

平成 18 年ソウハチ日本海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（塚本洋一、檜山義明）

参画機関：日本海区水産研究所、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

底びき網漁業の漁獲動向とコホート解析による資源計算値から、ソウハチ資源の現状を検討した。日本海西部海域のソウハチ資源は、1990 年代に漸増して 1999 年には近年の高水準にあったが、2000 年以降に著しく減少した。この減少は、1999 年以降の加入量（1 歳時）水準の低下によると考えられる。加入量は、2002～2003 年に著しく低下したが、2004～2005 年にはやや回復した模様である。漁獲圧は漸減傾向にあるが、資源が近年の最低水準にあって、強い漁獲圧のもとではさらに減少する可能性があることから、漁獲圧を下げることを望ましい。再生産成功率（加入量÷親魚量）が近年 10 年間（1995～2004 年）の中央値で継続した場合に、親魚量の緩やかな増加が期待できる漁獲量を ABClimit、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量を ABCtarget とした。

	2007 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	15 百トン	$0.7 F_{\text{current}}$	0.36	30%
ABCtarget	12 百トン	$0.8 \cdot 0.7 F_{\text{current}}$	0.28	25%

漁獲割合は ABC／資源量。F_{current} は 2005 年の F。F 値は各年齢の単純平均。

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F 値	漁獲割合
2004	4,600	1,510	0.41	33%
2005	4,900	1,742	0.51	36%
2006	4,900	—	—	—

2006 年の資源量は加入量を仮定した値である。

水準：低位 動向：減少

1. まえがき

ソウハチは山陰沖における 1 そうびき及び 2 そうびき沖合底びき網（以下沖底）、小型底びき網（以下小底）の重要対象種の 1 つで、近年では、ムシガレイやヤナギムシガレイの漁獲の減少にともない、その重要度は増している。

2. 生態

(1) 分布・回遊

ソウハチは千島、樺太から常磐沖までの太平洋岸と日本海のほぼ全域と黄海に分布し、120～200m 深に多く生息する（渡辺 1956）。日本海西部におけるソウハチの分布を図 1 に示した。

着底期の幼魚の分布に関する知見は少ないが、調査船調査により島根県沖の水深 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。成長は雌の方がはやく、寿命は雌が長い(図 2、石川県ほか 1994)。

(3) 成熟・産卵生態

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 とした(図 3)。

(4) 被捕食関係

食性についてみると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)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

ソウハチは日本海西部海域において、1 そうびき及び 2 そうびき沖底、小底などの底びき網漁業や刺網、釣・はえ縄等で漁獲されているが、漁獲の大半は底びき網漁業によるものである。1 そうびきの漁場は島根県沖の海域が中心で、2 そうびきは対馬周辺海域から島根県沖が漁場となっている。1988 年以前では、1 そうびき及び 2 そうびき沖底の漁獲が底びき網漁業による漁獲の 80～90%を占め、残りが小底によるものであった。1988 年以降は沖底の漁船数が盛期の 50～70%に減少したこともあり、近年は小底による漁獲割合が若干高くなっている。本報告では、日本海西部海域で操業する沖底と小底の漁獲量のみについて資源計算を行い、ABC を算定する。

(2) 漁獲量の推移

漁獲量は数年に渡る増減傾向を持って推移しており、1999 年に 5 千トンを超える最高値を示した後、著しい減少傾向が続いている。2004 年には 1979 年以降最低の 15 百トンまで減少し、2005 年もほぼ同水準の 17 百トンであった(図 4、表 1)。

1 そうびき沖底の漁獲量は、1983 年以降に漸増し、1999 年の漁獲量は 3 千トンで過去最高となった。しかし、2001～2003 年は 2 千トンを下回り、2004 年には 906 トンと過去最低となった。2005 年も同水準の 1,026 トンであった。

2 そうびき沖底の漁獲量は、1981 年を頂点に増減を繰り返しつつ、徐々に減少してきた。1993 年以降は千トンを上回る漁獲はみられず、2004 年に過去最低の 162 トンに減少し、1 そうびきよりも減少傾向が顕著である。2005 年も 194 トンと前年と同水準に留まった。

小底の漁獲量は 1990 年代に増加し、1999 年には 17 百トンで過最高となったが、2001

～2005 年は千トン以下に減少した。

ソウハチは韓国水域にも分布し、韓国の農林統計ではカレイ類にまとめられている。日本の EEZ 内において、韓国漁船により 2004 年に 912 トン、2005 年に 692 トンのカレイ類が漁獲されているが、そのうちソウハチがどの程度を占めるかは明らかにされていない。日本海の沖合底びき網漁業（1 そうびき）で漁獲された 1991 年カレイ類の内訳（石川県ほか 1994）によると、ソウハチが 52%を占めることから、毎年数百トンが韓国漁船に漁獲されていると推定される。

（3）漁獲努力量の推移

1 そうびき沖底のソウハチに対する有効努力量は、1984 年以降 95 千～130 千網前後と比較的安定して推移していたが、1999～2004 年は減少傾向にあり、2004 年以降は 60 千網を下回っている（図 5）。一方、2 そうびき沖底の有効努力量は、1990 年まで 36 千～51 千網で推移していたが、それ以降は減少傾向が続き、1993 年以降は 30 千網を下回り、2003 年以降は 20 千網を下回っている（図 5）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

漁獲量、漁獲努力量等の情報を収集し、漁獲物の生物測定結果とあわせて年齢別の漁獲尾数による資源解析を行った。

（2）資源量指標値の推移

沖底が漁獲したソウハチの資源量指数（月別漁区別 1 網当たり漁獲量の総和）は、1 そうびき、2 そうびきともに 1989 年までは同水準で減少を続けた（図 6）。その後 1 そうびきは 2000 年まで増加傾向を示し、2 そうびきは 1999 年まで同水準で変動したが、2000～2005 年にはともに減少した。

資源密度指数（月別漁区別 1 網当たり漁獲量の平均）は、資源量指数と概ね同様の経年変動傾向を示している（図 7）。1 そうびき、2 そうびきともに、2000～2004 年に著しい減少傾向を示し、2005 年にはやや増加した。

（3）漁獲物の年齢組成

1993～2005 年の年齢別漁獲尾数を推定した（図 8、表 2、補足資料）。小型底びき網漁業の漁獲物調査を行っていないので、沖合底びき網漁業と同じと仮定している。毎年、2～3 歳魚を主体に漁獲されている。2005 年は 2003～2004 年に比べて 1～2 歳魚が若干増加した。

（4）資源量の推移

年齢別漁獲尾数により計算された（コホート計算）資源量を図 9 に示す（補足資料）。資源計算は 1 歳魚以上について行っているため、資源量は 0 歳魚を含まない漁獲対象資源を表す。

資源量は 1993 年の 94 百トンから 1999 年の 13 千トンに増加した後、減少傾向を示し、2004 年には 46 百トンにまで落ち込んだ。2005 年の資源量は 2004 年と同程度の 49 百トン

であった。

加入量（資源計算の 1 歳魚資源尾数）は 1993～1998 年には高い水準にあったが、1999～2001 年にやや低下し、2002～2003 年には著しく低くなった（図 10）。2004～2005 年は 2002～2003 年に比べてやや高い加入があったと考えられる。

親魚量は 1993～1999 年に増加した後、減少が続いている（図 10）。親魚量と加入量の関係は、バラツキが大きく明瞭な関係は認められない（図 11）。近年は、親魚量、加入量ともに低い水準にある。

再生産成功率（加入量÷親魚量）は、（親魚量と産卵量に比例関係があるとして）、発生初期の生き残りの良さの指標値になると考えられる。ある年（N 年）の加入量（1 歳魚）を前年の親魚量で除した値を（N 年の）再生産成功率として図 12 に示す。再生産成功率は 2003 年まで減少を続けたが、2004～2005 年には増加した。

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見るために、M を変化させた場合の 2005 年の資源量、親魚量、加入量を図 13 に示す。M が大きくなると、いずれも大きくなる。

（5）資源の水準・動向の判断

1979 年以降の底びき網の資源量指数、資源密度指数と 1993 年以降の資源量計算値は、いずれも 2004～2005 年に最低水準値を示しており、資源水準は低位と判断する。2004～2005 年の加入量（1 歳魚）は 2002～2003 年よりやや大きいと見られるものの、2001～2005 年の資源量指数、資源密度指数及び資源量は減少傾向を示しているので、資源動向を減少と判断する。

5. 資源管理の方策

（1）資源と漁獲の関係

漁獲係数 F（各年齢の F の単純平均）は、2000～2005 年に若干減少傾向が見られる（図 14）。2000 年以降の資源の減少は加入量の減少により、加入量の減少は、再生産成功率が顕著な減少傾向を示していることから、環境の影響が大きいと考えられる。しかし、2000 年前後には 2 歳以上に強い漁獲圧がかけられていて、加入量の水準が低下した資源を急速に減少させたと推察される。

2002～2003 年に極めて低かった加入量は 2004～2005 年にはやや回復した模様であるが、2001 年以前の水準には及ばないと考えられる。漁獲圧は漸減傾向にあるが、資源が近年の最低水準にあって、強い漁獲圧のもとではさらに減少する可能性があることから、若干漁獲圧を下げるのが望ましい。

年齢別選択率を一定（2005 年）として F を変化させた場合の、加入量当り漁獲量（YPR）と加入当り親魚量（SPR）を図 15 に示す。現在の F（F_{current}）は F_{max} と同程度である。

（2）資源と海洋環境の関係

ソウハチの資源変動と環境要因に関する報告は過去にみられない。本種の生息域である日本海西部海域底層は、対馬暖流と日本海固有水が接する海域であり、それらの変動に伴う水温環境の変動が大きく、ソウハチの着底から幼魚期の生残に影響を及ぼしている可能

性がある。

過去の夏季の当歳魚の加入量調査から、ソウハチ幼魚が日本海山口県沖から島根県沖の水深 140～160m に分布することが明らかにされている。産卵から幼魚期に至る 4～6 月の島根県沖の 150m 層水温と再生産成功率の相関関係を調べたところ、4、5 月の水温と再生産成功率の間に有意な関係が認められた（図 16、 $n=9$ 、1996～2004 年、 $r=0.76$ 、 $p<0.05$ ）。ソウハチの産卵から稚仔期の生残に水温が直接的もしくは間接的に関わっている可能性がある。

6. 2007 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源は 1993～1999 年には増加傾向にあったが、2000 年以降に減少し、2004～2005 年には低い水準にある。漁獲圧は漸減傾向にあるが、資源が近年の最低水準にあって、強い漁獲圧のもとではさらに減少する可能性があることから、若干漁獲圧を下げることを望ましい。

(2) ABC の算定

資源計算を行ったが、資源回復の水準である B_{limit} 等を定めるためにはさらに検討が必要であると判断し、ABC 算定規則 1-3) を使用する。資源の水準は低位であり、1-3- (3) に相当する。ABC を算定するための漁獲係数 F を以下によって定める。

$$F_{limit} = (\text{基準値か現状の } F) \times \beta 2$$

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

現状の F を 2005 年の F とし、これをもとに F_{limit} を検討する。

ABC の算定及び「(3) 漁獲圧と資源動向」の計算には、以下の仮定を置いた。2006 年は、2005 年と同じ F で漁獲される。2007 年以降の年齢別選択率は 2005 年と同じ（4 歳以上の F を 1 とすると、1 歳＝0.10、2 歳＝0.62、3 歳＝1）。2006 年以降の再生産成功率は過去 10 年の中央値（1995～2004 年）で一定（0.011 尾/g）。2006 年の漁獲量は 19 百トン。

これらの仮定のもとでは、次の「漁獲圧と資源動向」で見るように、現状の F は親魚量を維持する F (F_{sus}) よりも若干高い程度である。現状の F を 30% 程度下げれば、加入尾数が 2004～2005 年水準より下がるのに伴って減少する親魚量が、2011 年には回復する計算になる。

再生産成功率は 2003 年までの減少傾向が著しく、2004～2005 年（1 歳魚に対して）にはやや回復したと見られるものの、今後の傾向を想定しにくい。2004～2005 年加入量の大きさについての評価は定まっておらず、2006 年以降の加入量によって資源動向は大きく変化する。資源動向を注視しつつ、近年の最低漁獲量である 2004 年と同程度の漁獲量水準に留めることが妥当であろう。現状の F を 30% 減じた F で予想される 2007 年漁獲量は 15 百トンで、2004 年と同程度である。 $0.7F_{current}$ を F_{limit} として提案する。

また、 F_{target} を設定するための安全率 α は、ソウハチ資源の減少傾向や資源計算の不確かさから低い値とすることも考えられるが、近年は F が減少傾向にあって、2004～2005

年の加入量がやや回復したと見られることから、標準値の 0.8 とする。

	2007 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	15 百トン	0.7 F _{current}	0.36	30%
ABC _{target}	12 百トン	0.8 ・ 0.7 F _{current}	0.28	25%

漁獲割合は ABC／資源量。F_{current} は 2005 年の F。F 値は各年齢の単純平均。

(3) 漁獲圧と資源動向

ABC 算定と同じ仮定のもとで、現状の F（2005 年の F）を変化させた場合に、期待される漁獲量と親魚量を下表と図 17、18 に示す。

F	× F _{current}	漁獲量（トン）					親魚量（百トン）				
		2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
0.30	0.6	1,283	1,409	1,421	1,527	1,655	35	39	38	40	45
0.35	0.7	1,449	1,505	1,470	1,542	1,615	35	36	34	36	38
0.41	0.8 ≡ F _{sus}	1,605	1,576	1,495	1,532	1,549	35	34	30	32	33
0.46	0.9	1,750	1,627	1,501	1,504	1,468	35	32	27	28	28
0.51	1.0	1,885	1,661	1,495	1,464	1,378	35	30	25	25	25
0.56	1.1	2,012	1,682	1,479	1,416	1,285	35	28	22	23	21
0.61	1.2	2,130	1,690	1,456	1,363	1,191	35	26	20	21	19

(4) ABC の再評価

前年までの評価は資源の減少傾向を重くとらえ、ABC を低く算定していた。本年の評価では、2004～2005 年の加入がやや回復したと見られることから、資源の減少傾向が弱まったととらえたこと、及び資源動向を注視しつつ漁獲を継続するという観点から、高い回復目標を設定しなかったことによって、ABC の再評価値も大きな値となっている。

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	資源量 (トン)	ABC _{limit} (トン)	ABC _{target} (トン)	漁獲量 (トン)
2005 年（当初）	F _{30%}	-	500	400	-
2005 年(2005 年再評価)	F _{30%}	-	700	600	-
2005 年(2006 年再評価)	0.7 F _{current}	-	1,300	1,100	1,742
2006 年（当初）	F _{rec}	-	550	460	-
2006 年（再評価）	0.7 F _{current}	4,900	1,400	1,200	-

（前年までは資源量を一部漁獲対象のみについて計算していたので記載していない）

7. ABC 以外の管理方策の提言

年齢別漁獲尾数は、1～2 歳魚の割合が 55～86%と高く、商品価値の低い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）。また、商品サイズにならない小型個体が

投棄されている実態がある（石川県ほか 1994）。小型個体の保護策についても検討する必要がある。

8. 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底部会報，22，15－29.
- 花渕靖子・木下貴裕（1991）日本海西南海域におけるソウハチの成長（予報）．西日本底魚部会報，漁業資源研究会議，19，23-33.
- 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.
- 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

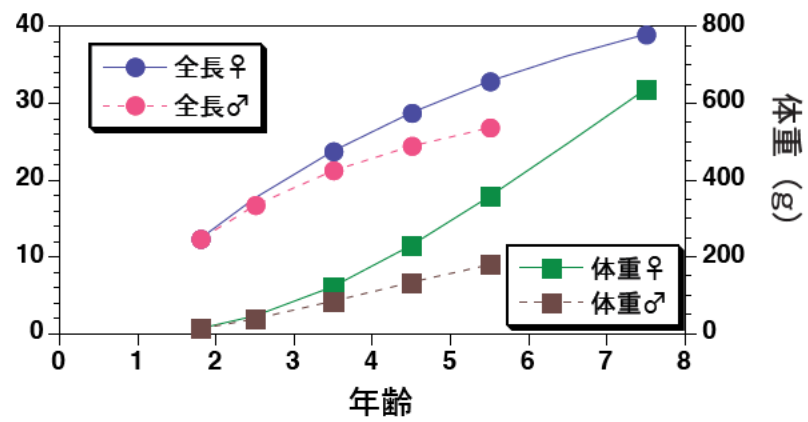


図2 年齢と成長

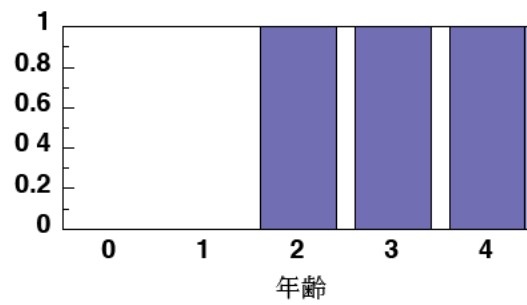


図3 年齢と成熟率

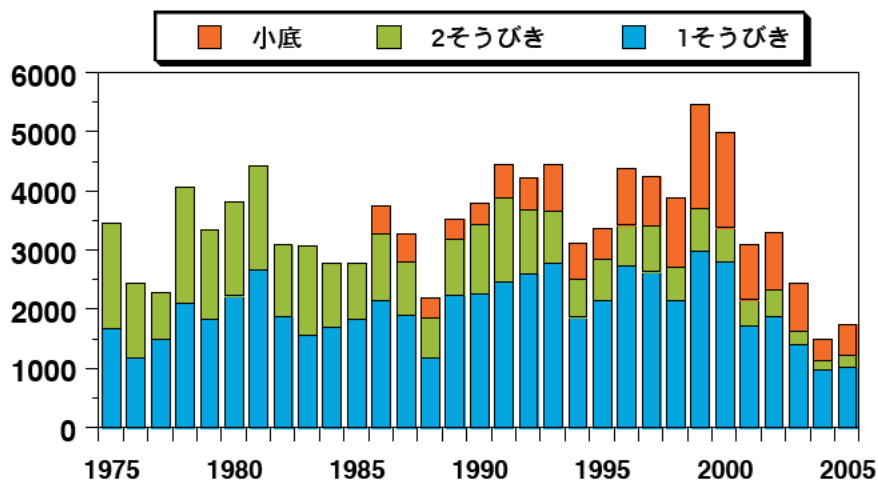


図4 漁獲量

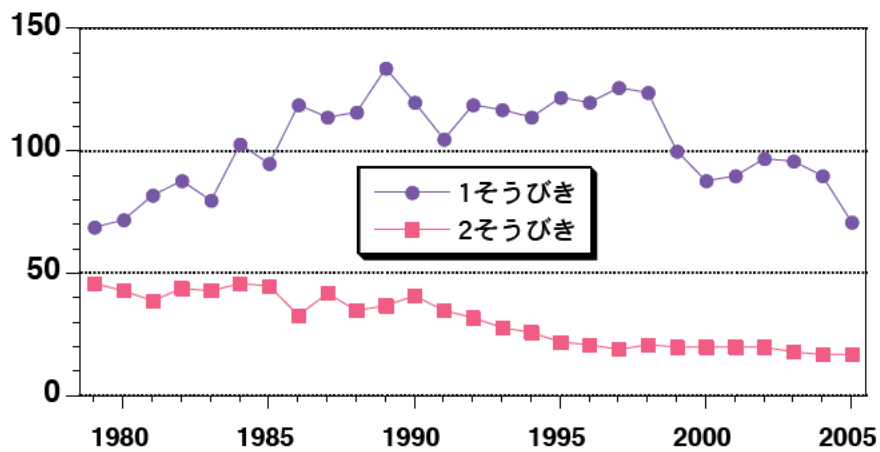


図5 沖合底びき網によるソウハチの有効努力量

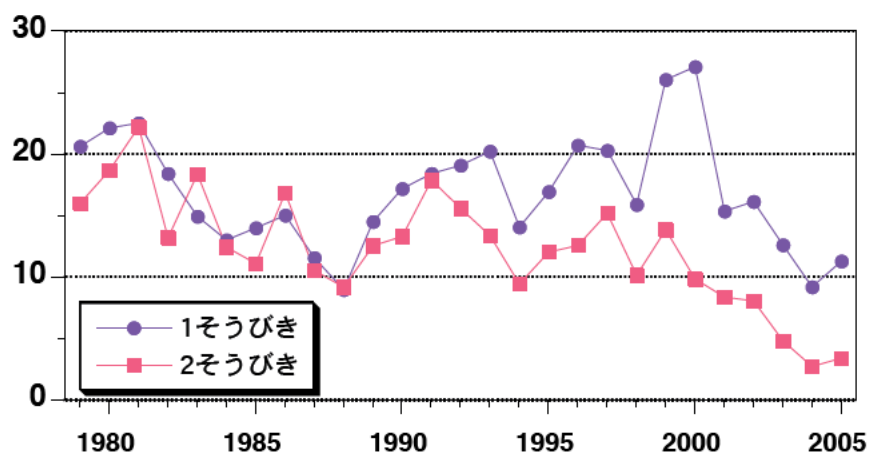


図6 沖合底びき網によるソウハチの資源量指数

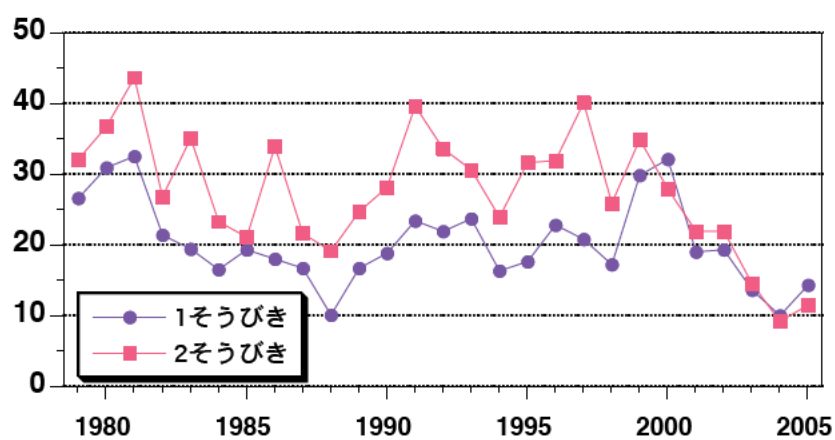


図7 沖合底びき網ソウハチの資源密度指数

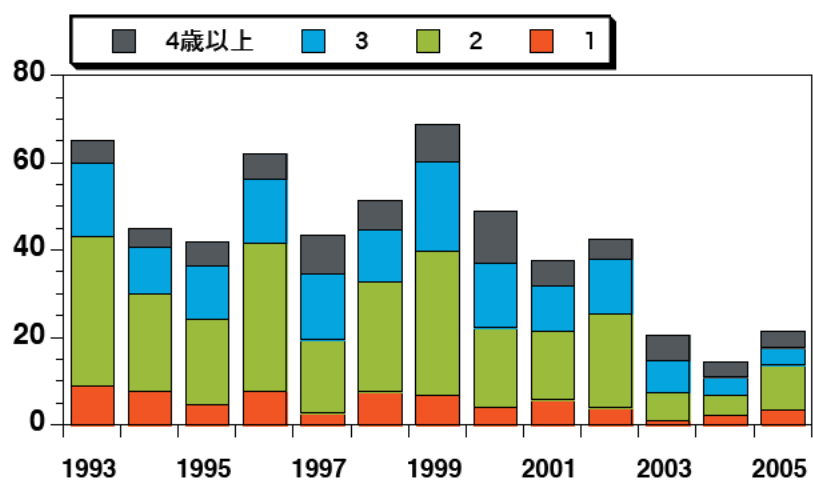


図8 年齢別漁獲尾数

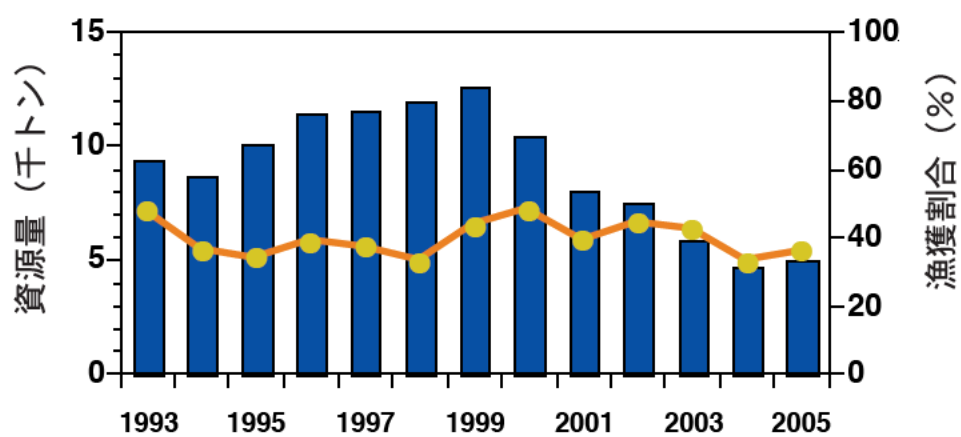


図9 資源量(棒グラフ)と漁獲割合(折線グラフ)

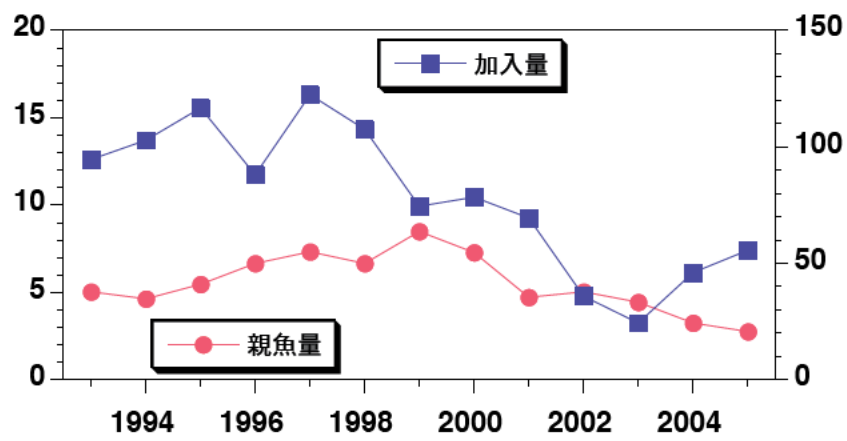


図 10 親魚量と加入量

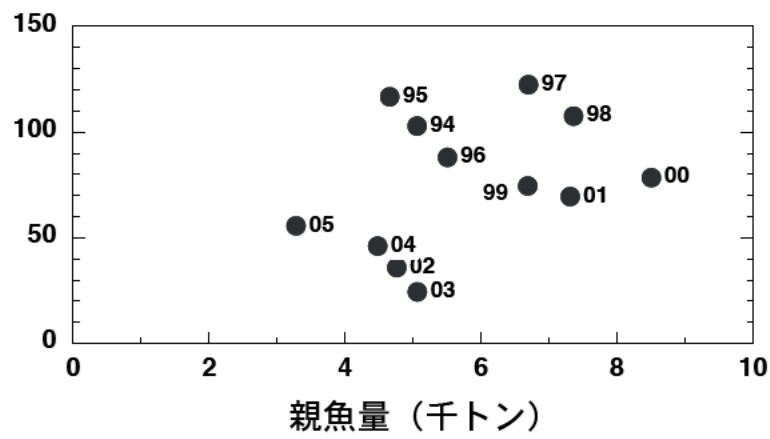


図 11 親魚量と加入量の関係 数字は 1 歳加入年を表す

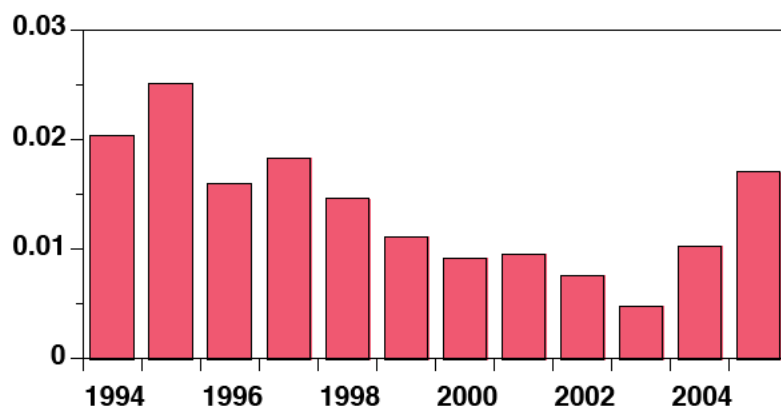


図 12 再生産成功率

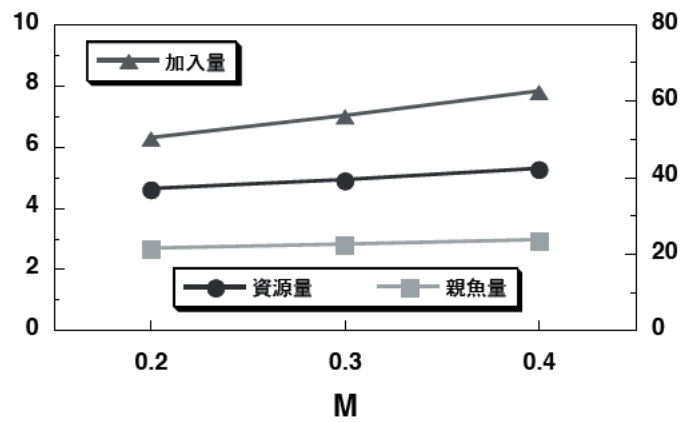


図 13 M と 2005 年の資源量、親魚量、加入量の関係

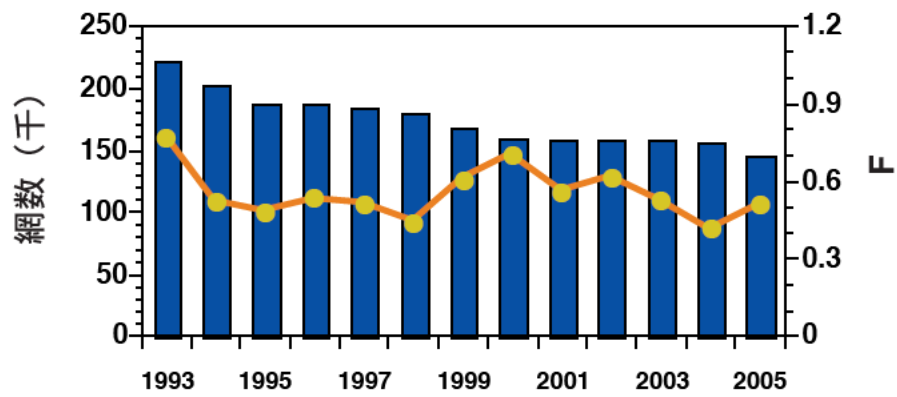


図 14 F (折線グラフ) と沖合底びき網の総網数 (棒グラフ)

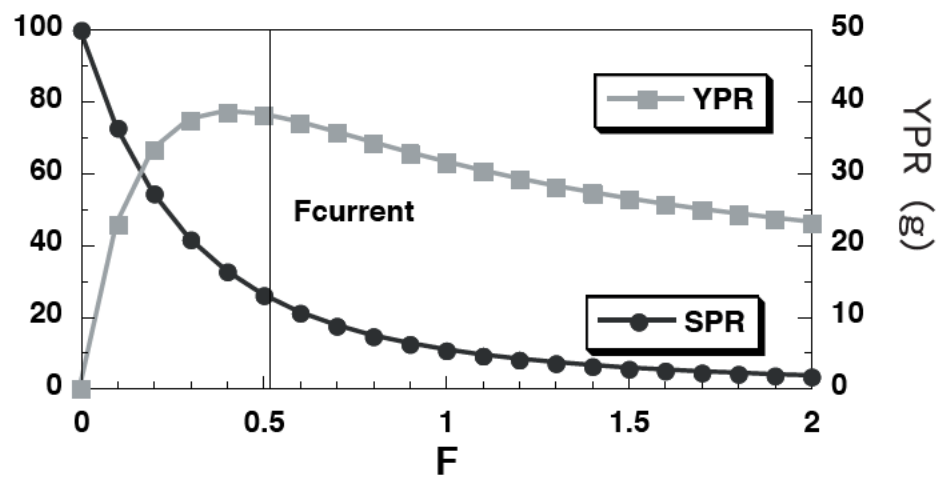


図 15 YPR と SPR

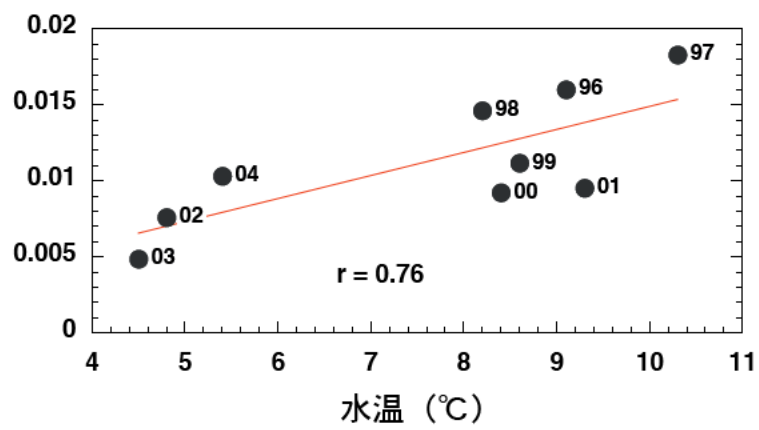


図 16 水温と再生産成功率の関係

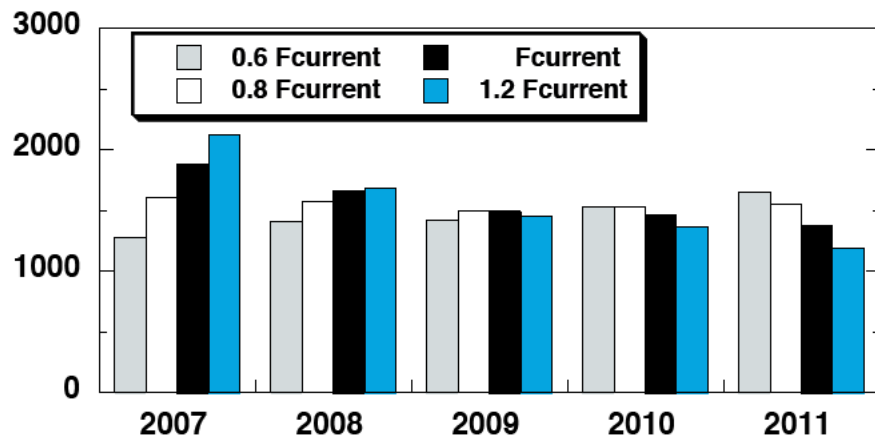


図 17 F による漁獲量の変化

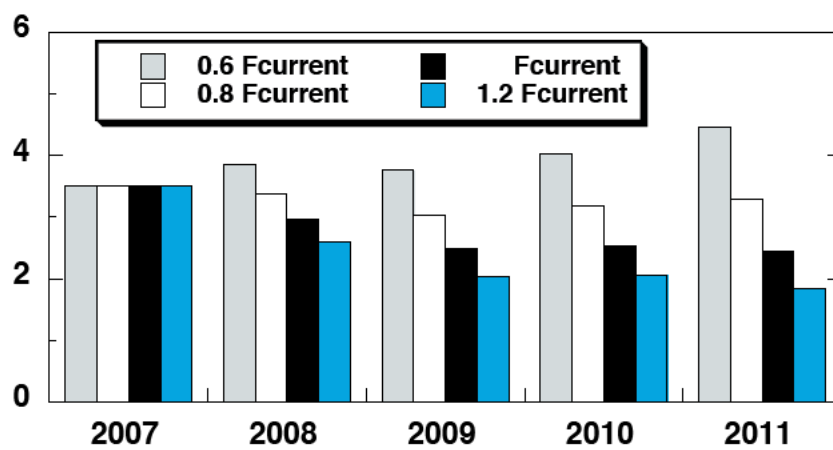


図 18 F による親魚量の変化

表 1 漁獲量

年	沖合底びき網		小型底びき網	計
	1 そうびき	2 そうびき		
1979	1,845	1,515		3,360
1980	2,231	1,591		3,822
1981	2,673	1,762		4,435
1982	1,892	1,201		3,094
1983	1,563	1,516		3,079
1984	1,713	1,084		2,797
1985	1,836	951		2,788
1986	2,153	1,130	480	3,763
1987	1,913	903	474	3,290
1988	1,181	675	351	2,206
1989	2,250	933	354	3,537
1990	2,266	1,174	372	3,812
1991	2,476	1,424	549	4,448
1992	2,614	1,083	537	4,234
1993	2,783	887	776	4,445
1994	1,872	643	599	3,114
1995	2,160	700	502	3,361
1996	2,753	676	946	4,375
1997	2,638	789	827	4,253
1998	2,149	570	1,164	3,883
1999	2,991	727	1,742	5,460
2000	2,818	568	1,610	4,996
2001	1,718	450	940	3,108
2002	1,880	456	972	3,308
2003	1,313	228	810	2,351
2004	906	162	361	1,429
2005	1,026	195	516	1,738

表 2 ソウハチ日本海系群のコホート計算

年\年齢	漁獲尾数 (十万尾)				漁獲重量 (十トン)			
	1	2	3	4+	1	2	3	4+
1993	90	344	166	52	12	145	173	115
1994	79	223	108	43	11	94	112	95
1995	48	196	121	54	6	83	127	120
1996	77	340	147	59	10	143	153	131
1997	27	169	151	87	4	71	158	193
1998	77	254	117	67	10	107	122	149
1999	70	330	204	83	9	139	213	185
2000	42	181	147	119	6	76	154	264
2001	58	158	104	58	8	67	108	128
2002	40	215	125	47	5	91	130	105
2003	10	67	77	61	1	28	80	135
2004	25	47	45	37	3	20	47	81
2005	36	102	40	38	5	43	41	85

年\年齢	漁獲係数 F				資源尾数 (十万尾)			
	1	2	3	4+	1	2	3	4+
1993	0.12	0.80	1.08	1.08	948	726	291	91
1994	0.09	0.54	0.73	0.73	1,030	625	242	96
1995	0.05	0.40	0.74	0.74	1,168	696	271	121
1996	0.11	0.65	0.68	0.68	882	824	347	139
1997	0.03	0.41	0.81	0.81	1,226	587	318	183
1998	0.09	0.40	0.64	0.64	1,077	885	289	166
1999	0.11	0.74	0.78	0.78	747	732	437	178
2000	0.06	0.56	1.09	1.09	786	493	258	208
2001	0.10	0.41	0.86	0.86	697	546	209	116
2002	0.14	0.77	0.77	0.77	361	466	269	102
2003	0.05	0.41	0.82	0.82	245	233	160	127
2004	0.07	0.38	0.60	0.60	462	173	115	94
2005	0.08	0.46	0.74	0.74	559	321	88	84

表 3 コホート計算結果

年	資源量 (十トン)	親魚量 (十トン)	加入量 (十万尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾／g)
1993	939	506	948	47	
1994	867	465	1,030	36	0.0204
1995	1,001	551	1,168	34	0.0251
1996	1,135	670	882	39	0.0160
1997	1,148	736	1,226	37	0.0183
1998	1,186	669	1,077	33	0.0146
1999	1,260	851	747	43	0.0112
2000	1,045	731	786	48	0.0092
2001	800	476	697	39	0.0095
2002	751	506	361	44	0.0076
2003	579	448	245	42	0.0048
2004	463	327	462	33	0.0103
2005	489	279	559	36	0.0171

補足資料

年齢別漁獲尾数

島根県水産試験場が 1990～1993 年に日本海西部海域に島根県の小型底びき網の漁獲物及び試験船より採集したソウハチ 4,606 個体の耳石から調べた年齢と全長の関係から 4～6 月、7～9 月、10～12 月、及び 1～3 月における全長及び体長階級別年齢組成（1cm 階級）を求めた（平成 17 年資源評価報告書）。

島根県浜田漁港における 2 そうびき沖合底びき網により水揚げされたソウハチの銘柄別全長組成（1997～2003 年）及び全長階級別年齢組成に基づいて、1～3 月、4～6 月、7～9 月、及び 10～12 月の年齢と体長の関係（18 銘柄の年齢組成）を整理した（平成 17 年資源評価報告書）。これらの関係により、浜田漁港の 1993～2005 年の銘柄別漁獲量（98 銘柄）を年齢別漁獲尾数に変換した。さらに、浜田漁港の年齢別漁獲尾数を使って、2 そうびき沖底全体の漁獲量を年齢別漁獲尾数に換算した。2005 年 1～3 月の 2 そうびき沖底の漁獲データが揃っていないことから 2004 年級の漁獲尾数については過去の比（4～3 月の浜田漁港水揚げ/3～12 月の浜田漁港水揚げ）に 3～12 月の 2 そうびき沖底の漁獲成績報告書の漁獲量を乗じて求めた。

1 そうびき沖底については鳥取県賀露港に水揚げされたソウハチの体長組成に島根県において作成された年齢と体長の関係を適用し、鳥取県の 1 そうびき沖底の年齢組成を求めた。さらに、鳥取県の年齢組成を使って、日本海西区の 1 そうびき沖底全体の漁獲量を年齢別漁獲尾数に換算した。

これらを足し合わせた年齢別漁獲尾数を使って、小底の漁獲量を含む全体の漁獲量を年齢別漁獲尾数に換算した。

沖合底びき網の漁獲量に占める割合が大きい兵庫県籍及び小型底びき網の漁獲物調査を行っていないので、今後検討する必要がある。

コホート計算

ソウハチの年齢別漁獲尾数を推定し、コホート計算によって 1993～2005 年の資源尾数を計算した。0 歳魚は漁獲されないので、1 歳魚以上の漁獲対象資源について計算した。資源量を計算するために使った各年齢の体重と、親魚量を計算するために使った各年齢の成熟率は下表のとおり。年齢 4+は 4 歳以上を表す。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 歳として求めた（ $M=2.5 \div \text{最高年齢 } 8 \text{ 歳} \div 0.3$ ）。

年齢	1	2	3	4+
体重 (g)	13	42	104	222
成熟率 (%)	0	0	100	100

年齢別資源尾数の計算には Pope の式を用い、最高年齢群 4 歳以上（4+）と 3 歳の各年の漁獲係数 F は等しいとした。

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

$$N_{4+,y+1} = N_{4+,y} \exp(-F_{4+,y} - M) + N_{3,y} \exp(-F_{3,y} - M) \quad (2)$$

$$C_{a,y} = N_{a,y} \exp(-\frac{M}{2})(1 - \exp(-F_{a,y})) \quad (3)$$

$$F_{4+,y} = F_{3,y} \quad (4)$$

ここで、N は資源尾数、C は漁獲尾数、a は年齢、y は年。

最近年（2005 年）の 3 歳の F を、沖合底びき網の資源密度指数の変動傾向（1993～2005 年）と、各年の資源量の変動傾向が最も合うように決めた。1 歳と 2 歳の F は 2005 年の年齢別選択率が過去 3 年平均（2002～2004 年）であるとして 3 歳の F から計算した。

1 そうびきと 2 そうびきの資源密度指数は、1998 年に大きく減少した後 1999 年に回復し、以後減少傾向を示している。近年の減少傾向を資源計算に組み込むために、1999～2005 年について、資源密度指数でコホート計算をチューニングした。残差平方和を求めるときに、1 そうびきと 2 そうびきの平均漁獲量の比（4.57）で重み付けた。

$$\text{最小 4.57} \sum_{y=1999}^{2005} \left\{ \ln(q_1 B_y) - \ln(CPUE1_y) \right\}^2 + \sum_{y=1999}^{2005} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE2_y) \right\}^2 \quad (5)$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=1999}^{2005} CPUE1_y}{\prod_{y=1999}^{2005} B_y} \right)^{\frac{1}{7}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1999}^{2005} CPUE2_y}{\prod_{y=1999}^{2005} B_y} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (6)$$

ここで、B は資源量、CPUE は資源密度指数。その結果、F1,2005 = 0.078、F2,2005 = 0.462、F3,2005 = 0.744、F4+,2005 = 0.744 と推定された。