

平成 28（2016）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（飯田真也、藤原邦浩、八木佑太、宮原寿恵）

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

本系群の資源量について、資源密度指数を考慮したコホート解析により計算した。資源量は 1999 年の 138 百トンから 2004 年には 58 百トンまで減少したものの、2007 年には 115 百トンまで増加した。2009 年以降は 100 百トン前後の値で推移し、2015 年は 80 百トンと推定された。資源密度指数から資源水準は中位、最近 5 年間の資源量の推移から動向は減少と判断した。2017 年の ABC は、再生産成功率（加入量／親魚量）が 1997～2013 年の中央値で継続するという仮定の下、「親魚量の維持」が見込まれる漁獲シナリオに基づき算定した。

管理基準	Target/ Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (百トン)	Blimit= 24 百トン
					親魚量 5 年後 (百トン)
Fmed	Target	0.39	27	23	51
	Limit	0.48	32	27	37

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の維持が期待される F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は各年齢の漁獲係数を単純平均した値である。漁獲割合は ABC／資源量である。2015 年の親魚量は 34 百トンである。ABC、親魚量の値は十の位を四捨五入した。

年	資源量 (百トン)	親魚量 (百トン)	漁獲量 (百トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2012	90	39	27	0.44	30
2013	91	43	30	0.48	33
2014	83	41	28	0.52	34
2015	80	34	22	0.43	27
2016	86	33	—	—	—

水準：中位 動向：減少

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)
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

*はチューニング指数の算出に使用した情報・調査である。

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。ソウハチは韓国沿岸域を含む日本海全域に分布するが、韓国における漁獲の詳細は不明である。我が国の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

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 に示す。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、3歳以上の資源量を親魚量とした。

(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

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（図3、表1）。しかし、1998年以降、小底の漁獲割合が30%以上に増加している。

(2) 漁獲量の推移

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40百トンに増加した。2009～2014年の漁獲量は25～35百トンの範囲で変動し、2015年の漁獲量は22百トンであった（図3、表1）。

(3) 漁獲努力量

1そうびき沖底の有効漁獲努力量は、1990年代は約100千網の水準にあったが、その後減少傾向を示し、2015年は60千網であった（図4、表2）。2そうびき沖底の有効努力量は、1980年代は約40千網であったが、2015年は16千網まで減少した（図4、表2）。

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を考慮したコホート解析により資源量を推定した（補足資料1、2、3）。

(2) 資源量指標値の推移

資源量指標値は、有漁漁区数の影響を考慮して資源密度指数を用いた（図5、表2、補足資料3）。1そうびき沖底、2そうびき沖底ともに1970年代に最高値（1そうびき沖底51kg／網、2そうびき沖底58kg／網）が認められ、その後減少し、1990年以降では2004年に最低値（1そうびき沖底14kg／網、2そうびき沖底9kg／網）、2007～2008年に増加後、再度

減少した。2015 年の 1 そうびき沖底及び 2 そうびき沖底の資源密度指数は、それぞれ 17 kg／網、24 kg／網であり、両者ともに前年に比べて減少した。

(3) 漁獲物の年齢組成

1997～2015 年の年齢別漁獲尾数を推定した（図 6、補足資料 4）。本系群は、通常、1 歳で漁獲されはじめ、2 歳で完全加入する。2015 年は前年に比べ 1 歳魚の漁獲尾数は増加したものの、2 歳以上の漁獲尾数が減少し、合計漁獲尾数は減少した。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析（補足資料 2）で推定した資源量（1 歳以上）を図 7、表 3 に示す。資源量は 1999 年の 138 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、その後は漸減傾向を示し、2015 年は 80 百トンと推定された。漁獲割合は 1999～2003 年に 35～44%であったが、2004～2005 年は 23～25%と低下した。2006～2015 年は増加し、27～38%の間で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 50 百トンにまで回復した。その後、40 百～46 百トンの範囲で増減を繰り返したが、2015 年は 34 百トンとなり、前年に比べて減少した（図 8、表 3）。

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 1997～2002 年まで減少していたが、2003 年以降 32 百万尾以上に回復し、2014 年には 47 百万尾となった（図 8、表 3）。

親魚量と加入量の関係を図 9 に示す。長期的に資源が安定していることもあり、明瞭な再生産関係は認められていない。再生産成功率（RPS）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 10）。1997～2013 年の RPSmed は 11.7 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 を変化した場合の 2015 年の資源量、親魚量、加入量を図 11 に示す。M の±33%の増減に対し、資源量は-16～22%の増減、親魚量は-15～21%の増減、加入量は-20～26%の増減であった。加入量に与える M の不確実性の影響が他の推定値よりも大きい傾向がある。

漁獲係数（各年齢の F 値の単純平均）は 2000 年の 0.84 をピークに 2005 年までに 0.34 に低下した（図 12）。その後、上昇傾向が見られるが、漁獲量の多い 1 そうびき沖底の有効漁獲努力量が低い水準にあることと対応して 0.41～0.57 の低い水準に抑えられており、2015 年は 0.43 となった。

(5) Blimit の設定

親魚量は、2004 年に 24 百トンと最低となった（図 8）。2004 年は、資源密度指数から判断される資源水準も低位であった（図 5）。そこで、過去最低の親魚量からでも資源が回復した 2004 年の親魚量 24 百トンを Blimit とした。この値よりも小さい親魚量となった場合には、漁獲圧を下げて資源回復措置を図るものとする。

(6) 資源の水準・動向

資源水準の判断基準として、昨年度（2015 年度）までは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 との三等分点を採用していた。1 そうびき沖底の漁獲量は、2 そうびき沖底に対しておよそ 3 倍の値を示している。本年度は、漁獲量の比率から今回新たに加える 2 そうびき沖底の資源密度指数に対して、1 そうびき沖底の資源密度指数に 3 倍の重みを持たせた。この重み付けした 1 そうびき沖底及び 2 そうびき沖底の資源密度指数の加重平均の最高値と 0 の三等分点を水準判断の基準とした。変更の理由は、2 そうびき沖底と 1 そうびき沖底の主漁場は異なることから、水準をより広域的な情報から判断するためである。

漁獲量の比率を加味した 1 そうびき沖底、2 そうびき沖底の資源密度指数の加重平均は、2015 年では 18.4 kg/網であり、低位・中位の境界である 17.6 kg/網を上回っていることから、資源水準は中位と判断した（図 5）。動向については、2011 年以降の資源量の推移から減少と判断した（図 7）。近年、資源水準を中位に維持できているのは、適度な漁獲圧（図 12）のもと再生産成功率も安定していること（図 10）が要因と考えられる。

(7) 資源と漁獲の関係

年齢別選択率は 2015 年と同じと仮定し、F 値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 13 に示す。2015 年の F 値（F_{current}: 0.43）は再生産成功率を 1997～2013 年の中央値と仮定して計算した F_{med} (0.48) よりわずかに低く、F_{30%SPR} (0.36) 及び F_{0.1} (0.29) よりも高い値であった。

5. 2017 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は 1999 年の 138 百トンから 2004 年には 58 百トンに減少したものの、2007 年は 116 百トンに増加した。その後は漸減傾向を示し、2015 年は 80 百トンと推定された。資源密度指数より資源水準は中位、近年 5 年の資源量の変化から動向は減少と判断した。本系群の漁獲係数は、2006 年以降 0.41～0.57 の低い水準で推移している。また、再生産成功率は安定し、親魚量も B_{limit} を 1,000 トンほど上回っている。本系群の資源管理を行う上では、中長期的に親魚量を維持していくことが重要と考える。

(2) ABC の算定

資源量を推定しており、親魚量は B_{limit} 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 を算定するための管理基準値（Limit 値）は「親魚量の維持」を目標とし、F_{med} を採用した。また、不確実性を見込んだ Target 値は F_{target}=F_{limit}× α とし、 α は標準値の 0.8 とした。なお、2015 年以降の再生産成功率を、資源計算を行った 17 年間（1997～2013 年）の中央値（RPS_{med}）で一定とし、この RPS_{med} 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 F_{med} とした。ABC 並びに推定漁獲量の計算の詳細は補足資料 2 を参照されたい。

管理基準	Target/ Limit	F 値	漁獲割合 (%)	2017 年 ABC (百トン)
Fmed	Target	0.39	27	23
	Limit	0.48	32	27

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の維持が期待される F 値による漁獲量である。Ftarget = α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。F 値は各年齢の漁獲係数を単純平均した値である。漁獲割合は ABC / 資源量である。2015 年の親魚量は 34 百トンである。ABC、親魚量の値は十の位を四捨五入した。

(3) ABC の評価

ABC 算定と同じ仮定のもとで、2015 年の年齢別選択性のもと F 値を変化させた場合の漁獲量、資源量、そして親魚量を下表と図 14 に示す。現在の F 値 (2015 年の F 値、Fcurrent) は「親魚量を維持する」ための F 値 (Fmed) よりもわずかに低く、資源量、親魚量及び漁獲量は徐々に増加すると予測された。

F	管理基準	漁獲量 (百トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.35	0.8Fcurrent	22	25	21	23	25	28	31
0.39	0.8Fmed	22	25	23	24	26	28	30
0.43	Fcurrent	22	25	25	26	27	28	29
0.48	Fmed	22	25	27	27	28	28	27
F	管理基準	資源量 (百トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.35	0.8Fcurrent	80	86	86	96	106	117	128
0.39	0.8Fmed	80	86	86	93	101	107	114
0.43	Fcurrent	80	86	86	91	95	98	101
0.48	Fmed	80	86	86	88	89	88	88
F	管理基準	親魚量 (百トン)						
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0.35	0.8Fcurrent	34	33	39	45	47	51	58
0.39	0.8Fmed	34	33	39	42	43	46	51
0.43	Fcurrent	34	33	39	40	39	41	44
0.48	Fmed	34	33	39	38	35	36	37

Fcurrent=2015 年の F である。F 値は各年齢の F の単純平均である。

(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
2015 年年齢別漁獲尾数及び年齢別体重 2015 年資源密度指数	2015 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)
2015 年 (当初)	Fmed	0.52	82	26	22	
2015 年 (2015 年再評価)	Fmed	0.49	104	32	27	
2015 年 (2016 年再評価)	Fmed	0.48	80	24	20	22
2016 年 (当初)	Fmed	0.49	101	33	28	
2016 年 (2016 年再評価)	Fmed	0.48	86	27	23	

2015 年 ABC (2016 年再評価) は当初および 2015 年再評価時の ABC に比べ、下方に修正されており、limit 値で 24 百トンに更新された。2015 年の漁獲量は 22 百トンであった。

2016 年当初の ABC (33 百トン) は、2016 年再評価時 (27 百トン) に 18%減少した。これは、今年度評価時に求めた 2015 年の資源量推定値が 2014 年までのデータから推定した値よりも下方修正されたためである。

6. ABC 以外の管理方策の提言

年齢別漁獲尾数に関して、2013 年以降、1 歳魚の漁獲割合が低下してきている (図 6、補足資料 4)。しかし、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ことから (石川県ほか 1994)、小型個体の投棄量を把握するとともに、不合理漁獲を避ける方策が必要となる。また、本系群の漁獲主体は、未成熟の 2 歳魚である。今後、改良漁具 (二段式分離選択網) による大型魚の選択的な漁獲を行い (藤原・上田 2014)、未成熟魚の保護に取り組むことが望まれる。

7. 引用文献

- 藤原邦浩・上田祐司 (2014) 二段式分離網を用いたカレイ類 3 種のサイズ選択的漁獲の可能性. 東北底魚研究, **34**, 111-114.
- 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・鳥取県水産試験場・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・花渕靖子・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.

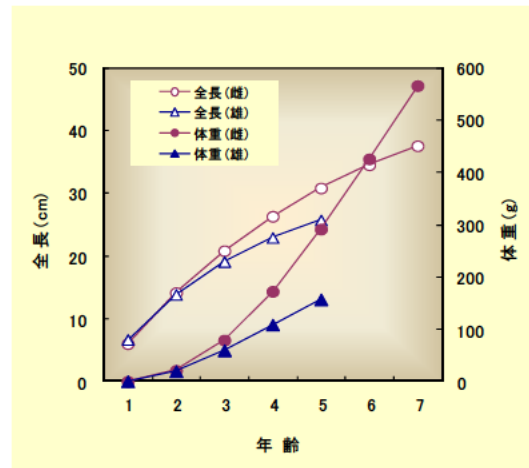


図1. ソウハチ日本海系群の分布
日本海西部海域で漁獲される群
を評価対象群としている。

図2. 年齢と成長

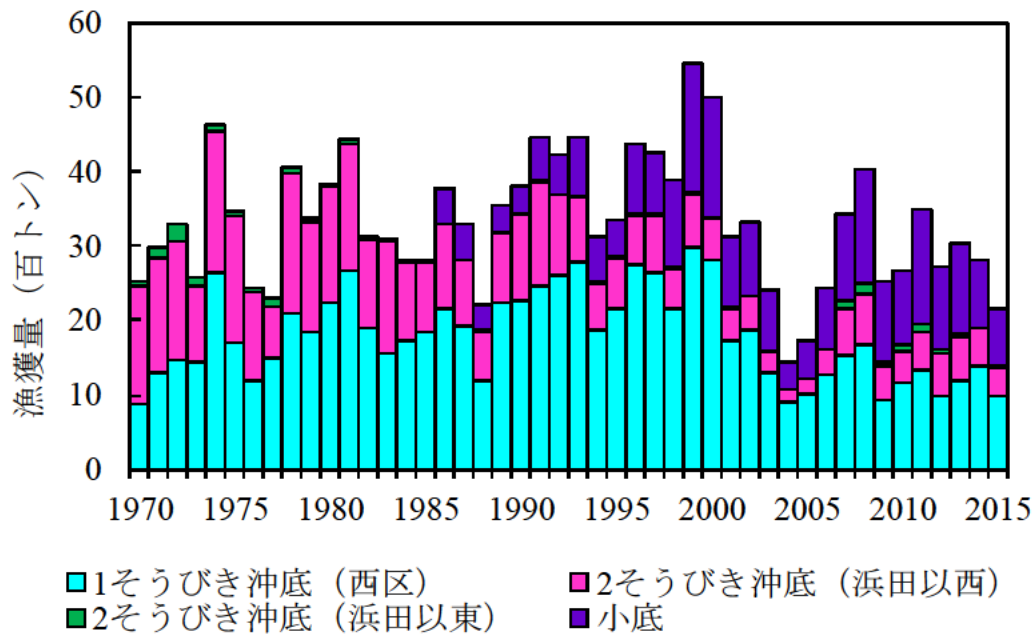


図3. ソウハチ日本海系群の漁獲量の推移
1985年以前の小底の漁獲データ無し。

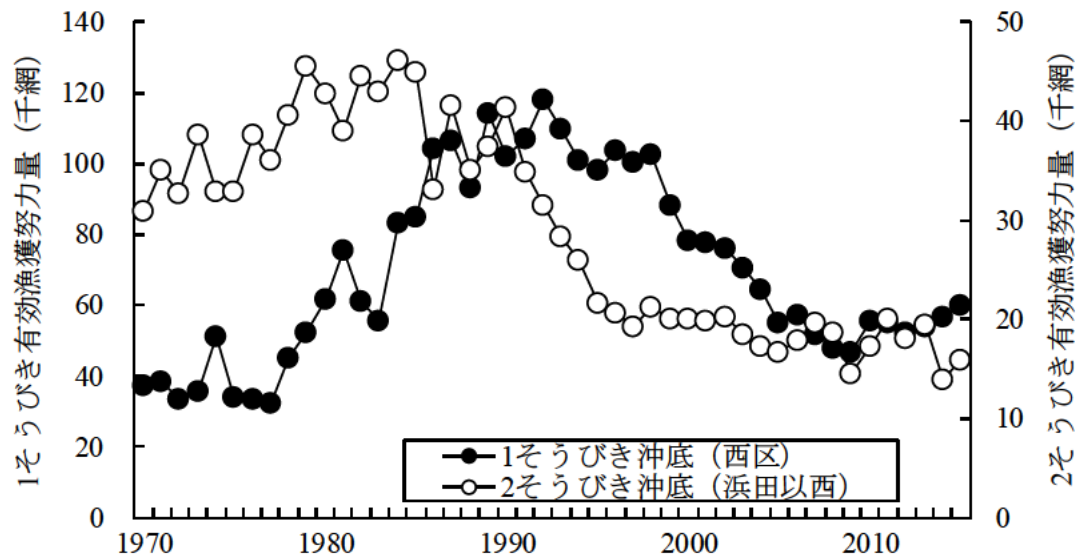


図 4. 沖合底びき網の有効漁獲努力量の推移

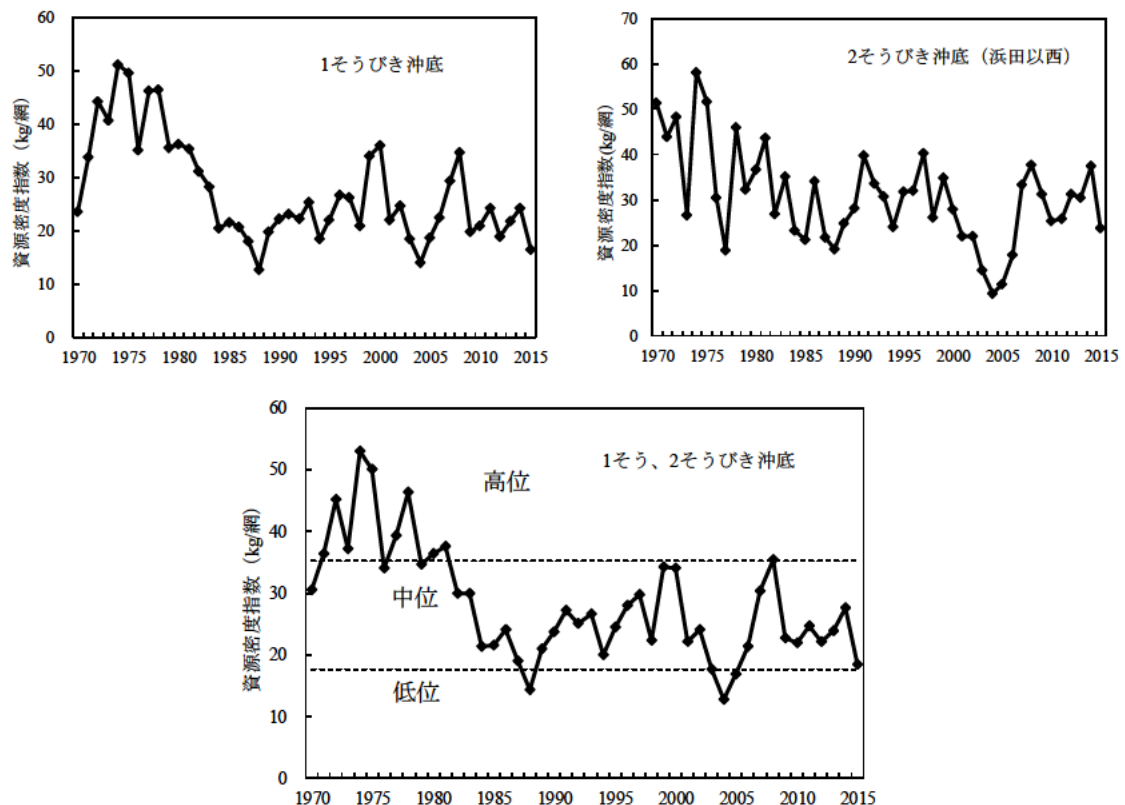


図 5. 沖合底びき網データから推定した資源密度指数の推移
1 そうびき沖底 (左上図)、2 そうびき沖底 (右上図)、1 そうびき沖底に 3 倍の重みを加えた 1 そうびき沖底、2 そうびき沖底の資源密度指数の加重平均 (下図)。図中の点線は最高点と 0 の間の三等分線で示された水準の境を示す。

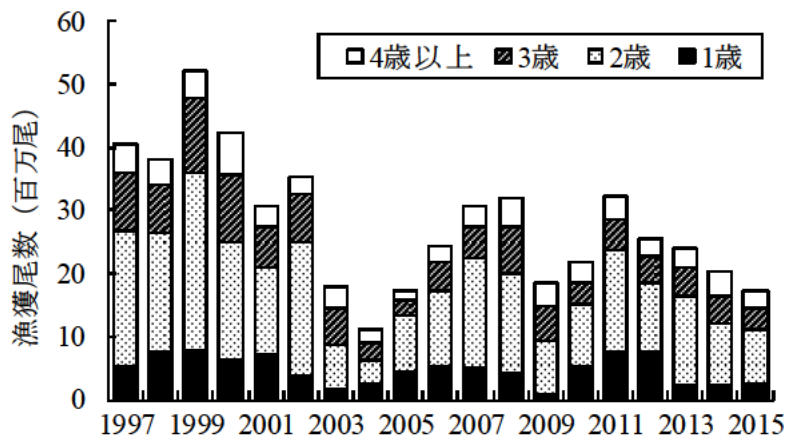


図 6. 年齢別漁獲尾数の推移

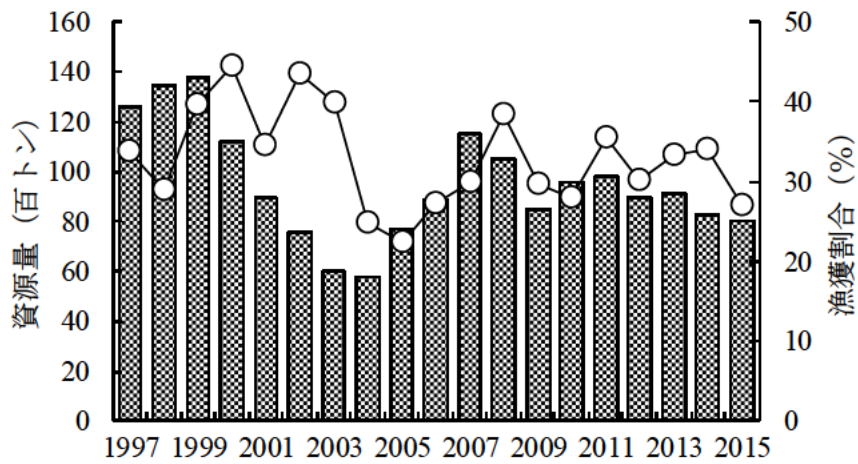


図 7. 資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）の推移

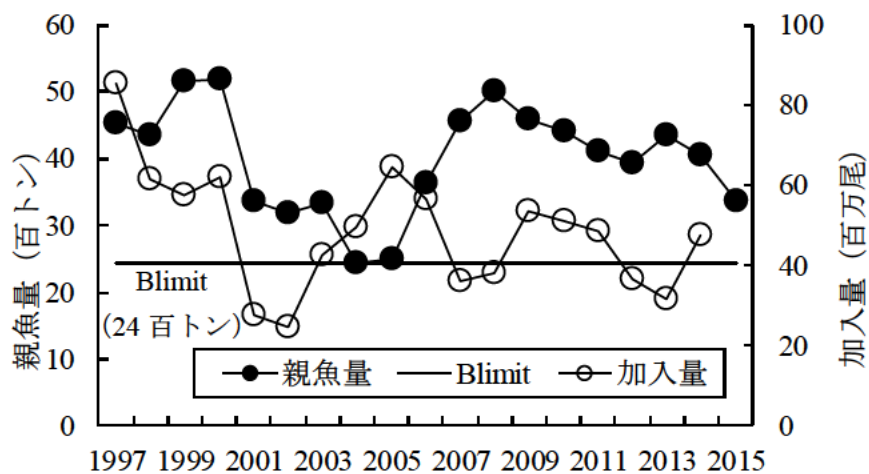


図 8. 親魚量と加入量（1 歳魚）の推移

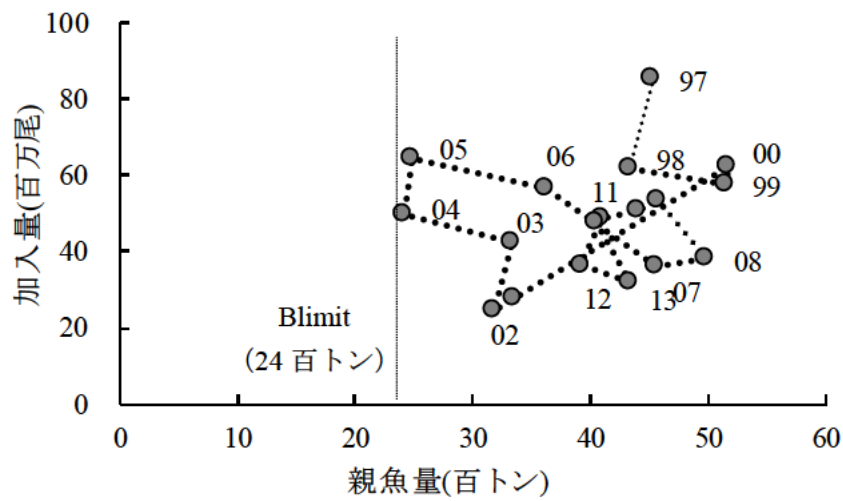


図 9. 親魚量と加入量（1 歳魚）の関係
図中の数字は産卵年を示す。

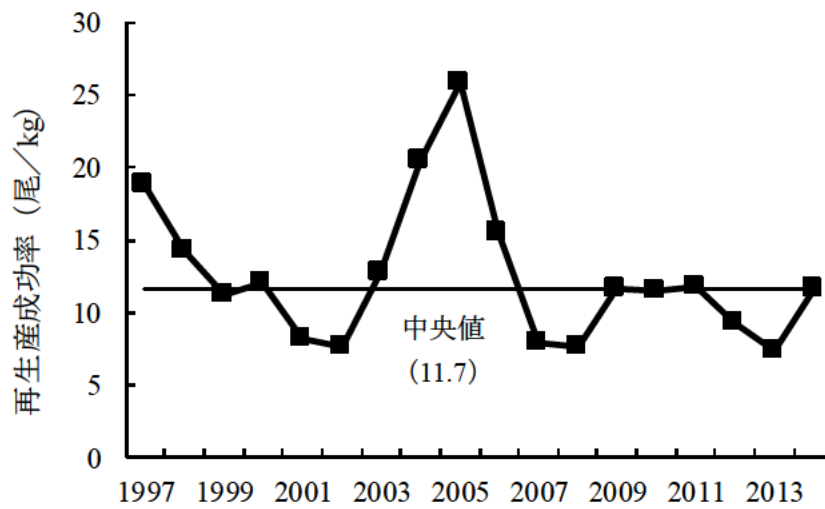


図 10. 再生産成功率の推移
中央値の値は 1997～2013 年のデータで計算。

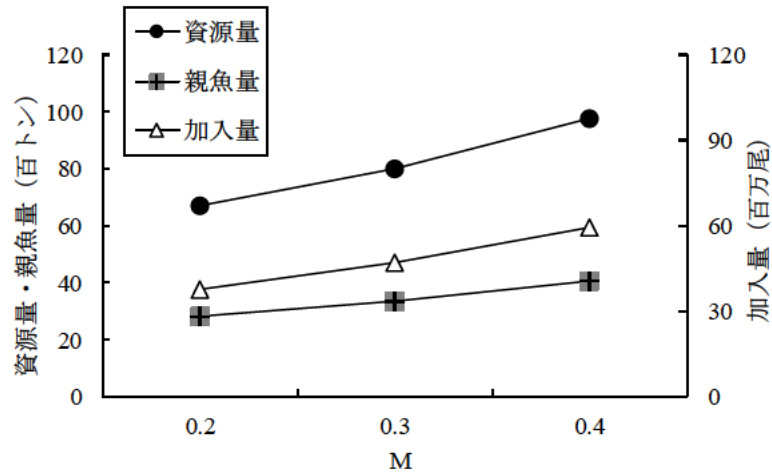


図 11. M と 2015 年資源量、親魚量、加入量（1 歳魚）の関係

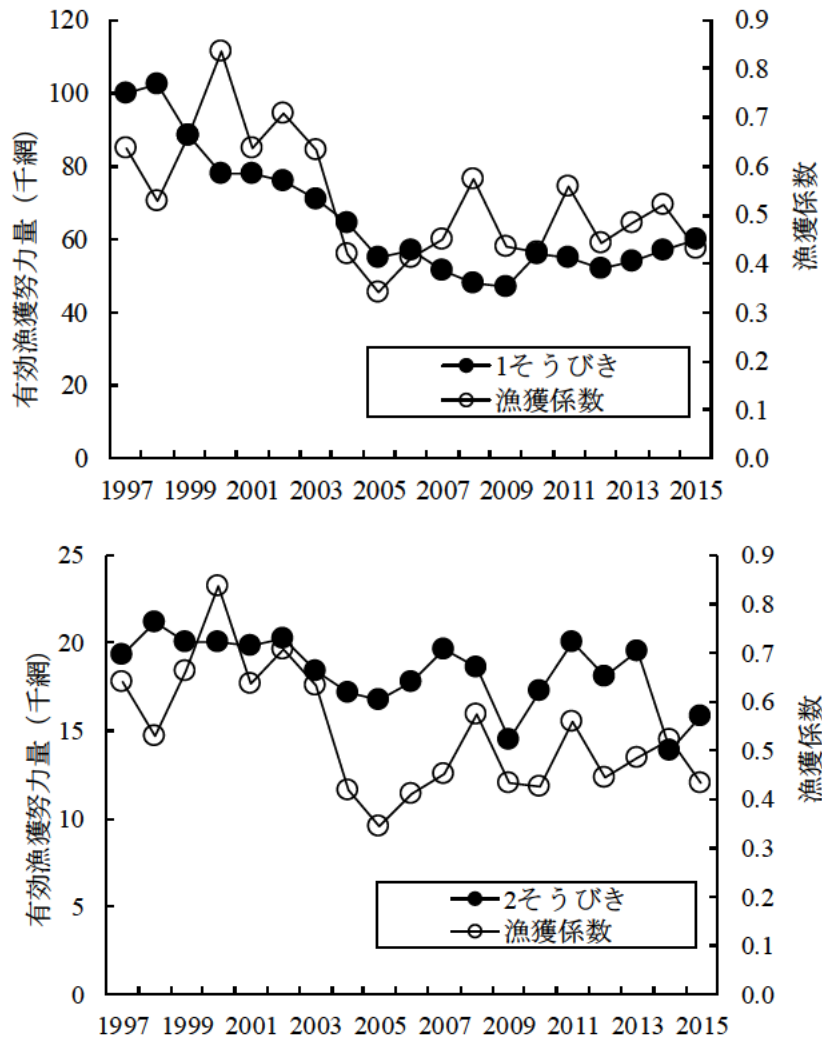


図 12. 漁獲係数と有効漁獲努力量の推移
1 そうびき沖底（上図）、2 そうびき沖底（下図）。

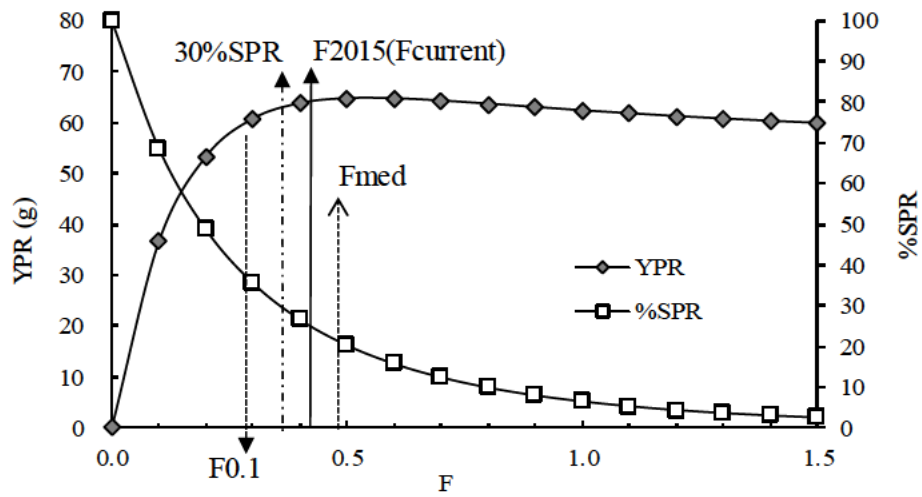


図 13. %SPR、YPR と F の関係

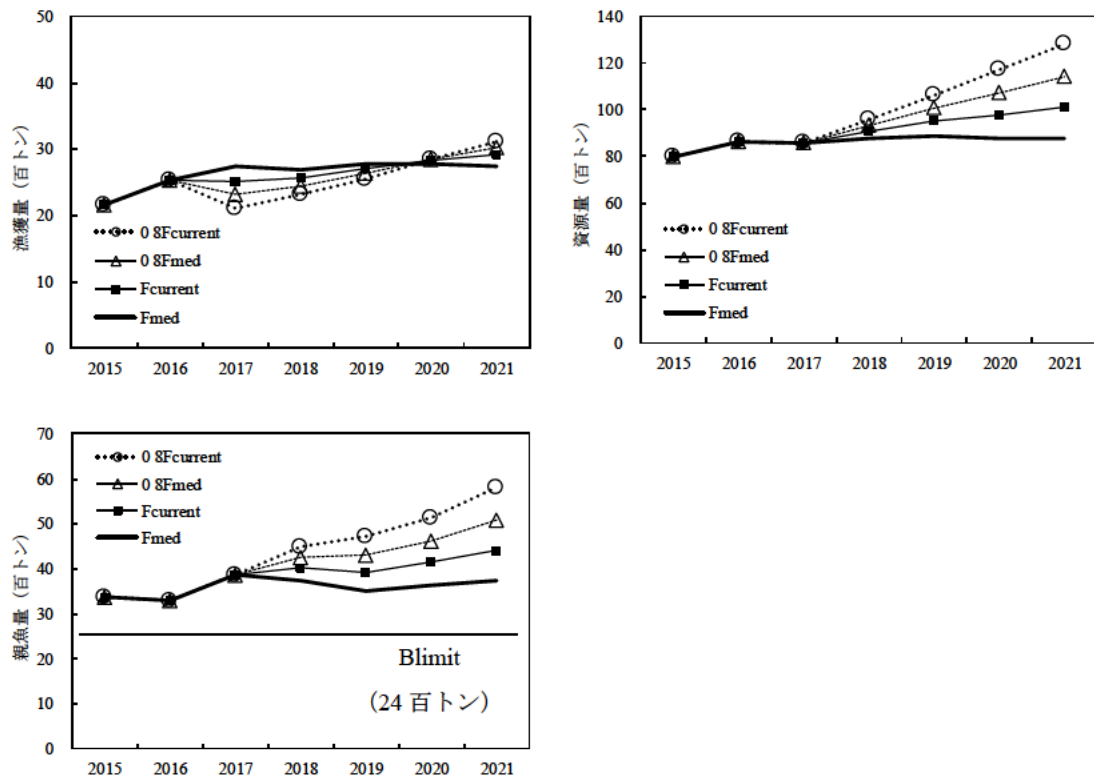


図 14. 様々な F による漁獲量（上左図）、資源量（上右図）、親魚量（下図）の予測

表 1. ソウハチ日本海系群の漁業種類別漁獲量（単位：トン）

年	2そうびき沖底		1そう沖底	小型底	計
	浜田以西	浜田以東	日本海西部	びき網	
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
2014	518	15	1,377	905	2,815
2015	376	17	993	773	2,159

表 2. ソウハチ日本海系群の有効漁獲努力量及び資源密度指数

年	有効努力量（網）		資源密度指数(kg/網)		
	1そうびき沖底	2そうびき沖底	1そうびき沖底	2そうびき沖底	1そう、2そうびき 加重平均
1970	37,362	30,962	23.7	51.4	30.6
1971	38,391	35,038	33.8	43.9	36.3
1972	33,536	32,693	44.2	48.4	45.2
1973	35,587	38,651	40.6	26.6	37.1
1974	51,273	32,913	51.2	58.0	52.9
1975	34,062	32,980	49.6	51.7	50.1
1976	33,733	38,645	35.2	30.5	34.1
1977	32,626	36,003	46.2	18.9	39.4
1978	45,322	40,638	46.5	46.1	46.4
1979	52,024	45,525	35.5	32.2	34.7
1980	61,736	42,795	36.1	36.8	36.3
1981	75,411	39,101	35.4	43.7	37.5
1982	60,918	44,464	31.1	26.9	30.0
1983	55,400	42,964	28.2	35.2	30.0
1984	83,312	46,122	20.6	23.4	21.3
1985	84,653	44,851	21.7	21.2	21.6
1986	104,025	33,058	20.7	34.0	24.0
1987	106,285	41,646	18.0	21.7	18.9
1988	93,127	34,976	12.7	19.2	14.3
1989	114,094	37,431	19.7	24.8	21.0
1990	102,144	41,378	22.2	28.2	23.7
1991	107,221	34,889	23.1	39.7	27.2
1992	118,035	31,546	22.1	33.7	25.0
1993	109,717	28,368	25.4	30.7	26.7
1994	101,070	25,957	18.5	24.0	19.9
1995	98,061	21,648	22.0	31.7	24.4
1996	103,441	20,633	26.6	32.0	27.9
1997	100,130	19,343	26.3	40.2	29.8
1998	102,367	21,210	21.0	26.0	22.3
1999	88,159	20,040	33.9	35.0	34.2
2000	78,092	20,014	36.1	28.0	34.1
2001	77,794	19,827	22.1	22.0	22.1
2002	76,044	20,250	24.7	22.0	24.1
2003	70,750	18,431	18.6	14.6	17.6
2004	64,666	17,198	14.0	9.3	12.8
2005	54,982	16,750	18.7	11.6	16.9
2006	57,180	17,791	22.4	18.0	21.3
2007	51,523	19,605	29.4	33.3	30.4
2008	48,017	18,579	34.7	37.7	35.4
2009	46,949	14,472	19.7	31.3	22.6
2010	55,770	17,275	20.8	25.3	21.9
2011	55,172	20,020	24.2	25.9	24.6
2012	52,071	18,083	19.0	31.4	22.1
2013	54,057	19,508	21.7	30.6	24.0
2014	56,736	13,855	24.3	37.4	27.5
2015	59,875	15,846	16.6	23.7	18.4

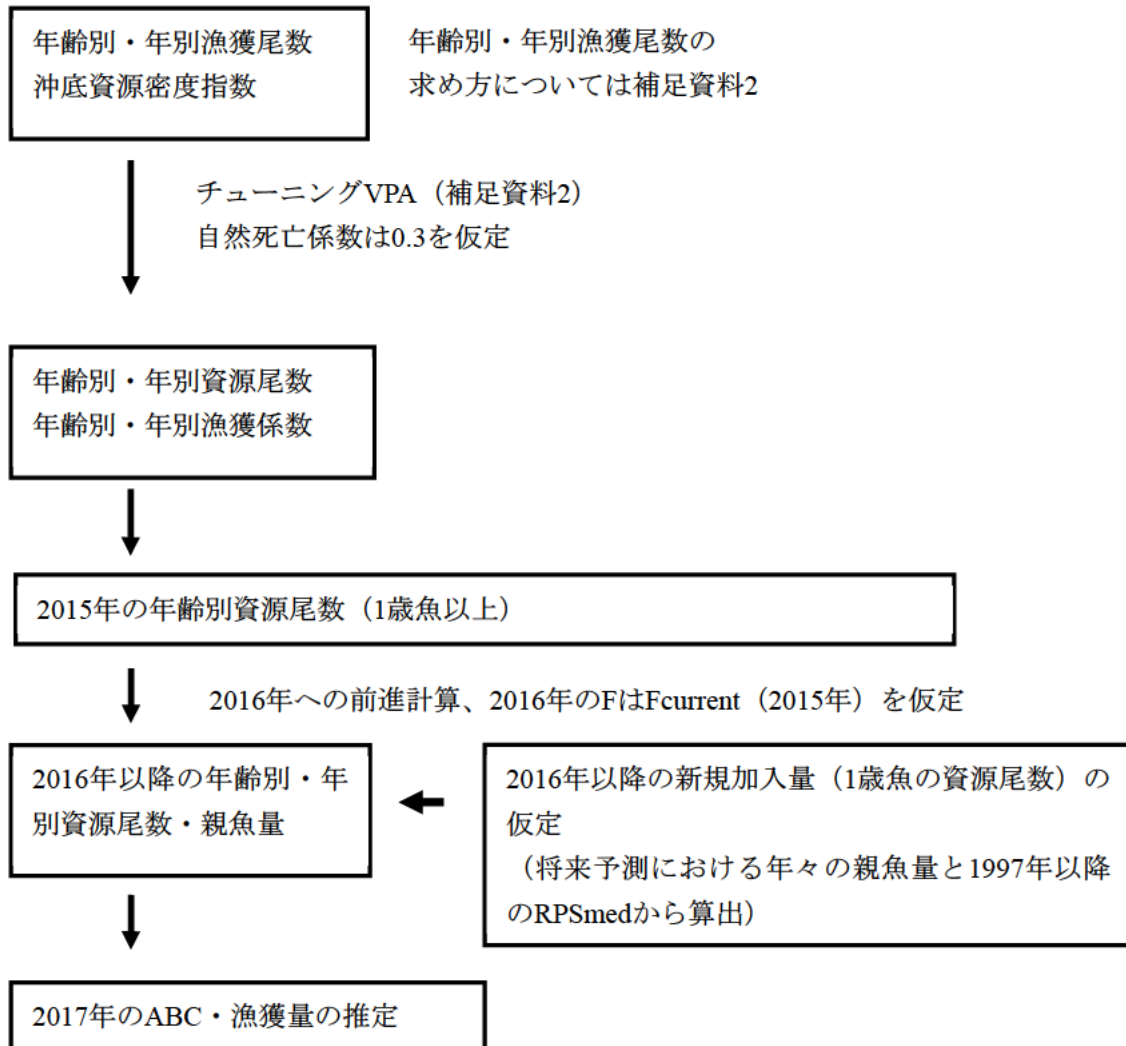
資源密度指数の加重平均は、2 そうびき沖底に対して 1 そうびき沖底に 3 倍の重みを持たせて算出した。

表 3. ソウハチ日本海系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	1歳加入尾数 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1997	4,253	12,568	4,526	85,198	34	18.82
1998	3,883	13,455	4,336	61,537	29	14.19
1999	5,460	13,750	5,151	57,558	40	11.17
2000	4,996	11,243	5,175	62,022	44	11.98
2001	3,108	8,974	3,346	27,620	35	8.25
2002	3,308	7,583	3,177	24,440	44	7.69
2003	2,397	6,014	3,327	42,473	40	12.76
2004	1,429	5,773	2,424	49,407	25	20.38
2005	1,738	7,715	2,491	64,443	23	25.87
2006	2,424	8,911	3,627	56,418	27	15.55
2007	3,443	11,541	4,564	36,113	30	7.91
2008	4,036	10,483	4,991	37,901	39	7.59
2009	2,531	8,514	4,578	53,449	30	11.68
2010	2,672	9,584	4,410	50,779	28	11.51
2011	3,483	9,788	4,106	48,447	36	11.80
2012	2,713	8,978	3,920	36,556	30	9.33
2013	3,032	9,122	4,343	31,788	33	7.32
2014	2,815	8,294	4,054	47,330	34	11.68
2015	2,159	7,994	3,367	-	27	-

1歳加入尾数：対象年に発生し、1歳時における尾数。

補足資料1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

年齢別漁獲尾数の推定

- 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。具体的には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を使用している。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）と島根県が主体となる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別漁獲尾数は、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。

コホート計算

年齢別資源尾数の計算にはPopeの式を用い(Pope 1972)、年齢別年別資源尾数を求めた。

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

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（ $M=2.5 \div \text{最高年齢 } 8 \text{ 歳} \approx 0.3$ ）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。

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

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、直近3年(2012～2014年)の2、3歳の各Fの平均値を求め(2014年度までは、2001～最近年-1年を使用)、3歳の平均Fに対する2歳の平均Fの比率を下記で推定される最近年の3歳のFに乗じて計算した。2005年以降、2、3歳のF値が比較的安定していること(補足資料4)、他魚種で使用されているFの参照年(過去3年)に準拠することが変更の理由である。

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15年間(2001～2015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(2015年)の3歳魚のFを求めた。最近15年間における漁獲量は、1そうびきが2そうびきの約3倍であるため、1そうびき沖底の残差平方和に3倍の重みを付けた。

$$\text{最小 } 3 \sum_{y=2001}^{2015} \{\ln(q_1 B_y) - \ln(I_{1,y})\}^2 + \sum_{y=2001}^{2015} \{\ln(q_2 B_y) - \ln(I_{2,y})\}^2 \quad (6)$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=2001}^{2015} I_{1,y}}{\prod_{y=2001}^{2015} B_y} \right)^{\frac{1}{15}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=2001}^{2015} I_{2,y}}{\prod_{y=2001}^{2015} B_y} \right)^{\frac{1}{15}} \quad (7)$$

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補足資料4に示す。

加入量は1歳魚の資源尾数とし、最近年の加入量は、1997～2013年のRPSmedに2014年の親魚量の値を乗じて推定した。最近年の1歳魚のFは(5)式により推定した。

漁獲量(ABC含む)予測の方法

漁獲量はコホート解析でPopeの近似式を使用したことから、

$$C_{a,y} = N_{a,y} \{1 - \exp(-F_{a,y})\} \exp(-M/2) \quad (8)$$

により計算した。

2016年以降における2歳魚以上の資源尾数は2015年における資源尾数を初期値とし各年各年齢の漁獲係数、 M をもとに

$$N_{a+,y+1} = N_{a,y} \exp(-F_{a,y} - M) \quad (9)$$

により計算した。また2016年以降における1歳魚の資源尾数は前年の親魚量にRPSmedを乗じて推定した。2016年初めの資源量は2016年も2015年と同じ漁獲圧(F_{current})をかけたものとみなし、また、2017年以降の資源量は F_{limit} 等の管理シナリオに沿った漁獲圧をかけたものとして計算した。

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.

補足資料3 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（近年ではアカムツ等）が最重要魚種であるので、資源密度指数をソウハチの資源量の指標値として用いた。

補足資料４ コホート解析結果の詳細

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	2014	2015
1歳	5 3	7 7	7 9	6 2	7 3	3 9	1 7	2 5	4 3	5 2	4 9	4 0	0 9	5 4	7 6	7 4	2 5	2 2	2 8
2歳	21 3	19 0	28 1	18 8	13 7	21 0	7 0	3 8	8 9	12 1	17 6	15 9	8 5	9 7	16 2	11 2	13 8	9 7	8 3
3歳	9 4	7 6	11 9	10 6	6 5	7 8	5 8	2 8	2 7	4 7	4 9	7 6	5 3	3 5	4 8	4 2	4 8	4 3	3 6
4歳以上	4 3	3 9	4 3	6 6	3 3	2 8	3 5	2 2	1 4	2 3	3 3	4 6	3 6	3 4	3 5	2 8	3 2	4 2	2 6
計	40 4	38 1	52 1	42 3	30 9	35 4	17 9	11 2	17 3	24 3	30 8	32 1	18 4	22 0	32 2	25 6	24 2	20 4	17 2

年齢別漁獲重量（トン）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	278	427	444	299	327	211	81	113	233	209	277	188	45	280	390	350	126	130	146
2歳	1,714	1,491	2,551	1,595	1,049	1,536	613	318	780	999	1,553	1,610	753	861	1,430	1,002	1,359	933	815
3歳	1,251	999	1,518	1,442	860	909	828	384	351	632	678	1,077	721	491	668	589	689	617	525
4歳以上	1,010	965	948	1,659	872	652	874	614	374	585	935	1,161	1,012	1,041	994	773	858	1,135	673
計	4,253	3,883	5,460	4,996	3,108	3,308	2,397	1,429	1,738	2,424	3,443	4,036	2,531	2,672	3,483	2,713	3,032	2,815	2,159

年齢別漁獲係数

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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	0.19	0.20	0.08	0.09	0.07
2歳	0.74	0.50	0.86	0.83	0.56	0.96	0.64	0.30	0.43	0.56	0.64	0.68	0.55	0.54	0.77	0.54	0.78	0.60	0.59
3歳	0.87	0.75	0.81	1.19	0.92	0.85	0.90	0.65	0.41	0.49	0.53	0.74	0.58	0.52	0.64	0.52	0.53	0.70	0.53
4歳以上	0.87	0.75	0.81	1.19	0.92	0.85	0.90	0.65	0.41	0.49	0.53	0.74	0.58	0.52	0.64	0.52	0.53	0.70	0.53
単純平均	0.64	0.53	0.66	0.84	0.64	0.71	0.63	0.42	0.34	0.41	0.45	0.57	0.43	0.42	0.56	0.44	0.48	0.52	0.43

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	2014	2015
1歳	81	85	62	58	62	28	24	42	49	64	56	36	38	53	51	48	37	32	47
2歳	47	56	57	39	37	40	17	17	29	33	43	38	23	27	35	31	30	25	22
3歳	19	17	25	18	13	16	11	7	9	14	14	17	14	10	12	12	13	10	10
4歳以上	9	9	9	11	6	6	7	5	5	7	9	10	10	10	9	8	9	10	7
計	156	166	152	125	118	89	60	71	93	118	123	101	85	101	106	100	88	76	86

年齢別資源重量（トン）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	4,226	4,749	3,471	2,777	2,774	1,507	1,180	1,936	2,655	2,560	3,160	1,690	1,866	2,761	2,592	2,283	1,873	1,846	2,501
2歳	3,815	4,371	5,127	3,291	2,854	2,899	1,506	1,413	2,569	2,725	3,817	3,802	2,070	2,414	3,090	2,775	2,906	2,394	2,126
3歳	2,504	2,206	3,171	2,407	1,662	1,850	1,619	933	1,207	1,884	1,918	2,403	1,905	1,412	1,650	1,695	1,935	1,427	1,475
4歳以上	2,023	2,130	1,981	2,768	1,684	1,327	1,709	1,491	1,284	1,743	2,646	2,589	2,673	2,998	2,455	2,225	2,408	2,627	1,891
計	12,568	13,455	13,750	11,243	8,974	7,583	6,014	5,773	7,715	8,911	11,541	10,483	8,514	9,584	9,788	8,978	9,122	8,294	7,994

年齢別親魚量（トン）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	2,504	2,206	3,171	2,407	1,662	1,850	1,619	933	1,207	1,884	1,918	2,403	1,905	1,412	1,650	1,695	1,935	1,427	1,475
4歳以上	2,023	2,130	1,981	2,768	1,684	1,327	1,709	1,491	1,284	1,743	2,646	2,589	2,673	2,998	2,455	2,225	2,408	2,627	1,891
計	4,526	4,336	5,151	5,175	3,346	3,177	3,327	2,424	2,491	3,627	4,564	4,991	4,578	4,410	4,106	3,920	4,343	4,054	3,367

年齢別平均体重（g）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1歳	52	56	56	48	45	55	48	46	54	40	56	47	49	52	51	47	51	58	53
2歳	80	79	91	85	77	73	88	85	88	83	88	101	89	88	88	89	98	96	98
3歳	133	131	128	136	132	117	143	139	132	134	137	142	135	142	139	142	145	143	146
4歳以上	232	249	223	250	260	236	251	274	274	258	281	253	278	304	280	275	272	273	261