

平成19年度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）

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、2004～2006年には回復傾向を示している。漁獲圧は漸減傾向にあるが、近年の加入量増大のもとでも、現状の強い漁獲圧では資源が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。再生産成功率（翌年の1歳魚加入量÷親魚量）が近年5年間（2001～2005年）の平均値で継続した場合に、親魚量の安定が期待できる漁獲量をABC limit、それよりやや少なく不確実性を見込んだ漁獲量をABC targetとした。

	2008年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	23 百トン	0.8 F _{current}	0.55	32%
ABC _{target}	19 百トン	0.8・0.8 F _{current}	0.44	27%

漁獲割合はABC/資源量。F_{current}=F_{3歳, 2006}。F値は3歳魚のF。

年	資源量(トン)	漁獲量(百トン)	F 値	漁獲割合
2005	5,900	17	0.52	30%
2006	7,000	24	0.69	35%
2007	7,300	—	—	—

2007年の資源量は加入量を仮定した値である。F値は3歳魚のF。

水準：低位 動向：増加

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漁業（以下沖底）、小型底びき網漁業（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、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)。幼稚魚期ではエビジャコ類に捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 主要漁業の概要

本種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(図 4、表 1)。

(2) 漁獲量の推移

本種の総漁獲量は 1986 年以降大幅な増減を繰り返しながら推移しており、1999 年には 5,000 トンを超えるピークをむかえるが、以後減少し 2004 年には 1979 年以降最低の 1,510 トンまで減少した。2005 年以降漁獲は若干回復傾向を示し 2006 年には 2003 年水準の 2,424 トンであった(図 4、表 1)。

1 そうびき沖底の漁獲量は変動が大きく、1983 年以降は増加傾向にあり、1999 年の漁獲量は 3,000 トンで過去最高となった。しかし、2001～2003 年は 2,000 トンを下回り、2004 年には 987 トンと過去最低となった。2006 年も同水準の 1,282 トンであった。

2 そうびき沖底の漁獲量は 1981 年をピークに増減を繰り返しつつ、徐々に減少を続けている。1993 年以降は 1,000 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ったが、2005 年以降上昇に転じ 2006 年には 329 トンの漁獲があった。

小底の漁獲量は 1999 年には 1,700 トンと過去最高となったが、沖底同様、2001～2005 年は 1,000 トンを下回り低調に推移しているが、2005 年以降微増しており 2006 年では 814 トンの漁獲があった。

本種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。2006 年に日本の EEZ 内において韓国漁船により 808 トンのカレイ類が漁獲されているが、ソウハチがどの程度水揚げされているか明らかにされていない。日本海区沖合底びき網漁業（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、400～500 トンが韓国漁船に漁獲されていると推定できる。

(3) 漁獲努力量の推移

1 そうびき沖底の有効努力量は 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 30,000 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

漁船の 1 網当たり漁獲量（CPUE）は、1 そうびき沖底、2 そうびき沖底ともに 1989 年までは減少を続けていたが、その後は増加傾向を示し、1999～2000 年に最も高くなった（図 6）。2001 年以降は減少傾向にあったが、2006 年には若干上昇した。

(3) 漁獲物の年齢組成

1993～2006 年の年齢別漁獲尾数を推定した（図 7、表 2、補足資料）。小底の漁獲物調査を行っていないので、沖底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。2006 年は 2003～2005 年に比べて 1～2 歳魚が増加した。これは 2 そうびき沖底により小型個体が多獲された影響による。

(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 8 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 9.4 千トンから 1999 年の 13 千トンに増加した後、減少傾向を示し、2004 年には 5.3 千トンにまで落ち込んだ。2005 年以降の資源量は増加傾向を示しており 2006 年は 7 千トンであった。

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が、2004年以降上昇に転じた（図9）。

親魚量は1993～1999年に増加した後、減少が続いている（図9）。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が、近年は30百トン台で推移している（図10）。

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。翌年（N+1年）の加入量（1歳魚）を親魚量（N年）で除した値を（N年の）再生産成功率として図11に示す。再生産成功率は2002年まで減少を続けたが、2004～2005年は増加傾向を示している。

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2006年の資源量、親魚量、加入量を図12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CPUEと1993年以降の資源量計算値は、いずれも2001年以降低水準で推移しており、資源水準は低位と判断する。2004～2006年の加入量（1歳魚）は2002～2003年より大きくなっており、2005年以降のCPUE及び資源量は増加傾向を示しているので、資源動向を増加と判断する。

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、2000～2004年に減少傾向がみられるが、2005年以降上昇している（図13）。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、2006年に極めて大量の1歳魚の漁獲がみられたことにより卓越年級が発生した可能性が高い。今後の2006年1歳群（2005年発生群）の推移を注視する必要がある。

2002～2003年に極めて低かった加入量は2004～2006年には回復した模様である。しかしながら、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（2006年）として、現在のFを2006年3歳魚のFを基準に、Fを変化させた場合の加入量当たり漁獲量（YPR）と加入当たり親魚量（SPR）を図14に示す。 F_{current} （ $F_{3\text{歳}, 2006}=0.69$ ）は $F_{30\%SPR}=0.49$ 及び $F_{\text{max}}=0.46$ より若干高い値を示している。

（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、それらの変動にともな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。

6. 2008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年に最低となった。2005年以降は加入量が増加して回復傾向が認められる。しかしながら、資源が近年の低水準にあって、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。

(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。資源の水準と動向は、低位減少であり、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。

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

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

コホート計算において2006年1歳魚の資源量を仮定したため、2006年における各年齢の F の選択率は2005年までの選択率と大きく異なった。2006年の1歳魚が多獲されたことについては、卓越年級群が発生したのか、漁獲圧が高かったためであるのかは、現時点では判断することができないので、2006年を除いた2003～2005年の F の年齢別選択率を使用して、現状の F を2006年の3歳魚の 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。2007年は、2006年と同じ F で漁獲される。2008年以降の年齢別選択率は過去3年平均(2003～2005年)であるとして3歳の F から計算した(3歳の F を1とすると、1歳=0.10、2歳=0.68、4歳以上=1)。2007年以降の再生産成功率は過去5年平均(2000～2004年)で一定。

これらの仮定のもとでは、次の「漁獲圧と資源動向」でみるように、現状の F は資源量を維持する F (F_{sus}) よりも若干高い程度である。現状の F を20%程度下げれば、2006年水準の資源量及び漁獲量が維持できる計算になる。

資源計算では2006年の1歳魚加入量を非常に大きく見積もったが、その評価はまだ定まっておらず、2007年以降の漁獲状況によっても資源動向は大きく変化する。資源動向を注視しつつ、2006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20%減じた F で予想される2008年漁獲量は23百トンで、2006年と同程度であり、 $0.8 F_{current}$ 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、2004～2006年の加入量が回復したとみられることから、標準値の0.8とする。

	2008年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	23百トン	$0.8 F_{current}$	0.55	32%
ABC_{target}	19百トン	$0.8 \cdot 0.8 F_{current}$	0.44	27%

漁獲割合は $ABC/\text{資源量}$ 。 $F_{current}=F_{3歳, 2006}$ 。 F 値は3歳魚の F 。

(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(2006年のF)を変化させた場合に、期待される漁獲量と資源量を下表と図15、16に示す。

F	基準値	漁獲量(トン)					資源量(トン)				
		2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
0.48	$0.7F_{\text{current}}$	2,052	2,101	2,059	2,186	2,283	7,082	7,415	7,362	7,701	8,018
0.55	$0.8F_{\text{current}}$ $\neq F_{\text{sus}}$	2,277	2,212	2,108	2,185	2,206	7,082	7,083	6,831	6,952	7,008
0.62	$0.9F_{\text{current}}$	2,487	2,294	2,131	2,157	2,105	7,082	6,771	6,353	6,292	6,141
0.69	$1.0F_{\text{current}}$	2,684	2,353	2,134	2,110	1,989	7,082	6,478	5,923	5,710	5,394
0.76	$1.1F_{\text{current}}$	2,869	2,392	2,122	2,049	1,865	7,082	6,203	5,536	5,194	4,748
0.82	$1.2F_{\text{current}}$	3,042	2,414	2,099	1,981	1,739	7,082	5,944	5,186	4,737	4,189

$F_{\text{current}}=F_{3\text{歳}, 2006}$ 。F値は3歳魚のF。

(4) ABCの再評価

一昨年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(昨年度から)では、2004~2006年の加入が回復したとみられることから、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	管理基準	資源量	ABC _{limit}	ABC _{target}	漁獲量
2006年(当初)	F_{rec}	1,970	550	460	-
2006年(2006年再評価)	$0.7F_{\text{current}}$	4,900	1,400	1,200	-
2006年(2007年再評価)	$0.8F_{\text{current}}$	7,000	2,000	1,700	2,426
2007年(当初)	$0.7F_{\text{current}}$	6,800	1,500	1,200	-
2007年(再評価)	$0.8F_{\text{current}}$	7,300	2,300	1,900	-

単位：トン

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(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

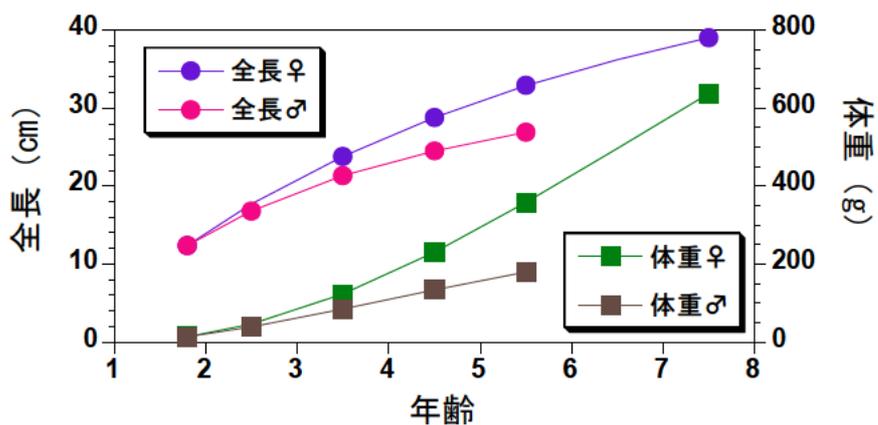


図2 年齢と成長

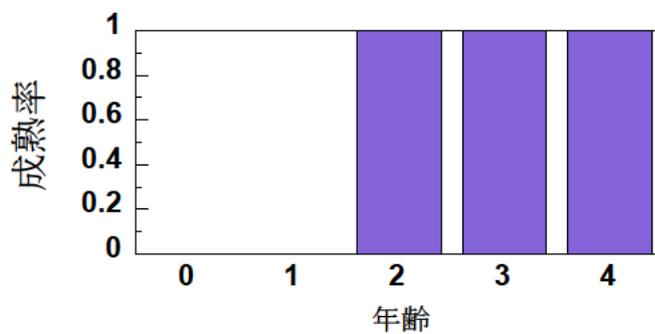


図3 年齢と成熟率

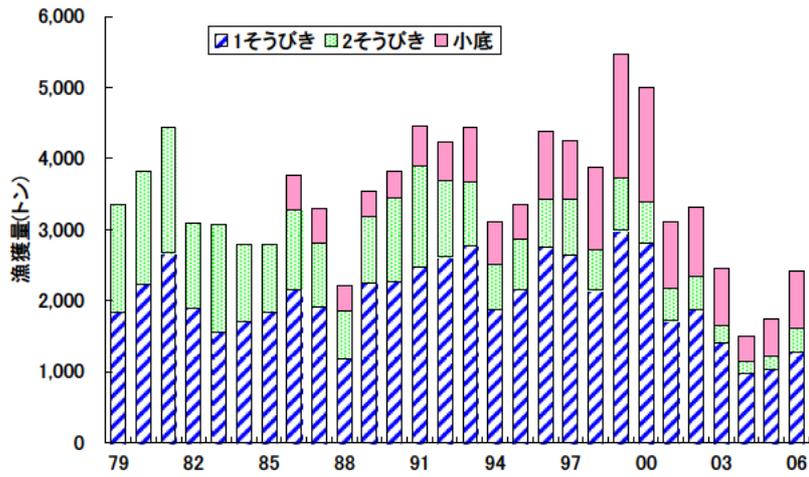


図4 漁獲量

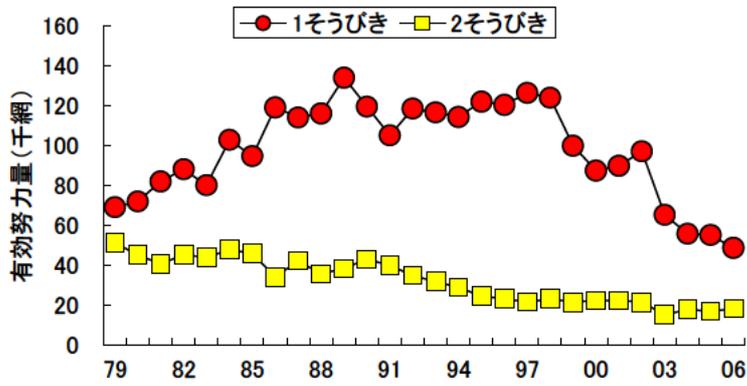


図5 沖合底びき網の網数

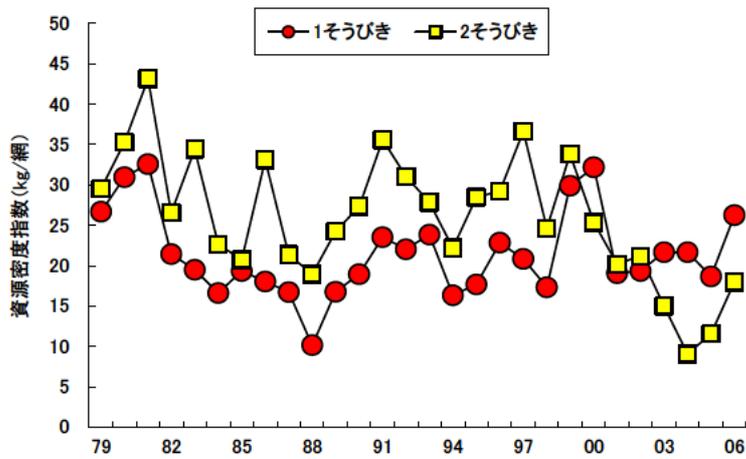


図6 沖合底びき網の CPUE

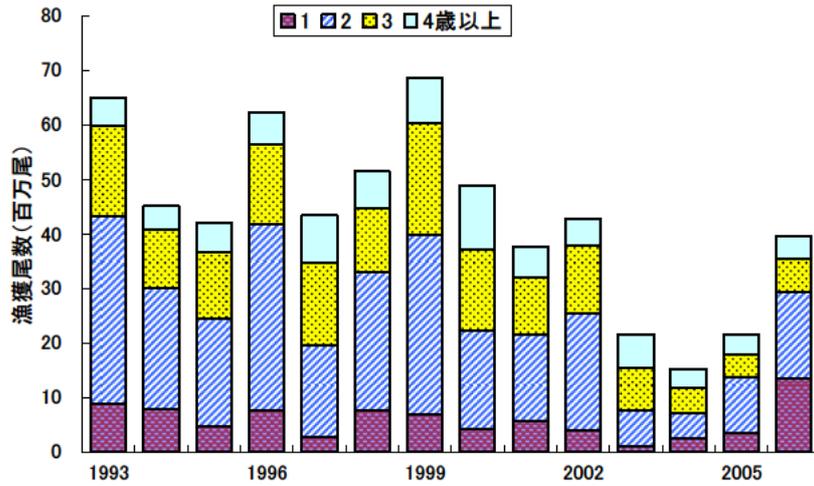


図7 年齢別漁獲尾数

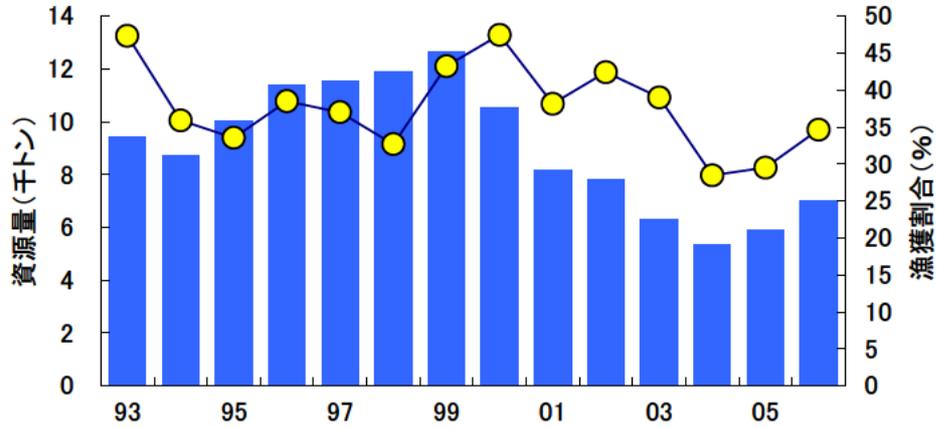


図8 資源量 (棒グラフ) と漁獲割合 (折線グラフ)

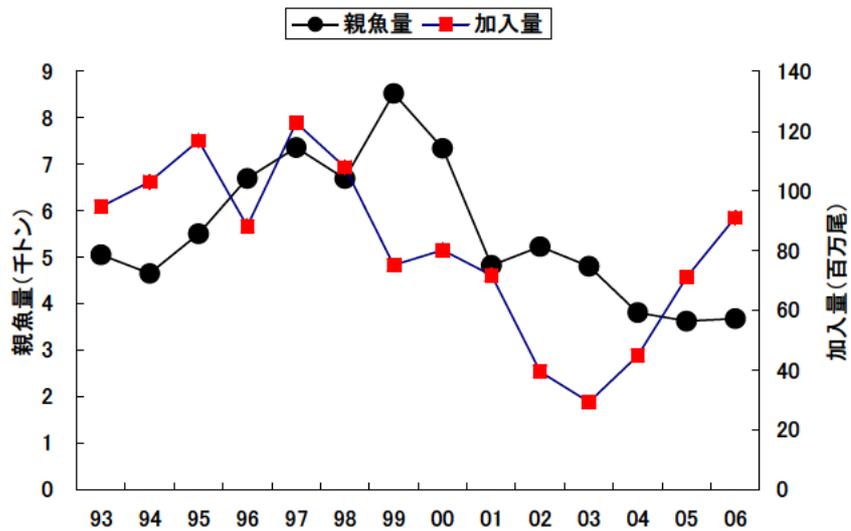


図9 親魚量と加入量 (1歳魚). 但し2006年の加入量は2005年親魚量からの推定値

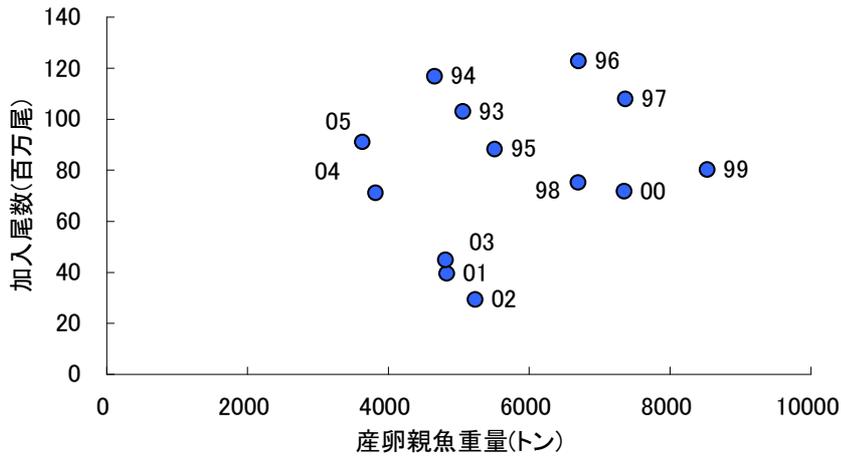


図 10 親魚量と加入量（1歳）の関係 ラベルは産卵年を示す

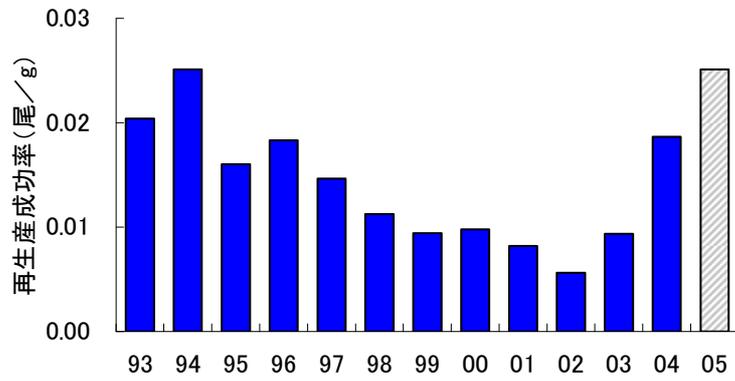


図 11 再生産成功率 翌年の加入量（1歳魚）÷当該年の親魚量
但し 2005 年の再生産成功率は仮定値

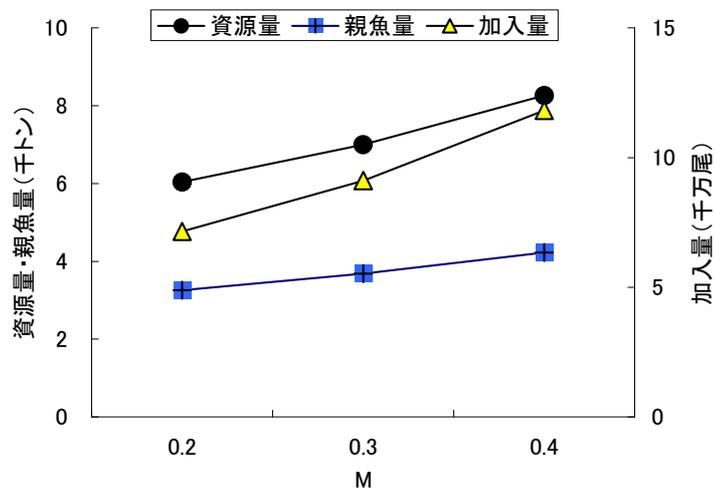


図 12 M と 2005 年資源量、親魚量、加入量の関係

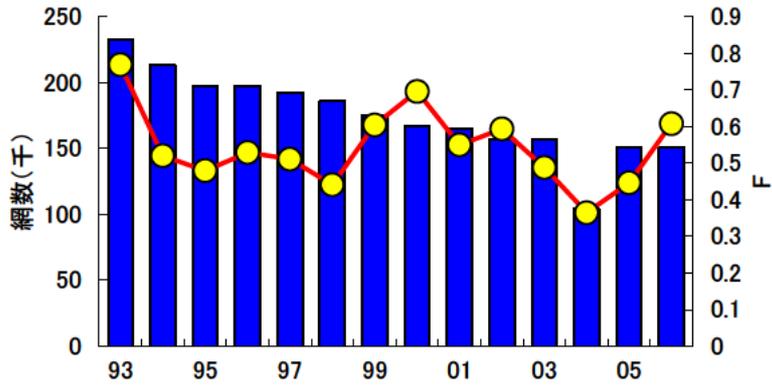


図 13 F と沖合底びき網の網数 但しここでの F は各年齢の F の単純平均

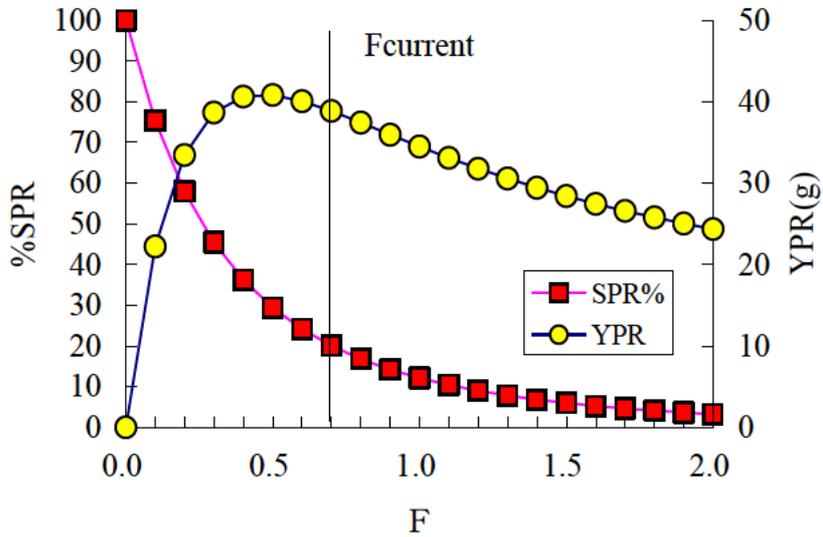


図 14 YPR と SPR 但しここでの F は 2006 年 3 歳の F を基準としている

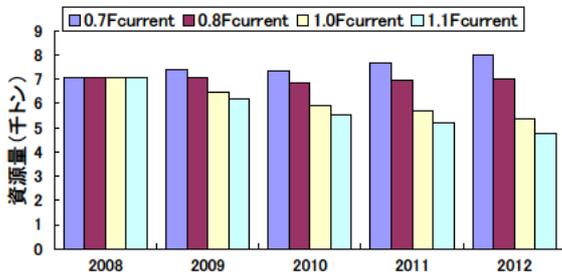


図 15 F による資源量の変化

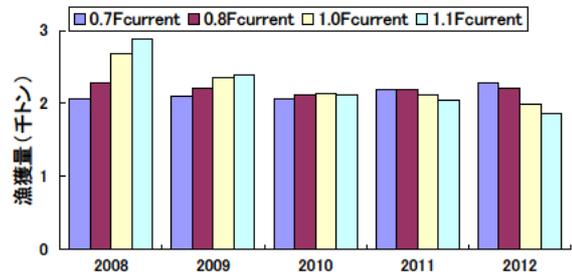


図 16 F による漁獲量の変化

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		
1975	1,688	1,766		3,455
1976	1,188	1,251		2,440
1977	1,506	780		2,287
1978	2,109	1,965		4,074
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	3,210
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	3,307
2003	1,417	228	810	2,455
2004	987	162	361	1,510
2005	1,031	195	516	1,742
2006	1,282	329	814	2,424

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	78	223	107	43	11	94	112	95
1995	48	196	121	54	7	83	127	121
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	77	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	81	135
2004	25	47	45	37	3	20	47	81
2005	36	102	40	38	5	43	42	85
2006	135	159	61	42	18	67	64	94

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	1,031	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	883	824	347	139
1997	0.03	0.41	0.81	0.81	1,228	587	318	183
1998	0.09	0.40	0.64	0.64	1,080	886	290	166
1999	0.11	0.74	0.78	0.78	752	734	438	179
2000	0.06	0.55	1.08	1.08	803	497	259	209
2001	0.10	0.40	0.84	0.84	718	559	212	118
2002	0.13	0.73	0.74	0.74	396	482	278	105
2003	0.04	0.36	0.74	0.74	294	259	172	136
2004	0.07	0.30	0.49	0.49	449	209	134	109
2005	0.06	0.48	0.52	0.52	712	311	115	110
2006	0.19	0.47	0.69	0.69	911	496	143	99

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	0.0 204
1994	867	466	1,031	36	0.0 251
1995	1,001	551	1,168	34	0.0 160
1996	1,136	670	883	39	0.0 183
1997	1,149	736	1,228	37	0.0 147
1998	1,188	669	1,080	33	0.0 112
1999	1,263	853	752	43	0.0 094
2000	1,052	735	803	47	0.0 098
2001	815	483	718	38	0.0 082
2002	780	523	396	42	0.0 056
2003	630	481	294	39	0.0 093
2004	530	382	449	28	0.0 187
2005	590	363	712	30	0.0 251
2006	700	368	911	35	---

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、及び 1～3 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 1993～2006 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 そうびき沖合底全体の漁獲量を年齢別漁獲尾数に換算した。

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 そうびき沖合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 1993～2006 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（ $M=2.5 \div \text{最高年齢 } 8 \text{ 歳} \approx 0.3$ ）求めた。

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。

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

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

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

$$F_{4+,y} = F_{2,y} \quad (4)$$

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（2006年）の3歳の F を、沖合底びき網の $CPUE$ （一網当たり漁獲量）の変動傾向（1993～2006年）と、各年の資源量の変動傾向が最も合うように決めた。2006年の1歳魚の漁獲尾数は過去最高となり加入資源量も大幅に増大した可能性がある。しかしながら、2006年の1歳魚に対する漁獲圧がどの程度であったか現時点では正確な評価が不可能であった。そのため、2005年の親魚量に1993～2005年の再生産成功率の最高値を乗じて得られた値を2006年1歳資源量と仮定した。1歳の F は仮定した資源量と漁獲量との関係から、2歳の F は2006年の年齢別選択率が過去3年平均（2003～2005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 $CPUE$ を使い、残差平方和を求めるときに平均漁獲量の比（3.86）で重み付けた。

$$\text{最小 } 3.86 \sum_{y=1993}^{2006} \left\{ \ln(q_1 B_y) - \ln(CPUE1_y) \right\}^2 + \sum_{y=1993}^{2006} \left\{ \ln(q_2 B_y) - \ln(CPUE2_y) \right\}^2 \quad (5)$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=1993}^{2006} CPUE1_{a,y}}{\prod_{y=1993}^{2006} B_y} \right)^{\frac{1}{14}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=1993}^{2006} CPUE2_y}{\prod_{y=1993}^{2006} B_y} \right)^{\frac{1}{14}} \quad (6)$$

ここで、 B は資源量。その結果、 $F_{1,2006} = 0.19$ 、 $F_{2,2006} = 0.47$ 、 $F_{3,2006} = 0.69$ 、 $F_{4+,2006} = 0.69$ と推定された。