

令和元（2019）年度ソウハチ日本海系群の資源評価

担当水研：日本海区水産研究所

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推定した。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ものの、2007年には115百トンまで増加した。その後2015年まで減少し続け、2016年以降は再び増加に転じて2018年の資源量は108百トンと推定された。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増加と判断した。2020年のABCは、親魚量の維持を管理目標として、1997～2016年の再生産成功率（RPS）の中央値に対応するF値（Fmed）を適用し、ABC算定規則の1-1)-(1)に基づき算定した。

管理基準	Target / Limit	2020年 ABC (百トン)	漁獲 割合 (%)	F値 (現状のF値から の増減%)
Fmed	Target	34	28	0.39 (+19%)
	Limit	41	33	0.49 (+48%)

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、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。現状のF値（Fcurrent）は2016～2018年のFの平均値（0.33）である。漁獲割合は2020年の漁獲量／資源量、F値は各年齢の平均値である。

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 (%)
2015	76	32	22	0.43	28
2016	79	33	20	0.39	26
2017	100	39	22	0.32	22
2018	108	47	22	0.27	21
2019	119	60	28	0.33	24
2020	124	64	-	-	-

2019年、2020年の値は将来予測に基づく値。

水準：中位 動向：増加

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)
資源密度指数	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・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日本海西部海域で占められており、本報告書では西部海域で漁獲されるものを評価対象として取り扱う。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本種はサハリンから日本海のほぼ全域および渤海・黄海に分布し、水深 100～200 m の泥底を中心に生息する（渡辺 1956、金丸 1996、山田ほか 2007、中坊・土居内 2013）。日本海で特に漁獲量が多いのは日本海西部海域であり（図 1）、本海域では水深 130～185 m、水温 10 度前後で多獲される（渡辺 1956、山田ほか 2007）。着底期の分布に関する知見は少ないものの、山口県による調査船調査（2015～2018）では、島根県沖の水深 136～150 m において全長 10 cm 未満の幼魚が複数年にわたり採集されている。

(2) 年齢・成長

島根県浜田沖で採集された標本について、耳石表面観察法による年齢査定に基づき推定

した本系群の年齢と全長・体重の関係は、以下の通りである（図 2、道根 1994）。

$$\text{雌 } L_t = 516(1 - \exp(-0.197(t - 0.361))), \quad BW = 1.41L^{3.34} \cdot 10^{-6}$$

$$\text{雄 } L_t = 334(1 - \exp(-0.314(t - 0.279))), \quad BW = 2.06L^{3.27} \cdot 10^{-6}$$

ここで、 L_t は t 歳時（1 月）における全長（mm）、 t は年齢、 BW は体重である。雌雄ともに 2 歳までは同程度の成長であるが、3 歳をすぎると雄の成長が雌に比べて緩やかになり、その後雌は 4 歳で全長 26 cm、5 歳で 31 cm、6 歳で 35 cm、7 歳で 38 cm に、雄は 4 歳で全長 23 cm、5 歳で 26 cm に成長する。本海域における成長は山陰東部、日本海北部、石狩湾などの他海域よりも速いことが知られている（渡辺 1956）。

寿命は雌の方が長く、雌は最大で 7 歳、雄は 5 歳の個体が確認されている（道根 1994）。

(3) 成熟・産卵

雄は 2 歳（全長 13 cm）、雌は 3 歳（全長 22 cm）から成熟を開始する。日本海西部における主産卵場は対馬周辺海域であり、産卵期は 1～4 月頃である（大内 1954、渡辺 1956、道根 1994）。ただし、隠岐周辺海域でも雌の成熟・放卵個体や 10 cm 以下の小型魚が認められることから、対馬周辺海域以外でも産卵を行なっている可能性が示唆されている（道根 1994）。本系群の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

年間を通してエビジャコ類やオキアミ類などの大型甲殻類を主に捕食し、秋～冬季はエビジャコ類、春季はオキアミが多い（渡辺 1956）。食性は成長に伴って変化し、全長 15 cm 以上ではキュウリエソやワニギスなどの魚類、20 cm 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、道根 1994）。主な捕食者は不明である。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群の漁場は、漁法と所属県によって異なる。1 そうびき沖底では、兵庫県船が山口県見島以東、鳥取県船が島根県大田市沖以東で主に操業し、2 そうびき沖底では対馬周辺海域から島根県沖、小底では島根県沖が中心である。

本系群の漁法別の漁獲量は、小底の漁獲量の情報が 1986 年以降に限られるものの、1990 年代前半までは沖底が 80～90% を占めていた（図 3、表 1）。しかし、1990 年代後半以降は小底の漁獲割合が漸増し、近年は 30% 以上の水準で推移している。2018 年は沖合での漁獲が減少した一方で、小底が操業する島根県沿岸での漁獲が増加したため、小底の占める割合は 1986 年以降最高の 44% であった。

沖底では 1 そうびきの漁獲量が 2 そうびきよりも多く、1 そうびき・2 そうびきの近年の漁獲比率は平均して 3 : 1 程度である。

(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 14 百トンまで減少したが、2008 年には 40 百トンに増加した。以降の漁獲量は 20～30 百トンの範囲で変動しながら推移しており、2018 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（補足資料 3）は 1990 年代には約 100 千網の水準にあったが、その後減少傾向にある。特に 2016 年からは急減し、2018 年は 36 千網であった（図 4、表 2）。2 そうびき沖底の有効漁獲努力量は 1980 年代の約 40 千網から増減を繰り返しながらも減少傾向にあり、2018 年は 15 千網であった（図 4、表 2）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

本系群の資源量は、資源密度指数（補足資料 3）を考慮したコホート解析により推定した（補足資料 1、2）。年齢別漁獲尾数は鳥取県・島根県の銘柄別体長組成・漁獲量と、沖底・小底の漁獲統計情報を用いて求めた。チューニング指数は、漁獲量の大半を占める沖底の資源密度指数（kg/網）を用いた。

資源水準は沖底の資源密度指数を、資源動向は直近 5 年間の資源量の推移に基づきそれぞれ判断した。

(2) 資源量指標値の推移

資源量指標値として用いた資源密度指数は、1 そうびき・2 そうびき沖底ともに 1970 年代に最高値（それぞれ 51.2、58.0）となったあと、1980 年代以降減少に転じて 2004 年に最低値（14.0、9.3）となった（図 5、表 2）。その後 2008 年まで増加傾向を示し、以後 20.0～40.0 の範囲で増減を繰り返している。2018 年の資源密度指数はそれぞれ 24.1、25.3 であり、前年に比べて 1 そうびき・2 そうびきともに減少した。

(3) 漁獲物の年齢組成

1997～2018 年の年齢別漁獲尾数を求めた（図 6、補足資料 4）。本系群は 0 歳は漁獲されず、1 歳で漁獲されはじめ、2 歳で完全加入する。したがって、例年 2 歳魚の漁獲尾数が全体の概ね半数を占めており、2018 年においても同様の傾向であった。2018 年は 3、4 歳の漁獲尾数が増加した一方で、1、2 歳は減少したため、全体としては 2017 年よりもわずかに漁獲尾数が減少した。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析（補足資料 2）により推定した資源量（1 歳以上）を図 7、表 3 に示す。資源量は 1999 年に最高値の 137 百トンとなった後、2004 年には過去最低の 58 百トンまで減少した。2007 年に 115 百トンまで増加した後は再び減少傾向にあったが、2016 年以降は増加に転じ、2018 年の資源量は 108 百トンであった。漁獲割合は 1999～2003 年には 35～44% だったが、2005 年には 23% まで低下した。以降、30% 前後で増減を繰り返していたが、2015 年以降減少傾向が続き、2018 年の漁獲割合は 21% であった。

コホート解析により推定した親魚量の推移は、資源量の推移と概ね同調している。2000年に過去最高の52百トンとなった後、資源量が過去最低となった2004年には、親魚量も同じく過去最低となる24百トンまで減少した。2008年に50百トンまで回復した後は再び減少したが、2016年以降増加に転じ、2018年の親魚量は47百トンであった(図8、表3)。

本系群では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定義した。加入量は1998年に最高値の85百万尾となった後、2003年まで減少していたが、2004年以降は35百万尾以上に回復し、2018年には46百万尾となった(図8、表3)。

親魚量と加入量の関係を図9に示した。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)には5~7年ごとに周期的な変動が見られ、特に1997、2004、2005、2016年は他の年と比較して高かった(図10)。1997~2016年の中央値(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)の感度解析の結果を図11に示す。Mを0.3から0.1(33%)増減させたとき、2018年の資源量は84~122%、親魚量は85~120%、加入量は77~132%変化し、いずれもMの変動幅より小さかった。ただし、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、補足資料4)。その後、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に対応して漁獲係数も漸減しており、特に2015年以降は大きく低下した。2018年の漁獲係数は過去最低の0.27となった。

(5) Blimit の設定

前項の通り、親魚量は2004年に過去最低の24百トンとなった(図8)。このときの資源水準も低位であったが、のちに中位まで回復した(図5)ことから、「1997年以降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

本系群では1そうびき・2そうびき沖底の主漁場が異なっていること、また漁獲比率が概ね3:1となっていることから、それぞれの資源密度指数の3:1の加重平均をとったものを系群全体の資源密度指数として、資源水準の判断に用いた。指数の過去最高値と0の三等分点を高位、中位、低位の基準点とした。資源密度指数の加重平均は、2018年では24.4であり、低位・中位の境界である17.6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、直近5年間の資源量の推移から増加と判断した(図7)。

(7) 今後の加入量の見積もり

将来予測における加入量は、1997~2017年の加入量の平均値(49,586千尾)と仮定した。これは、昨年度まで用いていた前年親魚量にRPSmedを乗じる方法では、親魚量が高い水準にある現状において、過去に経験のないきわめて高い加入量を見積もってしまうためである。なお、この方法では親魚が減少した場合に加入量を過大に見積もる可能性があるため、今後より適切な再生産関係を検討する必要がある。

(8) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

年齢別選択率は 2018 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。現状の F 値（ $F_{current}$: 0.33）は F_{med} （0.49）および $F_{30\%SPR}$ （0.35）より低かった一方で、 $F_{0.1}$ （0.28）を上回った。

5. 2020 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 百トンに減少したものの、2007 年は 115 百トンに増加した。その後 2015 年まで減少し続け、2016 年以降は再び増加に転じて 2018 年の資源量は 108 百トンと推定された。資源密度指数より資源水準は中位、直近 5 年の資源量の変化から動向は増加と判断した。

本系群の F 値は、2006 年以降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} を大きく上回っている。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であると考えられる。

(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 $F_{target} = F_{limit} \times \alpha$ とし、 α は標準値の 0.8 とした。なお、 F_{med} は資源計算を行った過去 20 年間（1997～2016 年）の再生産成功率の中央値（ RPS_{med} ）に対応する 3 歳の F を探索し、各年齢の F の単純平均とした。

管理基準	Target / Limit	2020 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
Fmed	Target	34	28	0.39 (+19%)
	Limit	41	33	0.49 (+48%)

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、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。 $F_{target} = \alpha F_{limit}$ とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。現状の F 値（ $F_{current}$ ）は 2016～2018 年の F の平均値（0.33）である。漁獲割合は 2020 年の漁獲量／資源量、F 値は各年齢の平均値である。

(3) ABC の評価

ABC 算定と同じ仮定のもとで、2018 年の年齢別選択率のもと 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。現状の F 値（ $F_{current}$ 、2016～2018

年の F の平均値) は「親魚量を維持する」ための F 値 (Fmed) よりも低く、資源量、親魚量および漁獲量は徐々に増加し、その後横ばいになると予測された。一方、管理基準値の Fmed で漁獲した場合は資源量、親魚量および漁獲量は 2020 年まで増加した後、漸減し、2018 年に近い水準で推移する。

管理基準	F 値	漁獲量 (百トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
F0.1	0.28	22	28	27	28	29	29	30	30
Fcurrent	0.33	22	28	30	30	30	31	31	31
0.8Fmed	0.39	22	28	34	33	32	32	32	32
Fmed	0.49	22	28	41	36	34	33	32	32
		資源量 (百トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
F0.1	0.28	108	119	124	129	134	136	137	138
Fcurrent	0.33	108	119	124	125	126	127	127	128
0.8Fmed	0.39	108	119	124	120	118	117	116	116
Fmed	0.49	108	119	124	112	106	103	102	102
		親魚量 (百トン)							
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
F0.1	0.28	47	60	64	68	73	75	76	77
Fcurrent	0.33	47	60	64	64	66	66	67	67
0.8Fmed	0.39	47	60	64	60	59	57	57	57
Fmed	0.49	47	60	64	53	48	45	43	43

Fcurrent は 2016~2018 年の F の平均値である。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
2018 年年齢別漁獲尾数および年齢別体重 2018 年資源密度指数	2018 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) (実際の F 値)
2018 年 (当初)	Fmed	0.48	120	37	31	
2018 年(2018 年再評価)	Fmed	0.48	121	39	33	
2018 年(2019 年再評価)	Fmed	0.49	108	35	30	22 (0.27)
2019 年 (当初)	Fmed	0.48	142	44	37	
2019 年(2019 年再評価)	Fmed	0.49	119	38	32	

2018 年 ABC (2019 年再評価) は当初および 2018 年評価時の ABC に対して下方修正されており、limit 値で 35 百トンに更新された。2018 年の漁獲量は 22 百トンであった。2019 年 ABC (2019 年再評価) も当初 ABC の 44 百トンに対して 38 百トンと下方修正された。これは、今年度求めた 2018 年の資源量推定値が 2017 年までのデータから推定した値よりも下方修正されたことと、将来予測における加入量の仮定を変更した影響で 2019 年の加入量の見積もりが減少したことが原因である。なお、再評価において RPS の値が 1 年追加されたが (図 9)、RPSmed および Fmed の値はほとんど変化しなかった。

6. ABC 以外の管理方策の提言

本系群の 1 歳魚が漁獲全体に占める割合や、1 歳魚の漁獲係数 F は、2013 年以降低い値を示している (図 6、補足資料 4)。しかし、商品サイズにならない 15 cm 以下の小型個体が投棄されている実態があることから (村山ほか 1991、道根 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である。同様に、本系群の漁獲主体は 2 歳魚であるが (図 6)、特に 3 歳以降成熟を開始する雌は未熟個体が多く漁獲されていると考えられ、親魚量保護の観点からも漁獲サイズの引き上げが重要である。

一般的に底びき網で漁獲された漁獲物は水揚げ時点で死亡していることが多いため、小型魚・未成魚の保護には水揚げ前のサイズ選択的な漁獲が有効である。ソウハチではこれまで網目拡大による方法が検討されており、49~60 mm 程度まで網目を拡大しても水揚げ物の漁獲量には影響がないことが報告されている (村山ほか 1991、道根 1994)。一方で、網目選択性が極端に異なる複数魚種を漁獲する底びき網漁業の特性上、単一種に着目した網目拡大は他魚種の漁獲量減少を伴うことも指摘されている。この点において、ソウハチ小型魚の入網を防ぎつつ、複数魚種のサイズ選択性を備える二段式分離選択網 (藤原・上田 2014) などは未成熟魚の保護に有用であると期待され、今後の導入・普及が望まれる。

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.
- 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.
- 金丸信一 (1996) ソウハチ水深 700 m にも分布か!?. 日本海ブロック試験研究集録, **34**, 89-91.
- 道根 淳 (1994) II-1 ソウハチ. 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), 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, 118 pp.
- 村山達郎・由木雄一・道根 淳 (1991) 沖合漁場資源調査 沖合底曳網漁業における適正網目の推定. 平成 3 年度 (1991) 事業報告, 島根県水産試験場, 37-49.
- 中坊徹次・土居内龍 (2013) カレイ科. 「日本海産魚類検索 全種の同定 第三版」中坊徹次編, 東海大学出版会, 秦野, 1675-1683.
- 大内 明 (1954) 鱗によるソウハチの年齢及び成長. 日水研業績集, **1**, 27-32.
- 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.
- 山田梅芳・時村宗春・堀川博史・中坊徹次 (2007) 「東シナ海・黄海の魚類誌」. 水産総合センター叢書, 東海大学出版会, 秦野, 1262 pp.

(執筆者: 吉川 茜、飯田真也、八木佑太、藤原邦浩、上田祐司)

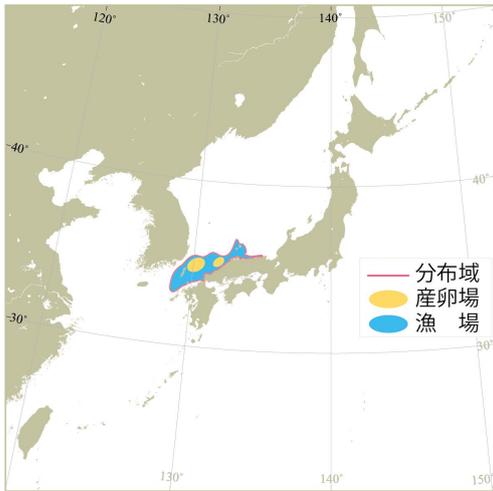


図1. ソウハチ日本海系群の分布

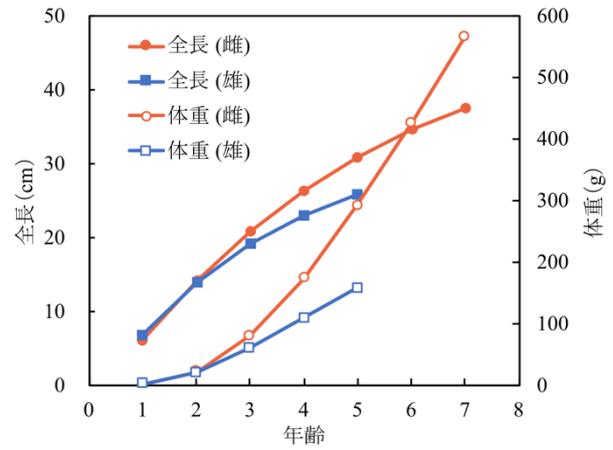


図2. 年齢と成長

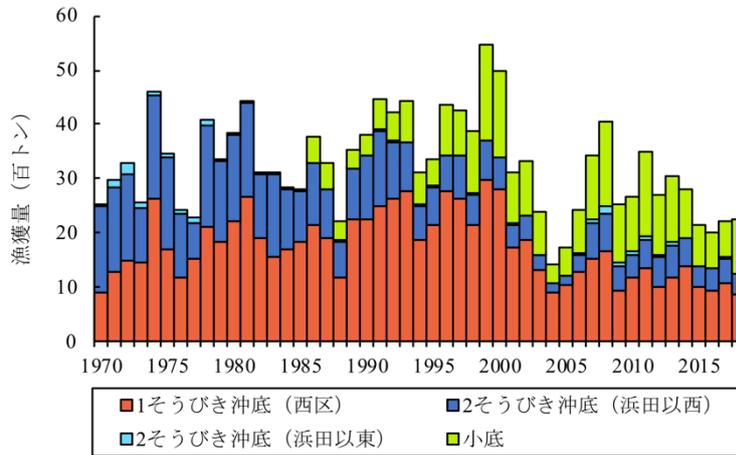


図3. ソウハチ日本海系群の漁獲量の推移
1985年以前の小底の漁獲データ無し。

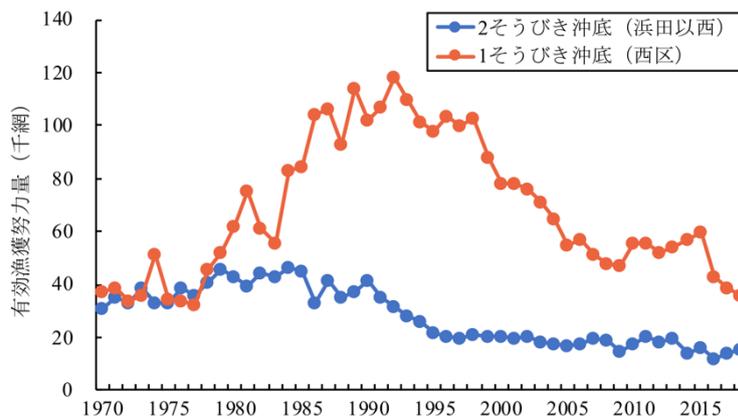


図4. 沖合底びき網の有効漁獲努力量の推移

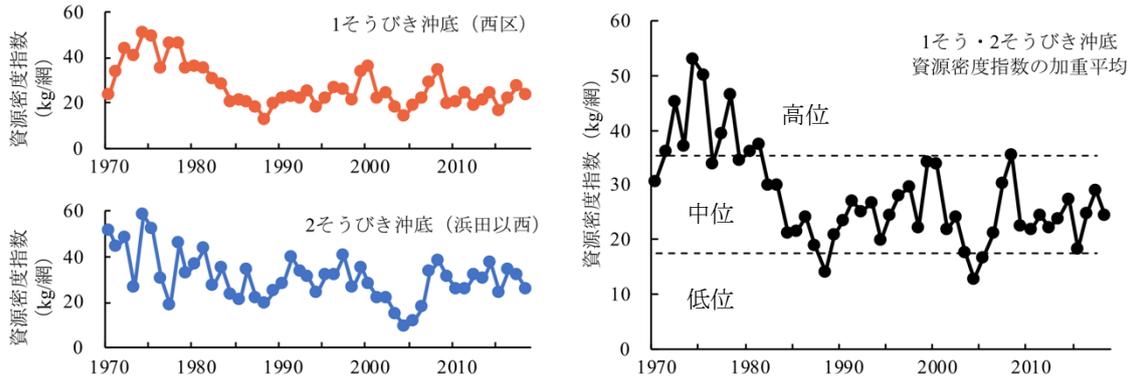


図5. 沖合底びき網データから推定した資源密度指数の推移
 1そうびき沖底（左上）、2そうびき沖底（左下）、1そうびき沖底に3倍の重みを加えた1そうびき沖底、2そうびき沖底の資源密度指数の加重平均（右）。
 図中の点線は最高点と0の間の三等分線で示された水準の境を示す。

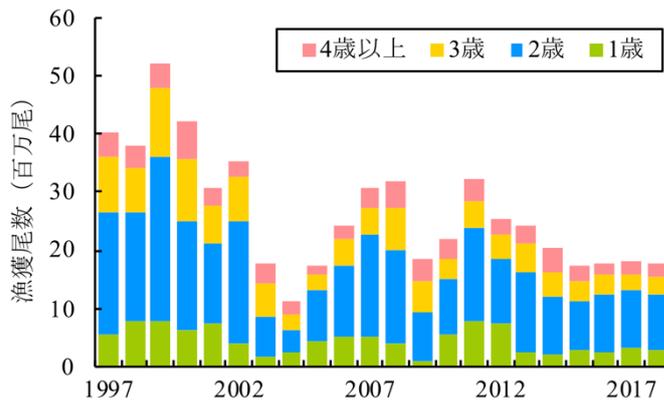


図6. 年齢別漁獲尾数の推移

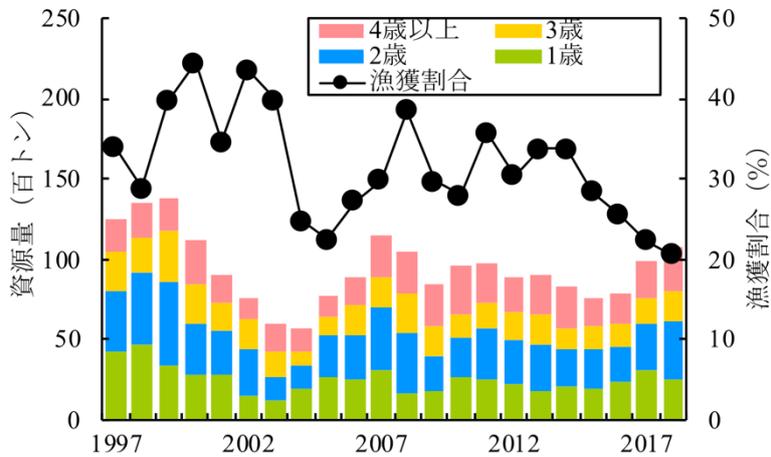


図7. 資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）の推移

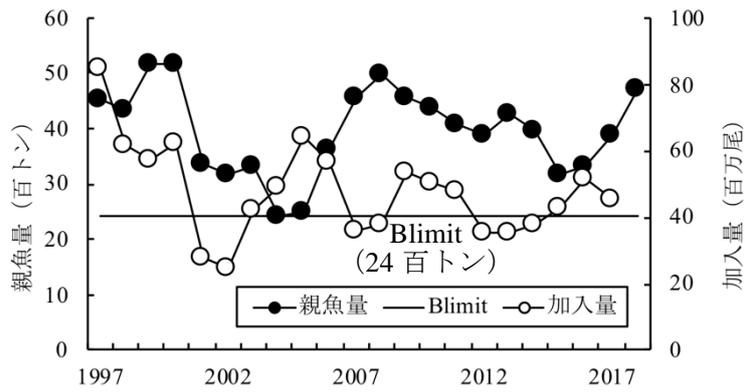


図 8. 親魚量と加入量（1 歳魚）の推移
 加入量は加入年ではなく発生年を横軸としている。

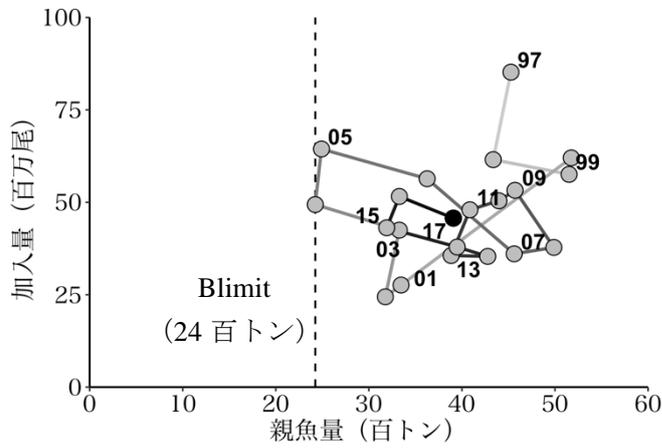


図 9. 親魚量と加入量（1 歳魚）の関係
 図中の数字は産卵年の下 2 桁を示す。

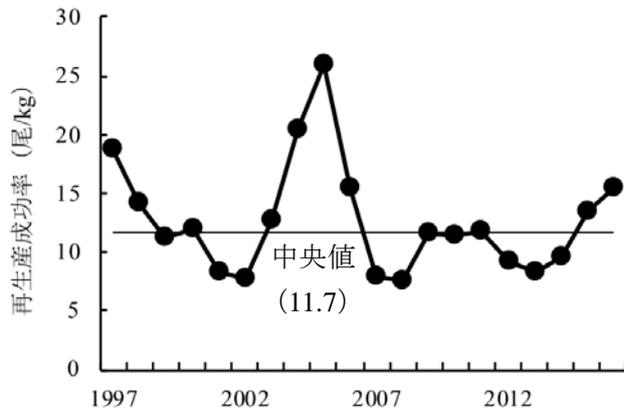


図 10. 再生産成功率の推移
 中央値の値は 1997～2016 年のデータで計算。

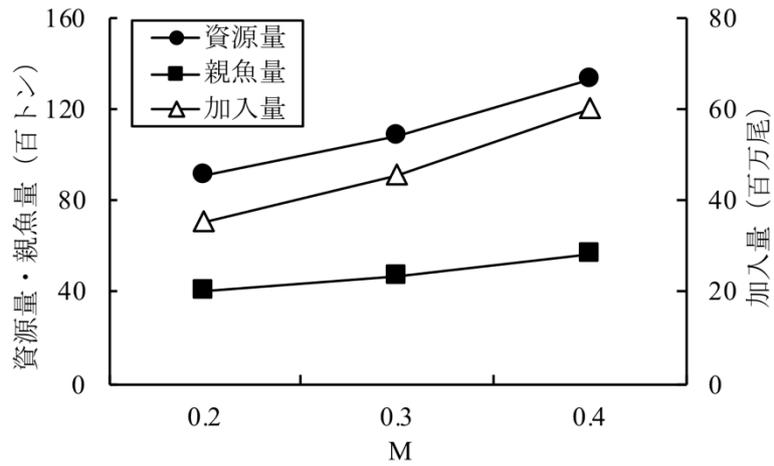


図 11. M と 2018 年資源量、親魚量、加入量 (1 歳魚) の関係

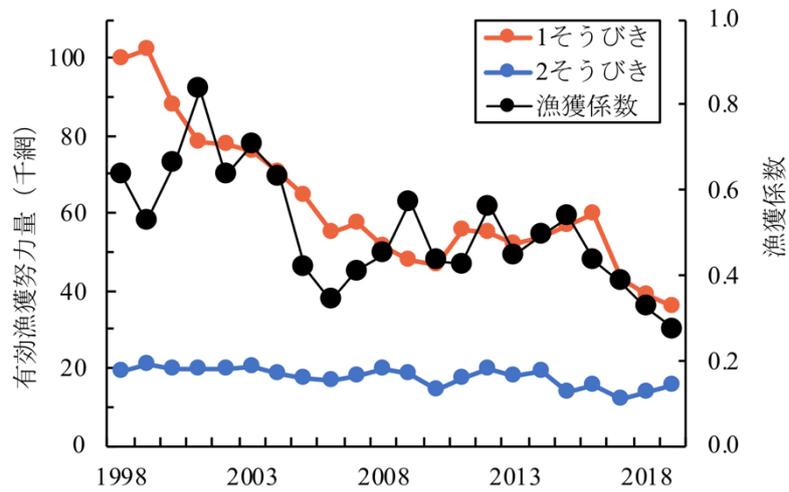


図 12. 漁獲係数と有効漁獲努力量の推移
 漁獲係数は各年齢の F 値の単純平均。

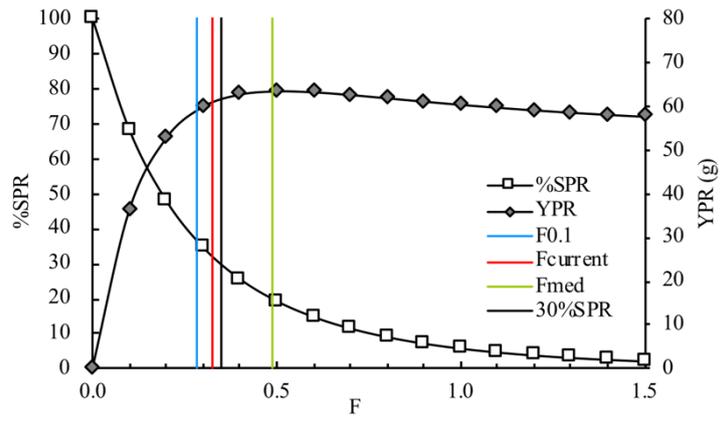


図 13. %SPR、YPR と F の関係

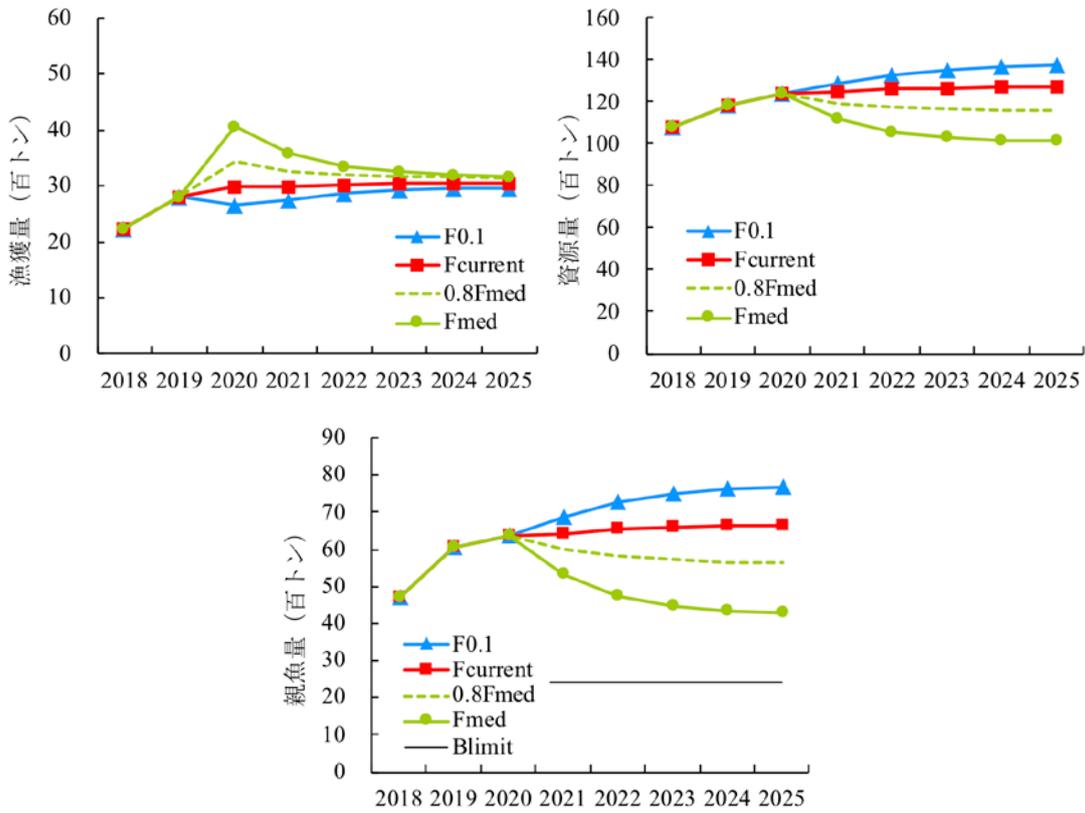


図 14. 様々な F による漁獲量 (左上)、資源量 (右上)、親魚量 (下) の予測

表 1. ソウハチ日本海系群の漁業種類別漁獲量 (トン)

年	2そうびき沖底		1そう沖底	小型底びき網	計
	浜田以西	浜田以东	日本海西部		
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
2014	518	15	1,377	905	2,815
2015	376	17	993	773	2,159
2016	412	11	940	659	2,022
2017	444	25	1,082	671	2,222
2018	389	3	864	983	2,239

表 2. ソウハチ日本海系群の有効漁獲努力量および資源密度指数

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	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
2016	43,021	12,060	21.8	34.2	24.9
2017	38,722	13,815	27.9	32.2	29.0
2018	35,857	15,385	24.1	25.3	24.4

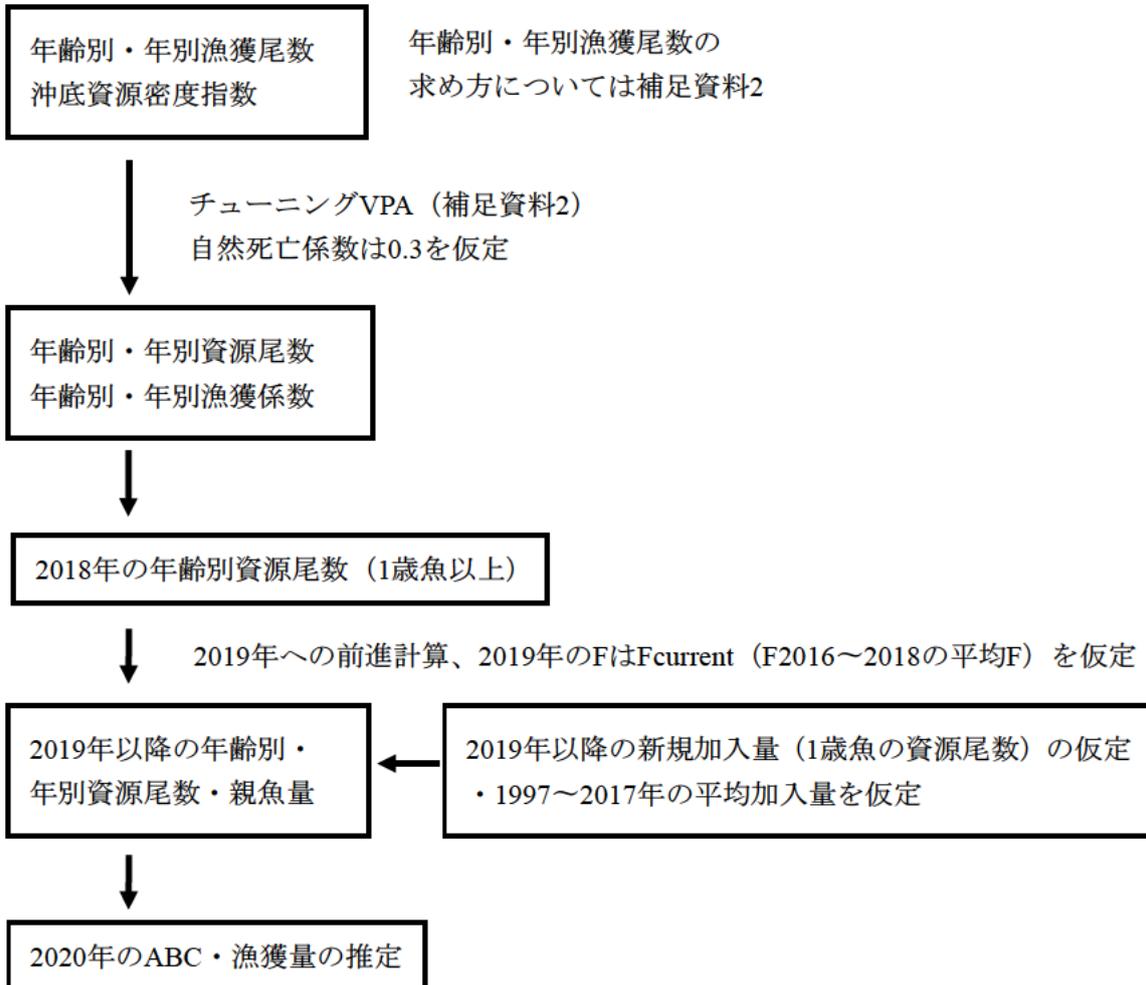
資源密度指数の加重平均は、2そうびき沖底に対して1そうびき沖底に3倍の重みを持たせて算出した。

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	13,749	5,151	57,558	40	11.17
2000	4,996	11,243	5,175	62,021	44	11.98
2001	3,108	8,974	3,346	27,619	35	8.25
2002	3,308	7,583	3,177	24,437	44	7.69
2003	2,397	6,013	3,327	42,465	40	12.76
2004	1,429	5,772	2,424	49,395	25	20.38
2005	1,738	7,714	2,491	64,420	23	25.87
2006	2,424	8,909	3,626	56,377	27	15.55
2007	3,443	11,535	4,562	36,062	30	7.91
2008	4,036	10,474	4,988	37,798	39	7.58
2009	2,531	8,498	4,570	53,252	30	11.65
2010	2,672	9,555	4,397	50,411	28	11.46
2011	3,483	9,736	4,086	47,977	36	11.74
2012	2,713	8,896	3,884	35,601	31	9.16
2013	3,032	8,973	4,277	35,366	34	8.27
2014	2,815	8,330	3,949	37,905	34	9.60
2015	2,159	7,582	3,192	43,112	28	13.51
2016	2,022	7,906	3,327	51,587	26	15.50
2017	2,222	9,974	3,908	45,708	22	11.70
2018	2,239	10,826	4,712	-	21	-

1歳加入尾数：対象年に発生した年級群の、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、鳥取県賀露港における銘柄別の体長組成、精密測定および銘柄別漁獲量を基礎資料として、これ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た。雌雄別体長組成をもとに雌雄別および4半期別(1-3月、4-6月、7-9月、10-12月)の体長-体重関係を用いて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すことで1 そうびき沖底の体長別漁獲尾数を計算した。さらに、雌雄別および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-体重関係を用いて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(島根県が主体)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-体重関係およ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 ($M=2.5 \div \text{最高年齢} 8 \text{歳} \div 0.3$) 求めた。3歳(添え字:3)、4歳以上(添え字:4+)には、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(2018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、最近年を除く直近3年（2015～2017年）の2、3歳のFの平均値をそれぞれ求め、「3歳の平均Fに対する2歳の平均F」の比率を以下で推定される最近年の3歳のFに乗じて計算した。

2001年から最近年までの2歳魚以上の資源量と1そうびき・2そうびき沖底の資源密度指数の残差平方和を（6）、（7）式により求め、これを最小化するような最近年の3歳魚のFを求めた。このとき、1そうびき・2そうびき沖底の漁獲量の比率は平均的に3：1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。

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

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

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、 Y は最近年、 n は2001年から最近年までの年数を表す。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、1997～2016年の再生産成功率（RPSmed）に2017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。

2019年以降における2歳魚以上の資源尾数は最近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。2019年以降の加入量は、1997～2017年の加入量の平均値（49,586千尾）と仮定した。2019年初めの資源量は現状の漁獲圧（ F_{current} 、直近3年のFの平均値）を、2020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、それぞれ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 分柘目）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 分柘目の漁区に細分し、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。

