

令和 4（2022）年度ホッケ道北系群の管理基準値等に関する試算について ～事前検討会後の試算～

本資料では令和 4（2022）年度ホッケ道北系群の管理基準値に関する研究機関会議資料（案）（FRA-SA2022-BRP02-01）および試算資料（FRA-SA2022-BRP02-02）で示した MSY 管理基準値案や将来予測結果等について要約表を示すとともに、新たなシナリオで試算した結果を示す。収録した内容は以下の通りである。

資料 1. 研究機関会議資料（案）（FRA-SA2022-BRP02-01）および試算資料（FRA-SA2022-BRP02-02）で示した結果の要約表	 1 ページ
資料 2. 低加入シナリオでの加入量の設定（バックワードリサンプリング）を用いた場合および自主管理開始前の選択率を用いた場合の MSY 管理基準値の算出および将来予測	 3 ページ
資料 3. 将来予測に用いる現状の漁獲圧として 2016～2019 年の F からランダムサンプリングする場合（本編）と 2016～2019 年の F の平均値を用いる場合の将来予測結果の比較	12 ページ
資料 4. 2003 年以前のデータの重みを変えた場合の感度試験	15 ページ

資料 1. 研究機関会議資料（案）（FRA-SA2022-BRP02-01）および試算資料（FRA-SA2022-BRP02-02）で示した結果の要約表

事前検討会での試算資料（FRA-SA2022-BRP02-02）では、再生産関係式の推定で使用するデータ範囲や、成熟度、将来の加入シナリオを変えた場合について試算を行い、令和 4（2022）年度ホッケ道北系群の管理基準値に関する研究機関会議資料（本編資料：FRA-SA2022-BRP02-01）で示した結果との違いについて示した。更なる試算結果を示すのに先立ち、これまでの結果の要約表を示す。なお、事前検討会での試算資料では、将来の資源量や漁獲量の計算に使用する体重について、0 歳魚の重さを 7 月時点での予測体重を用いて計算していたが、令和 3 年度の資源評価報告書（FRA-SA2021-SC05-1）での計算方法に合わせて 10 月時点での予測体重を用いることとし、要約表ではその修正を反映させた結果を示した（表 1）。

0 歳魚の重さに 10 月時点での予測体重を用いることにより、それぞれのシナリオにおける SB_{msy} の値では 0.1 万～0.2 万トン大きくなる傾向が見られたが、SB_{0.6msy} および SB_{0.1msy} の値は変わらなかった。一方、再生産関係で 2003 年以前のデータの重みを 0.7 とする場合の、10 年後に 50%以上の確率で SB_{msy} を上回る β は、前回の試算資料では 0.9 であったが（FRA-SA2022-BRP02-02）、体重の設定を変更して再計算したところ 0.7 となった。

なお、2003年以前の重みを0.7以外にも変えた場合の追加の感度試験は資料4に示した。

表1. 各条件のもとで候補とされる再生産関係式、MSY管理基準値案および10年後に50%以上の確率でSBmsyを上回る β
 再生産関係式のモデルのHSはホッケ－・スティック型、L1は最小絶対値法、L2は最小二乗法を用いたことを示す。AR0は加入量残差の自己相関を考慮していないことを示す。

考慮する条件	使用するデータ年	再生産関係		MSY管理基準値案					将来予測の加入シナリオ	10年後に50%以上の確率でSBmsyを上回る β
		AICc最小モデル	HSの折れ点b(トン)	SBmsy(万トン)	SB0.6msy(万トン)	SB0.1msy(万トン)	MSY(万トン)	%SPR(%)		
長期データ使用*	1985-2020	HSL1 AR0	48,640	10.1	3.0	0.4	12.5	12.9	低加入	0.7
データの質	2004-2020	HSL2 AR0	63,804	11.1	3.8	0.5	9.1	19.2	通常加入	0.8
	1994-1996除く	HSL1 AR0	49,606	10.5	3.1	0.4	12.7	13.2	低加入	0.7
	2003年以前データ重み0.7	HSL1 AR0	53,030	10.6	3.3	0.4	12.2	13.9	低加入	0.7
直近年の推定精度	1985-2019	HSL1 AR0	48,492	10.0	3.0	0.4	12.5	12.9	低加入	0.7
1歳成熟率を変化	1985-2020	HSL1 AR0	50,522	10.2	3.1	0.4	12.3	13.4	低加入	0.7
通常加入	1985-2020	HSL1 AR0	48,640	10.1	3.0	0.4	12.5	12.9	通常加入	0.9

*本編で提案したシナリオ

資料 2. 低加入シナリオでの加入量の設定（バックワードリサンプリング）を用いた場合 および自主管理開始前の選択率を用いた場合の MSY 管理基準値の算出および将来予測

令和 4（2022）年度ホッケ道北系群の管理基準値に関する研究機関会議資料（案）（FRA-SA2022-BRP02-01）で提案している HS 型再生産関係式では、1985～2020 年の親魚量と加入量に基づき、最小絶対値法を用いてパラメータを推定している。自己相関は考慮していない。この再生産関係式を用いて管理基準値案を算出する際は、加入量の残差に対数正規分布を仮定したシミュレーションを平衡状態と定義する年数まで行い、平衡状態にて漁獲量が最大となる漁獲圧を探索的に求め F_{msy} としている。 F_{msy} の選択率には、現状の漁獲圧として定義した 2016～2019 年の年齢別漁獲係数の平均値に基づく選択率を用いている。本資料では、①MSY 管理基準値を算出する際のシミュレーションにおいて、加入量の生成方法をバックワードリサンプリングに変えた場合、②自主管理前の選択率を用いて MSY 管理基準値を算出し、これを用いて将来予測した場合、および③2016～2019 年の選択率を用いて MSY 管理基準値を算出するのに対し、将来予測では自主管理前の選択率を用いた場合の試算結果を示す。

① MSY 管理基準値を算出する際のシミュレーションにおいて、加入量の生成方法をバックワードリサンプリングに変えた場合

本系群の再生産関係における近年の加入量観測値は推定値よりも低い傾向にあるため、研究機関会議資料では近年の残差の傾向をバックワードリサンプリングにより考慮した低加入シナリオにて将来予測を行っている（FRA-SA2022-BRP02-01）。このバックワードリサンプリングの手法を管理基準値算出のシミュレーションにも用いた場合について表 2-1 に示した。また、得られた管理基準値を用いた漁獲管理規則で将来予測を行った場合について、表 2-2～表 2-4 に示した。

MSY 管理基準値の計算での加入量の仮定にバックワードリサンプリングを用いた場合は、確率分布を用いた通常の方法を用いる場合に比べて SB_{msy} は 0.1 万トン大きく、 $SB_{0.6msy}$ および MSY は 0.1 万トン小さくなるが、いずれも差は僅かであった。 F_{msy} に対する現状の漁獲圧（F2016-2019）の比や %SPR にも両者で大きな違いは見られなかった（表 2-1）。また、推定された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則にて低加入を仮定した将来予測（バックワードリサンプリング）を行ったところ、将来の親魚量が SB_{msy} を上回る確率（表 2-2）、将来の親魚量の平均値の推移（表 2-3）および将来の漁獲量の平均値の推移（表 2-4）のいずれでも、通常の方法で計算した管理基準値案に基づく将来予測（FRA-SA2022-BRP02-01、表 4、表 7、表 8）とほぼ変わらない結果となった。

MSY 管理基準値の計算を行う際にバックワードリサンプリングによるシミュレーションを用いる場合でも、平衡状態（121 年）に至る年数まで予測を進めると、過去に観察された加入量の残差が全てリサンプリングの対象となる。その結果、確率分布を用いて加入量を仮定する通常のシミュレーションとほぼ同等の結果になるものと考えられた。

② MSY 管理基準値を算出する際のシミュレーションにおいて、自主管理前の選択率を用いた場合

選択率に自主管理が行われる前の 2004～2010 年の平均値を仮定して MSY 管理基準値を算出した場合について表 2-1 に示した。また、得られた管理基準値を用いた漁獲管理規則にて、将来の選択率に 2004～2010 年の平均を仮定した場合の将来予測について図 2-1 および表 2-5～2-8 に示した。

自主管理開始前の 2004～2010 年の選択率を用いて管理基準値案を算出すると、2016～2019 年の選択率を用いた場合と比較して SBmsy は 0.2 万トン大きく、MSY は 0.5 万トン小さくなった（表 2-1）。現状の漁獲圧を 2004～2010 年の選択率の下で 2016～2019 年の漁獲圧の平均に相当する漁獲係数とすると、2004～2010 年の選択率を用いた Fmsy に対する現状の漁獲圧の比は 1.21 となった。これは 2016～2019 年の選択率に基づき算出した Fmsy の現状の漁獲圧（F2016-2019）に対する比（1.23）よりもわずかに小さい。上記の MSY 管理基準値を用いた漁獲管理規則で漁獲を行う将来予測では、将来の親魚量が 2004～2010 年の選択率に基づく SBmsy を上回る確率は、2016～2019 年の選択率を仮定する場合の結果（FRA-SA2022-BRP02-01、表 4）と比べ、いずれの β においても僅かながら大きくなった（表 2-5）。上記の漁獲管理規則で漁獲を続けた場合、中長期的には漁獲量および親魚量は増加する（図 2-1、表 2-6、表 2-7）。

③ 2016～2019 年の選択率を用いて MSY 管理基準値を算出するのに対し、将来予測では自主管理前の選択率を用いて将来予測を行った場合

MSY 管理基準値の算出に用いる選択率には、現状の漁獲圧での参照年（2016～2019 年）の平均を使用した上で（本編資料 FRA-SA2022-BRP02-01）、将来予測における選択率には自主管理が行われる前の 2004～2010 年の平均値を仮定した場合について検討した。

漁獲管理規則で用いる選択率に 2004～2010 年の平均値を用いても、選択率に 2016～2019 年の平均値を用いた場合（FRA-SA2022-BRP02-01、表 4）と比べて、いずれの β においても親魚量が目標管理基準値案や限界管理基準値案を上回る確率はほとんど変わらなかった（表 2-8、表 2-9）。将来の平均親魚量および平均漁獲量についても、両者の差はいずれの β においてもわずかであった（表 2-10、表 2-11）。

自主管理前の 2004～2010 年の選択率は、4 歳以上を 1 とすると 0 歳で 0.43、1 歳で 0.84、2 歳で 0.85、3 歳で 1.02 である。一方、MSY 管理基準値の算出に用いている 2016～2019 年の選択率は、4 歳以上を 1 とすると 0 歳で 0.24、1 歳で 0.89、2 歳で 0.91、3 歳で 1.01 である。2004～2010 年の選択率のほうが 2016～2019 年の選択率よりも相対的に 0 歳魚の値は大きい。ただし、これらの選択率の下で %SPR 換算して β を 0.8 とした場合の漁獲圧の上限（ $0.8F_{msy}$ ）に調整すると、2004～2010 年の選択率での $0.8F_{msy}$ は 0 歳で 0.24、1 歳で 0.46、2 歳で 0.47、3 歳で 0.57、4 歳以上で 0.55 となるのに対し、2016～2019 年の選択率での $0.8F_{msy}$ は 0 歳で 0.14、1 歳で 0.52、2 歳で 0.53、3 歳で 0.59、4 歳以上で 0.58 となり、0 歳で漁獲圧が高い一方で 1 歳魚以上の漁獲圧は低くなる。選択率が異なっても資源全体にかかる漁獲圧は同じであり、また漁獲管理規則で調整されるため、選択率の差異での将来予測の結果の差は小さく抑えられたと考えられる。

表 2-1. シナリオによる基準値の違い

	SBmsy (万トン)	SB0.6msy (万トン)	SB0.1msy (万トン)	MSY (万トン)	Umsy	Fmsy /現状の 漁獲圧	%SPR (%)
HS型（最小絶対値法・自己相関無・確率分布を用いた通常の方法で算出したによるMSY管理基準値（本編））	10.1	3.0	0.4	12.5	0.35	1.23	12.9
HS型（最小絶対値法・自己相関無・バックワードリサンプリングを用いて算出したMSY管理基準値）	10.2	2.9	0.4	12.4	0.35	1.21	13.1
HS型（最小絶対値法・自己相関無・自主管理開始前の2004-2010年の選択率を用いて算出したMSY管理基準値）	10.3	3.1	0.4	12.0	0.35	1.21	13.2

表 2-2. バックワードリサンプリングを用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則を将来予測で用いた際に将来の親魚量がその SBmsy を上回る確率 (%)

バックワードリサンプリングを用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則での低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から上記の漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	7	8	11	18	21	23	25	26	28	29	32	34	46
0.9	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	13	17	20	25	33	36	37	38	44	46	49	50	50	64
0.8	0	0	0	0	0	1	2	4	12	22	29	34	37	45	50	53	54	54	61	66	65	66	64	75
0.7	0	0	0	0	0	3	9	15	28	41	49	51	53	63	66	68	69	68	76	80	79	77	75	83
0.6	0	0	0	0	1	6	17	27	44	59	65	68	68	78	80	80	81	80	87	89	88	86	85	90
0.5	0	0	0	0	1	11	27	42	62	76	80	83	82	89	91	91	91	90	94	96	95	95	92	95
0.4	0	0	0	0	1	18	42	58	79	89	92	93	93	96	97	97	97	96	98	98	99	98	98	99
0.3	0	0	0	0	3	28	57	77	91	97	98	98	98	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	5	38	70	87	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	8	48	82	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	13	58	90	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	0	1	4	6	12	20	26	31	33	41	46	51	50	52	58	61	62	63	62	72

表 2-3. バックワードリサンプリングを用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則を将来予測で用いた際の将来の平均親魚量の推移（万トン）

バックワードリサンプリングを用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則での低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から上記の漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.1	3.6	4.0	4.2	4.4	4.5	5.1	5.5	5.9	6.2	6.3	6.9	7.3	7.6	7.7	7.9	8.2	8.4	8.6	8.6	8.7	9.6
0.9	2.4	2.8	3.1	3.6	4.3	4.6	5.0	5.2	6.0	6.6	7.1	7.4	7.5	8.2	8.8	9.0	9.2	9.3	9.7	9.9	10.1	10.1	10.1	11.1
0.8	2.4	2.8	3.1	3.6	4.5	5.1	5.7	6.1	7.1	8.0	8.5	8.9	9.0	9.7	10.4	10.7	10.8	10.9	11.4	11.7	11.8	11.9	11.9	13.0
0.7	2.4	2.8	3.1	3.6	4.8	5.7	6.5	7.1	8.4	9.5	10.2	10.6	10.7	11.5	12.3	12.6	12.8	12.9	13.3	13.7	13.9	13.9	13.9	15.3
0.6	2.4	2.8	3.1	3.6	5.1	6.2	7.4	8.4	9.9	11.3	12.1	12.5	12.7	13.6	14.4	14.9	15.1	15.2	15.8	16.2	16.5	16.5	16.5	18.1
0.5	2.4	2.8	3.1	3.6	5.4	6.9	8.5	9.8	11.7	13.4	14.4	14.9	15.1	16.1	17.1	17.7	18.0	18.1	18.7	19.3	19.6	19.7	19.7	21.6
0.4	2.4	2.8	3.1	3.6	5.7	7.7	9.8	11.6	13.8	15.9	17.1	17.8	18.1	19.3	20.5	21.2	21.6	21.8	22.5	23.2	23.6	23.7	23.8	26.1
0.3	2.4	2.8	3.1	3.6	6.0	8.5	11.3	13.6	16.4	18.9	20.5	21.5	22.0	23.3	24.8	25.7	26.3	26.6	27.4	28.2	28.8	29.0	29.1	32.0
0.2	2.4	2.8	3.1	3.6	6.4	9.4	12.9	15.9	19.4	22.6	24.7	26.2	26.9	28.6	30.4	31.7	32.4	33.0	34.0	35.0	35.7	36.0	36.2	40.0
0.1	2.4	2.8	3.1	3.6	6.8	10.5	14.9	18.8	23.1	27.2	30.1	32.2	33.4	35.6	37.9	39.6	40.8	41.6	42.9	44.2	45.1	45.7	46.0	51.2
0	2.4	2.8	3.1	3.6	7.2	11.6	17.1	22.2	27.7	32.9	37.0	40.1	42.1	45.0	48.1	50.6	52.4	53.7	55.5	57.3	58.7	59.6	60.2	67.6
現状の漁獲圧	2.4	2.8	3.1	3.6	4.2	4.8	5.4	5.8	6.8	7.6	8.2	8.5	8.7	9.5	10.1	10.5	10.7	10.8	11.2	11.5	11.6	11.7	11.8	12.9

表 2-4. バックワードリサンプリングを用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則を将来予測で用いた際の将来の平均漁獲量の推移（万トン）

バックワードリサンプリングを用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則案での低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から上記の漁獲管理規則による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧を継続した将来予測として、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.8	3.3	4.5	4.8	5.0	5.3	5.9	6.5	6.9	7.2	7.6	8.1	8.5	8.9	9.1	9.3	9.6	9.8	10.0	10.1	10.3	10.6	11.5
0.9	3.0	2.8	3.3	4.1	4.6	5.0	5.4	6.1	6.7	7.2	7.4	7.8	8.4	8.8	9.1	9.2	9.5	9.8	10.0	10.1	10.1	10.3	10.6	11.5
0.8	3.0	2.8	3.3	3.7	4.4	4.9	5.4	6.2	6.8	7.3	7.5	7.9	8.4	8.8	9.1	9.2	9.4	9.7	9.9	10.0	10.1	10.2	10.5	11.3
0.7	3.0	2.8	3.3	3.3	4.1	4.7	5.3	6.1	6.8	7.2	7.5	7.8	8.3	8.7	9.0	9.1	9.3	9.5	9.8	9.9	9.9	10.1	10.3	11.1
0.6	3.0	2.8	3.3	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6	7.0	7.3	7.6	8.0	8.4	8.7	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.6	9.7	10.0	10.8
0.5	3.0	2.8	3.3	2.5	3.3	4.1	4.8	5.6	6.2	6.7	6.9	7.2	7.6	7.9	8.2	8.4	8.5	8.8	9.0	9.1	9.1	9.3	9.5	10.2
0.4	3.0	2.8	3.3	2.1	2.8	3.6	4.3	5.0	5.6	6.1	6.4	6.6	7.0	7.3	7.6	7.7	7.9	8.1	8.3	8.4	8.5	8.6	8.8	9.5
0.3	3.0	2.8	3.3	1.6	2.3	2.9	3.6	4.3	4.8	5.2	5.5	5.7	6.1	6.4	6.6	6.8	6.9	7.1	7.2	7.4	7.4	7.5	7.7	8.4
0.2	3.0	2.8	3.3	1.1	1.6	2.2	2.7	3.2	3.7	4.1	4.3	4.5	4.8	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	5.9	5.9	6.0	6.1	6.7
0.1	3.0	2.8	3.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.9	2.1	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	4.1
0	3.0	2.8	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧	3.0	2.8	3.3	3.8	4.4	4.8	5.3	6.2	6.8	7.3	7.6	7.9	8.5	9.0	9.3	9.6	9.6	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.9	11.7

表 2-5 自主管理前の選択率を用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則を将来予測で用いた際に将来の親魚量がその SBmsy を上回る確率 (%)

選択率に自主管理開始前の 2004～2010 年の平均値を用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則での低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数の平均値 (F2016-2019) での漁獲を 2023 年以降に続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	6	7	10	17	20	22	25	24	26	29	32	34	45
0.9	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	12	16	19	24	31	35	36	37	42	45	47	49	50	64
0.8	0	0	0	0	0	1	3	4	11	22	29	33	36	44	49	52	53	53	59	64	65	66	64	74
0.7	0	0	0	0	0	2	8	14	27	40	48	50	52	62	66	68	68	67	75	79	78	77	75	83
0.6	0	0	0	0	0	6	17	27	43	57	64	68	68	77	79	79	80	79	86	88	87	86	85	89
0.5	0	0	0	0	1	11	27	41	61	74	80	82	82	88	90	91	90	89	93	95	95	94	92	95
0.4	0	0	0	0	2	16	41	59	78	87	91	93	92	95	96	97	97	96	98	98	98	98	98	98
0.3	0	0	0	0	3	27	55	75	91	96	98	98	98	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	5	37	70	87	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	8	47	81	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	12	56	89	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2016-2019	0	0	0	0	0	1	2	3	8	15	22	27	30	37	42	47	48	47	54	58	59	60	60	71

表 2-6 自主管理前の選択率を用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則を将来予測で用いた際の将来の平均親魚量の推移 (万トン)

選択率に自主管理開始前の 2004～2010 年の平均値を用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則での低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数の平均値 (F2016-2019) での漁獲を 2023 以降に続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.1	3.6	4.0	4.3	4.5	4.5	5.2	5.6	6.0	6.2	6.3	6.9	7.4	7.7	7.8	7.9	8.2	8.4	8.6	8.7	8.7	9.6
0.9	2.4	2.8	3.1	3.6	4.3	4.7	5.0	5.2	6.0	6.7	7.1	7.4	7.6	8.2	8.8	9.1	9.2	9.3	9.6	9.9	10.1	10.2	10.2	11.2
0.8	2.4	2.8	3.1	3.6	4.5	5.2	5.7	6.1	7.1	8.0	8.6	8.9	9.0	9.7	10.4	10.7	10.9	10.9	11.3	11.7	11.8	11.9	11.9	13.1
0.7	2.4	2.8	3.1	3.6	4.8	5.7	6.6	7.2	8.4	9.5	10.2	10.6	10.7	11.5	12.2	12.6	12.8	12.9	13.3	13.7	13.9	14.0	14.0	15.3
0.6	2.4	2.8	3.1	3.6	5.1	6.3	7.5	8.4	9.9	11.3	12.1	12.5	12.7	13.5	14.4	14.9	15.2	15.2	15.7	16.2	16.4	16.6	16.6	18.1
0.5	2.4	2.8	3.1	3.6	5.4	6.9	8.6	9.9	11.7	13.3	14.4	14.9	15.1	16.0	17.1	17.7	18.0	18.1	18.7	19.2	19.6	19.8	19.8	21.7
0.4	2.4	2.8	3.1	3.6	5.7	7.7	9.9	11.6	13.8	15.8	17.1	17.8	18.1	19.2	20.4	21.2	21.7	21.8	22.5	23.1	23.5	23.8	23.8	26.2
0.3	2.4	2.8	3.1	3.6	6.0	8.5	11.3	13.6	16.4	18.8	20.5	21.5	22.0	23.2	24.7	25.7	26.3	26.6	27.4	28.2	28.7	29.1	29.2	32.1
0.2	2.4	2.8	3.1	3.6	6.4	9.4	13.0	16.0	19.4	22.5	24.7	26.1	26.9	28.5	30.3	31.6	32.5	33.0	33.9	34.9	35.6	36.1	36.3	40.1
0.1	2.4	2.8	3.1	3.6	6.7	10.4	14.9	18.8	23.1	27.1	30.1	32.2	33.4	35.4	37.7	39.5	40.8	41.6	42.7	44.0	45.0	45.7	46.1	51.3
0	2.4	2.8	3.1	3.6	7.1	11.6	17.1	22.2	27.7	32.8	37.0	40.0	42.1	44.9	47.9	50.5	52.4	53.7	55.3	57.1	58.5	59.6	60.2	67.8
F2016-2019	2.4	2.8	3.1	3.6	4.1	4.7	5.2	5.5	6.5	7.3	7.8	8.2	8.4	9.1	9.7	10.1	10.3	10.3	10.7	11.0	11.2	11.3	11.3	12.4

表 2-7. 自主管理前の選択率を用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則を将来予測で用いた際の将来の平均漁獲量の推移（万トン）

選択率に自主管理開始前の 2004～2010 年の平均値を用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則での低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）で漁獲を続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.8	3.3	4.4	4.8	5.0	5.4	5.9	6.5	6.9	7.2	7.6	8.1	8.6	8.9	9.1	9.3	9.6	9.8	10.0	10.1	10.3	10.6	11.5
0.9	3.0	2.8	3.3	4.0	4.6	5.0	5.4	6.1	6.7	7.2	7.4	7.8	8.4	8.8	9.1	9.2	9.4	9.7	9.9	10.1	10.2	10.4	10.7	11.5
0.8	3.0	2.8	3.3	3.7	4.4	4.9	5.4	6.2	6.8	7.3	7.5	7.9	8.4	8.8	9.1	9.2	9.4	9.7	9.9	10.0	10.1	10.3	10.6	11.4
0.7	3.0	2.8	3.3	3.3	4.1	4.7	5.3	6.1	6.8	7.2	7.5	7.8	8.3	8.7	9.0	9.1	9.2	9.5	9.7	9.9	9.9	10.1	10.4	11.1
0.6	3.0	2.8	3.3	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6	7.0	7.3	7.6	8.0	8.4	8.7	8.8	9.0	9.2	9.4	9.5	9.6	9.8	10.0	10.8
0.5	3.0	2.8	3.3	2.4	3.3	4.1	4.8	5.6	6.2	6.6	6.9	7.2	7.6	7.9	8.2	8.4	8.5	8.7	8.9	9.1	9.2	9.3	9.5	10.3
0.4	3.0	2.8	3.3	2.0	2.8	3.6	4.3	5.0	5.6	6.1	6.3	6.6	6.9	7.3	7.5	7.7	7.8	8.0	8.2	8.4	8.5	8.6	8.8	9.5
0.3	3.0	2.8	3.3	1.5	2.3	3.0	3.6	4.3	4.8	5.2	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6	6.7	6.9	7.1	7.2	7.4	7.4	7.5	7.7	8.4
0.2	3.0	2.8	3.3	1.1	1.6	2.2	2.7	3.2	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.7	5.9	5.9	6.0	6.1	6.7
0.1	3.0	2.8	3.3	0.5	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	4.1
0	3.0	2.8	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F2016-2019	3.0	2.8	3.3	3.9	4.4	4.9	5.3	6.1	6.8	7.3	7.6	7.9	8.5	9.0	9.3	9.5	9.6	10.0	10.2	10.4	10.5	10.6	10.9	11.8

表 2-8 漁獲管理規則案（本編資料 FRA-SA2022-BRP02-01）での選択率に 2004～2010 年の平均値を用いた際に将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（％）

漁獲管理規則案での選択率に自主管理が行われる前の 2004～2010 年の平均値を使用し、低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）での漁獲を 2023 年以降に続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	6	7	10	17	20	22	25	24	26	29	32	34	45
0.9	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	12	16	19	24	31	35	36	37	42	45	47	49	50	64
0.8	0	0	0	0	0	1	3	4	11	22	29	33	36	44	49	52	53	53	59	64	65	66	64	74
0.7	0	0	0	0	0	2	8	14	27	40	48	50	52	62	66	68	68	67	75	79	78	77	75	83
0.6	0	0	0	0	0	6	17	27	43	57	64	68	68	77	79	79	80	79	86	88	87	86	85	89
0.5	0	0	0	0	1	11	27	41	61	74	80	82	82	88	90	91	90	89	93	95	95	94	92	95
0.4	0	0	0	0	2	16	41	59	78	87	91	93	92	95	96	97	97	96	98	98	98	98	98	98
0.3	0	0	0	0	3	27	55	75	91	96	98	98	98	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	5	37	70	87	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	8	47	81	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	12	56	89	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2016-2019	0	0	0	0	0	1	2	3	8	15	22	27	30	37	42	47	48	47	54	58	59	60	60	71

表 2-9 漁獲管理規則案（本編資料 FRA-SA2022-BRP02-01）での選択率に 2004～2010 年の平均値を用いた際に将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率（％）

漁獲管理規則案での選択率に自主管理が行われる前の 2004～2010 年の平均値を使用し、低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）での漁獲を 2023 年以降に続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	45	63	75	76	79	79	88	90	92	92	91	95	96	96	96	96	97	98	98	98	97	98
0.9	0	0	45	63	81	84	87	89	94	96	97	97	96	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99
0.8	0	0	45	63	85	91	93	95	98	98	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.7	0	0	45	63	88	94	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	0	0	45	63	90	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	0	45	63	93	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	0	0	45	63	94	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	0	0	45	63	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	45	63	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	45	63	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	45	63	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2016-2019	0	0	45	63	75	82	86	87	93	95	97	97	97	98	98	99	99	99	99	99	100	99	99	100

表 2-10 漁獲管理規則案（本編資料 FRA-SA2022-BRP02-01）での選択率に 2004～2010 年の平均値を用いた際の将来の平均親魚量（万トン）

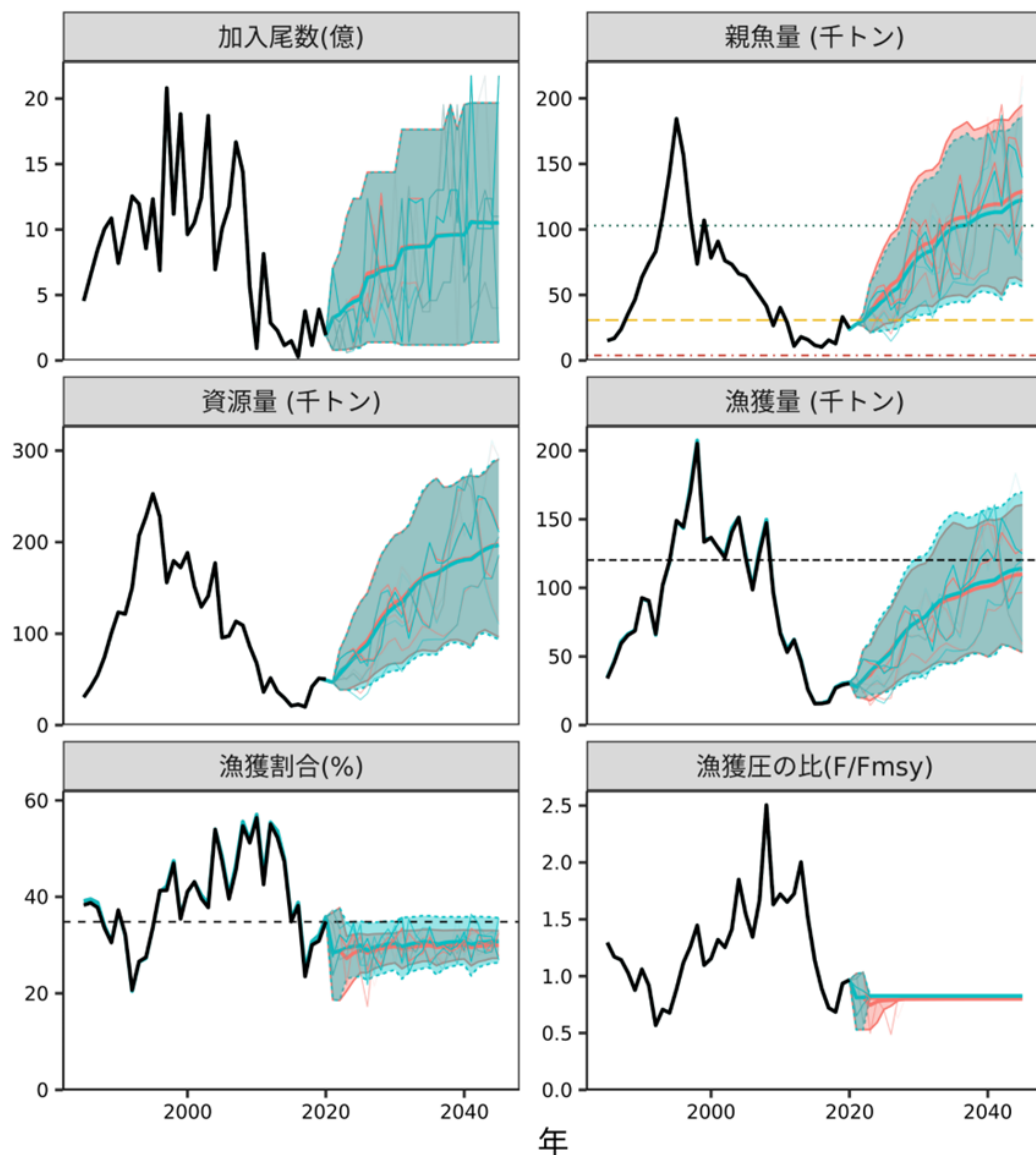
漁獲管理規則案での選択率に自主管理が行われる前の 2004～2010 年の平均値を使用し、低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）での漁獲を 2023 年以降に続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.1	3.6	4.0	4.3	4.5	4.5	5.2	5.6	6.0	6.2	6.3	6.9	7.4	7.7	7.8	7.9	8.2	8.4	8.6	8.7	8.7	9.6
0.9	2.4	2.8	3.1	3.6	4.3	4.7	5.0	5.2	6.0	6.7	7.1	7.4	7.6	8.2	8.8	9.1	9.2	9.3	9.6	9.9	10.1	10.2	10.2	11.2
0.8	2.4	2.8	3.1	3.6	4.5	5.2	5.7	6.1	7.1	8.0	8.6	8.9	9.0	9.7	10.4	10.7	10.9	10.9	11.3	11.7	11.8	11.9	11.9	13.1
0.7	2.4	2.8	3.1	3.6	4.8	5.7	6.6	7.2	8.4	9.5	10.2	10.6	10.7	11.5	12.2	12.6	12.8	12.9	13.3	13.7	13.9	14.0	14.0	15.3
0.6	2.4	2.8	3.1	3.6	5.1	6.3	7.5	8.4	9.9	11.3	12.1	12.5	12.7	13.5	14.4	14.9	15.2	15.2	15.7	16.2	16.4	16.6	16.6	18.1
0.5	2.4	2.8	3.1	3.6	5.4	6.9	8.6	9.9	11.7	13.3	14.4	14.9	15.1	16.0	17.1	17.7	18.0	18.1	18.7	19.2	19.6	19.8	19.8	21.7
0.4	2.4	2.8	3.1	3.6	5.7	7.7	9.9	11.6	13.8	15.8	17.1	17.8	18.1	19.2	20.4	21.2	21.7	21.8	22.5	23.1	23.5	23.8	23.8	26.2
0.3	2.4	2.8	3.1	3.6	6.0	8.5	11.3	13.6	16.4	18.8	20.5	21.5	22.0	23.2	24.7	25.7	26.3	26.6	27.4	28.2	28.7	29.1	29.2	32.1
0.2	2.4	2.8	3.1	3.6	6.4	9.4	13.0	16.0	19.4	22.5	24.7	26.1	26.9	28.5	30.3	31.6	32.5	33.0	33.9	34.9	35.6	36.1	36.3	40.1
0.1	2.4	2.8	3.1	3.6	6.7	10.4	14.9	18.8	23.1	27.1	30.1	32.2	33.4	35.4	37.7	39.5	40.8	41.6	42.7	44.0	45.0	45.7	46.1	51.3
0	2.4	2.8	3.1	3.6	7.1	11.6	17.1	22.2	27.7	32.8	37.0	40.0	42.1	44.9	47.9	50.5	52.4	53.7	55.3	57.1	58.5	59.6	60.2	67.8
F2016-2019	2.4	2.8	3.1	3.6	4.1	4.7	5.2	5.5	6.5	7.3	7.8	8.2	8.4	9.1	9.7	10.1	10.3	10.3	10.7	11.0	11.2	11.3	11.3	12.4

表 2-11 漁獲管理規則案（本編資料 FRA-SA2022-BRP02-01）での選択率に 2004～2010 年の平均値を用いた際の将来の平均漁獲量（万トン）

漁獲管理規則案での選択率に自主管理が行われる前の 2004～2010 年の平均値を使用し、低加入を仮定した将来予測。調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の結果を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）での漁獲を 2023 年以降に続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.8	3.3	4.4	4.8	5.0	5.4	5.9	6.5	6.9	7.2	7.6	8.1	8.6	8.9	9.1	9.3	9.6	9.8	10.0	10.1	10.3	10.6	11.5
0.9	3.0	2.8	3.3	4.0	4.6	5.0	5.4	6.1	6.7	7.2	7.4	7.8	8.4	8.8	9.1	9.2	9.4	9.7	9.9	10.1	10.2	10.4	10.7	11.5
0.8	3.0	2.8	3.3	3.7	4.4	4.9	5.4	6.2	6.8	7.3	7.5	7.9	8.4	8.8	9.1	9.2	9.4	9.7	9.9	10.0	10.1	10.3	10.6	11.4
0.7	3.0	2.8	3.3	3.3	4.1	4.7	5.3	6.1	6.8	7.2	7.5	7.8	8.3	8.7	9.0	9.1	9.2	9.5	9.7	9.9	9.9	10.1	10.4	11.1
0.6	3.0	2.8	3.3	2.9	3.7	4.4	5.1	5.9	6.6	7.0	7.3	7.6	8.0	8.4	8.7	8.8	9.0	9.2	9.4	9.5	9.6	9.8	10.0	10.8
0.5	3.0	2.8	3.3	2.4	3.3	4.1	4.8	5.6	6.2	6.6	6.9	7.2	7.6	7.9	8.2	8.4	8.5	8.7	8.9	9.1	9.2	9.3	9.5	10.3
0.4	3.0	2.8	3.3	2.0	2.8	3.6	4.3	5.0	5.6	6.1	6.3	6.6	6.9	7.3	7.5	7.7	7.8	8.0	8.2	8.4	8.5	8.6	8.8	9.5
0.3	3.0	2.8	3.3	1.5	2.3	3.0	3.6	4.3	4.8	5.2	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6	6.7	6.9	7.1	7.2	7.4	7.4	7.5	7.7	8.4
0.2	3.0	2.8	3.3	1.1	1.6	2.2	2.7	3.2	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	5.0	5.2	5.3	5.5	5.6	5.7	5.9	5.9	6.0	6.1	6.7
0.1	3.0	2.8	3.3	0.5	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8	4.1
0	3.0	2.8	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F2016-2019	3.0	2.8	3.3	3.9	4.4	4.9	5.3	6.1	6.8	7.3	7.6	7.9	8.5	9.0	9.3	9.5	9.6	10.0	10.2	10.4	10.5	10.6	10.9	11.8



(塗り:5-95%予測区間, 太い実線: 平均値, 細い実線: シミュレーションの1例)

図 2-1. 選択率に自主管理前の 2004～2010 年の平均値を用いて算出された MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則での将来予測（赤色）と現在の漁獲圧（F2016-2019）で漁獲を続けた場合の将来予測（緑色）

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる 90% 予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例である。親魚量の図の緑破線は選択率に自主管理前の 2004～2010 年の平均値を用いて算出された SB_{msy} 、黄色点線は $SB_{0.6msy}$ 、赤点線は $SB_{0.1msy}$ を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される親魚量と 2016～2019 年の漁獲圧よりランダムサンプリングされた値で仮定した。2023 年以降の漁獲は上記の MSY 管理基準値に基づく漁獲管理規則に従う。調整係数 β には 0.8 を用いた。比較のため、現在の漁獲圧として 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）で漁獲を続けた場合の予測結果も示した。

資料 3. 将来予測に用いる現状の漁獲圧として 2016～2019 年の F からのランダムサンプリングではなく、2016～2019 年の F の平均値を用いる場合の将来予測

本系群では、直近年の漁獲圧の不確実性を将来予測に取り込むため、2021 年および 2022 年の漁獲圧は現状の漁獲圧として参照した 2016 年から 2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングして仮定している。また、参考として示している現状の漁獲を続ける将来予測でも、2023 年以降の漁獲圧を 2016～2019 年の漁獲係数からのランダムサンプリングで仮定している（FRA-SA2022-BRP02-01、図 9）。本資料では、2021 年および 2022 年に仮定する漁獲圧にランダムサンプリングを使用せず 2016 年から 2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）を用いた場合の将来予測結果を示す（図 3-1、表 3-1～表 3-3）。また、参考として示す現状の漁獲圧を続ける将来予測でも、2023 年以降に仮定する漁獲圧に F2016-2019 を用いた結果を示す。

2021 年および 2022 年の漁獲圧に F2016-2019 を用いたところ、それぞれの β を用いた際の親魚量が 10 年後（2033 年）に目標管理基準値を上回る確率は、両年にランダムサンプリングを用いた場合と殆ど同じであった。将来の平均親魚量および平均漁獲量の予測結果からも、漁獲管理規則案での漁獲開始直後の短期的な予測値には僅かな差異が見られるものの 10 年後の 2033 年に予測される値はほぼ同じであることが示された。現状の漁獲圧として将来も F2016-2019 の漁獲を続ける場合と、2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングを継続する場合とでも、予測される数値に見られる差はわずかであった。

表 3-1. 2016～2019 年の F のランダムサンプリングを用いない場合に将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（％）

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。F2016-2019 での漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	6	7	11	17	20	24	25	24	27	30	31	34	45
0.9	0	0	0	0	0	0	0	1	3	8	11	15	18	25	30	35	36	37	42	45	47	48	50	65
0.8	0	0	0	0	0	1	2	3	10	21	27	32	34	44	48	52	52	52	59	63	64	64	63	76
0.7	0	0	0	0	0	2	7	12	26	40	46	50	51	61	64	66	67	66	75	77	76	75	74	83
0.6	0	0	0	0	0	4	14	24	42	56	63	66	68	76	79	78	79	77	86	88	86	85	83	90
0.5	0	0	0	0	0	8	25	39	60	73	80	81	81	87	90	90	89	88	93	95	94	93	91	95
0.4	0	0	0	0	0	12	37	57	78	88	91	92	92	95	97	97	97	96	98	98	98	98	97	98
0.3	0	0	0	0	3	26	53	75	91	96	97	98	98	99	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	4	37	69	88	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	4	45	81	95	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	9	57	91	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F2016-2019	0	0	0	0	0	1	2	3	8	17	23	28	31	40	44	49	50	50	57	61	62	62	61	75

表 3-2. 2016～2019 年の F のランダムサンプリングを用いない場合の将来の平均親魚量の推移（万トン）

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。F2016-2019 での漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.0	3.5	3.7	4.0	4.2	4.3	4.9	5.4	5.7	5.9	6.1	6.7	7.1	7.4	7.6	7.7	8.0	8.2	8.3	8.4	8.5	9.5
0.9	2.4	2.8	3.0	3.5	4.0	4.4	4.7	4.9	5.8	6.4	6.8	7.1	7.3	8.0	8.5	8.8	9.0	9.0	9.4	9.6	9.8	9.8	9.9	11.0
0.8	2.4	2.8	3.0	3.5	4.2	4.8	5.4	5.8	6.8	7.7	8.2	8.5	8.7	9.5	10.1	10.4	10.6	10.6	11.0	11.3	11.5	11.5	11.6	12.8
0.7	2.4	2.8	3.0	3.5	4.5	5.3	6.2	6.8	8.1	9.2	9.8	10.2	10.3	11.2	11.9	12.3	12.5	12.5	13.0	13.3	13.5	13.6	13.6	15.1
0.6	2.4	2.8	3.0	3.5	4.8	5.9	7.1	8.0	9.6	11.0	11.7	12.1	12.3	13.2	14.0	14.5	14.8	14.8	15.3	15.7	16.0	16.0	16.1	17.8
0.5	2.4	2.8	3.0	3.5	5.1	6.6	8.2	9.4	11.4	13.0	14.0	14.4	14.6	15.7	16.6	17.3	17.6	17.7	18.2	18.8	19.1	19.2	19.2	21.3
0.4	2.4	2.8	3.0	3.5	5.4	7.3	9.4	11.2	13.5	15.5	16.7	17.3	17.6	18.8	19.9	20.7	21.2	21.3	22.0	22.6	23.0	23.1	23.2	25.8
0.3	2.4	2.8	3.0	3.5	5.8	8.1	10.9	13.2	16.0	18.5	20.0	21.0	21.4	22.8	24.2	25.2	25.8	26.1	26.8	27.6	28.1	28.3	28.5	31.7
0.2	2.4	2.8	3.0	3.5	6.2	9.1	12.6	15.6	19.1	22.2	24.3	25.6	26.4	28.0	29.8	31.1	32.0	32.4	33.3	34.3	35.0	35.4	35.6	39.7
0.1	2.4	2.8	3.0	3.5	6.6	10.1	14.5	18.4	22.8	26.8	29.8	31.8	33.0	35.1	37.3	39.1	40.4	41.2	42.4	43.6	44.6	45.2	45.6	51.1
0	2.4	2.8	3.0	3.5	7.0	11.3	16.8	21.9	27.5	32.8	36.9	39.9	41.9	44.8	47.9	50.4	52.4	53.7	55.4	57.2	58.6	59.6	60.2	68.2
F2016-2019	2.4	2.8	3.0	3.5	4.0	4.6	5.1	5.5	6.4	7.3	7.8	8.2	8.4	9.1	9.7	10.1	10.3	10.3	10.7	11.1	11.2	11.3	11.3	12.5

表 3-3. 2016～2019 年の F のランダムサンプリングを用いない場合の将来の平均漁獲量の推移（万トン）

漁獲管理規則案での調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（F2016-2019）で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。F2016-2019 での漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.9	3.3	4.3	4.6	4.9	5.2	5.9	6.5	7.0	7.3	7.6	8.3	8.8	9.2	9.4	9.5	9.9	10.1	10.3	10.4	10.6	10.9	12.0
0.9	3.0	2.9	3.3	4.0	4.5	4.9	5.3	6.1	6.8	7.3	7.6	7.9	8.6	9.0	9.4	9.5	9.7	10.0	10.3	10.4	10.5	10.6	10.9	12.0
0.8	3.0	2.9	3.3	3.6	4.3	4.8	5.3	6.2	6.9	7.4	7.7	8.0	8.6	9.1	9.4	9.6	9.7	10.0	10.2	10.4	10.4	10.5	10.8	11.9
0.7	3.0	2.9	3.3	3.2	4.0	4.7	5.3	6.2	7.0	7.4	7.7	7.9	8.5	9.0	9.3	9.4	9.5	9.8	10.1	10.2	10.3	10.4	10.6	11.6
0.6	3.0	2.9	3.3	2.9	3.7	4.4	5.1	6.1	6.8	7.3	7.5	7.7	8.3	8.7	9.0	9.1	9.2	9.5	9.8	9.9	10.0	10.0	10.3	11.3
0.5	3.0	2.9	3.3	2.4	3.3	4.1	4.8	5.7	6.4	6.9	7.1	7.3	7.8	8.2	8.5	8.7	8.8	9.1	9.3	9.4	9.5	9.6	9.8	10.7
0.4	3.0	2.9	3.3	2.0	2.8	3.6	4.3	5.2	5.9	6.3	6.6	6.8	7.2	7.6	7.9	8.0	8.1	8.4	8.6	8.7	8.8	8.9	9.1	10.0
0.3	3.0	2.9	3.3	1.5	2.3	3.0	3.7	4.4	5.0	5.5	5.7	5.9	6.3	6.6	6.9	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7	7.8	7.8	8.0	8.8
0.2	3.0	2.9	3.3	1.1	1.6	2.2	2.8	3.4	3.9	4.2	4.5	4.7	4.9	5.2	5.4	5.6	5.7	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1
0.1	3.0	2.9	3.3	0.5	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.5	2.7	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	4.4
0	3.0	2.9	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
F2016-2019	3.0	2.9	3.3	3.8	4.3	4.8	5.2	6.1	6.8	7.3	7.6	7.9	8.6	9.0	9.4	9.5	9.7	10.0	10.2	10.4	10.4	10.6	10.9	11.9

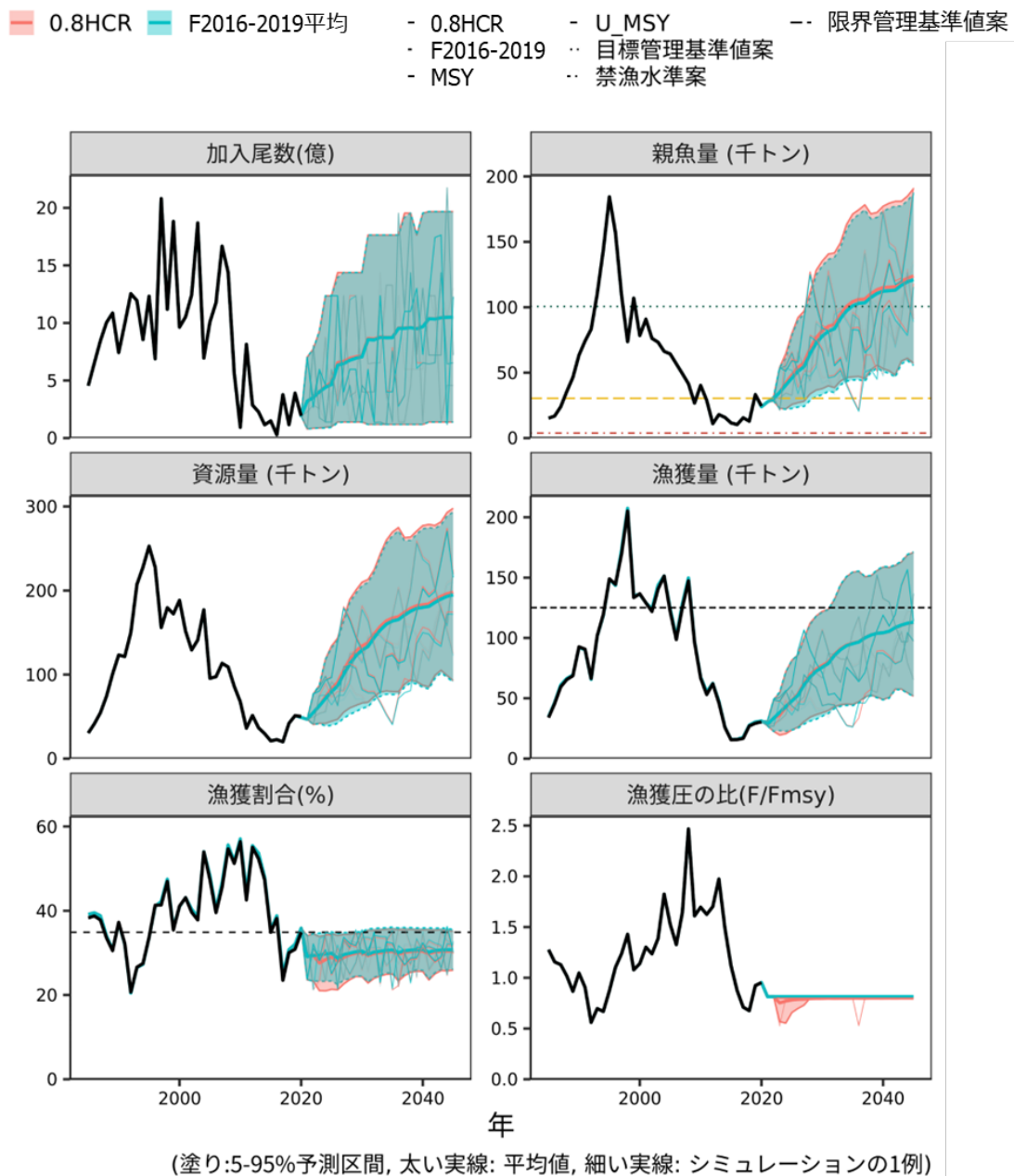


図 3-1. 2016～2019 年の F のランダムサンプリングを用いない場合の将来予測について管理基準値案に基づく漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧（ $F_{2016-2019}$ ）で漁獲を続けた場合（緑色）の比較

太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90% が含まれる 90% 予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄色点線は限界管理基準値案、赤点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。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数の平均値（ $F_{2016-2019}$ ）により仮定した。漁獲管理規則案（2023 年以降）は標準の管理基準値案に基づく（図 5）。調整係数 β には 0.8 を用いた。 $F_{2016-2019}$ での漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

資料 4. 2003 年以前のデータの重みを変えた場合の感度試験

事前検討会での試算資料（FRA-SA2022-BRP02-02、資料 1）で示したとおり、本系群での資源評価で用いている 1985～2020 年の年齢別漁獲尾数のデータのうち、2003 年以前は体長頻度分布に対して混合正規分布を仮定した組成分解による年齢別漁獲尾数が与えられていた一方、2004 年以降は高頻度の漁獲物サンプリングに基づく年齢査定等をもとに年齢別漁獲尾数が作成されている状況から、2003 年以前と 2004 年以降でデータの質が異なる（道総研）と指摘されている。そのため、本資料では 2003 年以前のデータの重みを変えた場合の再生産関係の確認や管理基準値案の比較を行った。2003 年以前のデータの重みとしては FRA-SA2022-BRP02-02 で示した値（0.7）も含め、0、0.1、0.3、0.5、0.7 を用いた。

（1）データの重みを変えた場合の再生産関係の候補の比較

2003 年以前のデータの重みを 0～0.7 と変えた場合の再生産関係としてあげられる各候補のうち、各シナリオであてはまりの良かったそれぞれ 4 つの候補について表 4-1 に示した。重みを 0～0.7 と変えた各シナリオにおいて、再生産関係式としてはいずれも HS 型で AICc が小さくなった。一方、AICc が小さくなる最適化方法は重みにより異なり、重みが 0～0.3 では最適化方法として最小二乗法（L2）を用いた方が AICc は小さく、重み 0.5 および 0.7 では最小絶対値法（L1）を用いた方が AICc は小さかった。各シナリオで RI 型も当てはまりのよい候補としてあげられたが、重み 0 および 0.1 では再生産関係が直線的になり（図 4-1b）、推定されるパラメータは過大となった（表 4-1）。重み 0.3 では最適化方法として最小二乗法（L2）を用いた方が AICc は小さく、重み 0.5 および 0.7 では最小絶対値法（L1）を用いた方が AICc は小さかった（表 4-1）。本検討において、HS 型再生産関係の折れ点（b）は、重みを 0.1 とする場合に最小二乗法（L2）で 89,114 トン、最小絶対値法（L1）で 94,398 トンと最大となった。一方、最小二乗法（L2）では重み 0 で 63,801 トン、最小絶対値法（L1）では重み 0.5 で 51,626 トンと最小となった。

（2）データの重みを変えた場合の再生産関係式の比較

各シナリオについて HS 型および RI 型の再生産関係式を図 4-1 に示す。HS 型では全てのシナリオで最小絶対値法（L1）と最小二乗法（L2）とも当てはまりの良かった 4 つの候補に含まれていたため、それぞれの再生産関係式を示した（図 4-1a）。一方 RI 型については 4 つの候補に含まれていたものとして（表 4-1）、重み 0～0.5 では最小二乗法（L2）を、0.5 と 0.7 では最小絶対値法（L1）を用いた場合の再生産関係式を示した（図 4-1b）。

HS 型において、重み 0 の際はいずれの最適化法においても折れ点が観測された最大親魚量付近（6 万トン程度）となる。一方 2003 年以前の重みを変化させる場合、重み 0.5 および 0.7 を用いて最小絶対値法で当てはめた場合の折れ点は、全年の重みを 1 とした場合の 4.9 万トン（FRA-SA2022-BRP02-01、表 1b）と近く、5 万トン程度となった。一方、重み 0.1 および 0.3 とし最小絶対値法を用いた場合と、重み 0.1～0.7 とし最小二乗法を用いた際の折れ点は 8～9 万トンとなった（表 4-1、図 4-1a）。RI 型において、重みが 0～0.1 とした場合は親魚量に対して加入量が直線的に増加するが、重みを 0.3 および 0.5 で最小二乗法を用いる場合は傾きがゆるやかとなった（図 4-1b）。重み 0.5 および 0.7 で最小絶対値法

を用いる場合は、全年を 1 とした場合（FRA-SA2022-BRP02-01、補足図 2-1、補足表 2-1）とほぼ変わらない曲線となる（図 4-1b）。これらのことから、HS 型および RI 型ともに重みを 0.5 以上とし、最小絶対値法を用いる場合には全年の重みを 1.0 とする場合とほぼ変わらない再生産関係となることが示された。

（3）HS 型再生産関係（最小絶対値法）を用い、データの重みを変えた場合の基準値および低加入シナリオにおいてリサンプリングされる残差の違い

いずれの重みにおいても再生産関係の候補としては HS 型で最も AICc が小さくなり、最適化方法として最小絶対値法と最小二乗法の違いは 2.0 以下であった（表 4-1）。全年のデータの重みを 1.0 とした場合と比較するため、各シナリオにおいて HS 型再生産関係で最適化方法として最小絶対値法を当てはめた場合の管理基準値等を試算した（表 4-2）。

重みを 0.1 とする場合、HS の折れ点は 9.4 万トンとなり、SBmsy は 15.9 万トン、SB0.6msy は 5.6 万トン、SB0.1msy は 0.7 万トンと全年の重みを 1.0 とする場合と比べて大きくなった。重みを 0.3 とする場合も同様に、折れ点は 7.6 万トン、SBmsy は 13.6 万トン、SB0.6msy は 4.6 万トン、SB0.1msy は 0.6 万トンと全年の重みを 1.0 とする場合と比べて大きくなった。これらの重みを用いた場合では、管理開始 10 年後に 50%以上の確率で SBmsy を上回る β は 0.8 以下となった（表 4-2、表 4-3）。一方、重みを 0.5 および 0.7 とする場合は折れ点がそれぞれ 5.2 万トン、5.3 万トンと僅かな違いが見られるが、管理基準値案はいずれにおいても SBmsy は 10.6 万トン、SB0.6msy は 3.3 万トン、SB0.1msy は 0.4 万トンと同じ値となった。これらの重みにおける管理基準値案は全年の重みを 1.0 とする場合と比べて SBmsy で 0.7 万トン、SB0.6msy で 0.2 万トン大きくなったが、管理開始 10 年後に 50%以上の確率で SBmsy を上回る β は 0.7 と同じ値になった（表 4-2、表 4-3）。

各重みについて低加入シナリオを仮定し、将来予測に用いた残差について図 4-2 に示した。重みを 0.1 と 0.3 にする場合は近年の加入の負の残差傾向による影響が長期的に残る一方で（図 4-2b、図 4-2c）、重みを 0.5～1.0 とした場合はリサンプリングされる残差の平均値は年数が経過するにつれて 0 に近づいた（図 4-2d～4-2f）。重みを 0.1 と 0.3 にする場合は HS 再生産関係式の折れ点が重み 0.5～1.0 の場合と比べて大きくなり、また傾きが緩やかになるため（図 4-1）、リサンプリングされる残差は重みを 0.5～1.0 とする場合よりも小さくなる傾向が見られた（図 4-2）。

（4）HS 型再生産関係（最小絶対値法）を用い、データの重みを変えた場合の神戸プロットおよび低加入シナリオでの将来予測

2003 年以前のデータの重みを 0.0～1.0 と変えた場合のそれぞれの管理基準値案（表 4-2）を用いた神戸プロットを図 4-3 に示す。全年の重みを 1.0 とする場合は、2020 年の漁獲圧は Fmsy を下回るが（図 4-3f）、重み 0～0.3 の場合では直近年である 2020 年の漁獲圧は Fmsy を上回る（図 4-3a、図 4-3b、図 4-3c）。一方、重みが 0.5 および 0.7 の場合は、2020 年の漁獲圧は Fmsy とほぼ一致した（図 4-3d、図 4-3e）。

それぞれの重みを用いて低加入シナリオで将来予測を行い、 β を 0.0～1.0 の間で変えた場合の親魚量が SBmsy を上回る確率、親魚量の平均値および漁獲量の平均値を表 4-3～表 4-5 に示す。上述したとおり、管理開始後 10 年の 2033 年に 50%以上の確率で SBmsy を上回る

調整係数 β は、重み 0.1 および 0.3 では $\beta 0.8$ 、重み 0.5 および 0.7 では $\beta 0.7$ である（表 4-3）。2023 年の親魚量の平均値は、重みが 0.1 と 0.3 の場合はそれぞれ $SB_{0.6msy}$ の 5.6 万トンと 4.6 万トンを下回るが、重みが 0.5 と 0.7 の場合はそれぞれ SB_{msy} の 3.3 万トンを上回る（表 4-4）。2023 年の平均漁獲量は、重みが小さいほど同じ調整係数 β で比較した場合の値が小さかった。調整係数 β を 0.0～1.0 とした場合の 2023 年の漁獲量は、重み 0.1 では 0.0～1.6 万トン、重み 0.3 では 0.0～2.5 万トン、重み 0.5 では 0.0～3.9 万トン、重み 0.7 では 0.0～3.9 万トンと予測された（表 4-5）。2020 年の漁獲量は 3.0 万トンであり、重み 0.1 と 0.3 ではいずれの調整係数 β においても 2023 年の漁獲量は現状の漁獲量を下回る。一方、重み 0.5 と 0.7 では、調整係数 $\beta 0.8$ 以上で 2023 年の漁獲量は現状の漁獲量を上回った（表 4-5）。

表 4-1. 2003 年以前のデータの重みを変えた場合の再生産関係式における各パラメータ推定値

各シナリオにおいて、AICc が低い順に 4 つの再生産関係式を示した。S.D.は加入のばらつきの大きさをあらわす指標で、対数残差の標準偏差 (Standard Deviation、平均二乗誤差の平方根) である。R0 は SB0 のときの平均加入尾数である。h (スティープネス) は再生産関係の密度補償効果の程度を示す指標であり、RI および BH の場合は 0.2SB0 のときの平均加入尾数を R0 で割った値、HS の場合は 1-SBhs/SB0 (SBhs は HS の折れ点) となる値である (FRA-SA2021-ABCWG01-03)。各シナリオにおける再生産関係において自己相関は考慮しなかった。

2003 年以前のデータの重み0

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ	AICc	$\Delta AICc$	R0*1	h*2	データ数
HS	L2	無	0.0131	63,801	0.767	0	47.06	0.00	837	0.9195	17
RI	L2	無	0.0131	3.11E-13	0.767	0	47.08	0.02	8548815841	1.4972	17
BH	L2	無	0.0131	6.93E-13	0.767	0	47.08	0.02	#####	0.7558	17
HS	L1	無	0.0129	59,995	0.767	0	48.08	1.02	772	0.9179	17

2003 年以前のデータの重み0.1

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ	AICc	$\Delta AICc$	R0*1	h*2	データ数
HS	L2	無	0.0135	89,114	0.746	0	50.17	0.00	1200	0.9216	36
RI	L2	無	0.0133	3.59E-13	0.752	0	50.48	0.30	7458432118	1.517	36
BH	L2	無	0.0133	1.91E-12	0.752	0	50.48	0.30	6400202591	0.7589	36
HS	L1	無	0.0129	94,398	0.747	0	51.22	1.05	1215	0.9179	36

2003 年以前のデータの重み0.3

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ	AICc	$\Delta AICc$	R0*1	h*2	データ数
HS	L2	無	0.0141	84,943	0.711	0	56.21	0.00	1200	0.9252	36
HS	L1	無	0.0157	76,239	0.718	0	56.85	0.65	1195	0.9326	36
RI	L2	無	0.0147	1.70E-06	0.726	0	57.14	0.93	1633	1.6423	36
BH	L2	無	0.0145	1.45E-06	0.726	0	57.17	0.97	9274	0.7741	36

2003 年以前のデータの重み0.5

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ	AICc	$\Delta AICc$	R0*1	h*2	データ数
HS	L1	無	0.0211	51,626	0.745	0	61.76	0.00	1089	0.9499	36
HS	L2	無	0.0147	82,279	0.682	0	62.02	0.26	1207	0.928	36
RI	L1	無	0.0247	7.09E-06	0.755	0	63.27	1.50	470	2.4918	36
RI	L2	無	0.0160	2.94E-06	0.700	0	63.40	1.64	979	1.7618	36

2003 年以前のデータの重み0.7

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ	AICc	$\Delta AICc$	R0*1	h*2	データ数
HS	L1	無	0.0211	53,030	0.708	0	65.94	0.00	1118	0.9499	36
RI	L1	無	0.0256	7.28E-06	0.725	0	67.55	1.62	462	2.5635	36
HS	L2	無	0.0151	79,718	0.659	0	67.64	1.71	1206	0.9302	36
BH	L1	無	0.0302	1.62E-05	0.744	0	69.26	3.32	1798	0.8774	36

*1 SB0の際の平均加入尾数

*2 steepnessを示す

表 4-2. データの重みを変えた場合の HS の折れ点 (b) および MSY 管理基準値案などの違い

考慮する条件	使用するデータ年	再生産関係		MSY管理基準値案					将来予測の加入シナリオ	10年後に50%以上の確率でSBmsyを上回る β
			HSの折れ点b (トン)	SBmsy (万トン)	SB0.6msy (万トン)	SB0.1msy (万トン)	MSY (万トン)	%SPR (%)		
長期データ使用*	1985-2020	HSL1 AR0	48,640	10.1	3.0	0.4	12.5	12.9	低加入	0.7
データの質	2003年以前の重み0.0	HSL1 AR0	59,995	10.4	3.6	0.4	8.4	19.4	低加入	0.7
	重み0.1	HSL1 AR0	94,398	15.9	5.6	0.7	12.6	19.8	低加入	0.8
	重み0.3	HSL1 AR0	76,239	13.6	4.6	0.6	12.7	17.0	低加入	0.8
	重み0.5	HSL1 AR0	51,626	10.6	3.3	0.4	11.9	14.3	低加入	0.7
	重み0.7	HSL1 AR0	53,030	10.6	3.3	0.4	12.2	13.9	低加入	0.7

*本編で提案したシナリオ

表 4-3. 2003 年以前のデータの重みを変更し、HS 型再生産関係（最小絶対値法）を用いた時の低加入シナリオでの将来の親魚量が SBmsy を上回る確率（％）

2003 年以前のデータの重みは、それぞれ a) 0.1、b) 0.3、c) 0.5、d) 0.7 である。漁獲管理規則案に従い、調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

a)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	10	14	21	28	32	37	40	42	38	37	36	38	29
0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	12	21	28	35	43	48	51	53	56	57	55	54	54	44
0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11	23	33	41	52	58	62	65	66	69	72	72	71	70	65
0.7	0	0	0	0	0	0	0	1	8	22	36	48	54	67	72	74	77	76	81	84	84	84	83	84
0.6	0	0	0	0	0	0	0	3	16	34	51	63	67	79	83	84	86	85	89	92	93	91	90	93
0.5	0	0	0	0	0	0	1	8	26	51	67	76	79	88	92	93	93	92	95	97	97	97	95	97
0.4	0	0	0	0	0	0	2	14	39	65	79	86	90	95	97	98	97	97	98	99	99	99	99	99
0.3	0	0	0	0	0	0	5	23	55	79	89	94	95	98	99	99	99	99	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	0	9	33	68	88	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	0	14	45	80	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	0	1	22	58	88	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7	10	13	18	17	17	18	19	21	18

b)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	12	16	21	28	32	35	37	39	35	34	34	35	30
0.9	0	0	0	0	0	0	0	1	4	9	16	24	30	38	44	48	50	52	54	54	52	52	51	48
0.8	0	0	0	0	0	0	0	2	9	20	32	40	44	54	59	62	64	65	69	71	72	70	69	74
0.7	0	0	0	0	0	0	1	6	18	34	47	55	58	70	73	75	76	75	81	84	84	83	82	86
0.6	0	0	0	0	0	0	4	13	30	50	63	70	72	82	84	85	86	85	89	92	92	90	89	93
0.5	0	0	0	0	0	0	7	21	45	67	78	82	83	91	93	93	94	93	96	97	97	97	95	97
0.4	0	0	0	0	0	1	12	32	62	81	88	93	93	96	97	98	98	97	99	99	99	99	99	99
0.3	0	0	0	0	0	2	19	46	77	90	96	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	0	5	30	60	87	97	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	0	8	42	74	93	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	0	12	54	84	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	10	14	19	25	30	33	37	38	36	36	37	38	35

c)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	7	9	13	19	22	24	27	27	28	30	32	34	43
0.9	0	0	0	0	0	0	0	1	4	8	13	18	21	27	33	36	38	39	44	46	48	50	50	63
0.8	0	0	0	0	0	0	1	3	11	21	28	34	37	46	50	53	54	54	60	65	65	66	64	74
0.7	0	0	0	0	0	1	6	12	25	39	47	51	52	62	66	68	68	68	75	79	78	77	75	83
0.6	0	0	0	0	0	3	13	23	40	56	63	66	67	77	79	79	80	79	86	88	88	86	84	90
0.5	0	0	0	0	0	7	21	36	58	72	78	81	80	88	90	90	90	89	94	95	95	94	91	95
0.4	0	0	0	0	1	11	33	51	75	86	90	92	92	95	96	96	96	96	98	98	98	98	97	99
0.3	0	0	0	0	1	18	48	69	87	95	97	98	98	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	2	28	62	82	95	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	4	39	74	92	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	6	48	85	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	0	0	1	3	8	14	19	23	26	33	38	43	43	46	50	52	54	56	56	66

d)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	8	9	14	20	22	25	27	27	28	30	31	33	41
0.9	0	0	0	0	0	0	0	1	4	8	14	19	23	28	34	38	39	41	45	46	49	50	50	63
0.8	0	0	0	0	0	0	2	4	12	22	30	35	38	47	51	54	55	55	62	66	66	66	65	75
0.7	0	0	0	0	0	1	6	13	26	40	48	52	54	64	66	69	70	69	75	80	79	77	76	83
0.6	0	0	0	0	0	3	13	23	41	57	64	68	68	78	80	80	81	80	87	89	88	87	85	90
0.5	0	0	0	0	0	7	21	37	59	74	80	82	82	89	91	91	91	90	94	96	95	95	92	96
0.4	0	0	0	0	1	11	34	53	76	87	91	93	93	96	97	97	97	96	98	98	99	98	98	99
0.3	0	0	0	0	1	19	49	71	88	96	98	98	98	99	99	99	99	99	99	100	100	100	100	100
0.2	0	0	0	0	2	29	63	84	96	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	0	4	40	76	92	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	0	7	49	86	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	0	1	2	4	9	16	21	27	29	37	42	47	47	49	54	56	58	59	59	69

表 4-4. 2003 年以前のデータの重みを変更し、HS 型再生産関係（最小絶対値法）を用いた時の低加入シナリオでの将来の親魚量の平均値（万トン）

2003 年以前のデータの重みは、それぞれ a) 0.1、b) 0.3、c) 0.5、d) 0.7 である。漁獲管理規則案に従い、調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

a)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.1	3.2	4.4	4.9	5.5	6.0	7.2	8.2	9.1	10.1	10.7	12.0	13.0	13.7	14.2	14.6	14.8	14.7	14.7	14.8	14.8	14.2
0.9	2.4	2.8	3.1	3.2	4.5	5.2	5.9	6.6	8.0	9.3	10.6	11.7	12.6	14.0	15.1	15.9	16.4	16.9	17.0	16.9	16.9	16.9	16.9	16.2
0.8	2.4	2.8	3.1	3.2	4.6	5.4	6.3	7.2	9.0	10.7	12.3	13.7	14.7	16.3	17.6	18.4	18.9	19.4	19.5	19.4	19.4	19.3	19.3	18.4
0.7	2.4	2.8	3.1	3.2	4.8	5.7	6.8	8.0	10.1	12.3	14.4	16.0	17.1	18.9	20.4	21.3	21.8	22.2	22.3	22.3	22.2	22.1	22.1	21.0
0.6	2.4	2.8	3.1	3.2	4.9	6.0	7.4	8.9	11.5	14.3	16.8	18.7	19.9	21.8	23.5	24.5	25.1	25.5	25.7	25.6	25.5	25.4	25.3	24.1
0.5	2.4	2.8	3.1	3.2	5.0	6.3	8.0	9.9	13.2	16.6	19.6	21.8	23.1	25.2	27.1	28.3	28.9	29.4	29.6	29.6	29.5	29.4	29.3	27.8
0.4	2.4	2.8	3.1	3.2	5.1	6.7	8.7	11.2	15.1	19.3	22.8	25.4	26.9	29.2	31.3	32.7	33.5	34.1	34.4	34.4	34.4	34.2	34.1	32.5
0.3	2.4	2.8	3.1	3.2	5.3	7.1	9.5	12.6	17.4	22.5	26.6	29.6	31.4	34.0	36.4	38.1	39.1	39.9	40.3	40.4	40.4	40.3	40.2	38.4
0.2	2.4	2.8	3.1	3.2	5.4	7.5	10.4	14.2	20.0	26.0	30.9	34.5	36.8	39.8	42.7	44.8	46.1	47.2	47.8	48.0	48.1	48.0	48.0	45.9
0.1	2.4	2.8	3.1	3.2	5.5	7.9	11.5	16.1	22.9	30.1	36.0	40.4	43.3	46.9	50.5	53.1	54.9	56.4	57.3	57.8	58.1	58.1	58.1	55.9
0	2.4	2.8	3.1	3.2	5.7	8.4	12.6	18.2	26.3	34.9	42.1	47.6	51.4	55.8	60.3	63.8	66.3	68.4	69.8	70.7	71.3	71.5	71.7	69.7
現状の漁獲圧	2.4	2.8	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7	4.3	4.7	5.2	5.8	6.3	7.2	8.0	8.8	9.4	10.2	10.5	10.7	11.1	11.4	11.7	12.2

b)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.1	3.4	4.3	4.7	5.3	5.6	6.7	7.6	8.3	9.0	9.4	10.4	11.1	11.6	12.0	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
0.9	2.4	2.8	3.1	3.4	4.5	5.0	5.7	6.3	7.6	8.8	9.8	10.6	11.1	12.2	13.1	13.6	13.9	14.2	14.3	14.2	14.2	14.2	14.2	14.0
0.8	2.4	2.8	3.1	3.4	4.6	5.3	6.3	7.1	8.7	10.3	11.5	12.5	13.0	14.3	15.3	15.8	16.1	16.4	16.5	16.4	16.4	16.3	16.3	16.1
0.7	2.4	2.8	3.1	3.4	4.8	5.7	6.9	8.1	10.1	12.1	13.6	14.7	15.3	16.6	17.8	18.4	18.7	19.0	19.1	19.0	19.0	18.9	18.8	18.5
0.6	2.4	2.8	3.1	3.4	5.0	6.1	7.6	9.2	11.7	14.2	16.0	17.3	17.9	19.3	20.6	21.4	21.7	22.0	22.1	22.1	22.0	21.9	21.8	21.5
0.5	2.4	2.8	3.1	3.4	5.2	6.6	8.5	10.5	13.6	16.7	18.8	20.3	21.0	22.5	24.0	24.9	25.3	25.7	25.8	25.8	25.8	25.6	25.5	25.2
0.4	2.4	2.8	3.1	3.4	5.4	7.1	9.4	12.1	15.9	19.5	22.1	23.8	24.6	26.4	28.1	29.1	29.7	30.2	30.4	30.5	30.4	30.3	30.2	29.8
0.3	2.4	2.8	3.1	3.4	5.6	7.6	10.6	13.9	18.4	22.8	26.0	28.0	29.1	31.1	33.1	34.5	35.2	35.9	36.2	36.3	36.3	36.2	36.1	35.7
0.2	2.4	2.8	3.1	3.4	5.8	8.2	11.8	16.0	21.4	26.7	30.5	33.2	34.7	37.1	39.5	41.2	42.3	43.2	43.7	43.9	44.0	44.0	43.9	43.5
0.1	2.4	2.8	3.1	3.4	6.0	8.9	13.2	18.4	24.9	31.3	36.1	39.5	41.7	44.6	47.7	50.0	51.5	52.7	53.6	54.0	54.3	54.3	54.3	54.0
0	2.4	2.8	3.1	3.4	6.3	9.7	14.9	21.2	29.0	36.7	42.8	47.4	50.5	54.4	58.4	61.5	63.7	65.6	66.9	67.8	68.4	68.6	68.7	69.0
現状の漁獲圧	2.4	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.4	4.6	5.5	6.3	7.0	7.8	8.4	9.5	10.3	11.0	11.5	12.1	12.2	12.2	12.4	12.5	12.6	12.8

c)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.1	3.5	3.9	4.2	4.5	4.6	5.3	5.8	6.2	6.6	6.7	7.4	7.8	8.1	8.2	8.4	8.7	8.9	9.0	9.0	9.1	9.9
0.9	2.4	2.8	3.1	3.5	4.1	4.6	5.0	5.3	6.2	6.9	7.4	7.8	8.0	8.7	9.2	9.5	9.7	9.8	10.1	10.4	10.5	10.5	10.5	11.4
0.8	2.4	2.8	3.1	3.5	4.3	5.0	5.6	6.1	7.2	8.2	8.8	9.2	9.4	10.2	10.8	11.2	11.3	11.4	11.8	12.1	12.2	12.2	12.2	13.2
0.7	2.4	2.8	3.1	3.5	4.6	5.5	6.4	7.1	8.5	9.7	10.5	10.9	11.1	11.9	12.7	13.1	13.2	13.3	13.7	14.1	14.2	14.2	14.2	15.4
0.6	2.4	2.8	3.1	3.5	4.9	6.0	7.3	8.3	10.0	11.5	12.4	12.9	13.0	14.0	14.8	15.3	15.5	15.6	16.1	16.5	16.7	16.7	16.7	18.1
0.5	2.4	2.8	3.1	3.5	5.1	6.6	8.3	9.7	11.7	13.5	14.6	15.2	15.4	16.5	17.5	18.1	18.3	18.5	19.0	19.5	19.8	19.8	19.8	21.5
0.4	2.4	2.8	3.1	3.5	5.4	7.3	9.5	11.3	13.7	15.9	17.3	18.1	18.4	19.6	20.8	21.5	21.9	22.1	22.7	23.3	23.6	23.7	23.7	25.7
0.3	2.4	2.8	3.1	3.5	5.8	8.1	10.8	13.2	16.2	18.8	20.6	21.6	22.1	23.5	24.9	25.9	26.4	26.7	27.5	28.2	28.6	28.8	28.8	31.3
0.2	2.4	2.8	3.1	3.5	6.1	8.9	12.4	15.5	19.1	22.3	24.6	26.1	26.9	28.6	30.3	31.6	32.3	32.9	33.7	34.6	35.2	35.5	35.6	38.9
0.1	2.4	2.8	3.1	3.5	6.5	9.9	14.1	18.1	22.6	26.7	29.7	31.9	33.1	35.3	37.5	39.2	40.3	41.1	42.3	43.4	44.3	44.7	45.0	49.4
0	2.4	2.8	3.1	3.5	6.8	10.9	16.2	21.3	26.8	32.1	36.3	39.4	41.4	44.3	47.3	49.7	51.4	52.7	54.3	55.9	57.2	58.0	58.4	64.7
現状の漁獲圧	2.4	2.8	3.1	3.5	4.0	4.5	5.0	5.4	6.3	7.1	7.7	8.1	8.4	9.2	9.8	10.2	10.3	10.5	10.8	11.1	11.2	11.3	11.3	12.3

d)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	2.4	2.8	3.1	3.6	3.9	4.2	4.5	4.6	5.3	5.8	6.3	6.6	6.8	7.4	7.9	8.1	8.3	8.4	8.7	8.9	9.0	9.1	9.1	9.9
0.9	2.4	2.8	3.1	3.6	4.1	4.6	5.0	5.3	6.2	6.9	7.5	7.9	8.0	8.8	9.3	9.6	9.8	9.9	10.2	10.4	10.5	10.6	10.6	11.4
0.8	2.4	2.8	3.1	3.6	4.4	5.0	5.6	6.1	7.3	8.3	8.9	9.3	9.5	10.3	11.0	11.3	11.5	11.6	11.9	12.2	12.3	12.3	12.3	13.2
0.7	2.4	2.8	3.1	3.6	4.6	5.5	6.4	7.2	8.6	9.8	10.6	11.1	11.3	12.1	12.9	13.3	13.4	13.6	13.9	14.3	14.4	14.4	14.4	15.4
0.6	2.4	2.8	3.1	3.6	4.9	6.0	7.3	8.4	10.1	11.7	12.6	13.1	13.3	14.3	15.1	15.6	15.8	15.9	16.4	16.7	16.9	16.9	16.9	18.2
0.5	2.4	2.8	3.1	3.6	5.2	6.7	8.4	9.8	11.9	13.8	14.9	15.6	15.8	16.8	17.9	18.5	18.7	18.9	19.4	19.8	20.1	20.1	20.1	21.6
0.4	2.4	2.8	3.1	3.6	5.5	7.4	9.6	11.5	14.0	16.3	17.7	18.5	18.9	20.1	21.3	22.0	22.4	22.6	23.2	23.7	24.0	24.1	24.1	26.0
0.3	2.4	2.8	3.1	3.6	5.8	8.1	11.0	13.5	16.6	19.3	21.1	22.2	22.8	24.2	25.6	26.6	27.1	27.5	28.2	28.8	29.2	29.4	29.4	31.7
0.2	2.4	2.8	3.1	3.6	6.2	9.0	12.6	15.8	19.6	23.0	25.4	27.0	27.8	29.5	31.3	32.5	33.3	33.9	34.7	35.5	36.1	36.3	36.4	39.5
0.1	2.4	2.8	3.1	3.6	6.5	10.0	14.4	18.6	23.2	27.6	30.8	33.0	34.3	36.5	38.8	40.6	41.7	42.6	43.7	44.8	45.6	46.0	46.2	50.3
0	2.4	2.8	3.1	3.6	6.9	11.1	16.5	21.9	27.7	33.3	37.7	40.9	43.1	46.0	49.2	51.6	53.4	54.8	56.4	58.0	59.2	59.9	60.4	66.4
現状の漁獲圧	2.4	2.8	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.5	6.5	7.4	8.0	8.5	8.7	9.5	10.2	10.6	10.7	10.9	11.2	11.4	11.6	11.7	11.7	12.6

表 4-5. 2003 年以前のデータの重みを変更し、HS 型再生産関係（最小絶対値法）を用いた時の低加入シナリオでの将来の漁獲量の平均値（万トン）

2003 年以前のデータの重みは、それぞれ a) 0.1、b) 0.3、c) 0.5、d) 0.7 である。漁獲管理規則案に従い、調整係数 β を 0.0～1.0 にて 0.1 刻みで変更した場合の将来予測を示す。2021 年および 2022 年の漁獲量は予測される資源量と 2016～2019 年の漁獲係数をランダムサンプリングした値で仮定した。2023 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため 2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を 2023 年以降も続けた場合の予測値も示した。

a)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.7	2.8	1.6	2.8	3.5	4.2	5.2	6.2	7.1	7.9	8.5	9.4	10.2	10.8	11.2	11.5	11.6	11.6	11.6	11.6	11.7	11.7	11.8
0.9	3.0	2.7	2.8	1.5	2.6	3.4	4.2	5.2	6.3	7.3	8.1	8.7	9.7	10.4	10.9	11.3	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.7	11.7	11.6
0.8	3.0	2.7	2.8	1.3	2.5	3.3	4.1	5.2	6.3	7.3	8.1	8.8	9.7	10.4	10.9	11.2	11.4	11.5	11.5	11.5	11.4	11.5	11.5	11.3
0.7	3.0	2.7	2.8	1.2	2.3	3.1	4.0	5.1	6.2	7.3	8.1	8.7	9.6	10.2	10.7	10.9	11.1	11.2	11.2	11.2	11.1	11.1	11.1	10.9
0.6	3.0	2.7	2.8	1.0	2.0	2.9	3.7	4.9	6.0	7.0	7.8	8.4	9.2	9.8	10.2	10.5	10.6	10.7	10.7	10.7	10.6	10.6	10.6	10.4
0.5	3.0	2.7	2.8	0.9	1.8	2.6	3.4	4.5	5.7	6.6	7.4	7.9	8.6	9.1	9.5	9.8	9.9	10.0	10.0	10.0	9.9	9.9	9.9	9.7
0.4	3.0	2.7	2.8	0.7	1.5	2.2	3.0	4.1	5.1	6.0	6.6	7.1	7.7	8.2	8.6	8.8	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.8
0.3	3.0	2.7	2.8	0.5	1.2	1.8	2.5	3.4	4.3	5.1	5.6	6.0	6.5	7.0	7.3	7.5	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.5
0.2	3.0	2.7	2.8	0.4	0.8	1.3	1.8	2.5	3.2	3.8	4.3	4.6	5.0	5.3	5.5	5.7	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.8
0.1	3.0	2.7	2.8	0.2	0.4	0.7	1.0	1.4	1.8	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4
0	3.0	2.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧	3.0	2.7	2.8	3.0	3.1	3.2	3.4	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.5	7.2	7.8	8.6	9.1	9.5	9.6	9.8	10.1	10.4	10.6	11.4

b)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.8	3.0	2.5	3.6	4.3	4.9	5.9	6.9	7.7	8.3	8.9	9.7	10.3	10.8	11.1	11.3	11.4	11.4	11.4	11.4	11.5	11.6	11.9
0.9	3.0	2.8	3.0	2.3	3.5	4.2	5.0	6.0	7.1	7.9	8.5	9.1	9.9	10.5	11.0	11.2	11.4	11.5	11.5	11.5	11.4	11.5	11.6	11.8
0.8	3.0	2.8	3.0	2.1	3.3	4.1	4.9	6.1	7.1	8.0	8.6	9.2	10.0	10.6	11.0	11.2	11.3	11.4	11.4	11.3	11.3	11.3	11.4	11.6
0.7	3.0	2.8	3.0	1.8	3.0	3.9	4.8	6.0	7.1	8.0	8.6	9.1	9.8	10.4	10.7	10.9	11.1	11.1	11.1	11.1	11.0	11.0	11.1	11.2
0.6	3.0	2.8	3.0	1.6	2.8	3.7	4.6	5.8	6.9	7.7	8.3	8.8	9.4	10.0	10.3	10.5	10.6	10.7	10.7	10.6	10.6	10.6	10.7	10.7
0.5	3.0	2.8	3.0	1.4	2.4	3.3	4.2	5.4	6.5	7.3	7.9	8.2	8.8	9.3	9.7	9.9	10.0	10.0	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.1
0.4	3.0	2.8	3.0	1.1	2.1	2.9	3.7	4.9	5.9	6.6	7.1	7.5	8.0	8.4	8.8	9.0	9.1	9.2	9.2	9.2	9.1	9.1	9.2	9.2
0.3	3.0	2.8	3.0	0.8	1.6	2.4	3.1	4.1	5.0	5.6	6.1	6.4	6.8	7.2	7.5	7.7	7.8	7.9	8.0	8.0	7.9	7.9	8.0	8.0
0.2	3.0	2.8	3.0	0.6	1.2	1.7	2.3	3.1	3.7	4.3	4.7	4.9	5.3	5.6	5.8	6.0	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3
0.1	3.0	2.8	3.0	0.3	0.6	0.9	1.3	1.7	2.1	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8
0	3.0	2.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧	3.0	2.8	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	5.0	5.7	6.4	7.0	7.6	8.5	9.3	9.8	10.4	10.7	10.9	10.9	11.0	11.1	11.2	11.4	11.8

c)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.8	3.2	3.9	4.3	4.7	5.1	5.8	6.4	6.9	7.3	7.6	8.2	8.7	9.0	9.2	9.4	9.7	9.9	10.0	10.1	10.2	10.5	11.3
0.9	3.0	2.8	3.2	3.6	4.2	4.7	5.1	5.9	6.6	7.1	7.5	7.8	8.4	8.8	9.1	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.1	10.2	10.5	11.1
0.8	3.0	2.8	3.2	3.2	4.0	4.6	5.1	6.0	6.7	7.2	7.6	7.8	8.4	8.9	9.1	9.3	9.4	9.7	9.9	10.0	10.0	10.1	10.4	11.1
0.7	3.0	2.8	3.2	2.9	3.7	4.4	5.0	5.9	6.7	7.2	7.5	7.7	8.3	8.7	9.0	9.1	9.2	9.5	9.7	9.8	9.8	9.9	10.1	10.9
0.6	3.0	2.8	3.2	2.5	3.4	4.1	4.8	5.7	6.5	7.0	7.3	7.5	8.0	8.4	8.6	8.8	8.9	9.1	9.3	9.4	9.5	9.5	9.8	10.5
0.5	3.0	2.8	3.2	2.2	3.0	3.8	4.5	5.4	6.1	6.6	6.9	7.1	7.5	7.9	8.2	8.3	8.4	8.7	8.8	8.9	9.0	9.0	9.3	9.9
0.4	3.0	2.8	3.2	1.8	2.6	3.3	4.0	4.9	5.5	6.0	6.3	6.5	6.9	7.2	7.5	7.6	7.7	7.9	8.1	8.2	8.3	8.3	8.5	9.1
0.3	3.0	2.8	3.2	1.4	2.1	2.8	3.4	4.1	4.7	5.2	5.4	5.6	6.0	6.3	6.5	6.7	6.8	6.9	7.1	7.2	7.3	7.3	7.5	8.0
0.2	3.0	2.8	3.2	0.9	1.5	2.0	2.5	3.1	3.6	4.0	4.2	4.4	4.7	4.9	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	6.4
0.1	3.0	2.8	3.2	0.5	0.8	1.1	1.4	1.8	2.1	2.3	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.5	3.5	3.6	3.9
0	3.0	2.8	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧	3.0	2.8	3.2	3.7	4.1	4.5	5.0	5.7	6.4	6.9	7.3	7.6	8.2	8.7	9.0	9.3	9.3	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.5	11.2

d)

β	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2052
1	3.0	2.8	3.2	3.9	4.4	4.8	5.2	5.9	6.6	7.1	7.5	7.8	8.5	8.9	9.3	9.5	9.7	10.0	10.2	10.3	10.4	10.5	10.8	11.6
0.9	3.0	2.8	3.2	3.6	4.3	4.8	5.3	6.1	6.8	7.4	7.7	8.1	8.7	9.2	9.5	9.6	9.8	10.1	10.3	10.4	10.4	10.5	10.8	11.6
0.8	3.0	2.8	3.2	3.3	4.1	4.7	5.3	6.2	7.0	7.5	7.9	8.1	8.8	9.2	9.5	9.6	9.8	10.1	10.2	10.3	10.3	10.4	10.7	11.4
0.7	3.0	2.8	3.2	3.0	3.8	4.5	5.2	6.1	6.9	7.5	7.8	8.1	8.6	9.1	9.4	9.5	9.6	9.9	10.0	10.1	10.1	10.2	10.5	11.2
0.6	3.0	2.8	3.2	2.6	3.5	4.3	5.0	6.0	6.8	7.3	7.6	7.8	8.3	8.8	9.0	9.2	9.3	9.5	9.7	9.8	9.8	9.9	10.1	10.8
0.5	3.0	2.8	3.2	2.2	3.1	3.9	4.7	5.6	6.4	6.9	7.2	7.4	7.9	8.3	8.5	8.7	8.8	9.0	9.2	9.3	9.3	9.4	9.6	10.2
0.4	3.0	2.8	3.2	1.8	2.7	3.5	4.2	5.1	5.8	6.3	6.6	6.8	7.2	7.6	7.8	8.0	8.1	8.3	8.5	8.6	8.6	8.7	8.8	9.5
0.3	3.0	2.8	3.2	1.4	2.1	2.9	3.5	4.3	5.0	5.4	5.7	5.9	6.3	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.4	7.5	7.6	7.6	7.8	8.3
0.2	3.0	2.8	3.2	1.0	1.5	2.1	2.6	3.3	3.8	4.2	4.4	4.6	4.9	5.2	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.2	6.6
0.1	3.0	2.8	3.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	4.1
0	3.0	2.8	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
現状の漁獲圧	3.0	2.8	3.2	3.7	4.2	4.6	5.1	5.9	6.6	7.2	7.6	7.9	8.5	9.0	9.3	9.6	9.7	10.1	10.2	10.3	10.3	10.4	10.8	11.5

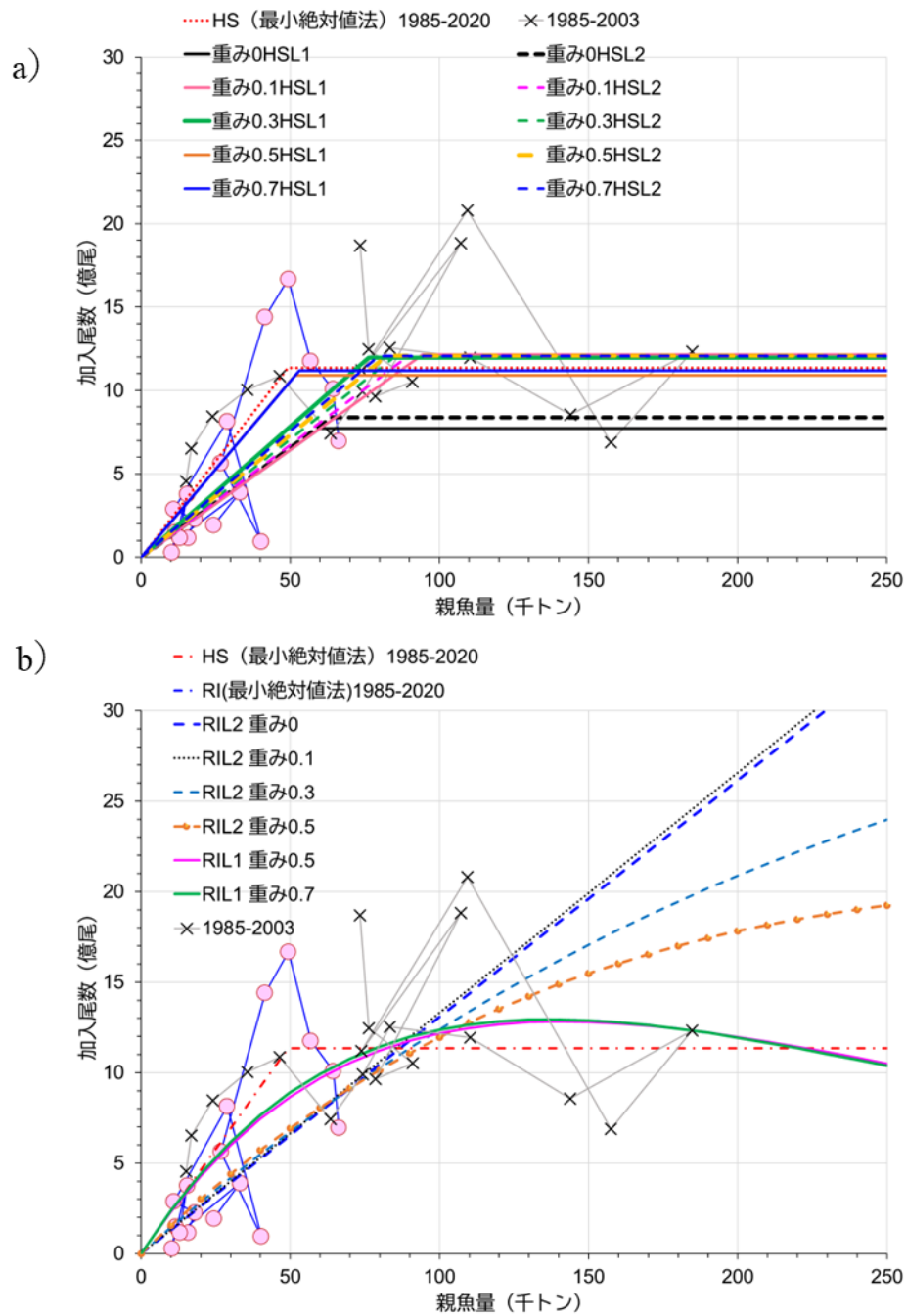


図 4-1. 各モデルにおける再生産関係式

a) ホッケースティック型 (HS)、b) リッカー型 (RI) の再生産関係式を最小二乗法および最小絶対値法により当てはめた。×印 (1985～2003 年) は重みを 0.0～0.7 とし、ピンク丸 (2004～2020 年) は重み 1.0 として各再生産関係が 2003 年以前の重みおよび最適化方法の違いによりどのように変化するか調べた。

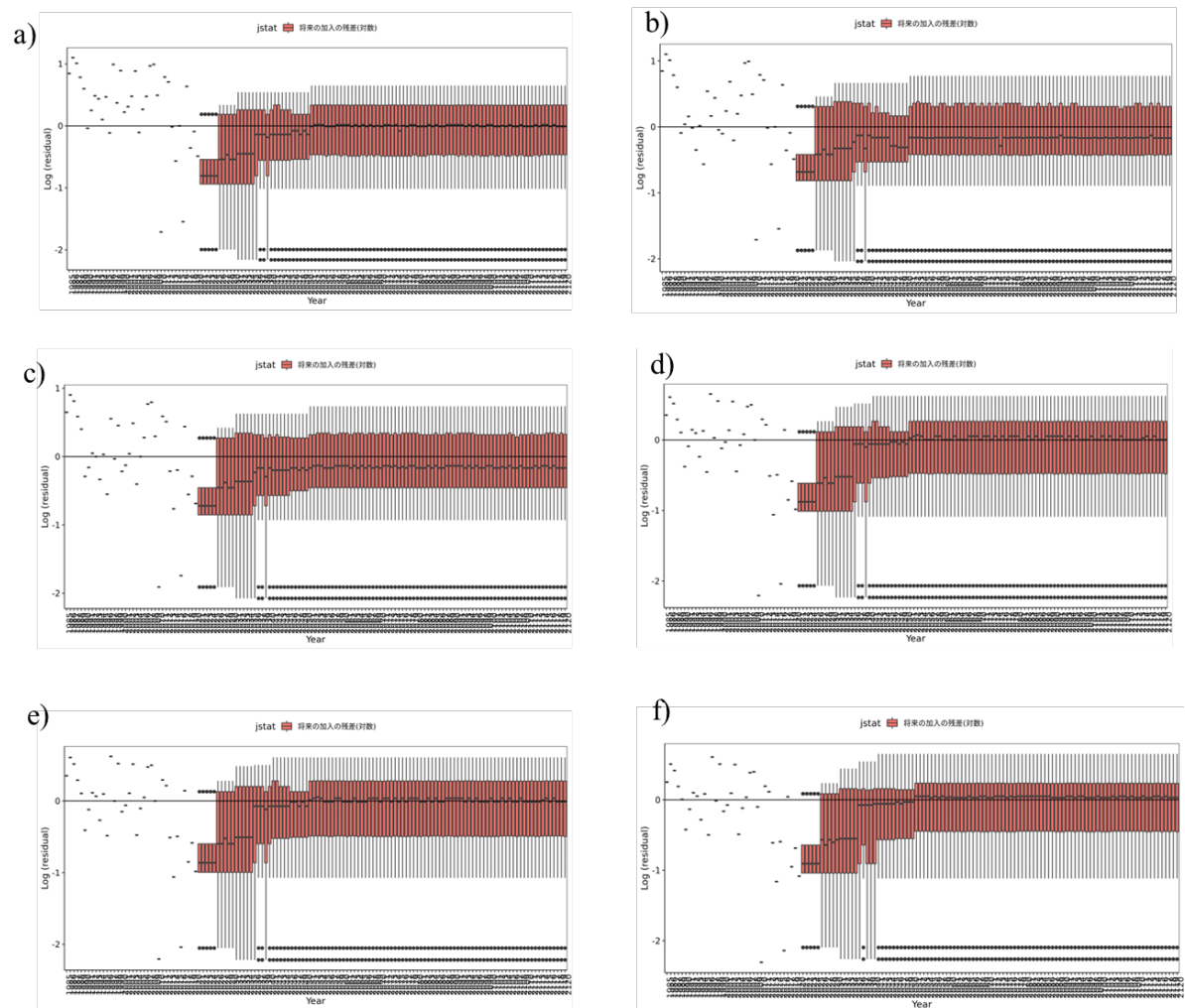


図 4-2. ホッケー・スティック型再生産関係を用いて最小絶対値法で当てはめた場合の加入量の予測値に対する観測値の残差（1985～2020 年）と各重みで将来予測の際に用いた残差

a) 重み 0.0、b) 重み 0.1、c) 重み 0.3、d) 重み 0.5、e) 重み 0.7 および f) 重み 1.0（本編のシナリオ）

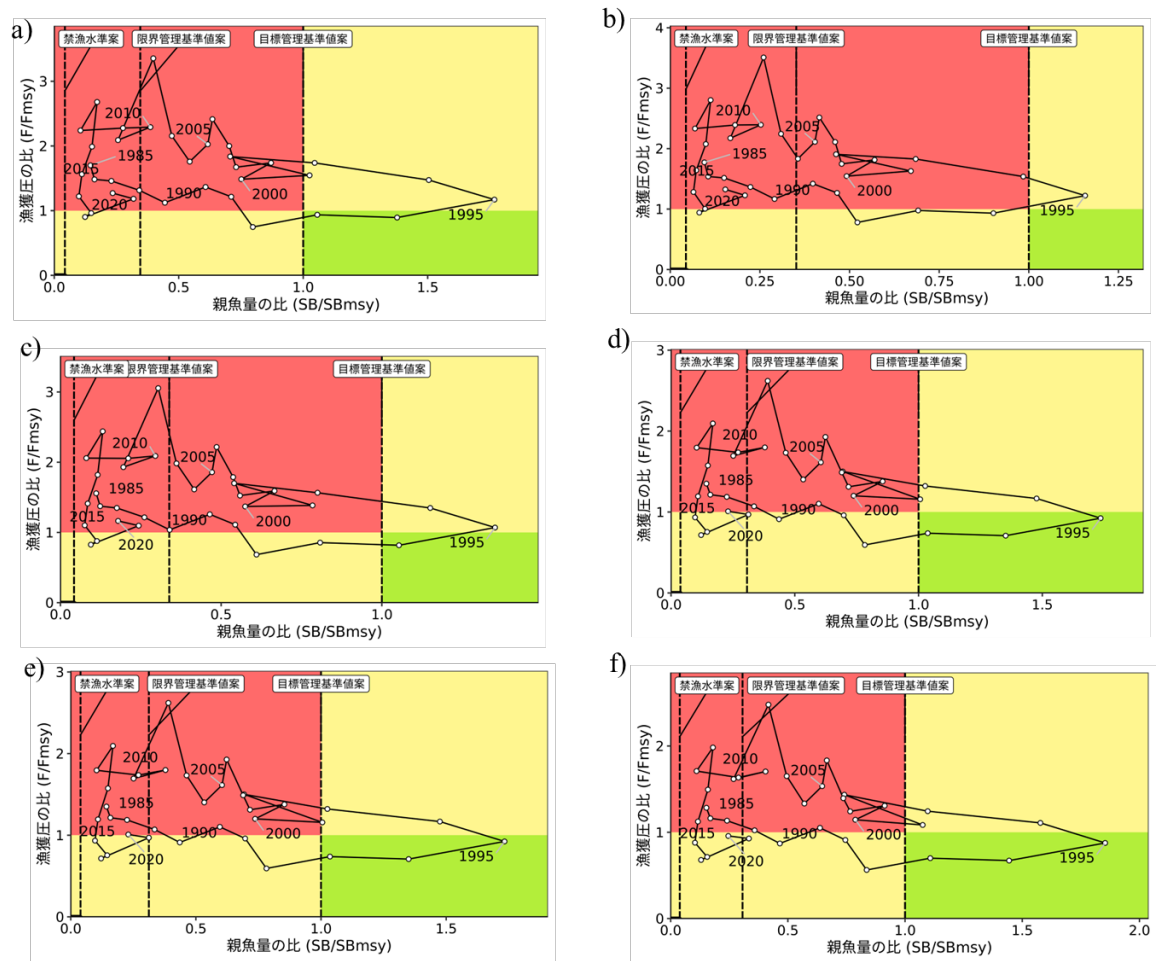


図 4-3. ホッケー・スティック型再生産関係式（最小絶対値法）を用いた場合の各重みの神戸プロット

a) 重み 0.0、b) 重み 0.1、c) 重み 0.3、d) 重み 0.5、e) 重み 0.7 および f) 重み 1.0（本編のシナリオ）。縦軸は漁獲圧 F の F_{msy} に対する比である。