 年代から 2000 年代前半にかけては負に、それ以降は再び正に出るパターンが観察された（補足図 1-3）。

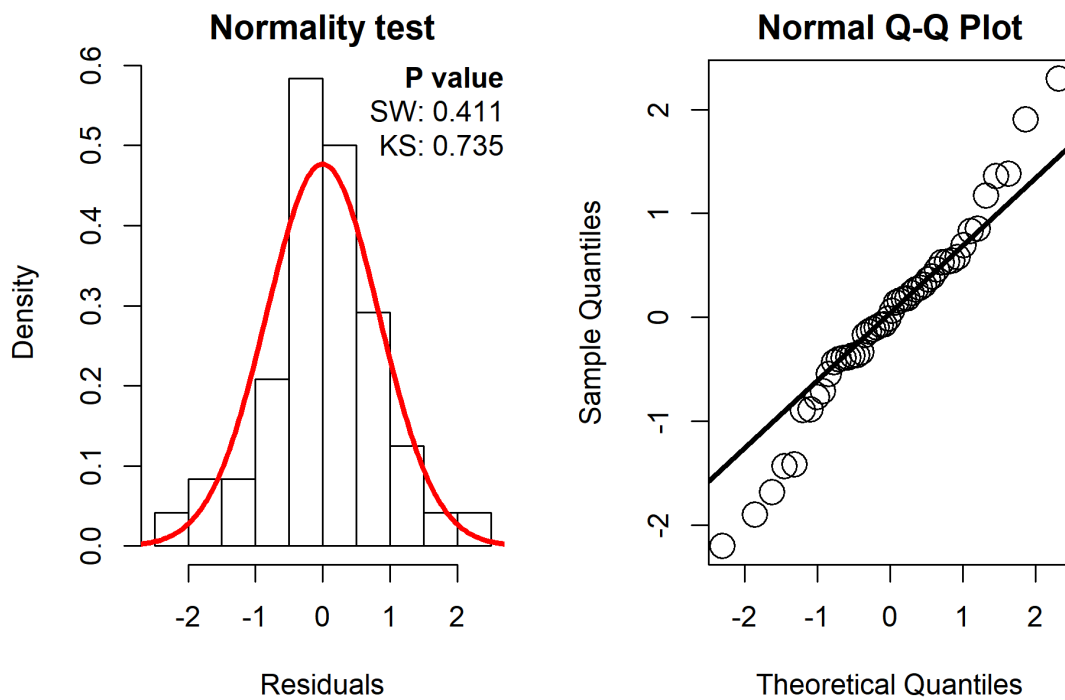
残差のパラメトリックブートストラップを 1000 回行ったところ、パラメータ a, b, SD ではバイアスはほとんど見られなかったが、自己相関係数  $\rho$  にはやや過小評価の傾向がみられた（bias = 3% (a), 2% (b), -1% (SD), -19% ( $\rho$ ))（補足図 1-4）。また、各パラメータの変動係数はそれぞれ 21% (a), 31% (b), 11% (SD), 45% ( $\rho$ ) であった（補足図 1-4）。パラメータ a, b にはバイアスが見られなかったため、実際のデータから推定された再生産関係はブートストラップデータを用いた再生産関係のおおよそ中心に位置していた（補足図 1-5）。

データを 1 年ずつ除くジャックナイフ解析を行ったところ、各パラメータの推定値に大きな変化は見られず、推定された再生産関係は頑健であった（補足図 1-6, 1-7）。また、パラメータ a, b を変化させた場合のプロファイル尤度は推定値で最大になっていることが確認された（補足図 1-8）。

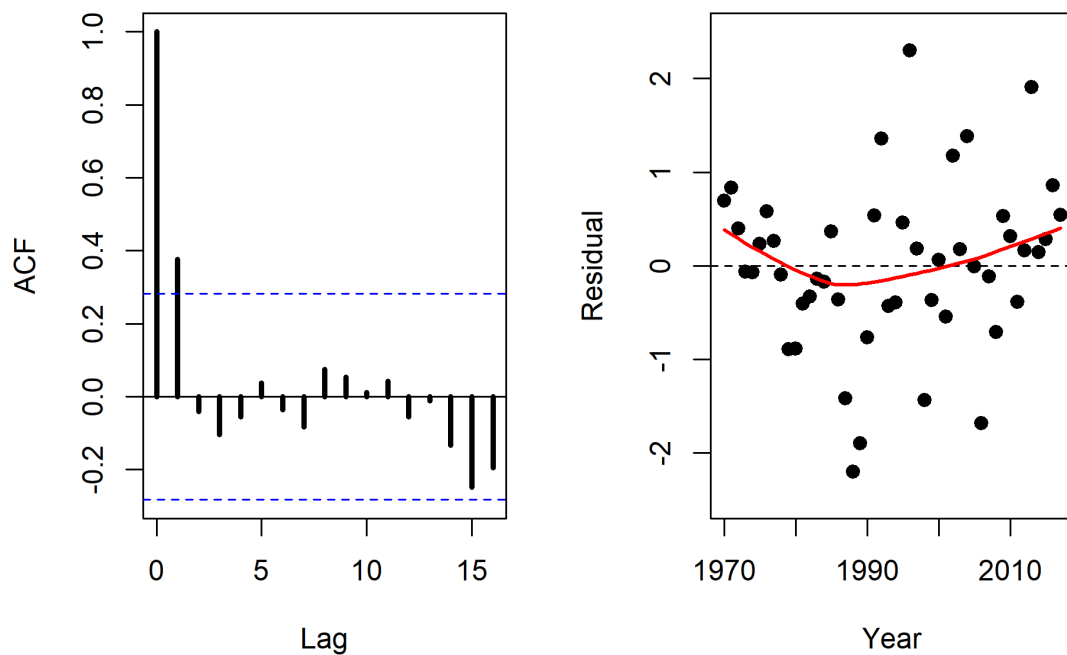
これらの診断の結果、本再生産関係を用いることに大きな問題はないと判断した。ただし、自己相関係数が過小評価傾向にあることと、自己相関を考慮しても残差の時系列パターンがみられることが明らかとなったため、再生産関係では説明できない時間変動のパターンをより正確に推定することが今後の課題である。



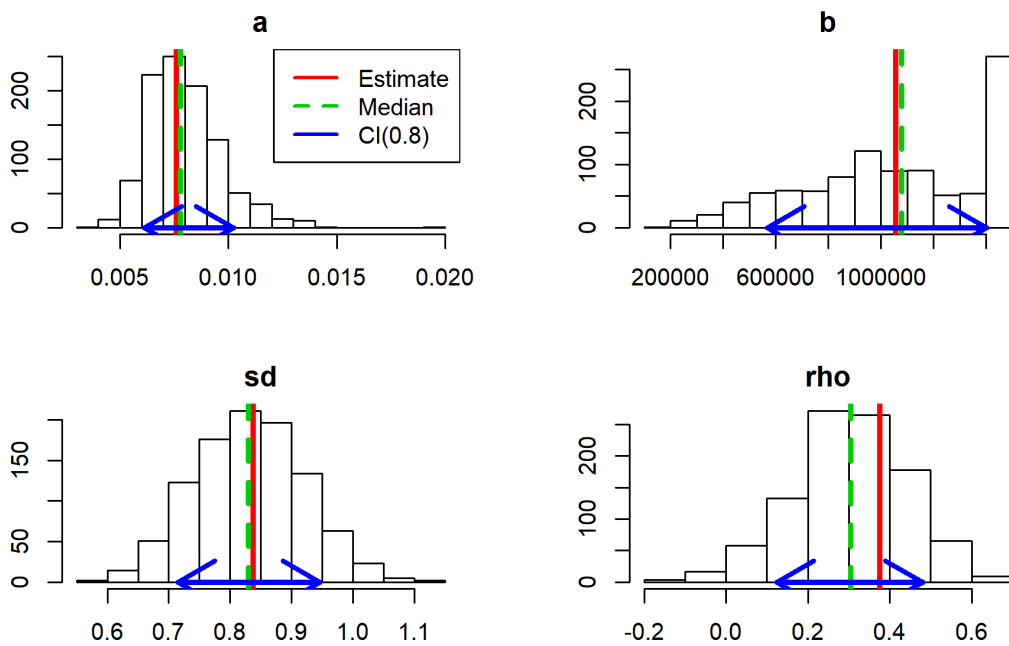
補足図 1-1. 最小二乗法で推定した HS の場合（赤実線）、最小二乗法で推定した BH の場合（緑破線）、最小二乗法で推定した RI の場合（青点線）、最小絶対値法で推定した HS の場合（水色点破線）の再生産関係。



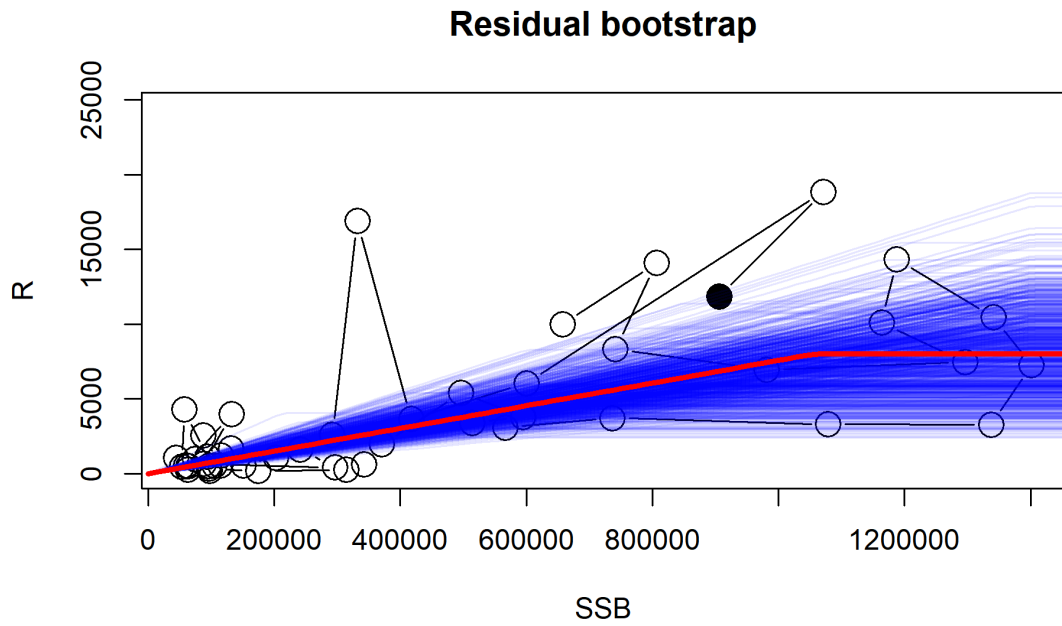
補足図 1-2. 再生産関係の残差のヒストグラム（左）と QQ プロット（右）。



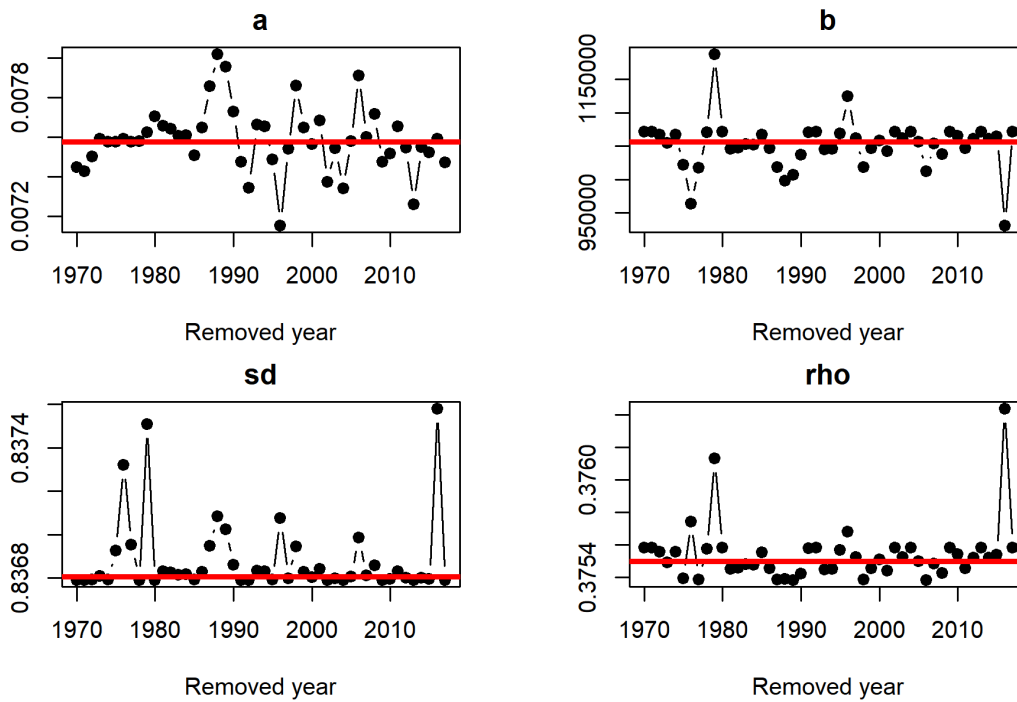
補足図 1-3. 再生産関係の残差の自己回帰係数（左）と残差の時系列プロット（右）。



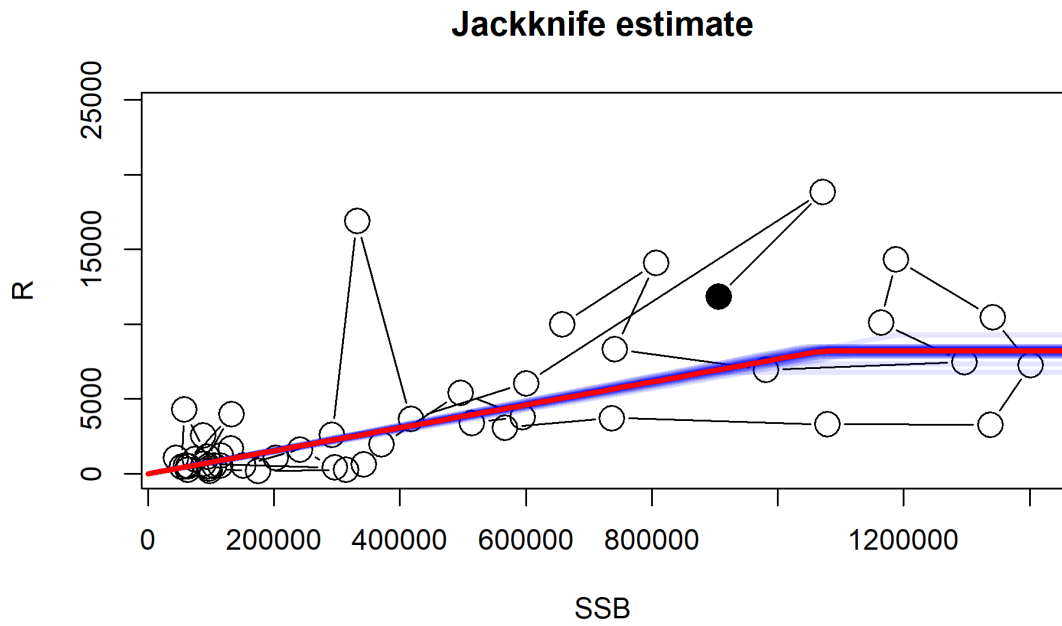
補足図 1-4. 残差パラメトリックブートストラップを 1000 回したときの各パラメータのヒストグラム。赤実線は点推定値、緑点線はブートストラップ中央値、青矢印は 80%信頼区間を示す。



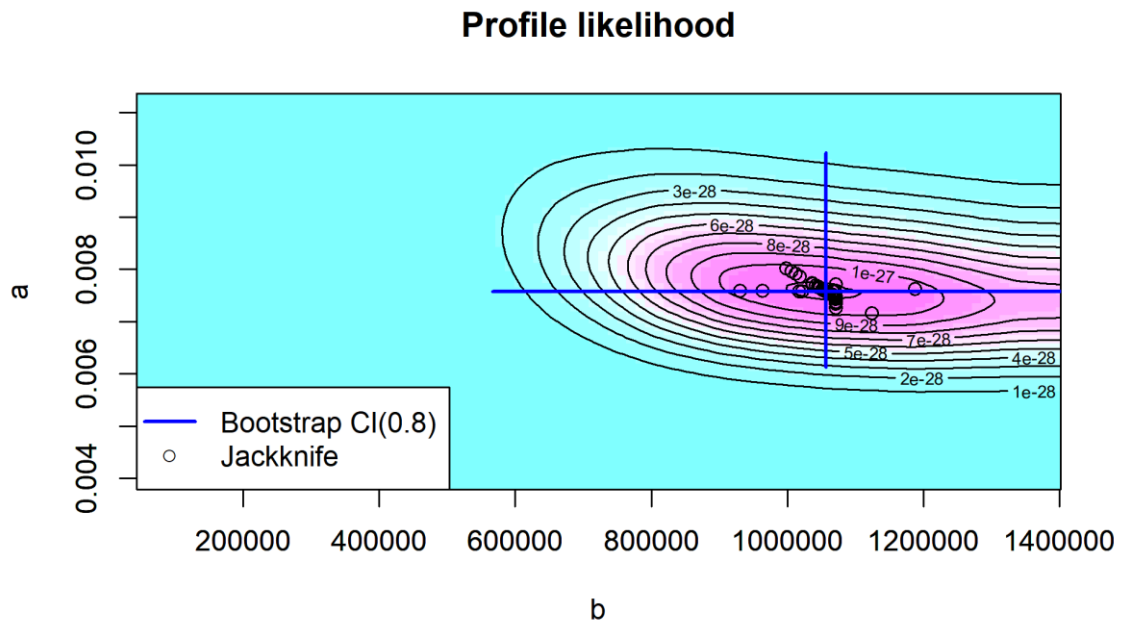
補足図 1-5. 残差ブートストラップを 1000 回した場合の再生産関係。



補足図 1-6. ジャックナイフ解析における各パラメータの変化。



補足図 1-7. ジャックナイフ解析における再生産関係。



補足図 1-8. パラメータ  $a, b$  を変化させた際のプロフィール尤度。

## 補足資料 2 管理基準値の感度分析

管理基準値の感度分析を以下の6つのシナリオで行った：(1)  $F_{current}$  を平成30年度資源評価と同様の3年平均にする(選択率3年シナリオ)、(2) シミュレーションで管理基準値を計算する年を100年後とする(100年後シナリオ)、(3) 再生産関係にBHを用いる(BHシナリオ、最小二乗法で自己相関を考慮)、(4) 再生産関係にRIを用いる(RIシナリオ、最小二乗法で自己相関を考慮)、(5) 最小二乗法でHS再生産関係を推定し、自己相関を考慮しない(AR0シナリオ) (6) 最小絶対値法でHS再生産関係を推定し、自己相関を考慮する(L1シナリオ)。

まず、選択率3年シナリオと100年後シナリオでは、管理基準値は本文のシナリオ(標準シナリオとする)とほとんど変わらなかった(補足表2-1)。したがって、50年後で十分に平衡状態に達しており、標準シナリオは選択率に対して頑健であることが示唆された。BHやRI型の再生産関係を使用した場合、 $SB_{msy}$  がそれぞれ7,450千トン、4,740千トンとなり、過去最大親魚量(1,400千トン)を大幅に上回った(補足表2-1)。そのため、これらの再生産関係を基に目標管理基準値を設定することは、非現実的であると考えられた。自己相関を除いたAR0シナリオでは、親魚量の管理基準値の値は標準シナリオと大きくは変わらなかったが、 $MSY$  やそのときの漁獲割合が標準シナリオに比べて高くなった。これは、再生産関係に自己相関があるのが真である場合に、それを仮定しないで管理基準値や漁業管理規則を定めると過剰漁獲になる可能性を示唆している。最大絶対値法で再生産関係を推定したL1シナリオでは、親魚量の管理基準値( $SB_{target}$ ,  $SB_{limit}$ ,  $SB_{ban}$ )は減少した。 $MSY$  は標準シナリオからやや減少するが、その時の漁獲割合や高くなった。

補足表 2-1. 感度分析における各シナリオの管理基準値およびそれに付随する各項目の値

管理基準値	項目	シナリオ						
		標準	選択率3年	100年後	BH	RI	AR0	L1
$SB_{target}=SB_{msy}$	親魚量(トン)	1540000	1530000	1540000	7450000	4740000	1460000	1400000
	SBref/SB0	0.459	0.456	0.459	0.403	0.453	0.434	0.445
	資源量(トン)	3810000	3840000	3810000	16830000	11070000	3860000	3530000
	漁獲割合	0.098	0.095	0.098	0.074	0.083	0.112	0.103
	漁獲量(トン)	370000	370000	370000	1250000	920000	430000	360000
	漁獲量の変動係数	0.669	0.725	0.669	0.788	0.726	0.483	0.667
	Fref/Fcurrent	0.433	0.441	0.433	0.294	0.345	0.539	0.471
$SB_{limit}=SB_{0.6msy}$	親魚量(トン)	560000	560000	560000	2290000	1580000	580000	510000
	SBref/SB0	0.167	0.166	0.167	0.124	0.151	0.171	0.162
	資源量(トン)	1630000	1650000	1630000	6200000	4380000	1780000	1520000
	漁獲割合	0.137	0.133	0.137	0.121	0.127	0.146	0.144
	漁獲量(トン)	220000	220000	220000	750000	550000	260000	220000
	漁獲量の変動係数	1.265	1.334	1.265	1.238	1.247	0.950	1.255
	Fref/Fcurrent	0.738	0.737	0.738	0.599	0.646	0.836	0.799
$SB_{ban}=SB_{0.1msy}$	親魚量(トン)	70000	70000	70000	250000	180000	80000	60000
	SBref/SB0	0.020	0.020	0.020	0.013	0.017	0.022	0.020
	資源量(トン)	220000	230000	220000	790000	570000	250000	210000
	漁獲割合	0.167	0.160	0.167	0.158	0.161	0.173	0.173
	漁獲量(トン)	40000	40000	40000	120000	90000	40000	40000
	漁獲量の変動係数	3.453	3.592	3.453	2.900	3.105	2.574	3.431
	Fref/Fcurrent	1.042	1.038	1.041	0.940	0.973	1.086	1.118

### 補足資料 3 2018・2019年漁期の漁獲量の設定を変えたときの将来予測

本文における将来予測の計算では、2018・2019年漁期の漁獲係数が  $F_{\text{current}}$  であることを仮定した（標準シナリオとする）。その結果、2018・2019年漁期における漁獲量は816千トン、1,027千トンとなり、漁獲量が大きくなるという結果を得た。その仮定に対する将来予測結果の頑健性を調べるため、2018・2019年漁期の漁獲量が2017年漁期の漁獲量（538千トン）と等しいと仮定した場合のシナリオを検討した。

解析の結果、親魚量が目標管理基準値を達成する確率は2023年漁期まで、標準シナリオと同様に100%であり、それ以降2～3年は標準シナリオよりも数%達成確率は高かった（補足表 3-1）。2027年以降の達成確率は標準シナリオと同等であり、 $\beta$ が0.9以下で2030年時点での達成確率が50%以上となった（補足表 3-1）。2つのシナリオで達成確率の変化が小さかったのは、平均親魚量は標準シナリオよりも高くなるものの、近年の卓越年級の発生により、いずれの場合でも  $SB_{\text{msy}}$  を大きく上回ることが期待されるからである（補足表 3-3）。2024年漁期頃までの平均漁獲量については、標準シナリオよりも高くなる傾向にあった。例えば、 $\beta=0.8$ としたときの2020年漁期の平均漁獲量は、標準シナリオで417千トンであったのに対し、ここで検討シナリオでは498千トンであった。したがって、新しい漁業管理規則を適用してから数年の漁獲量は2018・2019年漁期の漁獲量に依存する。

補足表 3-1. 将来の親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	0	100	100	100	100	100	86	68	58	54	51	49	48
0.9	0	100	100	100	100	100	90	74	63	58	56	54	53
0.8	0	100	100	100	100	100	94	79	69	63	60	58	57
0.7	0	100	100	100	100	100	97	84	74	69	65	63	62
0.6	0	100	100	100	100	100	99	89	79	74	70	68	67
0.5	0	100	100	100	100	100	100	93	84	79	75	73	72
0.4	0	100	100	100	100	100	100	96	90	84	81	78	77
0.3	0	100	100	100	100	100	100	98	93	89	86	84	82
0.2	0	100	100	100	100	100	100	100	97	94	91	89	87
0.1	0	100	100	100	100	100	100	100	99	97	95	93	92

補足表 3-2. 将来の親魚量が目標管理基準値を上回る確率 (%)

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	97	96
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98	97
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	98
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99
0.5	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
0.3	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
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

補足表 3-3. 将来の平均親魚量 (トン) の推移

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	1078000	1889000	2515000	3341000	3169000	2893000	2492000	2188000	2012000	1916000	1852000	1801000	1774000
0.9	1078000	1889000	2515000	3389000	3265000	3017000	2625000	2313000	2126000	2023000	1956000	1903000	1878000
0.8	1078000	1889000	2515000	3439000	3365000	3148000	2768000	2449000	2252000	2140000	2069000	2015000	1990000
0.7	1078000	1889000	2515000	3489000	3469000	3287000	2922000	2598000	2391000	2270000	2194000	2137000	2111000
0.6	1078000	1889000	2515000	3540000	3576000	3434000	3089000	2762000	2545000	2415000	2332000	2272000	2244000
0.5	1078000	1889000	2515000	3592000	3688000	3589000	3268000	2941000	2716000	2577000	2486000	2421000	2391000
0.4	1078000	1889000	2515000	3645000	3804000	3754000	3462000	3139000	2907000	2759000	2661000	2590000	2556000
0.3	1078000	1889000	2515000	3699000	3925000	3928000	3672000	3356000	3121000	2965000	2859000	2781000	2743000
0.2	1078000	1889000	2515000	3754000	4050000	4113000	3900000	3597000	3360000	3198000	3085000	3000000	2956000
0.1	1078000	1889000	2515000	3810000	4180000	4309000	4147000	3862000	3629000	3463000	3344000	3253000	3203000

補足表 3-4. 将来の平均漁獲量 (トン) の推移。

$\beta$	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1	538000	538000	613000	733000	674000	676000	596000	526000	483000	458000	443000	433000	425000
0.9	538000	538000	556000	675000	630000	641000	570000	505000	463000	439000	425000	415000	408000
0.8	538000	538000	498000	614000	583000	601000	539000	479000	440000	417000	403000	394000	388000
0.7	538000	538000	439000	551000	531000	555000	503000	449000	412000	390000	377000	369000	364000
0.6	538000	538000	379000	483000	474000	502000	461000	414000	380000	360000	347000	339000	334000
0.5	538000	538000	319000	413000	411000	443000	411000	371000	341000	323000	312000	305000	300000
0.4	538000	538000	257000	338000	343000	375000	353000	321000	296000	280000	270000	264000	259000
0.3	538000	538000	194000	260000	268000	298000	284000	260000	241000	228000	220000	215000	211000
0.2	538000	538000	131000	178000	187000	211000	204000	188000	175000	166000	161000	156000	154000
0.1	538000	538000	66000	91000	97000	112000	110000	103000	96000	91000	88000	86000	84000