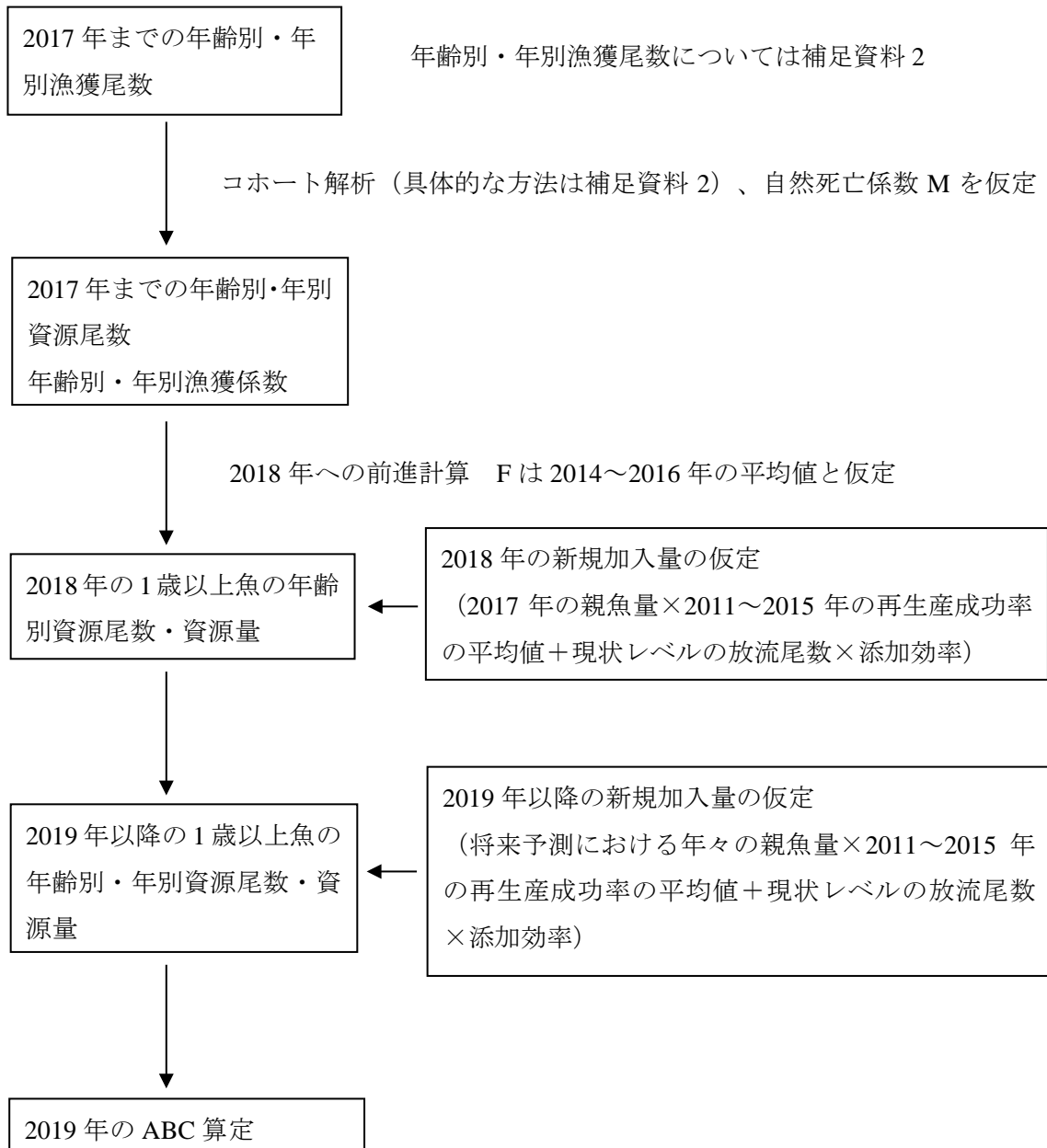


補足資料1 資源評価の流れ



補足資料2 資源計算方法

1. 年別・年齢別漁獲尾数の推定

(1) 青森県

- ① 1999～2006年は月別雌雄別全長組成データ（青森県資料）を精密測定結果に基づく雌雄別 age-length key により年齢分解を行った。
- ② 2007～2017年は月別銘柄別漁獲重量を銘柄別平均重量（青森県資料）で割って銘柄別漁獲尾数に変換後、精密測定に基づく季節別 age-銘柄 key（青森県 2009）により年齢分解を行った。

(2) 秋田県～富山県

- ① 各県ごとの月別漁業種類別全長組成を精密測定に基づく季節別 age-length key（2008～2017年は下表、1999～2007年については2009年度（平成21年度）資源評価時およびそれ以前の age-length key を使用）で年齢分解後、月別漁業種類別漁獲量で引き伸ばした。なお、富山県については、2016年の月別全長組成データ（社団法人富山県農林水産公社水産部 2017）が平成29年度（2017年度）資源評価報告書確定後に得られたため、2016年に遡って年齢別漁獲尾数の再計算を行った。

全長／年齢	3～8月					9～2月					
	1	2	3	4	5+	0	1	2	3	4	5+
～250	1.00					1.00					
250～300	0.85	0.15					1.00				
300～350	0.03	0.96	0.01				0.98	0.02			
350～400		0.80	0.19	—			0.53	0.47	—		
400～450		0.19	0.78	0.02			0.06	0.81	0.13	—	
450～500			0.74	0.22	0.04			0.64	0.33	0.02	
500～550			0.37	0.60	0.03			0.25	0.74	0.02	
550～600			0.04	0.71	0.26			0.13	0.74	0.11	0.02
600～650				0.55	0.45				0.49	0.32	0.19
650～700				0.06	0.94				0.29	0.29	0.42
700～					1.00						1.00

年齢起算日は便宜上3月1日とした。本評価票では年齢起算日を1月1日としているため、1、2月分はこの表で求めた年齢に1を加えた。—は0.005未満の数値。

- ② 山形県については、漁連の仕切帳の箱重量・入り数から平均重量に変換後、月別 age-weight key で年齢分解した資料（山形県資料）も参照した。
- ③ 富山県の2017年の月別全長組成データが入手できなかったため、青森県～新潟県をブールした年齢別漁獲尾数の比率と漁獲量を用いて、富山県を含む青森県～富山県（日本海北部）の年齢別漁獲尾数を求めた。

(3) 石川県～兵庫県

- ① 1999～2005年は各県ごとの月別漁業種類別全長組成を石川県（2005）もしくは五利江ほか（2005）の age-length key で年齢分解し、月別漁業種類別漁獲量で引き伸ばした。データが欠落している部分については隣接県のデータを引き伸ばした。京都府ならびに宮津栽培漁業センターの月別年齢組成データ（京都府資料、宮津栽培漁業センター資料）も参照した。

- ② 2006～2010 年は日本海中西部ヒラメ広域連携調査で得られた天然、放流魚別の年齢別漁獲尾数データ（鳥取県 2007、石川県 2008、福井県 2009、島根県 2010）、栽培漁業資源回復等対策事業で得られたデータ（全国豊かな海づくり推進協会 2011）、ならびに各県資料を利用した。
- ③ 2011 年以降は石川県、兵庫県の天然、放流魚別の年齢別漁獲尾数データが入手できなかったため、福井県と京都府をプールした年齢別漁獲尾数の比率と漁獲量を用いて、石川県、兵庫県を含む石川県～兵庫県（日本海中部）の年齢別漁獲尾数を求めた。

2. 資源量推定法

漁獲統計が 1～12 月の集計値であるため、1 月 1 日を年齢の起算日とし、1 歳魚以上について資源量を推定した。

a 歳、y 年の資源尾数 $N_{a,y}$ は Pope の近似式（Pope 1972）により

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M) + C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad C \text{ は漁獲尾数、} M \text{ は自然死亡係数}$$

a 歳、y 年の漁獲係数 $F_{a,y}$ は

$$F_{a,y} = -\ln \left[1 - \frac{C_{a,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)}{N_{a,y}} \right]$$

5 歳以上をプラスグループとし、4 歳と 5+歳の漁獲係数が等しいと仮定した。

$$N_{4,y} = \frac{C_{4,y}}{C_{4,y} + C_{5+,y}} N_{5+,y+1} \exp(M) + C_{4,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

$$N_{5+,y} = \frac{C_{5+,y}}{C_{4,y}} N_{4,y}$$

最近年の資源尾数は

$$N_{a,2017} = \frac{C_{a,2017}}{1 - \exp(-F_{a,2017})} \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

で求めた。最近年の漁獲係数は過去 3 年間の平均と仮定し、 $F_{5+,2017}$ は $F_{5+,2017} = F_{4,2017}$ となる値を探索した。自然死亡係数 M は安達（2007）に従い 0.2 とした。

資源尾数から資源量への変換や親魚量の算出に用いた年齢別体重と成熟率は以下の通りである。

年齢	1	2	3	4	5+
平均体重 (g)	210	510	920	1,410	2,910
成熟率 (%)	0	50	100	100	100

引用文献

- 安達二郎 (2007) 島根県におけるヒラメの age-length key について. 平成 18 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書別冊, 1-12.
- 青森県 (2009) 日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書 (平成 18-20 年度), 37-40.
- 福井県 (2009) 平成 20 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 123-128.
- 五利江重昭・大谷徹也・宮原一隆 (2005) 兵庫県但馬沿岸域におけるヒラメの資源特性. 兵庫農技セ研報 (水産), **38**, 7-13.
- 石川県 (2005) 平成 16 年度早期生産ヒラメ放流効果調査報告書, 55pp.
- 石川県 (2008) 平成 19 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 総括 1-7.
- 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.
- 島根県 (2010) 平成 21 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 235-240.
- 社団法人富山県農林水産公社水産部 (2016) 平成 27 年度栽培漁業センター業務報告書, 80pp.
- 鳥取県 (2007) 平成 18 年度日本海中西部ヒラメ広域連携調査事業報告書, 総括 1-5.
- 全国豊かな海づくり推進協会 (2011) 栽培漁業資源回復等対策事業 (平成 18~22 年度) 総括報告書, 542pp.

補足資料3 コホート解析結果の詳細

年齢別漁獲尾数 (千尾)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1歳	386	370	579	477	637	730	536	828	820	608	372	392	310	361	409	271	302	342	215
2歳	564	476	679	617	660	659	694	793	747	977	627	832	692	494	636	591	585	573	443
3歳	217	212	203	244	249	205	207	279	316	379	341	368	388	286	289	373	376	363	300
4歳	90	93	80	82	104	79	93	99	128	120	120	113	120	94	113	99	123	135	123
5+歳	73	90	72	58	76	70	69	83	78	55	63	59	54	38	53	45	51	62	64
計	1,330	1,241	1,612	1,476	1,727	1,745	1,599	2,082	2,089	2,139	1,524	1,764	1,564	1,273	1,500	1,378	1,436	1,475	1,144

年齢別漁獲量 (トン)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1歳	81	78	121	100	134	153	113	174	172	128	78	82	65	76	86	57	63	72	45
2歳	287	243	346	314	337	336	354	404	381	498	320	425	353	252	325	301	298	292	226
3歳	200	195	187	224	229	189	191	256	291	349	314	339	357	263	266	343	346	334	276
4歳	127	131	112	115	147	112	131	139	180	169	169	159	169	132	159	140	174	190	173
5+歳	212	261	210	169	222	204	200	242	226	160	184	171	156	111	156	131	147	181	185
計	910	909	979	925	1,070	997	991	1,221	1,253	1,310	1,068	1,176	1,101	836	992	973	1,031	1,070	905

合計漁獲量には数トン程度の0歳魚漁獲量が含まれる。

年齢別漁獲係数

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1歳	0.27	0.21	0.34	0.28	0.37	0.37	0.26	0.37	0.34	0.32	0.18	0.22	0.21	0.19	0.22	0.15	0.19	0.25	0.20
2歳	0.74	0.64	0.74	0.74	0.79	0.82	0.74	0.76	0.69	0.89	0.63	0.77	0.75	0.59	0.60	0.56	0.57	0.65	0.59
3歳	0.67	0.71	0.62	0.66	0.77	0.61	0.67	0.76	0.82	0.96	0.95	0.99	1.06	0.84	0.86	0.89	0.86	0.88	0.88
4歳	0.55	0.68	0.64	0.55	0.67	0.60	0.63	0.80	1.02	0.88	0.97	1.02	1.13	0.82	1.00	0.85	0.86	0.91	0.87
5+歳	0.55	0.68	0.64	0.55	0.67	0.60	0.63	0.80	1.02	0.88	0.97	1.02	1.13	0.82	1.00	0.85	0.86	0.91	0.87
単純平均	0.56	0.58	0.60	0.56	0.65	0.60	0.58	0.70	0.78	0.78	0.74	0.80	0.86	0.65	0.74	0.66	0.67	0.72	0.68

年齢別資源尾数 (千尾)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1歳	1,792	2,157	2,233	2,156	2,297	2,604	2,598	2,939	3,144	2,482	2,510	2,198	1,834	2,303	2,323	2,112	1,954	1,718	1,332
2歳	1,186	1,118	1,431	1,305	1,334	1,304	1,471	1,642	1,656	1,832	1,482	1,719	1,445	1,221	1,559	1,532	1,484	1,327	1,097
3歳	492	461	485	557	511	495	471	576	627	681	616	646	654	556	552	701	720	686	568
4歳	235	207	185	213	235	193	219	198	220	227	214	195	196	185	197	191	236	250	233
5+歳	190	200	168	152	173	171	163	167	134	104	113	101	88	75	93	87	97	115	121
計	3,895	4,142	4,502	4,383	4,550	4,767	4,922	5,522	5,781	5,325	4,935	4,859	4,216	4,340	4,725	4,622	4,491	4,095	3,350

年齢別資源量 (トン)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1歳	376	453	469	453	482	547	546	617	660	521	527	462	385	484	488	443	410	361	280
2歳	605	570	730	666	680	665	750	837	845	934	756	877	737	623	795	781	757	677	559
3歳	453	424	446	512	470	455	433	530	576	626	567	594	602	512	508	645	662	631	523
4歳	331	291	261	300	332	272	309	279	310	320	302	276	276	261	278	269	333	352	328
5+歳	552	582	489	443	502	497	474	485	390	303	328	295	256	218	271	253	282	336	352
計	2,317	2,320	2,395	2,374	2,467	2,437	2,512	2,749	2,781	2,704	2,479	2,503	2,255	2,097	2,340	2,392	2,445	2,356	2,041

年齢別親魚量 (トン)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	302	285	365	333	340	333	375	419	422	467	378	438	368	311	398	391	378	338	280
3歳	453	424	446	512	470	455	433	530	576	626	567	594	602	512	508	645	662	631	523
4歳	331	291	261	300	332	272	309	279	310	320	302	276	276	261	278	269	333	352	328
5+歳	552	582	489	443	502	497	474	485	390	303	328	295	256	218	271	253	282	336	352
計	1,639	1,582	1,561	1,588	1,644	1,557	1,591	1,714	1,698	1,715	1,575	1,603	1,502	1,302	1,455	1,558	1,656	1,657	1,482

補足資料 4 漁獲係数、漁獲開始サイズおよび種苗放流による管理効果の比較

漁獲係数と放流尾数を変化させた場合の漁獲量と資源量の変化および漁獲開始サイズと放流尾数を変化させた場合の漁獲量の変化を試算した。計算の詳細は亘(2013)を参照のこと。

試算に当たり、再生産成功率(RPS)は2011~2015年の平均値1.32、添加効率は0.04を与えた。これらの条件のもと、2019年以降5年間、放流尾数と漁獲係数および漁獲開始サイズと放流尾数を変化させ、期待される2023年の漁獲量を推定した。放流尾数は0~600万尾の範囲で、漁獲係数は0.1~1.5の範囲で、漁獲開始サイズは20~38cmの範囲で変化させた。

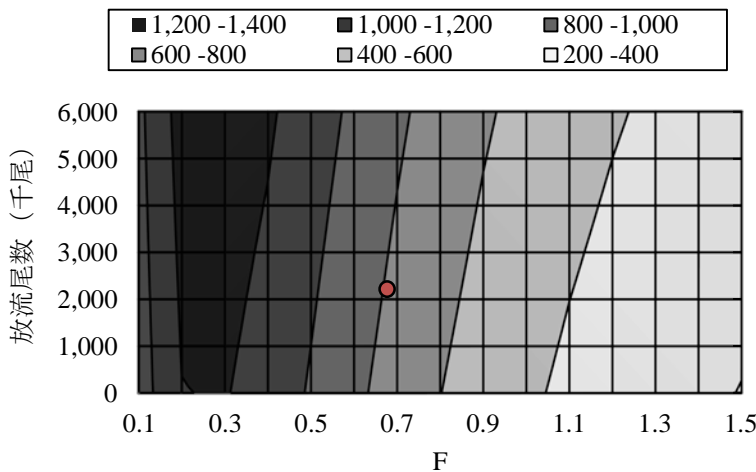
補足図4-1と補足図4-2は、それぞれ、漁獲係数と放流尾数を変化させたときの2023年の漁獲量と資源量の等量線図である。本解析のもとでは、放流尾数の増減よりも漁獲係数の増減による漁獲量と資源量への影響が大きいと考えられる。

補足図4-3は、漁獲開始サイズと放流尾数を変化させたときの2023年の漁獲量の等量線図である。現状の種苗放流尾数は漁獲開始サイズを30cmから34cm程度に引き上げることに相当している。

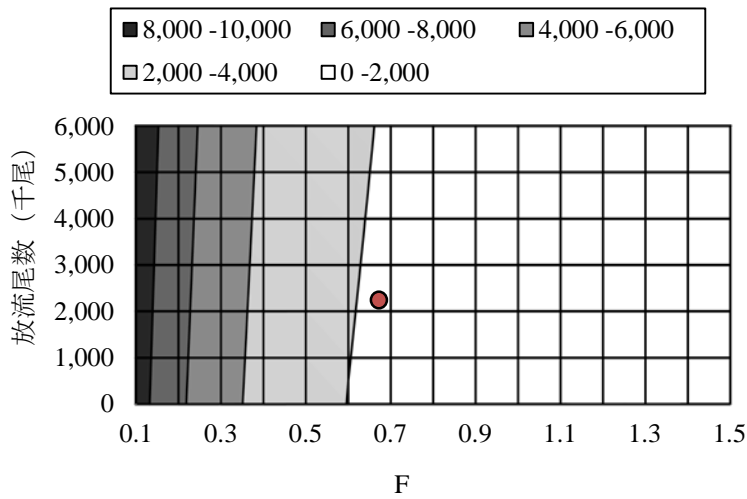
等漁獲量線図の傾きは、与える条件(RPSと添加効率)によって変化する。従って、このような管理効果の比較を行うためには、RPSや添加効率の推定精度を向上させる必要がある。

引用文献

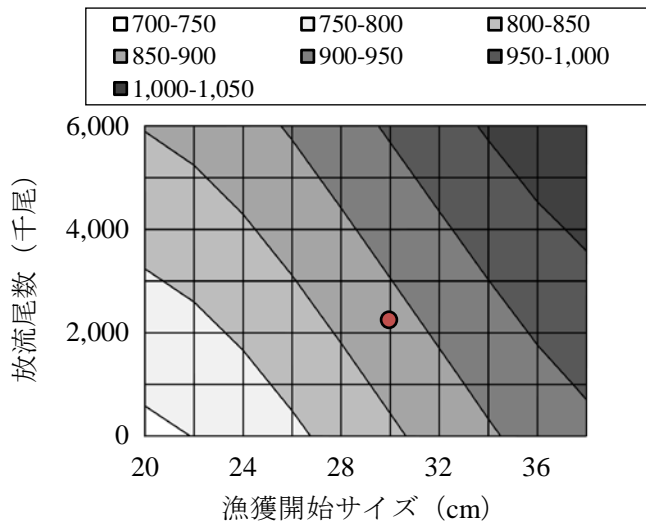
亘 真吾(2013)平成24年度ヒラメ瀬戸内海系群の資源評価. 平成24年度我が国周辺水域の漁業資源評価 第3分冊. 水産庁増殖推進部ほか, 1373-1399.



補足図4-1. 漁獲係数(F)と放流尾数を変化させたときの2023年の漁獲量(トン)の等量線図 赤丸は現状のFと放流尾数を示す。



補足図 4-2. 漁獲係数(F)と放流尾数を変化させたときの 2023 年の資源量 (トン)の等量線図 赤丸は現状の F と放流尾数を示す。



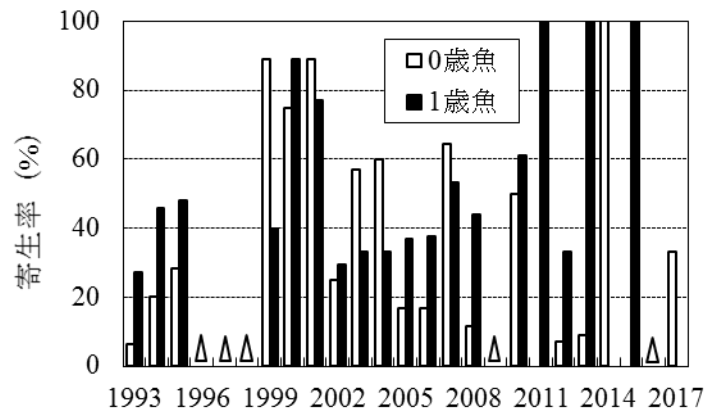
補足図 4-3. 漁獲開始サイズと放流尾数を変化させたときの 2023 年の漁獲量 (トン)の等量線図 赤丸は現状の漁獲開始サイズと放流尾数を示す。

補足資料5 ネオヘテロボツリウム寄生率

本系群のヒラメにおいては、1993年から扁形動物 *Neoheterobothrium hirame* の寄生が確認され始め、1996年頃から貧血症状を呈する（ネオヘテロボツリウム症）個体が目立つようになった。調査船調査で得られたヒラメを供試魚とした新潟県北部沿岸における寄生率は年および年齢による変動が大きい（補足図5-1）。寄生率は2000年前後に高い傾向がみられたが、近年では、調査船調査での採集個体数が少なく、寄生状況の経年的な把握が困難となっている。青森県、秋田県、新潟県がそれぞれ実施した調査での2017年の寄生率（青森県ほか2018）は、青森県と秋田県では近年の中では比較的高いが、新潟県では寄生個体は観察されず、海域差がみられた。ネオヘテロボツリウムの寄生が0、1歳魚を中心としたヒラメの生残に与える影響は、ヒラメ1尾あたりの寄生数、ヒラメのサイズ、餌条件、水温等によって異なると考えられており、現段階では定量的に評価することは困難である。今後も、ネオヘテロボツリウム寄生率とヒラメ再生産成功率および加入尾数との関係を注視していく必要がある。

引用文献

青森県・秋田県・山形県・新潟県・富山県・日本海区水産研究所（2018）日本海北区広域連携ヒラメ調査報告書（平成29年度），30pp.



補足図5-1. 新潟県北部沿岸における8～10月のネオヘテロボツリウム寄生率
△は寄生率の欠測。