









































補足表2-1. 年齢別漁獲尾数 (千尾、続き)

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
374	34	70	295	184	433	9
114	166	159	149	1,511	843	184
350	211	164	149	239	1,564	913
164	172	96	136	134	229	1,008
64	48	101	99	105	122	124
53	33	58	85	53	128	113
37	25	34	43	101	68	41
1,158	689	683	956	2,326	3,388	2,391

補足表2-2. VPAによって推定した資源尾数 (千尾、続き)

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
2,575	2,713	3,303	21,575	15,020	4,677	398
1,189	1,675	2,082	2,511	16,543	11,535	3,260
1,468	825	1,158	1,482	1,824	11,550	8,240
565	835	457	757	1,022	1,209	7,615
224	295	498	271	470	678	740
129	118	188	298	124	273	420
90	91	111	150	237	145	153
6,240	6,551	7,798	27,045	35,239	30,069	20,826

補足表2-3. VPAによって推定した漁獲死亡係数 (続き)

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0.18	0.01	0.02	0.02	0.01	0.11	0.02
0.12	0.12	0.09	0.07	0.11	0.09	0.07
0.31	0.34	0.17	0.12	0.16	0.17	0.13
0.40	0.27	0.27	0.23	0.16	0.24	0.16
0.39	0.20	0.26	0.53	0.29	0.23	0.21
0.63	0.38	0.44	0.39	0.66	0.76	0.36
0.63	0.38	0.44	0.39	0.66	0.76	0.37
0.45	0.28	0.31	0.32	0.47	0.40	0.23

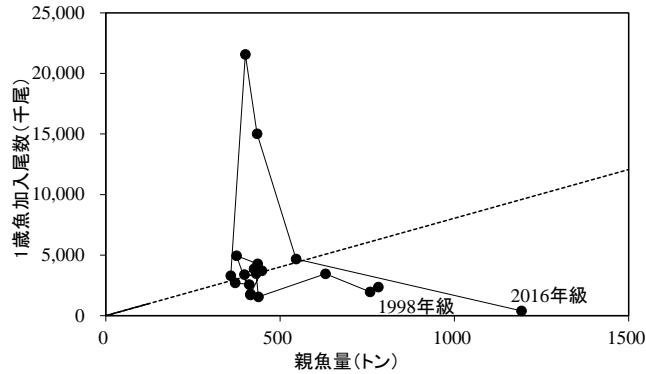
補足表2-4. VPAによって推定した資源量 (トン、続き)

2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
59	62	76	494	344	112	10
83	117	146	168	714	569	165
166	93	131	151	162	782	605
92	135	74	99	116	117	768
43	57	96	48	67	110	106
30	27	43	66	24	53	76
28	28	34	44	70	44	47
500	520	600	1,071	1,496	1,788	1,776

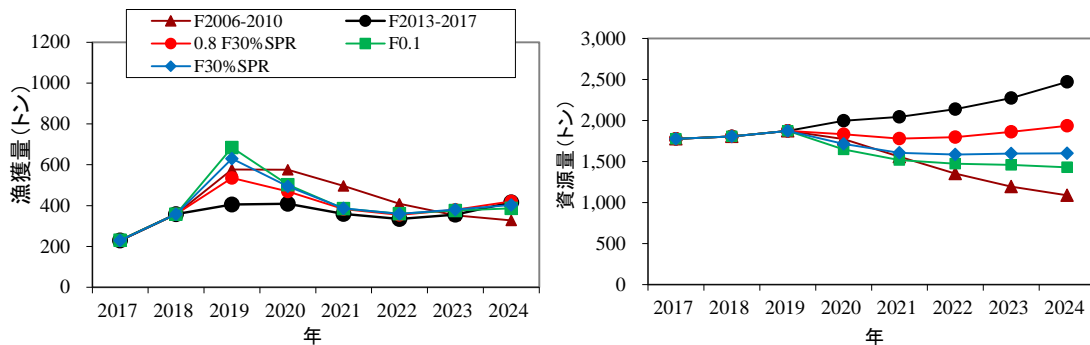
注) 資源尾数に各年各年齢の平均体重 (5-6月) を乗じたもの。  
 性比は1:1と仮定し、7歳魚以上の個体はすべて雌とした。

補足資料3 再生産関係を用いた漁獲量、資源量予測

1998年級～2015年級での再生産関係に基づき、RPSの中央値を求めた(補足図3-1)。その結果、RPSの中央値は6.9尾/kgと算定された(親魚は雌雄合計値)。また、これをもとに $RPS \times SPR = 1$ となるF(Fmed)を求めたところ、4歳魚のFは0.361(各年齢平均で0.455)と算出された。RPSメジアンと親魚量を用いて親魚量に応じた加入量を推定し、さまざまな基準で漁獲した際の2017年以降の資源量と漁獲量の変動をシミュレートした(補足図3-2)。Fcurrentで漁獲すると、資源量は緩やかながらも増加し、2024年には資源量は2,472トンになる。また、漁獲量も同様に増加し、2024年には417トンになる。0.8F30%SPRで漁獲すると資源量はほぼ横ばいで推移するが、F2006-2010、F0.1およびF30%SPRで漁獲すると資源量は増加し、漁獲量も2019年をピークに減少傾向となる。ただし、先述のように1990年代の卓越年級は非常に少ない親魚量で発生したと考えられ、この再生産関係は大きく変化する可能性があること、現在震災以前の漁獲の中心であった福島県の漁獲が非常に少ないこと、卓越年級を発生させることのできる親魚量の下限や加入量の上限などが不明確なことから、ABC算定には用いていない。



補足図3-1. 1998～2016年級における再生産関係  
破線はRPSメジアンを示す。



補足図3-2. 再生産関係を用いて求めた、様々な管理基準における漁獲量(左)と資源量(右)

#### 補足資料 4 標準化した沖底 CPUE を用いたチューニング VPA

年、月、海域および狙い操業の影響を除去するため、GLM（一般化線型モデル）を用いてヤナギムシガレイの主要な漁場である金華山～房総海区の沖底 CPUE の標準化を行った。分析には本種の有漁網データを用いた。モデルの誤差分布は正規分布に従うと仮定し、対数化したヤナギムシガレイのノミナル CPUE（=総漁獲量/騒動力量）を応答変数として採用した。説明変数には、年、月、県、海区、水深および狙い操業とそれらの交互作用を用い、すべてカテゴリカル変数として扱った。フルモデルは AIC による変数増減法にて変数選択を行い、AIC が最も低くなるものをベストモデルとして選択した。

その結果、以下の式がベストモデルとして選択された。

$$\text{LogCPUE} = \text{Year} + \text{Year} * \text{Month} + \text{Year} * \text{Area} + \text{Year} * \text{Depth} + \text{Year} * \text{TE} + \\ \text{Month} * \text{Area} + \text{Month} * \text{Depth} + \text{Area} * \text{Month} + \text{Area} * \text{TE} + \text{Depth} * \text{TE} + \text{intercept}$$

ここでの記号は次の通りである。

Year: 年 (1973～2017)

Month: 月 (1～3、4～6、7～9、10～12)

Area: 小海区 (金華山～房総)

Depth: 漁区毎の水深 (≥200m、<200m)

Pref: 漁船毎の属県 (宮城県～千葉県)

TE:狙い操業

狙い操業は Biseau(1998)に従い、年毎に日別船別の操業をヤナギムシガレイの漁獲量割合が高い順に並べ、上からの累積が 75%までを狙い操業、75%以下を非狙い操業として扱った。

対数化 CPUE 実測値とモデルの残差は概ね正規分布に従っていた (補足図 4-1、4-2)。正規確率図では上方にて逸脱が観察されたが、それらのデータ数がしめる割合は低かった (補足図 4-3)。また、年別の残差は 0 周辺に分布することが確認された (補足図 4-4)。このモデルを用いて沖底の標準化 CPUE を求めたところ、ノミナル CPUE と類似したトレンドを示していた (補足図 4-5)。

次に標準化した CPUE を指数として VPA のチューニングを行った。最近年 (2017 年) の各年齢の漁獲係数 F を以下のようにチューニングし、資源尾数および F を推定した。最近年の 1～5 歳の F の年齢別選択率には、チューニングをしない VPA から推定された 2012-2016 年の平均値を用い、最近年以前の F については補足資料 2 で示したものをを用いた。平松 (2001) に基づき、(1) 式を最小化する最近年の  $F_t$  を探索的に求めた。

$$\sum_y (I_y - qN_y)^2 \tag{1}$$

また、 $\hat{q}$ の推定値は (2)式で解析的に求めた。

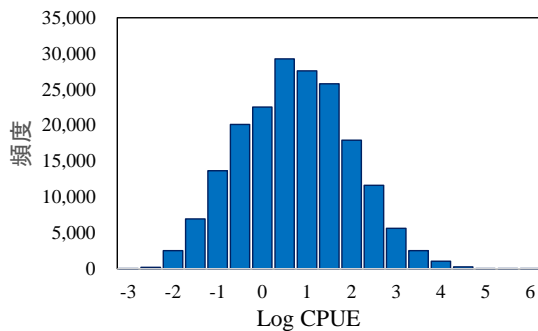
$$\hat{q} = \frac{\sum_y I_y N_y}{\sum_y N_y^2} \quad (2)$$

ここで  $N$  は資源量、 $I$  には 2001～2017 年の沖底金華山～房総海区の CPUE を用いた。

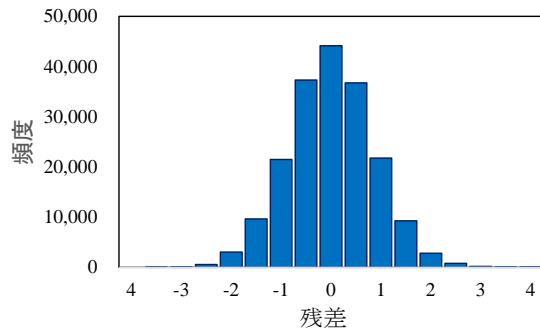
その結果、2017 年の資源量は 1,193 トンと推定された（補足図 4-6）。全体的な傾向は沖底網数で補正した VPA の値と類似していたが、近年の資源量値はチューニング VPA の方が低く抑えられていた。本チューニングに用いた標準化 CPUE のモデルは、多くの底魚類に汎用的に当てはめることを目的としたものであり、標準化による補正の妥当性や狙い操業と非狙い操業の区分の妥当性に関する検討は十分になされていない。そのため、ここでは補足資料への記載に留めた。

### 引用文献

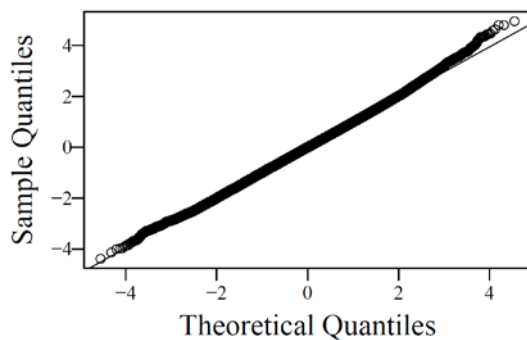
- Biseau, A. (1998) Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquatic Living Resources*, **11**: 119-136.
- 平松一彦 (2001) VPA. 平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書。－資源解析手法教科書－, 104-128.



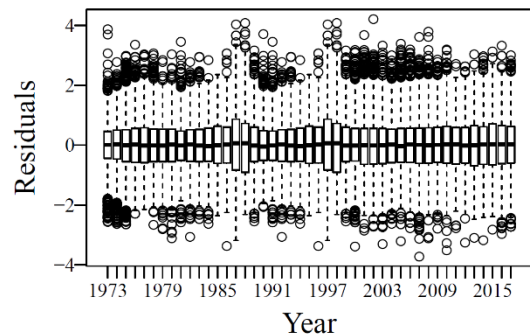
補足図 4-1. 操業毎の LogCPUE (1973～2017 年データ)



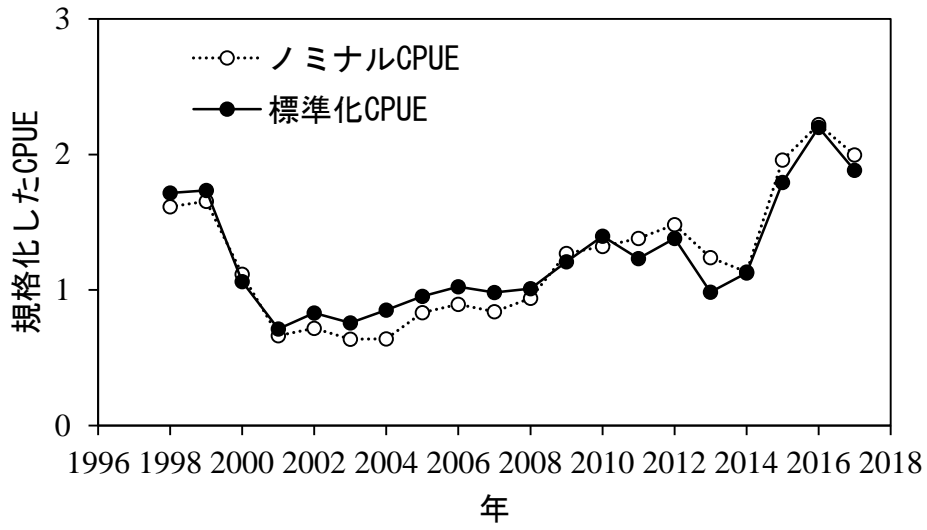
補足図 4-2. モデル予測値と実測値の残差 (1973～2017 年データ)



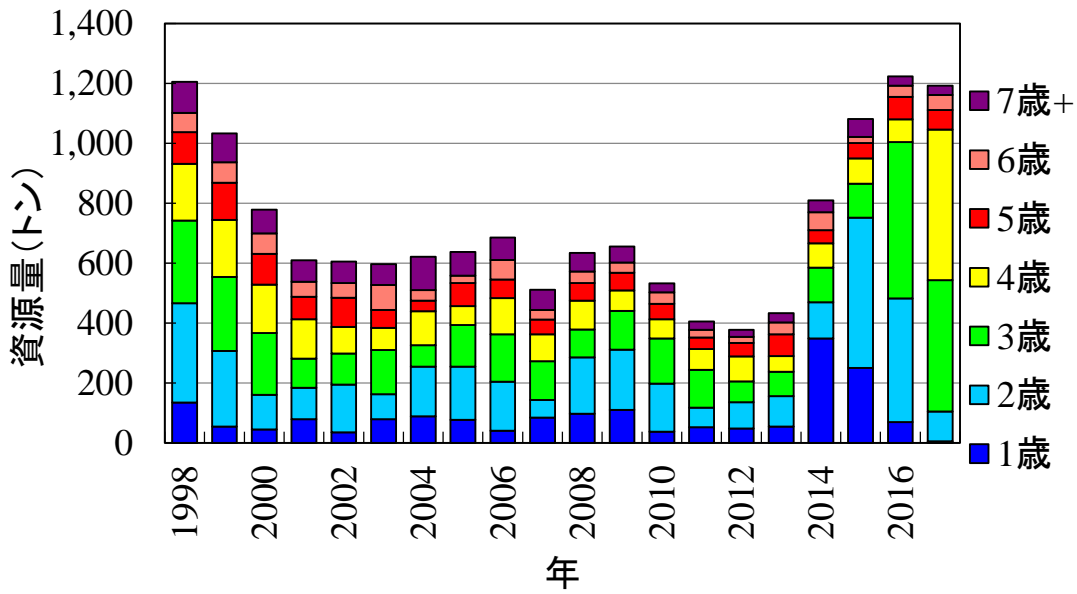
補足図 4-3. ヒストグラムの正規性の確認



補足図 4-4. 年ごとの残差。箱ひげ図は第一～第三四分位、バーは最大値、最小値の 1.5 倍、バーの外側は外れ値を示す



補足図 4-5. ノミナル CPUE と標準化 CPUE の時系列変化  
それぞれ平均値で除すことで規格化した。



補足図 4-6. 標準化 CPUE によってチューニングした VPA によって求めた資源量