令和４（2022）年度ソウハチ日本海南西部系群の資源評価

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：兵庫県立農林水産技術総合センター 但馬水産技術センター、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

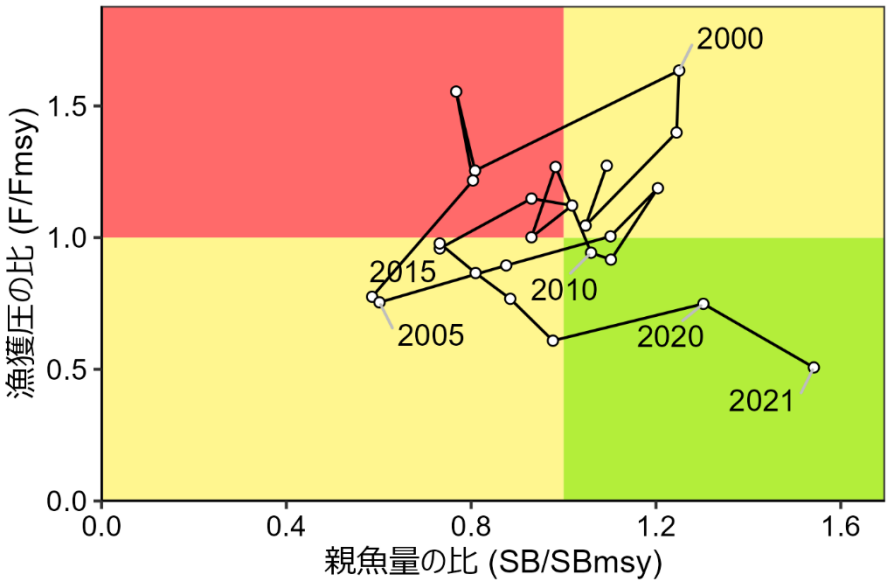
要　　約

本系群の資源量について、1 そうびき・2 そうびき沖合底びき網漁業の標準化 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 13,749 トンから 2004 年には 5,772 トンまで減少したものの、2007 年には 11,530 トンまで増加した。その後 2016 年まで減少し続け、2017 年以降は再び増加傾向に転じた。2021 年の資源量は 12,973 トンと推定された。親魚量も 2017 年以降増加傾向を示し、2021 年は 6,382 トンであった。

令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係にはホッケー・スティック型が適用されており、これに基づき推定された最大持続生産量（MSY）を実現できる水準の親魚量（SBmsy）は 41 百トンである。この基準に従うと、本系群の 2021 年の親魚量は、MSY を実現する水準を上回る。また、本系群に対する 2021 年の漁獲圧は MSY を実現する水準の漁獲圧（Fmsy）を下回る。親魚量の動向は近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から「増加」と判断される。

本系群では、管理基準値や将来予測など、資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて最終化される項目については管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値を暫定的に示した。

要　約　図　表



MSY、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する水準の親魚量	41 百トン
2021 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る
2021 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2021 年の親魚量の動向	増加
最大持続生産量（MSY）	28 百トン
2023 年の ABC	-
コメント: ・ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。 ・近年の漁獲圧は低く、資源量は増加傾向を示している。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 （百トン）	親魚量 （百トン）	漁獲量 （百トン）	F/Fmsy	漁獲割合 （%）
2017	83	34	22	0.87	27
2018	91	37	22	0.77	25
2019	99	40	19	0.61	20
2020	109	54	28	0.75	25
2021	130	64	22	0.51	17
2022	138	64	30	0.63	22
2023	138	74	-	-	-

・2022 年、2023 年の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

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	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）
標準化 CPUE	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）	M＝0.30/年を仮定（田内・田中の方法）
漁獲努力量	沖合底びき網漁業漁獲成績報告書（水産庁）

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

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北海道から福島県の太平洋沿岸および渤海・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 2-1）、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。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、2015～2021 年に実施された山口県による調査船調査では、山口県沖の水深 128～171 m において全長 15 cm 未満の幼魚が例年採集されている。

（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 2-2、道根 1994）。

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

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

ここで、Lt は t 歳時（1 月）における全長（mm）、t は年齢、BW は体重（g）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早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

本系群は 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）の重要対象種であり、主に兵庫県以西の海域で操業が行われる。当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 3-1、表 3-1）。しかし、1990 年代後半以降は小底の漁獲割合が漸増し、近年（2010～2021 年）は概ね 30%以上の水準で推移している。

（2）漁獲量の推移

統計が整備された 1986 年以降では、1999 年に 5,000 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 1,429 トンまで減少したが、2008 年には 4,036 トンに増加した。以降の漁獲量は 2 千トン～3 千トンの範囲で変動しながら推移しており、2021 年の漁獲量は 2,172 トンであった（図 3-1、表 3-1）。

1997～2021 年の年齢別漁獲尾数を求めた（図 3-2、補足表 2-1）。本系群は、1 歳から漁獲されはじめ、2 歳で完全加入する。例年、2 歳魚の漁獲尾数が全体の概ね半数を占めている。2021 年の年齢別漁獲尾数は前年に比べて 3 歳以下で減少、4 歳以上で漸増し、全体として減少した。特に 1 歳魚が顕著に減少しており、2021 年 1 歳魚の割合は 6%と 2016～2020 年の平均 14%を大きく下回った。

（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 7）は 1990 年代には約 100,000 網の水準にあったが、その後減少傾向にある。特に 2016 年から急減し、2021 年は 42,042 網であった（図 3-3、表 3-2）。2 そうびき沖底の有効漁獲努力量は 1980 年代の約 40,000 網から増減を繰り返しながらも減少傾向にあり、2021 年は 9,974 網と過去最低だった（図 3-3、表 3-2）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

本系群の資源量は、沖底の標準化 CPUE（補足資料 8）を考慮したコホート解析により推

定した（補足資料 1、2）。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基に 1997 年以降の年齢別漁獲尾数を求め、漁獲量の大半を占める沖底の標準化 CPUE（kg/網）をチューニングに用いたコホート解析により資源量を推定した。

（2）資源量指標値の推移

資源量指標値として用いた沖底の標準化 CPUE（図 4-1、表 3-2）は、1980 年代には低い水準で推移したが、1990 年代に増加して 1997 年に 1.5 となった。その後、2004 年にかけて急減した後は、2008 年まで再び増加し、その後は増減を繰り返しながらやや減少傾向を示した。2019 年から急激な増加傾向に転じて、2021 年は 1.5 と過去最高だった 2020 年（1.6）に引き続き高い水準だった。この増加要因として、対馬周辺海域西部および迎日南部における有漁時 CPUE の最小二乗平均が 2020～2021 年にかけて急激に高まったことが考えられた（補足図 8-2）。

（3）資源量と漁獲圧の推移

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 4-2、表 4-1 に示す。資源量は 1999 年に最高値の 13,749 トンとなった後、2004 年には過去最低の 5,772 トンまで減少した。2007 年に 11,530 トンまで増加した後は再び減少傾向にあったが、2017 年以降は増加傾向に転じ、2021 年の資源量は 12,973 トンとなった。

親魚量は、資源量の推移と概ね同調している。2000 年に過去最高の 5,175 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 2,424 トンまで減少した。2008 年に 4,984 トンまで回復した後は再び減少したが、2017 年以降増加に転じ、2021 年の親魚量は 6,382 トンと 2020 年（5,392 トン）に引き続き 1997 年以降の最大値を更新した（図 4-3、表 4-1）。

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（1997 年生まれ）に最高値の 8500 万尾となった後、2003 年（2002 年生まれ）まで減少していたが、2004 年（2003 年生まれ）以降は 3000 万尾以上に回復し、2021 年（2020 年生まれ）は前年から大きく増加して 6300 万尾となった（図 4-3、表 4-1）。山口県水産研究センターによる桁網調査（補足資料 9）で得られた 1 歳魚の分布密度（全長 10 cm 未満）は、2017～2021 年において、2020 年（2019 年生まれ）に増加した一方、他の年では概ね同じ水準で推移していた（補足図 9-2）。コホート解析のトレンドと若干の乖離が認められるものの、本系群の加入が近年安定していることが示唆された。

コホート解析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 2021 年の資源量、親魚量、加入量を図 4-4 に示す。M を基準値である 0.3 から 0.1 増減させた時に生じる資源量、親魚量、加入尾数の増減は概ね 30%以下であったが、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やや高い傾向にあった。

年齢別 F は、全ての年齢で長期的な減少傾向を示し、その傾向は 2010 年代から顕著になった（図 4-5）。各年齢の F を比較すると、2010 年代以降では 2 歳魚の F が 3 歳および 4 歳以上の F を若干上回って推移し、1 歳魚の F は 2 歳以上に比べて極めて低い水準にあった。このことを踏まえると、2010 年代以降では漁獲圧自体が減少傾向にあり、漁獲対象は若齢個体（1 歳以下）でなく、2 歳以上が主体になっていると考えられた（図 4-5）。漁獲割合

もFと同様に2010年代以降減少傾向を示しており、2021年の漁獲割合は17%と過去最低になった（図4-6）。

（4）加入量当たり漁獲量（YPR）、加入量当たり親魚量（SPR）および現状の漁獲圧

選択率の影響を考慮して漁獲圧を比較するため、加入量あたり親魚量（SPR）を基準に、その漁獲圧が無かった場合との比較を行った。図 4-7 に年ごとに漁獲が無かったと仮定した場合の SPR に対する、漁獲があった場合の SPR の割合（%SPR）の推移を示す。%SPR は漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPR は長期的な増加傾向にあり、2021 年は 36%だった。

現状の漁獲圧に対するYPRと%SPRの関係を図4-8に示す。ここで、Fの選択率としては令和 3 年 9 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F（Fmsy）の推定に用いた値（飯田ほか 2021）を用いた。また、年齢別平均体重および成熟割合についても Fmsy 算出時の値を使用した。Fmsy は%SPR に換算すると 18%に相当する。現状の漁獲圧（F2019-2021）は F0.1 に比べてやや高く、Fmsy や F30%SPR を下回った

（5）再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）の関係（再生産関係）を図 4-9 に示す。上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」において、本系群の再生産関係式にはホッケー・スティック型再生産関係が適用されている（飯田ほか 2021）。ここで、再生産関係式のパラメータ推定に使用するデータは令和 2（2020）年度の資源評価（飯田ほか 2021）に基づく 1997～2019 年の親魚量・加入量とした。最適化方法には最小二乗法を用い、加入量の残差の自己相関を考慮した。また「再生産関係の決定に関するガイドライン（令和 3 年度）（FRA-SA2021-ABCWG01-03）」に従い、観測範囲の最小親魚量を変曲点とした。再生産関係式の各パラメータを補足表 6-1 に示す。

（6）現在の環境下において MSY を実現する水準

現在（1997年以降）の環境下における最大持続生産量MSYを実現する親魚量（SBmsy）およびMSYを実現する漁獲量として、上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」で推定された値（飯田ほか2021）を補足表6-2に示す。

（7）資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSYを実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを図4-10に示す。また、2021年の親魚量と漁獲圧の概要を補足表6-3に示した。本系群における2021年の親魚量はMSYを実現する親魚量（SBmsy）を上回っており、2021年の親魚量はSBmsyの1.54倍である。また、2021 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）を下回っており、2021 年の漁獲圧は MSY を実現する漁獲圧の 0.51 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）とは、各年のFの選択率の下でFmsyの漁獲圧を与えるFを%SPR換算して求めた値と、各年の F 値との比である。親魚量の動向は、近年 5 年間（2017～2021 年）の推移から増加と判断される。本系群の親魚量は 2019 年までは SBmsy を下回っていた。2015 年

以降は漁獲圧が Fmsy 以下に減少し、2020～2021 年の親魚量は SBmsy を上回る水準にまで増加した。

5. 資源評価のまとめ

2021 年の親魚量は、1997 年以降で最大であった 2020 年からさらに増加し、MSY を実現する親魚量（SBmsy）を上回っていた。コホート解析からは、当系群に対する漁獲圧は長期的に低下傾向にあり、特に 1 歳魚に対する漁獲圧は低い水準にあると考えられた。2015 年以降は漁獲圧が MSY を実現する漁獲圧（Fmsy）以下に減少していた。本系群においては、漁獲圧が低い水準に抑えられていることに加え、安定した加入があることで、近年の資源量の増加がもたらされていると推察された。

6. その他

本系群の 1 歳魚が漁獲全体に占める割合や（図 3-2）、1 歳魚の漁獲係数 F は、2013 年以降低い値を示している（図 4-5）。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 3-2）、特に 3 歳以降成熟を開始する雌は未成魚が多く漁獲されていると考えられ、親魚保護の観点からも漁獲サイズを引き上げることが望まれる。

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効であろう。

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.

飯田真也・吉川　茜・八木佑太・藤原邦浩（2021）令和 3 (2021) 年度ソウハチ日本海南西部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-26. FRA-SA2021-BRP12-3. http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211026/doc_souhachi_japansea-sw_RIM.pdf (last acessed 10 Augst 2022)

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.
村山達朗・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：飯田真也、吉川　茜、八木佑太、藤原邦浩）

図 2-1.　ソウハチ日本海南西部系群の分布

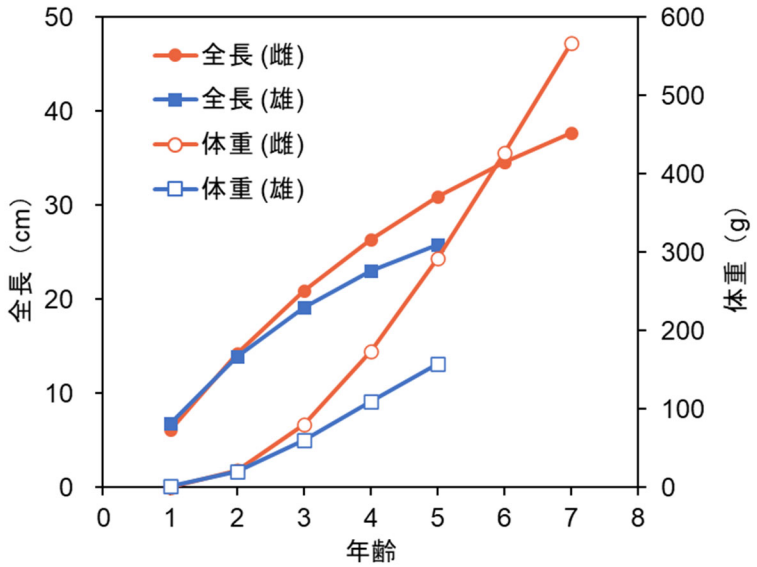


図 2-2.　雌雄別の年齢と全長、体重の関係

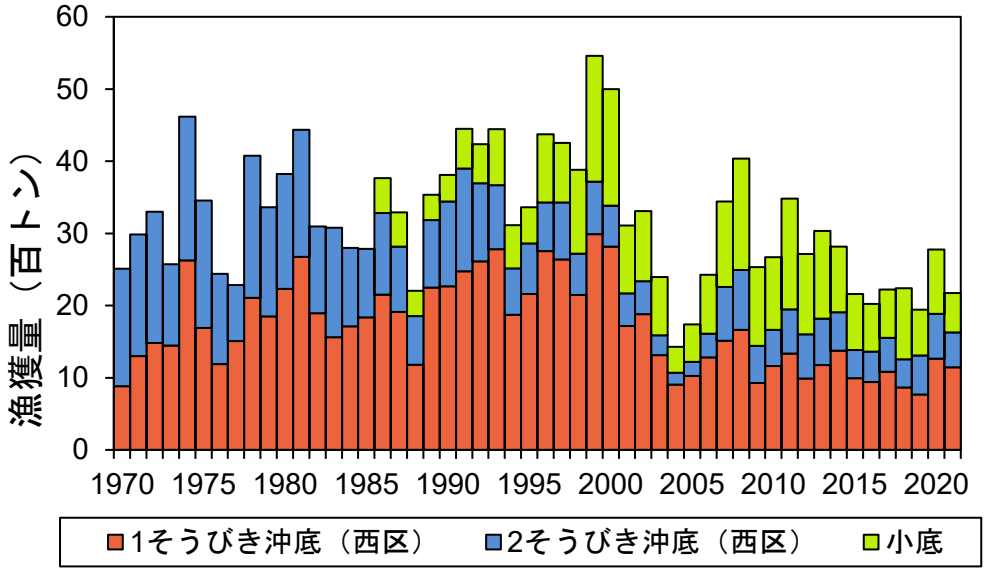


図 3-1.　漁業種類別漁獲量の推移　小底の漁獲量統計は 1986 年開始。

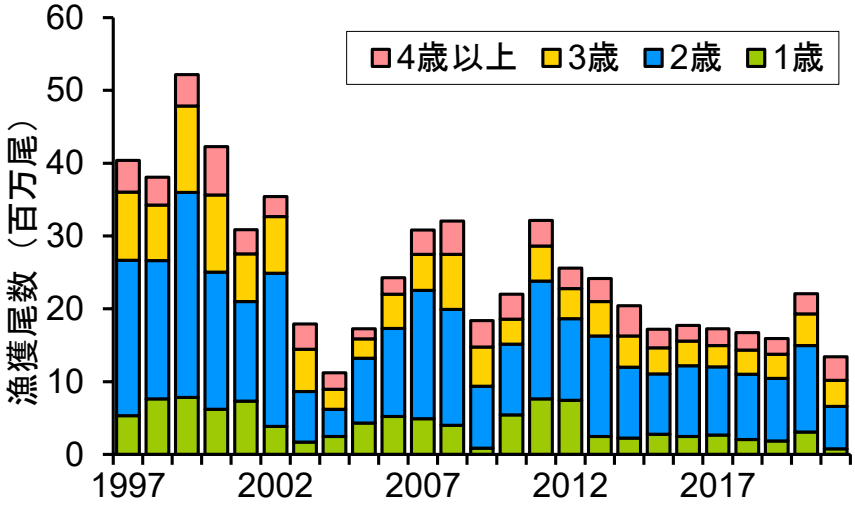


図 3-2.　年齢別漁獲尾数の推移

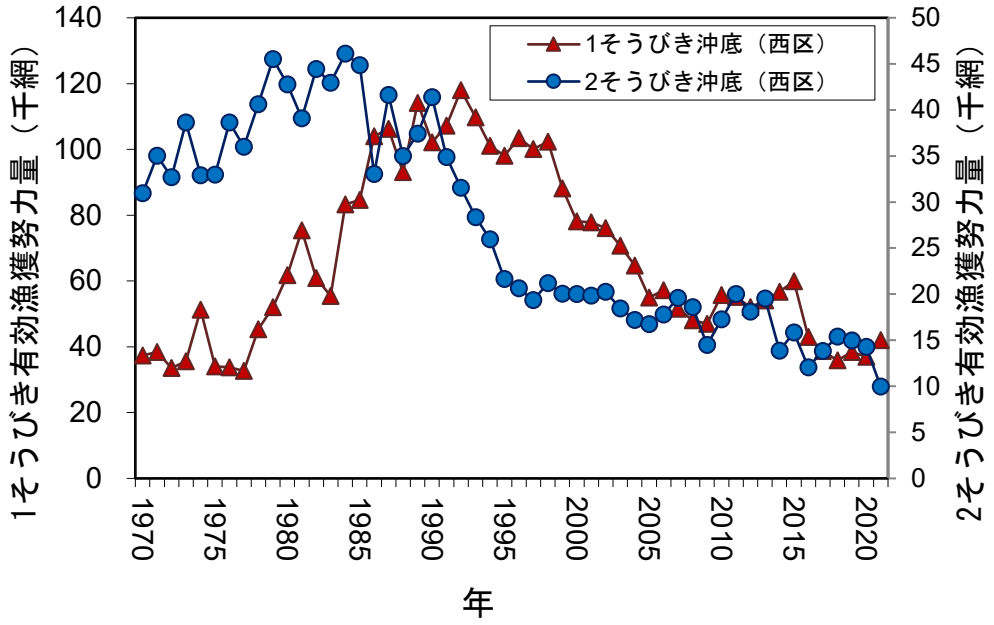


図 3-3.　沖合底びき網の有効漁獲努力量の推移

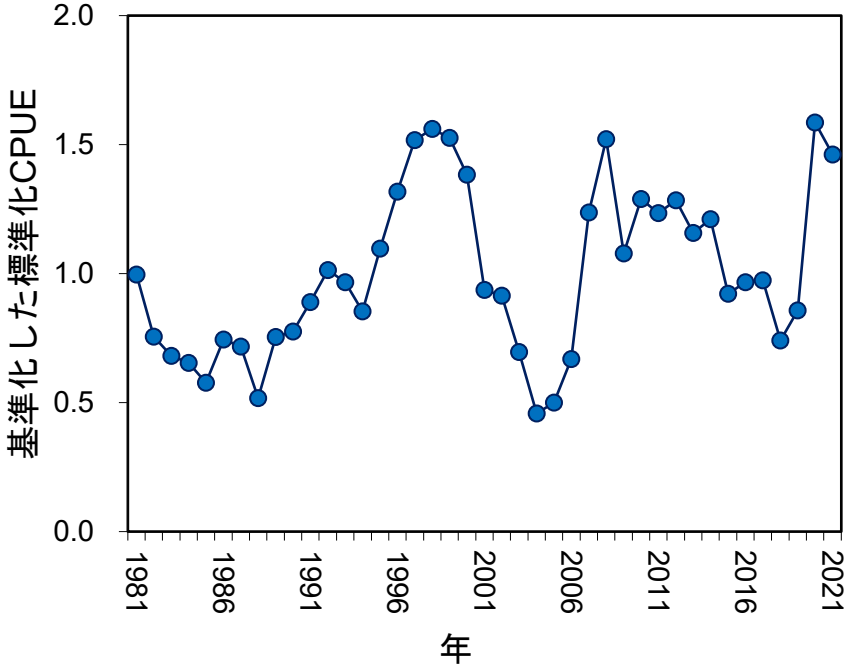


図 4-1.　沖合底びき網の標準化 CPUE

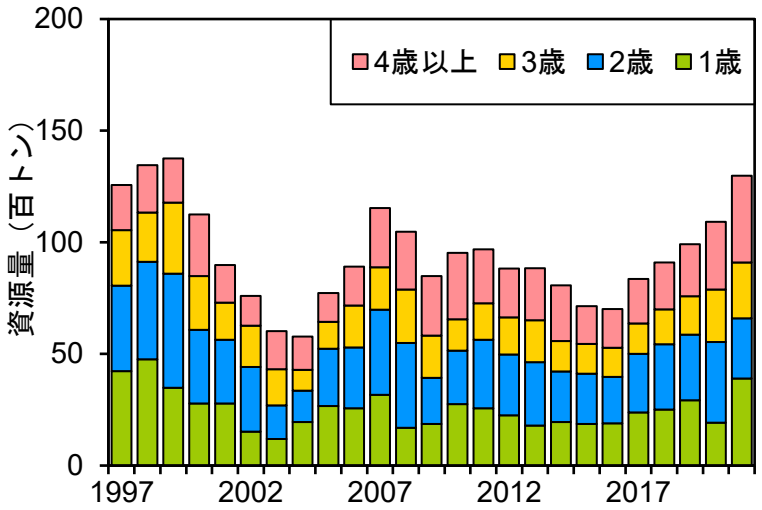


図 4-2.　年齢別資源量の推移

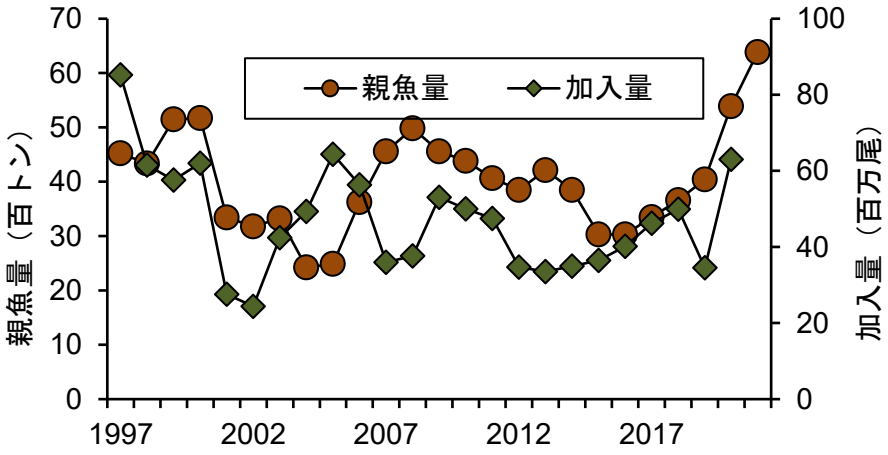


図 4-3.　親魚量および加入尾数（1 歳魚）の推移　横軸は産卵年を示す。

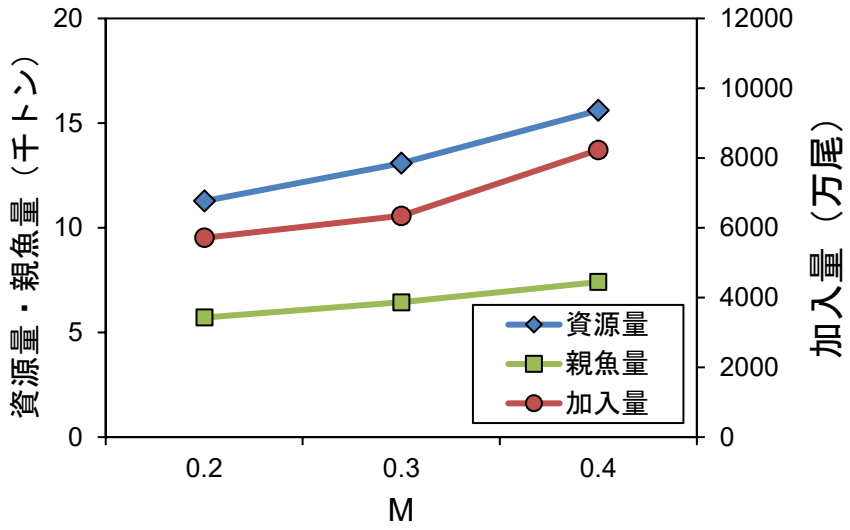


図 4-4.　自然死亡係数 M の値による資源量、親魚量、加入尾数（1 歳）の感度解析

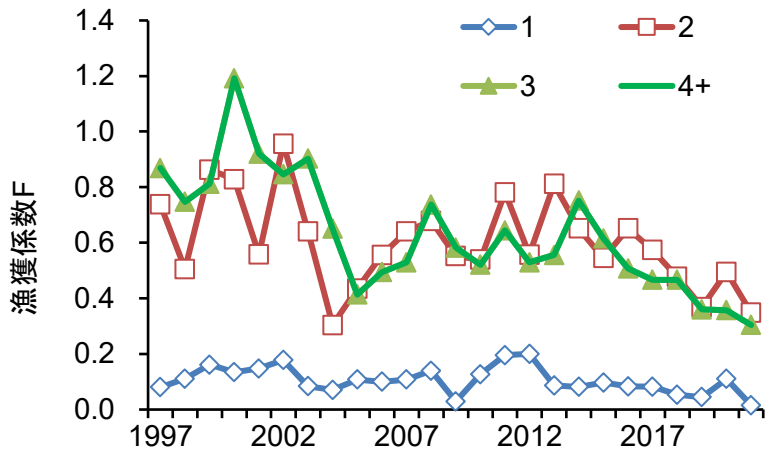


図 4-5.　年齢別漁獲係数 F の推移

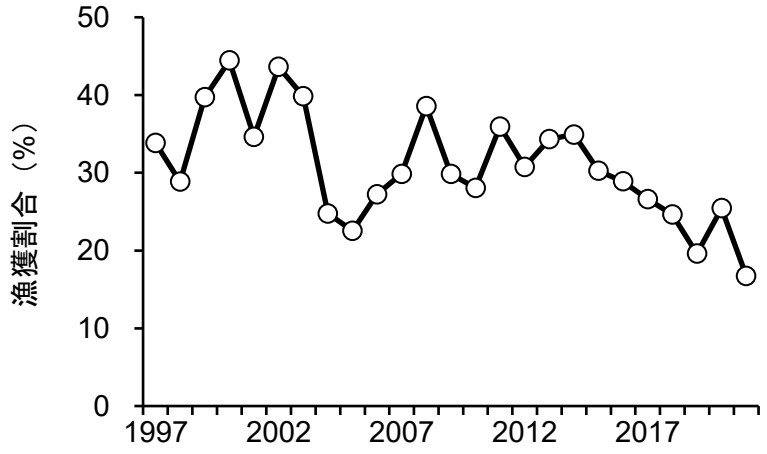


図 4-6.　漁獲割合の推移

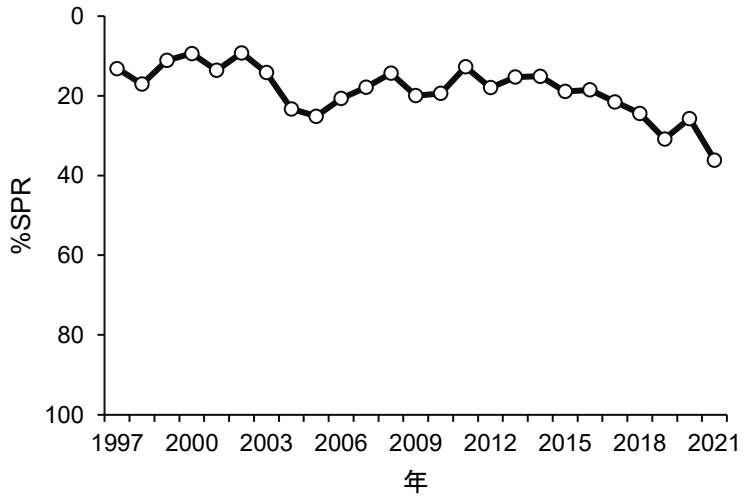


図 4-7.　各年における%SPR 値の経年推移　%SPR は漁獲がないときの親魚量に対する漁獲があるときの親魚量の割合を示し、F が高い（低い）と%SPR は小さく（大きく）なる。

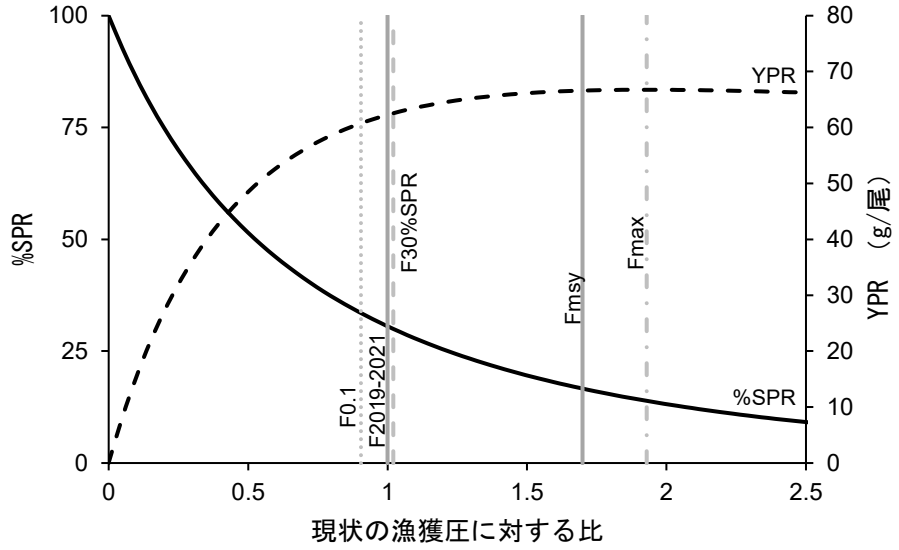


図 4-8.　現状の漁獲圧（F2019-2021）に対する YPR、%SPR の関係

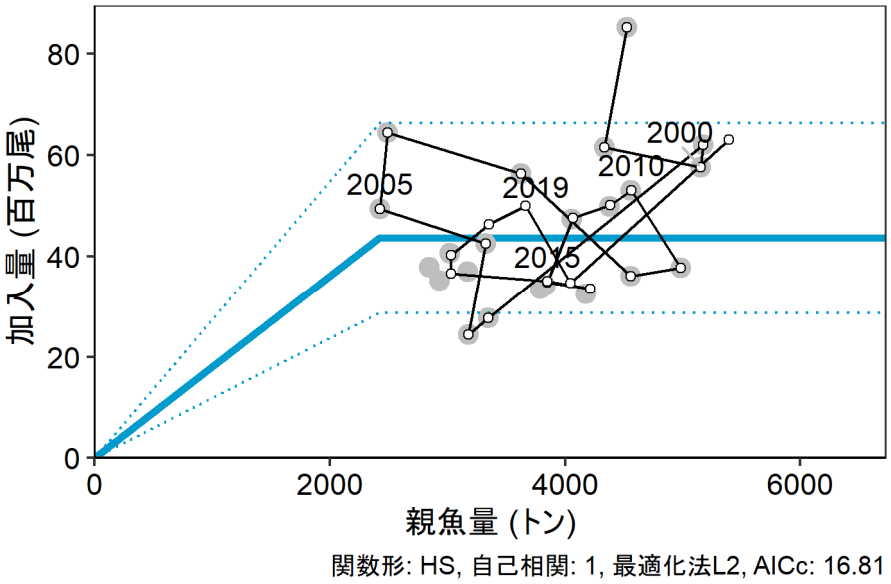


図 4-9.　親魚量と加入量の関係

青実線は本系群で適用した再生産関係式であり、上下の点線は、仮定されている再生産関係において観察データの 90%が含まれると推定される範囲である。再生産関係式のパラメータは令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」（飯田ほか 2021）に示された値に基づく。灰色の丸印は分析に使用した 1997～2018 年の親魚量と翌年（1998～2019 年）の 1 歳時点での加入量を示す。白抜きの丸印は、令和 4（2022）年度資源評価で得られた 1997～2020 年の親魚量と翌年（1998～2021 年）の 1 歳時点での加入量である。図中の数字は 1 歳魚が加入した年を示す。

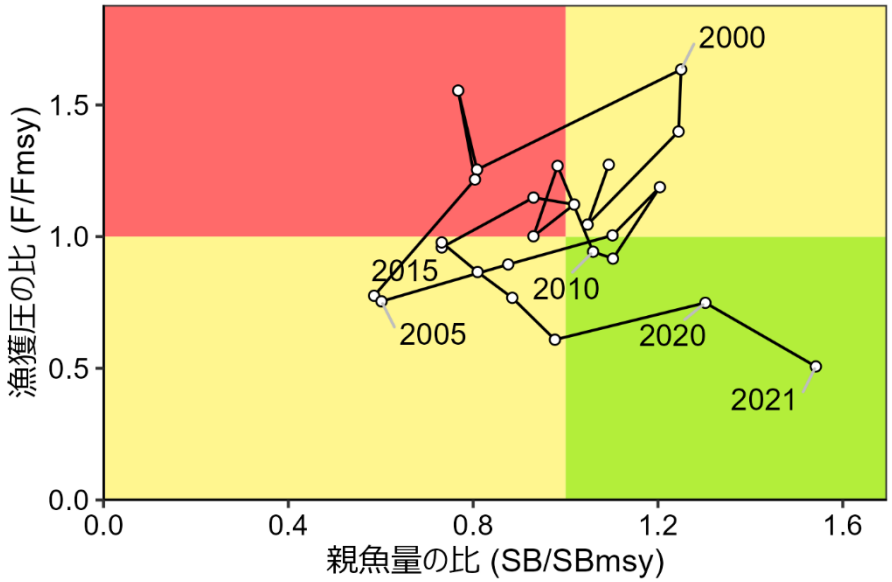


図 4-10.　神戸プロット

表 3-1.　ソウハチ日本海南西部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
1966	941			941
1967	792			792
1968	484			484
1969	1,488			1,488
1970	1,626	885		2,511
1971	1,686	1,298		2,985
1972	1,819	1,481		3,301
1973	1,128	1,445		2,573
1974	1,993	2,624		4,617
1975	1,766	1,688		3,455
1976	1,251	1,188		2,440
1977	780	1,506		2,287
1978	1,965	2,109		4,074
1979	1,515	1,849		3,363
1980	1,591	2,231		3,822
1981	1,762	2,673		4,435
1982	1,202	1,892		3,094
1983	1,515	1,563		3,079
1984	1,084	1,713		2,797
1985	951	1,836		2,788
1986	1,130	2,153	480	3,763
1987	903	1,913	474	3,290
1988	675	1,181	351	2,206
1989	933	2,250	354	3,537
1990	1,174	2,266	372	3,812
1991	1,424	2,476	549	4,448
1992	1,083	2,614	537	4,234
1993	887	2,783	776	4,445
1994	643	1,872	599	3,114
1995	700	2,160	502	3,361
1996	676	2,753	946	4,375
1997	789	2,638	827	4,253
1998	570	2,149	1,164	3,883
1999	727	2,991	1,742	5,460
2000	568	2,818	1,610	4,996
2001	450	1,718	940	3,108
2002	456	1,880	972	3,308
2003	274	1,313	810	2,397
2004	162	906	361	1,429
2005	195	1,026	516	1,738
2006	329	1,282	814	2,424
2007	744	1,514	1,185	3,443
2008	830	1,665	1,542	4,036
2009	517	927	1,087	2,531
2010	502	1,161	1,009	2,672
2011	610	1,335	1,538	3,483
2012	615	989	1,110	2,713
2013	643	1,175	1,214	3,032
2014	533	1,377	905	2,815
2015	393	993	773	2,159
2016	423	940	659	2,022
2017	469	1,082	671	2,222
2018	392	864	983	2,239
2019	541	767	634	1,942
2020	620	1,267	891	2,778
2021	483	1,144	545	2,172

2021 年の漁獲量合計値は概数値

表 3-2.　2 ソウハチ日本海南西部系群の沖底の有効漁獲努力量および標準化 CPUE

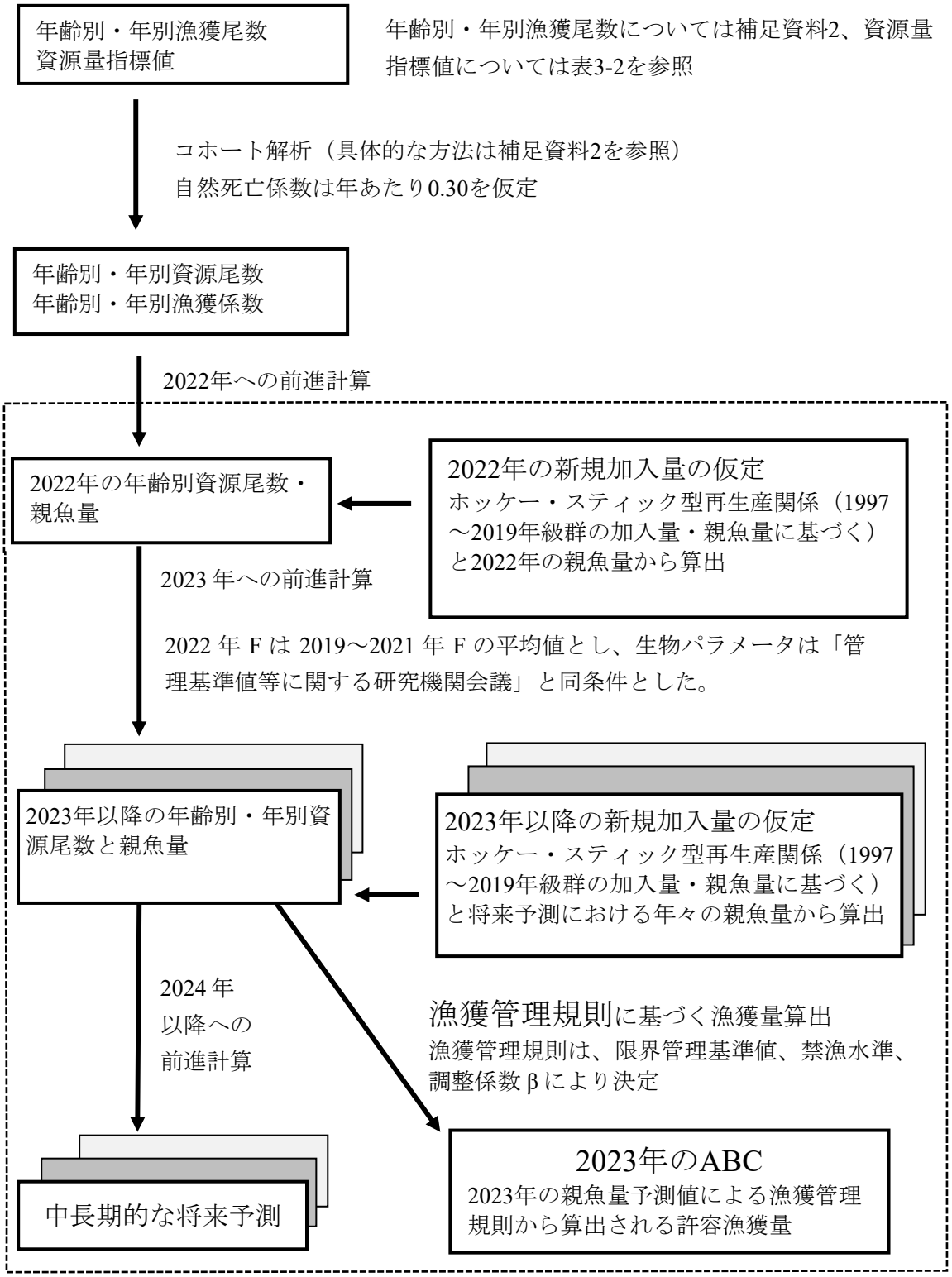
年	有効漁獲努力量（網）		基準化した標準化CPUE
	1そうびき沖底	2そうびき沖底	
1970	37,362	30,962	
1971	38,391	35,038	
1972	33,536	32,693	
1973	35,587	38,651	
1974	51,273	32,913	
1975	34,062	32,980	
1976	33,733	38,645	
1977	32,626	36,003	
1978	45,322	40,638	
1979	52,024	45,525	
1980	61,736	42,795	
1981	75,411	39,101	1.0
1982	60,918	44,464	0.8
1983	55,400	42,964	0.7
1984	83,312	46,122	0.7
1985	84,653	44,851	0.6
1986	104,025	33,058	0.7
1987	106,285	41,646	0.7
1988	93,127	34,976	0.5
1989	114,094	37,431	0.8
1990	102,144	41,378	0.8
1991	107,221	34,889	0.9
1992	118,035	31,546	1.0
1993	109,717	28,368	1.0
1994	101,070	25,957	0.9
1995	98,061	21,648	1.1
1996	103,441	20,633	1.3
1997	100,130	19,343	1.5
1998	102,367	21,210	1.6
1999	88,159	20,040	1.5
2000	78,092	20,014	1.4
2001	77,794	19,827	0.9
2002	76,044	20,250	0.9
2003	70,750	18,431	0.7
2004	64,666	17,198	0.5
2005	54,982	16,750	0.5
2006	57,180	17,791	0.7
2007	51,523	19,605	1.2
2008	48,017	18,579	1.5
2009	46,949	14,472	1.1
2010	55,770	17,275	1.3
2011	55,172	20,020	1.2
2012	52,071	18,083	1.3
2013	54,057	19,508	1.2
2014	56,736	13,855	1.2
2015	59,875	15,846	0.9
2016	43,021	12,060	1.0
2017	38,722	13,815	1.0
2018	35,857	15,385	0.7
2019	38,454	14,980	0.9
2020	36,975	14,286	1.6
2021	42,042	9,974	1.5

表 4-1.　ソウハチ日本海南西部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（%）
1997	4,253	12,568	4,526	85,198	33.84
1998	3,883	13,455	4,336	61,537	28.85
1999	5,460	13,749	5,151	57,557	39.71
2000	4,996	11,243	5,175	62,020	44.44
2001	3,108	8,974	3,346	27,618	34.64
2002	3,308	7,583	3,177	24,434	43.62
2003	2,397	6,013	3,327	42,459	39.86
2004	1,429	5,772	2,424	49,385	24.76
2005	1,738	7,712	2,490	64,398	22.54
2006	2,424	8,906	3,625	56,339	27.22
2007	3,443	11,530	4,560	36,014	29.86
2008	4,036	10,465	4,984	37,702	38.57
2009	2,531	8,484	4,564	53,070	29.83
2010	2,672	9,527	4,386	50,069	28.05
2011	3,483	9,689	4,068	47,541	35.95
2012	2,713	8,820	3,852	34,714	30.76
2013	3,032	8,835	4,216	33,545	34.32
2014	2,815	8,064	3,852	35,019	34.91
2015	2,159	7,135	3,030	36,512	30.26
2016	2,022	6,996	3,030	40,173	28.90
2017	2,222	8,349	3,351	46,285	26.62
2018	2,239	9,089	3,662	49,922	24.63
2019	1,942	9,906	4,044	34,599	19.60
2020	2,778	10,919	5,392	63,016	25.44
2021	2,172	12,973	6,382	-	16.74

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



※　点線枠内は資源管理方針に関する検討会における管理基準値や漁獲管理規則等の議論をふまえて作成される。

（http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/index.html）

補足資料２　計算方法

（1）年別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、島根県浜田漁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。

（2）資源量推定法

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。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1}\exp(M) + C_{a,y}\exp(M/2) \qquad (1)$$

ここで、$N_{a,y}$は y 年における a 歳の資源尾数、$C_{a,y}$は y 年における a 歳の漁獲尾数を示す。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 ÷最高年齢 8 歳≒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。

$$N_{3,y} = \frac{C_{3,y}}{C_{4+,y}+C_{3,y}} N_{4+,y+1}\exp(M) + C_{3,y}\exp(M/2) \qquad (2)$$

$$N_{4+,y} = \frac{C_{4+,y}}{C_{3,y}} N_{3,y} \qquad (3)$$

ただし、最近年（2021 年）は、2～3 歳に対して（4）式を使った。

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

最近年（2021 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（2021 年）の 2 歳の F は、最近年（2021 年）を除く直近 3 年（2018～2020 年）の選択率の平均値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（2021 年）までの 2 歳魚以上の資源量と沖底の標準化 CPUE 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。

$$\sum_{y=2001}^{Y}\left\{ln(qB_y) - ln(I_y)\right\}^2 \quad (6)$$

$$q = \left(\frac{\prod_{y=2001}^{Y} I_y}{\prod_{y=2001}^{Y} B_y}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (7)$$

ここで、I は平均で除して基準化した沖底の標準化 CPUE、B は 2 歳以上の資源量、y は年、Y は最近年（2021 年）、n は 2001 年から最近年（2021 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表 2-1 に示す。

加入量は 1 歳魚の資源尾数とし、最近年（2021 年）の加入量は、1997～2019 年の再生産成功率（RPSmed）に 2020 年の親魚量の値を乗じて推定した。最近年（2021 年）の 1 歳魚の F は（5）式により推定した。

（3）YPR、SPR の解析

加入あたり漁獲量（YPR）と加入あたり親魚量（SPR）は、以下の式で求めた。

$$YPR = \sum_{a=1}^{\infty} S_a W_a \exp(-M/2)\left(1 - \exp(-F_a)\right) \quad (8)$$

$$SPR = \sum_{a=0}^{\infty} fr_a S_a W_a \quad (9)$$

$$S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M) \quad (10)$$

ここで、Sa は a 歳における生残率、Wa は a 歳における平均体重、fra は a 歳の成熟割合（1～2 歳：0、3 歳以上：1）を示す。なお、本系群における M の推定では寿命を 8 歳と仮定しているが、YPR および SPR の計算においては MSY 算定の際の設定に合わせて寿命を与えずに計算を行った。

（5）モデル診断結果

「令和 4（2022）年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（FRA-SA2022-ABCWG02-03）」に従い、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。

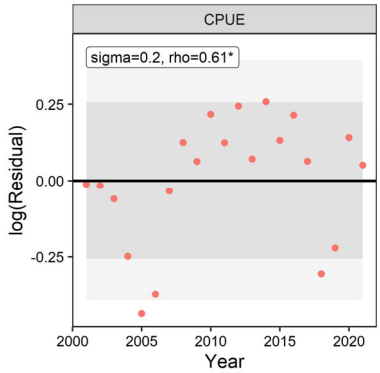
本系群の資源評価では、沖底の標準化 CPUE をコホート解析のチューニングに用いている。指標値（標準化 CPUE）と VPA で推定した資源量の予測値との関係は、同程度の正負の残差がやや続く傾向が認められた（補足図 2-1、補足図 2-2）。残差の自己相関は、指標値のバイアスだけで生じる問題でないため、すぐに解決出来ないことが多いが（資源評価高度化作業部会 2022）、今後改善を図る必要がある。指標値と予測値との関係は、線形を仮定して問題ないと考えられた（補足図 2-3）。レトロスペクティブ解析では、データの追加・更新を行うことで、過小・過大推定が認められるものの、一定方向のパターンではなかった（補足図 2-4）。また、レトロスペクティブパターンの程度を表す rho は加入尾数（0.34）では比較的大きな値だったものの、資源量（0.13）および漁獲係数（-0.02）では小さかった。

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.

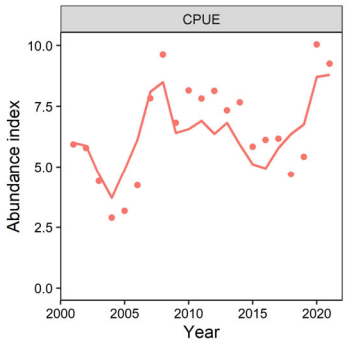
資源評価高度化作業部会 (2022) 令和 4 (2022) 年度 資源評価におけるモデル診断の手順と診断結果の提供指針. FRA-SA2022-ABCWG02-03.

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.

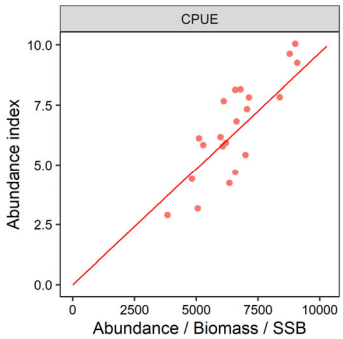


補足図 2-1.　チューニング VPA における残差プロット

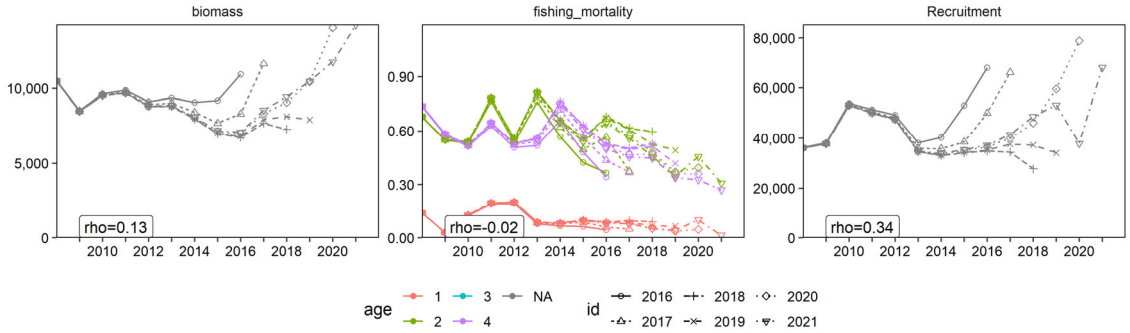
Sigma は観測誤差、rho は残差の自己相関係数、薄い灰色は 1.96σ 区間（95%区間）、濃い灰色は 1.28σ 区間（80%区間）を示す。*は自己相関が有意であることを示す。



補足図 2-2.　VPA で予測した資源量の予測値（折線）と指標値（点）の経年変化



補足図 2-3.　予測値と指標値の関係



補足図2-4.　資源量（biomass）、漁獲係数（fishing_mortality）、1歳資源尾数（Recruitment）のレトロスペクティブ解析結果

補足表 2-1.　資源解析結果

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	5.3	7.7	7.9	6.2	7.3	3.9	1.7	2.5	4.3	5.2	4.9	4.0	0.9
2歳	21.3	19.0	28.1	18.8	13.7	21.0	7.0	3.8	8.9	12.1	17.6	15.9	8.5
3歳	9.4	7.6	11.9	10.6	6.5	7.8	5.8	2.8	2.7	4.7	4.9	7.6	5.3
4歳以上	4.3	3.9	4.3	6.6	3.3	2.8	3.5	2.2	1.4	2.3	3.3	4.6	3.6
計	40.4	38.1	52.1	42.3	30.9	35.4	17.9	11.2	17.3	24.3	30.8	32.1	18.4

年齢別漁獲重量（トン）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	278	427	444	299	327	211	81	113	233	209	277	188	45
2歳	1,714	1,491	2,551	1,595	1,049	1,536	613	318	780	999	1,553	1,610	753
3歳	1,251	999	1,518	1,442	860	909	828	384	351	632	678	1,077	721
4歳以上	1,010	965	948	1,659	872	652	874	614	374	585	935	1,161	1,012
計	4,253	3,883	5,460	4,996	3,108	3,308	2,397	1,429	1,738	2,424	3,443	4,036	2,531

年齢別漁獲係数

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	0.08	0.11	0.16	0.13	0.15	0.18	0.08	0.07	0.11	0.10	0.11	0.14	0.03
2歳	0.74	0.50	0.86	0.83	0.56	0.96	0.64	0.30	0.43	0.56	0.64	0.68	0.55
3歳	0.87	0.75	0.81	1.19	0.92	0.85	0.90	0.65	0.41	0.49	0.53	0.74	0.58
4歳以上	0.87	0.75	0.81	1.19	0.92	0.85	0.90	0.65	0.41	0.49	0.53	0.74	0.58
単純平均	0.64	0.53	0.66	0.84	0.64	0.71	0.63	0.42	0.34	0.41	0.45	0.57	0.44

年齢別資源尾数（百万尾）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	81	85	62	58	62	28	24	42	49	64	56	36	38
2歳	47	56	57	39	37	40	17	17	29	33	43	37	23
3歳	19	17	25	18	13	16	11	7	9	14	14	17	14
4歳以上	9	9	9	11	6	6	7	5	5	7	9	10	10
計	156	166	152	125	118	89	60	71	93	118	123	101	85

年齢別資源重量（トン）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	4,226	4,749	3,471	2,777	2,774	1,507	1,180	1,935	2,654	2,558	3,156	1,685	1,856
2歳	3,815	4,371	5,127	3,291	2,854	2,898	1,506	1,412	2,568	2,723	3,814	3,796	2,064
3歳	2,504	2,206	3,171	2,407	1,662	1,850	1,619	933	1,206	1,883	1,916	2,399	1,899
4歳以上	2,023	2,130	1,981	2,768	1,684	1,327	1,708	1,491	1,284	1,743	2,644	2,585	2,665
計	12,568	13,455	13,749	11,243	8,974	7,583	6,013	5,772	7,712	8,906	11,530	10,465	8,484

年齢別親魚量（トン）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	2,504	2,206	3,171	2,407	1,662	1,850	1,619	933	1,206	1,883	1,916	2,399	1,899
4歳以上	2,023	2,130	1,981	2,768	1,684	1,327	1,708	1,491	1,284	1,743	2,644	2,585	2,665
計	4,526	4,336	5,151	5,175	3,346	3,177	3,327	2,424	2,490	3,625	4,560	4,984	4,564

年齢別平均体重（g）

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	52	56	56	48	45	55	48	46	54	40	56	47	49
2歳	80	79	91	85	77	73	88	85	88	83	88	101	89
3歳	133	131	128	136	132	117	143	139	132	134	137	142	135
4歳以上	232	249	223	250	260	236	251	274	274	258	281	253	278

年齢別選択率

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1歳	0.09	0.15	0.20	0.11	0.16	0.21	0.09	0.11	0.26	0.20	0.20	0.19	0.05
2歳	0.85	0.68	1.06	0.69	0.61	1.13	0.71	0.47	1.05	1.12	1.21	0.92	0.95
3歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4歳以上	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

補足表 2-1.　（続き）資源解析結果

年齢別漁獲尾数（百万尾）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	5.4	7.6	7.4	2.5	2.2	2.8	2.5	2.7	2.0	1.9	3.1	0.8
2歳	9.7	16.2	11.2	13.8	9.7	8.3	9.7	9.4	9.0	8.6	11.9	5.8
3歳	3.5	4.8	4.2	4.8	4.3	3.6	3.4	2.9	3.3	3.3	4.3	3.6
4歳以上	3.4	3.5	2.8	3.2	4.2	2.6	2.1	2.3	2.4	2.2	2.8	3.2
計	22.0	32.2	25.6	24.2	20.4	17.2	17.7	17.3	16.8	15.9	22.1	13.4

年齢別漁獲重量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	280	390	350	126	130	146	129	159	111	108	171	49
2歳	861	1,430	1,002	1,359	933	815	856	988	953	781	1,214	683
3歳	491	668	589	689	617	525	447	436	501	447	607	565
4歳以上	1,041	994	773	858	1,135	673	590	639	674	605	786	875
計	2,672	3,483	2,713	3,032	2,815	2,159	2,022	2,222	2,239	1,942	2,778	2,172

年齢別漁獲係数

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	0.13	0.20	0.20	0.09	0.08	0.10	0.08	0.08	0.05	0.04	0.11	0.01
2歳	0.54	0.78	0.56	0.81	0.65	0.54	0.65	0.57	0.48	0.37	0.49	0.35
3歳	0.52	0.64	0.53	0.56	0.75	0.62	0.51	0.47	0.47	0.36	0.36	0.30
4歳以上	0.52	0.64	0.53	0.56	0.75	0.62	0.51	0.47	0.47	0.36	0.36	0.30
単純平均	0.43	0.57	0.45	0.50	0.56	0.47	0.44	0.40	0.37	0.28	0.33	0.24

年齢別資源尾数（百万尾）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	53	50	48	35	34	35	37	40	46	50	35	63
2歳	27	35	31	29	24	23	24	25	27	33	35	23
3歳	10	12	12	13	9	9	10	9	10	13	17	16
4歳以上	10	9	8	9	9	7	6	7	8	8	11	14
計	100	105	98	85	76	74	76	81	92	103	98	116

年齢別資源重量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	2,741	2,556	2,241	1,779	1,948	1,851	1,889	2,368	2,508	2,914	1,912	3,889
2歳	2,400	3,065	2,728	2,840	2,263	2,254	2,078	2,630	2,919	2,948	3,615	2,703
3歳	1,405	1,635	1,665	1,878	1,356	1,328	1,307	1,360	1,561	1,718	2,349	2,503
4歳以上	2,981	2,433	2,186	2,338	2,496	1,702	1,722	1,991	2,100	2,326	3,042	3,878
計	9,527	9,689	8,820	8,835	8,064	7,135	6,996	8,349	9,089	9,906	10,919	12,973

年齢別親魚量（トン）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	1,405	1,635	1,665	1,878	1,356	1,328	1,307	1,360	1,561	1,718	2,349	2,503
4歳以上	2,981	2,433	2,186	2,338	2,496	1,702	1,722	1,991	2,100	2,326	3,042	3,878
計	4,386	4,068	3,852	4,216	3,852	3,030	3,030	3,351	3,662	4,044	5,392	6,382

年齢別平均体重（g）

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	52	51	47	51	58	53	52	59	54	58	55	62
2歳	88	88	89	98	96	98	88	106	106	91	102	118
3歳	142	139	142	145	143	146	133	149	150	136	141	157
4歳以上	304	280	275	272	273	261	275	277	278	279	281	272

年齢別選択率

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1歳	0.24	0.30	0.38	0.16	0.11	0.16	0.16	0.17	0.11	0.12	0.31	0.05
2歳	1.04	1.21	1.05	1.46	0.87	0.89	1.29	1.23	1.02	1.02	1.39	1.14
3歳	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4歳以上	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

補足資料３　管理基準値案と禁漁水準案等

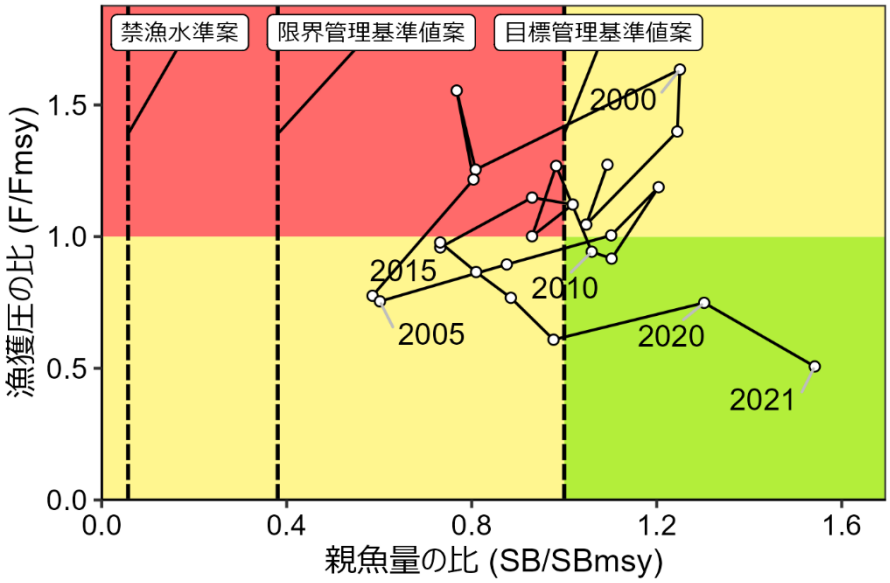
令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値（SBtarget）には MSY 水準における親魚量（SBmsy：41 百トン）、限界管理基準値（SBlimit）には MSY の 60%が得られる親魚量（SB0.6msy：16 百トン）、禁漁水準（SBban）には MSY の 10%が得られる親魚量（SB0.1msy：2 百トン）を用いることが提案されている（飯田ほか 2021, 補足表 6-2）。

目標管理基準値案と、MSY を実現する漁獲圧（F）を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。コホート解析により得られた 2021 年の親魚量（SB2021：64 百トン）は目標管理基準値案、限界管理基準値案および禁漁水準案を上回る。本系群における 2015 年以降の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧を下回っていたと判断される（補足図 3-1）。

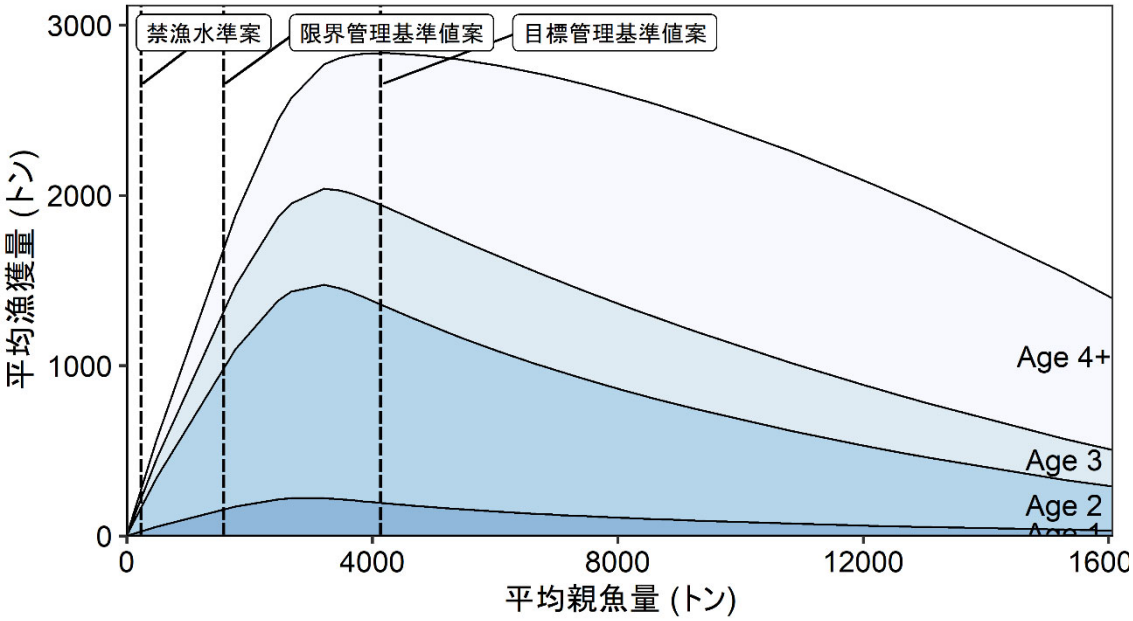
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。親魚量が限界管理基準値案以下の場合には、漁獲物は 2 歳が主体であるが、親魚量が目標管理基準値案よりも多いと 3 歳魚以上の比率が高くなる傾向がみられた。

引用文献

飯田真也・吉川　茜・八木佑太・藤原邦浩 (2021) 令和 3 (2021) 年度ソウハチ日本海南西部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-26. FRA-SA2021-BRP12-3
http://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20211026/doc_souhachi_japansea-sw_RIM.pdf (last acessed 10 Augst 2022)



補足図 3-1.　管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係（神戸プロット）



補足図 3-2.　平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係（漁獲量曲線）

補足資料 4.　漁獲管理規則案に対応した将来予測

（1）将来予測の設定

資源評価で推定した 2021 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2022～2053 年までの将来予測計算を行った（補足資料 5）。将来予測における加入量は、各年の親魚量から予測される値を再生産関係式から与えた。加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を仮定し、1 万回の繰り返し計算を行った。2022 年の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧（F2019-2021）から仮定し、生物パラメータ（平均体重等）は管理基準値案を算出した時と同じ条件とした。2023 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

（2）漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧（F）等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には Fmsy に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 4-1 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.8 とした場合を示した。なお、研究機関会議提案では、β が 0.8 以下であれば 10 年後に目標管理基準値を 80%以上の確率で上回ることが推定されたことが示されている。

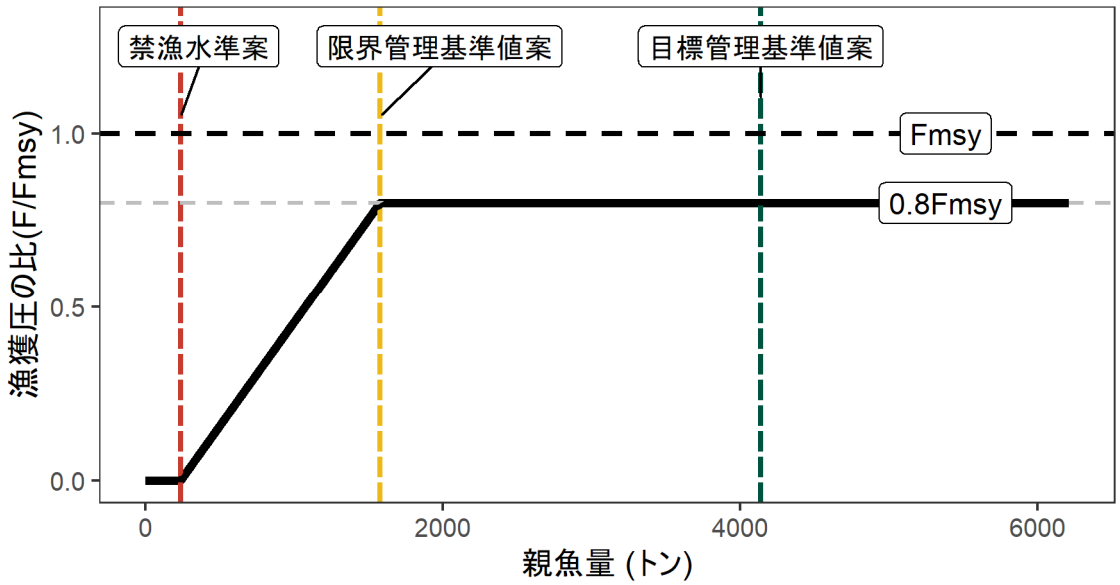
（3）2023 年の予測値

漁獲管理規則に基づき試算された 2023 年の平均漁獲量は、β を 0.8 とした場合には 36 百トン、β を 1.0 とした場合には 43 百トンであった（補足表 4-4、6-4）。2023 年に予測される親魚量は、いずれの繰り返し計算でも目標管理基準値を上回り（補足表 4-1）、平均 75 百トンと見込まれた（補足表 4-3）。この親魚量は限界管理基準値以上であるため、2023 年の漁獲圧は β×Fmsy として求めた。

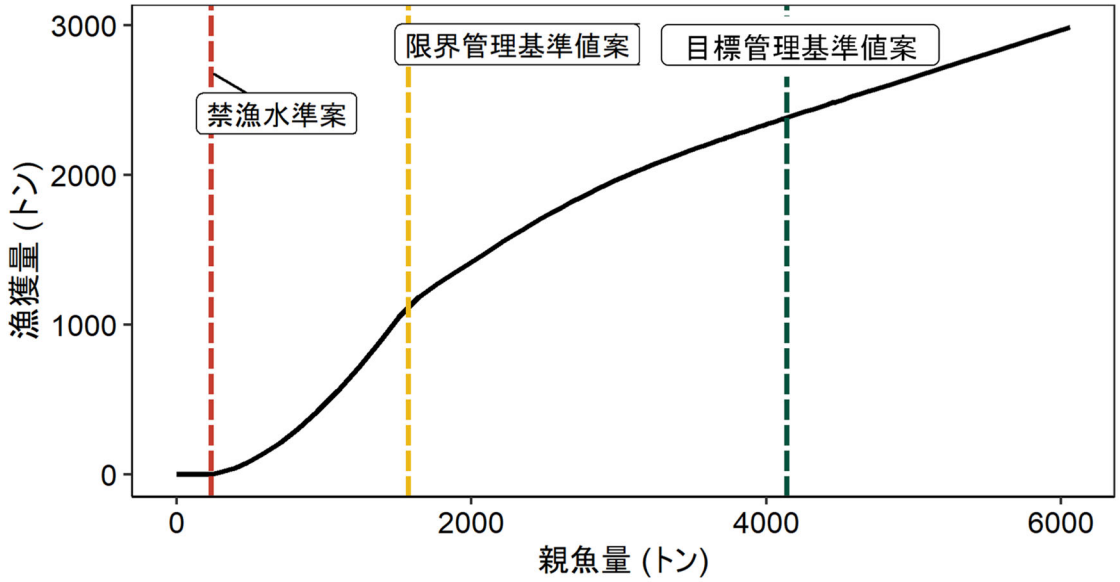
（4）2024 年以降の予測

2024 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 4-2 および補足表 4-1～4-4 に示す。漁管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2033 年の親魚量の予測値は β を 0.8 とした場合には 54 百トン（90%予測区間は 39 百～70 百トン）であり、β を 1.0 とした場合には 41 百トン（90%予測区間は 30 百～54 百トン）である（補足表 6-5）。予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.8 以下で 80%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率はいずれの β においても 100%となる。現状の漁獲圧（F2019-2021）を継続した場合の 2033 年の親魚量の予測値は 69 百トン（90%予測区間は 51 百～90 百トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 98%、限界管理基準値案を上回る確率は 100%である（補足表 6-5）。

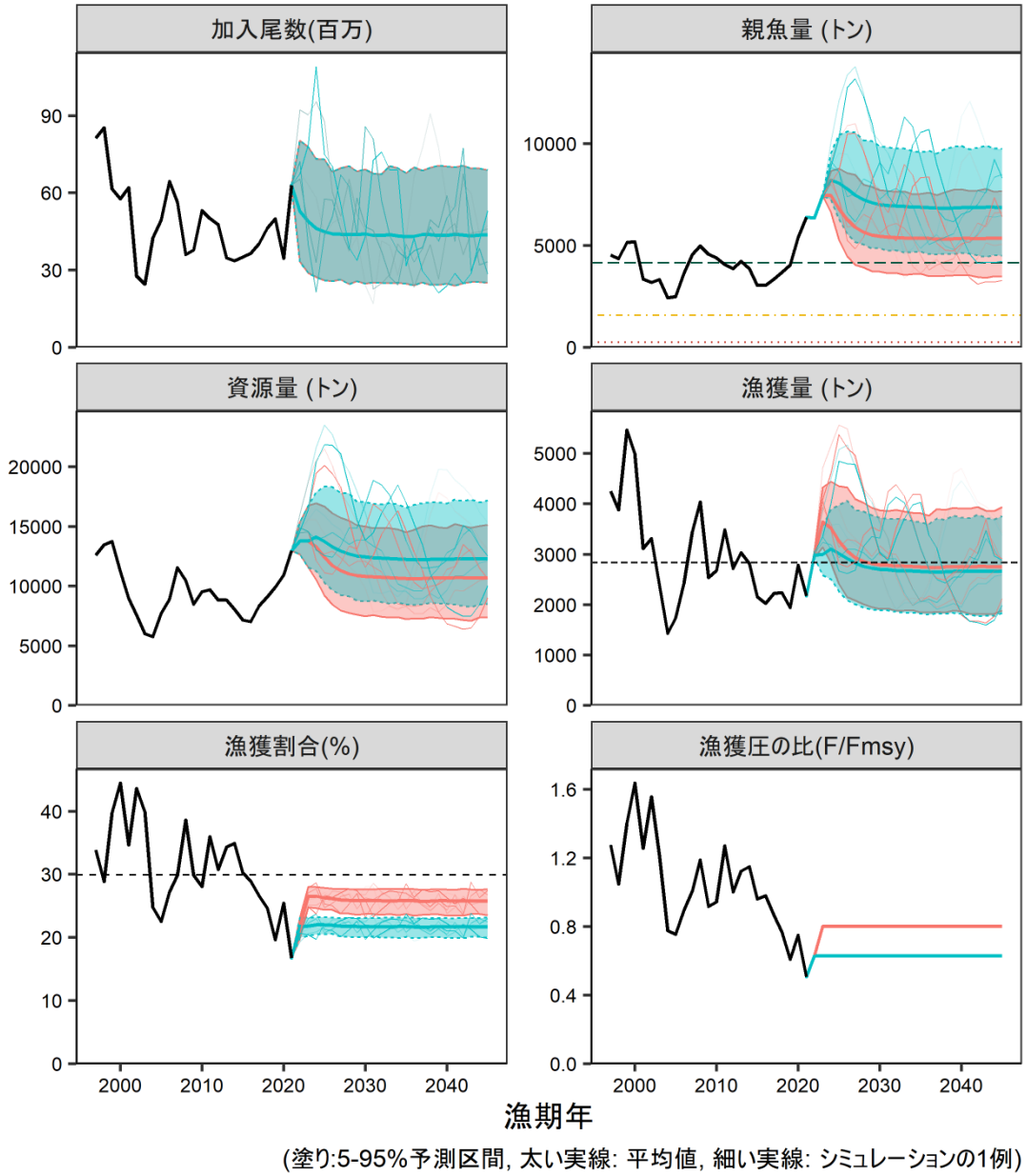
a） 縦軸を漁獲圧にした場合



b） 縦軸を漁獲量にした場合



補足図 4-1. 漁獲管理規則案 目標管理基準値（SBtarget）案は HS 再生産関係に基づき算出した SBmsy である。限界管理基準値案（SBlimit）および禁漁水準案（SBban）には、それぞれ標準値を用いている。調整係数 β には標準値である 0.8 を用いた。黒破線は Fmsy、灰色破線は 0.8Fmsy、黒太線は HCR、赤破線は禁漁水準案、黄破線は限界管理基準値案、緑破線は目標管理基準値案を示す。a）は縦軸を漁獲圧にした場合、b）は縦軸を漁獲量で表した場合である。b）については、漁獲する年の年齢組成によって漁獲量は若干異なるが、ここでは平衡状態における平均的な年齢組成の場合の漁獲量を示した。



補足図 4-2. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤色）と現状の漁獲圧での将来予測（緑色）太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる 90%予測区間、細線は 3 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄点線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は Umsy を示す。2022 年の漁獲は予測される資源量と現状の漁獲圧（F2019-2021）により仮定し、2023 年以降の漁獲は漁獲管理規則案（補足図 4-1）に従うものとした。調整係数 β には 0.8 を用いた。

補足表 4-1　将来の親魚量が目標管理基準値案を上回る確率（%）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	**2033**	2043	2053
1.0	100	100	100	100	98	76	61	51	47	44	43	44	**44**	43	40
0.9	100	100	100	100	100	92	82	73	68	67	67	67	**66**	64	62
0.8	100	100	100	100	100	98	94	91	88	86	86	85	**85**	81	83
0.7	100	100	100	100	100	100	98	98	98	97	96	96	**95**	94	95
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	**99**	99	99
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
F2019-2021	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	99	98	**98**	98	98

太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

補足表 4-2　将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	**2033**	2043	2053
1.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
0.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100
F2019-2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	**100**	100	100

太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

補足表 4-3　将来の親魚量の平均値の推移（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	**2033**	2043	2053
1.0	6,382	6,358	7,450	6,652	5,570	4,903	4,524	4,306	4,191	4,134	4,107	4,103	**4,086**	4,067	4,027
0.9	6,382	6,358	7,450	7,042	6,156	5,542	5,161	4,928	4,798	4,732	4,699	4,694	**4,675**	4,657	4,613
0.8	6,382	6,358	7,450	7,454	6,805	6,272	5,905	5,663	5,520	5,444	5,404	5,395	**5,374**	5,350	5,304
0.7	6,382	6,358	7,450	7,890	7,526	7,110	6,776	6,535	6,383	6,297	6,250	6,237	**6,213**	6,181	6,133
0.6	6,382	6,358	7,450	8,352	8,326	8,070	7,798	7,573	7,420	7,329	7,276	7,259	**7,231**	7,189	7,139
0.5	6,382	6,358	7,450	8,842	9,213	9,173	9,001	8,817	8,676	8,586	8,531	8,512	**8,482**	8,428	8,376
0.4	6,382	6,358	7,450	9,360	10,199	10,441	10,420	10,312	10,207	10,133	10,084	10,068	**10,038**	9,972	9,919
0.3	6,382	6,358	7,450	9,909	11,293	11,901	12,099	12,120	12,087	12,054	12,028	12,026	**12,002**	11,933	11,882
0.2	6,382	6,358	7,450	10,491	12,509	13,582	14,091	14,314	14,411	14,462	14,490	14,525	**14,524**	14,482	14,433
0.1	6,382	6,358	7,450	11,106	13,859	15,521	16,459	16,991	17,306	17,512	17,650	17,764	**17,819**	17,888	17,849
0.0	6,382	6,358	7,450	11,759	15,361	17,759	19,282	20,269	20,935	21,411	21,757	22,031	**22,209**	22,609	22,599
F2019-2021	6,382	6,358	7,450	8,200	8,072	7,771	7,480	7,251	7,098	7,009	6,958	6,943	**6,916**	6,878	6,828

太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

補足表 4-4　将来の漁獲量の平均値の推移（トン）

β	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	**2033**	2043	2053
1.0	2,172	2,983	4,327	3,872	3,408	3,133	2,973	2,891	2,847	2,827	2,821	2,806	**2,800**	2,792	2,774
0.9	2,172	2,983	3,993	3,713	3,348	3,112	2,964	2,883	2,837	2,816	2,809	2,795	**2,789**	2,783	2,765
0.8	2,172	2,983	3,640	3,519	3,257	3,066	2,934	2,857	2,812	2,790	2,782	2,767	**2,762**	2,755	2,737
0.7	2,172	2,983	3,268	3,285	3,126	2,986	2,876	2,808	2,765	2,742	2,733	2,719	**2,713**	2,705	2,688
0.6	2,172	2,983	2,874	3,007	2,946	2,861	2,779	2,723	2,685	2,663	2,654	2,640	**2,635**	2,625	2,610
0.5	2,172	2,983	2,459	2,679	2,706	2,676	2,626	2,586	2,556	2,538	2,530	2,518	**2,513**	2,502	2,489
0.4	2,172	2,983	2,020	2,292	2,392	2,414	2,398	2,378	2,359	2,347	2,341	2,331	**2,327**	2,316	2,305
0.3	2,172	2,983	1,556	1,840	1,986	2,050	2,065	2,066	2,061	2,057	2,055	2,050	**2,047**	2,038	2,030
0.2	2,172	2,983	1,066	1,315	1,469	1,553	1,591	1,609	1,617	1,622	1,625	1,625	**1,625**	1,621	1,616
0.1	2,172	2,983	548	705	817	886	925	948	962	971	978	981	**984**	987	984
0.0	2,172	2,983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0
F2019-2021	2,172	2,983	2,995	3,100	3,012	2,911	2,821	2,760	2,721	2,699	2,689	2,676	**2,670**	2,660	2,645

太字は漁獲管理規則に基づく管理開始から 10 年目となる目標年の値を示す。

補足資料 5.　将来予測の方法

将来予測は、「令和 4（2022）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針（FRA-SA2022-ABCWG02-01）」の 1 系資源の管理規則に従い、令和 3 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F（Fmsy）の推定に用いた再生産関係（飯田ほか 2021）と、補足表 5-1 に示した各種設定（自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧）を使用して実施した。資源尾数や漁獲量の予測計算には、「再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（FRA-SA2022-ABCWG02-04）」に基づき、統計ソフトウェア R（version 4.0.2）および計算パッケージ frasyr（コミット番号 1c8799a）を用いた。

将来予測における 2〜3 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1}\exp\left(-M_a - F_{a-1,y-1}\right) \qquad (a = 2,3) \tag{11}$$

4 歳魚以上のプラスグループの資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{4+,y} = N_{3,y-1}\exp\left(-M_{3,y-1} - F_{3,y-1}\right) + N_{4+,y-1}\exp\left(-M_{4+,y-1} - F_{4+,y-1}\right) \tag{12}$$

将来予測における漁獲圧（F）は 1 系資源の漁獲管理規則に従い、以下の式で求めた。

$$\mathrm{F_{a,y}} = \begin{cases} 0 & \text{if } \mathrm{SB_t} < \mathrm{SB_{ban}} \\ \beta\gamma(\mathrm{SB_t})\mathrm{F_{msy}} & \text{if } \mathrm{SB_{ban}} \le \mathrm{SB_t} < \mathrm{SB_{limit}} \\ \beta\mathrm{F_{msy}} & \text{if } \mathrm{SB_t} \ge \mathrm{SB_{limit}} \end{cases} \tag{13}$$

$$\gamma\left(\mathrm{SB_y}\right) = \frac{\mathrm{SB_y} - \mathrm{SB_{ban}}}{\mathrm{SB_{limit}} - \mathrm{SB_{ban}}} \tag{14}$$

ここで、SBy は y 年の親魚量、Fmsy および SBtarget、SBlimit、SBban はそれぞれ補足表 6-2 に案として示した親魚量の基準値である。

また、各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,y} = N_{a,y}\left(1 - \exp\left(-F_{a,y}\right)\right)\exp\left(-\frac{M_a}{2}\right) \tag{15}$$

将来予測における資源量および漁獲量は、ここで求めた資源尾数または漁獲尾数に補足表 5-1 の平均体重を乗じて求め、親魚量はこの資源量に成熟割合を乗じて算出した。

引用文献

飯田真也・吉川　茜・八木佑太・藤原邦浩 (2021) 令和 3 (2021) 年度ソウハチ日本海南西部系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. 水産研究・教育機構. 1-26. FRA-SA2021-BRP12-3.

国立研究開発法人 水産研究・教育機構 水産資源研究所 (2022) 令和 4 (2022) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2022-ABCWG02-01.

資源評価高度化作業部会（2022）再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA2022-ABCWG02-04.

補足表 5-1.　将来予測計算に用いた設定値

	選択率 （注 1）	Fmsy （注 2）	F2019-2021 （注 3）	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
1 歳	0.18	0.09	0.06	56.6	0.30	0
2 歳	1.21	0.65	0.40	96.2	0.30	0
3 歳	1.00	0.53	0.34	140.5	0.30	1
4 歳以上	1.00	0.53	0.34	282.4	0.30	1

1：令和 3 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率（すなわち、令和 2 年度資源評価での Fcurrent の選択率）。

注 2：令和 3 年度研究機関会議で推定された Fmsy（すなわち、令和 2 年度資源評価での Fcurrent に Fmsy/Fcurrent を掛けたもの）。

注 3：本系群では 2019～2021 年の F の平均値を現状の漁獲圧としており、この F 値を 2022 年の漁獲量の仮定に使用した。

補足資料 6.　各種パラメータと評価結果の概要

補足表 6-1.　再生産関係式のパラメータ

再生産関係式	最適化法	自己相関	a	b	S.D.	ρ
ホッケー・スティック型	最小二乗法	有	18.01	2423.60	0.25	0.57

a と b は各再生産関係式の推定パラメータ、S.D.は加入量の標準偏差、ρは自己相関係数である。

補足表 6-2.　管理基準値案と MSY

項目	値	説明
SBtarget 案	41 百トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量（SBmsy）。
SBlimit 案	16 百トン	限界管理基準値案。MSY の 60%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.6msy）。
SBban 案	2 百トン	禁漁水準案。MSY の 10%の漁獲量が得られる親魚量（SB0.1msy）。
Fmsy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧（漁獲係数 F） （1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上） =（0.09, 0.65, 0.53, 0.53）	
%SPR（Fmsy）	18%	Fmsy に対応する%SPR
MSY	28 百トン	最大持続生産量 MSY

補足表 6-3.　最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2021	6,382トン	2021 年の親魚量
F2021	2021 年の漁獲圧（漁獲係数 F）（1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上） ＝（0.01, 0.35, 0.30, 0.30）	
U2021	16.7%	2021 年の漁獲割合
%SPR（F2021）	36.1%	2021 年の%SPR
%SPR（F2019-2021）	30.6%	現状（2019-2021 年）の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2021/ SBmsy (SBtarget)	1.54	最大持続生産量を実現する親魚量（目標管理基準値案）に対する 2021 年の親魚量の比
F2021/ Fmsy	0.51	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2021 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を上回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る	
親魚量の動向	増加	

* 2021 年の選択率の下で Fmsy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 6-4.　予測漁獲量と予測親魚量

2023 年の親魚量（予測平均値）: 7,544 トン			
項目	2023 年の 漁獲量 （トン）	現状の漁獲圧に 対する比 （F/F2019-2021）	2023 年の 漁獲割合（%）
β=1.0	4,327	1.69	31.5
β=0.9	3,993	1.52	29.1
β=0.8	3,640	1.35	26.5
β=0.7	3,268	1.18	23.8
β=0.6	2,874	1.01	20.9
β=0.5	2,459	0.84	17.9
β=0.4	2,020	0.68	14.7
β=0.3	1,556	0.51	11.3
β=0.2	1,066	0.34	7.8
β=0.1	548	0.17	4.0
β=0	0	0.00	0.0
F2019-2021	2,995	1.00	21.8

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果

考慮している不確実性: 加入量					
β	2033 年の親魚量（百トン）	90% 予測区間（百トン）	2033 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率（%）		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
β=1.0	41	30 – 54	44	100	100
β=0.9	47	34 – 61	66	100	100
β=0.8	54	39 – 70	85	100	100
β=0.7	62	46 – 81	95	100	100
β=0.6	72	54 – 94	99	100	100
β=0.5	85	63 – 110	100	100	100
β=0.4	100	75 – 129	100	100	100
β=0.3	120	91 – 154	100	100	100
β=0.2	145	111 – 185	100	100	100
β=0.1	178	138 – 226	100	100	100
β=0	222	173 – 279	100	100	100
F2019-2021	69	51 – 90	98	100	100

補足資料 7.　漁獲成績報告書を用いた有効漁獲努力量の算出方法

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 分枡目）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。ただし J は有漁漁区数である。

$$P = \frac{CJ}{X'} \quad \text{すなわち} \quad X' = \frac{CJ}{P}$$

補足資料 8.　沖底の漁獲成績報告書を用いた CPUE 標準化手法

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解析に用いた。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 割がソウハチの漁獲がない（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て年トレンドを算出する。

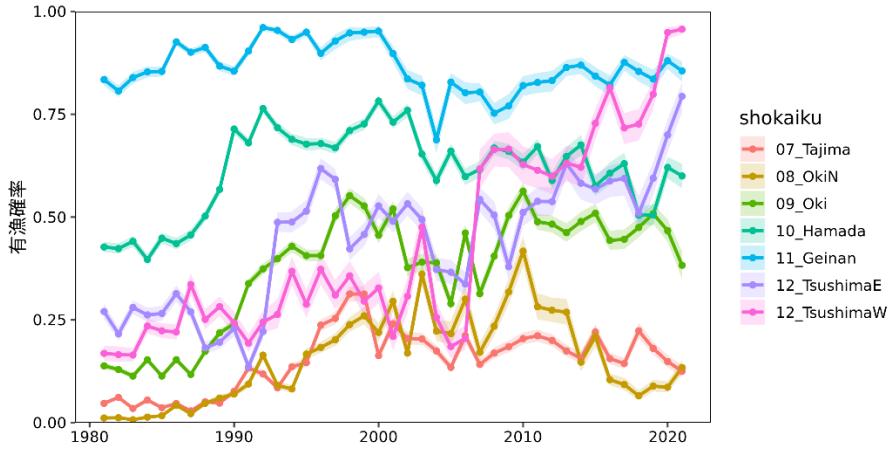
応答変数として、有漁確率モデルではソウハチの在不在（1/0）、CPUE モデルでは CPUE（漁獲量÷網数）とし、誤差構造としてそれぞれ二項分布・対数正規分布を仮定した。説明変数は 2 つのモデルで共通とし、固定効果として年、月、小海区、漁法（沖底 1 そうびき・2 そうびき）およびそれらの交互作用をカテゴリカル変数として含めた。交互作用には、経年的な分布の変化として年×小海区を、水温等環境要因の代替値として年×月を、ソウハチの産卵回遊として小海区×月を、漁法による漁況の違いとして年×漁法を考慮した。赤池情報量規準の総当たり法によってモデル選択した結果、いずれもフルモデルが選択された。

有漁確率モデル
logit(有漁確率) ~ 年 + 月 + 小海区 + 漁法 + 年:月 + 年:小海区 + 小海区:月 + 年:漁法
CPUE モデル
log(CPUE) ~ 年 + 月 + 小海区 + 漁法 + 年:月 + 年:小海区 + 小海区:月+ 年:漁法

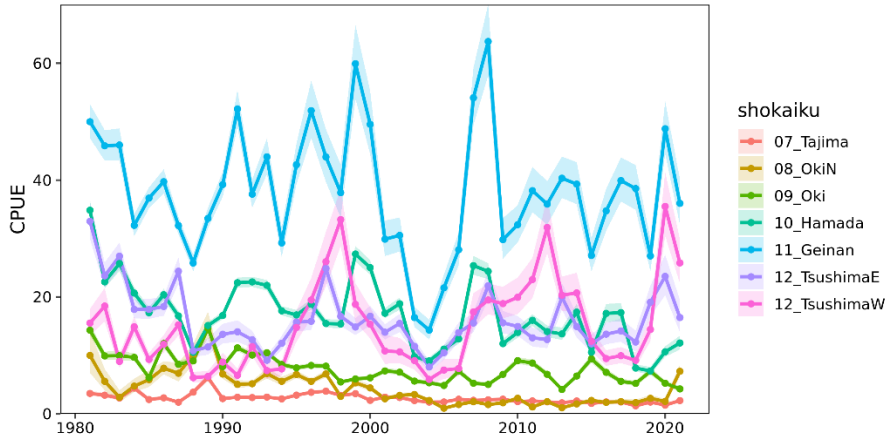
標準化 CPUE は有漁確率モデルと CPUE モデルそれぞれで年トレンドを計算し、それらを乗じることで得た。年トレンドは年・海域ごとの最小二乗平均（LSMEAN）を算出し（補足図 8-1、補足図 8-2）、両者を乗じて漁場面積比（解析対象期間の内に 1 度でもソウハチが漁獲された漁区の数の比）で加重平均した値と定めた（補足図 8-3）。モデルの詳細に関しては、ドキュメント FRA-SA2022-RC04-104 を参照願いたい。

引用文献

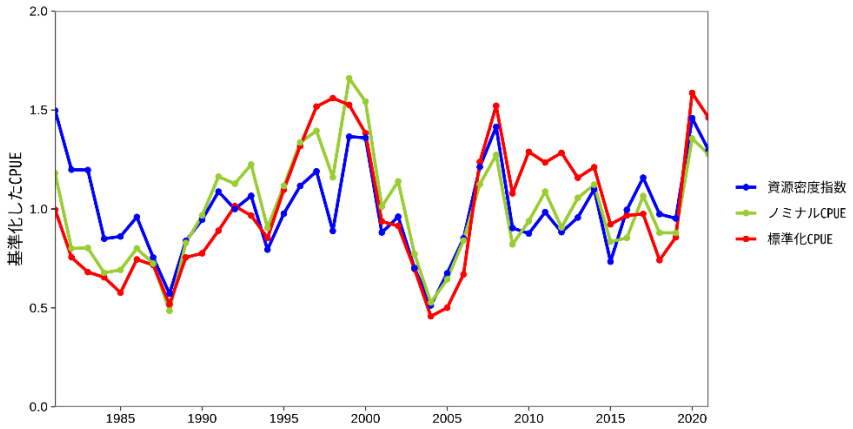
Lo, N. C. H., L. D. Jacobson and J. L. Squire (1992) Indices of relative abundance from fish spotter data based on Delta-lognormal models. Can. J. Fish. Aquat. Sci., **49**, 2515–2526.



補足図 8-1.　小海区別の有漁確率



補足図 8-2.　小海区別の有漁時 CPUE



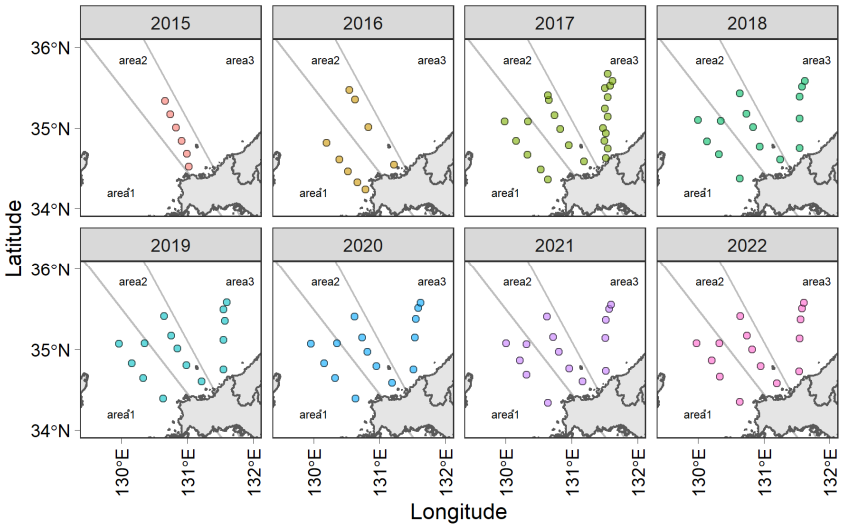
補足図 8-3.　平均で除して基準化した資源密度指数、ノミナル CPUE、標準化 CPUE

補足資料 9.　加入量調査結果

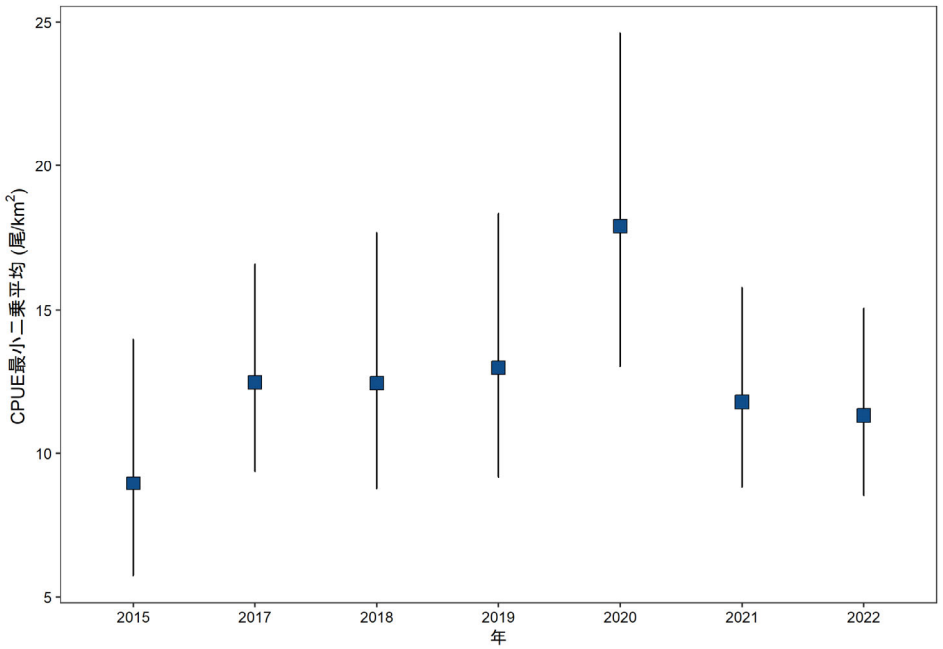
山口県水産研究センターでは、漁業調査船かいせいにより幅 4.5 m の桁網を用いた加入量調査を山口県沿岸において実施している（補足図 9-1）。本調査で採集されたソウハチについて、1 歳魚とみられる全長 10 cm 未満の出現状況を検討した。

1 歳魚の出現状況と調査年の関係を調べるため CPUE-LogNormal モデル（庄野 2004）を構築した。ゼロキャッチに対応するため、微小値（0.1）を加えた 1 歳魚の採集個体数を曳網距離で除し、その自然対数を目的変数とした。調査年、調査月、エリア（補足図 5-1 に示した 3 クラス）、水深（120～140 m、140～160 m、160～200 m の 3 クラス）、底水温（0～17.5 までを 2.5℃刻みで 7 クラス）を説明変数としたフルモデルを構築した。説明変数の有無を変えて Akaike's Information Criterion による総当たりモデル選択を行った結果，調査年と底水温を含むモデルがベストモデルとして選ばれた。CPUE の年トレンドを抽出するため、ベストモデルにおける調査年効果の最小二乗平均（Grafen and Hails 2002）を求めた。なお、本調査は主に 6～8 月にかけて行われるが、2016 年のみ 10 月および 12 月に実施されたため、2016 年を除外して解析した。

CPUE の最小二乗平均は 2019～2020 年にかけて急激に増加したが、2021 年には減少に転じた（補足図 9-2）。このトレンドは本系群の沖底標準化 CPUE（図 4-1）と類似した。



補足図 9-1.　山口県沖における加入量調査定点



補足図 9-2.　山口県沖で採集したソウハチ 1 歳魚に関する CPUE-LogNormal モデルの CPUE 最小二乗平均（青四角）。モデル構造は本文参照のこと。黒線は 95 %信頼区間を示す。

引用文献

庄野　宏 (2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究, **68**, 106-120.

Grafen, A., R. Hails (2002) Modern statistics for the life sciences. Oxford University Press, Oxford, 345 pp.