

平成 22 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（木下貴裕、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

底びき網漁業の漁獲動向とコホート解析によって、ソウハチ日本海系群の資源評価を行った。日本海西部海域のソウハチの資源量は、2000 年以降減少傾向を示し 2003 年に最低となった。その後 2005 年前後に生じた高い再生産成功率によって、資源量も 2007 年まで増加したが、再生産成功率の低下とともに資源量も減少した。親魚量は 2001～2005 年に低い水準にあったがその後増加し、2009 年にはやや減少したものの比較的高い水準を維持している。資源水準は中位、動向は横ばいと判断され、現状の資源水準を維持することを目標に、近年の再生産成功率が継続した場合に、資源量の維持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。

	2011 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	27	Fmed	0.41	28%
ABCtarget	23	0.8・Fmed	0.33	24%

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
2008	106	40	0.54	38%
2009	87	25	0.37	29%
2010	89	—	—	—

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
年齢別・年別漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 主要港水揚量(鳥取、島根、山口県) 月別体長組成調査(鳥取、島根県) 沖合底びき網漁業漁獲成績報告書(水産庁) 小型底びき網漁業標本船(山口県)
資源量指数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 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やヤナギ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。

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とした（図 3）。

(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）。幼稚魚期にはエビジャコ類に捕食される。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本種は日本海西部海域において、釣、はえ縄、刺網等でも漁獲されるが、ほとんどは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、兵庫県所属の1そうびき沖底は山口県見島以東、鳥取県所属の1そうびき沖底は島根県大田市沖以東、2そうびき沖底は対馬周辺海域から島根県沖が中心となっている。1988年以前では、1そうびき及び2そうびき沖底が底びき網による漁獲の80～90%を占め、残りが小底によるものであったが、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増えつつある（図 4、表 1）。

(2) 漁獲量の推移

本種の総漁獲量は、1980年代から小さな増減を繰り返しながら漸増し、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1980年以降最低の1,510

トンであった（図 4、表 1）。2005 年以降漁獲量は回復傾向を示し、2008 年には 4,037 トンまで増加したが、後述する 2008 年の極めて低い再生産成功率によって 2009 年には 2,531 トンまで減少した。

1 そうびき沖底の漁獲量は、1983～1999 年の間徐々に増加し、1999 年には 3,000 トンに達したが、2004 年には 1,000 トンを下回り過去最低を記録した。その後 2005 年から漁獲量は増加し 2008 年は 1,665 トンであったが 2009 年には 927 トンと過去最低を記録した。

2 そうびき沖底の漁獲量は 1978 年に 1,965 トンで過去最高となったが、1993 年以降は 1,000 トンを上回る漁獲はみられず、1 そうびき沖底と同様に 2004 年に過去最低の 162 トンを記録した後増加に転じたが、2009 年は減少した。

小底の漁獲量は、沖底同様 1990 年代後半には 1,000 トンを上回っていたが、2004 年には 361 トンまで減少し、2005 年以降急激に増加して 2008 年には 1,500 トンに達したが 2009 年は 1,087 トンに減少した。

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。2009 年に日本の EEZ 内において韓国漁船により 890 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不明である。

(3) 漁獲努力量

1 そうびき沖底の有効努力量は、1990 年代には約 10 万網の水準にあったが、その後減少傾向を示し、2009 年には 4.7 万網であった（図 5）。2 そうびき沖底の有効努力量は、1990 年には 4.1 万網であったが、2009 年には 1.4 万網まで減少した（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

長期間の資料が整備されているのは、1 そうびき及び 2 そうびき沖底の漁獲成績報告書に限られる。両沖底とも漁船数の減少がみられるが、特に 2 そうびき沖底では、総網数が 1988 年の 7 万 2 千回から 2009 年の 2 万 2 千回と約 70%減少し、ソウハチに対する有漁漁区数も 1980 年代後半の約 500 から 2004、2005 年には約 300 まで減少し、再び 2007 年に約 400 まで増加するなど変化が生じている。そこで資源量の指標値としては、資源密度指数（月別、漁区別の 1 網当たり漁獲量の年合計÷有漁漁区数）を使用した。

1 そうびき沖底の資源密度指数は、1999 年～2000 年に増加した後、2005 年まで減少、2006 年～2008 年に急増したが、2009 年には大きく減少するなど（図 6）大きな増減を繰り返している。2 そうびき沖底も 1 そうびき沖底と同様な変化を示し、2004 年に最低を記録した後に急激に増加し、1 そうびき沖底ほど顕著ではないものの 2009 年に減少した。

(3) 漁獲物の年齢組成

1998～2009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ため、2そうびき沖底の年齢組成と同じと仮定した。毎年、2～3歳魚が主体に漁獲されている。2009年の合計漁獲尾数は2008年の54%に減少した。特に若齢魚の減少が著しく、1歳魚は前年の44%、同じく2歳魚は47%、3歳魚は61%、4歳以上は70%であった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

年齢別漁獲尾数に基づきコホート解析（補足資料）で推定した資源量（1歳以上）を図8に示す。資源量は、1998年の15千トンから2003年の7千トンまで減少した後、2007年には13千トンまで増加したが再度減少し、2009年の資源量は9千トンであった。漁獲割合は2004～2005年には20%にまで減少したが、その後増加傾向を示し、2008年には38%まで増加したものの、2009年は29%に減少した。

本種は0歳魚が漁獲されないため、1歳魚の資源尾数を加入量とし、加入量と親魚量の関係は産卵された年を基準とした。親魚量は1999年の6千トンから2001～2005年に約4千トンで推移したが、2006年以降増加して2008年には約6千トンにまで回復し、2009年はやや減少した。加入量は2002年まで減少した後、2003年以降増加傾向に転じたが、2006年以降減少傾向にある（図9）。親魚量と加入量の関係には、有意な相関関係は見出されなかった（図10）。

再生産成功率（加入量÷親魚量）は1998年から2002年にかけて低下傾向を示し、2002年には6.1尾/kgまで低下した後急激に上昇し、2005年には19.4尾/kgに達したが再び低下し、2008年には4.5尾/kgと最低値を記録した（図11）。

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2009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。

1そうびき沖底の有効努力量は1998年以降減少傾向にあり、2そうびき沖底においても減少から横ばい傾向にある（図5、図13）。漁獲係数（各年齢の F の単純平均）は2000年の0.73から2004年の0.29まで大きく低下した後、2008年の0.54まで増加傾向にあったが、2009年には0.37まで低下した。

(5) 資源の水準・動向

昨年度の評価では本系群の資源水準を高位としていたが、2009年には漁獲量、沖底の資源密度指数及びコホート計算による資源量がともに減少した。2そうびき沖底の2009年の資源密度指数は、最高値と0との三分位点の高位に位置するが、1そうびき沖底は中位に位置し、両者で異なるが、2そうびき沖底は漁獲量と漁獲努力量が大きく減少していることを考慮して、資源水準は中位水準と判断する。資源動向は、各指標値ともに過去5年の間で大きく増加と減少を示し、一定の傾向が認められないことから横ばいと判断する。

(6) 資源と漁獲の関係

年齢別選択率を一定（2001～2008年の平均）とし、 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 14 に示す。Fcurrent (2009 年の平均 $F=0.37$) は Fmed(0.41)より低く、F30%SPR(0.34)及び F0.1(0.20)よりも高かった。

(7) Blimit の設定

コホート解析を行った 1998～2008 年の 11 年間に於いて、親魚量と加入量の間有意な相関関係は見出されなかった。親魚量の変動幅は、2005 年の 37 百トンから 1999 年の 63 百トンと約 2 倍で、ソウハチ資源を維持するためには過去 11 年間に於ける最低親魚量を下回らないことが望ましいと考える。この間の最低水準である 2005 年の親魚量水準を Blimit とし、それ以下の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ことが妥当である。

5. 2011 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

資源量は 2000 年以降減少傾向を示し、2003 年に最低となった後に 2007 年まで増加したが再度減少した。再生産成功率は 2002 年まで低下した後、2005 年にかけて急上昇したがその後低下傾向を示し、2008 年には最低を記録した。親魚量は 2001～2005 年に低い水準にあったがその後増加し、2009 年にはやや減少したものの比較的高い水準を維持している。資源水準は中位、動向は横ばいと判断され、現状の資源水準の維持を目標とした。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

コホート解析により資源量を推定しているため、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る。

$$F_{limit} = \text{基準値}$$

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

ここでは、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。2010 年以降は 2009 年と同じ年齢別選択率 (2001～2009 年の平均) で漁獲される。2010 年以降の再生産成功率は近年の傾向が継続するとして、資源計算を行った 11 年間 (1998～2008 年) の中央値 (RPSmed) で一定とする。この RPSmed で補償可能な親魚量 3 歳の F を探索し、各年齢の F の単純平均を Fmed とした。

	2011 年 ABC (百トン)	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	27	Fmed	0.41	28%
ABC _{target}	23	0.8・Fmed	0.33	24%

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、現在の F（2009 年の F）を変化させた場合と資源量を維持するための F（Fmed）の場合の漁獲量および資源量を下表と図 15 に示す。現在の F（Fcurrent）は資源を維持する Fmed よりも若干低く、資源量及び漁獲量は 2011 年以降僅かながら増加する。Fmed における漁獲量と資源量も、2011 年以降それぞれ約 29 百トン、100 百トンで維持される。

F	基準値	漁獲量（百トン）						
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.30	0.8Fcurrent	25	23	21	23	26	28	31
0.34	0.9Fcurrent	25	23	23	25	27	29	31
0.37	Fcurrent	25	23	25	26	28	29	30
0.41	1.1Fcurrent	25	23	27	28	28	29	29
0.41	Fmed	25	23	27	28	28	29	29
0.45	1.2Fcurrent	25	23	29	29	29	28	28
F	基準値	資源量（百トン）						
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0.30	0.8Fcurrent	87	89	96	102	113	125	137
0.34	0.9Fcurrent	87	89	96	99	107	116	124
0.37	Fcurrent	87	89	96	97	102	107	101
0.41	1.1Fcurrent	87	89	96	94	97	99	101
0.41	Fmed	87	89	96	94	97	99	101
0.45	1.2Fcurrent	87	89	96	92	92	92	92

Fcurrent=2009 年の F、F 値は各年齢の F の単純平均。

(4) ABC の再評価

2006 年から 2008 年にかけて 1～2 歳魚の漁獲尾数が高水準であったため、2009 年と 2010 年の推定資源量は約 1.3 万トンと推定されていた。しかし、2009 年の漁獲尾数は大きく減少し、2009 年と 2010 年の推定資源量も下方修正されることとなった。

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
2009 年漁獲量	2009 年漁獲量の確定
年齢別体重 2009 年体長組成 2009 年資源密度指数（漁獲成績報告書）	過去に遡及した年齢別・年別漁獲尾数の見直し（再生産関係、漁獲係数、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)
2009 年 (当初)	0.9 Fcurrent	0.37	108	31	26	
2009 年 (2009 年再評価)	0.9 Fcurrent	0.34	128	34	28	
2009 年 (2010 年再評価)	0.9 Fcurrent	0.36	87	24	20	25
2010 年 (当初)	Fmed	0.38	128	36	30	
2010 年 (再評価)	Fmed	0.36	89	23	19	

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、加入したばかりの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. 参考文献

- 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.
- 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

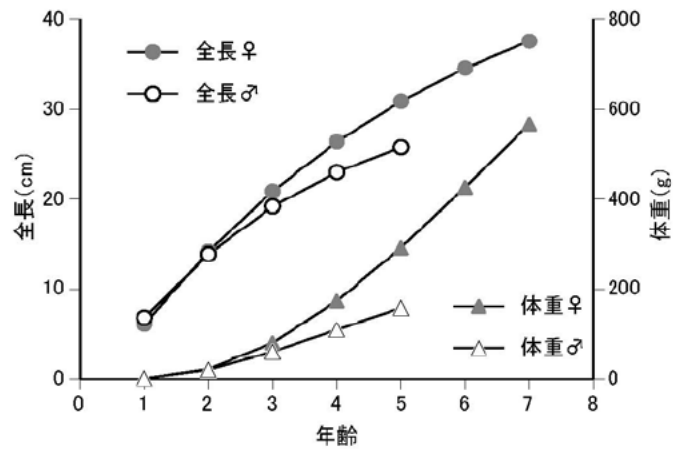


図 2. 年齢と成長

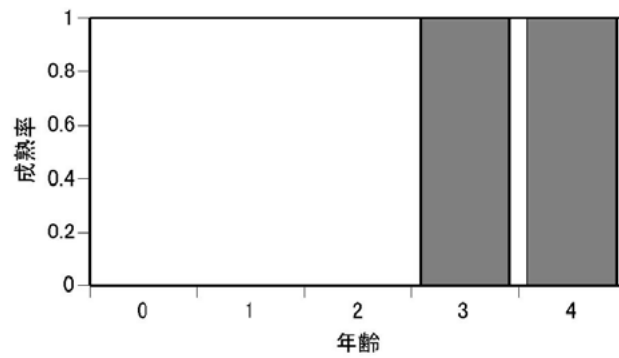


図 3. 年齢と成熟率

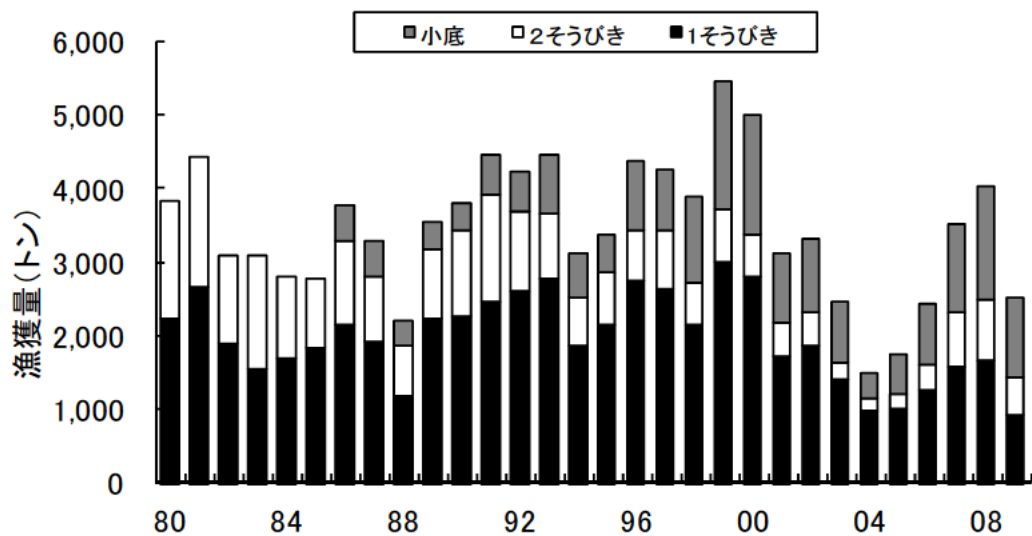


図 4. ソウハチ日本海系群の漁獲量

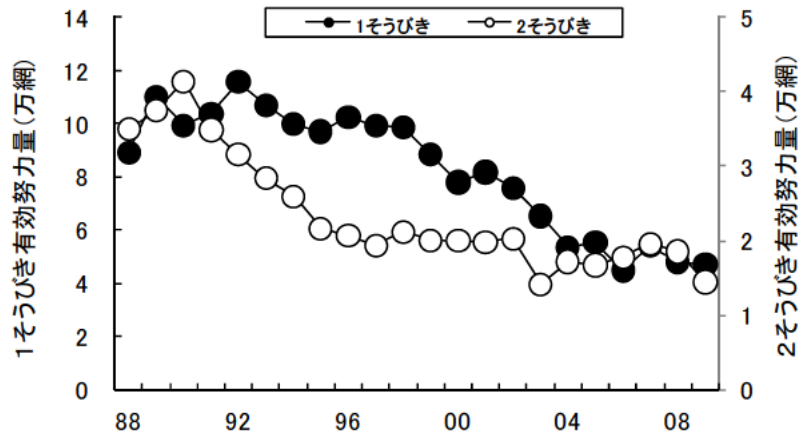


図 5. 沖合底びき網の有効努力量

2そうびきには島根県東部船を含まない。図 6. も同様。

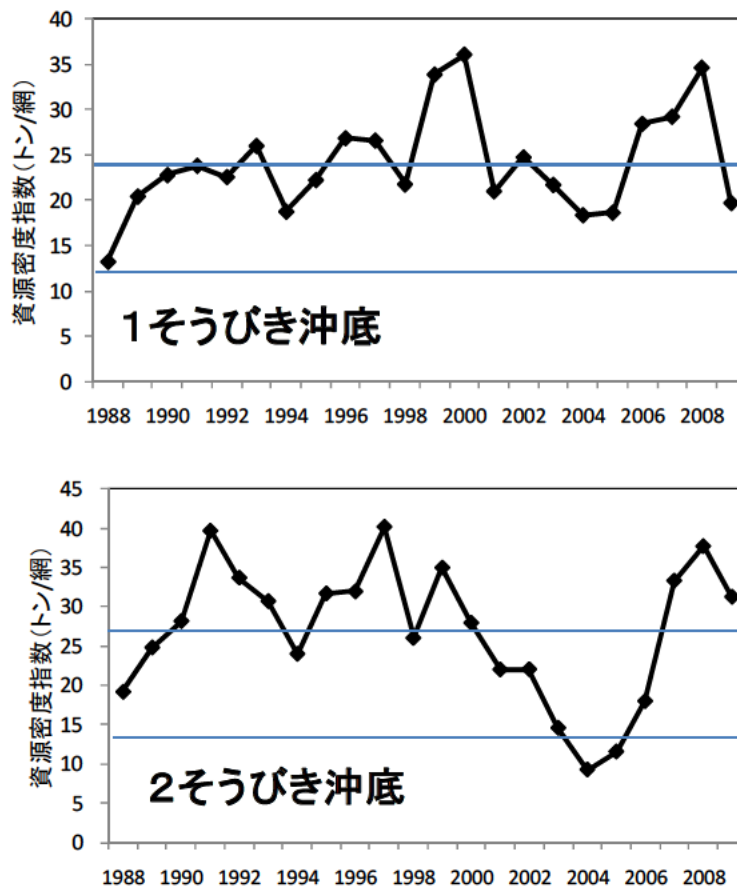


図 6. 沖合底びき網の資源密度指数

図中の線は最高値と 0 の間の三分位点。

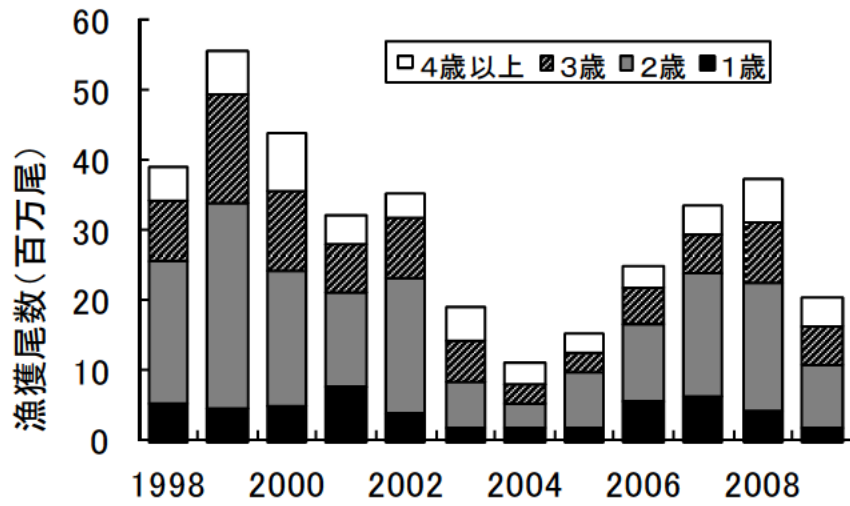


図 7. 年齢別漁獲尾数

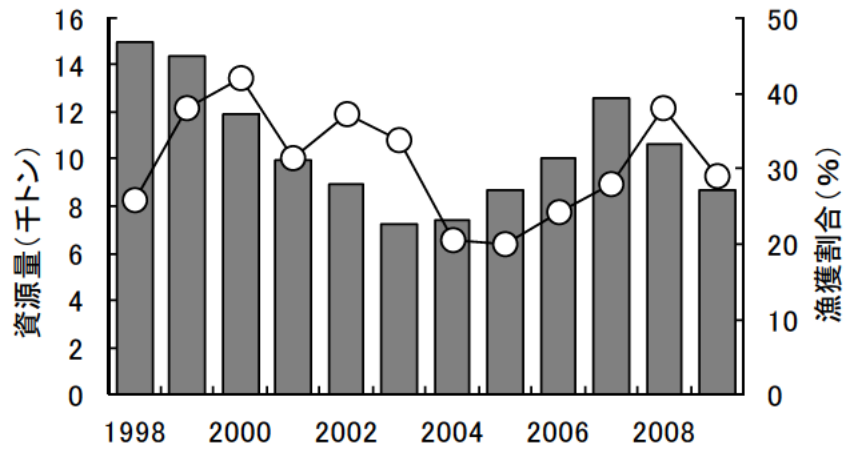


図 8. 資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）

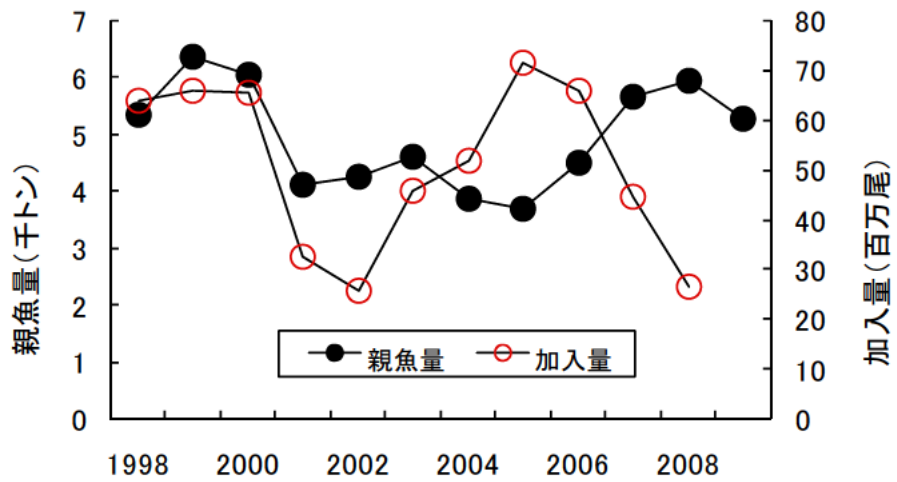


図 9. 親魚量と加入量（1 歳魚）横軸は産卵された年を示す。

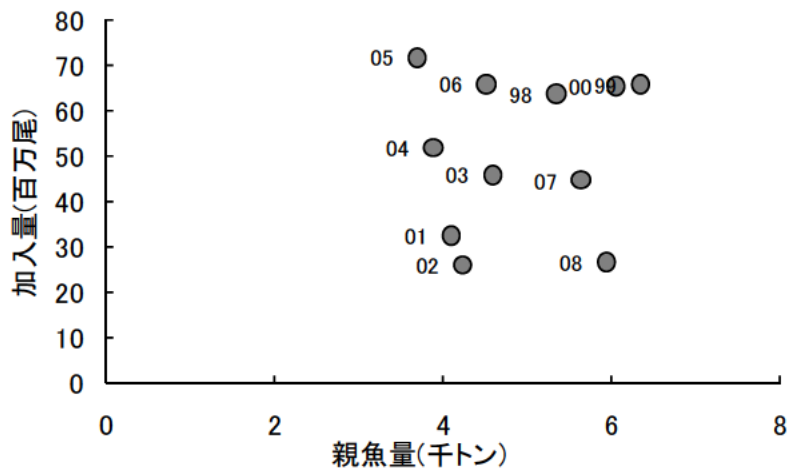


図 10. 親魚量と加入量（1 歳）の関係 点の左のラベルは産卵された年を示す。

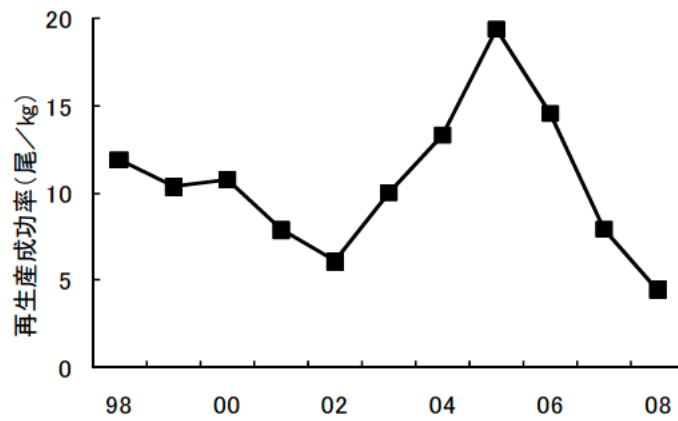


図 11. 再生産成功率の経年変化 横軸は産卵された年を示す。

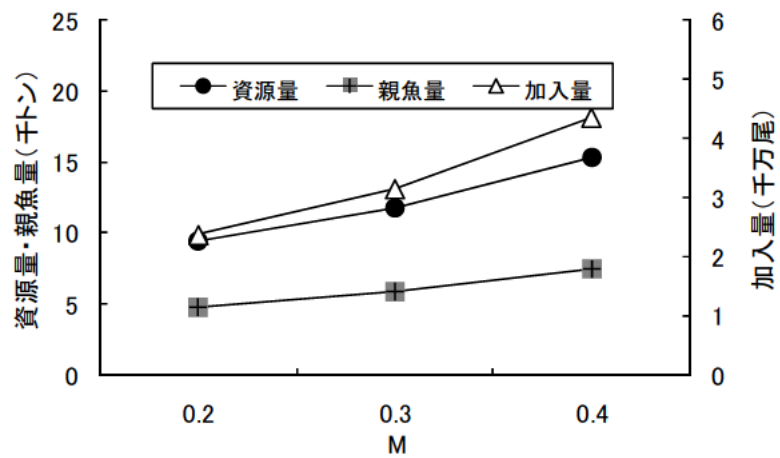


図 12. M と 2009 年資源量、親魚量、加入量の関係

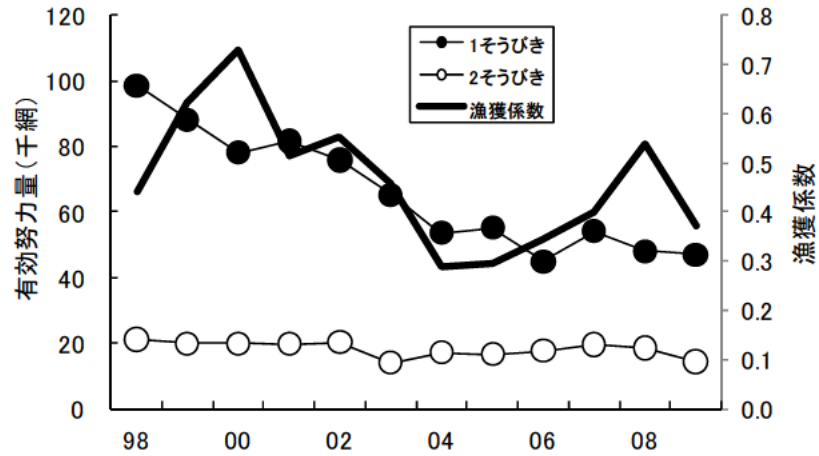


図 13. 漁獲係数と沖合底びき網の有効努力量との関係

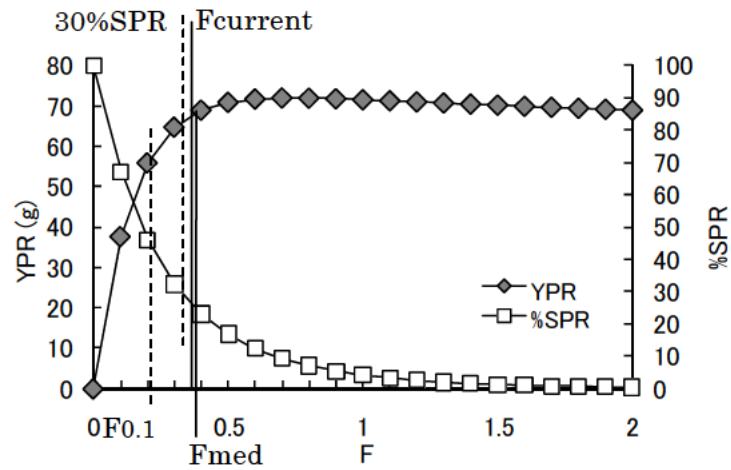


図 14. SPR と YPR

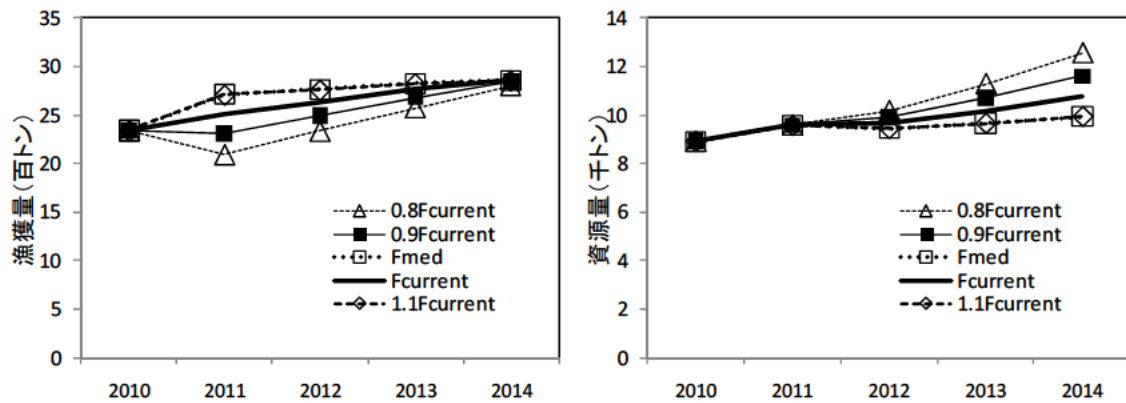


図 15. F による漁獲量 (左) と資源量 (右) の変化

表 1. ソウハチ日本海系群の漁獲量

年	沖合底びき網 (トン)		小型底びき網 (トン)	計 (トン)
	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
2007	1,583	744	1,185	3,512
2008	1,665	830	1,542	4,037
2009	927	517	1,087	2,531

註：2 そうびきの漁獲量には島根東部船を含む。

補足資料 1.

**年齢別・年別漁獲尾数
資源量指数**

年齢別・年別漁獲尾数・資源調査については補足資料 2
チューニング VPA、自然死亡係数は 0.3 を仮定（補足資料 3）

↓

**年齢別・年別資源尾数
年齢別・年別漁獲係数**

2010 年への前進計算

↓

2010年の1歳魚以上の年齢別資源尾数

2011 年への前進計算。2010 年の F は、 F_{current} （2009 年の F ）を仮定

↓

**2011年以降の年齢別・年別資源尾数・親魚量
2011年以降の新規加入量を1998～2008年のRPS中央値に基づいて仮定**

↓

2011年のABC・算定漁獲量

↓

漁獲シナリオとの対応

補足資料 2.

(1)年齢別漁獲尾数の推定

年齢別漁獲尾数の推定は、漁業種類によって異なる方法を用いた。1 そうびき沖底は、鳥取県田後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から、雌雄別の体長組成と尾数を求め、漁獲量で 1 そうびき沖底全体の漁獲尾数に引き延ばした。2 そうびき沖底は、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、雌雄込みの体長組成と尾数を求め、漁獲量で 2 そうびき沖底全体の漁獲尾数に引き延ばした。得られた体長組成を 1 そうびきは雌雄別、2 そうびきは雌雄込みの体長一年齢 Key（平成 17 年度資源評価報告書）により年齢分解した。小型底びき網による漁獲物は、2 そうびき沖底の年齢組成に、漁獲量の割合によって加えた。これらの作業は 1～3 月、4～6 月、7～9 月、及び 10～12 月の 4 半期に分けて行った。

なお、昨年度までの年齢別漁獲尾数の推定には、銘柄別年齢組成 Key、銘柄別平均体重及び年齢別平均体重を用いて漁獲尾数の推定を行っていたが、今年度はこれらの値は用いていない。

(2)年齢別平均体重

資源計算に用いた年齢別の平均体重は、推定資源量の精度を向上させるため、毎年、実際に漁獲された漁獲物の平均体重とした。計算は漁業種類別に下記の方法で行った。

1 そうびき沖底は、雌雄別体長組成と尾数に、体長－体重関係式（石川県ほか 1994）を当てはめて体長別の尾数と重量を、さらにこれを年齢分解して年齢別の重量を求めた。

2 そうびき沖底でも同様に漁獲物の年齢別の重量を求め、上記の年齢別漁獲尾数と同様に引き延ばして年齢別の漁獲を求め、年齢別漁獲尾数で除して年別、年齢別の平均体重を雌雄込みで計算した。将来予測で用いた年齢別体重は、最近 3 年間の平均値である。

・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.

補足資料 3.

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、全年齢に対して(4)式を使った。1 歳と 2 歳の F は、2001 年から 2008 年までの 1～3 歳の F の平均値を求め、3 歳に対する 1 歳と 2 歳の比率を 3 歳の F に乗じて計算した。3 歳の F は下記のチューニングによって求めた。

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

最近年の F のチューニングは最近 9 年間（2001～2009 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（2009 年）の 3 歳魚に対する F を求めた。最近 9 年間における両者の漁獲量は、1 そうびきが 2 そうびきの 3.5 倍なので、1 そうびき沖底の残差平方和に 3.5 倍の重みを付けた。なお、昨年度のチューニングには資源量指数を使用していたが、漁業の努力量が減少しつつあり、有漁漁区数も減少傾向にあることから、資源量の指標値としては資源量指数よりも密度指数の方が適当と判断した。

$$\text{最小 } 3.5 \sum_{y=2001}^{2009} \{\ln(q_1 B_y) - \ln(I_{1,y})\}^2 + \sum_{y=2001}^{2009} \{\ln(q_2 B_y) - \ln(I_{2,y})\}^2 \quad (5)$$

$$q_1 = \left(\frac{\prod_{y=2001}^{2009} I_{1,y}}{\prod_{y=2001}^{2009} B_y} \right)^{\frac{1}{9}}, q_2 = \left(\frac{\prod_{y=2001}^{2009} I_{2,y}}{\prod_{y=2001}^{2009} B_y} \right)^{\frac{1}{9}} \quad (6)$$

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。

・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.

付表 コホート計算に用いた年齢別漁獲尾数及び計算結果

年齢別漁獲尾数(百万尾)												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	5.2	4.7	5.1	7.5	3.9	1.8	1.8	1.9	5.8	6.2	4.3	1.9
2歳	20.4	29.1	19.1	13.5	19.3	6.7	3.5	7.8	10.9	17.6	18.2	8.8
3歳	8.8	15.4	11.3	7.0	8.7	5.9	2.8	2.9	5.2	5.7	8.7	5.5
4歳以上	4.9	6.3	8.6	4.2	3.6	4.7	3.0	2.7	2.9	4.2	6.1	4.3
計	39.3	55.6	44.1	32.2	35.5	19.1	11.1	15.3	24.8	33.8	37.4	20.6

年齢別漁獲係数と漁獲割合(%)												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	0.07	0.09	0.09	0.14	0.15	0.09	0.05	0.04	0.10	0.12	0.12	0.09
2歳	0.43	0.81	0.72	0.44	0.76	0.48	0.26	0.33	0.42	0.55	0.67	0.43
3歳	0.63	0.80	1.05	0.74	0.65	0.63	0.42	0.40	0.43	0.47	0.68	0.49
4歳以上	0.63	0.80	1.05	0.74	0.65	0.63	0.42	0.40	0.43	0.47	0.68	0.49
平均	0.44	0.62	0.73	0.52	0.55	0.46	0.29	0.29	0.35	0.40	0.54	0.37
漁獲割合	26	38	42	31	37	34	20	20	24	28	38	29

年齢別資源尾数(百万尾)												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	89	64	66	65	32	26	46	52	72	66	45	27
2歳	68	61	43	44	42	21	18	32	37	48	43	29
3歳	22	33	20	15	21	14	10	10	17	18	21	17
4歳以上	12	13	15	9	9	12	10	10	10	13	14	13
合計	190	171	145	134	104	73	83	104	136	145	123	85

年齢別資源重量、親魚量(トン)及び再生産成功率RPS(尾/kg)												
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	4,875	3,369	2,705	2,698	1,688	1,054	2,104	2,556	2,615	3,149	1,416	1,107
2歳	4,778	4,633	3,160	3,114	2,970	1,607	1,404	2,456	2,884	3,835	3,264	2,317
3歳	2,595	3,734	2,541	1,924	2,339	1,943	1,249	1,203	2,171	2,259	2,622	2,031
4歳以上	2,750	2,619	3,514	2,183	1,900	2,649	2,635	2,496	2,347	3,383	3,321	3,249
合計	14,998	14,355	11,919	9,918	8,897	7,253	7,392	8,711	10,017	12,626	10,623	8,705
親魚量	5,346	6,353	6,054	4,106	4,239	4,592	3,884	3,699	4,518	5,642	5,944	5,280
RPS	11.92	10.36	10.79	7.90	6.10	9.99	13.35	19.38	14.58	7.91	4.47	