

平成 26（2014）年度ソウハチ日本海系群の資源評価

責任担当水研：日本海区水産研究所（銭谷 弘、藤原邦浩）

参 画 機 関：西海区水産研究所、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター

要 約

日本海西部で漁獲される本系群を、資源密度指数、コホート解析によって評価した。資源量は 1999 年の 137 百トンから 2004 年には 58 百トンまで減少した。2007 年には 115 百トンまで増加したが、2009 年以降は 100 百トン未満となり、2013 年は 88 百トンと推定された。資源密度指数から資源水準は中位、資源量から動向は横ばいと判断した。「親魚量の維持」を目標とし、近年の再生産成功率が継続すると仮定して計算した漁獲量を ABClimit、不確実性を見込みそれよりやや少ない漁獲量を ABCtarget とした。

	2015 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	26	Fmed	0.52	32%
ABCtarget	22	0.8Fmed	0.41	27%

F 値は各年齢の F の単純平均、漁獲割合は ABC／資源量。

年	資源量 (百トン)	漁獲量(百トン)	F 値	漁獲割合
2012	84	27	0.51	32%
2013	88	30	0.55	34%
2014	83	—	—	—

F 値は各年齢の F の単純平均。

水準：中位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
漁獲量 年齢別・年別漁獲尾数	主要港水揚量(鳥取県、島根県、山口県) 月別体長組成調査(鳥取県、島根県) 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 韓国沿近海魚種別総漁獲量年別統計(韓国海洋水産部)
資源量指数	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁)
自然死亡係数 (M)	年当たり $M=0.3$ を仮定

1. まえがき

ソウハチは、ムシガレイなどとともに山陰沖における 1 そうびき及び 2 そうびき沖合底びき網漁業（以下沖底）、小型底びき網漁業（以下小底）の重要対象種である。ソウハチは日本海全域に分布するが、漁獲量の大半は西部海域で占められており、本報告書では日本海西部海域で漁獲される群を評価対象系群として取り扱う。

2. 生態

(1) 分布・回遊

千島から常磐沖までの太平洋岸、日本海のほぼ全域及び黄海に分布し、120～200m 深に多く生息する（渡辺 1956）。日本海西部海域におけるソウハチの分布を図 1 に示した。着底期の分布に関する知見は少ないが、島根県沖では調査船調査により水深 140～160m の底泥域を中心に幼魚が採集されている。

(2) 年齢・成長

雌は 1 歳で全長 6cm、2 歳で 14cm、3 歳で 21cm、4 歳で 26cm、5 歳で 31cm、6 歳で 35cm、7 歳で 38cm に成長し、雄は 1 歳で 7cm、2 歳で 14cm、3 歳で 19cm、4 歳で 23cm、5 歳で 26cm に成長する。寿命は 7 歳以上。成長は雌の方が速く、寿命も雌が長い（図 2、石川県ほか 1994）。

(3) 成熟・産卵

雄は 2 歳から、雌は 3 歳から成熟を始める。産卵は対馬周辺海域で 1～3 月頃行われると考えられているが、島根県浜田沖で産卵が行われる可能性も示唆されている（石川県ほか 1994）。資源計算においては、3 歳以上の成熟率を 1 とし（図 3）、3 歳以上の資源量を親魚量としている。

(4) 被捕食関係

エビジャコ類やアミ・オキアミ類を主に捕食し、全長 15cm 以上ではキュウリエソなどの魚類、20cm 以上ではホタルイカ等のイカ類が胃内容物中に占める割合が高くなる（伊藤ほか 1994）。主な捕食者は不明である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

日本海西部海域では、ほとんどが 1 そうびき沖底、2 そうびき沖底及び小底によって漁獲される。漁場は漁法と所属する県で異なり、1 そうびき沖底では兵庫県が山口県見島以東、鳥取県が島根県大田市沖以東、2 そうびき沖底では対馬周辺海域から島根県沖、小底は島根県沖が中心である。小底の漁獲量が把握されるのは 1986 年以降に限られるものの、1990 年代前半までソウハチの総漁獲量の 80～90%を 1 そうびき及び 2 そうびき沖底が占めていた。しかし、近年は小底の漁獲割合が 40%前後まで増加している（図 4、表 1）。

(2) 漁獲量の推移

本種の漁獲量は増減を繰り返しながら推移し、統計が整備された 1986 年以降では 1999 年に 50 百トンを超えるピークが認められる。その後急減して 2004 年に最低の 15 百トン未満まで減少したが、2008 年には 40 百トンに増加、2009～2010 年に減少、2011 年に増加と変動を繰り返し、2013 年の漁獲量は 30 百トンであった（図 4、表 1）。

ソウハチは韓国水域にも分布し韓国の漁獲対象種であるが、韓国の統計ではカレイ類にまとめられ、ソウハチの漁獲量は不明である。韓国全域では 2006 年以降、毎年約 200 百トンのカレイ類が漁獲され、2013 年も 182 百トンであったが、このうちのソウハチの割合は明らかではなく、本評価では韓国の漁獲は考慮されていない。

(3) 漁獲努力量

1 そうびき沖底の有効努力量は、1990 年代は約 10 万網の水準にあったが、その後減少傾向を示し、2013 年は 5.4 万網であった（図 5）。2 そうびき沖底の有効努力量は、1980 年代は約 4 万網であったが、2013 年は 2.0 万網まで減少した。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

漁獲量の大半を占める 1 そうびき沖底及び 2 そうびき沖底の漁獲統計資料から求めた資源密度指数（補足資料 1）とコホート解析により資源評価を行った。

(2) 資源量指標値の推移

資源量の指標値は有漁漁区数の影響を考慮して資源密度指数を用いた（図 6、表 2、補足資料 4）。1 そうびき沖底、2 そうびき沖底ともに 1970 年代に最高値が認められ、その後減少し、1990 年以降では 2004 年に最低値、2007～2008 年に増加後、再度減少した。2 そうびき沖底の指標値の方が年々の変動が大きい傾向が認められる。2013 年は 1 そうびき沖底、2 そうびき沖底とも前年と同水準であった。

(3) 漁獲物の年齢組成

1997～2013 年の年齢別漁獲尾数を推定した（図 7、補足資料 2、表 2）。通常、2 歳魚が主体に漁獲される。2013 年は前年より 1 歳魚の漁獲尾数が減少し、合計漁獲尾数も減少した。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析（補足資料 3）で推定した資源量（1 歳以上）を図 8、表 2 に示す。資源量は 1999 年の 137 百トンから 2004 年には 58 百トンまで減少した後 2007 年は 115 百トンに増加し、その後は微増減をくり返し、2013 年は 88 百トンと推定された。漁獲割合は 2005 年に最低の 23% となり、2008 年には 39%、2010 年には 29%、2013 年には 34% と増減を繰り返している。

親魚量は 1999～2000 年の 52 百トンから 2004 年に 24 百トンまで減少し、2008 年には 49 百トンにまで回復した。その後減少傾向が続いたが（図 9、表 2）、2013 年は 35 百トン

に微増した。

0 歳魚が漁獲されないため産卵された翌年の 1 歳魚の資源尾数を加入量とした。加入量は 2007～2011 年まで増加していた（図 9、表 2）。2012 年の加入量は前年までの推定方法では過去最低の値（23 百万尾）と推定された。しかし、2013 年までのデータセットから 1 カ年ずつデータを削除し 2012 年、2011 年、…、2008 年の各年までのデータセットを使って加入量を計算し、各年データセットで計算された最近年の加入量と 2013 年までのデータセットで推定された各年加入量を比較したレトロスペクティブ・アナライシス（山田・田中 1999）の結果、前年までの方法は 2010～2012 年の加入量の推定値に 19～56%の過誤（ $= (R_x - 1 - R_x) / R_x \times 100$ 、ここで R_x は x 年データセット使用時の $x-1$ 年の推定加入量、 R_x-1 は $x-1$ 年データセット使用時の $x-1$ 年の推定加入量）があったことが示された（図 10）。最近年の 1 歳魚の推定資源尾数は、最近年の 1 歳魚の漁獲尾数の多寡で決定されてしまう傾向がある VPA の特性に起因していると考えられる。本年度は、1997～2011 年の再生産成功率（加入量÷親魚量）の中央値（RPSmed）に 2012 年の親魚量の値を乗じて 2013 年の加入量を 42 百万尾と推定・採用した。最近年の加入量を RPSmed と前年度の親魚量で求める方法について、レトロスペクティブ・アナライシスを行ったところ、2010～2012 年の加入量の過誤は－15～5%の範囲であり、前年度の方法と比較して精度良く推定できることが示された（図 10）。ただし、2009 年のように過大推定の場合もあるので、加入量の推定方法については 2014 年以降も検証していく必要がある。

親魚量と加入量の関係を図 11 に示した。明瞭な再生産関係は認められていない。ほとんど中位の資源水準の間の関係を見ているためと推察される。再生産成功率は 1997、2004、2005 年が他の年と比較して高かったが、近年は安定している（図 12）。1997～2011 年の RPSmed は 12.0 尾/kg であった。

コホート計算に使用した自然死亡係数(M)の値が資源計算に与える影響をみるために、M を変化させた場合の 2013 年の資源量、親魚量、加入量を図 13 に示す。M の±33%の増減で、資源量は-16～27%の増減、親魚量は-14～20%の増減、加入量は-22～33%の増減であり、加入量の推定値への影響が他の推定値よりも大きい傾向がある。

1 そうびき沖底の有効努力量は 1998 年以降減少傾向にあったが、2009 年以降はやや増加、2 そうびき沖底も減少から増加傾向にある（図 14）。漁獲係数（各年齢の F の単純平均）は 2000 年をピークに 2005 年まで大きく低下した後、上昇傾向にあると推定される。

(5) 資源の水準・動向

漁獲量の比率が高い 1 そうびき沖底の漁獲統計資料から計算した資源密度指数の最高値と 0 との三等分点を水準判断の基準とし、2013 年は中位水準と判断した（図 6）。動向について、2009 年以降の資源量から横ばいと判断した（図 8）。

(6) 資源と漁獲の関係

年齢別選択率は 2013 年と同じと仮定し、F を変化させた場合の加入量当たり親魚量(SPR)と加入量当たり漁獲量(YPR)を図 15 に示す。2013 の F 値（0.55）は再生産成功率(RPS)を 1997～2011 年の中央値と仮定して計算した Fmed(0.52)、F30%SPR(0.36)及び F0.1(0.27)よりも高い値であった。

(7) Blimit の設定

親魚量は、2004 年に 24 百トンと最低となり（図 9）、このとき、1 そうびき沖底の資源密度指数から判断される資源水準も中位と低位の境界付近にあり低位となっていた（図 6）。資源水準を中位以上に維持するため、2004 年の親魚量水準を Blimit とし、それよりも小さい親魚量となった場合には、漁獲圧を下げ、資源回復措置を図ることとする。

5. 2015 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は 1999 年の 137 百トンから 2004 年には 58 百トンに減少した後、2007 年は 115 百トンと増減を繰り返し、2013 年は 88 百トンと推定された。資源水準は中位、動向は横ばいと判断した。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

資源量を推定しており、親魚量は Blimit を上回っているため、ABC 算定のための基本規則 1-1-(1)を使用する。ABC を算定するための漁獲係数 F を以下によって定めた。

$$F_{\text{limit}} = \text{基準値}$$

$$F_{\text{target}} = F_{\text{limit}} \times \alpha$$

ここでは「親魚量の維持」を目標とし、基準値として Fmed を採用し、不確実性を見込んだ α は標準値の 0.8 とする。ABC 並びに推定漁獲量の計算には以下の仮定を置いた。2014 年の F は 2013 年と同じ。2015 年以降の年齢別選択率は 2013 年と同じと仮定した。2013 年以降の再生産成功率は、資源計算を行った 15 年間（1997～2011 年）の中央値(RPSmed)で一定とした。この RPSmed に対応する 3 歳の F を探索し、各年齢の F の単純平均を計算し Fmed とした。

	2015 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	26	Fmed	0.52	32%
ABCTarget	22	0.8Fmed	0.41	27%

F 値は各年齢の F の単純平均、漁獲割合は ABC／資源量。

(3) ABClimit の評価

ABC 算定と同じ仮定のもとで、2013 年の年齢別選択性のもと F を変化させた場合の漁獲量および資源量を下表と図 16 に示す。現在の F(2013 年の F、Fcurrent)は「親魚量を維持する」ための F(Fmed)よりも高く、漁獲量、資源量及び親魚量は徐々に減少する。

F 値	管理基準	漁獲量 (百トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.41	0.8Fmed	30	28	22	24	26	28	30
0.52	Fmed	30	28	26	27	27	27	27
0.55	Fcurrent	30	28	28	27	27	26	26
0.60	1.1Fcurrent	30	28	29	28	27	25	24
F 値	管理基準	資源量 (百トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.41	0.8Fmed	88	83	82	87	93	100	107
0.52	Fmed	88	83	82	82	81	82	82
0.55	Fcurrent	88	83	82	80	78	77	76
0.60	1.1Fcurrent	88	83	82	78	74	69	66
F 値	管理基準	親魚量 (百トン)						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.41	0.8Fmed	35	35	34	39	43	44	47
0.52	Fmed	35	35	34	34	35	35	35
0.55	Fcurrent	35	35	34	33	33	32	31
0.60	1.1Fcurrent	35	35	34	31	29	28	27

Fcurrent=2013 年の F、F 値は各年齢の F の単純平均。

(4) ABC の再評価

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2013 年年齢別漁獲尾数及び年齢別体重 2013 年資源密度指数	2013 年までの年齢別資源尾数、再生産関係、年齢別選択率、%SPR

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (百トン)	ABClimit (百トン)	ABCtarget (百トン)	漁獲量 (百トン)
2013 年 (当初)	Fmed	0.55	93	32	27	
2013 年(2013 年再評価)	Fmed	0.52	106	37	31	
2013 年(2014 年再評価)	Fmed	0.52	88	29	25	30
2014 年 (当初)	Fmed	0.52	100	34	29	
2014 年(2014 年再評価)	Fmed	0.52	83	27	23	

前年までの過去の F 値の平均を用いる 1 歳魚の資源尾数推定方法では推定値の過誤が大きいため、今年度より前々年度までの RPSmed に前年度の親魚量を乗じた値を 1 歳魚の資源尾数として使用した。

2013、2014 年 (当初) ABC は加入量が過大推定されているため高い値となっている。

6. ABC 以外の管理方策の提言

年齢別漁獲尾数は、1、2 歳魚の漁獲割合が高く、小型個体が多く漁獲されていることを示している（図 7、表 2）。さらに、商品サイズにならない 15cm 以下の小型個体が投棄されている実態がある（石川県ほか 1994）ことから小型個体に対する漁獲を抑え親魚量の維持を図ることが重要である。

7. 引用文献

- 石川県水産総合センター・福井水産試験場・兵庫県但馬水産事務所・鳥取水産試験場・島根県水産試験場(1994)水産関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書（重要カレイ類の生態と資源管理に関する研究），118pp.
- 伊藤正木・木下貴裕・花淵靖子・小嶋喜久雄(1994)日本海西部海域におけるソウハチの食性について．漁業資源研究会議西日本底魚部会報，22,15-29.
- 渡辺 徹(1956)重要魚族の漁業生物学的研究，ソウハチ．日水研報，(4)，249-269.
- 山田作太郎・田中栄次(1999)水産資源解析学，成山堂書店，東京



図1. ソウハチ日本海系群の分布

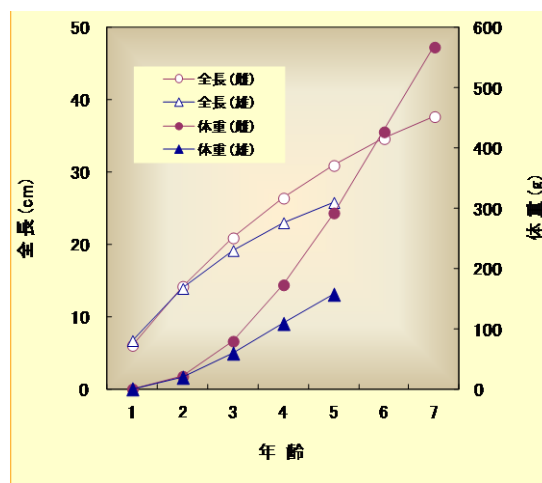


図2. 年齢と成長

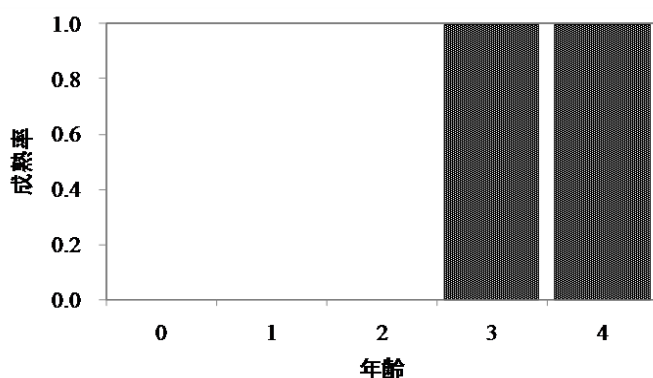


図3. 年齢と成熟率

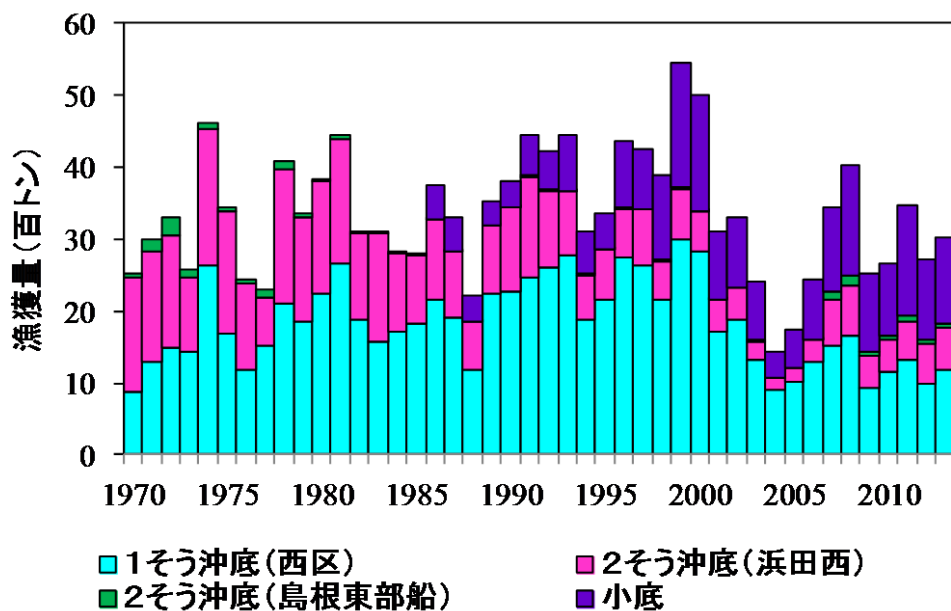


図4. ソウハチ日本海系群の漁獲量の経年推移
1985年以前の小底はデータ無し。

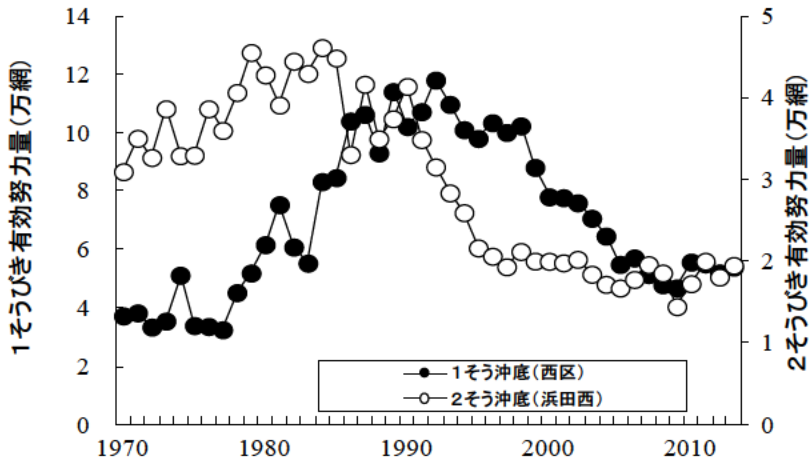


図5. 沖合底びき網の有効努力量の経年推移
2そうびきには島根県東部船を含まない。

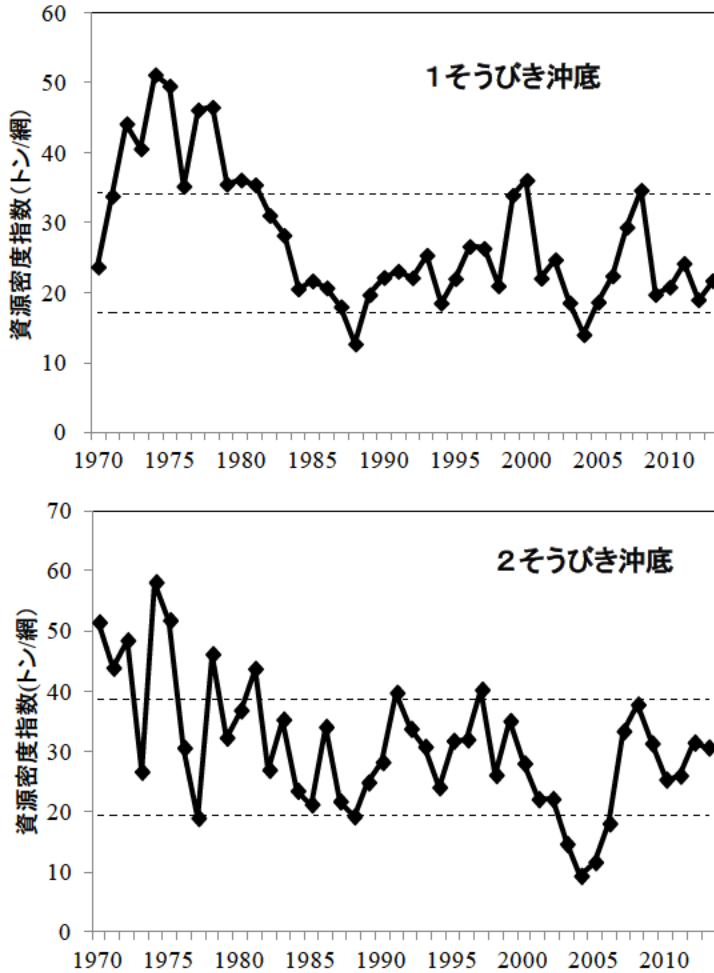


図6. 沖合底びき網データから推定した資源密度指数の経年推移
図中の線は最高値と0の間の三等分点で示された水準の境を示す。
2そうびきには島根県東部船を含まない。

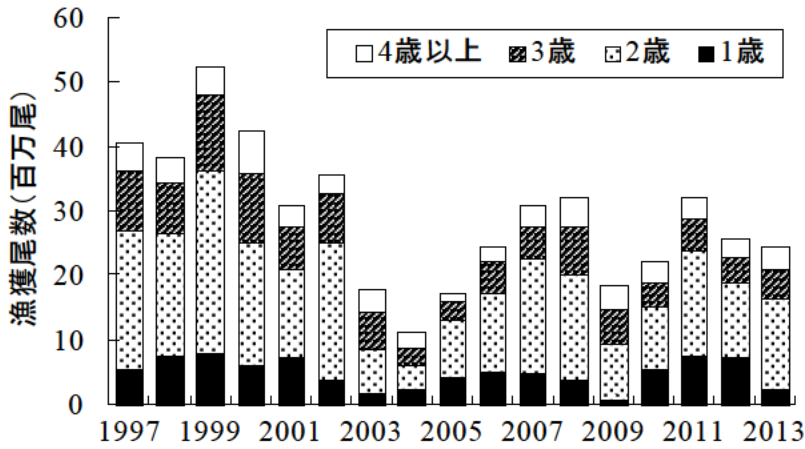


図7. 年齢別漁獲尾数の経年推移

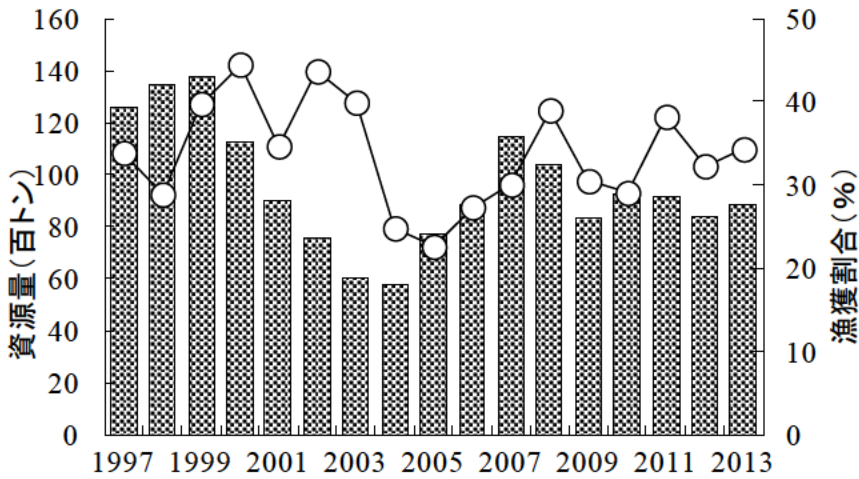


図8. 資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）の経年推移

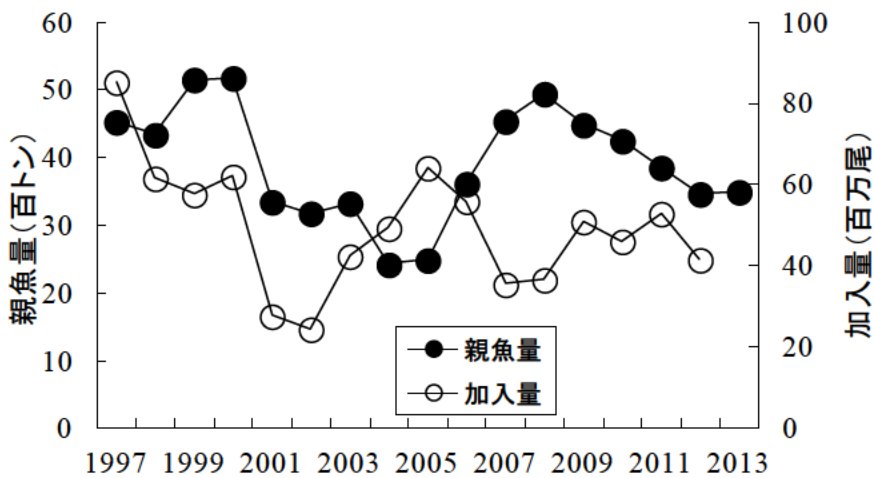


図9. 親魚と加入量（1歳魚）の経年推移
横軸は産卵された年を示す。

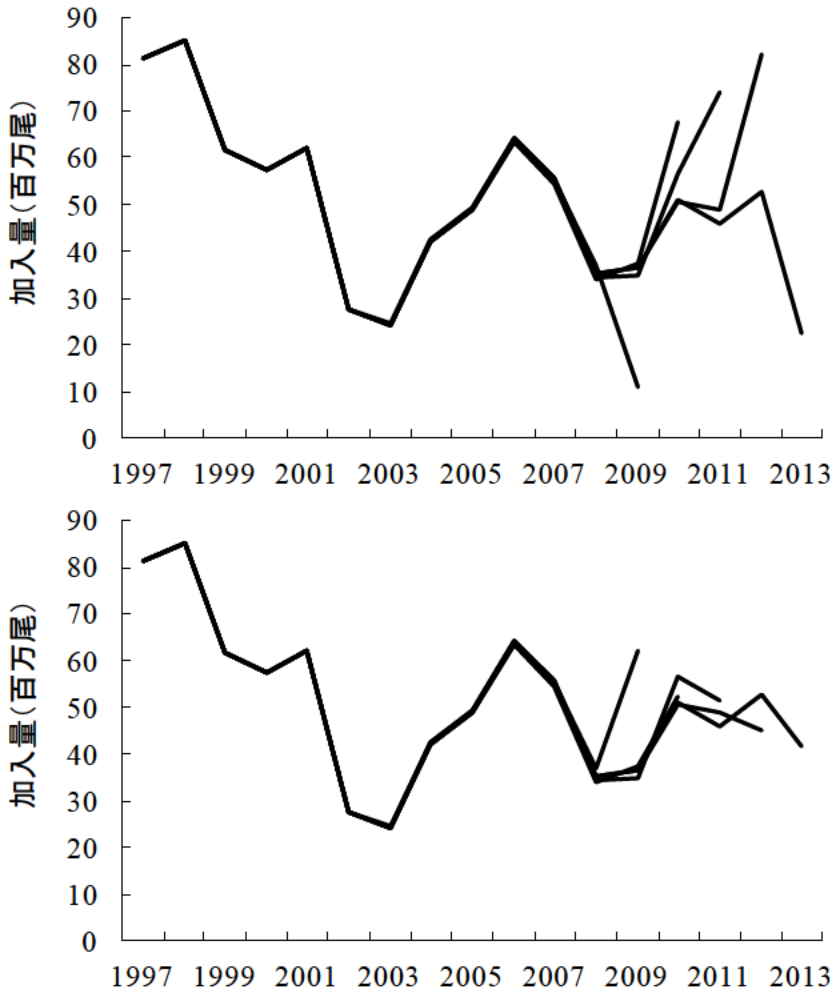


図10. 加入量推定値のレトロスペクティブ・アナライシス
横軸は推定された年数を示す。前年度までの方法での推定結果（上図）、今年度の方法による推定結果（下図）。

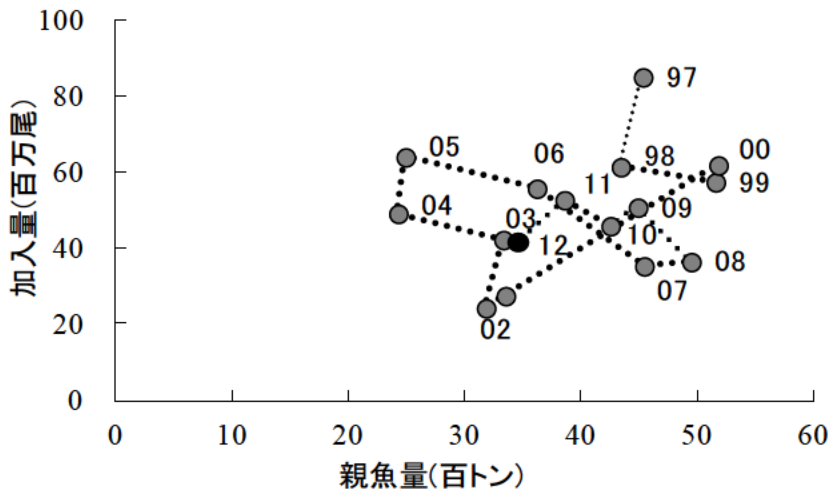


図11. 親魚量と加入量（1歳魚）の関係
点の左のラベルは産卵された年を示す。

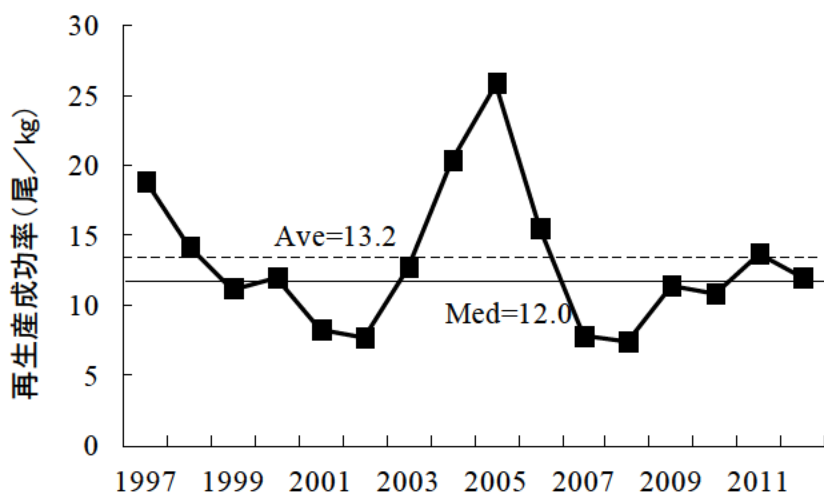


図12. 再生産成功率の経年推移
中央値(Med)、平均値(Ave)の値は1997～2011年のデータで計算。

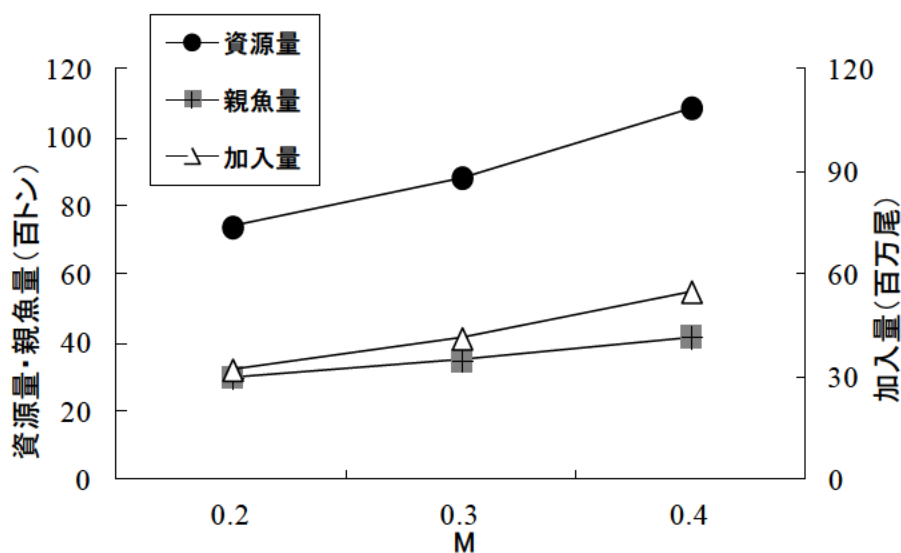


図13. Mと2013年資源量、親魚量、加入量(1歳魚)の関係

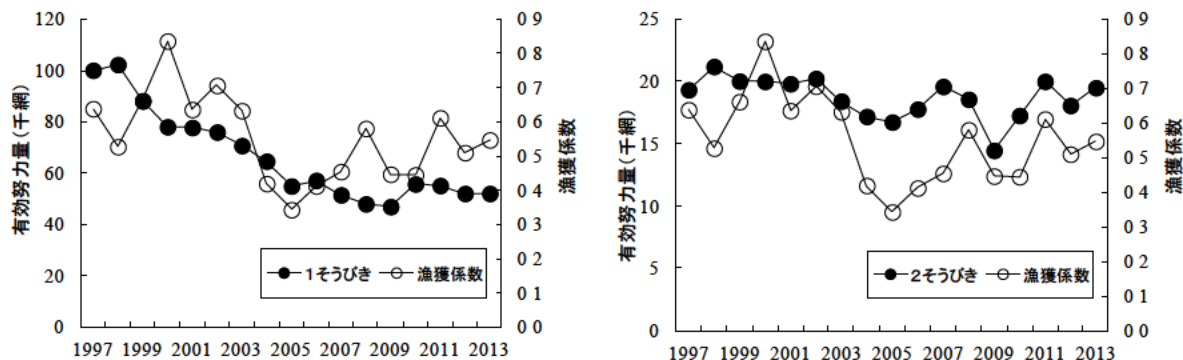


図14. 漁獲係数と有効努力量の経年推移
1そうびき沖底(左図)、2そうびき沖底(右図)。

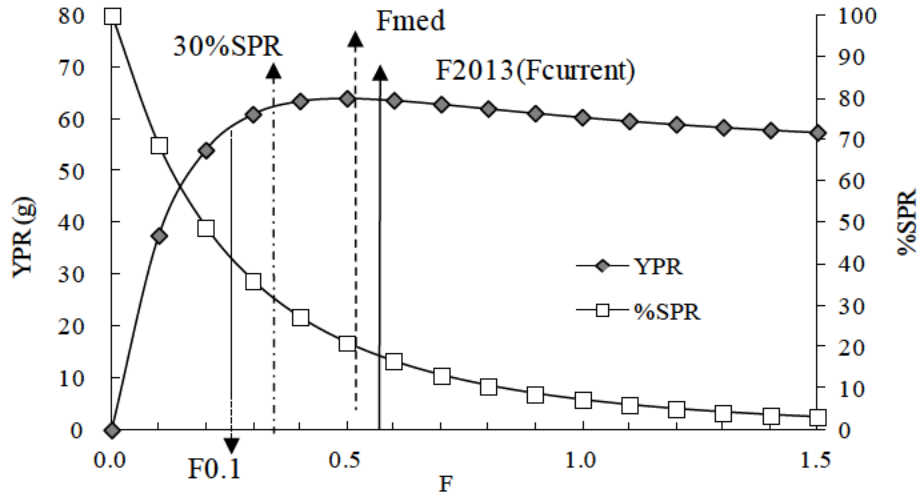


図15. SPRとYPR

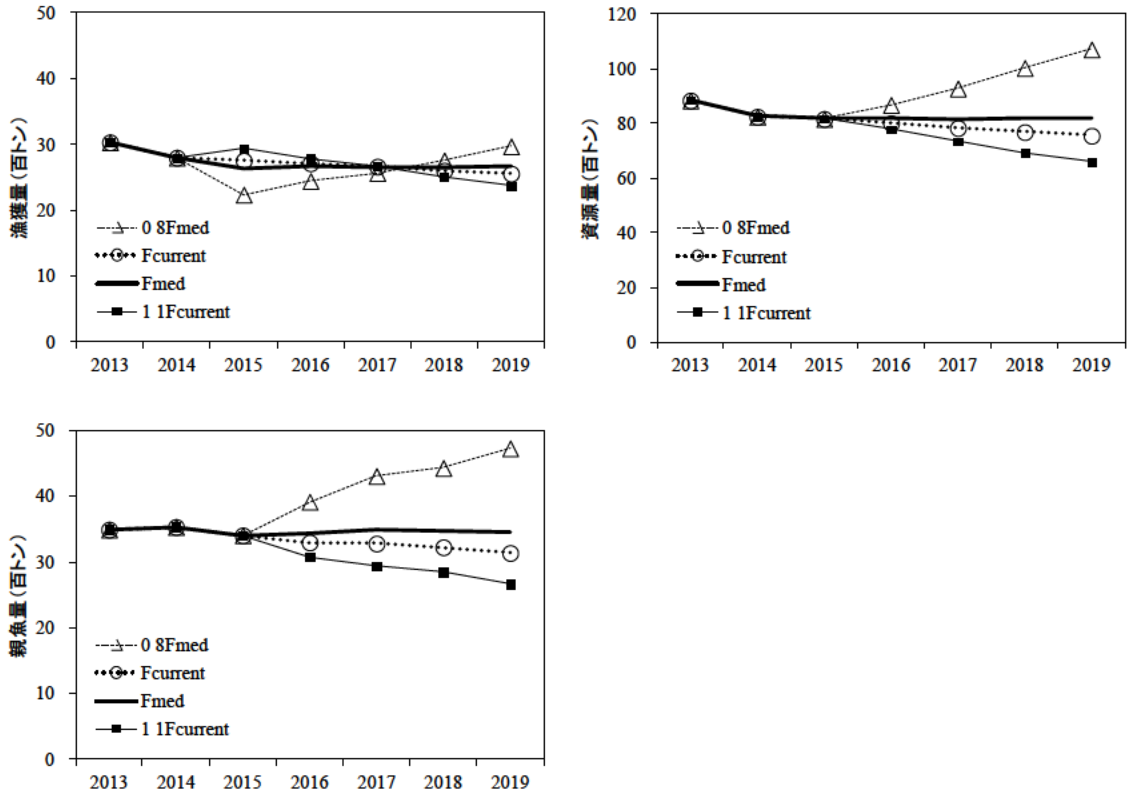


図16. 様々なFによる漁獲量（上左図）、資源量（上右図）、親魚量（下図）の予測値

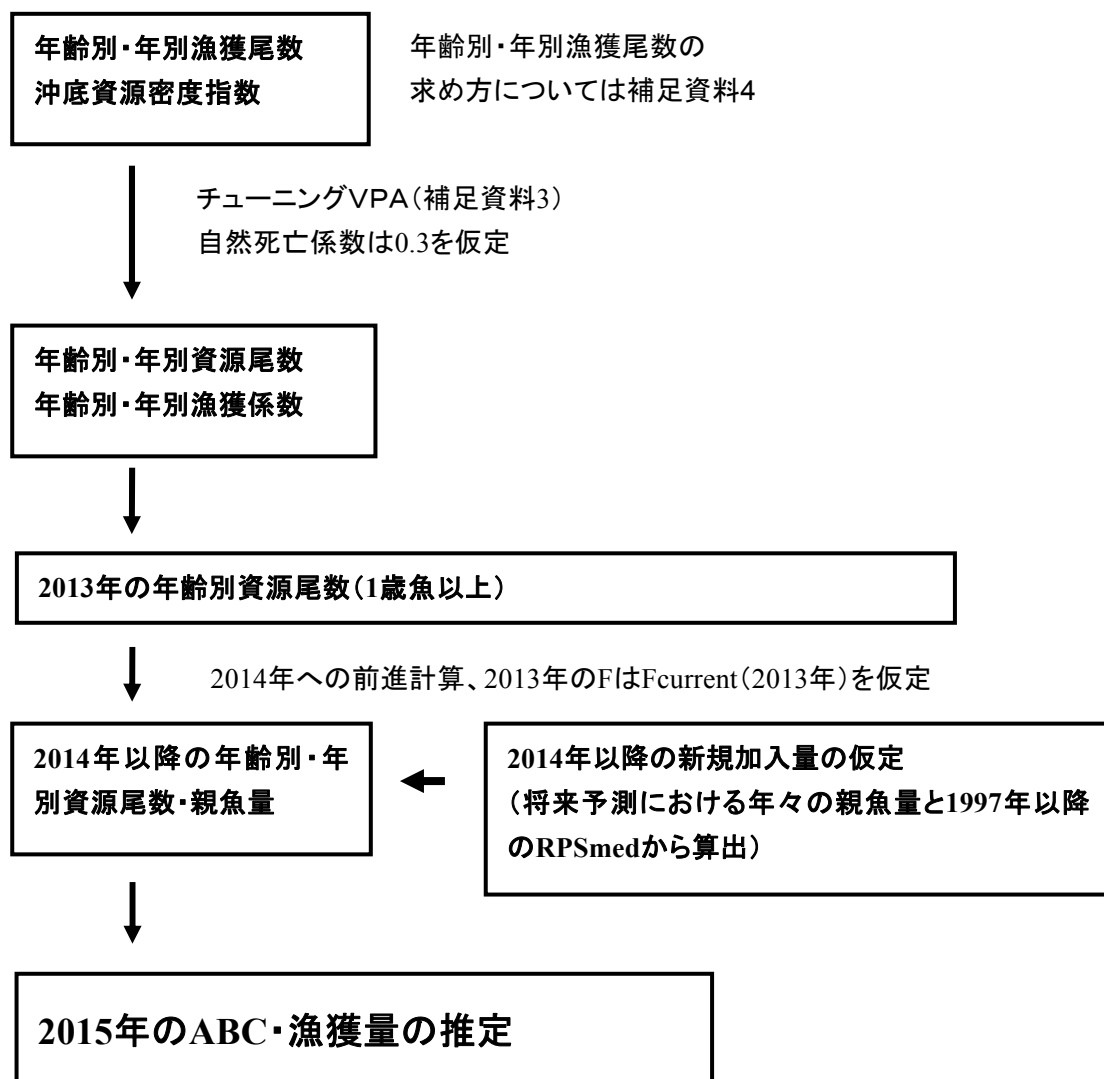
表1. ソウハチ日本海系群の漁獲量（単位：トン）

年	2そうびき沖底		1そう沖底 日本海西部	小型底 びき網	計
	浜田西	島根東部			
1966	941				941
1967	792				792
1968	484				484
1969	1,488				1,488
1970	1,591	35	885		2,511
1971	1,537	150	1,298		2,985
1972	1,582	237	1,481		3,301
1973	1,028	100	1,445		2,573
1974	1,910	83	2,624		4,617
1975	1,706	61	1,688		3,455
1976	1,180	71	1,188		2,440
1977	681	99	1,506		2,287
1978	1,873	92	2,109		4,074
1979	1,468	47	1,849		3,363
1980	1,575	16	2,231		3,822
1981	1,708	55	2,673		4,435
1982	1,196	5	1,892		3,094
1983	1,514	2	1,563		3,079
1984	1,080	4	1,713		2,797
1985	949	3	1,836		2,788
1986	1,125	5	2,153	480	3,763
1987	902	1	1,913	474	3,290
1988	671	4	1,181	351	2,206
1989	929	4	2,250	354	3,537
1990	1,166	7	2,266	372	3,812
1991	1,385	39	2,476	549	4,448
1992	1,063	19	2,614	537	4,234
1993	872	15	2,783	776	4,445
1994	623	20	1,872	599	3,114
1995	687	13	2,160	502	3,361
1996	659	17	2,753	946	4,375
1997	778	11	2,638	827	4,253
1998	552	18	2,149	1,164	3,883
1999	701	26	2,991	1,742	5,460
2000	560	8	2,818	1,610	4,996
2001	437	14	1,718	940	3,108
2002	447	9	1,880	972	3,308
2003	269	5	1,313	810	2,397
2004	160	3	906	361	1,429
2005	194	2	1,026	516	1,738
2006	320	8	1,282	814	2,424
2007	653	91	1,514	1,185	3,443
2008	701	129	1,665	1,542	4,036
2009	453	64	927	1,087	2,531
2010	437	66	1,161	1,009	2,672
2011	519	91	1,335	1,538	3,483
2012	568	46	989	1,110	2,713
2013	597	46	1,175	1,214	3,032

表2. コホート計算に用いた年齢別漁獲尾数と計算結果

年齢別漁獲尾数(百万尾)																	
年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1歳	53	77	79	62	73	39	17	25	43	52	49	40	09	54	76	74	25
2歳	213	190	281	188	137	210	70	38	89	121	176	159	85	97	162	112	138
3歳	94	76	119	106	65	78	58	28	27	47	49	76	53	35	48	42	48
4歳以上	43	39	43	66	33	28	35	22	14	23	33	46	36	34	35	28	32
計	404	381	521	423	309	354	179	112	173	243	308	321	184	220	322	256	242
年齢別漁獲係数と漁獲割合(%)																	
年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1歳	0.08	0.11	0.16	0.13	0.15	0.18	0.08	0.07	0.11	0.10	0.11	0.14	0.03	0.13	0.21	0.18	0.07
2歳	0.74	0.50	0.86	0.83	0.56	0.96	0.64	0.30	0.44	0.56	0.64	0.69	0.57	0.56	0.84	0.64	0.67
3歳	0.87	0.75	0.81	1.19	0.92	0.85	0.90	0.65	0.41	0.50	0.53	0.75	0.60	0.54	0.70	0.61	0.72
4歳以上	0.87	0.75	0.81	1.19	0.92	0.85	0.90	0.65	0.41	0.50	0.53	0.75	0.60	0.54	0.70	0.61	0.72
平均	0.64	0.53	0.66	0.84	0.64	0.71	0.63	0.42	0.34	0.41	0.45	0.58	0.45	0.44	0.61	0.51	0.55
漁獲割合	34	29	40	44	35	44	40	25	23	27	30	39	30	29	38	32	34
年齢別資源尾数(百万尾)																	
年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1歳	81	85	62	58	62	28	24	42	49	64	56	35	37	51	46	53	41
2歳	47	56	57	39	37	40	17	17	29	33	43	37	23	26	33	28	33
3歳	19	17	25	18	13	16	11	7	9	14	14	17	14	10	11	11	11
4歳以上	9	9	9	11	6	6	7	5	5	7	9	10	9	9	8	7	7
合計	156	166	152	125	118	89	60	71	92	118	122	99	83	96	98	98	92
年齢別資源重量、親魚量(トン)及び再生産成功率RPS(尾/kg)																	
年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1歳	4,226	4,749	3,471	2,777	2,774	1,507	1,178	1,932	2,647	2,548	3,131	1,659	1,801	2,629	2,349	2,491	2,126
2歳	3,815	4,371	5,127	3,291	2,854	2,898	1,505	1,410	2,563	2,716	3,797	3,762	2,026	2,326	2,923	2,460	3,227
3歳	2,504	2,206	3,171	2,407	1,662	1,850	1,618	932	1,204	1,877	1,906	2,379	1,865	1,360	1,548	1,497	1,556
4歳以上	2,023	2,130	1,981	2,768	1,684	1,327	1,708	1,489	1,281	1,737	2,631	2,563	2,618	2,887	2,303	1,965	1,937
合計	12,568	13,455	13,749	11,242	8,973	7,581	6,009	5,763	7,695	8,877	11,465	10,363	8,310	9,203	9,124	8,413	8,846
親魚量	4,526	4,336	5,151	5,175	3,346	3,176	3,326	2,421	2,485	3,614	4,537	4,942	4,483	4,247	3,852	3,462	3,493
RPS	18.82	14.19	11.17	11.98	8.25	7.68	12.74	20.34	25.81	15.46	7.81	7.40	11.35	10.83	13.72	11.98	
沖合底びき網漁業の資源密度指数(トン/網)																	
年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1そうびき	263	210	339	361	221	247	186	140	187	224	294	347	197	208	242	190	217
2そうびき	402	260	350	280	220	220	146	93	116	180	333	377	313	253	259	314	306

補足資料1 資源評価のフロー



補足資料 2 年齢別漁獲尾数の推定

年齢別漁獲尾数の推定は漁業種類別に行った。

- ① 1 そうびき沖底については、鳥取県水産試験場から提供された銘柄別の体長組成、精密測定及び銘柄別漁獲量を基礎資料として用いた。鳥取県賀露港に水揚げされた銘柄別の体長組成、精密測定及び銘柄別漁獲量を鳥取県全体に引き延ばした雌雄別の体長組成である。この体長組成をもとに雌雄別及び4半期別（1～3月、4～6月、7～9月、10～12月）の体長－体重関係から4半期別の体長別重量組成を求め、1 そうびき沖底（西区）の漁獲量で引き延ばし1 そうびき沖底の体長別漁獲尾数を計算した。さらに、雌雄別及び4半期別の年齢体長相関表（平成17年度資源評価報告書）により年齢分解し、雌雄を合計して年齢別漁獲尾数を計算した。
- ② 2 そうびき沖底については、島根県浜田港に水揚げされた銘柄別体長組成と銘柄別漁獲量から、雌雄込みの体長別尾数を求めた。さらに、雌雄込みの4半期別体長－体重関係から4半期別の体長別重量組成を求め、2 そうびき沖底（島根県東部船を含む）と小型底びき網の漁獲量で引き延ばして1 そうびき沖底以外の体長別漁獲尾数を計算した。さらに、雌雄込みの4半期別の年齢体長相関表により年齢分解し、年齢別漁獲尾数を計算した。
- ③ 資源計算に用いた年齢漁獲尾数は、上記の①、②の合計を用いた。また年齢別の平均体重は、上記の体長組成、体長－体重関係及び年齢体長相関表から求めた年齢別の漁獲重量を、年齢別漁獲尾数で除して計算した。

補足資料 3 コホート計算

年齢別資源尾数の計算には Pope の式を用い、年齢別年別資源尾数を計算した。

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

ここで、N は資源尾数、C は漁獲尾数、a は年齢、y は年。自然死亡係数 M は、田内・田中の式（田中 1960）により、最高年齢を 8 歳として（ $M=2.5 \div \text{最高年齢 } 8 \text{ 歳} \div 0.3$ ）求めた。3 歳（添え字：3）、4 歳以上（添え字：4+）は、それぞれ(2)、(3)式を使い、各年における 4 歳以上と 3 歳の漁獲係数 F は等しいとした。

$$N_{3,y} = \frac{C_{3,y}}{C_{4+,y} + C_{3,y}} N_{4+,y+1} \exp(M) + C_{3,y} \exp\left(\frac{M}{2}\right) \quad (2)$$

$$N_{4+,y} = \frac{C_{4+,y}}{C_{3,y}} N_{3,y} \quad (3)$$

ただし、最近年は、2～3 歳に対して(4)式を使った。

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y} \exp(\frac{M}{2})}{(1 - \exp(-F_{a,y}))} \quad (4)$$

最近年の 2～3 歳以外の F は(5)式を用いて計算した。

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y} \exp(M/2)}{N_{a,y}}\right) \quad (5)$$

最近年の 2 歳の F は、2001～2012 年までの 2、3 歳の各 F の平均値を求め、3 歳の平均 F に対する 2 歳の平均 F に対する比率を下記で推定される最近年の 3 歳の F に乗じて計算していた。

最近年の 3 歳の F は下記のチューニングによって求めた。

最近 13 年間（2001～2013 年）の 2 歳魚以上の資源量と 1 そうびき沖底と 2 そうびき沖底の資源密度指数の残差平方和が最小となるように最近年（2013 年）の 3 歳魚に対する F を求めた。最近 13 年間における漁獲量は、1 そうびきが 2 そうびきの約 3 倍なので、1 そうびき沖底の残差平方和に 3 倍の重みを付けた。

$$\text{最小 } 3 \sum_{y=2001}^{2013} \{\ln(q_1 B_y) - \ln(I_{1,y})\}^2 + \sum_{y=2001}^{2013} \{\ln(q_2 B_y) - \ln(I_{2,y})\}^2 \quad (6)$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=2001}^{2013} I_{1,y}}{\prod_{y=2001}^{2013} B_y} \right)^{\frac{1}{13}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=2001}^{2013} I_{2,y}}{\prod_{y=2001}^{2013} B_y} \right)^{\frac{1}{13}} \quad (7)$$

ここで、 I_1 と I_2 はそれぞれ 1 そうびきと 2 そうびきの資源密度指数、 B は 2 歳以上の資源量、 y は年。使用した年齢別漁獲尾数と計算結果を付表に示す。

前年度まで、最近年の 1 歳の F は、2001～2012 年までの 1～3 歳の F の平均値を求め、3 歳に対する 1 歳の比率を 3 歳の F に乗じて計算していたが、レトロスペクティブ・アナライシスの結果、この方法で推定された F と(4)式を用いて推定した 2010～2012 年の加入量は過大に推定される傾向があることが示された（図 10）。本年度は、1997～2011 年の RPSmed に 2012 年の親魚量の値を乗じて最近年の 1 歳魚の資源尾数（加入量）を推定した。最近年の 1 歳魚の F は (5)式により推定した。

補足資料 4 漁獲成績報告書を用いた資源量指標値の算出方法

沖合底びき網の漁獲成績報告書では、月別漁区（緯度経度 10 分枠目）別の漁獲量と網数が集計されている。これらより、月 i 漁区 j における CPUE(U)は次式で表される。

$$U_{i,j} = \frac{C_{i,j}}{X_{i,j}}$$

上式で C は漁獲量を、 X は努力量（網数）をそれぞれ示す。

集計単位（月または小海区）における資源量指数(P)は CPUE の合計として、次式で表される。

$$P = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J U_{i,j}$$

集計単位における有効漁獲努力量(X')と漁獲量(C)、資源量指数(P)の関係は次式のように表される。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

上式で J は有漁漁区数であり、資源量指数(P)を有漁漁区数(J)で除したものが資源密度指数(D)である。

$$D = \frac{P}{J} = \frac{C}{X'}$$

広がりのある漁場内では魚群の密度は濃淡があるのが通常であり、魚群密度が高いところに漁船が集中して操業した場合、総漁獲量を総網数で割った CPUE は高い方に偏る。そこで漁場を 10 分枠目の漁区に細分し、漁区内での密度は一樣と仮定して、魚群や努力量の偏りを補正し、資源量を指数化したのが資源量指数と資源密度指数である。

漁獲の主対象となる魚種では、分布密度が高い漁区に操業が集中することが考えられる。このような場合、資源密度指数で資源量を評価すると過大となる傾向がある。一方、漁獲の主対象ではない魚種では、その魚種の分布密度と操業区の集中とは原則無関係である。有漁漁区数の減少は漁獲の主対象となる魚種の分布密度が高い漁区に操業が集中した結果と考えられる。有漁漁区数の減少は CPUE の漁区合計値である資源量指数を過小とすることから主対象でない魚種については資源密度指数の方が良い指標値と考えられる。

ソウハチは重要魚種ではあるが、1 そうびき沖底ではズワイガニ、2 そうびき沖底ではムシガレイが最重要魚種であるので、資源密度指数を資源量の指標値として用いた。

引用文献

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.