

令和 5（2023）年度ホッケ道北系群の資源評価の試算資料

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（FRA-SA2022-BRP02-01）および令和 5（2023）年度ホッケ道北系群の資源評価（案）（FRA-SA2023-SC15-1）で示した MSY 管理基準値案や将来予測結果等を比較するための試算結果を示す。収録した内容は以下の通りである。

- 試算 1. 研究機関会議（FRA-SA2022-BRP02-01）と同様に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の将来予測結果
- 試算 2. 将来予測の加入量の残差として著しく加入が低かった 2010 年以降の残差を用いた場合の将来予測（残差リサンプリング）
- 試算 3. 更新された資源計算結果（FRA-SA2023-SC15-1）を用いた場合の再生産関係および管理基準値案と MSY の概要

試算 1. 将来予測に用いる現状の漁獲圧として 2016～2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングを行った場合の将来予測

将来予測における「現状の漁獲圧」について、令和 5（2023）年度の資源評価報告書案での将来予測（補足資料 4）では、2018～2022 年の漁獲圧に相当する年齢別漁獲係数（F 値）をランダムサンプリングする方法を用いた（選択率は F_{msy} の算出時のものを使用）。一方、令和 4 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」において示した将来予測では、2016～2019 年の年齢別漁獲係数をランダムサンプリングする方法を用いていた。この漁獲圧は、資源評価最終年の翌年の漁獲圧の仮定にも使用される。本試算では、研究機関会議資料での将来予測結果との比較のため、本年度の資源評価結果（1985～2022 年）での将来予測でも、現状の漁獲圧に 2016～2019 年の年齢別漁獲係数をランダムサンプリングする方法を用いた場合の結果を示した。なお将来予測における加入量には、5 年ブロックのバックワード・リサンプリングにより 5～10 年程度は低加入の傾向が継続する仮定を用いた。

研究機関会議で示した将来予測では、管理開始 10 年後の 2033 年に将来の親魚量が 50% 以上の確率で目標管理基準値を上回る β は 0.7 であったが（FRA-SA2022-BRP02-01 表 4）、更新された資源評価結果を用いた場合、管理開始 10 年後の 2034 年に将来の親魚量が 50% 以上の確率で目標管理基準値を上回る β は 0.6 となる（補足表 1-1）。これは、更新された資源評価結果において、2021 年以降の加入が再生産関係から想定される加入より低い傾向が続いており、5 年ブロックのバックワード・リサンプリングを行う際に、1 ブロック目：2018～2022 年、2 ブロック目：2013～2017 年、3 ブロック目：2008～2012 年といずれのブ

ロックにおいても低い加入が含まれるため、長期的に低加入の影響を受けるためであると考えられる。一方、研究機関会議で示した 2024 年の平均漁獲量は $\beta=0.7$ では 4.1 万トン、 $\beta=0.6$ では 3.8 万トンであったのに対し（FRA-SA2022-BRP02-01 表 8）、更新された資源評価結果では、それぞれ 4.9、4.3 万トン（補足表 1-2）と上方修正された。

補足表 1-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	10
0.9	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	3	3	3	12	20
0.8	0	0	0	0	3	6	8	9	12	14	14	14	14	27	33
0.7	0	0	0	0	13	19	24	26	29	32	32	32	31	45	50
0.6	0	0	0	1	22	39	47	51	54	55	57	57	55	65	69
0.5	0	0	0	7	42	61	70	74	77	77	78	78	77	82	85
0.4	0	0	0	13	53	75	86	90	91	92	92	93	93	94	94
0.3	0	0	0	20	68	89	95	97	98	98	98	99	98	99	99
0.2	0	0	0	27	83	94	98	99	100	100	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	41	85	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	54	91	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	0	6	8	9	10	13	14	14	14	14	26	32

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	100	100	100	100	93	94	93	92	92	92	92	91	90	91	93
0.9	100	100	100	100	100	97	97	98	97	97	97	97	96	96	97
0.8	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	99	99
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	100	100	100	100	99	99	99	99	99	98	99	99	98	98	98

β を 0.0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は 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。2024 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧として 2016~2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を継続した場合の結果も示した。

補足表 1-2. 将来の平均親魚量および平均漁獲量

a) 将来の平均親魚量 (万トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	5.9	6.9	5.0	5.1	5.4	5.3	5.3	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.2	5.9	6.4
0.9	5.9	6.9	5.0	5.4	6.0	6.1	6.1	6.2	6.3	6.3	6.4	6.3	6.3	7.0	7.6
0.8	5.9	6.9	5.0	5.8	6.7	7.0	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.6	7.5	8.3	9.0
0.7	5.9	6.9	5.0	6.2	7.5	8.1	8.4	8.6	8.8	8.9	8.9	9.0	8.9	9.8	10.6
0.6	5.9	6.9	5.0	6.6	8.3	9.3	9.9	10.1	10.4	10.5	10.6	10.6	10.5	11.5	12.5
0.5	5.9	6.9	5.0	7.1	9.3	10.8	11.6	12.0	12.3	12.5	12.7	12.7	12.6	13.7	14.8
0.4	5.9	6.9	5.0	7.6	10.4	12.4	13.6	14.3	14.7	15.1	15.2	15.3	15.2	16.4	17.7
0.3	5.9	6.9	5.0	8.1	11.7	14.3	16.0	17.0	17.8	18.3	18.6	18.7	18.7	19.9	21.5
0.2	5.9	6.9	5.0	8.7	13.1	16.6	19.0	20.5	21.6	22.4	22.9	23.3	23.3	24.7	26.5
0.1	5.9	6.9	5.0	9.3	14.7	19.2	22.6	24.9	26.6	27.9	28.8	29.4	29.6	31.2	33.4
0	5.9	6.9	5.0	9.9	16.4	22.3	27.0	30.4	33.1	35.2	36.8	37.9	38.5	40.6	43.3
現状の漁獲圧	5.9	6.9	5.0	5.7	6.6	6.9	7.0	7.1	7.3	7.3	7.4	7.4	7.3	8.2	8.8

b) 将来の平均漁獲量 (万トン)

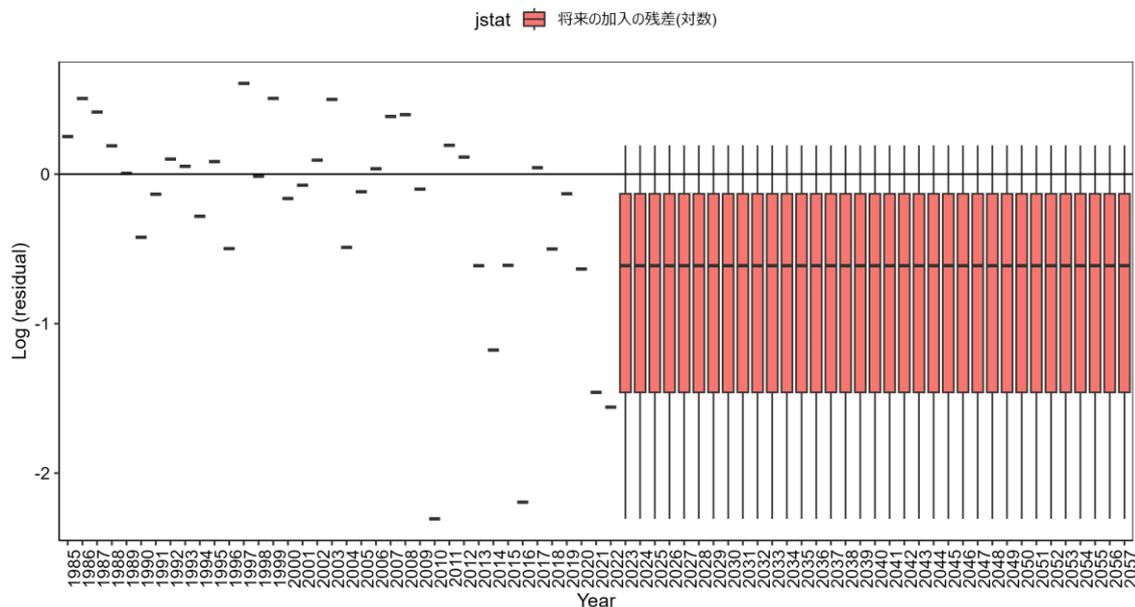
β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	3.0	4.3	6.5	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.6	7.3	7.8	8.1
0.9	3.0	4.3	6.0	6.3	6.5	6.5	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.9	7.6	8.1	8.4
0.8	3.0	4.3	5.5	6.0	6.3	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	6.8	7.0	7.6	8.1	8.4
0.7	3.0	4.3	4.9	5.6	6.1	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	6.9	7.5	8.0	8.3
0.6	3.0	4.3	4.3	5.2	5.8	6.1	6.3	6.4	6.5	6.6	6.6	6.7	7.2	7.7	8.1
0.5	3.0	4.3	3.7	4.6	5.3	5.7	5.9	6.1	6.2	6.3	6.3	6.4	6.8	7.3	7.6
0.4	3.0	4.3	3.0	3.9	4.7	5.1	5.4	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	6.3	6.7	7.0
0.3	3.0	4.3	2.3	3.2	3.9	4.4	4.7	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2	5.5	5.9	6.1
0.2	3.0	4.3	1.6	2.3	2.9	3.3	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1	4.1	4.4	4.6	4.9
0.1	3.0	4.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.2	2.4	2.4	2.5	2.5	2.7	2.8	3.0
0	3.0	4.3	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
現状の漁獲圧	3.0	4.3	5.4	6.1	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.9	6.9	7.0	7.7	8.3	8.5

β を 0.0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は 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。2024 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧として 2016~2019 年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を継続した場合の結果も示した。

試算 2. 将来予測の加入量の残差として著しく加入が低かった 2010 年以降の残差を用いた場合の将来予測

本系群の将来予測では、加入量の残差には 5～10 年程度は類似した低加入の傾向が継続することを想定したバックワード・リサンプリングを採用している（FRA-SA2023-SC15-1）。バックワード・リサンプリングでは 5 年ごとに過去に遡った残差を選択するため、短期的には直近の低加入トレンドを反映し、中長期的にはそれ以前の過去の加入の状況を反映する方法となっている。一方、2010 年以降は観測値が予測値よりも低い状況が続いているため、将来にわたって低い加入が継続することを想定し、本資料では 2010 年以降の残差をリサンプリングした場合（補足図 2-1）の将来予測を行った。

残差リサンプリングで将来予測を行う場合、管理開始 10 年後に将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は、バックワード・リサンプリングの結果（FRA-SA2023-SC15-1 補足表 4-1）と比べて β が 0.3～1.0 の時に若干高くなる傾向が見られた（補足表 2-1）。一方、50%以上の確率で目標管理基準値案を上回る β は、残差リサンプリングとバックワード・リサンプリングのいずれの方法においても 0.6 であった。将来の平均親魚量や平均漁獲量は、残差リサンプリングの結果の方がわずかに大きい値となった（補足表 2-2、FRA-SA2023-SC15-1 補足表 4-2）。



補足図 2-1. ホッケー・スティック型再生産関係式を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（1985～2022 年）と将来予測において用いた残差（2010～2022 年の残差リサンプリング）

補足表 2-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	0	0	0	0	4	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3
0.9	0	0	0	1	9	9	9	9	9	9	9	9	10	9	9
0.8	0	0	0	6	18	20	21	23	22	23	23	23	24	22	23
0.7	0	0	0	14	28	35	38	40	40	41	42	42	43	43	42
0.6	0	0	0	21	41	52	57	59	60	61	61	62	63	63	62
0.5	0	0	0	26	55	66	72	76	77	78	79	79	80	80	79
0.4	0	0	0	29	62	78	85	88	90	90	91	92	92	92	92
0.3	0	0	0	31	70	86	93	95	97	97	98	98	98	98	98
0.2	0	0	0	39	80	93	97	99	99	99	100	100	100	100	100
0.1	0	0	0	50	86	96	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	0	0	58	90	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	0	0	0	17	38	45	48	50	51	50	51	52	53	52	52

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	100	100	100	97	90	92	91	90	90	90	89	90	90	89	89
0.9	100	100	100	99	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
0.8	100	100	100	100	97	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
0.7	100	100	100	100	99	99	99	99	99	99	100	100	100	99	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧	100	100	100	100	98	99	99	99	99	99	100	99	100	99	99

β を0.0~1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023年の漁獲量は2018~2022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。2024年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧として2018~2022年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を継続した場合の結果も示した。

補足表 2-2. 将来の平均親魚量および平均漁獲量

a) 将来の平均親魚量 (万トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	5.9	6.9	5.4	5.7	6.0	5.9	5.8	5.8	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.6
0.9	5.9	6.9	5.4	6.1	6.7	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.7	6.7
0.8	5.9	6.9	5.4	6.5	7.5	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
0.7	5.9	6.9	5.4	6.9	8.3	8.9	9.2	9.3	9.4	9.4	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
0.6	5.9	6.9	5.4	7.4	9.3	10.3	10.8	11.0	11.1	11.2	11.3	11.3	11.4	11.3	11.3
0.5	5.9	6.9	5.4	7.9	10.4	11.9	12.6	13.1	13.3	13.3	13.5	13.5	13.6	13.6	13.5
0.4	5.9	6.9	5.4	8.5	11.7	13.7	14.9	15.6	15.9	16.1	16.2	16.3	16.4	16.4	16.4
0.3	5.9	6.9	5.4	9.1	13.1	15.8	17.6	18.7	19.2	19.5	19.8	20.0	20.1	20.1	20.1
0.2	5.9	6.9	5.4	9.7	14.6	18.4	20.9	22.5	23.5	24.1	24.5	24.9	25.1	25.2	25.2
0.1	5.9	6.9	5.4	10.4	16.4	21.3	24.8	27.3	28.9	30.0	30.8	31.5	31.9	32.1	32.3
0	5.9	6.9	5.4	11.1	18.4	24.8	29.7	33.4	36.1	38.0	39.5	40.6	41.5	42.1	42.5
現状の漁獲圧	5.9	6.9	5.4	7.1	9.1	9.8	10.1	10.4	10.4	10.4	10.5	10.5	10.6	10.6	10.5

b) 将来の平均漁獲量 (万トン)

β	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1.0	3.0	4.3	7.2	7.3	7.2	7.1	7.0	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
0.9	3.0	4.3	6.6	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
0.8	3.0	4.3	6.1	6.7	7.0	7.1	7.1	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
0.7	3.0	4.3	5.5	6.2	6.7	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
0.6	3.0	4.3	4.8	5.7	6.4	6.7	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
0.5	3.0	4.3	4.1	5.1	5.8	6.2	6.5	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7
0.4	3.0	4.3	3.4	4.4	5.2	5.6	5.9	6.0	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
0.3	3.0	4.3	2.6	3.5	4.3	4.8	5.1	5.3	5.3	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
0.2	3.0	4.3	1.8	2.5	3.2	3.6	3.9	4.1	4.2	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
0.1	3.0	4.3	0.9	1.4	1.8	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
0	3.0	4.3	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
現状の漁獲圧	3.0	4.3	4.9	5.8	6.8	7.1	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

β を0.0~1.0で変更した場合の将来予測の結果を示す。2023年の漁獲量は2018~2022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。2024年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため、現状の漁獲圧として2018~2022年の漁獲係数のランダムサンプリングでの漁獲を継続した場合の結果も示した。

試算 3. 令和 5 年度ホッケ道北系群の資源評価（案）の資源計算結果（FRA-SA2023-SC15-1）を用いた場合の再生産関係および管理基準値案と MSY の概要

令和 4（2022）年度の研究機関会議から提案された MSY 管理基準値は、令和 3（2021）年度の資源評価にて推定された親魚量・加入量（1985～2020 年）から推定された再生産関係式に基づく。本試算では、再生産関係式を本年度の資源計算結果（1985～2022 年）を用いて更新し、その更新した再生産関係式により MSY 管理基準値を再計算した場合の結果を示す。再生産関係式の候補としてホッケー・スティック（HS）型、ベバートン・ホルト（BH）型、リッカー（RI）型、パラメータ推定のための手法として最小絶対値法および最小二乗法の検討を行った結果、HS 型再生産関係を最小絶対値法によりパラメータ推定を行う場合に AICc が最小となった。HS 型再生産関係式の折れ点である b パラメータは、研究機関会議で提案された値（48,640 トン）より更新された資源計算結果を用いた場合の方が若干大きくなった（補足表 3-1）。

本資料において、最大持続生産量（MSY）に対応する管理基準値案の算出方法は「令和 5（2023）年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2023-ABCWG02-01）」の 1 系資源の管理規則に従い、令和 5 年度の資源評価で用いた各種設定および生物パラメータ（FRA-SA2023-SC15-1、補足表 3-2）を使用した。なお、本資料では現状の漁獲圧として 2018～2022 年を用い、2018～2022 年の平均の年齢別漁獲係数（F2018-2022）に基づく選択率を用いた場合の MSY に対応する管理基準値案の試算を行った。その結果、更新推定された試算値は、研究機関会議で提案された値に対し、SBmsy で 9%（10.1 万トン→11.0 万トン）、MSY で 1%（12.5 万トン→12.6 万トン）大きくなった。

補足表 3-1. 再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己 相関	a ((百万尾/ト ン)	b (トン)	S.D.	ρ
ホッケー・スティ ック型	最小絶対値法	無	0.0211	51,568	0.705	—

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D. は加入量の標準偏差、 ρ は自己相関係数である。

補足表 3-2. MSY 管理基準値等の試算に用いた各種設定

年齢	自然死亡係数	成熟率	平均重量 (最小-最大)(g)* ¹	平均重量 (最小-最大)(g)* ²	選択率	現状の漁獲圧 (F2018-2022)
0	0.295	0	91 (89-105)	94 (92-109)	0.08	0.05
1	0.295	0.8	175 (168-198)	210 (92-239)	0.55	0.36
2	0.295	1	287 (277-326)	329 (316-374)	0.66	0.43
3	0.295	1	364 (352-413)	389 (373-442)	1.02	0.67
4	0.295	1	401 (387-455)	409 (392-465)	1.00	0.66
5+	0.295	1	401 (387-455)	-	1.00	0.66

補足表 3-3. 試算された管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 試算結果	11.0 万トン	更新された資源評価結果を用いた場合の目標管理基準値案の試算結果。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量 (SBmsy)
SBlimit 試算結果	3.3 万トン	限界管理基準値案の試算結果。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.6msy)
SBban 試算結果	0.4 万トン	禁漁水準案の試算結果。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy 試算結果	試算された最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳, 5 歳以上) = (0.08, 0.55, 0.65, 1.00, 0.99, 0.99)	
%SPR (Fmsy) 試算結果	14.8%	Fmsy に対応する %SPR
MSY 試算結果	12.6 万トン	試算された最大持続生産量 MSY