

令和 2（2020）年度ソウハチ日本海系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：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、標準化 CPUE 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 年以降は再び増加傾向に転じた。2019 年の資源量は前年よりわずかに増加し、100 百トンと推定された。沖底の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。2021 年の ABC は、親魚量の維持を管理目標として、1997～2017 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	2021 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値からの増減%)
Fmed	Target	34	27	0.38 (+17%)
	Limit	40	32	0.48 (+46%)

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 2017～2019 年の F の平均値（0.33）である。漁獲割合は 2021 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 (%)
2017	87	34	22	0.39	26
2018	97	38	22	0.34	23
2019	100	44	19	0.26	19
2020	119	62	28	0.33	24
2021	125	65	-	-	-

2020 年、2021 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（2015～2019）では、山口県沖の水深 128～151 m において全長 15 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。

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 そうびきの漁獲比率は3:1程度であるが、近年の1 そうびきの漁獲比率は低下傾向にある（補足資料4）。

(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、2019年の漁獲量は19百トンであった（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、2019年は38千網であった（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、2019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、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。2019 年の資源密度指数はそれぞれ 19.9、35.5 であり、前年に比べて 1 そうびきは減少、2 そうびきは増加した。

(3) 漁獲物の年齢組成

1997～2019 年の年齢別漁獲尾数を求めた (図 6、補足資料 5)。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半数程度を占めており、2019 年においても同様の傾向であった。2019 年は 2 歳が前年より増加したが、他の年齢 (特に 1 歳) は減少したため、全体としては前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 年以降は増加傾向に転じ、2019 年の資源量は 100 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いており、2019 年の漁獲割合はコホート解析期間の中では最低値となる 19% 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、2019 年の親魚量は 44 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 30 百万尾以上に回復し、2019 年は前年より減少して 44 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 年は他の年と比較して高かった (図 10)。1997～2017 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、2019 年の資源量は 83～124%、親魚量は 84～122%、加入量は 78～134% 変化し、加入量を除いていずれも M の変動幅より小さかった。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 年までに過去最低の 0.34 に低下した（図 12、補足資料 5）。その後は増減を繰り返しながら漸増していたが、漁獲量の多い 1 そうびき沖底の有効漁獲努力量が大きく低下したことに対応して、2015 年以降は低下し続けている。2019 年の漁獲係数は過去最低の 0.26 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、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、2019 年では 23.8 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、1997～2018 年の加入量の平均値（48,862 千尾）と仮定した。これは、平成 30 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 2019 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（Fcurrent : 0.33）は Fmed（0.48）や F30%SPR（0.34）より低かった一方で、F0.1（0.28）を上回った。

5. 2021 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 年以降は増加傾向に転じ、2019 年の資源量は 100 百トンと推定された。沖底の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、2005 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 Blimit を上回っている。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 21 年間 (1997~2017 年) の再生産成功率の中央値 (RPS_{med}) に対応する 3 歳魚の F を探索し、各年齢の F の単純平均とした。

管理基準	Target/ Limit	2021 年 ABC (百トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
Fmed	Target	34	27	0.38 (+17%)
	Limit	40	32	0.48 (+46%)

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 2017~2019 年の F の平均値 (0.33) である。漁獲割合は 2021 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、2019 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 ($F_{current}$ 、2017~2019 年の F の平均値) は「親魚量を維持する」ための F 値 (F_{med}) よりも低く、資源量、親魚量および漁獲量は現状の水準を維持したまま推移すると予測された。一方、管理基準値の F_{med} で漁獲した場合は資源量、親魚量および漁獲量は 2021 年まで増加した後、2024 年まで減少したのち、横ばいで推移する。

管理基準	F 値	漁獲量(百トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
F0.1	0.28	19	28	27	28	29	29	29	29
Fcurrent	0.33	19	28	30	30	30	30	30	30
0.8Fmed	0.38	19	28	34	32	32	31	31	31
Fmed	0.48	19	28	40	36	33	32	32	31
		資源量(百トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
F0.1	0.28	100	119	125	129	133	135	136	136
Fcurrent	0.33	100	119	125	125	126	126	127	127
0.8Fmed	0.38	100	119	125	120	118	117	116	116
Fmed	0.48	100	119	125	113	106	103	102	101
		親魚量(百トン)							
		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
F0.1	0.28	44	62	65	68	72	74	76	76
Fcurrent	0.33	44	62	65	65	66	66	67	67
0.8Fmed	0.38	44	62	65	61	58	57	57	56
Fmed	0.48	44	62	65	54	47	44	43	43

Fcurrent は 2017～2019 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
2019 年年齢別漁獲尾数および年齢別体重 2019 年沖底資源密度指数	2019 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)
2019 年(当初)	Fmed	0.48	142	44	37	
2019 年(2019 年 再評価)	Fmed	0.49	119	38	32	
2019 年(2020 年 再評価)	Fmed	0.48	100	32	27	19 (0.26)
2020 年(当初)	Fmed	0.49	124	41	34	
2020 年(2020 年 再評価)	Fmed	0.48	119	38	32	

2019 年 ABC (2020 年再評価) は当初および 2019 年再評価時の ABC に対して下方修正されており、limit 値で 32 百トンに更新された。2019 年の漁獲量は 19 百トンであった。2020 年 ABC (2020 年再評価) も当初 ABClimit の 41 百トンに対して 38 百トンと下方修正され

た。これらは、今年度求めた 2019 年の資源量推定値が 2018 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 年以降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 10）、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 5）。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・花淵靖子・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)

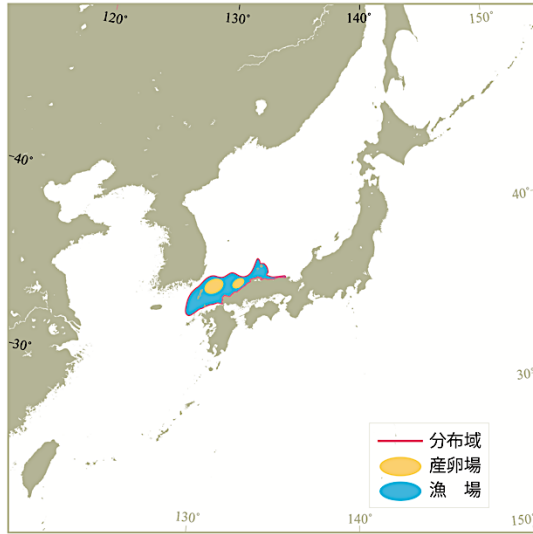


図1. ソウハチ日本海系群の分布

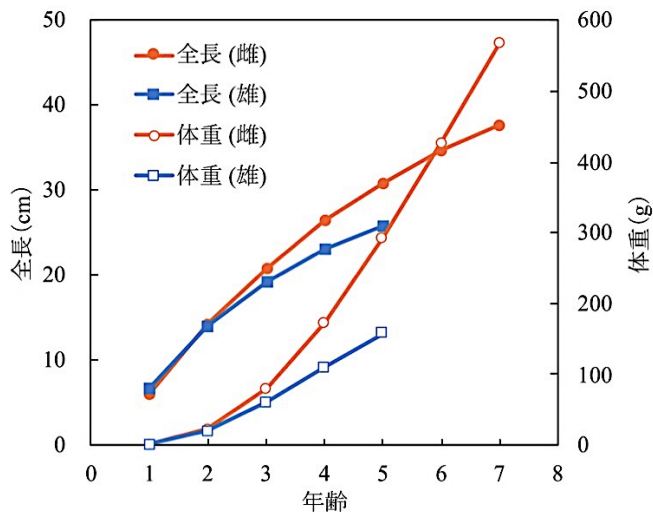


図2. 年齢と成長

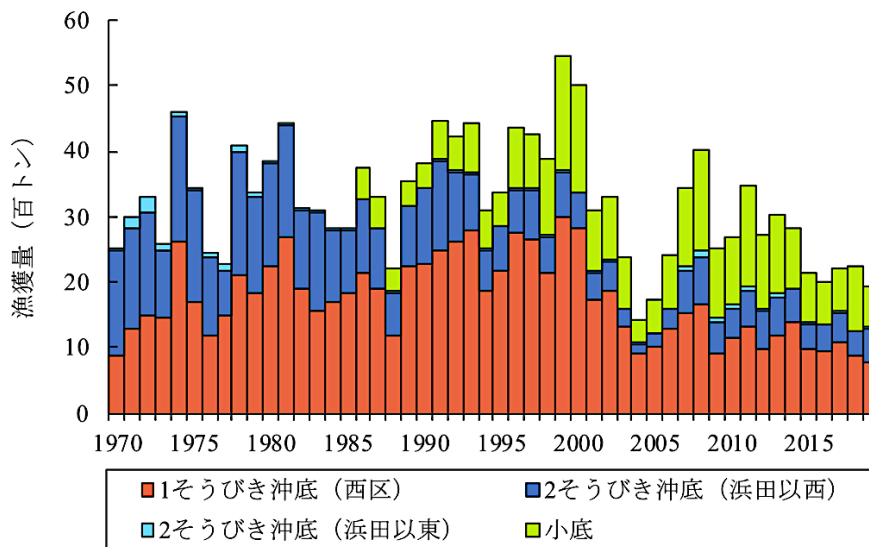


図3. ソウハチ日本海系群の漁獲量の推移 小底の漁獲量統計は1986年開始。

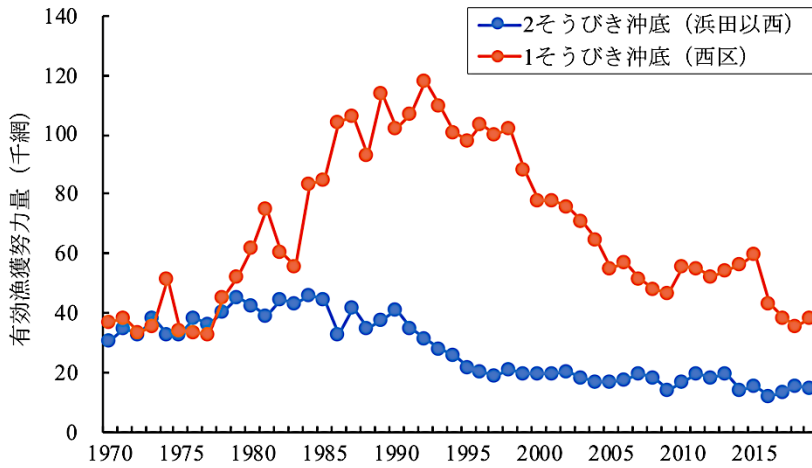


図4. 沖合底びき網の有効漁獲努力量の推移

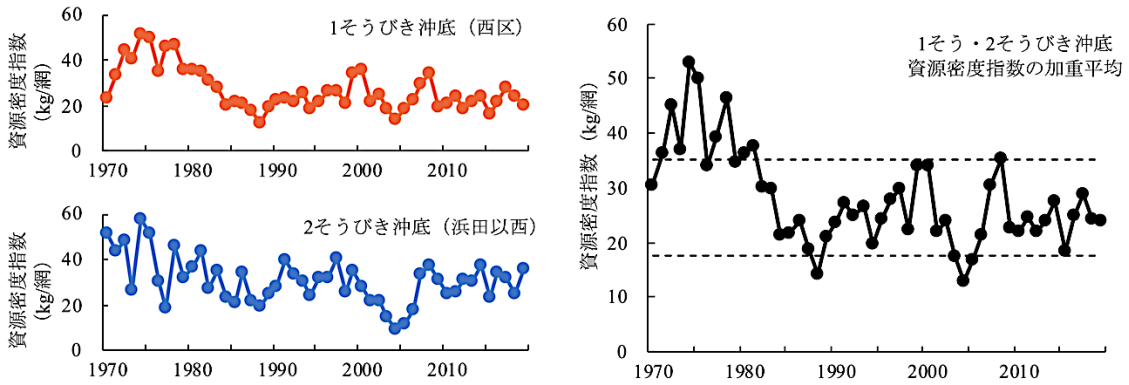


図5. 沖合底びき網の資源密度指数の推移

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。

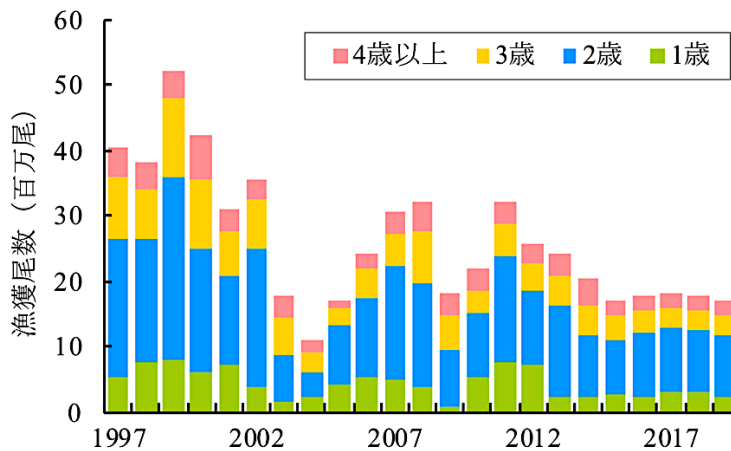


図6. 年齢別漁獲尾数の推移

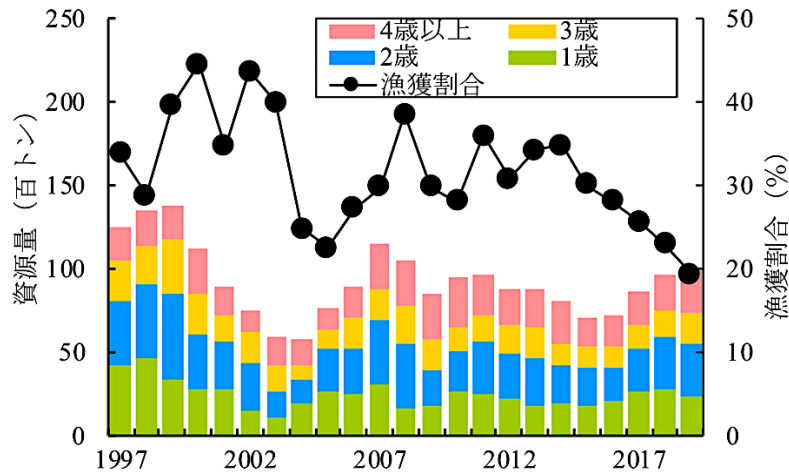


図7. 資源量（棒グラフ）と漁獲割合（折線グラフ）の推移

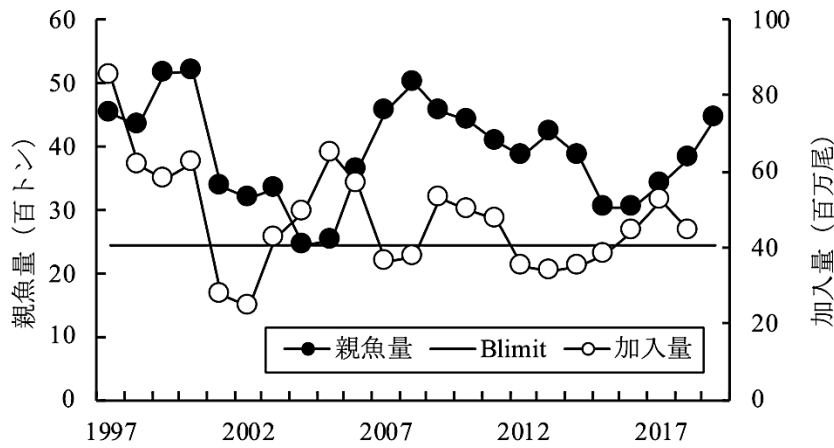


図8. 親魚量と加入量（1歳魚）の推移
 加入量は加入年ではなく発生年を横軸としている。

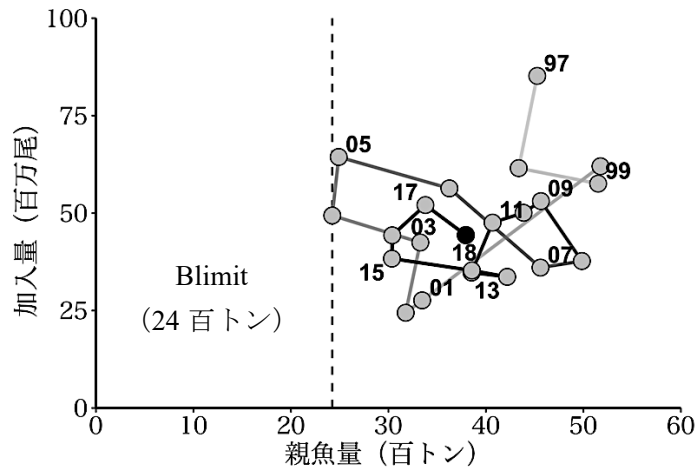


図9. 親魚量と加入量（1歳魚）の関係
 図中の数字は産卵年の下2桁を示す。

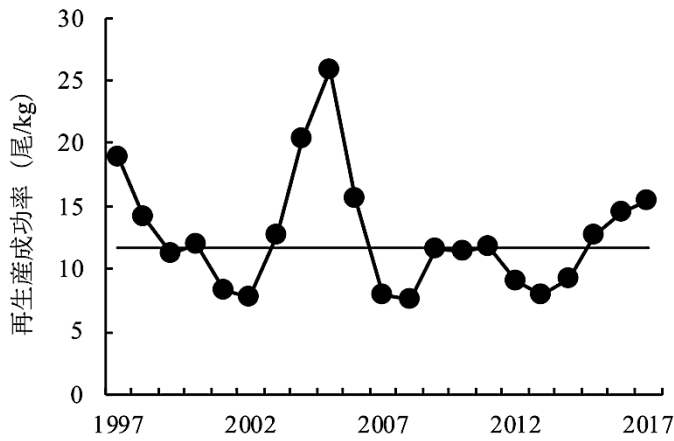


図 10. 再生産成功率の推移
横線は 1997~2017 年の中央値を示す。

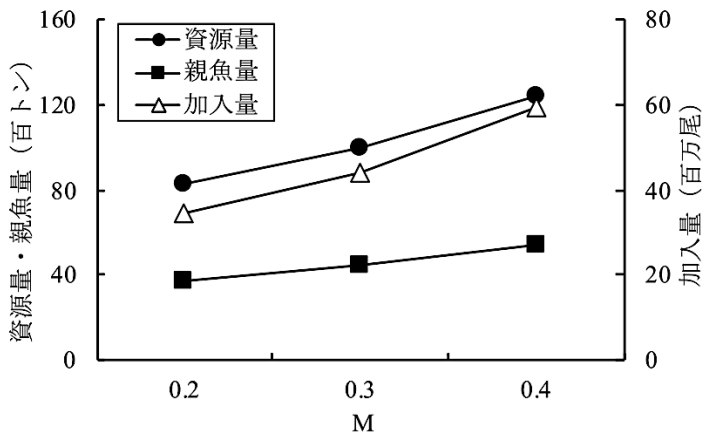


図 11 M と 2019 年資源量、親魚量、加入量 (1 歳魚) の関係

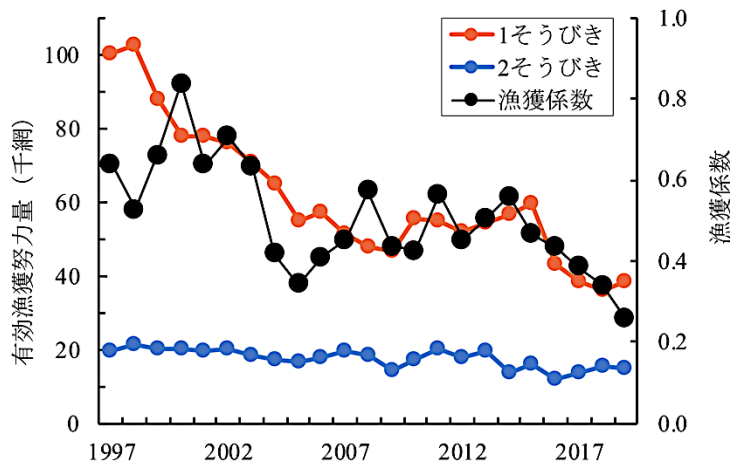


図 12. 漁獲係数と有効漁獲努力量の推移
漁獲係数は各年齢の F 値の単純平均。

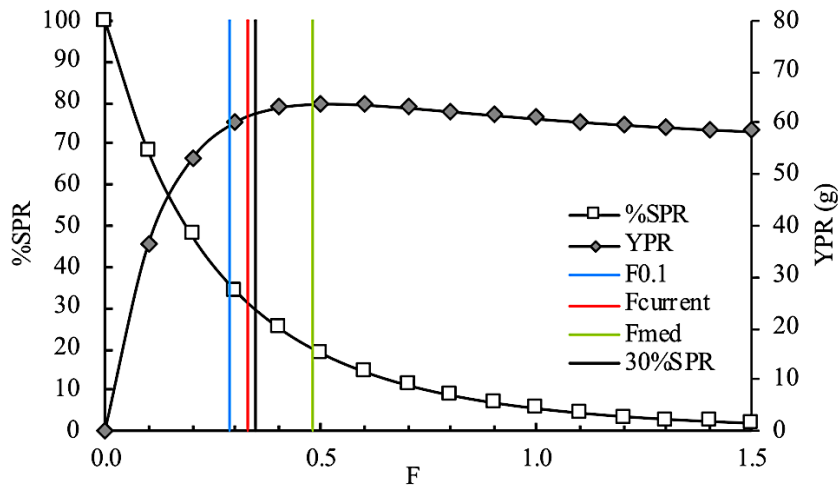


図 13. %SPR、YPR と F の関係

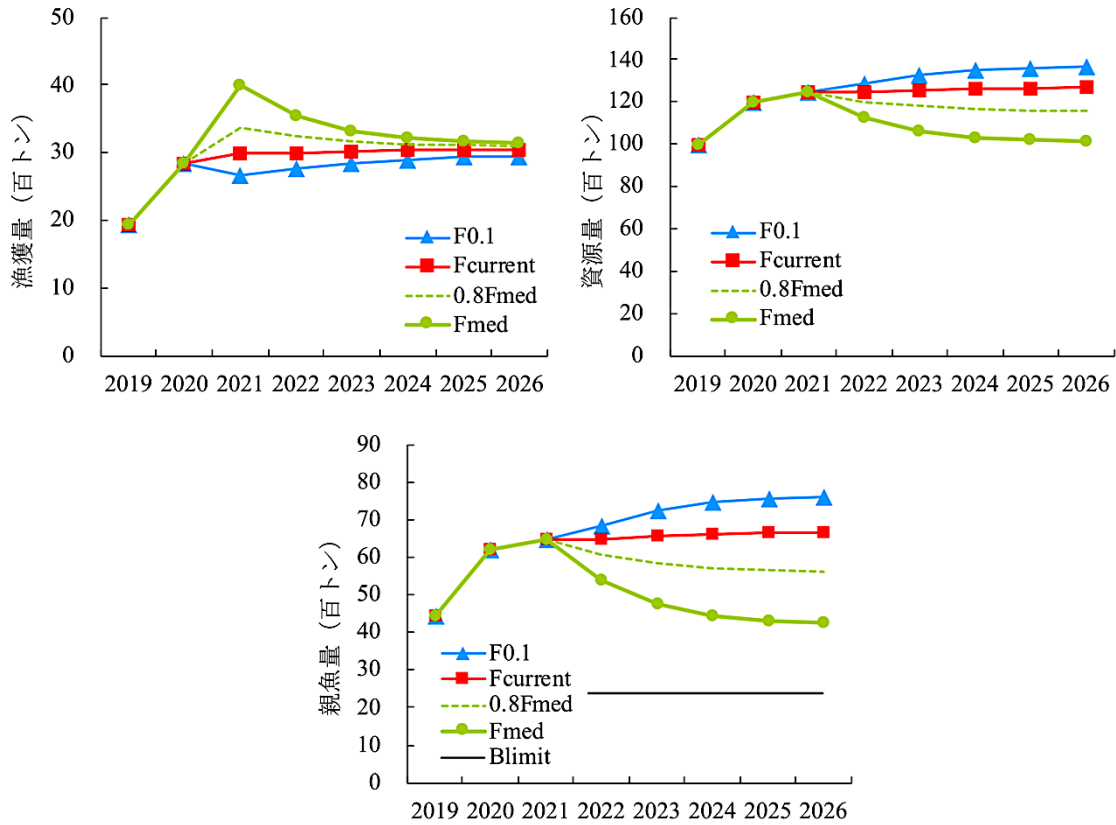


図 14. 様々な F による漁獲量 (左上)、資源量 (右上)、親魚量 (下) の予測

表 1. ソウハチ日本海系群の漁業種類別漁獲量 (トン)

年	2そう沖底		1そう沖底	小底	計	年	2そう沖底		1そう沖底	小底	計
	浜田以西	浜田以东	日本海西部				浜田以西	浜田以东	日本海西部		
1966	941				941	2000	560	8	2,818	1,610	4,996
1967	792				792	2001	437	14	1,718	940	3,108
1968	484				484	2002	447	9	1,880	972	3,308
1969	1,488				1,488	2003	269	5	1,313	810	2,397
1970	1,591	35	885		2,511	2004	160	3	906	361	1,429
1971	1,537	150	1,298		2,985	2005	194	2	1,026	516	1,738
1972	1,582	237	1,481		3,301	2006	320	8	1,282	814	2,424
1973	1,028	100	1,445		2,573	2007	653	91	1,514	1,185	3,443
1974	1,910	83	2,624		4,617	2008	701	129	1,665	1,542	4,036
1975	1,706	61	1,688		3,455	2009	453	64	927	1,087	2,531
1976	1,180	71	1,188		2,440	2010	437	66	1,161	1,009	2,672
1977	681	99	1,506		2,287	2011	519	91	1,335	1,538	3,483
1978	1,873	92	2,109		4,074	2012	568	46	989	1,110	2,713
1979	1,468	47	1,849		3,363	2013	597	46	1,175	1,214	3,032
1980	1,575	16	2,231		3,822	2014	518	15	1,377	905	2,815
1981	1,708	55	2,673		4,435	2015	376	17	993	773	2,159
1982	1,196	5	1,892		3,094	2016	412	11	940	659	2,022
1983	1,514	2	1,563		3,079	2017	444	25	1,082	671	2,222
1984	1,080	4	1,713		2,797	2018	389	3	864	983	2,239
1985	949	3	1,836		2,788	2019	532	8	767	634	1,942
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						

表 2. ソウハチ日本海系群の沖底の有効漁獲努力量および資源密度指数

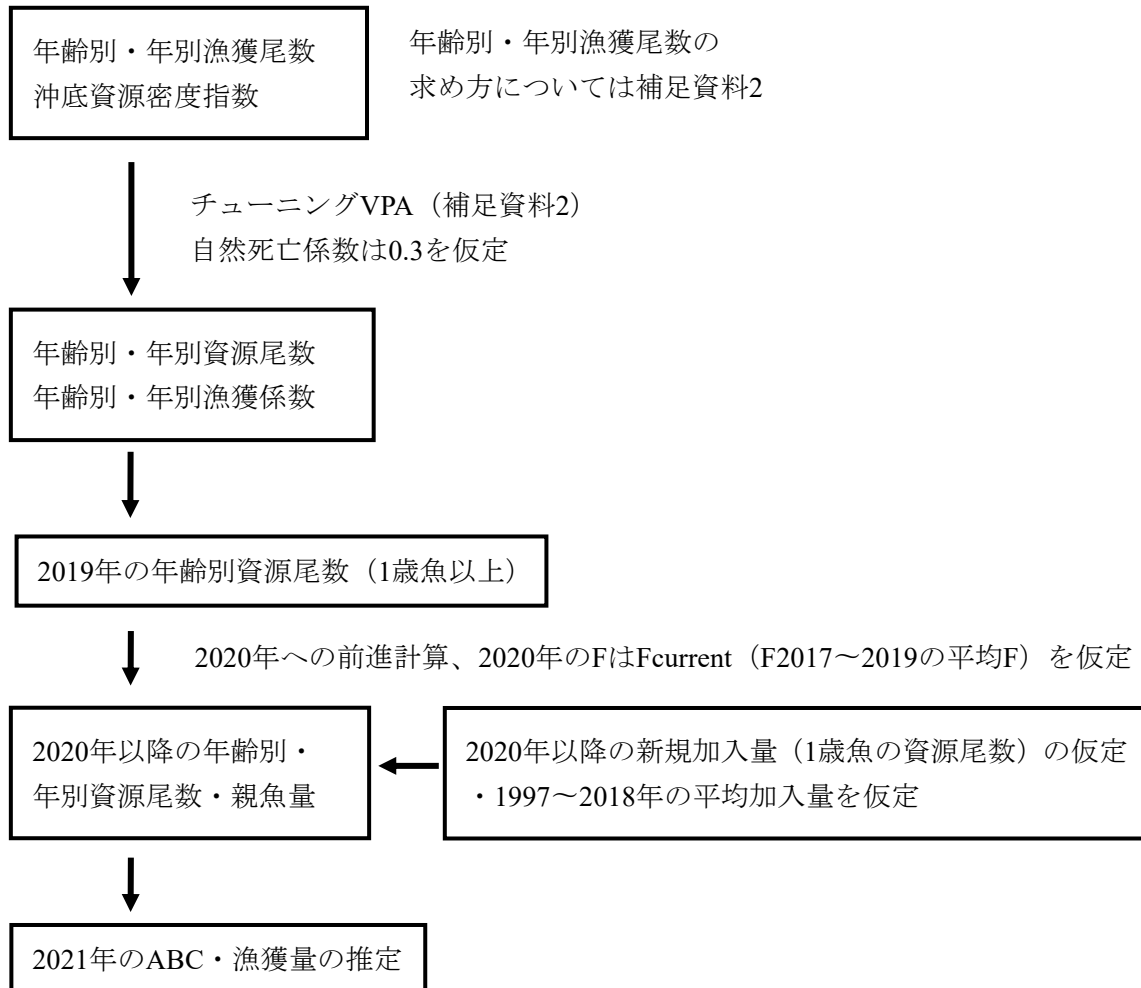
年	有効努力量 (網)		資源密度指数 (kg/網)		
	1そうびき沖底	2そうびき沖底	1そうびき沖底	2そうびき沖底	加重平均
1970	37,362	30,962	23.7	51.4	30.6
1971	38,391	35,038	33.8	43.9	36.3
1972	33,536	32,693	44.2	48.4	45.2
1973	35,587	38,651	40.6	26.6	37.1
1974	51,273	32,913	51.2	58.0	52.9
1975	34,062	32,980	49.6	51.7	50.1
1976	33,733	38,645	35.2	30.5	34.1
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
2019	38,454	14,980	19.9	35.5	23.8

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	57,557	40	11.17
2000	4,996	11,243	5,175	62,020	44	11.98
2001	3,108	8,974	3,346	27,618	35	8.25
2002	3,308	7,583	3,177	24,434	44	7.69
2003	2,397	6,013	3,327	42,459	40	12.76
2004	1,429	5,772	2,424	49,385	25	20.38
2005	1,738	7,712	2,490	64,399	23	25.86
2006	2,424	8,906	3,625	56,340	27	15.54
2007	3,443	11,530	4,560	36,015	30	7.90
2008	4,036	10,466	4,984	37,706	39	7.56
2009	2,531	8,484	4,564	53,076	30	11.63
2010	2,672	9,528	4,386	50,082	28	11.42
2011	3,483	9,690	4,068	47,557	36	11.69
2012	2,713	8,823	3,853	34,746	31	9.02
2013	3,032	8,840	4,218	33,652	34	7.98
2014	2,815	8,076	3,856	35,293	35	9.15
2015	2,159	7,163	3,036	38,326	30	12.62
2016	2,022	7,189	3,039	44,303	28	14.58
2017	2,222	8,656	3,379	52,064	26	15.41
2018	2,239	9,713	3,794	44,347	23	11.69
2019	1,942	10,012	4,442	-	19	-

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、雌雄込みの月別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（ $M=2.5 \div \text{最高年齢} 8 \text{歳} \approx 0.3$ ）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(2016~2018年)の選択率の平均値を以下で推定される最近年の3歳魚の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5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、1997~2017年の再生産成功率(RPSmed)に2018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、1997~2018年の加入量の平均値(47,705千尾)と仮定した。2020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、2021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 分柁目）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 分柁目の漁区に細分し、漁区内での密度は一律と仮定して、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、資源量指数よりも資源密度指数を指標とした方が適切であると考えられる。

補足資料 4 沖底の漁獲成績報告書を用いた標準化 CPUE 導入の試み

標準化 CPUE 検討の背景

本系群では沖底の資源密度指数（補足資料 3）を資源量指標値とし、資源水準の判断や VPA のチューニング指標として用いている。しかし、有漁データのみから算出される資源密度指数は濃密なソウハチ魚群を狙った場合に高い値が算出されやすいことから、ソウハチの漁獲がないデータ（ゼロキャッチデータ）を含めた場合のトレンドについて検討する必要性が指摘されてきた。また、本系群では 1 そうびき・2 そうびき沖底が主要な漁法であるが、資源評価上は 2 つの独立な指標値を加重平均することで資源全体の資源量指標値を得ている。この重み（1 そうびき：2 そうびき=3：1 に固定）の根拠となる漁獲比率は年々変化しているほか（補足図 4-1）、各漁法のねらいや操業の性質は異なるものであるため、統計的に 1 つの指標値として統合することが望ましいと考えられる。そこで、本項では 1 そうびき・2 びき沖底のソウハチ CPUE の標準化について検討した。

CPUE 標準化の手法(概要)

手法の詳細は会議文書（FRA-SA2020-RC05-104）に示し、以下には概要のみ記載した。解析には以西 2 そうおよび日本海沖合底びき網漁業の漁獲成績報告書を用いた。本資料は船別・日別に農林漁区、網数、魚種別漁獲量（kg）が記載されている。データの約 6 割がゼロキャッチデータであるため、標準化にはデルタ型一般化線形モデル（Lo et al. 1992）を適用した。本モデルでは、ゼロキャッチを含めた有漁確率モデルと有漁データのみを扱う CPUE モデルを組み合わせることで年トレンドを算出する。

有漁確率モデルの応答変数はソウハチの在不在（1/0）、CPUE モデルは CPUE（漁獲量÷網数）とし、それぞれ二項分布・対数正規分布に従うと仮定した。説明変数は 2 つのモデルで共通とし、単効果として年 Year、小海区 Area、季節 Quarter、漁法 Method をカテゴリカル変数として含めた。交互作用は、経年的な漁場変化として年×小海区を、漁法ごとのトレンドとして年×漁法を、ソウハチの産卵回遊として小海区×季節を考慮した。赤池情報量規準の総当たり法によってモデル選択した結果、いずれもフルモデルが選択された。

有漁確率モデル *P は有漁確率。

$$\text{logit}(P) \sim \text{Year} + \text{Area} + \text{Quarter} + \text{Method} + \text{Year:Area} + \text{Year:Method} + \text{Area:Quarter}$$

CPUE モデル *誤差項は正規分布を仮定。

$$\text{log}(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Area} + \text{Quarter} + \text{Method} + \text{Year:Area} + \text{Year:Method} + \text{Area:Quarter}$$

有漁確率モデルと CPUE モデルで最小二乗平均（LSMEAN）による年トレンドをそれぞれ算出し、それらを乗じることで標準化 CPUE を得た（補足図 4-2）。信頼区間は Shono（2008）に基づき算出した。

標準化 CPUE の資源評価への適用結果と問題点

チューニング指標値として標準化 CPUE および従来の資源密度指数をそれぞれ使用した場合のレトロスペクティブ解析結果を補足図 4-3、4-4 に示す。標準化 CPUE、資源密度

指数ともに資源量を過大に、漁獲係数 F を過小に評価する傾向が認められる。また、2つの指標値間でレトロスペクティブバイアスを比較すると、2018年のバイアスは標準化 CPUE の方が小さいものの、直近5年間のバイアスを示す Mohn's Rho (Mohn 1999) は標準化 CPUE の方が大きく、レトロバイアスが改善されていなかった。以上より、VPA モデルの改善が認められないことから、本年度の標準化 CPUE の導入は保留とした。

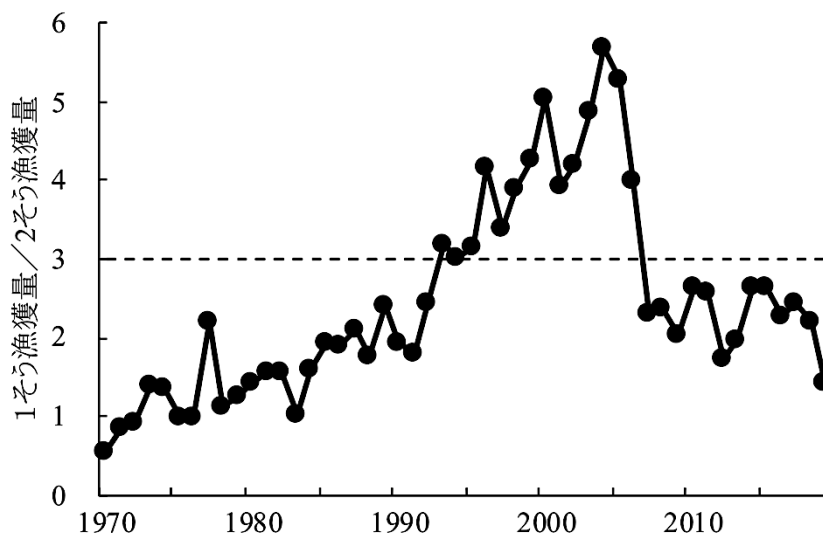
今後、標準化 CPUE を VPA モデルの改善につなげるためには、標準化モデルに加える説明変数や、年トレンドの算出方法、有漁確率モデル・CPUE モデルの年トレンドに対する解釈の妥当性を十分に検討することが必要である。

引用文献

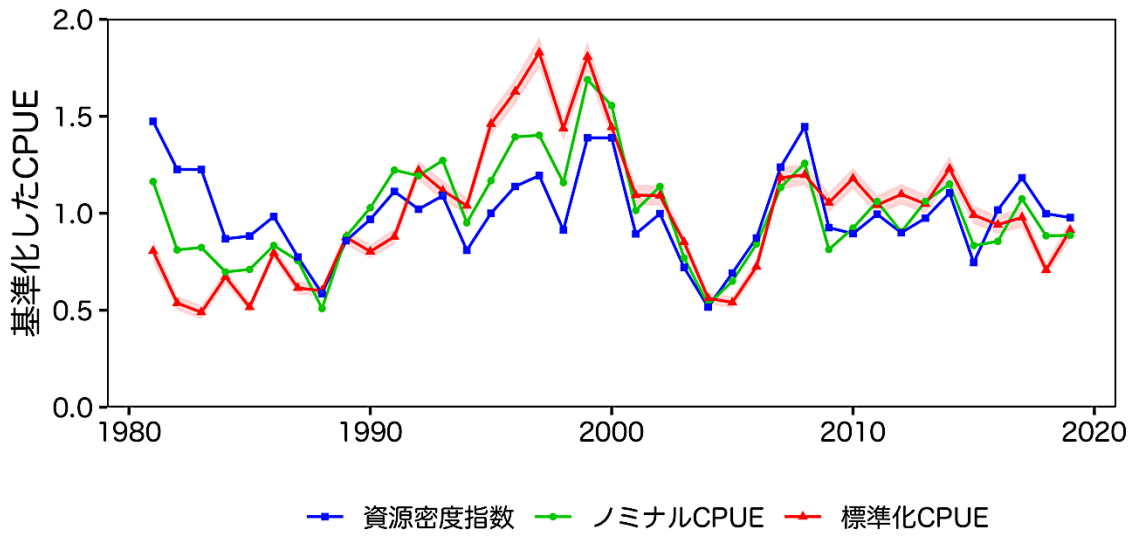
Lo, N. C. H., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on Delta-lognormal models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**, 2515–2526.

Mohn, R. (1999) The retrospective problem in sequential population analysis: An investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Mar. Sci.*, **56**: 473–488.

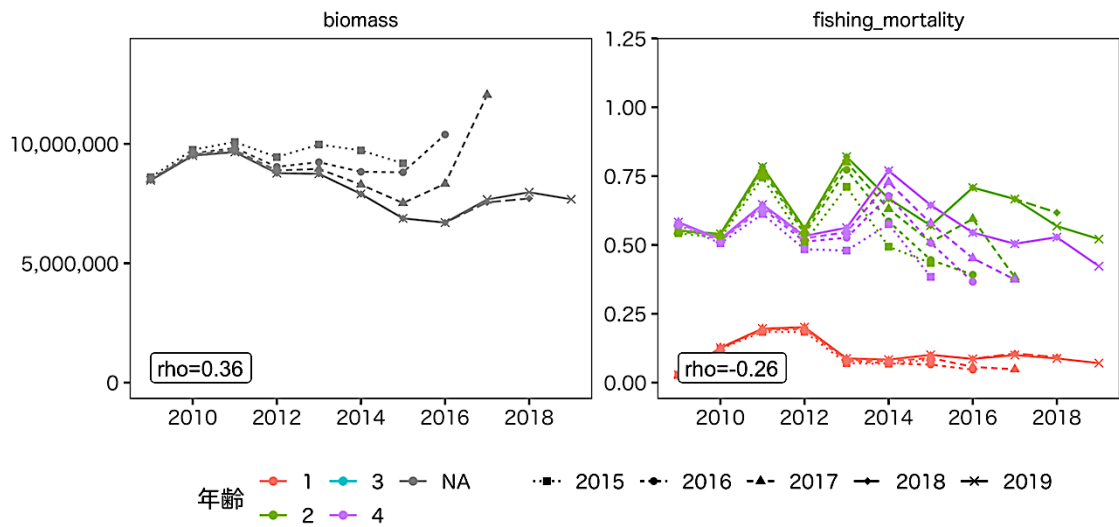
Shono, H. (2008) Confidence interval estimation of CPUE year trend in delta-type two-step model. *Fish. Sci.*, **74**, 712–717.



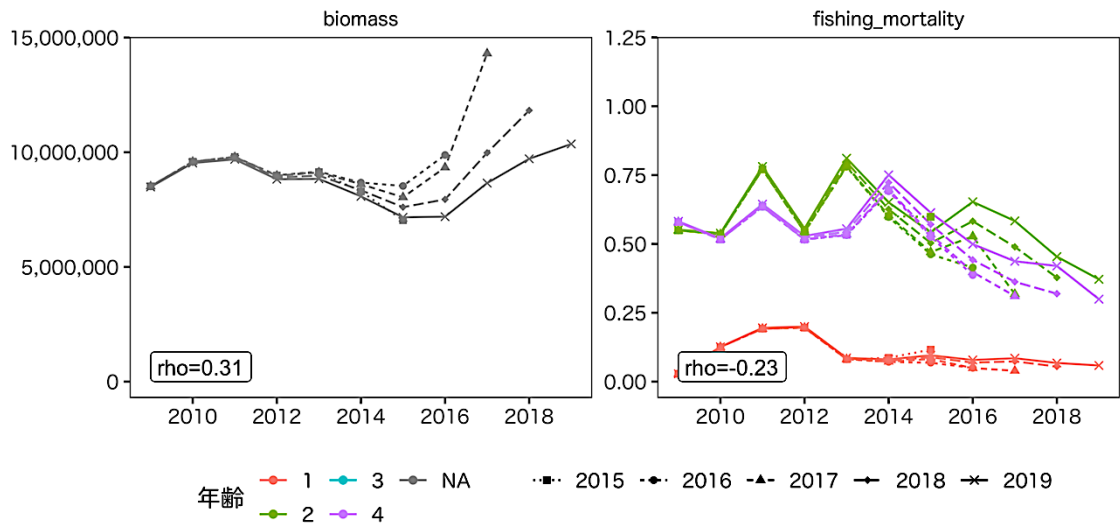
補足図 4-1. 2そうびき沖底に対する1そうびき沖底の漁獲量の比率
破線は現行の資源評価で仮定する漁獲量の比率を示す。



補足図 4-2. 平均で除して標準化した資源密度指数、ノミナル CPUE、標準化 CPUE



補足図 4-3. 標準化 CPUE をチューニング指標値とした場合のレトロスペクティブ解析の結果 図中の rho (Mohn 1999) は 5 年間で計算。



補足図 4-4. 資源密度指数をチューニング指標値とした場合のレトロスペクティブ解析の結果 図中の rho (Mohn 1999) は 5 年間で計算。

