

ニューストンネットによる新規加入量調査データを用いたチューニング VPA の試行

水産研究・教育機構 水産資源研究所
水産資源研究センター 浮魚資源部
倉島 陽、佐々千由紀、岡本 俊

要

約

ニューストンネットによる新規加入量調査データを用いてブリ仔魚の補正平均個体密度を算出し、それを親魚量の指標値としたチューニングVPAの計算を試行した。VPAにおいては、令和5年度のブリ資源評価に用いたデータを使用した。チューニングVPAの結果において、親魚量指標値の予測値は補正平均個体数密度の全体的な傾向を捉えていた。また、資源量・加入量・親魚量・平均漁獲係数において従来VPAと比較して大きなレトロスペクティブパターンは確認されなかった。本試算結果には親魚量指標値の標準化や解析手法の高度化等の課題があるため、参考値として提示するのみに留める。

1. 背景

ブリの資源評価では、チューニングをしていないコホート解析（以下、従来 VPA）が採用されている。ブリには漁獲可能量（TAC）が設定されていないこと（非 TAC 種）、日本の沿岸域に広く分布し、それぞれの水域で多様な漁法により漁獲されていることから、現状において漁獲量は資源動向を反映していると考えられる（倉島ほか 2023）。しかし、漁獲制限が掛かった場合には資源量を過小評価する可能性があるため、資源量指標を用いたコホート解析（チューニング VPA）の実施が不可欠となる。本稿では、東シナ海で春季に行われるニューストンネットを用いた新規加入量調査におけるブリ仔魚の補正平均個体密度を親魚量指標値としたチューニング VPA を試行した。

2. 方法

チューニング VPA の実施にあたって、チューニング以外については令和 5 年度資源評価（倉島ほか 2023）と同じ年齢別漁獲尾数、生物パラメータ（年齢別自然死亡係数、年齢別成熟率、年齢別平均体重）および推定手法を用いた。ブリ仔魚（標準体長 8mm 未満）の補正平均個体密度はニューストンネットを用いた新規加入量調査（陽光丸：4 月、図 1）に基づいて算出した。測点毎にブリ仔魚個体数を集計し、濾水量 1,000m³ 当たりの個体数を求め、平方根を求めた。また、調査時間帯による採集効率を補正するため、夜間実施された調査データは除外し、昼間 10-14 時には採集効率が低下するため補正係数 1.44 を乗じて補正した（Sassa et al. 2020）。各測点のデータから調査海域全体における平均を求め、補正平均個体密度とした（表 1、図 2）。ブリの仔魚は、稚魚期（モジャコ）とは異なり流れ藻に蟄集する前であり、自然死亡による影響が高いと考えられるため、加入量ではなく親魚量の指標値としてチューニングを行った。親魚量と親魚量指標値の残差平方和を最小化するような最近年（2022 年）の 2 歳、3 歳以上の漁獲係数（F）を求めた。すなわち、

$$SS = \sum_y (I_y - qSB_y)^2 \quad (1)$$

$$\hat{q} = \frac{\sum_y I_y SB_y}{\sum_y SB_y^2} \quad (2)$$

ここで、SS は残差平方和、 I_y は y 年の親魚量指標値、 SB_y は y 年の親魚量、 q は漁具能率を表す。また、0 歳（後期）と 1 歳の最近年 Y の漁獲係数 $F_{0,Y}$ および $F_{1,Y}$ は過去 5 年の過去 5 年間の平均選択率に等しいと仮定し、

$$F_{b,Y} = \frac{F_{b,Y-1} + F_{b,Y-2} + F_{b,Y-3} + F_{b,Y-4} + F_{b,Y-5}}{F_{3+,Y-1} + F_{3+,Y-2} + F_{3+,Y-3} + F_{3+,Y-4} + F_{3+,Y-5}} F_{3+,Y} \quad (b = 0,1) \quad (3)$$

で求めた。0 歳（モジャコ期）の最近年 Y の漁獲係数は、

$$F_{mojako,Y} = -\ln \left(1 - \frac{C_{mojako,Y} \exp \left(\frac{M_{mojako}}{4} \right)}{N_{mojako,Y}} \right) \quad (4)$$

で求めた。 C_{mojako} は 0 歳（モジャコ期）の漁獲量、 M_{mojako} は 0 歳（モジャコ期）の自然死亡係数、 N_{mojako} は 0 歳（モジャコ期）の資源尾数を示す。

チューニング VPA および従来 VPA について、過去 5 年間（2017～2021 年）に遡りレトロスペクティブ解析を実施し、資源量、全年齢を平均した F 、加入量および親魚量におけるレトロスペクティブパターンの有無を確認した。また、レトロスペクティブパターンの指標として Mohn's ρ の値を算出した（Mohn 1999）。Mohn's ρ の値は、レトロスペクティブバイアスの程度を示し、 $-0.15 \sim 0.20$ の範囲が推奨される（Hurtado-Ferro et al, 2015）。

3. 結果および考察

チューニング VPA による資源解析結果を表 2 に示した。資源量、親魚量および加入量の推定値は、近年になるにしたがって増加し、2022 年では従来 VPA の推定値を上回った。チューニング VPA で推定された 2022 年の資源量、親魚量および加入量はそれぞれ、38.6 万トン（従来 VPA の 1.19 倍）、22.4 万トン（従来 VPA の 1.05 倍）および 1.1 億尾（従来 VPA の 1.13 倍）であった（図 3、4、表 3）。チューニング VPA による年齢別 F の推定値を従来 VPA の値と比較すると、0 歳（モジャコ期）では両者の間で顕著な差がなかったが、0 歳（後期）以降では両者の傾向に差が生じた。すなわち、2017 年以降、チューニング VPA による 0 歳（後期）以降の F が、従来 VPA の 0 歳（後期）以降の F に比べて減少した。全年齢で平均した F は 2022 年で 0.51、従来 VPA（0.63）の 81.4%であった（図 4、表 3）。

チューニング VPA による親魚量指標値の予測値と観測値を図 5 に示した。親魚量指標の観測値および予測値は 2001～2022 年に増加する傾向にあった。ブリの親魚量の増加が見られる 2011 年および 2012 年で残差が大きくなったが、残差には年傾向は見られなかった。

レトロスペクティブ解析の結果、データ追加に伴い資源量、平均 F、加入量、親魚量は一定方向の規則的な変化を示さなかった（図 6）。従来 VPA においても、データの追加に対する資源量、平均 F、加入量および親魚量は同様であった（図 7）。チューニング VPA と従来 VPA のそれぞれの Mohn's p の値は、資源量で 0.085 と -0.060、平均 F で -0.124 と 0.038、加入量で 0.251 と 0.099、親魚量で 0.022 と -0.120 であった。Mohn's p の値はチューニング VPA において加入量を除き、資源量、平均 F、親魚量は推奨範囲内の値であった。

今回はノミナルな親魚量指標値と試算しており、ブリの資源評価への本格的な導入に向けて本指標値の標準化に取り組み、指標値としての向上を図る必要がある。例えば、本指標値は 4 月に実施された調査に基づいており、本種の産卵期が 1 月から 7 月と長期に渡るため（山本ほか 2007）、環境によっては主産卵期のずれや年による成長差が生じる可能性がある。現在、本指標値は 8mm 未満の仔魚を用いているが、採集されている仔魚のサイズ分布から主体となっているサイズ群を年別に把握することにより、主体となる仔魚サイズと仔魚密度の関係を確認する必要がある。このような検討を通して、ブリの親魚量指標値として開発を進めていくことが急務である。更に言えば、チューニング VPA 解析手法にも高度化の余地はあり、指標値と資源量間の非線形関係の仮定やリッジ VPA 等の検討も必要となる（平松・寺内 2020）。したがって、現段階において本試算結果は参考情報として提示するに留める。

4. 引用文献

- 倉島 陽・古川誠志郎・松倉隆一・宮原寿恵・西澤文吾・森山丈継・岡本 俊・佐々千由紀・和川 拓・八木達紀・市野川桃子 (2023) 令和 5 (2023) 年度ブリの資源評価. 令和 5 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構. FRA-SA2023-SC13. (公表前).
- 平松一彦・寺内一美 (2020) マサバ対馬暖流系群の VPA における トロスペクティブパターンの原因の検討. 日水誌, **86**, 288-294.
- Mohn., R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. *Journal of Materials Science*, **56**, 473-488.
- Sassa, C., Takahashi, M., Konishi, Y., Yoshimasa, A., Tsukamoto, Y. (2020). The rapid expansion of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) spawning ground in the East China Sea is linked to increasing recruitment and spawning stock biomass. *ICES Journal of Marine Science*, **77**, 581-592.
- 山本敏博・井野慎吾・久野正博・阪地英男・檜山義明・岸田 達・石田行正 (2007) ブリ (*Seriola quinqueradiata*) の産卵, 回遊生態及びその研究課題・手法について. 水産総合研究センター研究報告, **21**, 1-29.

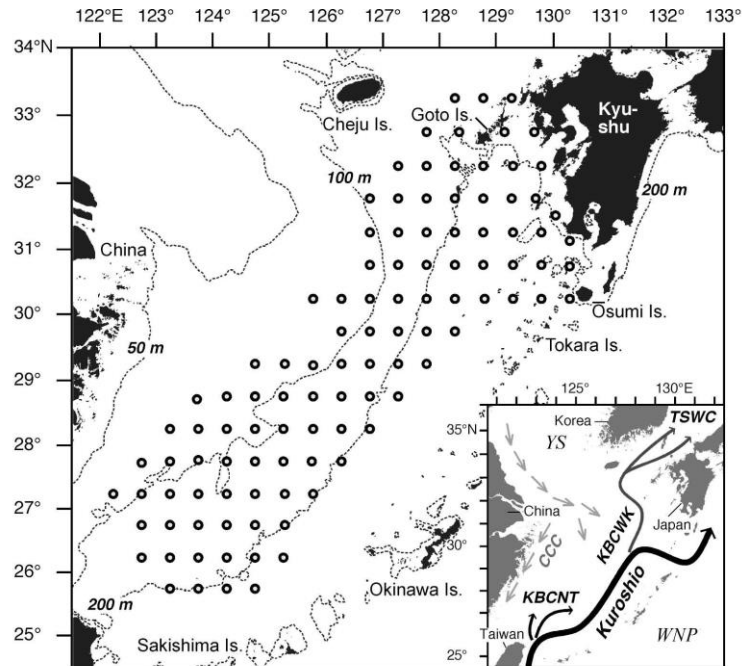


図1. ニューストンネットを用いた新規加入量調査の測点 (Sassa et al. 2020 改変)
丸は各観測点、破線は水深を示す。

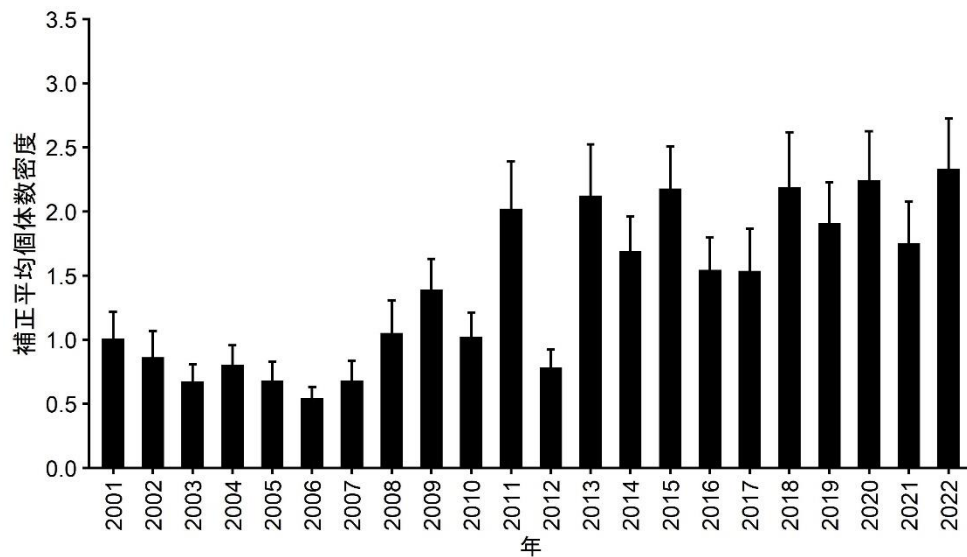


図2. ブリ仔魚の補正平均個体密度の推移
エラーバーは標準誤差を示す。

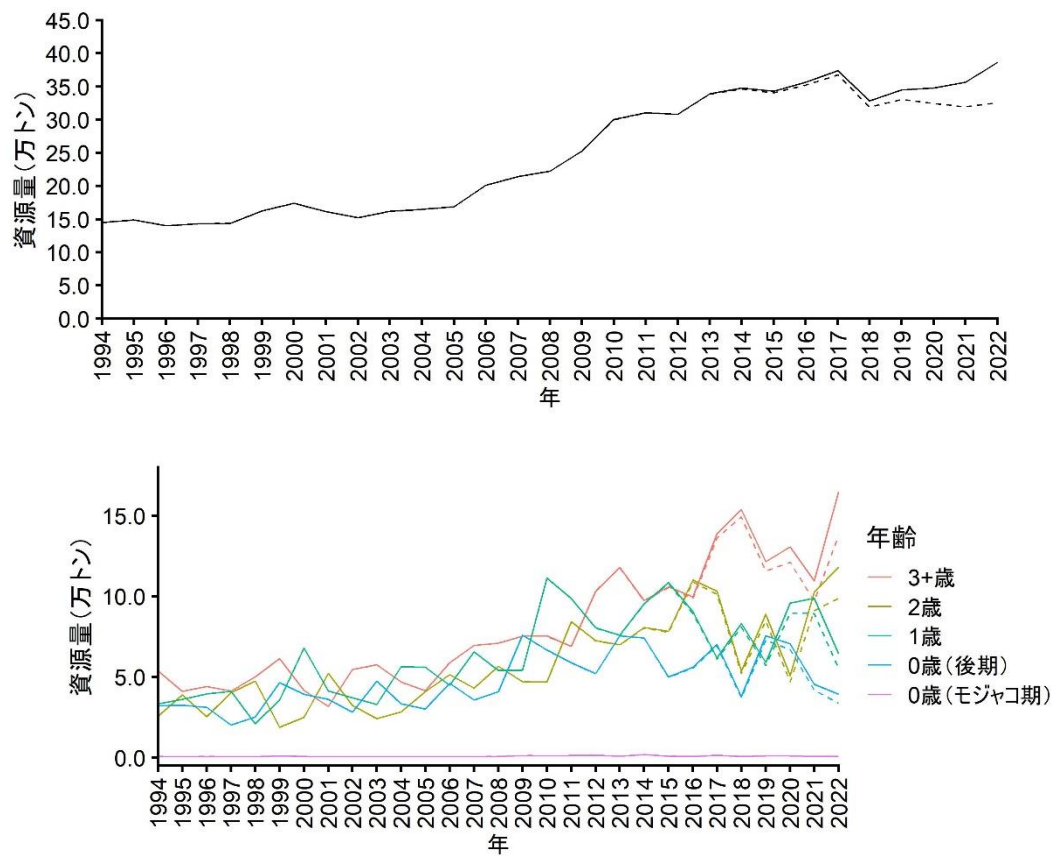


図3. チューニング VPA による資源評価結果への影響 (資源量)

資源量 (上段)、年齢別資源量 (下段)。実線はチューニング VPA (tVPA) の結果、破線は従来 VPA (VPA) の結果を示す。

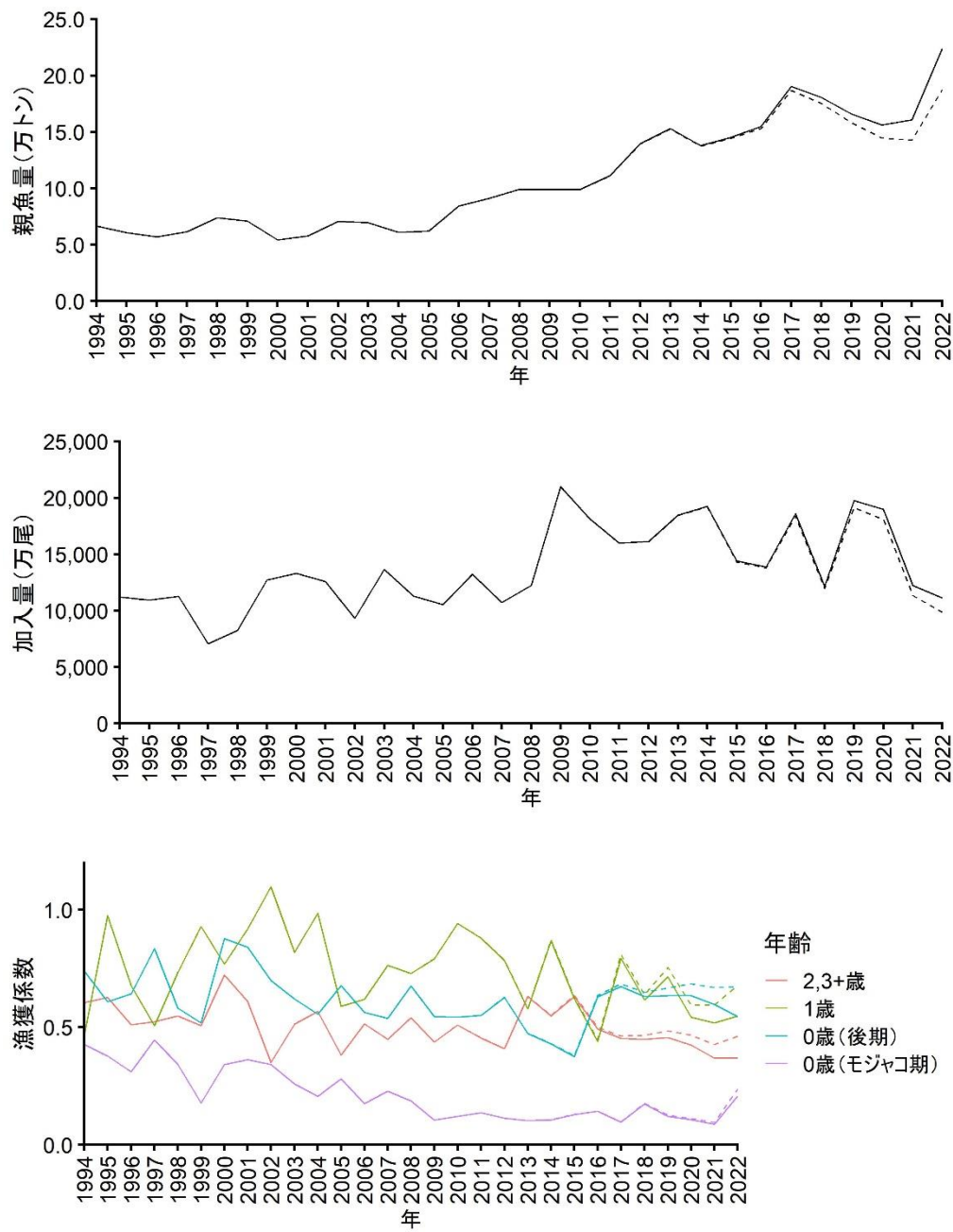


図 4. チューニング VPA による資源評価結果への影響（加入量、親魚量、漁獲係数）

加入量（上段）、親魚量（中段）、漁獲係数（下段）。実線はチューニング VPA（tVPA）の結果、破線は従来 VPA（VPA）の結果を示す。

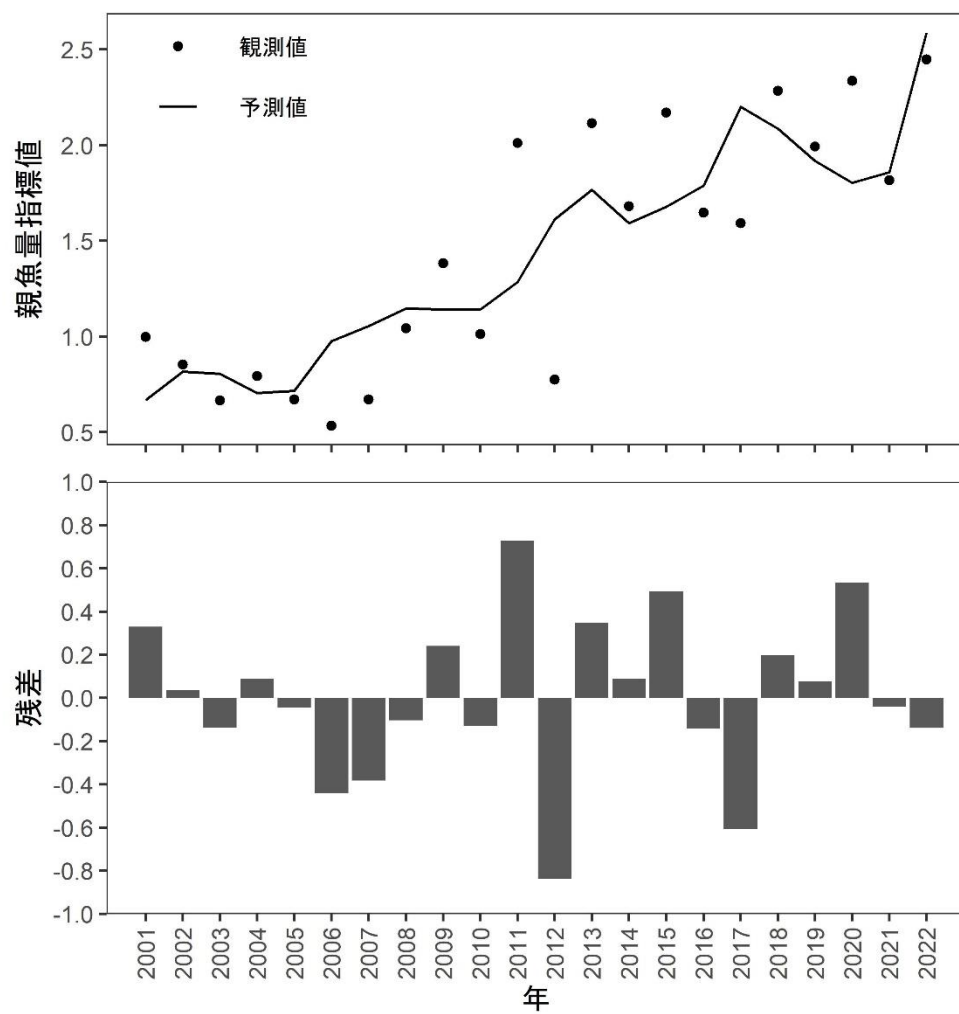


図 5. チューニング VPA による親魚量指標の予測値と観測値の推移（上段）と残差（下段）の推移
 図中の折れ線は予測値、黒丸は観測値を示す。

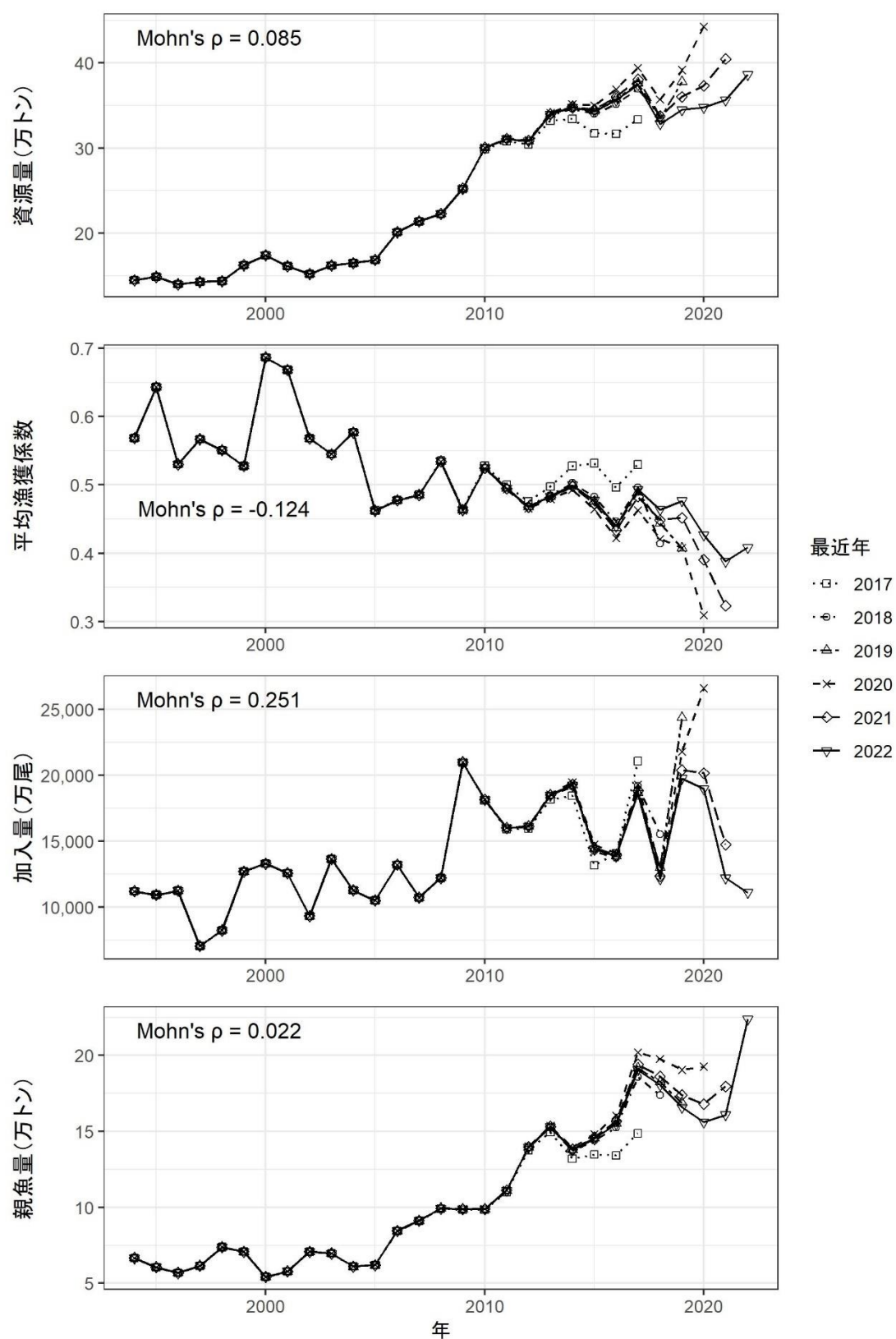


図6. レトロスペクティブ解析 (チューニング VPA)
Mohn's ρ の値は資源尾数では各年齢の平均を示す。

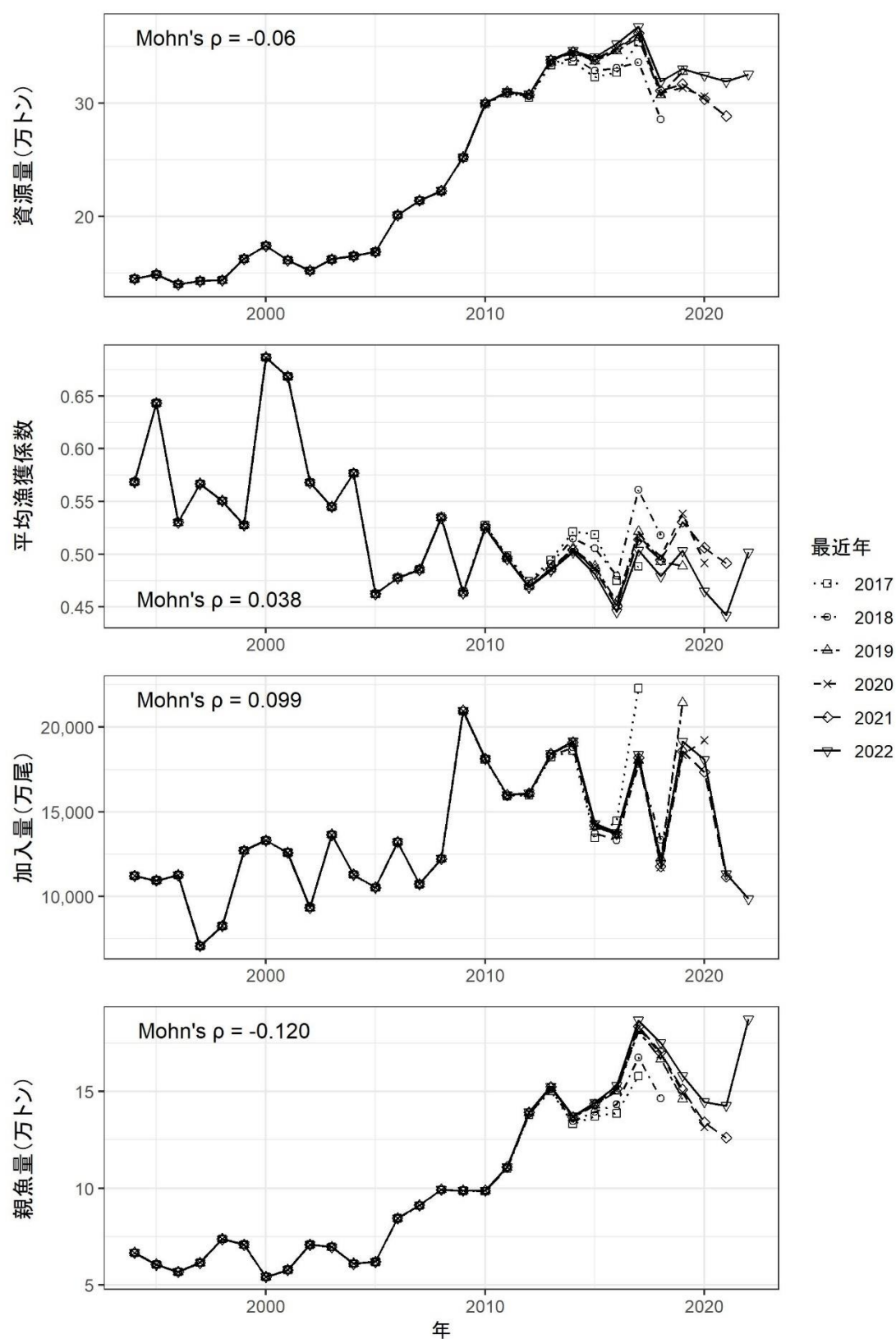


図7. レトロスペクティブ解析 (従来 VPA)

Mohn's ρ の値は資源尾数では各年齢の平均を示す。

表 1. 新規加入量調査におけるブリ仔魚の平均分布密度

年	補正平均仔魚密度
2001	1.00
2002	0.85
2003	0.67
2004	0.79
2005	0.67
2006	0.53
2007	0.67
2008	1.04
2009	1.38
2010	1.01
2011	2.01
2012	0.78
2013	2.11
2014	1.68
2015	2.17
2016	1.65
2017	1.59
2018	2.28
2019	1.99
2020	2.34
2021	1.82
2022	2.45

表 2. チューニング VPA を用いた資源評価結果 (年齢別漁獲尾数)

年	日本及び韓国(万尾)					太平洋(万尾)				日本海、東シナ海(万尾)			
	0 歳(モジャコ)	0 歳(後期)	1 歳	2 歳	3 歳以上	0 歳(後期)	1 歳	2 歳	3 歳以上	0 歳(後期)	1 歳	2 歳	3 歳以上
1994	3,355	2,628	646	252	276	480	319	45	82	2,058	317	201	160
1995	2,959	2,353	1,195	375	219	326	520	143	40	1,950	648	221	150
1996	2,589	2,686	1,101	214	202	503	354	83	75	2,020	684	121	103
1997	2,190	1,760	947	343	189	293	443	57	62	1,379	449	241	93
1998	2,062	1,777	560	448	242	155	240	64	55	1,413	256	346	111
1999	1,776	2,962	1,087	152	279	292	385	79	70	2,518	644	69	121
2000	3,316	3,796	1,866	270	249	1,808	1,025	157	70	1,903	787	103	136
2001	3,288	3,428	1,296	545	166	779	724	223	41	2,318	506	298	87
2002	2,322	2,293	1,382	189	186	264	323	125	45	1,829	971	58	106
2003	2,676	3,349	1,012	206	265	365	186	72	85	2,901	776	125	152
2004	1,811	2,690	1,950	256	225	200	348	70	80	2,331	1,490	168	118
2005	2,222	2,684	1,289	273	148	491	556	100	72	2,081	689	161	62
2006	1,828	3,284	1,022	478	270	715	423	79	56	2,460	570	383	172
2007	1,888	2,441	1,851	319	297	918	568	120	61	1,410	1,210	168	193
2008	1,796	3,422	1,418	500	337	749	362	187	70	2,457	950	283	164
2009	1,797	5,461	1,548	346	306	1,033	432	217	88	3,763	957	104	140
2010	1,787	4,628	3,666	379	352	759	663	239	112	3,265	2,398	121	168
2011	1,761	4,061	2,996	634	298	1,746	759	271	116	2,103	1,962	328	153
2012	1,478	4,612	2,399	528	402	1,166	1,602	275	169	3,197	690	215	175
2013	1,559	4,321	1,854	699	640	724	604	518	206	3,216	1,072	146	340
2014	1,665	4,151	3,305	740	476	1,225	506	295	163	2,729	2,515	401	259
2015	1,498	2,725	2,865	828	577	482	614	472	235	2,144	2,103	329	278
2016	1,583	3,859	1,700	958	461	562	470	504	156	2,837	1,072	389	217
2017	1,475	5,685	1,926	828	600	3,000	437	443	194	2,231	1,236	326	302
2018	1,668	3,286	2,176	426	669	1,193	970	226	219	1,601	1,006	153	359
2019	1,945	5,650	1,523	693	525	2,891	415	333	153	2,172	889	302	282
2020	1,644	5,512	2,134	374	540	3,365	947	200	176	1,867	954	141	274
2021	881	3,460	2,006	675	395	1,790	1,027	349	155	1,178	746	257	160
2022	1,792	2,612	1,428	677	551	863	502	443	248	1,231	764	186	255

表 2. (つづき) チューニング VPA を用いた資源評価結果 (年齢別漁獲量)

年	日本及び韓国(万トン)					太平洋(万トン)				日本海、東シナ海(万トン)			
	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	計	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上	0歳(後期)	1歳	2歳	3歳以上
1994	1.56	1.07	1.00	2.10	5.73	0.26	0.53	0.24	0.66	1.24	0.52	0.74	1.19
1995	1.38	1.94	1.56	1.65	6.53	0.20	0.88	0.66	0.32	1.14	1.02	0.85	1.10
1996	1.37	1.67	0.87	1.52	5.43	0.27	0.57	0.37	0.55	1.01	1.01	0.46	0.78
1997	1.06	1.40	1.42	1.45	5.33	0.15	0.68	0.27	0.50	0.85	0.65	0.94	0.68
1998	1.03	0.94	1.72	1.82	5.51	0.07	0.45	0.30	0.45	0.81	0.40	1.27	0.80
1999	1.75	1.86	0.64	2.10	6.35	0.17	0.74	0.37	0.54	1.49	1.04	0.25	0.90
2000	2.13	3.14	1.10	1.85	8.23	0.98	1.87	0.67	0.56	1.10	1.20	0.39	0.97
2001	1.91	2.13	2.05	1.24	7.34	0.42	1.30	0.93	0.32	1.30	0.74	1.05	0.64
2002	1.31	2.13	0.82	1.39	5.66	0.14	0.62	0.59	0.36	1.06	1.37	0.21	0.77
2003	2.03	1.59	0.84	1.99	6.45	0.17	0.31	0.35	0.67	1.81	1.21	0.45	1.11
2004	1.32	3.04	1.06	1.75	7.17	0.11	0.58	0.33	0.66	1.12	2.30	0.65	0.88
2005	1.37	2.15	1.12	1.13	5.78	0.24	1.02	0.46	0.58	1.06	1.06	0.61	0.45
2006	1.84	1.78	1.78	2.03	7.44	0.39	0.76	0.36	0.44	1.38	0.96	1.36	1.27
2007	1.38	3.01	1.34	2.17	7.90	0.43	0.93	0.54	0.46	0.87	1.96	0.66	1.38
2008	1.87	2.41	2.04	2.55	8.86	0.33	0.67	0.79	0.55	1.39	1.54	1.11	1.21
2009	2.96	2.55	1.43	2.29	9.24	0.45	0.73	0.93	0.69	2.09	1.53	0.39	1.02
2010	2.59	5.84	1.61	2.59	12.64	0.36	1.24	1.06	0.84	1.86	3.66	0.46	1.21
2011	2.31	4.96	2.65	2.17	12.09	1.00	1.37	1.18	0.89	1.19	3.09	1.31	1.07
2012	2.25	3.76	2.09	2.98	11.09	0.50	2.56	1.17	1.28	1.61	1.04	0.77	1.26
2013	2.65	2.87	2.82	4.75	13.08	0.40	0.99	2.10	1.58	2.00	1.62	0.56	2.47
2014	2.40	4.77	2.93	3.54	13.64	0.59	0.96	1.24	1.27	1.69	3.40	1.50	1.87
2015	1.46	4.33	3.15	4.27	13.20	0.25	1.08	1.87	1.76	1.14	3.01	1.17	2.04
2016	2.43	2.77	3.69	3.34	12.23	0.29	0.78	2.03	1.14	1.85	1.75	1.40	1.54
2017	3.19	2.92	3.23	4.35	13.68	1.57	0.75	1.77	1.41	1.34	1.82	1.20	2.18
2018	1.65	3.29	1.67	4.78	11.39	0.60	1.63	0.94	1.58	0.79	1.38	0.57	2.55
2019	3.29	2.60	2.80	3.83	12.52	1.66	0.76	1.38	1.17	1.28	1.48	1.19	2.01
2020	3.08	3.46	1.51	3.89	11.94	1.90	1.62	0.85	1.30	1.00	1.48	0.53	1.94
2021	1.90	3.44	2.72	2.90	10.96	0.84	1.84	1.46	1.19	0.76	1.24	1.00	1.14
2022	1.53	2.34	3.14	4.39	11.41	0.44	0.94	1.90	1.77	0.71	0.98	0.71	1.83

表 2. (つづき) チューニング VPA を用いた資源評価結果 (年齢別漁獲量)

年	年齢別資源尾数(万尾)						年齢別資源量(万トン)					
	0 歳(モジャコ)	0 歳(後期)	1 歳	2 歳	3 歳以上	0 歳後期以降計	0 歳(モジャコ)	0 歳(後期)	1 歳	2 歳	3 歳以上	0 歳後期以降計
1994	11,217	5,422	2,015	645	705	8,786	0.07	3.21	3.33	2.57	5.38	14.49
1995	10,940	5,558	2,228	936	546	9,268	0.06	3.26	3.61	3.90	4.11	14.88
1996	11,259	6,112	2,601	622	587	9,922	0.07	3.12	3.95	2.53	4.42	14.01
1997	7,068	3,352	2,768	979	538	7,636	0.06	2.01	4.11	4.04	4.13	14.29
1998	8,253	4,339	1,252	1,236	666	7,492	0.05	2.52	2.10	4.74	5.00	14.37
1999	12,708	7,886	2,086	446	815	11,232	0.11	4.65	3.58	1.88	6.14	16.25
2000	13,306	7,003	4,039	610	563	12,215	0.06	3.94	6.81	2.49	4.17	17.41
2001	12,586	6,494	2,506	1,387	422	10,808	0.04	3.62	4.13	5.22	3.17	16.13
2002	9,333	4,916	2,409	741	728	8,794	0.05	2.82	3.71	3.23	5.46	15.22
2003	13,650	7,809	2,103	595	766	11,274	0.06	4.74	3.30	2.42	5.75	16.21
2004	11,288	6,803	3,614	687	603	11,708	0.05	3.34	5.64	2.84	4.68	16.50
2005	10,520	5,881	3,360	999	542	10,782	0.05	3.01	5.61	4.10	4.15	16.87
2006	13,220	8,220	2,572	1,380	779	12,951	0.05	4.62	4.48	5.15	5.87	20.12
2007	10,734	6,327	4,029	1,026	956	12,337	0.05	3.57	6.56	4.32	6.96	21.41
2008	12,225	7,511	3,181	1,391	937	13,021	0.07	4.10	5.41	5.67	7.09	22.27
2009	20,982	13,997	3,290	1,136	1,005	19,429	0.12	7.59	5.42	4.70	7.53	25.25
2010	18,147	11,905	6,982	1,105	1,025	21,016	0.12	6.67	11.13	4.69	7.54	30.03
2011	15,999	10,336	5,953	2,017	948	19,255	0.13	5.87	9.86	8.42	6.90	31.06
2012	16,118	10,669	5,129	1,831	1,395	19,024	0.14	5.21	8.04	7.25	10.32	30.83
2013	18,476	12,346	4,905	1,735	1,589	20,575	0.10	7.56	7.59	7.00	11.79	33.94
2014	19,251	12,828	6,618	2,038	1,310	22,794	0.18	7.42	9.54	8.07	9.74	34.78
2015	14,401	9,379	7,190	2,058	1,434	20,061	0.08	5.01	10.86	7.83	10.60	34.30
2016	13,862	8,906	5,545	2,860	1,377	18,689	0.07	5.61	9.04	11.02	9.97	35.64
2017	18,606	12,514	4,086	2,645	1,917	21,162	0.14	7.02	6.19	10.31	13.89	37.41
2018	12,151	7,566	5,496	1,369	2,151	16,582	0.07	3.79	8.30	5.36	15.38	32.83
2019	19,758	12,963	3,464	2,199	1,665	20,290	0.12	7.55	5.91	8.89	12.15	34.50
2020	18,967	12,636	5,915	1,255	1,814	21,621	0.11	7.05	9.59	5.08	13.07	34.79
2021	12,220	8,295	5,762	2,545	1,488	18,090	0.07	4.56	9.88	10.26	10.95	35.64
2022	11,113	6,690	3,929	2,542	2,067	15,228	0.07	3.92	6.44	11.81	16.48	38.65

表 2. (つづき) チューニング VPA を用いた資源評価結果 (漁獲係数・親魚量・平均体重)

年	年齢別漁獲係数						年齢別親魚量(万トン)						年齢別平均体重(g)				
	0歳 (モジャコ)	0歳 (後期)	1歳	2歳	3歳以上	平均値	0歳 (モジャコ)	0歳 (後期)	1歳	2歳	3歳以上	計	0歳 (モジャコ)	0歳 (後期)	1歳	2歳	3歳以上
1994	0.43	0.74	0.47	0.61	0.61	0.71	0	0	0	1.28	5.38	6.66	7	592	1,652	3,982	7,634
1995	0.38	0.61	0.98	0.63	0.63	0.80	0	0	0	1.95	4.11	6.06	5	587	1,619	4,162	7,531
1996	0.31	0.64	0.68	0.51	0.51	0.66	0	0	0	1.26	4.42	5.68	6	510	1,517	4,067	7,526
1997	0.45	0.83	0.51	0.52	0.52	0.71	0	0	0	2.02	4.13	6.15	8	601	1,483	4,127	7,679
1998	0.34	0.58	0.73	0.55	0.55	0.69	0	0	0	2.37	5.00	7.37	6	582	1,680	3,837	7,518
1999	0.18	0.52	0.93	0.51	0.51	0.66	0	0	0	0.94	6.14	7.08	9	590	1,715	4,212	7,542
2000	0.34	0.88	0.77	0.72	0.72	0.86	0	0	0	1.25	4.17	5.42	5	562	1,685	4,086	7,416
2001	0.36	0.84	0.92	0.61	0.61	0.84	0	0	0	2.61	3.17	5.78	3	557	1,646	3,766	7,504
2002	0.34	0.70	1.10	0.35	0.35	0.71	0	0	0	1.62	5.46	7.08	5	573	1,540	4,361	7,500
2003	0.26	0.62	0.82	0.51	0.51	0.68	0	0	0	1.21	5.75	6.96	4	607	1,568	4,065	7,512
2004	0.21	0.56	0.99	0.57	0.57	0.72	0	0	0	1.42	4.68	6.10	4	490	1,560	4,140	7,757
2005	0.28	0.68	0.59	0.38	0.38	0.58	0	0	0	2.05	4.15	6.19	5	512	1,670	4,101	7,651
2006	0.18	0.56	0.62	0.51	0.51	0.60	0	0	0	2.58	5.87	8.45	4	561	1,743	3,733	7,534
2007	0.23	0.54	0.76	0.45	0.45	0.61	0	0	0	2.16	6.96	9.12	5	564	1,628	4,209	7,282
2008	0.19	0.68	0.73	0.54	0.54	0.67	0	0	0	2.83	7.09	9.93	6	545	1,701	4,074	7,567
2009	0.10	0.55	0.79	0.44	0.44	0.58	0	0	0	2.35	7.53	9.88	6	542	1,649	4,139	7,490
2010	0.12	0.54	0.94	0.51	0.51	0.66	0	0	0	2.34	7.54	9.89	6	560	1,594	4,245	7,358
2011	0.14	0.55	0.88	0.45	0.45	0.62	0	0	0	4.21	6.90	11.11	8	568	1,657	4,174	7,278
2012	0.11	0.63	0.78	0.41	0.41	0.59	0	0	0	3.62	10.32	13.95	9	489	1,568	3,959	7,401
2013	0.10	0.47	0.58	0.63	0.63	0.60	0	0	0	3.50	11.79	15.29	5	612	1,548	4,034	7,418
2014	0.11	0.43	0.87	0.55	0.55	0.62	0	0	0	4.03	9.74	13.78	10	579	1,442	3,959	7,434
2015	0.13	0.38	0.62	0.63	0.63	0.60	0	0	0	3.91	10.60	14.52	6	535	1,510	3,805	7,396
2016	0.14	0.63	0.44	0.49	0.49	0.55	0	0	0	5.51	9.97	15.48	5	630	1,630	3,852	7,241
2017	0.10	0.67	0.79	0.45	0.45	0.62	0	0	0	5.16	13.89	19.04	8	561	1,515	3,899	7,242
2018	0.17	0.63	0.62	0.45	0.45	0.58	0	0	0	2.68	15.38	18.06	6	502	1,510	3,915	7,149
2019	0.12	0.63	0.71	0.46	0.46	0.60	0	0	0	4.44	12.15	16.59	6	583	1,705	4,043	7,296
2020	0.11	0.64	0.54	0.42	0.42	0.53	0	0	0	2.54	13.07	15.61	6	558	1,621	4,043	7,206
2021	0.09	0.60	0.52	0.37	0.37	0.48	0	0	0	5.13	10.95	16.08	6	549	1,714	4,029	7,362
2022	0.21	0.55	0.55	0.37	0.37	0.51	0	0	0	5.90	16.48	22.38	6	587	1,638	4,645	7,972

表 3. チューニング VPA による資源評価結果と令和 3 年度資源評価との比較

年	資源量 (万トン)	増減* (%)	親魚量 (万トン)	増減* (%)	加入尾数 (万尾)	増減* (%)	平均 漁獲係数	増減* (%)
1994	14.49	100.0	6.66	100.0	11,217	100.0	0.711	100.0
1995	14.88	100.0	6.06	100.0	10,940	100.0	0.804	100.0
1996	14.01	100.0	5.68	100.0	11,259	100.0	0.663	100.0
1997	14.29	100.0	6.15	100.0	7,068	100.0	0.709	100.0
1998	14.37	100.0	7.37	100.0	8,253	100.0	0.688	100.0
1999	16.25	100.0	7.08	100.0	12,708	100.0	0.660	100.0
2000	17.41	100.0	5.42	100.0	13,306	100.0	0.858	100.0
2001	16.13	100.0	5.78	100.0	12,586	100.0	0.835	100.0
2002	15.22	100.0	7.08	100.0	9,333	100.0	0.710	100.0
2003	16.21	100.0	6.96	100.0	13,650	100.0	0.681	100.0
2004	16.50	100.0	6.10	100.0	11,288	100.0	0.721	100.0
2005	16.87	100.0	6.19	100.0	10,520	100.0	0.578	100.0
2006	20.12	100.0	8.45	100.0	13,220	100.0	0.597	100.0
2007	21.41	100.0	9.12	100.0	10,734	100.0	0.607	100.0
2008	22.27	100.0	9.93	100.0	12,225	100.0	0.668	100.0
2009	25.25	100.0	9.88	100.0	20,982	100.0	0.579	100.0
2010	30.03	100.0	9.89	100.0	18,147	100.0	0.656	99.9
2011	31.06	100.1	11.11	100.0	15,999	100.0	0.619	99.9
2012	30.83	100.1	13.95	100.0	16,118	100.1	0.585	99.9
2013	33.94	100.2	15.29	100.1	18,476	100.1	0.604	99.7
2014	34.78	100.3	13.78	100.1	19,251	100.4	0.625	99.5
2015	34.30	100.7	14.52	100.2	14,401	100.7	0.597	99.1
2016	35.64	101.1	15.48	100.3	13,862	100.6	0.549	98.7
2017	37.41	101.7	19.04	100.5	18,606	101.2	0.617	97.9
2018	32.83	102.8	18.06	100.8	12,151	101.6	0.580	96.7
2019	34.50	104.4	16.59	101.3	19,758	103.2	0.596	94.7
2020	34.79	107.2	15.61	102.0	18,967	104.9	0.533	91.7
2021	35.64	111.6	16.08	103.1	12,220	107.8	0.485	87.7
2022	38.65	118.7	22.38	104.6	11,113	112.7	0.511	81.4

*令和 5 年度資源評価結果との比較を示す。