

図 8. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲量の経年変化
凡例の数値は年齢を示す。

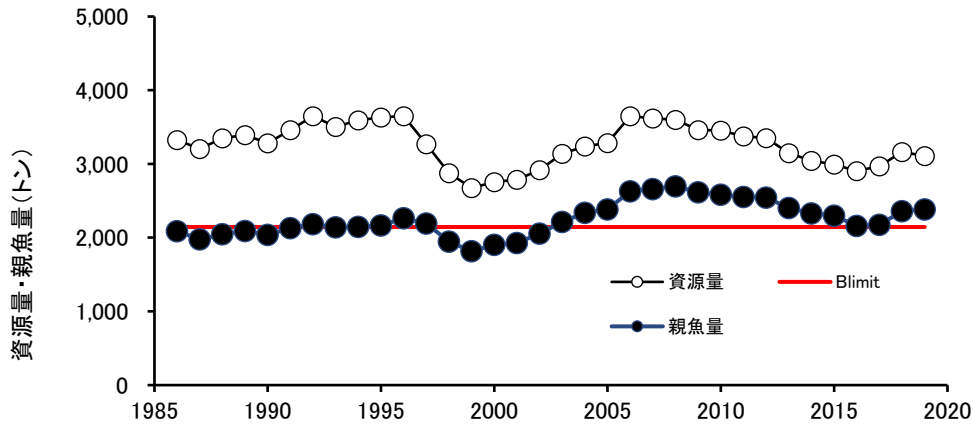


図 9. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量の推移と水準

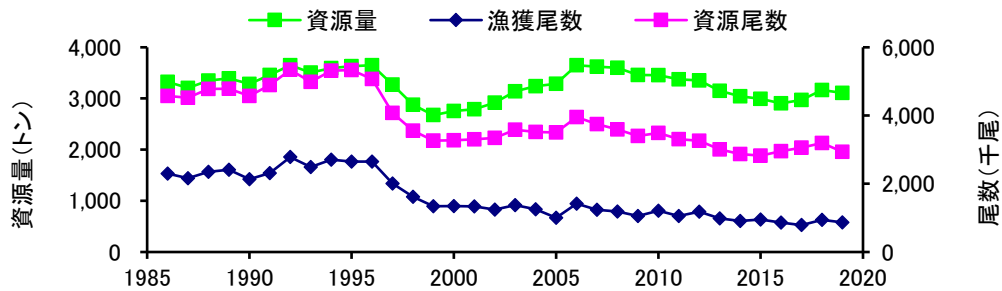


図 10. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量、資源尾数および漁獲尾数の経年変化

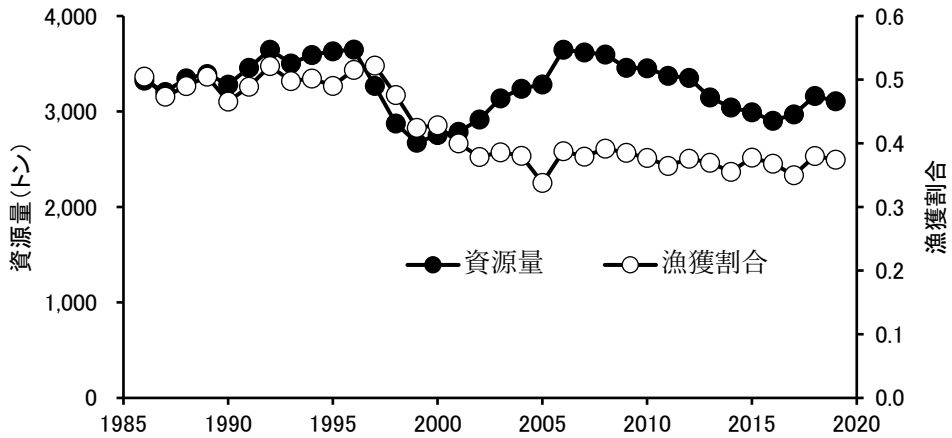


図 11. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量と漁獲割合の経年変化

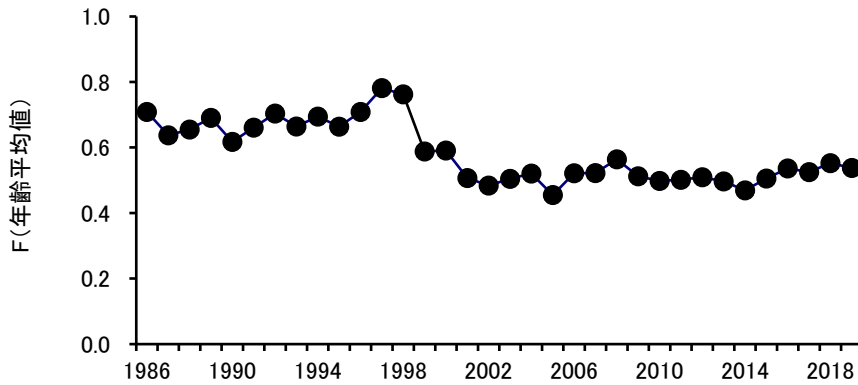


図 12. コホート解析により推定された F 値の経年変化

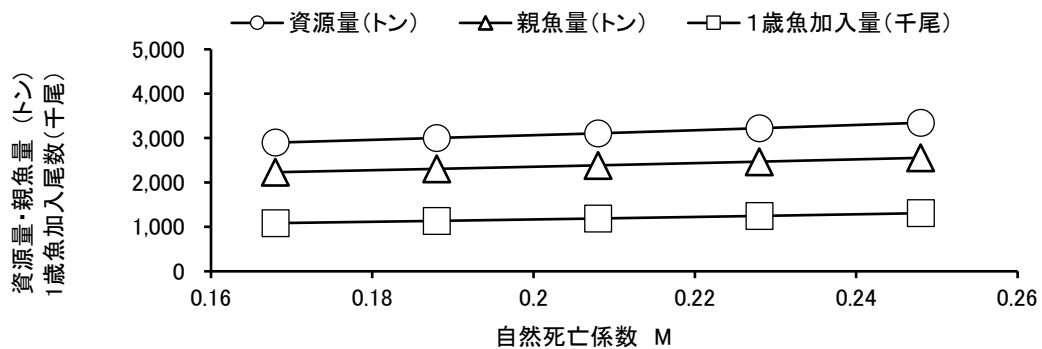


図 13. M を変化させた場合の資源量、親魚量、1 歳魚加入尾数の推定値の変化

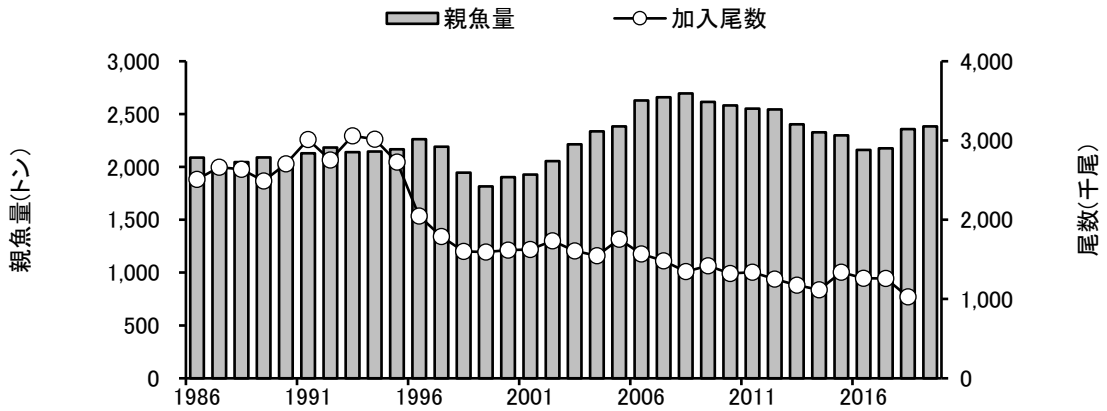


図 14. 親魚量と翌年加入尾数の経年変化

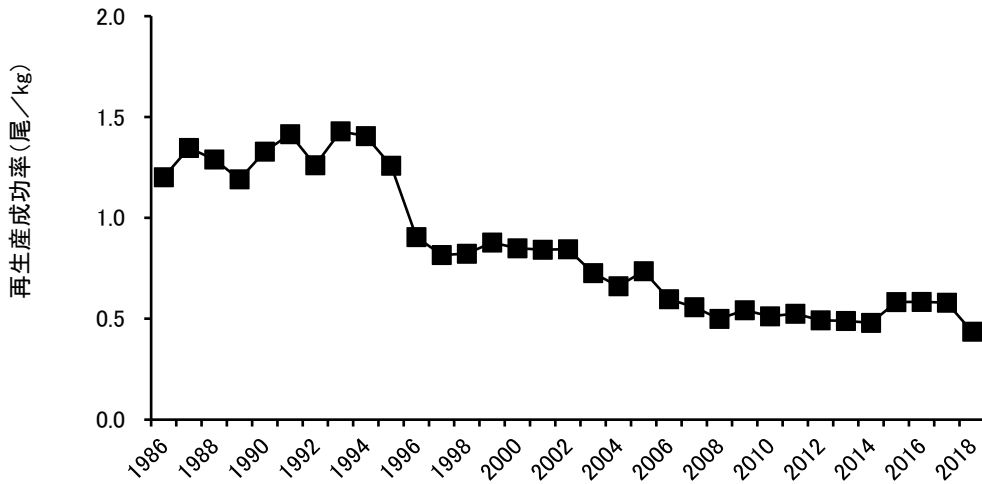


図 15. 再生産成功率の経年変化

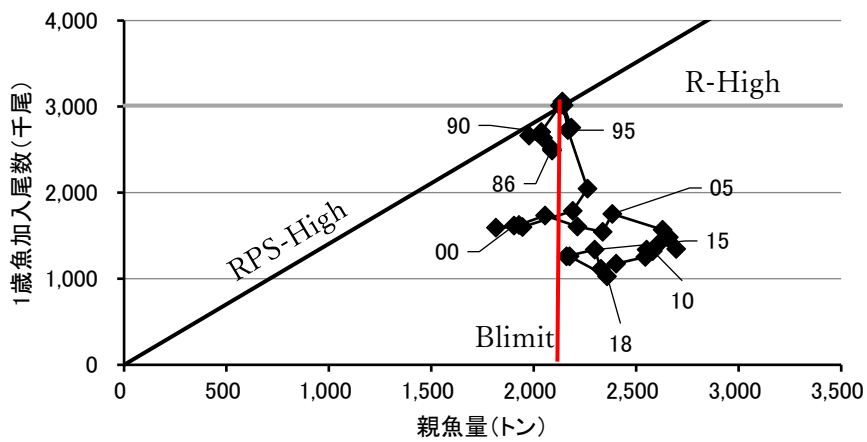


図 16. 再生産関係図

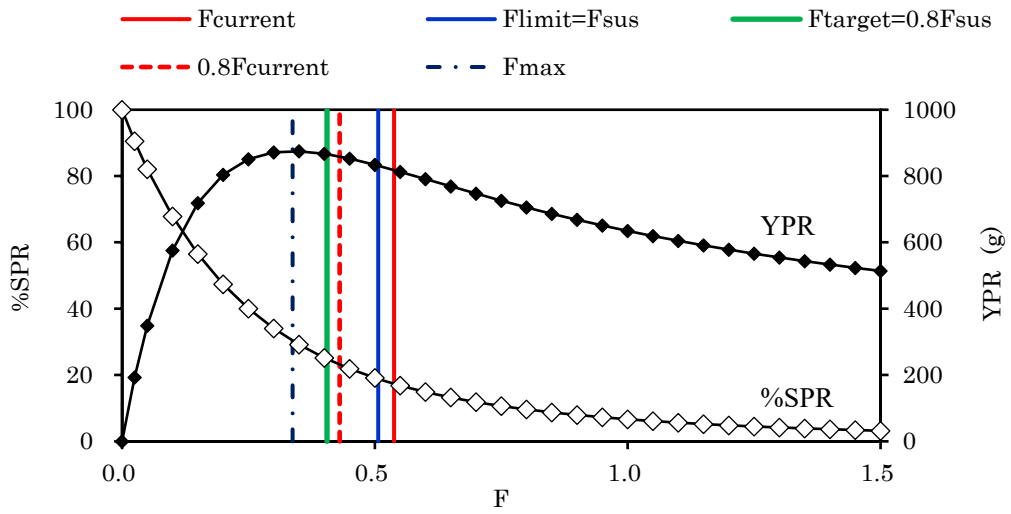


図 17. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の%SPR、YPR および F の参考値

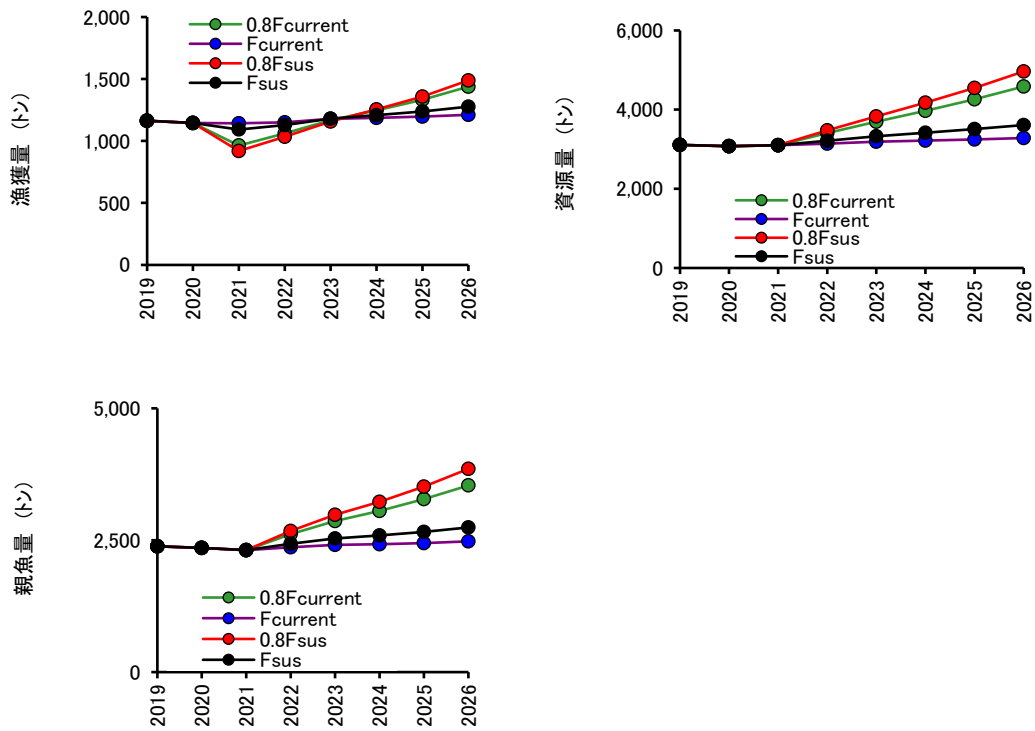


図 18. 異なる F 値による漁獲量、資源量及び親魚量の将来予測の比較

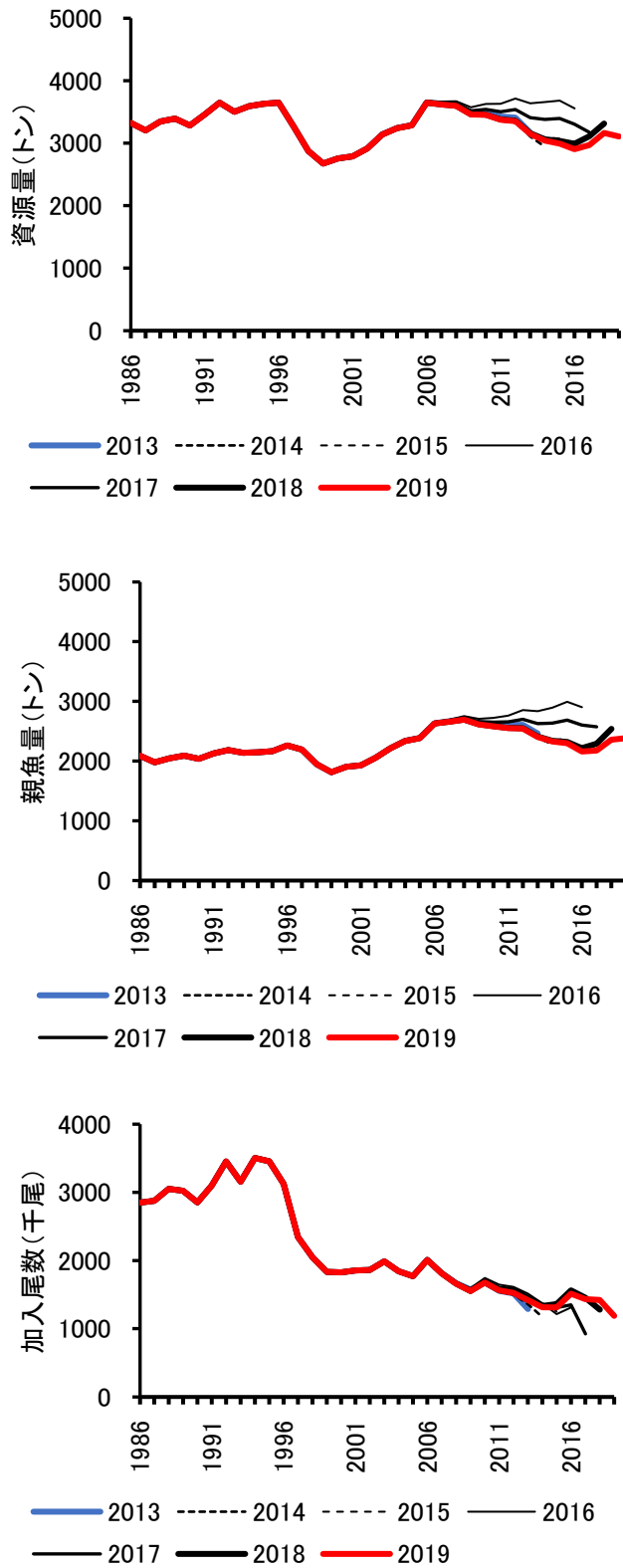


図 19. 資源量、親魚量及び加入量のレトロスペクティブ解析

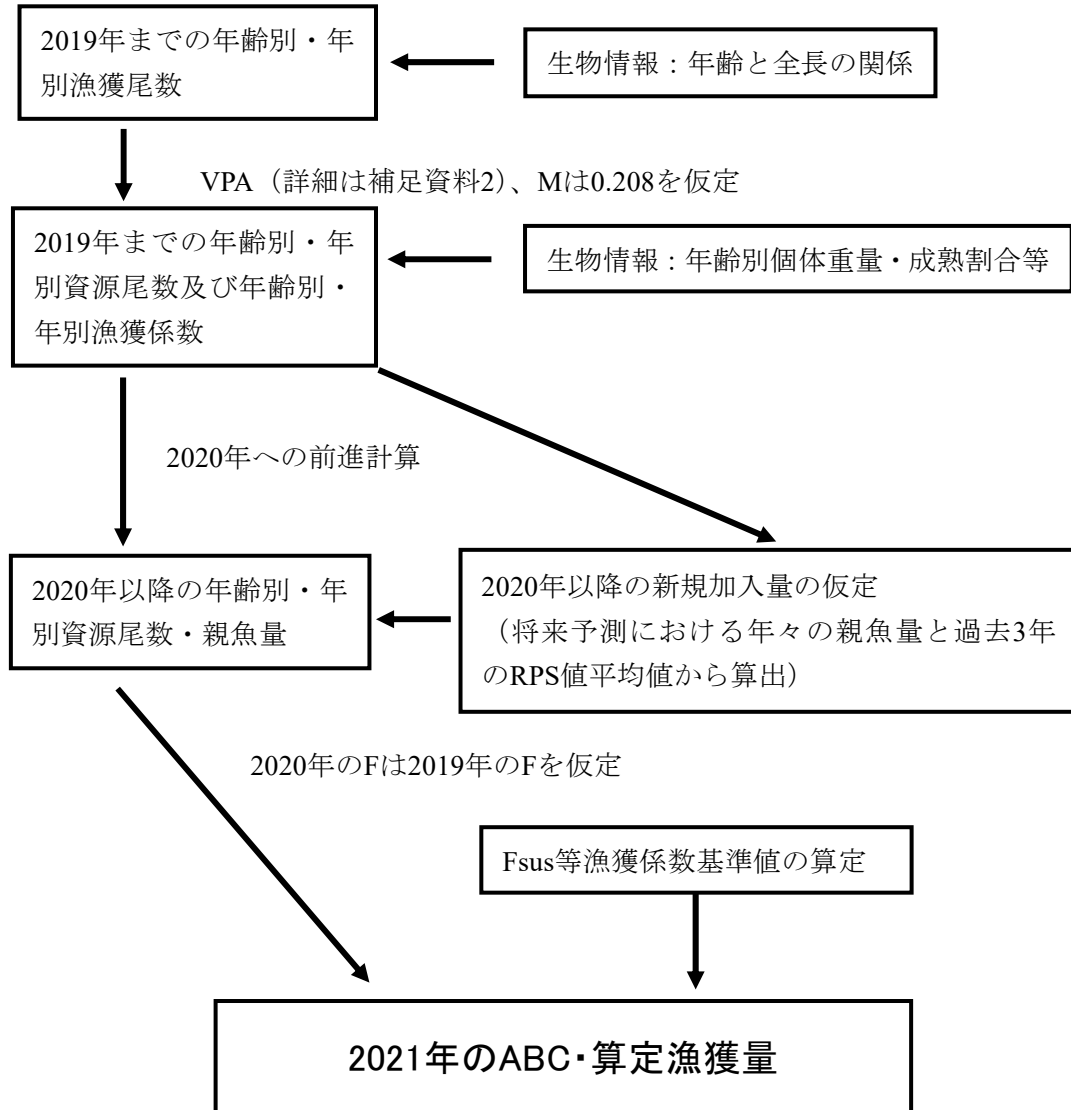
表 1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲量（トン）

年	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
漁獲量	995	848	1,224	1,171	1,363	1,293	1,302	1,277	1,566	1,523
年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
漁獲量	1,591	1,585	1,772	1,888	1,982	1,736	1,678	1,517	1,640	1,712
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
漁獲量	1,527	1,690	1,901	1,743	1,802	1,780	1,880	1,707	1,368	1,135
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
漁獲量	1,180	1,114	1,103	1,211	1,227	1,110	1,414	1,360	1,409	1,332
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
漁獲量	1,302	1,230	1,300	1,154	1,080	1,129	1,069	1,039	1,202	1,163

表 2. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の再生産関係

年	親魚量 (トン)	天然加入量(千尾) (翌年の1歳魚)	再生産成功率 (尾/kg)
1986	2,088	2,509	1.20
1987	1,977	2,663	1.35
1988	2,045	2,637	1.29
1989	2,090	2,490	1.19
1990	2,036	2,706	1.33
1991	2,128	3,012	1.42
1992	2,184	2,754	1.26
1993	2,140	3,058	1.43
1994	2,146	3,015	1.41
1995	2,166	2,727	1.26
1996	2,263	2,047	0.90
1997	2,191	1,788	0.82
1998	1,945	1,600	0.82
1999	1,815	1,593	0.88
2000	1,904	1,617	0.85
2001	1,928	1,624	0.84
2002	2,055	1,735	0.84
2003	2,213	1,607	0.73
2004	2,336	1,545	0.66
2005	2,383	1,753	0.74
2006	2,629	1,568	0.60
2007	2,659	1,482	0.56
2008	2,695	1,346	0.50
2009	2,615	1,418	0.54
2010	2,581	1,322	0.51
2011	2,551	1,338	0.52
2012	2,544	1,252	0.49
2013	2,402	1,174	0.49
2014	2,328	1,116	0.48
2015	2,298	1,338	0.58
2016	2,160	1,261	0.58
2017	2,175	1,260	0.58
2018	2,358	1,027	0.44
2019	2,383		

補足資料1 データと資源評価の関係



補足資料 2 資源計算方法

年別年齢別資源尾数の算出は下記の Pope の近似式 (Pope 1972) を用い、チューニングを行わない基本的な VPA により行った。

$$\text{Pope の近似式} : N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^M + C_{a,y}e^{M/2}$$

ここで、 $N_{a,y}$ は y 年の a 歳魚資源尾数、 $C_{a,y}$ は y 年の a 歳魚の漁獲尾数である。

各県によって推定されるヒラメの年齢組成が違うので、7 歳魚以上の漁獲尾数を 7+歳魚として計算に用いた。自然死亡係数 M は年齢によらず一定とし、寿命を 12 年として田内・田中の方法 (田中 1960) (寿命を n 年とすると、 $M=2.5/n$) で求めた 0.208 を用いた。

コホートがまだ完結していない年級群の最近年の年齢別資源尾数は、各年齢につき過去 3 年間で平均した漁獲係数を用いて次式で計算した。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}e^{\frac{M}{2}}}{1 - e^{-F_a(3\text{years})}}$$

ここで $F_a(3\text{years})$ は a 歳魚の漁獲係数 (過去 3 年間の平均値) である。

また、6 歳および 7 歳魚以上の計算には次式を用いた。

$$N_{6,y} = \frac{C_{6,y}}{C_{7+,y} + C_{6,y}} N_{7+,y+1}e^M + C_{6,y}e^{\frac{1}{2}M}$$

$$N_{7+,y} = \frac{C_{7+,y}}{C_{6,y}} N_{6,y} \quad \text{ただし、} y \text{ は年}$$

体長規制が実施されたことに伴い、0 歳魚の漁獲尾数が減少し市場調査における偏りが生じていることが考えられる。混獲による 0 歳魚の漁獲が報告される可能性はあるものの、0 歳魚の漁獲の実態は十分明らかではなく、データの精度も低いと考えられる。このため本系群のヒラメでは 1 歳魚からの加入として、0 歳魚を除いた漁獲尾数データを用いて解析を行った。

引用文献

- Pope, J.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res., Bull.*, **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.

補足表 2-1. ヒラメ日本海西部・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数（千尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	632	1,432	551	196	66	26	13	11	2,294
1987	575	1,385	504	171	56	22	11	10	2,158
1988	784	1,522	546	179	58	23	11	10	2,349
1989	730	1,525	581	193	63	25	12	10	2,408
1990	548	1,328	532	174	58	22	10	9	2,134
1991	901	1,453	561	188	62	25	12	11	2,312
1992	994	1,823	649	198	65	25	12	10	2,784
1993	812	1,586	604	193	61	24	11	10	2,488
1994	713	1,819	582	190	64	26	13	11	2,704
1995	765	1,746	614	181	61	24	12	10	2,649
1996	1,091	1,695	644	193	65	26	13	11	2,648
1997	1,025	1,165	490	202	86	33	16	12	2,003
1998	317	930	384	170	78	29	15	11	1,616
1999	470	752	340	146	62	21	10	6	1,337
2000	467	741	335	162	63	24	12	7	1,343
2001	508	768	327	143	57	21	11	6	1,332
2002	473	699	293	144	63	22	10	9	1,241
2003	444	770	330	155	67	25	11	11	1,370
2004	73	594	348	182	74	27	12	14	1,249
2005	114	395	317	168	70	27	12	12	1,001
2006	137	625	430	221	84	30	13	12	1,415
2007	94	488	385	215	85	32	13	16	1,234
2008	90	424	371	224	97	36	16	16	1,185
2009	388	342	345	200	115	28	12	12	1,055
2010	150	500	365	192	103	25	11	12	1,208
2011	118	410	320	168	98	30	13	15	1,054
2012	144	462	372	194	101	27	13	11	1,179
2013	89	373	310	155	87	28	13	16	983
2014	102	327	296	153	83	23	11	15	908
2015	91	337	305	171	85	25	12	14	949
2016	79	336	241	139	83	26	14	20	859
2017	58	231	278	151	76	23	13	17	790
2018	51	266	318	206	102	25	11	12	939
2019	32	227	290	193	111	24	11	11	867

補足表 2-2. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の資源量及び漁獲割合
(資源量の単位はトン)

年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	合計	漁獲割合
1986	769	934	648	399	239	146	189	3,324	0.50
1987	776	901	610	375	225	134	182	3,204	0.47
1988	824	957	629	386	233	137	182	3,347	0.49
1989	816	975	653	391	237	141	181	3,393	0.50
1990	770	950	628	388	227	138	179	3,282	0.47
1991	837	986	663	401	240	140	191	3,459	0.49
1992	932	1,064	676	414	241	140	182	3,648	0.52
1993	852	1,021	662	404	246	139	178	3,503	0.50
1994	946	999	665	401	250	150	181	3,591	0.50
1995	933	1,063	663	411	236	146	179	3,630	0.49
1996	844	1,085	714	430	256	140	180	3,649	0.52
1997	633	890	702	467	264	150	163	3,269	0.52
1998	553	753	635	430	234	128	141	2,875	0.48
1999	495	727	582	421	220	117	111	2,674	0.42
2000	493	714	609	410	264	136	127	2,754	0.43
2001	500	717	596	407	249	169	149	2,787	0.40
2002	502	716	613	434	266	165	219	2,916	0.38
2003	537	776	662	456	274	176	257	3,138	0.39
2004	497	810	699	492	285	173	282	3,239	0.38
2005	478	845	726	476	304	178	276	3,284	0.34
2006	543	952	826	544	298	198	287	3,647	0.39
2007	489	940	821	548	326	179	315	3,618	0.38
2008	448	908	870	555	330	198	288	3,597	0.39
2009	419	850	840	596	298	185	270	3,459	0.39
2010	453	838	791	618	281	185	288	3,453	0.38
2011	422	802	742	571	348	179	310	3,374	0.36
2012	412	791	754	566	312	229	287	3,352	0.39
2013	383	724	660	519	295	206	359	3,147	0.37
2014	355	718	648	489	291	183	358	3,041	0.36
2015	354	680	661	479	271	199	348	2,992	0.38
2016	408	670	589	452	251	171	362	2,904	0.37
2017	387	815	670	435	228	146	287	2,969	0.35
2018	384	841	837	513	232	135	220	3,162	0.38
2019	321	805	819	598	234	129	201	3,107	0.37

補足表 2-3. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の推定資源尾数（千尾）

年	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7+歳	合計
1986	2,850	1,061	388	148	64	31	27	4,569
1987	2,875	1,024	366	139	60	29	26	4,518
1988	3,052	1,087	377	143	62	29	26	4,777
1989	3,022	1,107	391	145	64	30	26	4,785
1990	2,853	1,080	376	144	61	30	26	4,569
1991	3,101	1,121	397	149	64	30	27	4,889
1992	3,452	1,209	405	153	65	30	26	5,339
1993	3,157	1,161	397	150	66	30	26	4,985
1994	3,505	1,135	398	148	67	32	26	5,312
1995	3,455	1,207	397	152	63	31	26	5,332
1996	3,125	1,233	427	159	69	30	26	5,069
1997	2,346	1,011	420	173	71	32	24	4,076
1998	2,049	855	380	159	63	27	20	3,554
1999	1,834	826	348	156	59	25	16	3,265
2000	1,826	811	365	152	71	29	18	3,272
2001	1,854	815	357	151	67	36	21	3,300
2002	1,861	814	367	161	71	35	32	3,341
2003	1,988	882	396	169	73	38	37	3,583
2004	1,841	921	419	182	76	37	41	3,517
2005	1,771	961	434	176	82	38	40	3,502
2006	2,009	1,082	495	201	80	42	41	3,951
2007	1,812	1,069	492	203	87	38	45	3,746
2008	1,660	1,032	521	206	88	42	41	3,590
2009	1,552	966	503	221	80	40	39	3,400
2010	1,677	952	474	229	75	40	41	3,487
2011	1,562	911	444	212	93	38	45	3,305
2012	1,525	899	451	209	84	49	41	3,260
2013	1,418	822	395	192	79	44	52	3,003
2014	1,314	816	388	181	78	39	52	2,868
2015	1,312	773	396	178	73	42	50	2,823
2016	1,513	762	353	167	67	37	52	2,951
2017	1,434	926	401	161	61	31	41	3,056
2018	1,422	956	501	190	62	29	32	3,192
2019	1,188	915	490	221	63	28	29	2,935

補足表 2-4. コホート解析によるヒラメ日本海西部・東シナ海系群の漁獲係数推定値

F-matrix 年	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5 歳	6 歳	7+歳	F (平均)
1986	0.82	0.86	0.82	0.69	0.60	0.59	0.59	0.71
1987	0.76	0.79	0.73	0.59	0.52	0.53	0.53	0.64
1988	0.81	0.81	0.75	0.60	0.52	0.54	0.54	0.65
1989	0.82	0.87	0.79	0.66	0.56	0.57	0.57	0.69
1990	0.73	0.79	0.72	0.60	0.50	0.49	0.49	0.62
1991	0.73	0.81	0.74	0.63	0.56	0.58	0.58	0.66
1992	0.88	0.91	0.79	0.64	0.57	0.57	0.57	0.70
1993	0.81	0.86	0.77	0.60	0.51	0.54	0.54	0.66
1994	0.86	0.84	0.75	0.64	0.55	0.60	0.60	0.69
1995	0.82	0.83	0.71	0.59	0.54	0.58	0.58	0.66
1996	0.92	0.87	0.70	0.60	0.56	0.66	0.66	0.71
1997	0.80	0.77	0.76	0.81	0.74	0.80	0.80	0.78
1998	0.70	0.69	0.68	0.78	0.71	0.88	0.88	0.76
1999	0.61	0.61	0.62	0.58	0.50	0.60	0.60	0.59
2000	0.60	0.61	0.68	0.62	0.47	0.58	0.58	0.59
2001	0.62	0.59	0.59	0.54	0.43	0.39	0.39	0.51
2002	0.54	0.51	0.57	0.58	0.43	0.38	0.38	0.48
2003	0.56	0.54	0.57	0.59	0.48	0.40	0.40	0.50
2004	0.44	0.54	0.66	0.60	0.49	0.46	0.46	0.52
2005	0.28	0.46	0.56	0.58	0.45	0.43	0.43	0.46
2006	0.42	0.58	0.68	0.63	0.53	0.40	0.40	0.52
2007	0.36	0.51	0.66	0.62	0.52	0.49	0.49	0.52
2008	0.33	0.51	0.65	0.74	0.60	0.56	0.56	0.56
2009	0.28	0.50	0.58	0.87	0.49	0.43	0.43	0.51
2010	0.40	0.55	0.60	0.69	0.47	0.39	0.39	0.50
2011	0.34	0.49	0.54	0.72	0.44	0.49	0.49	0.50
2012	0.41	0.61	0.65	0.76	0.43	0.35	0.35	0.51
2013	0.35	0.54	0.57	0.69	0.50	0.41	0.41	0.50
2014	0.32	0.52	0.57	0.71	0.40	0.38	0.38	0.47
2015	0.34	0.58	0.65	0.76	0.48	0.37	0.37	0.51
2016	0.28	0.43	0.58	0.80	0.56	0.55	0.55	0.54
2017	0.20	0.41	0.54	0.75	0.54	0.62	0.62	0.53
2018	0.23	0.46	0.61	0.90	0.60	0.53	0.53	0.55
2019	0.24	0.43	0.57	0.81	0.57	0.57	0.57	0.54

補足資料3 放流効果の試算

① 県別混入率

各県では、黒化個体を指標とした人工種苗の混入率が把握されている。2019年の調査で得られたデータでは、放流種苗の混入率は日本海西部海域の各県で1.7～8.2%、東シナ海海域の各県で24.1～28.7%となった。各海域でグループ化し、混入率の平均値を漁獲尾数により重み付けして計算した場合、2019年における系群全体での放流種苗の混入率は15.5%と推定された（補足表3-1）。なお、混入率は全年齢込みで示した。

② 添加効率の試算

VPAで算出された1歳魚尾数、および放流魚混入率と放流尾数より添加効率を試算した。本来であれば各年級群における1歳時の混入率を用いて添加効率を求めるべきだが、年齢別の混入率データが十分に得られていないため、全年齢込みの値で添加効率を計算した。本系群における添加効率は0.05と推定された（補足表3-2）。

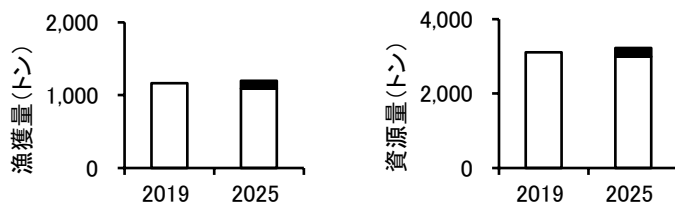
③ 種苗放流を行うことによる漁獲量と資源量への上乗せ効果

2019年度の資源評価を基に、現状のF値、再生産成功率、及び現状の放流強度（3,000尾）で種苗を放流した場合と放流しなかった場合、添加効率を0.05に設定して2025年の漁獲量及び資源量を推定した。計算方法は亘（2011）に準じて行った。その結果、添加効率0.05における資源量の差は234トン、漁獲量の差は108トンと推定された（補足図3-1）。

引用文献

- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2007）種苗放流実績表。平成17年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 86-88.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2008）種苗放流実績表。平成18年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 84-86.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2009）種苗放流実績表。平成19年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 84-86.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2010）種苗放流実績表。平成20年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 80-82.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2011）種苗放流実績表。平成21年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 80-82.
- 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2012）種苗放流実績表。平成22年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 80-82.
- 水産総合研究センター（2013）種苗放流実績表。平成23年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 76-77.
- 水産総合研究センター（2014）種苗放流実績表。平成24年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 78-89.
- 水産総合研究センター（2015）種苗放流実績表。平成25年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績（全国）総括編・動向編, 78-89.

- 水産総合研究センター (2016) 種苗放流実績表. 平成 26 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 水産研究・教育機構 (2017) 種苗放流実績表. 平成 27 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 水産研究・教育機構 (2018) 種苗放流実績表. 平成 28 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 水産研究・教育機構 (2019) 種苗放流実績表. 平成 29 年度栽培漁業・海面養殖用種苗の生産・入手・放流実績 (全国) 総括編・動向編, 78-79.
- 亘 真吾 (2011) 平成 23 年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 平成 23 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産総合研究センター, 1385-1410.



補足図 3-1. 漁獲量及び資源量に対する放流魚の貢献
 □は天然魚、■は放流魚を示す。

補足表 3-1. 前年の放流尾数（千尾、上段）と混入率（%、下段のカッコ内）

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
鳥取			61 (1.6)	62 (3.0)	57 (2.0)	70 (3.8)	57 (3.5)	57 (7.3)	76 (11.8)
島根	727 (1.4)	598 (3.6)	633 (5.1)	649 (3.7)	601 (3.8)	578 (2.4)	424 (2.7)	197 (3.0)	464 (2.6)
山口	461 (3.9)	614 (2.6)	635 (6.6)	601 (6.8)	644 (5.4)	615 (2.4)	650 (7.7)	636 (5.6)	614 (9.4)
福岡	94 (-)	77 (-)	99 (-)	57 (-)	98 (-)	126 (-)	114 (-)	42 (-)	6 (-)
佐賀	189 (17.0)	150 (15.1)	196 (13.2)	156 (4.3)	170 (4.6)	112 (3.4)	114 (9.8)	102 (8.8)	156 (25.4)
長崎	1,196 (-)	1,061 (-)	1,076 (-)	1,029 (-)	1,030 (-)	1,052 (10.7)	931 (13.3)	1,069 (10.3)	774 (13.9)
熊本	924 (30.0)	802 (22.5)	719 (29.1)	825 (24.3)	826 (32.6)	988 (20.8)	815 (22.4)	872 (22.5)	910 (24.8)
鹿児島	949 (19.5)	935 (12.9)	947 (16.9)	836 (22.7)	876 (28.6)	783 (17.9)	785 (15.8)	911 (11.9)	834 (17.6)
全体	4,550 (13.4)	4,237 (10.8)	4,366 (13.2)	4,215 (15.4)	4,302 (15.3)	4,324 (12.3)	3,890 (11.8)	3,886 (11.3)	3,780 (15.2)

年	2015	2016	2017	2018	2019
鳥取	30 (5.4)	60 (3.2)	60 (7.8)	60 (7.7)	60 (6.3)
島根	257 (5.8)	355 (4.6)	354 (5.5)	342 (4.6)	358 (3.4)
山口	528 (10.5)	494 (3.3)	558 (2.3)	533 (1.0)	484 (1.7)
福岡	6 (-)	14 (-)	13 (-)	19 (-)	24 (-)
佐賀	180 (15.7)	132 (8.6)	102 (7.5)	105 (8.7)	102 (8.2)
長崎	899 (10.8)	750 (14.3)	704 (20.5)	686 (25.5)	601 (24.1)
熊本	808 (22.6)	785 (29.5)	785 (25.3)	789 (24.2)	823 (28.7)
鹿児島	817 (18.0)	764 (14.0)	737 (10.9)	757 (14.9)	620 (20.8)
全体	3,447 (13.6)	3,318 (11.8)	3,301 (11.3)	3,291 (15.9)	3,072 (15.5)

混入率は全年齢込みで示した。-は不明。

補足表 3-2. 添加効率の試算結果

年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
前年の放流数(千尾)	4,510	4,237	4,326	4,200	4,242	4,314	3,880
1歳魚(放流+天然)加入尾数(千尾)	2,009	1,812	1,660	1,552	1,677	1,562	1,525
放流魚の混入率(%)	13.4	10.8	13.2	15.4	15.3	12.3	11.7
放流1歳魚加入数(千尾)	256	243	178	206	258	239	187
添加効率	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0.06	0.05

年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
前年の放流数(千尾)	3,886	3,780	3,447	3,318	3,301	3,291	3,072
1歳魚(放流+天然)加入尾数(千尾)	1,418	1,314	1,312	1,513	1,434	1,422	1,188
放流魚の混入率(%)	10.7	14.9	11.5	12.1	11.4	13.5	15.5
放流1歳魚加入数(千尾)	166	140	196	175	173	162	161
添加効率	0.04	0.04	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05

放流尾数：水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会（2007～2012）、水産総合研究センター（2013～2015）、水産総合研究センター（2016）、水産研究・教育機構（2017～2019）。混入率は全年齢込みで示した。