

東シナ海におけるまき網標準化 CPUE 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、西澤文吾、岡本 俊

要 約

東シナ海におけるまき網標準化CPUEを用いたチューニング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まき網標準化CPUE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。本試算結果にはデータ抽出方法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、東シナ海におけるまき網標準化 CPUE（西澤ほか 2024）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。まき網標準化 CPUE（西澤ほか 2024）は、EL90 ならびに EL75 をそれぞれ用いた（図 1、表 1）。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

まき網標準化 CPUE EL90 ならびに EL75 を用いたチューニング VPA による資源解析結果を表 2 に示した。EL90 および EL75 における資源量、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 の推定値とともに上回った。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、EL90 で 36.7 万トン（従来 VPA の 1.12 倍）、21.2 万トン（従来 VPA の 1.13 倍）および 1.1 億尾（従来 VPA の 1.09 倍）、EL75 で 35.7 万トン（従来 VPA の 1.10 倍）、20.6 万トン（従来 VPA の 1.10 倍）および 1.1 億尾（従来 VPA の 1.07 倍）であった（図 3-6、表 3、4）。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、EL90 ならびに EL75 において 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 EL90 では 0.54、EL75 では 0.56 で従来 VPA（0.63）の 86.5% および 89.4% であった（図 4、6、表 3、4）。

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 7 および 8 に示した。親魚量指標の観測値（EL90 および EL75）および予測値は 1994 年～2022 年に増加する傾向にあった。EL90 および EL75 では、1994 年～2006 年では残差は正に、2007 年～2014 年では負になる傾向が観察されるが、2015 年以降は残差が少ない、もしくは正にも負にも振れランダムに推移していた。

レトロスペクティブ解析の結果、EL90、EL75 とともにデータ追加に伴い同様の傾向を示し、資源量および加入量は僅かに増加傾向、平均 F は僅かに減少傾向を示したが、親魚量は一定方向の規則的な変化を示さなかった（図 8、9）。従来 VPA では、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の変化は少なく、ランダムに変化した（図 10）。チューニング VPA と従来 VPA のそれぞれの Mohn's ρ の値は、資源量で 0.116、0.101 と -0.060、平均 F で -0.162、-0.150 と 0.038、加入量で 0.281、0.266 と 0.099、親魚量で 0.051、0.036 と -0.120 であった。Mohn's ρ の値はチューニング VPA において平均 F（EL90 のみ）および加入量を除き、推奨範囲内の値であった。

まき網操業の狙い効果を考慮した 2 つの標準化 CPUE を親魚量指標値として試算している。EL90 と EL75 を比較すると EL75 の方が若干、観測値と予測値の適合が良い傾向にあった。EL90 ではブリの 1 日・1 漁船あたりの漁獲割合が 54.6%以上であるが、EL75 では 83.5%以上となっており、ブリの割合が多い方が適合は良いと言える（西澤ほか 2024）。一方で、狙いを絞り過ぎることで使用可能データが限定的になってしまうため、狙い操業の抽出手法について検討の必要がある。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

- 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.
- Hurtado-Ferro, F., Szuwalski, C. S., Valero, J. L., Anderson, S. C., Cunningham, C. J., Johnson, K. F., Licandeo, R., McGilliard, C. R. Monnahan, C. C., Muradian, M. L., Muradian, M. L., K. Kotaro, Vert-Pre, K. A., Whitten, A. R., Punt, A. E. (2015) Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. *ICES Journal of Marine Science*, **72**, 99-110.
- 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. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_45.pdf (last accessed 25 October).
- 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.
- 西澤文吾・倉島 陽・岡本 俊 (2024) まき網データを用いたブリの親魚量指標値の開発. 水産庁・水産研究・教育機構. FRA-SA2024-SC15-101. (公表前).

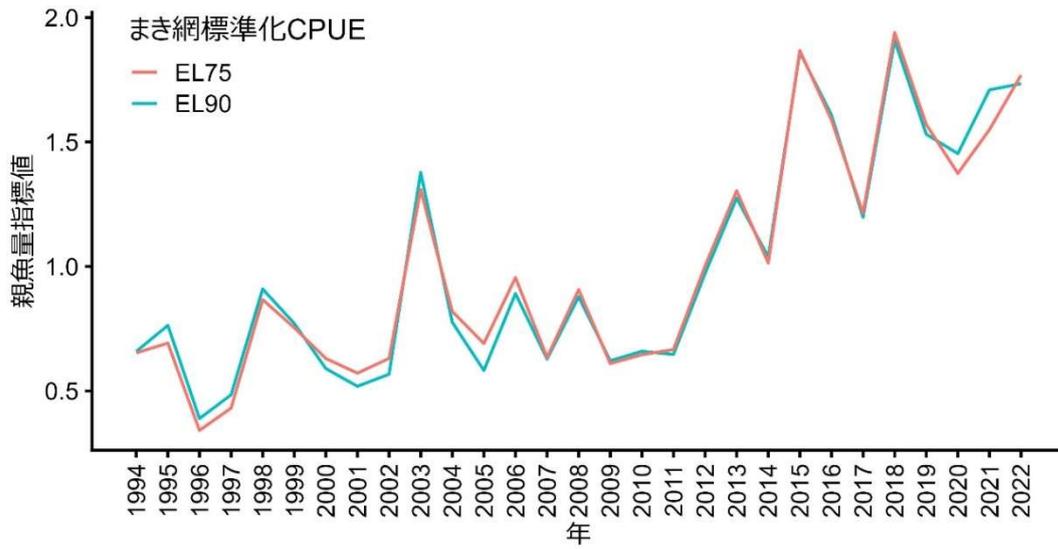


図1. まき網 CPUE の推移

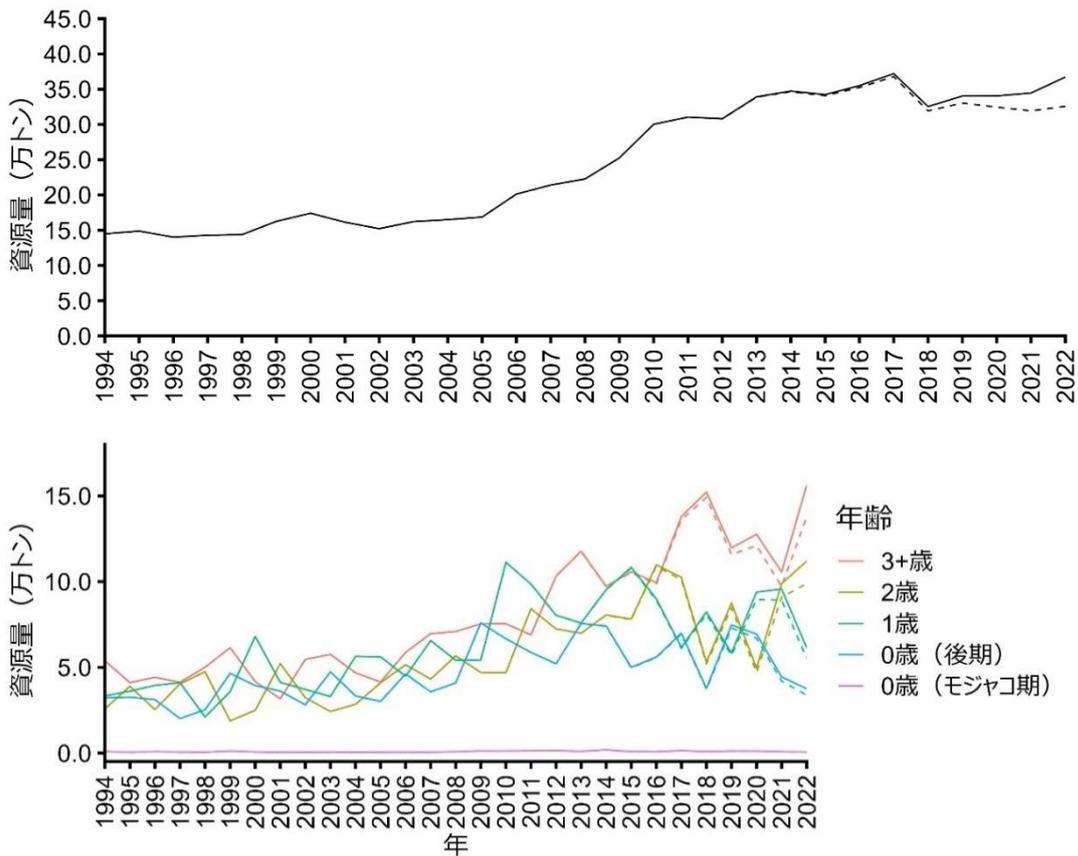


図2. まき網標準化 CPUE (EL90) を用いたチューニング VPA による資源評価結果への影響 (資源量)

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。

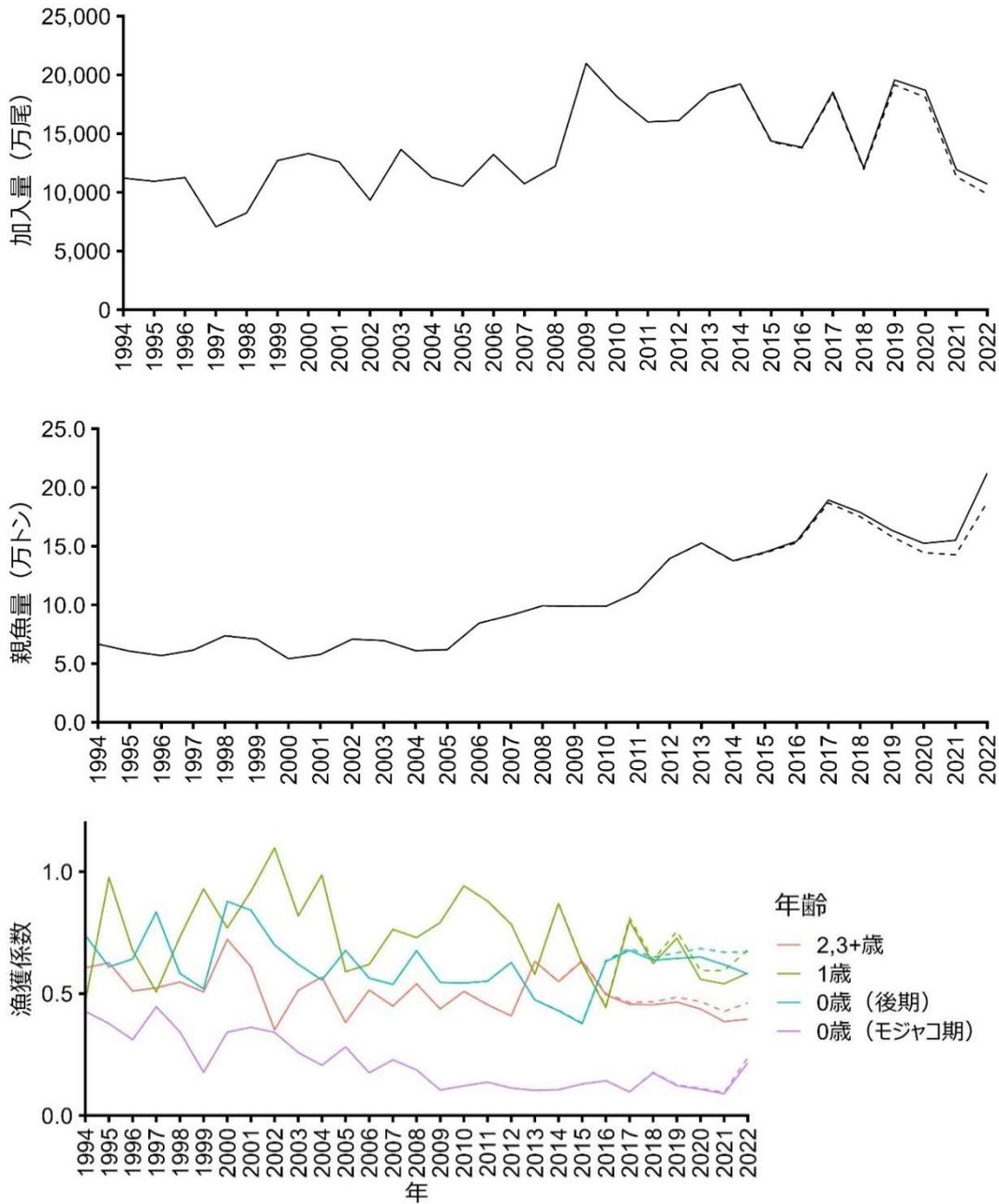


図3. まき網標準化 CPUE (EL90) を用いたチューニング VPA による資源評価結果への影響 (加入量、親魚量、漁獲係数)
 加入量 (上段)、親魚量 (中段)、漁獲係数 (下段)。実線はチューニング VPA (tVPA) の結果、破線は従来 VPA (VPA) の結果を示す。

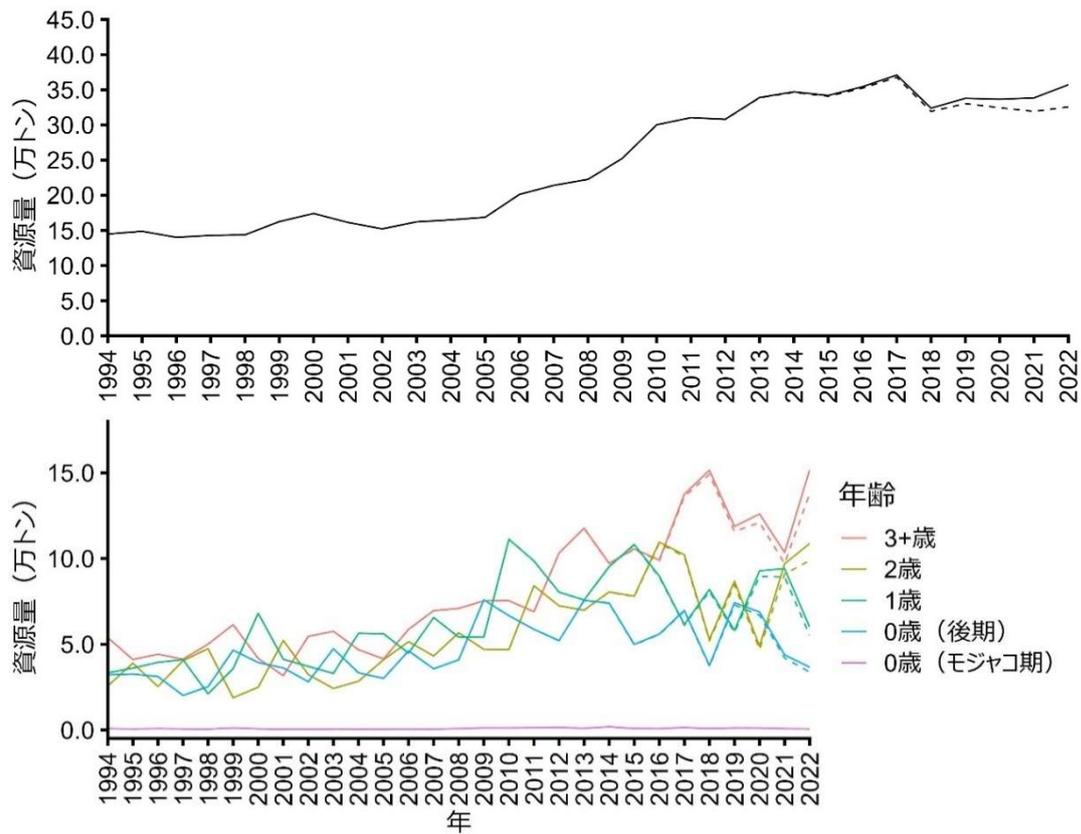


図4. まき網標準化 CPUE (EL75) を用いたチューニング VPA による資源評価結果への影響 (資源量)
 資源量 (上段)、年齢別資源量 (下段)。実線はチューニング VPA (tVPA) の結果、破線は従来 VPA (VPA) の結果を示す。

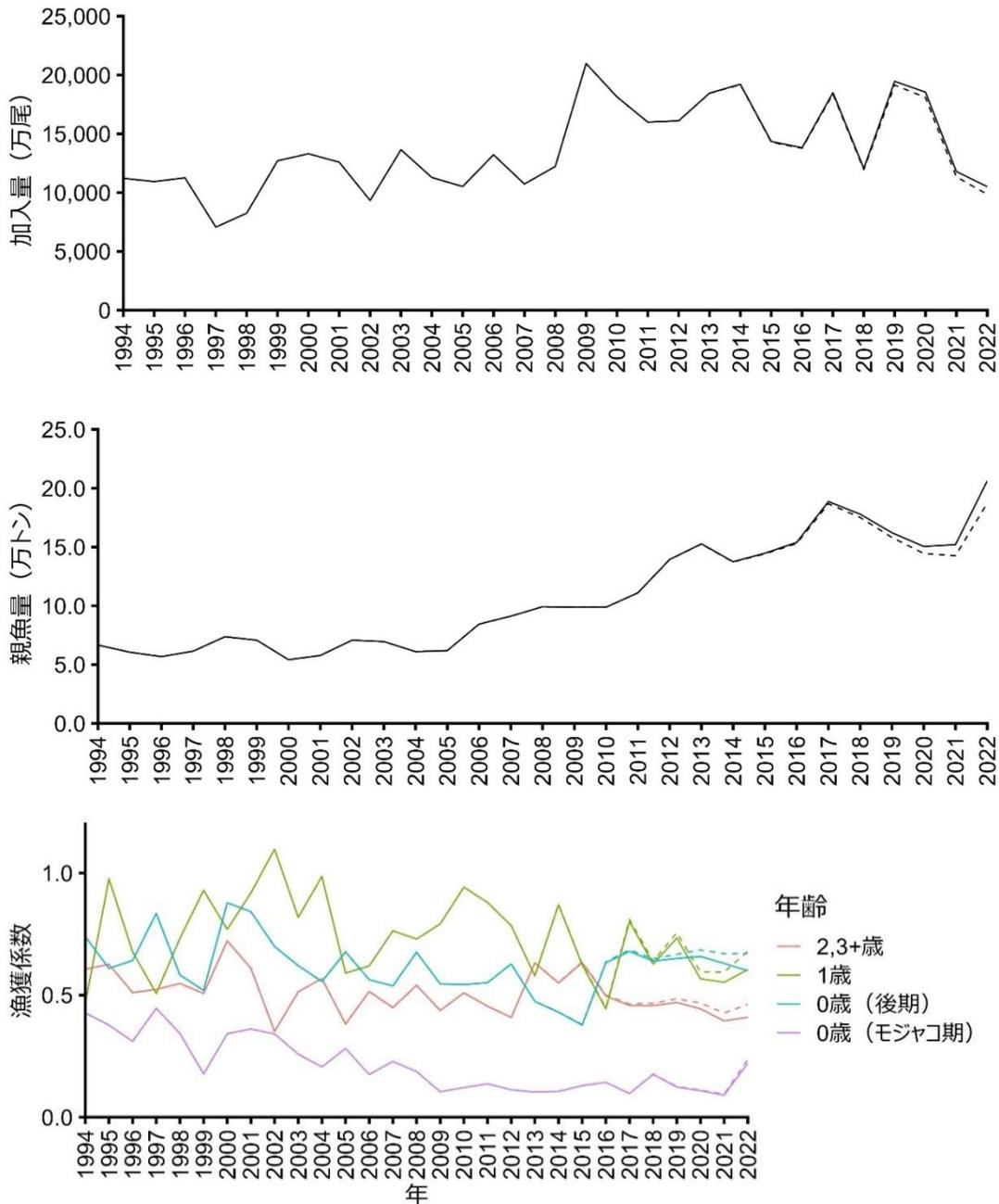


図 5. まき網標準化 CPUE (EL75) を用いたチューニング VPA による資源評価結果への影響 (加入量、親魚量、漁獲係数)
 加入量 (上段)、親魚量 (中段)、漁獲係数 (下段)。実線はチューニング VPA (tVPA) の結果、破線は従来 VPA (VPA) の結果を示す。

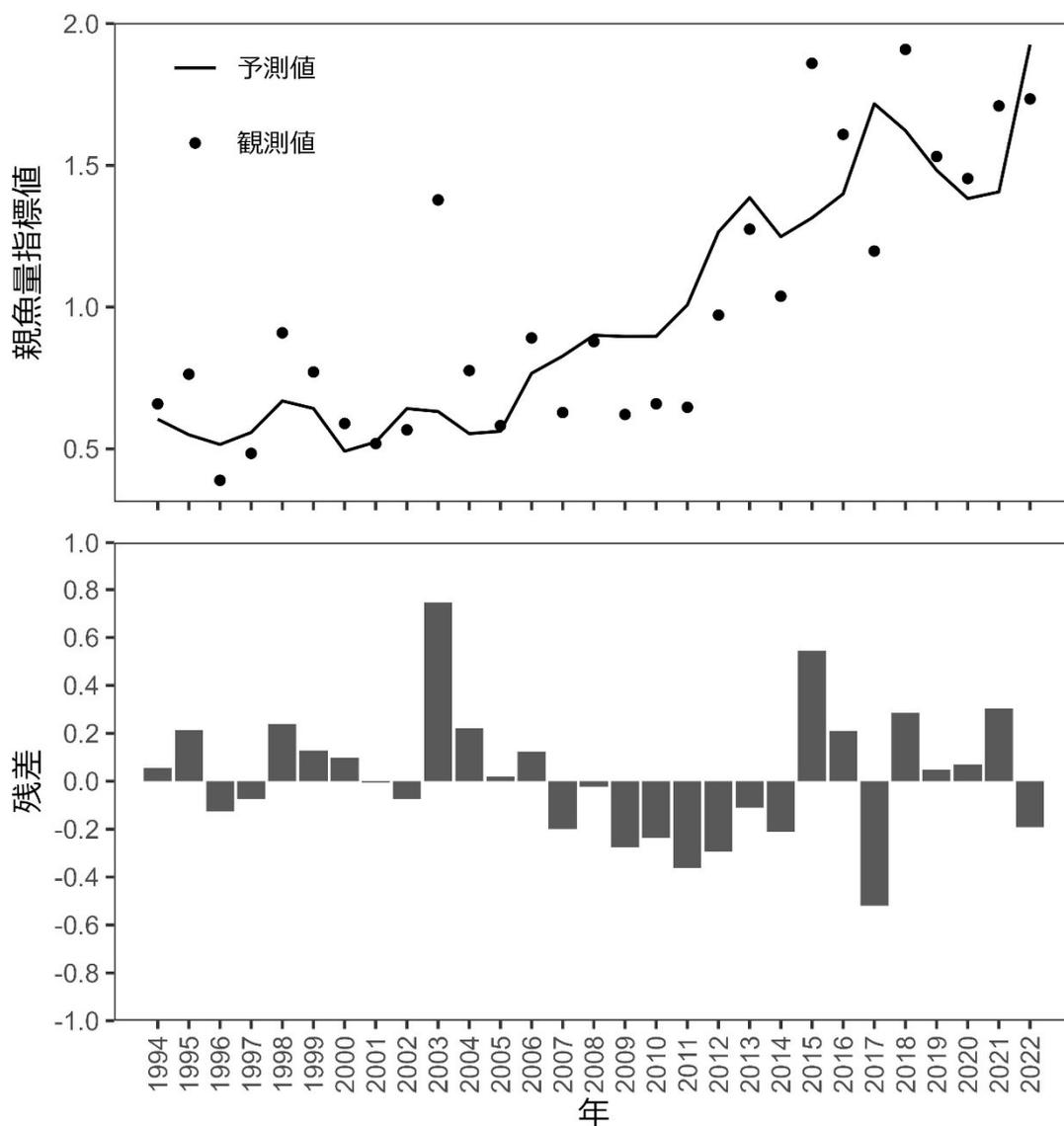


図 6. まき網標準化 CPUE (EL90) を用いたチューニング VPA による親魚量指標の予測値と観測値の推移 (上段) と残差 (下段) の推移
 図中の折れ線は予測値、黒丸は観測値を示す。

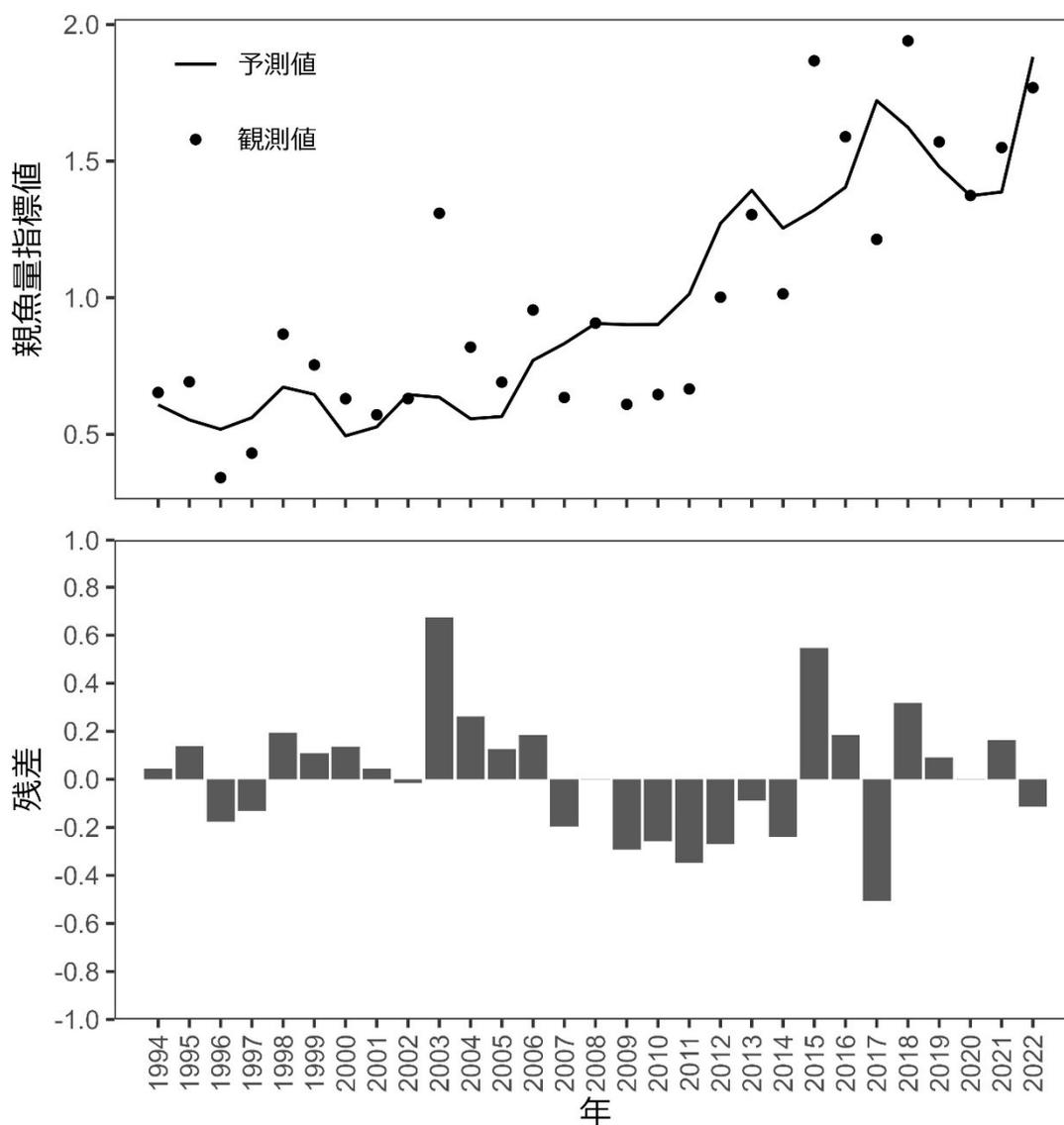


図7. まき網標準化 CPUE (EL75) を用いたチューニング VPA による親魚量指標の予測値と観測値の推移（上段）と残差（下段）の推移
 図中の折れ線は予測値、黒丸は観測値を示す。

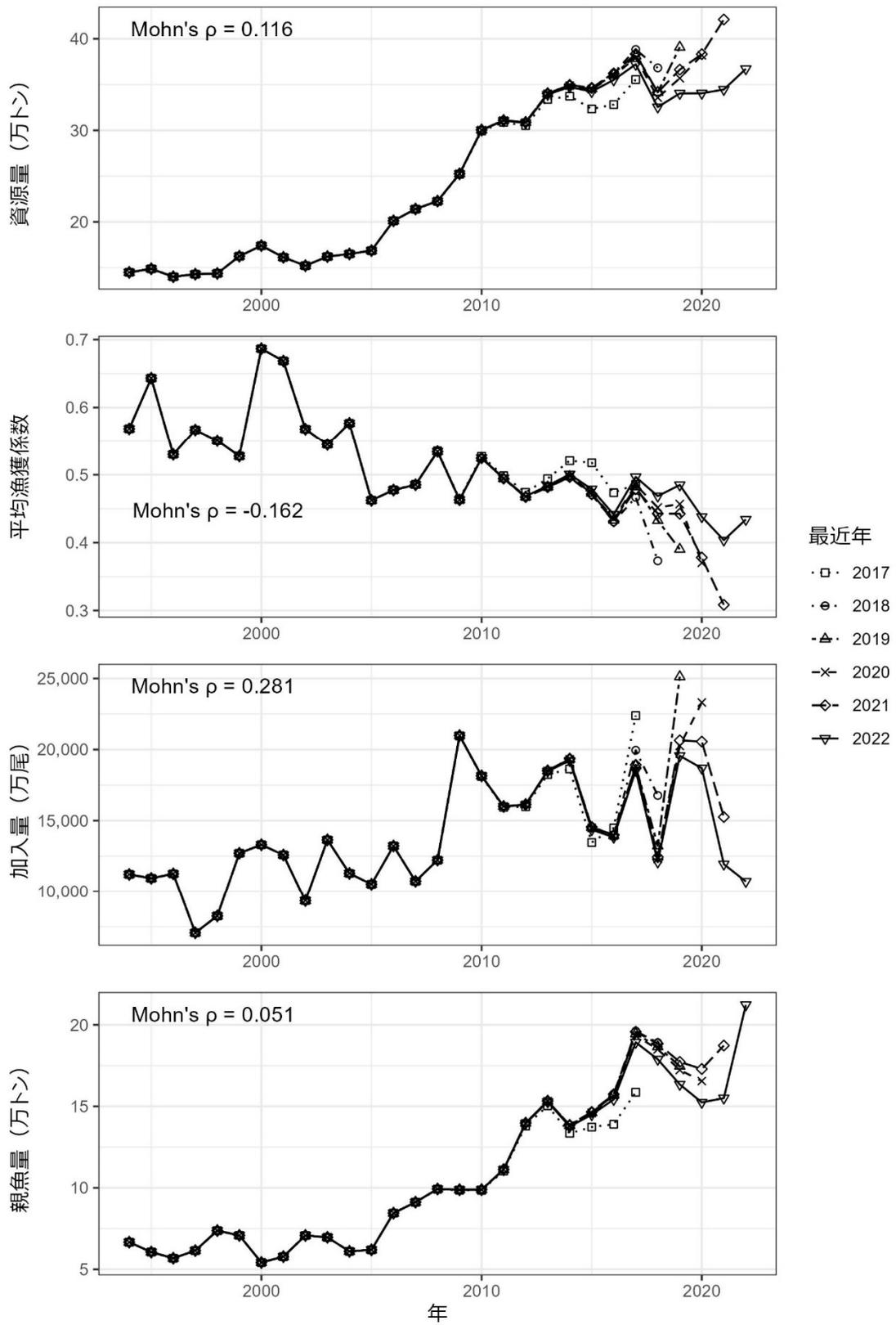


図 8. レトロスペクティブ解析（まき網標準化 CPUE (EL90) を用いたチューニング VPA) Mohn's ρ の値は資源尾数では各年齢の平均を示す。

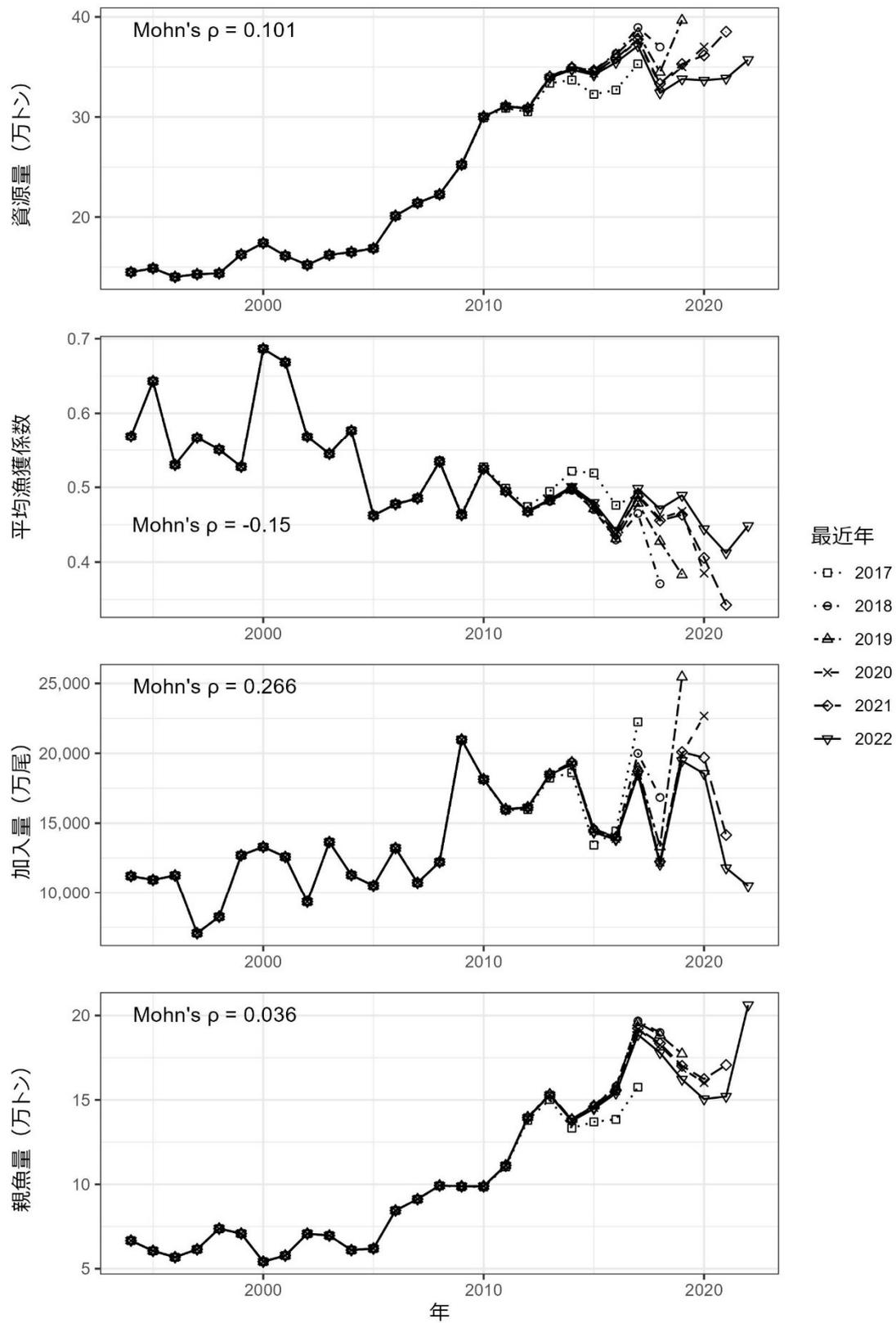


図 9. レトロスペクティブ解析（まき網標準化 CPUE (EL75) を用いたチューニング VPA) Mohn's ρ の値は資源尾数では各年齢の平均を示す。

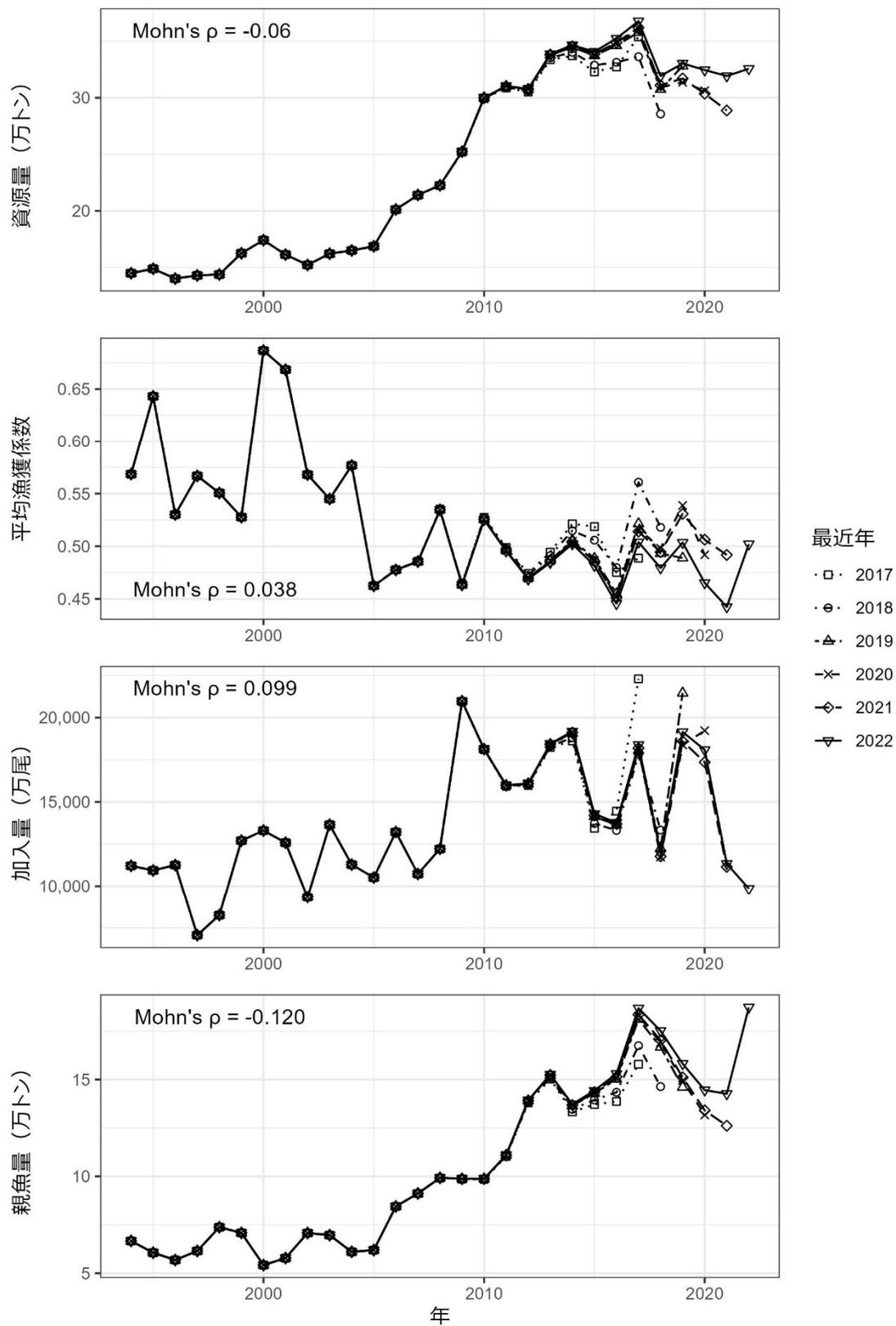


図 10. レトロスペクティブ解析 (従来 VPA)
 Mohn's ρ の値は資源尾数では各年齢の平均を示す。

表 1. 東シナ海におけるまき網ノミナル CPUE および標準化 CPUE (西澤ほか 2024)

年	ノミナルCPUE	まき網標準化CPUE	
		EL90	EL75
1994	0.69	0.66	0.65
1995	0.75	0.76	0.69
1996	0.38	0.39	0.34
1997	0.37	0.48	0.43
1998	0.78	0.91	0.87
1999	0.79	0.77	0.75
2000	0.59	0.59	0.63
2001	0.56	0.52	0.57
2002	0.52	0.57	0.63
2003	1.23	1.38	1.31
2004	0.87	0.78	0.82
2005	0.54	0.58	0.69
2006	0.88	0.89	0.96
2007	0.55	0.63	0.63
2008	0.77	0.88	0.91
2009	0.56	0.62	0.61
2010	0.81	0.66	0.65
2011	0.55	0.65	0.67
2012	1.08	0.97	1.00
2013	1.45	1.27	1.30
2014	0.98	1.04	1.01
2015	1.85	1.86	1.87
2016	1.44	1.61	1.59
2017	1.27	1.20	1.21
2018	2.00	1.91	1.94
2019	1.48	1.53	1.57
2020	1.53	1.45	1.37
2021	1.96	1.71	1.55
2022	1.75	1.73	1.77

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(トン)					太平洋(トン)				日本海、東シナ海(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	15,563	10,675	10,035	21,031	57,303	2,614	5,293	2,416	6,600	12,365	5,207	7,401	11,906
1995	13,805	19,355	15,617	16,473	65,250	1,994	8,776	6,567	3,205	11,356	10,186	8,534	11,045
1996	13,702	16,712	8,703	15,194	54,310	2,691	5,707	3,721	5,525	10,147	10,145	4,589	7,808
1997	10,579	14,048	14,168	14,479	53,274	1,527	6,757	2,730	5,035	8,505	6,455	9,367	6,835
1998	10,332	9,402	17,207	18,161	55,103	707	4,477	2,979	4,475	8,120	3,975	12,749	8,001
1999	17,475	18,635	6,422	21,015	63,546	1,661	7,352	3,709	5,441	14,886	10,375	2,543	8,952
2000	21,344	31,434	11,034	18,463	82,275	9,832	18,746	6,718	5,556	10,996	12,002	3,892	9,719
2001	19,090	21,338	20,523	12,449	73,400	4,182	13,048	9,262	3,233	12,951	7,415	10,467	6,367
2002	13,136	21,272	8,236	13,924	56,568	1,384	6,186	5,931	3,594	10,604	13,675	2,073	7,746
2003	20,333	15,868	8,368	19,889	64,458	1,693	3,125	3,455	6,743	18,115	12,054	4,538	11,063
2004	13,189	30,420	10,608	17,456	71,672	1,128	5,796	3,303	6,572	11,183	23,034	6,537	8,798
2005	13,734	21,529	11,184	11,318	57,765	2,443	10,225	4,614	5,763	10,648	10,568	6,094	4,535
2006	18,436	17,820	17,835	20,336	74,427	3,928	7,607	3,640	4,433	13,840	9,626	13,571	12,709
2007	13,765	30,137	13,430	21,660	78,991	4,301	9,317	5,449	4,628	8,723	19,598	6,650	13,801
2008	18,664	24,122	20,354	25,470	88,610	3,339	6,738	7,871	5,489	13,915	15,446	11,104	12,065
2009	29,618	25,528	14,329	22,939	92,413	4,481	7,349	9,293	6,924	20,867	15,344	3,876	10,199
2010	25,923	58,436	16,101	25,903	126,363	3,600	12,408	10,606	8,402	18,591	36,600	4,617	12,070
2011	23,080	49,640	26,453	21,682	120,855	9,980	13,684	11,784	8,899	11,909	30,883	13,077	10,705
2012	22,528	37,628	20,913	29,785	110,854	4,967	25,611	11,697	12,832	16,051	10,383	7,683	12,609
2013	26,467	28,689	28,178	47,468	130,802	4,026	9,866	21,015	15,781	20,007	16,167	5,609	24,706
2014	24,019	47,667	29,311	35,385	136,382	5,931	9,635	12,389	12,661	16,906	33,997	15,050	18,653
2015	14,565	43,268	31,512	42,674	132,020	2,537	10,823	18,653	17,569	11,433	30,070	11,741	20,366
2016	24,313	27,699	36,911	33,398	122,321	2,861	7,762	20,307	11,388	18,451	17,450	14,032	15,428
2017	31,914	29,172	32,287	43,467	136,840	15,689	7,486	17,704	14,067	13,397	18,200	12,037	21,777
2018	16,480	32,868	16,674	47,832	113,855	5,955	16,294	9,375	15,809	7,919	13,834	5,689	25,546
2019	32,930	25,968	28,022	38,301	125,221	16,573	7,622	13,830	11,703	12,836	14,781	11,872	20,077
2020	30,764	34,597	15,106	38,895	119,362	19,036	16,242	8,486	12,997	10,039	14,826	5,282	19,403
2021	19,003	34,393	27,197	29,044	109,637	8,391	18,356	14,610	11,878	7,615	12,359	9,953	11,430
2022	15,324	23,400	31,450	43,890	114,064	4,406	9,383	18,995	17,696	7,097	9,850	7,110	18,297

表 2. (つづき) チューニング VPA を用いた資源評価結果 (年齢別資源尾数・資源量: EL90)

年	年齢別資源尾数(万尾) EL90						年齢別資源量(トン) EL90					
	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	736	32,105	33,287	25,675	53,811	144,878
1995	10,940	5,558	2,228	936	546	9,268	551	32,612	36,085	38,970	41,106	148,774
1996	11,259	6,112	2,601	622	587	9,922	730	31,175	39,464	25,297	44,166	140,103
1997	7,068	3,352	2,768	979	538	7,636	587	20,147	41,060	40,397	41,285	142,888
1998	8,253	4,339	1,252	1,236	666	7,492	480	25,234	21,030	47,413	50,040	143,716
1999	12,708	7,886	2,086	446	815	11,232	1,116	46,522	35,779	18,774	61,436	162,511
2000	13,306	7,003	4,039	610	563	12,215	618	39,375	68,058	24,935	41,721	174,089
2001	12,586	6,494	2,506	1,387	422	10,808	417	36,162	41,251	52,225	31,678	161,316
2002	9,333	4,916	2,409	741	728	8,793	450	28,158	37,090	32,306	54,615	152,169
2003	13,650	7,809	2,103	595	766	11,274	556	47,412	32,980	24,206	57,536	162,135
2004	11,288	6,803	3,614	687	603	11,708	480	33,353	56,374	28,447	46,811	164,985
2005	10,520	5,881	3,360	999	542	10,782	502	30,097	56,121	40,971	41,460	168,649
2006	13,219	8,220	2,572	1,380	779	12,951	542	46,150	44,831	51,505	58,726	201,212
2007	10,733	6,327	4,028	1,026	956	12,337	506	35,679	65,595	43,165	69,616	214,055
2008	12,225	7,511	3,181	1,391	937	13,021	728	40,961	54,124	56,680	70,926	222,691
2009	20,981	13,996	3,290	1,136	1,005	19,428	1,214	75,917	54,238	47,037	75,300	252,491
2010	18,145	11,904	6,981	1,104	1,025	21,014	1,178	66,679	111,291	46,881	75,420	300,271
2011	15,997	10,335	5,952	2,017	948	19,252	1,308	58,739	98,610	84,177	68,998	310,524
2012	16,113	10,665	5,128	1,831	1,394	19,018	1,429	52,102	80,420	72,463	103,207	308,192
2013	18,468	12,340	4,901	1,734	1,588	20,563	972	75,582	75,864	69,932	117,807	339,185
2014	19,228	12,811	6,612	2,036	1,309	22,768	1,836	74,126	95,366	80,596	97,297	347,385
2015	14,367	9,354	7,176	2,054	1,431	20,015	815	50,008	108,359	78,141	105,820	342,329
2016	13,834	8,886	5,524	2,850	1,372	18,631	717	55,986	90,016	109,784	99,335	355,121
2017	18,537	12,463	4,068	2,629	1,906	21,066	1,420	69,958	61,622	102,514	138,012	372,106
2018	12,089	7,520	5,452	1,356	2,130	16,458	739	37,718	82,338	53,089	152,293	325,439
2019	19,565	12,819	3,424	2,166	1,640	20,050	1,177	74,712	58,389	87,556	119,673	340,330
2020	18,688	12,430	5,792	1,226	1,771	21,219	1,124	69,370	93,908	49,568	127,626	340,473
2021	11,941	8,088	5,584	2,454	1,434	17,561	718	44,417	95,728	98,872	105,586	344,603
2022	10,715	6,395	3,751	2,410	1,960	14,517	645	37,519	61,455	111,961	156,249	367,184

表 2. (つづき) チューニング VPA を用いた資源評価結果 (年齢別資源尾数・資源量 : EL75)

年	年齢別資源尾数(万尾) EL75						年齢別資源量(トン) EL75					
	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	736	32,105	33,287	25,675	53,811	144,878
1995	10,940	5,558	2,228	936	546	9,268	551	32,612	36,085	38,970	41,106	148,774
1996	11,259	6,112	2,601	622	587	9,922	730	31,175	39,464	25,297	44,166	140,103
1997	7,068	3,352	2,768	979	538	7,636	587	20,147	41,060	40,397	41,285	142,888
1998	8,253	4,339	1,252	1,236	666	7,492	480	25,234	21,030	47,413	50,040	143,716
1999	12,708	7,886	2,086	446	815	11,232	1,116	46,522	35,779	18,774	61,436	162,511
2000	13,306	7,003	4,039	610	563	12,215	618	39,375	68,058	24,935	41,721	174,089
2001	12,586	6,494	2,506	1,387	422	10,808	417	36,162	41,251	52,225	31,678	161,316
2002	9,333	4,916	2,409	741	728	8,793	450	28,158	37,090	32,305	54,615	152,169
2003	13,650	7,809	2,103	595	766	11,274	556	47,412	32,980	24,206	57,536	162,134
2004	11,288	6,803	3,614	687	603	11,708	480	33,353	56,374	28,447	46,811	164,984
2005	10,520	5,881	3,360	999	542	10,782	502	30,097	56,120	40,971	41,459	168,647
2006	13,219	8,220	2,572	1,380	779	12,951	542	46,150	44,831	51,504	58,726	201,210
2007	10,733	6,327	4,028	1,026	956	12,337	506	35,679	65,594	43,164	69,615	214,051
2008	12,225	7,511	3,181	1,391	937	13,020	728	40,961	54,123	56,678	70,924	222,685
2009	20,981	13,996	3,290	1,136	1,005	19,427	1,214	75,915	54,236	47,034	75,296	252,481
2010	18,144	11,903	6,981	1,104	1,025	21,013	1,178	66,675	111,285	46,877	75,414	300,252
2011	15,996	10,334	5,952	2,016	948	19,250	1,308	58,734	98,601	84,166	68,988	310,490
2012	16,111	10,663	5,127	1,830	1,394	19,015	1,428	52,093	80,409	72,448	103,185	308,134
2013	18,463	12,337	4,900	1,733	1,588	20,557	971	75,562	75,839	69,910	117,770	339,081
2014	19,217	12,803	6,609	2,034	1,308	22,755	1,835	74,076	95,326	80,548	97,240	347,190
2015	14,350	9,341	7,168	2,052	1,429	19,991	814	49,938	108,248	78,062	105,712	341,960
2016	13,820	8,876	5,513	2,844	1,369	18,602	716	55,920	89,834	109,574	99,145	354,472
2017	18,501	12,436	4,059	2,621	1,900	21,016	1,417	69,809	61,485	102,191	137,578	371,063
2018	12,057	7,496	5,429	1,349	2,120	16,394	737	37,598	81,994	52,826	151,537	323,955
2019	19,465	12,745	3,404	2,149	1,627	19,925	1,171	74,280	58,038	86,872	118,738	337,929
2020	18,544	12,323	5,728	1,211	1,749	21,011	1,116	68,773	92,874	48,952	126,039	336,638
2021	11,796	7,981	5,492	2,407	1,407	17,287	710	43,829	94,150	96,969	103,553	338,500
2022	10,509	6,243	3,659	2,342	1,904	14,148	632	36,623	59,945	108,792	151,827	357,188

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: EL90)

年	年齢別漁獲係数 EL90						年齢別親魚量(トン) EL90					計
	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	
1994	0.43	0.74	0.47	0.61	0.61	0.71	0	0	0	12,837	53,811	66,649
1995	0.38	0.61	0.98	0.63	0.63	0.80	0	0	0	19,485	41,106	60,591
1996	0.31	0.64	0.68	0.51	0.51	0.66	0	0	0	12,649	44,166	56,815
1997	0.45	0.83	0.51	0.52	0.52	0.71	0	0	0	20,198	41,285	61,483
1998	0.34	0.58	0.73	0.55	0.55	0.69	0	0	0	23,706	50,040	73,746
1999	0.18	0.52	0.93	0.51	0.51	0.66	0	0	0	9,387	61,436	70,823
2000	0.34	0.88	0.77	0.72	0.72	0.86	0	0	0	12,467	41,721	54,189
2001	0.36	0.84	0.92	0.61	0.61	0.84	0	0	0	26,113	31,678	57,790
2002	0.34	0.70	1.10	0.35	0.35	0.71	0	0	0	16,153	54,615	70,768
2003	0.26	0.62	0.82	0.51	0.51	0.68	0	0	0	12,103	57,536	69,639
2004	0.21	0.56	0.99	0.57	0.57	0.72	0	0	0	14,223	46,811	61,034
2005	0.28	0.68	0.59	0.38	0.38	0.58	0	0	0	20,485	41,460	61,945
2006	0.18	0.56	0.62	0.51	0.51	0.60	0	0	0	25,752	58,726	84,479
2007	0.23	0.54	0.76	0.45	0.45	0.61	0	0	0	21,582	69,616	91,199
2008	0.19	0.68	0.73	0.54	0.54	0.67	0	0	0	28,340	70,926	99,266
2009	0.10	0.55	0.79	0.44	0.44	0.58	0	0	0	23,518	75,300	98,818
2010	0.12	0.54	0.94	0.51	0.51	0.66	0	0	0	23,441	75,420	98,861
2011	0.14	0.55	0.88	0.45	0.45	0.62	0	0	0	42,089	68,998	111,086
2012	0.11	0.63	0.78	0.41	0.41	0.59	0	0	0	36,231	103,207	139,438
2013	0.10	0.47	0.58	0.63	0.63	0.60	0	0	0	34,966	117,807	152,773
2014	0.11	0.43	0.87	0.55	0.55	0.63	0	0	0	40,298	97,297	137,595
2015	0.13	0.38	0.62	0.63	0.63	0.60	0	0	0	39,071	105,820	144,891
2016	0.14	0.63	0.44	0.50	0.50	0.55	0	0	0	54,892	99,335	154,227
2017	0.10	0.68	0.80	0.46	0.46	0.62	0	0	0	51,257	138,012	189,269
2018	0.17	0.64	0.62	0.45	0.45	0.59	0	0	0	26,545	152,293	178,838
2019	0.12	0.64	0.73	0.46	0.46	0.61	0	0	0	43,778	119,673	163,451
2020	0.11	0.65	0.56	0.44	0.44	0.55	0	0	0	24,784	127,626	152,410
2021	0.09	0.62	0.54	0.39	0.39	0.50	0	0	0	49,436	105,586	155,022
2022	0.22	0.58	0.58	0.40	0.40	0.54	0	0	0	55,980	156,249	212,229

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 : EL75)

年	年齢別漁獲係数 EL75						年齢別親魚量(トン) EL75					計
	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	
1994	0.43	0.74	0.47	0.61	0.61	0.71	0	0	0	12,837	53,811	66,649
1995	0.38	0.61	0.98	0.63	0.63	0.80	0	0	0	19,485	41,106	60,591
1996	0.31	0.64	0.68	0.51	0.51	0.66	0	0	0	12,649	44,166	56,815
1997	0.45	0.83	0.51	0.52	0.52	0.71	0	0	0	20,198	41,285	61,483
1998	0.34	0.58	0.73	0.55	0.55	0.69	0	0	0	23,706	50,040	73,746
1999	0.18	0.52	0.93	0.51	0.51	0.66	0	0	0	9,387	61,436	70,823
2000	0.34	0.88	0.77	0.72	0.72	0.86	0	0	0	12,467	41,721	54,189
2001	0.36	0.84	0.92	0.61	0.61	0.84	0	0	0	26,113	31,678	57,790
2002	0.34	0.70	1.10	0.35	0.35	0.71	0	0	0	16,153	54,615	70,767
2003	0.26	0.62	0.82	0.51	0.51	0.68	0	0	0	12,103	57,536	69,639
2004	0.21	0.56	0.99	0.57	0.57	0.72	0	0	0	14,223	46,811	61,034
2005	0.28	0.68	0.59	0.38	0.38	0.58	0	0	0	20,485	41,459	61,945
2006	0.18	0.56	0.62	0.51	0.51	0.60	0	0	0	25,752	58,726	84,478
2007	0.23	0.54	0.76	0.45	0.45	0.61	0	0	0	21,582	69,615	91,197
2008	0.19	0.68	0.73	0.54	0.54	0.67	0	0	0	28,339	70,924	99,263
2009	0.10	0.55	0.79	0.44	0.44	0.58	0	0	0	23,517	75,296	98,813
2010	0.12	0.54	0.94	0.51	0.51	0.66	0	0	0	23,439	75,414	98,853
2011	0.14	0.55	0.88	0.45	0.45	0.62	0	0	0	42,083	68,988	111,072
2012	0.11	0.63	0.78	0.41	0.41	0.59	0	0	0	36,224	103,185	139,409
2013	0.10	0.47	0.58	0.63	0.63	0.60	0	0	0	34,955	117,770	152,725
2014	0.11	0.43	0.87	0.55	0.55	0.63	0	0	0	40,274	97,240	137,514
2015	0.13	0.38	0.62	0.63	0.63	0.60	0	0	0	39,031	105,712	144,743
2016	0.14	0.63	0.44	0.50	0.50	0.55	0	0	0	54,787	99,145	153,932
2017	0.10	0.68	0.80	0.46	0.46	0.62	0	0	0	51,096	137,578	188,673
2018	0.18	0.64	0.63	0.46	0.46	0.59	0	0	0	26,413	151,537	177,950
2019	0.12	0.65	0.73	0.47	0.47	0.61	0	0	0	43,436	118,738	162,174
2020	0.11	0.66	0.57	0.44	0.44	0.56	0	0	0	24,476	126,039	150,515
2021	0.09	0.63	0.55	0.39	0.39	0.52	0	0	0	48,484	103,553	152,037
2022	0.22	0.60	0.60	0.41	0.41	0.56	0	0	0	54,396	151,827	206,224

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

年	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
1994	7	592	1,652	3,982	7,634
1995	5	587	1,619	4,162	7,531
1996	6	510	1,517	4,067	7,526
1997	8	601	1,483	4,127	7,679
1998	6	582	1,680	3,837	7,518
1999	9	590	1,715	4,212	7,542
2000	5	562	1,685	4,086	7,416
2001	3	557	1,646	3,766	7,504
2002	5	573	1,540	4,361	7,500
2003	4	607	1,568	4,065	7,512
2004	4	490	1,560	4,140	7,757
2005	5	512	1,670	4,101	7,651
2006	4	561	1,743	3,733	7,534
2007	5	564	1,628	4,209	7,282
2008	6	545	1,701	4,074	7,567
2009	6	542	1,649	4,139	7,490
2010	6	560	1,594	4,245	7,358
2011	8	568	1,657	4,174	7,278
2012	9	489	1,568	3,959	7,401
2013	5	612	1,548	4,034	7,418
2014	10	579	1,442	3,959	7,434
2015	6	535	1,510	3,805	7,396
2016	5	630	1,630	3,852	7,241
2017	8	561	1,515	3,899	7,242
2018	6	502	1,510	3,915	7,149
2019	6	583	1,705	4,043	7,296
2020	6	558	1,621	4,043	7,206
2021	6	549	1,714	4,029	7,362
2022	6	587	1,638	4,645	7,972

表 3. まき網標準化 CPUE (EL90) を用いたチューニング VPA による資源評価結果と令和 5 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	0.71	100.0
1995	14.88	100.0	6.06	100.0	10,940	100.0	0.80	100.0
1996	14.01	100.0	5.68	100.0	11,259	100.0	0.66	100.0
1997	14.29	100.0	6.15	100.0	7,068	100.0	0.71	100.0
1998	14.37	100.0	7.37	100.0	8,253	100.0	0.69	100.0
1999	16.25	100.0	7.08	100.0	12,708	100.0	0.66	100.0
2000	17.41	100.0	5.42	100.0	13,306	100.0	0.86	100.0
2001	16.13	100.0	5.78	100.0	12,586	100.0	0.84	100.0
2002	15.22	100.0	7.08	100.0	9,333	100.0	0.71	100.0
2003	16.21	100.0	6.96	100.0	13,650	100.0	0.68	100.0
2004	16.50	100.0	6.10	100.0	11,288	100.0	0.72	100.0
2005	16.86	100.0	6.19	100.0	10,520	100.0	0.58	100.0
2006	20.12	100.0	8.45	100.0	13,219	100.0	0.60	100.0
2007	21.41	100.0	9.12	100.0	10,733	100.0	0.61	100.0
2008	22.27	100.0	9.93	100.0	12,225	100.0	0.67	100.0
2009	25.25	100.0	9.88	100.0	20,981	100.0	0.58	100.0
2010	30.03	100.0	9.89	100.0	18,145	100.0	0.66	100.0
2011	31.05	100.0	11.11	100.1	15,997	100.0	0.62	99.9
2012	30.82	100.1	13.94	100.1	16,113	100.1	0.59	99.9
2013	33.92	100.1	15.28	100.1	18,468	100.1	0.60	99.8
2014	34.74	100.2	13.76	100.2	19,228	100.3	0.63	99.7
2015	34.23	100.4	14.49	100.4	14,367	100.5	0.60	99.4
2016	35.51	100.8	15.42	100.8	13,834	100.4	0.55	99.1
2017	37.21	101.2	18.93	101.3	18,537	100.8	0.62	98.6
2018	32.54	101.9	17.88	102.1	12,089	101.1	0.59	97.8
2019	34.03	103.0	16.35	103.4	19,565	102.2	0.61	96.3
2020	34.05	104.9	15.24	105.4	18,688	103.3	0.55	94.2
2021	34.46	107.9	15.50	108.7	11,941	105.3	0.50	91.3
2022	36.72	112.7	21.22	113.3	10,715	108.7	0.54	86.5

*令和 5 年度資源評価結果との比較を示す。

表 4. まき網標準化 CPUE (EL75) を用いたチューニング VPA による資源評価結果と令和 5 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	0.71	100.0
1995	14.88	100.0	6.06	100.0	10,940	100.0	0.80	100.0
1996	14.01	100.0	5.68	100.0	11,259	100.0	0.66	100.0
1997	14.29	100.0	6.15	100.0	7,068	100.0	0.71	100.0
1998	14.37	100.0	7.37	100.0	8,253	100.0	0.69	100.0
1999	16.25	100.0	7.08	100.0	12,708	100.0	0.66	100.0
2000	17.41	100.0	5.42	100.0	13,306	100.0	0.86	100.0
2001	16.13	100.0	5.78	100.0	12,586	100.0	0.84	100.0
2002	15.22	100.0	7.08	100.0	9,333	100.0	0.71	100.0
2003	16.21	100.0	6.96	100.0	13,650	100.0	0.68	100.0
2004	16.50	100.0	6.10	100.0	11,288	100.0	0.72	100.0
2005	16.86	100.0	6.19	100.0	10,520	100.0	0.58	100.0
2006	20.12	100.0	8.45	100.0	13,220	100.0	0.60	100.0
2007	21.41	100.0	9.12	100.0	10,734	100.0	0.61	100.0
2008	22.27	100.0	9.93	100.0	12,225	100.0	0.67	100.0
2009	25.25	100.0	9.88	100.0	20,982	100.0	0.58	100.0
2010	30.03	100.0	9.89	100.0	18,147	100.0	0.66	100.0
2011	31.05	100.0	11.11	100.0	15,999	100.0	0.62	100.0
2012	30.81	100.1	13.94	100.1	16,118	100.0	0.59	99.9
2013	33.91	100.1	15.27	100.1	18,476	100.1	0.60	99.9
2014	34.72	100.2	13.75	100.2	19,251	100.2	0.63	99.8
2015	34.20	100.3	14.47	100.3	14,401	100.4	0.60	99.5
2016	35.45	100.6	15.39	100.6	13,862	100.3	0.55	99.3
2017	37.11	100.9	18.87	101.0	18,606	100.6	0.62	98.9
2018	32.40	101.5	17.80	101.6	12,151	100.9	0.59	98.3
2019	33.79	102.3	16.22	102.5	19,758	101.6	0.61	97.2
2020	33.66	103.7	15.05	104.1	18,967	102.5	0.56	95.5
2021	33.85	106.0	15.20	106.6	12,220	104.0	0.52	93.2
2022	35.72	109.7	20.62	110.1	11,113	106.6	0.56	89.4

*令和 5 年度資源評価結果との比較を示す。