

令和 6（2024）年度サワラ瀬戸内海系群の資源評価

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（安田十也・河野悌昌・高橋正知・
日野晴彦・渡井幹雄・木下順二・井元順一・木皿祐雅）

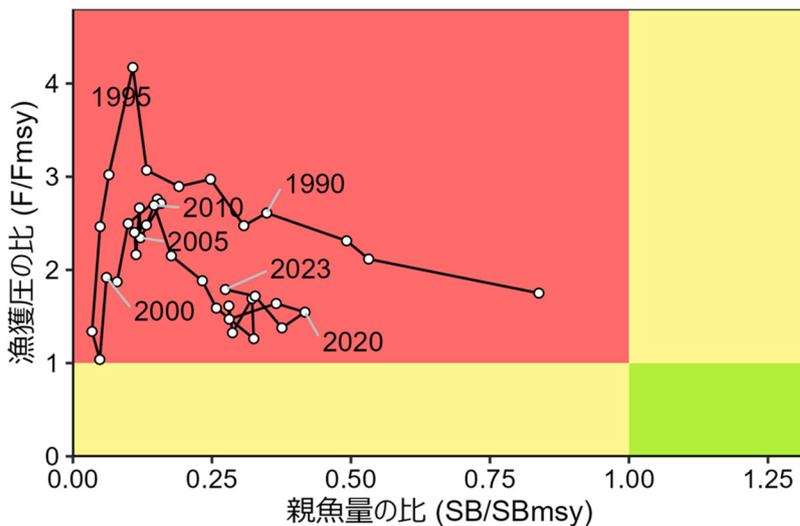
参画機関：和歌山県水産試験場、大阪府立環境農林水産総合研究所水産技術センター、兵庫
県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県農林水産総合セン
ター水産研究所、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター、山口県水産
研究センター内海研究部、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、
香川県水産試験場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所、
福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所、大分県農林水産研究指導センター
水産研究部

要 約

本系群の資源量をコホート解析により計算した。本系群の漁獲量は 1987 年に 6,000 トン前後であったが、1988 年から急減して 1998 年には 199 トンとなった。その後は増減を繰り返しながら長期的には増加傾向で推移した。しかし、2021 年から減少傾向となり、2023 年の漁獲量は 2,324 トンで引き続き減少傾向となった。流し網漁業の出漁隻日数あたりの漁獲尾数（CPUE）は 2007～2020 年に増加傾向で推移し、特に 2019 年と 2020 年に著しく増加した。しかし、その後は減少に転じ、2023 年は前年よりさらに減少した。ひき縄・はえ縄漁業の CPUE は 2007～2013 年に増加傾向であったが、それ以降は増減を繰り返して推移したのち 2021 年以降は減少し、2023 年の値は前年と同程度であった。卵稚仔調査による平均卵密度は、2016 年から増減を繰り返して推移しており、2023 年は前年より減少した。流し網漁業 CPUE およびひき縄・はえ縄漁業 CPUE を 1～4+歳の資源尾数の指標値として、平均卵密度を親魚量の指標値としてそれぞれ利用し資源解析を行った。推定された資源量は、1987 年の 15,718 トンから急激に減少し、1998 年に最低値の 688 トンとなった。1999 年から増加傾向で推移したが、2020 年以降は減少傾向となった。2023 年は 5,978 トンと推定され、前年（6,345 トン）と同程度であった。親魚量は資源量と似た推移を示し、2023 年は 3,536 トンと推定され、前年（4,229 トン）より減少した。漁獲割合は、2005 年から減少傾向で推移していたが、2020～2022 年に増加した。2023 年の漁獲割合は 39%で前年（41%）より減少した。

本資料では、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



最大持続生産量 (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	12.9 千トン
2023 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準 (SBmsy) を下回る
2023 年の漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を上回る
2023 年の親魚量の動向	減少
最大持続生産量 (MSY)	5.6 千トン
2025 年の ABC	—
コメント: ・ABC は、本系群の漁獲シナリオが「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。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
年	資源量 (千トン)	親魚量 (千トン)	漁獲量 (千トン)	F/Fmsy	漁獲割合 (%)
2019	8.6	4.7	2.4	1.64	28
2020	8.4	5.4	2.9	1.55	34
2021	7.1	4.8	2.8	1.38	39
2022	6.3	4.2	2.6	1.72	41
2023	6.0	3.5	2.3	1.79	39
2024	6.2	3.5	2.3	2.08	37
2025	6.2	3.6	-	-	-

・ 2024、2025 年の値は将来予測に基づく平均値である。
 ・ 選択率や生物パラメータが「管理基準値等に関する研究機関会議」と同条件下で、2023 年の選択率と年齢別成熟率、および 2019～2023 年の年齢別平均体重に対応する%SPR (20.5) を与える F 値を 2024 年の F として仮定した。

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・漁期年別 漁獲尾数	漁業・養殖業生産統計年報(農林水産省) 月別灘別漁法別の漁獲量および漁獲尾数(水産庁) 月別灘別漁法別尾叉長組成調査(和歌山～愛媛(7)府県) 尾叉長-年齢測定調査(大阪府、香川県、愛媛県)
資源量指数 ・資源量 ・平均卵密度	流し網漁業による出漁隻日数あたりの漁獲尾数(CPUE)(水産庁)* ひき縄・はえ縄漁業 CPUE(水産庁)* 卵稚仔調査(和歌山～大分(11)府県)* ・改良型ノルパックネット、丸特 B ネット
自然死亡係数 (M)	0歳魚は M=0.1、1歳魚以上は M=0.3 を仮定
漁獲努力量	操業隻日数調査(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

3～4月になると親魚が瀬戸内海中央部(播磨灘～安芸灘)に産卵回遊する(図2-1)。備讃瀬戸西部へは東側(紀伊水道外域～紀伊水道)および西側(豊後水道～伊予灘)から来遊する(中込 1971)。燧灘へは瀬戸内海東部から来遊する群も含まれる(竹森ほか 2005a)。5月に主産卵場が燧灘から備讃瀬戸にかけて形成され、6月になると安芸灘に移る(岸田 1988、1989)。秋季に両水道域から外海に向けて越冬回遊する。

(2) 年齢・成長

寿命は6～8歳で、雌が長寿である(岸田ほか 1985)。1980年代に比べると、それ以降の成長は速くなっている(岸田ほか 1985、安部 1993、中村・上田 1993、辻野・安部 1996、横川 1996、香川県 1999、竹森・山田 2003、竹森ほか 2005b、中村 2010a)。本系群における雌雄別および雌雄併せた年齢(t)と尾叉長 FL_t (mm)の von Bertalanffy 成長式(岸田ほか 1985、竹森・山田 2003)、雌雄併せた体重 W (g)と尾叉長 FL (mm)の関係式(岸田ほか 1985)を以下に示す。

年齢-尾叉長関係式

$$\text{雄} : FL_t = 804 \left(1 - \exp(-0.908(t - 0.105)) \right) \quad (1981 \sim 1983 \text{ 年})$$

$$\text{雌} : FL_t = 1011 \left(1 - \exp(-0.518(t + 0.222)) \right) \quad (1981 \sim 1983 \text{ 年})$$

$$\text{雌雄} : FL_t = 1182.8 \left(1 - \exp(-0.540(t + 0.147)) \right) \quad (2001 \text{ 年})$$

体重-尾叉長関係式

$$\text{雌雄} : W = 1.504 \times 10^{-5} FL^{2.943} \quad (5 \sim 6 \text{ 月})$$

$$\text{雌雄} : W = 5.686 \times 10^{-5} FL^{2.676} \quad (8 \text{ 月} \sim \text{翌年} 1 \text{ 月})$$

年齢-尾叉長関係式および体重-尾叉長関係式から求めた 5 月時点の年齢別の尾叉長および体重を図 2-2 に示す。年齢別漁獲尾数と漁獲量から算出した平均体重は、資源量が減少した 1990 年代後半に顕著に増加し、2000 年以降に減少傾向となっている (図 2-3)。0 歳の体重と資源尾数には負の相関があると報告されている (Nakajima et al. 2013)。

(3) 成熟・産卵

成熟率は、竹森 (2006) を参考に、0 歳では 0%、1 歳では 50%、2 歳以上では 100%とした (図 2-4)。産卵期は 5~6 月で、播磨灘、備讃瀬戸、燧灘よりやや遅れて安芸灘で始まる (岸田・会田 1989、篠原 1993)。瀬戸内海東部の主産卵場は播磨灘の鹿ノ瀬、室津ノ瀬、備讃瀬戸の中瀬で、西部は燧灘西側一帯の瀬に形成される (瀬戸内海水産開発協議会 1972)。多回産卵を行う。放流 1 歳魚の成熟度は天然魚と差が認められない (山崎・藤本 2006)。産卵水深は 5~10 m またはそれ以深であり、卵は表層に浮上し、分布水温は 14.6~22.7°C であった (岸田 1988)。

(4) 被捕食関係

発育初期にはカタクチイワシ等の稚魚を捕食し (Shoji et al. 1997)、成長するとカタクチイワシ、イカナゴ等魚類を主食とする。捕食者の情報は整理されていない。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

本系群の漁獲対象は、春季に瀬戸内海中央部へ来遊する 1 歳以上と秋季に瀬戸内海中央部から紀伊水道と豊後水道へ移動する 0 歳以上である。近年では 0 歳の漁獲は少ない。両水道ではひき縄等の釣り漁業が主体で、ひき縄とはえ縄漁業は、同一漁船が出漁日の魚群の分布状況に応じて漁具を随時選択して操業している。外国漁船による漁獲はない。

(2) 漁獲量の推移

瀬戸内海区の漁獲量は、1968~1976 年では約 1,000~2,000 トン、1977~1984 年では約 3,000~4,000 トンで推移した (図 3-1、表 3-1、3-2)。1985~1987 年の漁獲量は 6,000 トン

前後の最多となったが、1988年から急減して1998年には199トンの最低値となった。その後は増加傾向が続いていた。2023年の漁獲量は2,324トンで、前年(2,582トン)と同程度であった。しかし、近年の漁獲量は2021年から減少傾向を示している。

漁獲物の年齢組成をみると(図3-2)、資源水準の高かった1980年代では全漁獲物に占める3歳以上の割合が多かった。しかし、1990年代になると高齢魚の漁獲は少なくなった(上田1990、岸田1990、武田1996、河野ほか1997)。2000年以降の漁獲の主体は1、2歳であったが、2013年から3歳、2015年から4歳の割合が多くなった(補足資料8)。0歳の漁獲尾数は、1987~1994年では30万尾を超えていたが、その後は最近年まで低い水準で推移している。近年では、2018年級群(2019年の1歳、2020年の2歳、2021年の3歳)と2023年級群が0歳時に比較的多く漁獲された。2023年の漁獲物の年齢組成は、4歳魚以上の漁獲が少なく、1歳の漁獲が比較的多かった。

漁業種類別の漁獲量は、流し網漁業による漁獲が最も多く、2023年には全漁獲量の76%を占めた(表3-3)。ひき縄・はえ縄等の釣り漁業による漁獲は全体の14%、はなつぎ網・巾着網・船びき網漁業による漁獲は全体の7%、その他の漁法による漁獲は全体の2%を占めた。

(3) 漁獲努力量

流し網の出漁隻日数は2007~2015年に増加傾向となったが、2016年以降は緩やかな減少傾向を示している。ひき縄・はえ縄の努力量は近年では緩やかな減少傾向にある(図3-3)。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1987年以降の漁獲量、尾叉長組成、尾叉長一年齢関係に基づいて、暦年の年齢別漁獲尾数を集計し、本系群の主要漁業である流し網漁業およびひき縄・はえ縄漁業の出漁隻日数あたり漁獲尾数(CPUE)を1歳魚以上の資源尾数の指標値として、卵稚仔調査による平均卵密度を親魚量の指標値として用いるコホート解析(Tuned Virtual Population Analysis: 以下、チューニングVPAと呼ぶ)により年齢別資源尾数を推定した(補足資料1、2)。

(2) 資源量指標値の推移

本系群の資源量指標値として、流し網漁業のCPUE、ひき縄・はえ縄漁業のCPUE、卵稚仔調査で得られた平均卵密度を使用した(補足資料2、9)。両漁業のCPUEは季節や海域等の情報を用いて標準化した(安田ほか2024、FRA-SA2024-SC04-202)。流し網漁業のCPUEは、2007~2020年に増加傾向にあり、特に2019年と2020年に著しく増加した。しかし、2021年から減少に転じ、2023年は前年よりさらに減少した(図4-1)。ひき縄・はえ縄漁業のCPUEは、2007~2013年には緩やかな増加傾向を示していたが、その後は増減を繰り返して推移した後、2021年以降減少し、2023年は前年と同程度であった。両漁業の瀬戸内海における漁獲量は全体の71~96%を占めた。平均卵密度は2016年から増減を繰り返して推移しており、2023年は前年より減少した。

(3) 資源量と漁獲圧の推移

資源量は1987年の15,718トンから急激に減少し、1998年には最低値の688トンとなった。その後は増加傾向に転じた。2023年の資源量は5,978トンと推定され、前年(6,345トン)と同程度であった(図4-2、表4-1、補足資料8)が、直近5年間(2019~2023年)では減少傾向を示している。親魚量は、全体的に資源量と似た推移を示した。1987年の親魚量は10,813トンあったが、1998年には443トンまで減少した。1999年以降は増加傾向を示した。2023年は3,536トンで、前年(4,229トン)から減少し、直近5年間でも減少傾向を示している。加入量(0歳魚資源尾数)は、1988年の434万尾から1998年の9万尾まで減少した。しかし、1999年以降は増加傾向となり、2018年は299万尾と特に多かった。2023年の加入量は166万尾と推定された(図4-3、表4-1、補足資料8)が、直近年の加入量の不確実性は高い傾向がみられている(補足資料2)。自然死亡係数Mの仮定が資源量推定値に与える影響を調べるために、1歳以上の仮定値(0.3)に±0.1した場合の感度分析を行った。その結果、直近年でみると資源量推定値に8~9%の違いが生じるが、長期的な変動傾向は変わらなかった(図4-4)。0歳魚の漁獲係数Fは1987~1994年には上昇傾向であったが、その後減少し、現在まで低い水準で推移した(図4-5、補足資料8)。1歳魚のFは2019年から上昇傾向で推移していた。2歳魚のFは近年緩やかな減少傾向にあった。3歳魚以上のFは2017年から上昇傾向を示していた。漁獲割合は、1987年の38%から1996年の54%まで増加傾向であった。その後、増減を繰り返しながら、2005年以降は減少傾向を示していたが、2021~2022年に増加した。2023年は39%で前年と同程度であった(図4-6、表4-1)。

本年度評価では2022年の3歳および4+歳のFが昨年度評価より上方修正となり、2022年の親魚量は下方修正となった(補足資料7)。2022年級群以前の資源尾数を指標する2023年の資源量指標値が減少したことや、今年度新たに導入した親魚量の指標値も減少傾向にあったことが、これら推定値の変化に影響したと考えられる。2022年のFの修正と同様に、2021年の3歳および4+歳のFも上方修正となった。令和4年度評価時では、2021年の3歳(2018年級群)の漁獲尾数が比較的多く、それら年級群の多寡を示す資源量指標値も高い水準であった。そのため、チューニングVPAの計算上、2021年における3歳の漁獲尾数の多さは資源量の多さによるものと説明された。しかし、本年度評価において2023年の資源量指標値が加わり、その値は2021年や2022年より低かった。2023年の資源量指標値と年齢別漁獲尾数に基づくと、2021年当時の3歳の漁獲尾数の多さは、資源量の多さによるものではなく、漁獲圧の高さによるものと説明された。

(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)を基準にした比較を行った。各年のSPRと漁獲の無かった場合のSPRとの割合(%SPR)を計算し、その推移を図4-7と表4-1に示した。%SPRは漁獲圧が低いほど大きな値となる。%SPRの推移は漁獲割合と似た傾向を示しており、2002年から増加傾向を示している。2023年の%SPRは21.4%であった。現状の漁獲圧(F2024)は2023年と同程度とし、年齢別体重を直近5年間(2019~2023年)の平均値と仮定し、%SPRを算出すると20.5%となった。

最大持続生産量MSYを実現する親魚量(SBmsy)を維持する漁獲圧(Fmsy)に対する

YPR と%SPR の関係を図 4-8 に示す。このとき F の選択率としては令和 4 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 Fmsy の推定に用いた値とした（安田ほか 2022b）。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 30.3%に相当した。Fmsy は現状の漁獲圧（F2024）より低かった。

(5) 再生産関係

親魚量（重量）と加入量（尾数）との関係（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にはホッカー・スティック（HS）型再生産関係式を用いることが提案されている（安田ほか 2022b）。ここで、再生産関係のパラメータ推定に使用されたデータは、令和 4（2022）年度の資源評価（安田ほか 2022a）に基づく親魚量・加入量とし、最適化手法には最小二乗法を用いている。加入量の残差の自己相関は考慮していない。再生産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 を実現する水準および管理基準値等

令和 4 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」で推定した現在（1987 年以降）の環境下における最大持続生産量 MSY、MSY を実現する親魚量（SBmsy）、および SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）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（SBmsy）と SBmsy を維持する漁獲圧（Fmsy）を基準にした神戸プロットを図 4-10 に示す。また、2023 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 2023 年の親魚量は SBmsy の 0.27 倍であり、この水準を下回っている。2023 年の漁獲圧は、Fmsy の 1.79 倍であり、この水準を上回っている。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比（F/Fmsy）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、直近 5 年間（2019～2023 年）の推移から減少と判断される。本系群の親魚量は 1987 年以降 SBmsy を下回っている。漁獲圧は 1987 年から 1990 年代は高い漁獲圧が維持されていた。2010 年から徐々に削減されていたが、近年の漁獲圧は増減しながら緩やかな増加傾向で推移し、Fmsy より高い状態が継続している。

5. 資源評価のまとめ

2023 年の漁獲量は前年と同程度であったが、2021 年から減少傾向を示している。2023 年の漁獲物は 1 歳魚の占める割合が多かった。資源量指標値はいずれも 2021 年から減少傾向を示している。0 歳魚の漁獲は低い水準ではあるが、近年では比較的多かった。2023 年の資源量は前年と同程度、親魚量は前年より減少した。両者ともに直近 5 年間（2019～2023 年）では減少傾向を示している。漁獲圧は 1 歳魚や 3 歳以上で上昇傾向にあった。2023 年の親魚量は MSY を実現する親魚量（SBmsy）を下回っている。2023 年の漁獲圧や現状の漁獲圧（F2024）は SBmsy を維持する漁獲圧を上回っている。資源量の減少を予防するためには、適正な漁獲圧を保つだけでなく、若齢個体を獲り残すことを目的とした現

在の取り組みを継続することが望ましいと考えられる。

6. その他

サワラは瀬戸内海の水産業において特に重要な魚種のひとつである。1968年からローラー巻きを用いた網揚げの機械化が普及したことにより流し網の隻数が増加し(中込 1971)、0歳も漁獲対象とする秋漁が行われるようになった。1985年頃にはナイロンテグスの導入により羅網効率が向上し(上田 1990、中村 1991、中村 2010b)、細かい網目による小型魚の漁獲がいっそう進んだ(永井ほか 1996)。さらに1986年には、播磨灘において、はなつぎ網漁業が復活した(永井・武田 1993)。このような漁獲努力量の増加により1970年代後半～1980年代半ばの漁獲量は増加したが、1980年代後半になると資源量・漁獲量ともに急減した。これらの急減を受けて、1998年には播磨灘と備讃瀬戸における秋漁の自主休漁が行われた。また、瀬戸内海東部海域では種苗放流が始まった。2002～2011年度には資源回復計画が実施され、種苗放流とともに、流し網の目合い制限と休漁期の設定を柱とする漁獲努力量の削減措置が行われた(永井 2003、小林 2003)。これらの措置は2012年度以降も新たな枠組みである資源管理指針・計画の下で継続して実施されているが、種苗放流は2020年度で終了した(補足資料 10)。

7. 引用文献

- 安部恒之 (1993) 大阪府における漁獲動向. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, **61**, 36-41.
- 香川県 (1999) さわら流し網. 平成 10 年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書, 12-24.
- 岸田 達 (1988) 瀬戸内海中部海域におけるサワラの卵・仔魚の鉛直・水平分布. 日水誌, **54**, 1-8.
- 岸田 達 (1989) 漁場の移動からみた瀬戸内海中西部域におけるサワラの分布と回遊. 南西水研報, **22**, 13-27.
- 岸田 達 (1990) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの成長と個体群密度の関係. 南西水研報, **23**, 35-41.
- 岸田 達・会田勝美 (1989) 瀬戸内海中西部域におけるサワラの成熟と産卵. 日水誌, **55**, 2065-2074.
- 岸田 達・上田和夫・高尾亀次 (1985) 瀬戸内海中西部におけるサワラの年齢と成長. 日水誌, **51**, 529-537.
- 小林一彦 (2003) サワラ瀬戸内海系群資源回復計画について. 日水誌, **69**, 109-114.
- 河野悌昌・花村幸生・西山雄峰・福田雅明 (1997) 瀬戸内海西部におけるサワラ資源の年齢組成の変化. 南西水研報, **30**, 1-8.
- 永井達樹 (2003) サワラの資源状況と資源回復計画. 日水誌, **69**, 99-103.
- 永井達樹・武田保幸 (1993) 漁獲量. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・社団法人日本水産資源保護協会, **61**, 1-16.
- 永井達樹・武田保幸・中村行延・篠原基之・上田幸男・安部亨利・安部恒之 (1996) 瀬戸内海東部産サワラの資源動向. 南西水研報, **29**, 19-26.

- 中込暢彦 (1971) サワラ資源の利用形態と漁業経営様式 (謄写印刷). 水産大学校, 下関, 44 pp.
- Nakajima, K., S. Kitada, H. Yamazaki, H. Takemori, Y. Obata, A. Iwamoto and K. Hamasaki (2013) Ecological interactions between hatchery and wild fish: a case study based on the highly piscivorous Japanese Spanish mackerel. *Aquacult. Environ. Interact.*, **3**, 231-243.
- 中村行延 (1991) 五色町漁業協同組合鳥飼支所におけるサワラ流し網漁の漁獲動向について. *内海漁業研究会報*, **23**, 40-49.
- 中村行延 (2010a) 兵庫県瀬戸内海産サワラの年齢組成と成長の変化. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 [水産篇], **41**, 59-64.
- 中村行延 (2010b) 水揚記録から見た播磨灘におけるさわら流し網漁の漁獲実態. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告 [水産篇], **41**, 65-68.
- 中村行延・上田幸男 (1993) 年齢と成長. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, **61**, 17-27.
- 瀬戸内海水産開発協議会 (1972) 「瀬戸内海の魚介類 Vol. 1」. 瀬戸内海水産開発協議会, 神戸, 72 pp.
- 篠原基之 (1993) 熟度指数の季節変化と年変化, 成熟率及びよう卵数. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 II 漁業生物班 B, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, **61**, 124-141.
- Shoji, J., T. Kishida and M. Tanaka (1997) Piscivorous habits of Spanish Mackerel larvae in the Seto Inland Sea. *Fish. Sci.*, **63**, 388-392.
- 武田保幸 (1996) 紀伊水道産サワラの近年における漁獲低迷. *水産海洋研究*, **60**, 18-25.
- 竹森弘征 (2006) 瀬戸内海東部海域で漁獲されたサワラの成長と成熟. *香川水試研報*, **7**, 1-11.
- 竹森弘征・坂本 久・植田 豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005a) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ標識放流結果-I. 栽培技研, **32**, 25-34.
- 竹森弘征・坂本 久・植田 豊・山崎英樹・岩本明雄 (2005b) 瀬戸内海東部海域におけるサワラ 0 歳魚の成長. 栽培技研, **32**, 35-41.
- 竹森弘征・山田達夫 (2003) 瀬戸内海東部海域におけるサワラの資源水準と成長の関係. *香川水試研報*, **4**, 1-9.
- 辻野耕實・安部恒之 (1996) 大阪府における漁獲動向. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 I. 漁業生物班, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, **67**, 95-112.
- 上田幸男 (1990) 播磨灘産サワラの漁業生物学的研究(要旨). *内海漁業研究会報*, **22**, 62.
- 安田十也・片町太輔・河野悌昌・高橋正知・渡邊千夏子・渡井幹雄・木下順二・井元順一 (2022a) 令和 4 (2022) 年度サワラ瀬戸内海系群の資源評価. 令和 4 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, FRA-SA2022-AC-59, 36 pp., 水産庁・水産研究・教育機構.
- 安田十也・片町太輔・河野悌昌・高橋正知・渡邊千夏子・渡井幹雄・木下順二・井元順一 (2022b) 令和 4 (2022) 年度サワラ瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2022-BRP12-02, 40 pp., 水産研究・教育機構, 横浜.
- 安田十也、河野悌昌、高橋正知、井元順一、渡井幹雄、木下順二、日野晴彦、木皿祐雅 (2024)

令和 6(2024) 年度サワラ瀬戸内海系群の資源評価：流し網漁業およびひき縄・はえ縄漁業 CPUE 標準化・モデル診断結果, FRA-SA2024-SC04-202, 13pp., 水産研究・教育機構, 横浜.

山崎英樹・藤本 宏 (2006) 放流海域に回帰したサワラ人工 1 歳魚の性比と成熟状況. 栽培技研, **34**, 7-12.

横川浩治 (1996) 瀬戸内海東部域におけるサワラの成長および肥満度. 本州四国連絡架橋漁業影響調査報告 I. 漁業生物班, 本州四国連絡架橋漁業影響調査委員会・日本水産資源保護協会, **67**, 179-198.

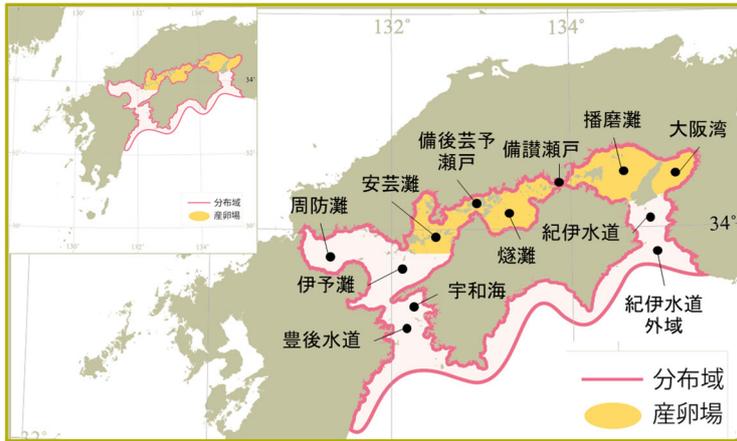


図 2-1. 分布域と産卵場

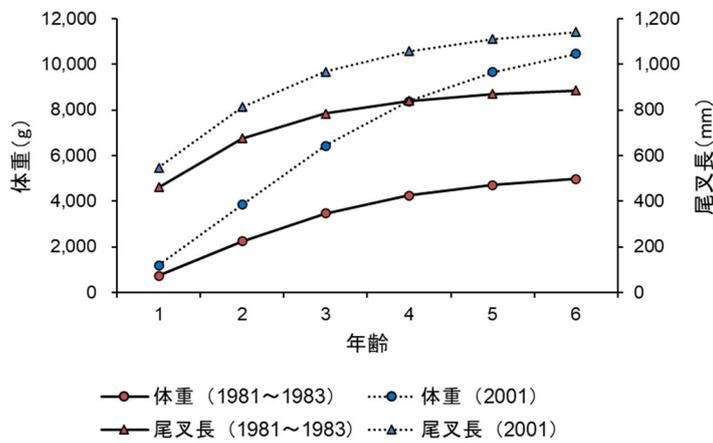


図 2-2. 年齢と成長 (5月時点)

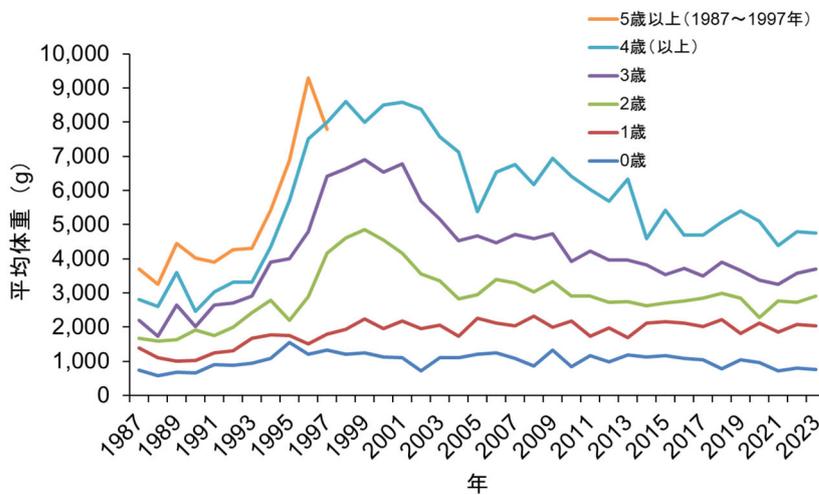


図 2-3. 年齢別平均体重の推移

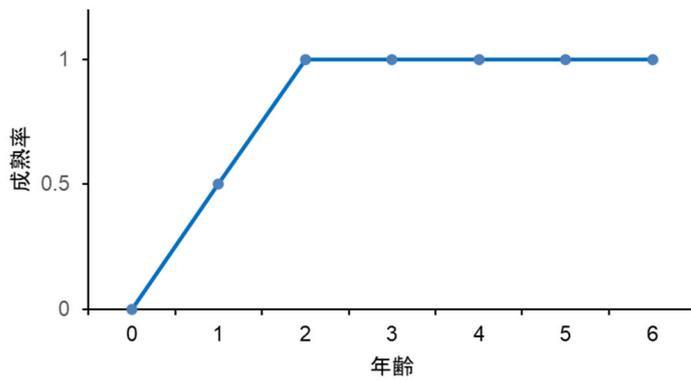


図 2-4. 年齢別成熟率

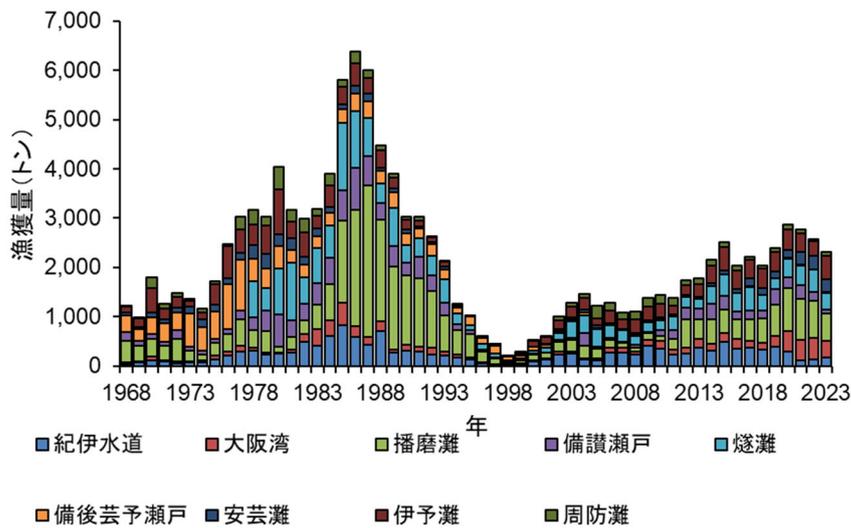


図 3-1. 年別灘別漁獲量の推移

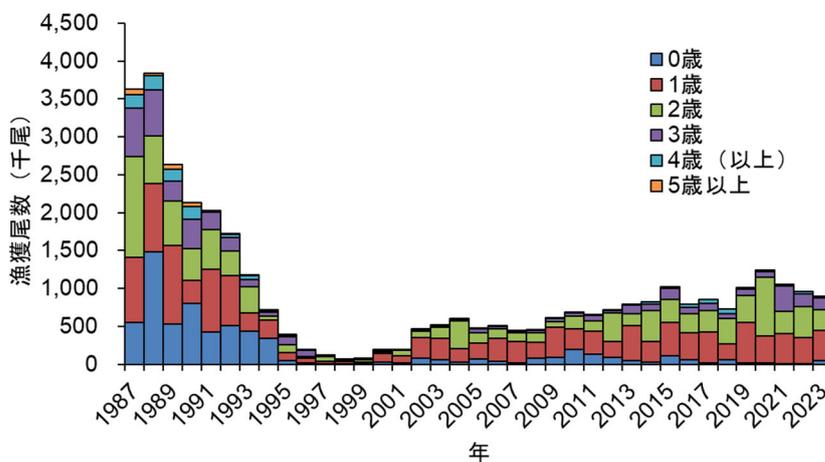


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

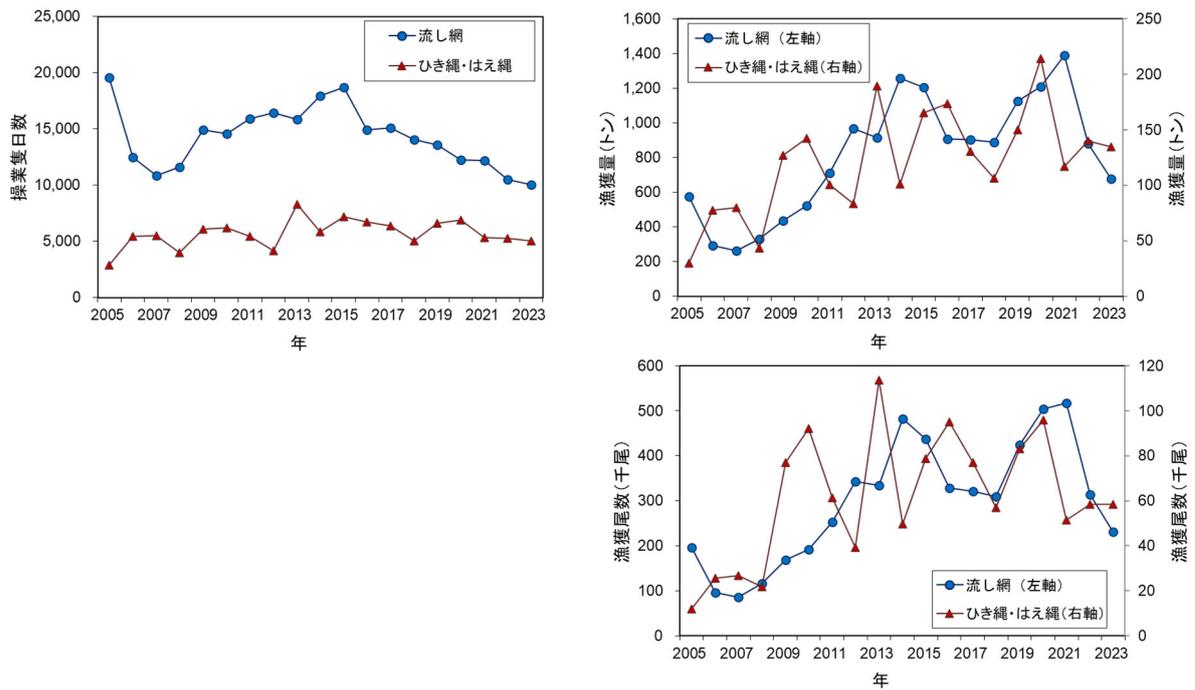


図 3-3. 流し網とひき縄・はえ縄漁業における操業隻日数、漁獲量、漁獲尾数の推移

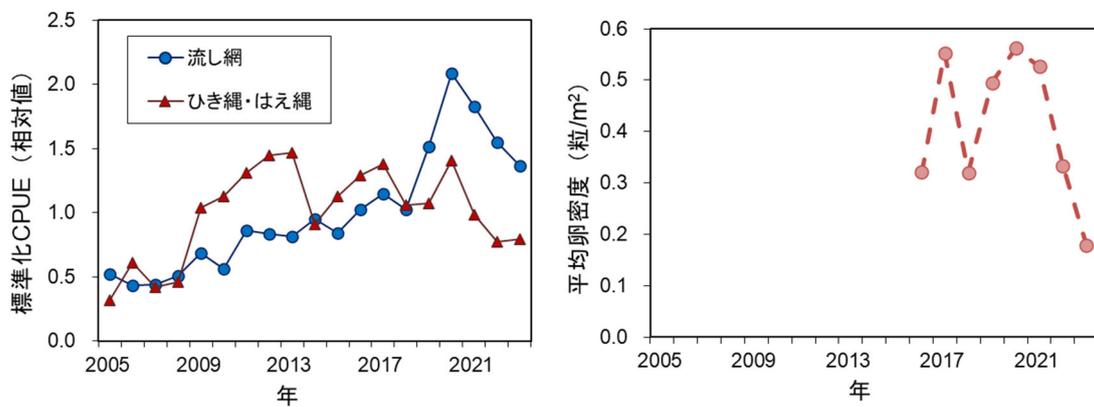


図 4-1. 流し網とひき縄・はえ縄漁業の標準化 CPUE (左) と平均卵密度 (右) の推移

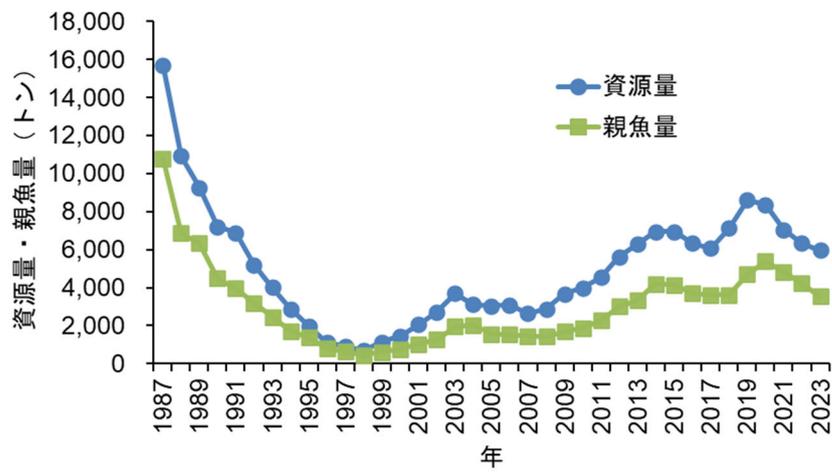


図 4-2. 資源量と親魚量の経年変化

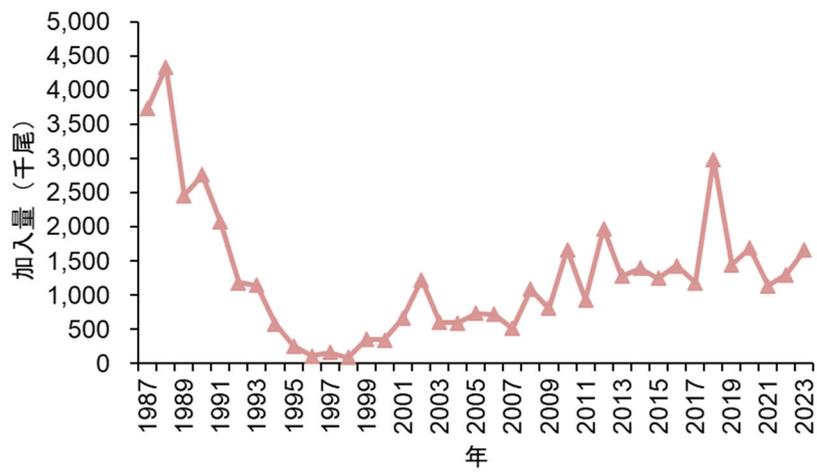


図 4-3. 加入量の経年変化

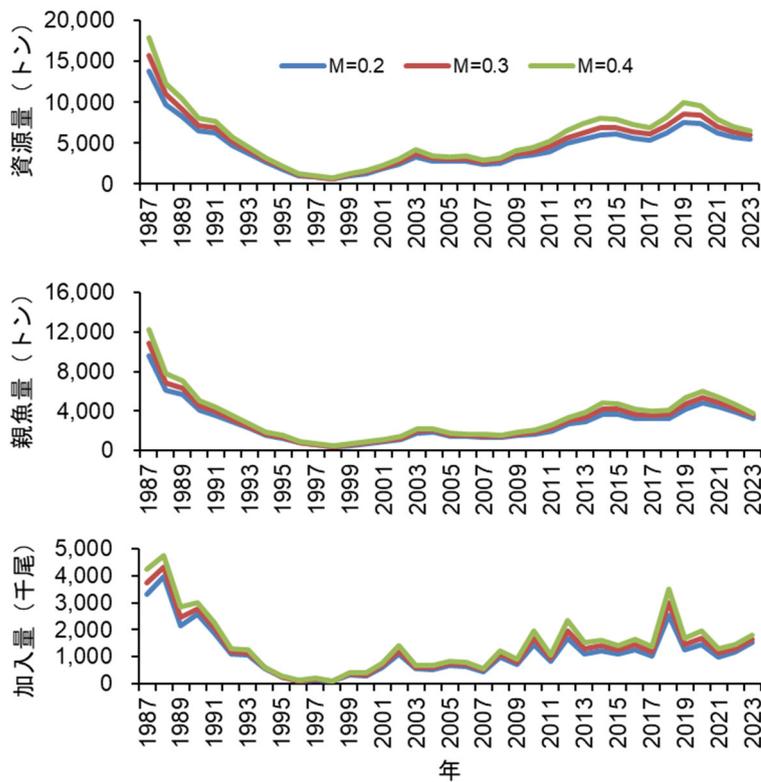


図 4-4. 自然死亡係数 M を変化させた場合の資源量、親魚量、加入量推定値

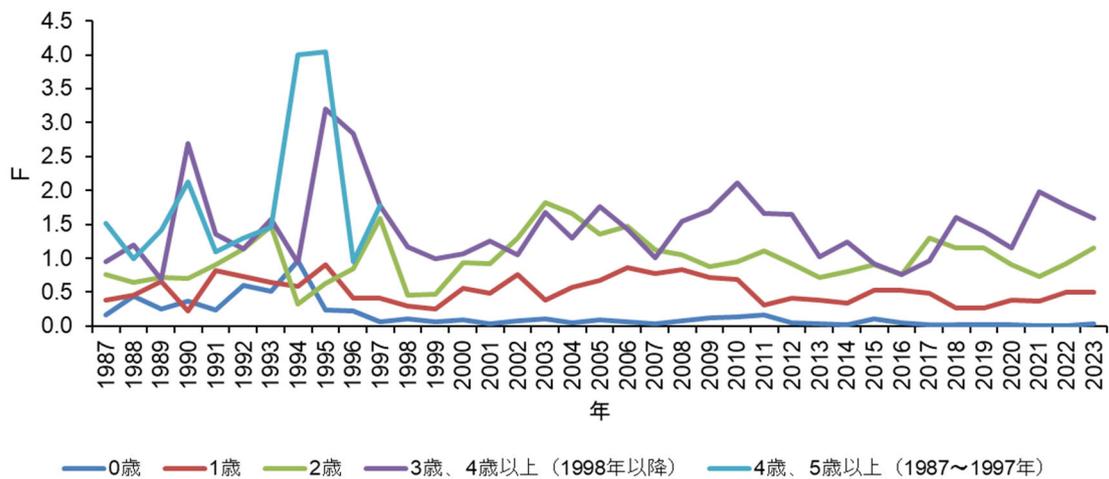


図 4-5. 年齢別漁獲係数 F の推移

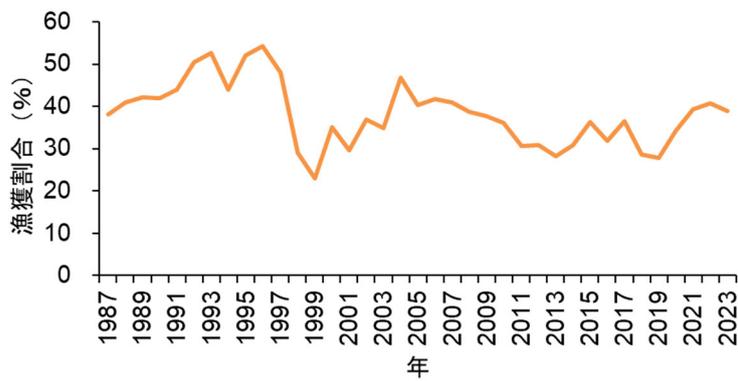


図 4-6. 漁獲割合の推移

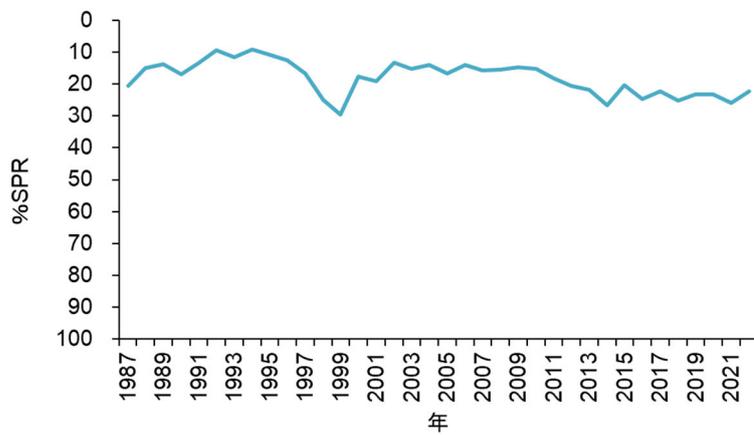


図 4-7. %SPR の推移

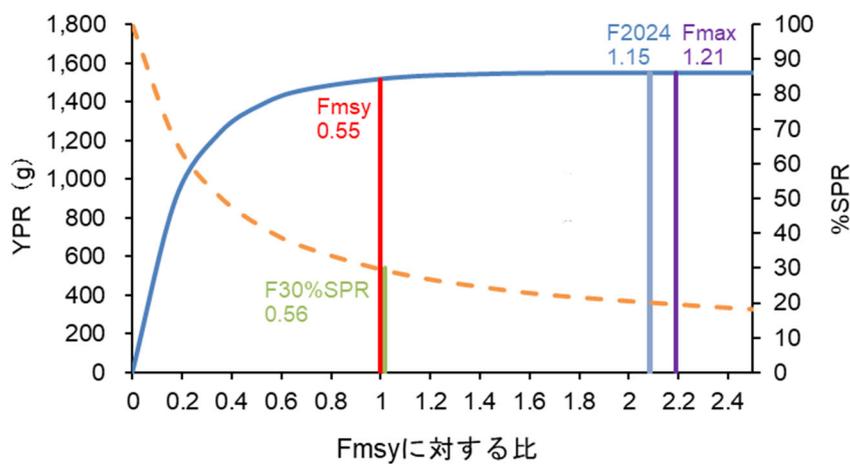


図 4-8. 最大持続生産量を実現する親魚量を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する YPR (青実線) と%SPR (オレンジ破線) の関係
 図中の数値は F の平均値。

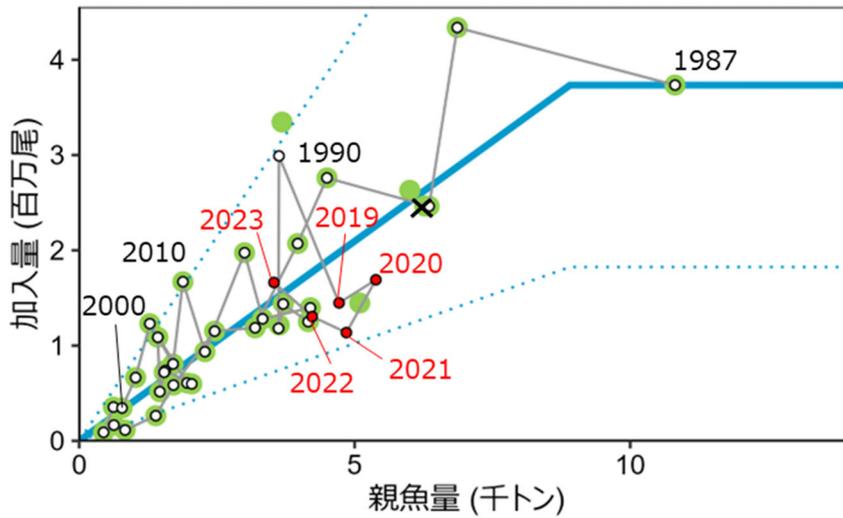


図 4-9. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

再生産関係には自己相関を考慮しないホッカー・スティック（HS）型再生産関係式を用い、最小二乗法によりパラメータ推定を行った。緑色丸印は再生産関係の分析に使用した令和 4 年度評価時の 1987～2020 年の親魚量と加入量を示す（ただし直近年である 2021 年（×印）は除く）。図中の数字は加入群の年級（生まれ年）を示す。図中の再生産関係式（青実線）の上下の点線は、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。白抜丸印は本年度評価における 1987～2023 年の親魚量と加入量を示す。赤色丸印はそのうち直近 5 年間（2019～2023 年）の親魚量と加入量を示す。

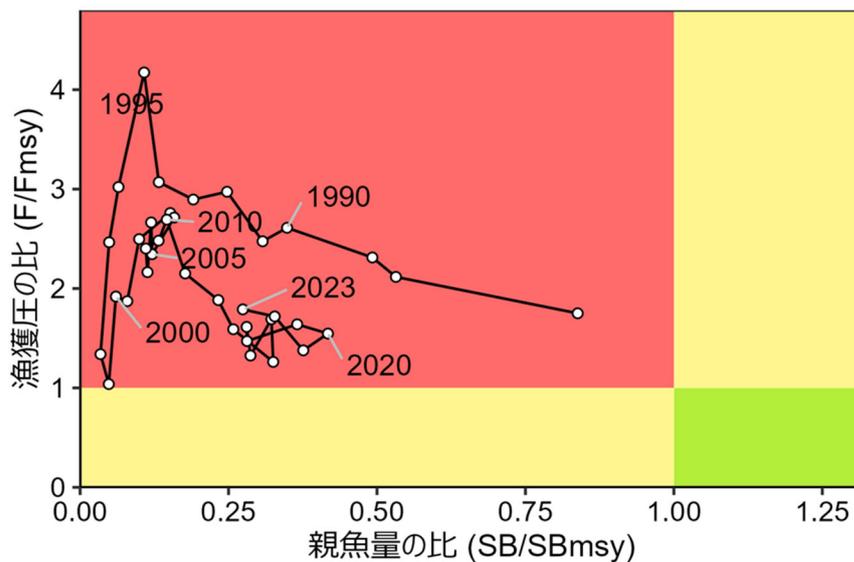


図 4-10. 神戸プロット

表 3-1. 瀬戸内海区のサワラの府県別漁獲量の推移（トン）

年	和歌山	大阪	兵庫	岡山	広島	山口	徳島	香川	愛媛	福岡	大分	計
1965	39	24	432	133	106	45	46	409	245	0	54	1,533
1966	51	10	461	256	121	36	35	793	151	0	54	1,968
1967	58	20	288	76	60	70	25	364	176	0	61	1,198
1968	21	14	181	114	207	21	18	308	240	0	98	1,222
1969	28	11	134	74	147	31	32	202	196	0	136	991
1970	24	31	182	44	102	52	37	92	254	0	972	1,790
1971	33	15	211	31	252	65	37	110	319	12	169	1,254
1972	28	8	244	114	191	41	24	236	411	7	176	1,480
1973	29	8	154	41	389	24	23	113	469	3	101	1,354
1974	24	21	93	19	268	63	30	75	495	4	80	1,172
1975	55	11	283	13	424	31	47	143	526	22	167	1,722
1976	68	41	334	56	477	42	68	192	873	1	315	2,467
1977	62	41	605	102	479	106	115	201	847	6	457	3,021
1978	84	27	325	100	670	80	63	270	1,054	37	463	3,173
1979	40	13	367	149	746	109	64	332	784	20	400	3,024
1980	48	9	171	88	512	223	71	727	1,387	27	782	4,045
1981	77	12	291	111	311	143	70	436	1,426	71	212	3,160
1982	125	35	571	108	340	164	79	361	807	64	331	2,985
1983	124	240	546	154	258	150	75	590	872	45	130	3,184
1984	174	116	854	274	240	190	208	593	893	37	314	3,893
1985	238	198	1,683	376	253	146	277	821	1,602	0	222	5,816
1986	223	106	1,877	535	348	215	232	1,077	1,479	0	286	6,378
1987	237	62	2,378	365	369	136	209	1,000	1,055	2	184	5,997
1988	300	41	1,666	271	275	118	338	684	647	10	135	4,485
1989	152	37	1,078	329	307	85	172	657	1,004	0	81	3,902
1990	135	39	994	224	268	74	227	464	538	0	66	3,029
1991	132	16	952	237	234	71	258	622	415	0	84	3,021
1992	65	114	780	153	238	11	217	482	530	0	33	2,623
1993	88	43	518	108	185	9	123	414	598	0	34	2,120
1994	57	54	345	71	115	4	122	215	275	0	13	1,271
1995	52	28	289	49	85	2	114	209	199	0	2	1,029
1996	30	19	140	29	87	1	23	110	162	0	2	603
1997	16	13	70	17	75	0	13	57	174	1	6	442
1998	15	3	33	6	65	0	12	20	44	0	1	199
1999	16	14	40	5	49	1	18	33	83	0	4	263
2000	36	12	105	7	41	2	55	38	185	0	31	512
2001	45	12	87	8	18	12	83	58	195	1	96	615
2002	78	46	172	23	32	79	153	72	231	2	120	1,008
2003	64	19	248	19	46	96	149	85	441	5	117	1,289
2004	54	19	183	76	60	78	79	308	454	7	147	1,465
2005	43	33	124	29	57	146	58	143	425	8	158	1,224
2006	47	67	187	15	40	139	162	127	383	8	108	1,283
2007	45	44	144	18	31	82	172	104	323	4	115	1,082
2008	47	24	85	20	48	82	159	141	312	12	183	1,113
2009	73	59	213	17	50	123	255	143	339	4	106	1,382
2010	58	41	218	22	48	116	228	233	293	3	176	1,436
2011	52	46	217	38	45	117	125	374	248	4	118	1,384
2012	62	58	338	102	37	73	134	568	292	3	73	1,740
2013	78	94	374	58	40	87	216	401	308	4	115	1,775
2014	72	91	329	85	47	106	199	571	504	4	140	2,148
2015	80	118	380	97	38	132	303	543	637	5	186	2,519
2016	54	114	355	74	44	128	212	384	438	5	219	2,027
2017	61	108	325	79	78	150	227	434	494	8	257	2,220
2018	54	81	328	94	96	133	227	431	411	7	176	2,038
2019	57	155	499	151	78	161	244	539	347	8	159	2,398
2020	61	341	805	144	128	154	143	454	425	8	212	2,875
2021	40	387	667	113	152	168	53	466	508	14	205	2,773
2022	38	385	636	50	104	200	81	411	487	15	175	2,582
2023	40	223	550	40	81	250	84	316	418	15	307	2,324

表 3-2. 瀬戸内海区および紀伊水道外域、豊後水道のサワラの灘別漁獲量（トン）

年	紀伊水道	大阪湾	播磨灘	備讃瀬戸	燧灘	備後芸予瀬戸	安芸灘	伊予灘	周防灘	瀬戸内海計	紀伊水道外域	豊後水道
1968	31	45	434	173	*	338	61	125	16	1,222	312	234
1969	68	26	317	105	*	233	40	173	28	991	135	176
1970	115	75	361	97	*	332	102	490	217	1,790	171	232
1971	83	38	294	66	*	395	78	211	90	1,255	182	233
1972	59	26	465	173	*	357	97	228	74	1,480	122	335
1973	63	20	226	74	*	688	129	129	26	1,354	122	154
1974	75	45	120	62	*	481	165	133	91	1,172	91	169
1975	140	64	262	75	*	564	142	420	55	1,722	135	144
1976	211	87	354	92	*	916	125	640	41	2,467	113	117
1977	282	132	530	178	*	1,027	137	475	260	3,021	159	157
1978	315	46	359	274	722	465	268	418	306	3,173	173	327
1979	238	34	430	424	459	396	299	564	181	3,024	173	166
1980	241	31	121	649	944	440	238	926	455	4,045	144	267
1981	262	63	268	330	1,178	255	227	342	235	3,160	163	363
1982	492	157	282	325	536	263	159	488	283	2,985	112	124
1983	409	333	493	446	703	249	153	259	139	3,184	157	121
1984	600	323	738	535	660	251	110	451	225	3,893	196	119
1985	829	460	1,653	618	1,366	286	106	354	144	5,816	240	229
1986	581	229	2,354	848	1,162	346	159	463	235	6,378	154	202
1987	432	163	3,062	604	764	345	163	315	149	5,997	100	142
1988	707	196	2,062	348	394	248	61	361	108	4,485	80	107
1989	272	67	1,685	409	778	317	76	224	74	3,902	49	109
1990	316	114	1,410	247	367	240	70	199	67	3,029	156	73
1991	298	82	1,405	428	380	200	36	129	64	3,021	70	50
1992	224	151	1,155	313	389	241	32	113	5	2,623	61	42
1993	209	75	748	259	465	196	61	103	3	2,120	46	44
1994	167	69	500	112	218	120	46	41	0	1,271	46	34
1995	140	32	467	90	102	175	6	17	0	1,029	16	150
1996	54	20	209	56	114	124	3	23	0	603	128	15
1997	28	13	107	27	75	162	10	13	6	442	105	18
1998	25	3	51	8	20	75	6	10	0	199	113	103
1999	31	22	58	11	36	60	9	34	1	263	47	56
2000	96	21	113	15	75	65	12	115	2	512	46	244
2001	139	21	102	16	99	47	19	136	36	615	61	180
2002	232	63	201	34	141	37	38	185	79	1,008	67	351
2003	246	45	234	39	347	39	40	205	93	1,289	42	71
2004	131	26	250	259	352	76	41	251	79	1,465	45	65
2005	106	54	194	31	368	13	57	151	250	1,224	35	182
2006	268	98	162	41	262	10	32	257	154	1,283	53	189
2007	276	86	114	23	226	6	26	192	134	1,082	75	312
2008	238	51	82	50	196	11	37	287	160	1,113	43	250
2009	401	119	143	34	189	17	33	267	179	1,382	78	118
2010	343	161	107	118	202	12	42	271	179	1,436	61	275
2011	232	93	232	181	262	12	37	182	154	1,384	77	201
2012	253	110	592	238	217	12	26	196	96	1,740	90	261
2013	372	175	390	229	188	12	29	273	105	1,775	89	96
2014	318	140	492	308	356	6	67	357	104	2,148	200	172
2015	490	171	485	275	433	5	70	480	109	2,519	238	101
2016	352	191	395	161	380	5	76	366	99	2,027	305	177
2017	365	148	426	192	474	9	158	380	68	2,220	93	128
2018	333	130	499	166	305	3	152	383	66	2,038	99	42
2019	386	231	624	313	227	3	140	387	86	2,398	86	72
2020	286	423	877	211	385	14	162	408	109	2,875	191	55
2021	111	427	818	283	404	15	264	376	74	2,773	406	60
2022	126	438	750	188	456	8	270	287	58	2,582	280	52
2023	175	325	573	67	340	20	258	478	87	2,324	284	175

瀬戸内海漁業調整事務所集計値の割合を漁業・養殖業生産統計年報に換算した。

* 1968～1977年の燧灘の漁獲量は備後芸予瀬戸と合わせて示した。

表 3-3. 近年の漁法別漁獲量（トン）

年	流し刺網	ひき縄、延縄、 その他釣り	はなつぎ網、 巾着網、船曳網	その他	合計
2005	1,025	84	52	63	1,224
2006	907	283	58	35	1,283
2007	708	309	19	46	1,082
2008	815	242	10	46	1,113
2009	831	454	57	39	1,382
2010	936	450	11	39	1,436
2011	993	275	60	56	1,384
2012	1,276	361	55	48	1,740
2013	1,147	508	49	71	1,775
2014	1,624	418	57	48	2,148
2015	1,809	607	55	49	2,519
2016	1,453	490	45	39	2,027
2017	1,674	438	58	50	2,220
2018	1,575	387	28	49	2,038
2019	1,733	477	121	67	2,398
2020	1,994	411	429	40	2,875
2021	2,186	181	371	34	2,773
2022	1,991	209	331	52	2,582
2023	1,760	337	170	56	2,324

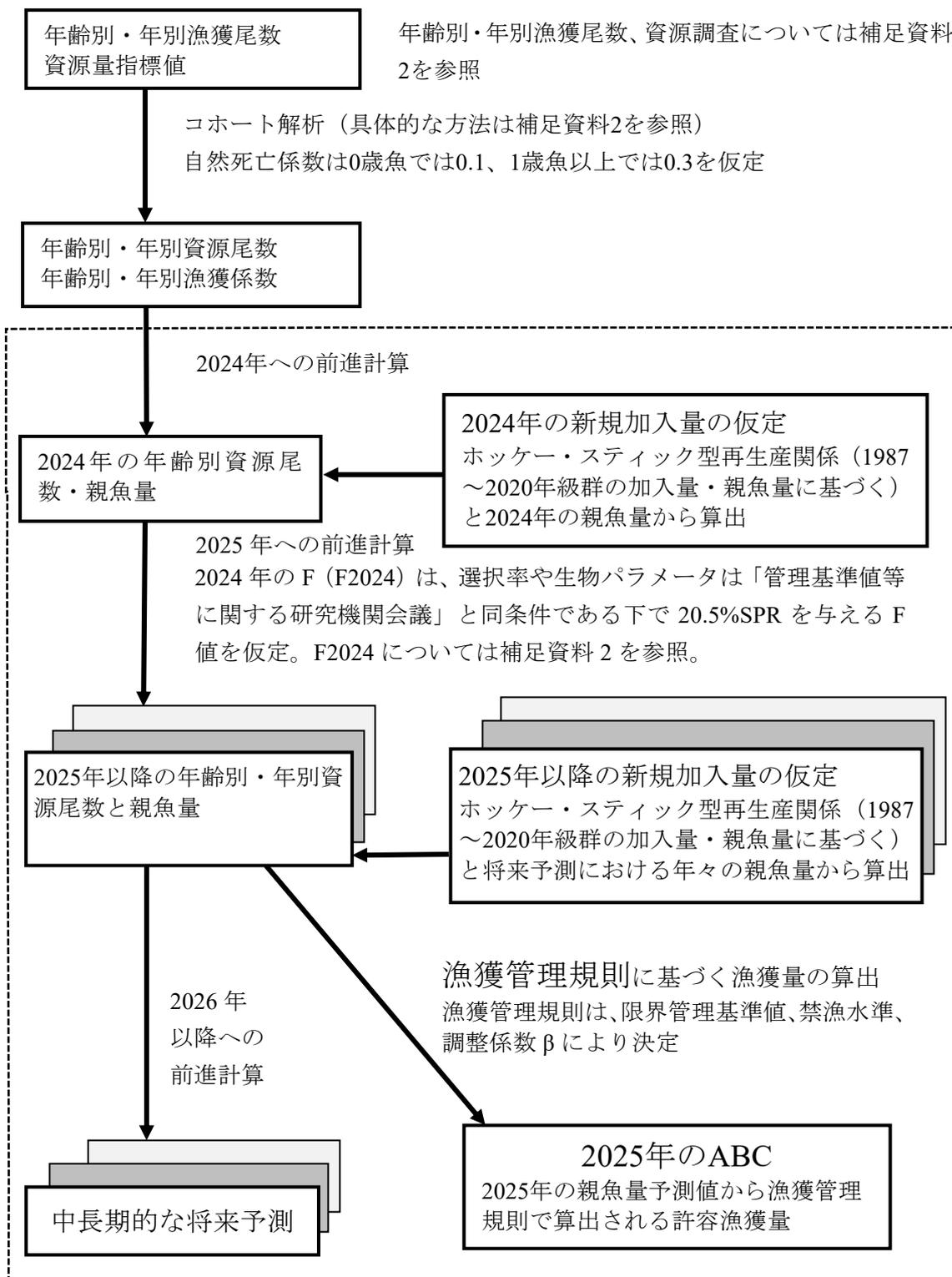
表 4-1. サワラ瀬戸内海系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)	%SPR	F/Fmsy
1987	5,997	15,718	10,813	3,734	38	0.35	20.6	1.75
1988	4,485	10,945	6,863	4,338	41	0.63	15.1	2.12
1989	3,902	9,272	6,351	2,463	42	0.39	13.7	2.31
1990	3,029	7,219	4,497	2,760	42	0.61	16.8	2.61
1991	3,021	6,887	3,966	2,071	44	0.52	13.2	2.47
1992	2,623	5,197	3,193	1,186	50	0.37	9.3	2.97
1993	2,120	4,027	2,459	1,151	53	0.47	11.5	2.90
1994	1,271	2,891	1,711	585	44	0.34	9.2	3.07
1995	1,029	1,977	1,391	264	52	0.19	10.7	4.17
1996	603	1,112	834	114	54	0.14	12.5	3.02
1997	442	922	630	166	48	0.26	16.5	2.46
1998	199	688	443	89	29	0.20	24.9	1.34
1999	263	1,146	622	355	23	0.57	29.6	1.04
2000	512	1,459	778	345	35	0.44	17.5	1.92
2001	615	2,072	1,024	664	30	0.65	19.1	1.87
2002	1,008	2,730	1,283	1,230	37	0.94	13.1	2.50
2003	1,289	3,692	1,959	607	35	0.26	15.3	2.76
2004	1,465	3,133	2,044	598	47	0.28	13.9	2.71
2005	1,224	3,030	1,564	738	40	0.45	16.7	2.34
2006	1,283	3,082	1,544	719	42	0.43	14.1	2.66
2007	1,082	2,647	1,464	516	41	0.33	15.8	2.16
2008	1,113	2,880	1,428	1,087	39	0.75	15.5	2.40
2009	1,382	3,672	1,705	807	38	0.46	14.8	2.48
2010	1,436	3,989	1,883	1,670	36	0.87	15.1	2.69
2011	1,384	4,535	2,283	936	31	0.40	18.1	2.15

表 4-1. (続き)

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入量 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)	%SPR	F/Fmsy
2012	1,740	5,639	3,002	1,975	31	0.65	20.6	1.88
2013	1,775	6,279	3,329	1,281	28	0.38	21.7	1.59
2014	2,148	6,950	4,196	1,397	31	0.33	26.5	1.26
2015	2,519	6,941	4,157	1,250	36	0.30	20.2	1.69
2016	2,027	6,351	3,702	1,437	32	0.39	24.6	1.33
2017	2,220	6,088	3,619	1,181	36	0.33	22.2	1.61
2018	2,038	7,140	3,627	2,990	29	0.82	25.1	1.47
2019	2,398	8,617	4,717	1,448	28	0.31	23.2	1.64
2020	2,875	8,387	5,385	1,691	34	0.31	23.2	1.55
2021	2,773	7,064	4,849	1,137	39	0.23	26.0	1.38
2022	2,582	6,345	4,229	1,305	41	0.31	22.3	1.72
2023	2,324	5,978	3,536	1,662	39	0.47	21.4	1.79

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。

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

補足資料 2 計算方法

(1) 年齢別漁獲尾数の推定

2004 年以前の年齢別漁獲尾数は永井・片町 (2009) の値を元に、漁業・養殖業生産統計年報と整合させた。より詳細な資料が入手可能な 2005 年以降は次の方法によった。瀬戸内海漁業調整事務所が集計した月別灘別漁法別漁獲量の府県別年別漁獲量の総量が漁業・養殖業生産統計年報の漁獲量 (農林統計) と一致するように引き延ばした。なお、灘と漁法は補足表 2-1 の通りに区分した。昨年度評価における最新年 (2022 年) の年齢別漁獲尾数は、更新された農林統計値を用いて、昨年度評価と同じ方法で更新した。それ以前の年齢別漁獲尾数は昨年度評価と同じ値を使用した。

本年度評価の最新年である 2023 年の年齢別漁獲尾数は次のように求めた。まず、月別灘別漁法別漁獲量と月別灘別尾叉長組成を 1~6 月 (春)、7~12 月 (秋) の 2 期で集計し、灘別漁獲量で加重平均した 2 期の尾叉長組成を求めた。尾叉長 FL (mm) から体重 W (g) を予測する式を用いて、2 期の尾叉長組成を重量組成に変換した。体重の予測式 ($W = aFL^b$) は参画機関によって実施された直近 5 年間 (2019~2023 年) の精密測定データを用いて構築した。目的変数に体重 (g)、説明変数に尾叉長 (mm)、時期 (春または秋)、および尾叉長と時期の交互作用項を設定した。予測式の両辺に対数をとって $\log(W) = \log(a) + b \log(FL)$ と変形し、一般化線形モデルでパラメータ a および b を推定した。モデルの誤差構造は正規分布、リンク関数は恒等関数とした。尾叉長と時期の交互作用は 5%水準で有意でなかったため、パラメータ b は 2 期で共通とした。適用したモデルとパラメータ推定結果は補足表 2-2 に示した。予測式 (1) および (2) を用いて得られる重量組成の合計漁獲量と総漁獲量との比から 2 期の引き延ばし係数を求めた。そして、2 期の尾叉長組成に引き延ばし係数を乗じることで尾叉長階級別漁獲尾数を求めた。

$$W = 2.725 \times 10^{-5} FL^{2.799} \quad (1 \sim 6 \text{ 月}, n = 820) \quad (1)$$

$$W = 2.687 \times 10^{-5} FL^{2.799} \quad (7 \sim 12 \text{ 月}, n = 1,553) \quad (2)$$

2023 年の年齢別漁獲尾数を求めるために用いた尾叉長階級一年齢関係 (Age-length key : ALK) は、参画機関によって実施された直近 5 年間 (2019~2023 年) の耳石輪紋による年齢査定データに基づいて作成した。耳石に年輪が形成される時期は 4 月と仮定して、それより前にあたる 1~3 月に得られた標本では観察された年輪数に 1 を加算した値を当該標本の査定年齢とした。この期間に査定された年齢と測定された尾叉長階級の結果を補足図 2-1 に示す。このデータの尾叉長階級を 10 cm 刻みに統合し、4 歳以上の年齢を 4 歳として再整理したものを用いて、多項ロジスティック回帰モデルにより ALK を推定した。多項ロジスティック回帰モデルは FSA パッケージ (version 0.9.5, Ogle 2016) を用いて実行した。AIC によるモデル選択に基づき、説明変数に尾叉長階級、時期、および尾叉長階級と時期の交互作用項を含めたモデルを採用した (補足表 2-3)。2023 年の Age-length key を補足表 2-4 および補足図 2-2 にそれぞれ示す。この Age-length key を用いて 2 期の尾叉長階級別漁獲尾数を年齢別漁獲尾数に変換した。

(2) 年齢別漁獲物平均体重の計算

(1) で求められた年齢別漁獲量を年齢別漁獲尾数で除して年齢別漁獲物平均体重とした。

(3) VPA による資源尾数等の推定

年別年齢別漁獲尾数に基づいて Pope (1972) により年齢別資源尾数と漁獲係数を計算した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \exp(M_a) + C_{a,y} \exp(M_a/2) \quad (3)$$

1987～1997 年は 5 歳以上を一括し、4 歳と 5 歳以上の漁獲係数が等しいと仮定した。

$$N_{4,y} = N_{5+,y+1} \exp(M_4) \frac{C_{4,y}}{C_{4,y} + C_{5+,y}} + C_{4,y} \exp(M_4/2) \quad (4)$$

$$N_{5+,y} = N_{4,y} \frac{C_{5+,y}}{C_{4,y}} \quad (5)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{a,y}}{N_{a,y}} \exp(M_a/2) \right\} \quad (6)$$

$$F_{5+,y} = F_{4,y} \quad (7)$$

1998 年以降は 4 歳以上を一括し、3 歳と 4 歳以上の漁獲係数が等しいと仮定した。

$$N_{3,y} = N_{4+,y+1} \exp(M_3) \frac{C_{3,y}}{C_{3,y} + C_{4+,y}} + C_{3,y} \exp(M_3/2) \quad (8)$$

$$N_{4+,y} = N_{3,y} \frac{C_{4+,y}}{C_{3,y}} \quad (9)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{a,y}}{N_{a,y}} \exp(M_a/2) \right\} \quad (10)$$

$$F_{4+,y} = F_{3,y} \quad (11)$$

2023 年の F と資源尾数は、各年齢の選択率が過去の選択率の平均と等しいと仮定し、次の式で求めた。選択率の参照する年数については、年数が短い場合に 0 歳魚資源尾数が極端に多く推定される傾向があったため、本年度評価では直近年を除く過去 10 年間 (2013～2022 年) を参照した。

$$F_{a,2023} = \frac{\sum_{2013}^{2022} F_{a,y}}{\sum_{2013}^{2022} F_{3,y}} F_{3,2023} \quad (a = 0, 1, 2) \quad (12)$$

$$F_{4+,2023} = F_{3,2023} \quad (13)$$

$$N_{a,2023} = C_{a,2023} \frac{\exp(M_a/2)}{1 - \exp(-F_{a,2023})} \quad (a = 0-4+) \quad (14)$$

ここで、 $N_{a,y}$ 、 $C_{a,y}$ 、 $F_{a,y}$ は、 y 年の a 歳魚 ($a > 0$) の資源尾数、漁獲尾数、漁獲係数である。 M_a は a 歳魚の自然死亡係数で、田内・田中の方法 (田中 1960) により、寿命を 8 年として $2.5/8 \doteq 0.3$ より、年当たり 0.3 とした。ただし、0 歳魚は 9 月に漁業の対象となりはじめることから、 M_0 には $4/12$ を乗じた 0.1 を与えた。

(4) チューニングによる直近年の漁獲係数の推定

2016年以降の卵稚仔調査による平均卵密度、2005年以降の流し網漁業 CPUE とひき縄・はえ縄漁業 CPUE の 3 つの指標値（補足表 2-5）を用いたチューニングを実施した。漁業情報は各府県の情報に基づいて水産庁瀬戸内海漁業調整事務所が集計した値に基づき、季節や海域といった漁獲効率に与える影響を標準化した値を利用した（FRA-SA2024-SC04-202）。

式（15）の負の対数尤度が最小となる 2023 年の漁獲係数を探索的に求めた（Hashimoto et al. 2018）。

$$-\ln L = \sum_f \sum_y \frac{[\ln I_{f,y} - (b_f \ln B + \ln q_f)]^2}{2\sigma_f^2} - \ln \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_f} \right) \quad (15)$$

$$B = \begin{cases} \sum_{a=1}^{4+} N_{a,t} & \text{(漁業CPUEの場合)} \\ \sum_{a=1}^{4+} N_{a,t} W_{a,t} m_{a,t} & \text{(平均卵密度の場合)} \end{cases} \quad (16)$$

ここで、 $I_{f,y}$ は y 年における漁業または調査 f の指標値（1: 流し網漁業 CPUE、2: ひき縄・はえ縄漁業 CPUE、3: 平均卵密度）、 q_f は比例定数、 σ_f は指標値と予測値の残差の分散、 B は漁業 CPUE の場合は 1~4+歳魚の資源尾数を示し、平均卵密度の場合は親魚量を示す。ここで、 $N_{a,t}$ は t 年における a 歳の資源尾数、 $W_{a,t}$ は t 年における a 歳の体重、 $m_{a,t}$ は t 年における a 歳の成熟率である。また、資源量と指標値との関係を示した散布図より、ひき縄・はえ縄漁業 CPUE と 1~4+歳魚の資源尾数との間に非線形の関係が見られたため、両者の間はべき乗式で表されると仮定してパラメータ b_2 を推定した。流し網漁業 CPUE と資源尾数の間には非線形性の関係は明確ではなかった。また、平均卵密度はデータ数が少なく、親魚量との非線形性の関係にあるのか判断が困難であった。そのため、流し網漁業 CPUE および平均卵密度は、それぞれ資源尾数または親魚量と線形関係にあると仮定した（ $b_1=1$, $b_3=1$ ）。

ここで、 q_f の比例定数は漁具能率に関するパラメータで以下の式により計算した。 b_f は指標値と資源尾数との非線形関係を表すパラメータである。

$$q_f = \exp \left(\frac{1}{n_f} \left(\sum_{y=Y-n_f}^Y \ln \frac{I_{f,y}}{B^{b_f}} \right) \right) \quad (17)$$

（式 15）を最小化するような F を探索的に求めた推定値は、 $F_{3,2023}=1.58$ であった。またその他のパラメータは $q_1=0.00056$ 、 $q_2=0.0069$ 、 $q_3=0.093$ 、 $\sigma_1=0.20$ 、 $\sigma_2=0.31$ 、 $\sigma_3=0.30$ 、 $b_2=0.66$ であった。残差をリサンプリングしたノンパラメトリックブートストラップで求めた各パラメータの 90%信頼区間を補足表 2-6 に示した。

(5) SPR、YPR の計算

SPR、YPR は次の式で計算した。最高齢はプラスグループとして扱った。

$$SPR = \sum_{a=0}^{4+} S_a W_a m_a \quad (18)$$

$$YPR = \sum_{a=0}^{4+} \{1 - \exp(-F_a)\} \exp(-M_a/2) S_a W_a \quad (19)$$

$$S_0 = 1, S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M_a), S_{4+} = S_3 \exp(-F_3 - M_3) / (1 - \exp(-F_3 - M_3)) \quad (20)$$

ここで、 S_a は a 歳における残存率、 W_a は a 歳における過去 5 年間（2019～2023 年）の平均体重、 m_a は a 歳における成熟率である。 F_a は a 歳における漁獲係数、 M_a は a 歳の自然死亡係数を示す。漁獲係数には、最新年である 2023 年の値を用いた。2023 年の年齢別 F 値は、0 歳では 0.03、1 歳では 0.50、2 歳では 1.16、3 歳と 4+歳では 1.58 であり、平均値は 0.97 であった。上述した生物パラメータ設定における %SPR は 20.5 となった。選択率や生物パラメータが「管理基準値等に関する研究機関会議」と同条件である下で 20.5%SPR を与える F 値を現状の漁獲圧（F2024）と仮定した。F2024 の値は補足表 5-1 に示した。

(6) モデル診断

令和 6（2024）年資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（資源評価高度化作業部会 2024）に従って、本系群の評価に用いたチューニング 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。

チューニング VPA における残差プロットを補足図 2-3 に示す。流し網 CPUE の残差は近年増加傾向にあり、有意ではないものの自己相関係数は 0.41 であった。ひき縄・はえ縄 CPUE の残差は、近年減少傾向にあり、有意ではないものの自己相関係数は 0.42 と高かった。これら漁業 CPUE の残差の傾向については今後も注視する必要があると考えられる。平均卵密度の残差には体系的な傾向はみられず、自己相関係数も低かった。全ての指標値において 95%信頼区間から外れるような値は少なかった。以上より、指標値と予測値との関係は特に問題ないと判断した。

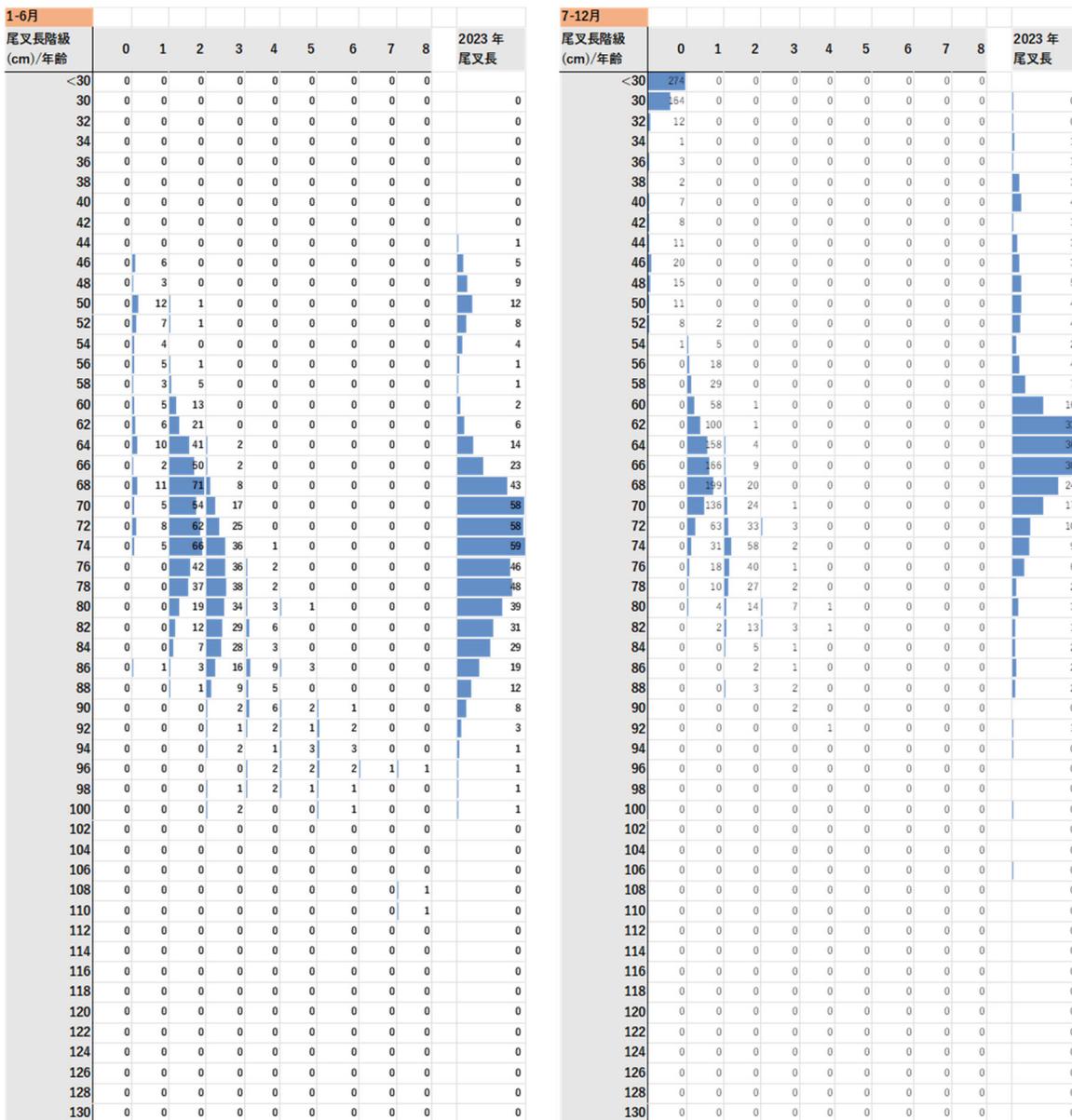
レトロスペクティブ解析の結果から、データの追加・更新が行われることで、加入量が上方修正される傾向がみられた（補足図 2-4）。これは近年 0 歳魚が漁獲対象になりにくいことに起因していると考えられる。高齢魚の F のレトロスペクティブバイアスがやや大きい特徴があったが、特に問題にはならないと判断した。

ジャックナイフ解析の結果から、平均卵密度を除くと漁獲圧や漁獲割合が低くなった（補足図 2-5）。反対に、流し網 CPUE を除くと漁獲圧や漁獲割合は高くなり、2000 年以降で最大となった。本評価では、これら異なる結果を導く指標値両者を組み込んだ結果が現時点では妥当と判断した。ひき縄・はえ縄 CPUE が評価結果に与える影響は小さいと考えられた。

残差をリサンプリングしたノンパラメトリックブートストラップ（試行回数 1 万回）により推定値の 90%信頼区間を求めた（補足図 2-6、補足表 2-6）。親魚量や資源量の推定値がこれら信頼区間の上側にあったとしても、両者の近年の動向は横ばいであった。ひき縄・はえ縄 CPUE と資源尾数とのべき乗関係を示すパラメータ b_2 の 90%信頼区間の上限は 0.92 であり、資源尾数が多くなると CPUE の増加率が減少する傾向は頑健と考えられた。

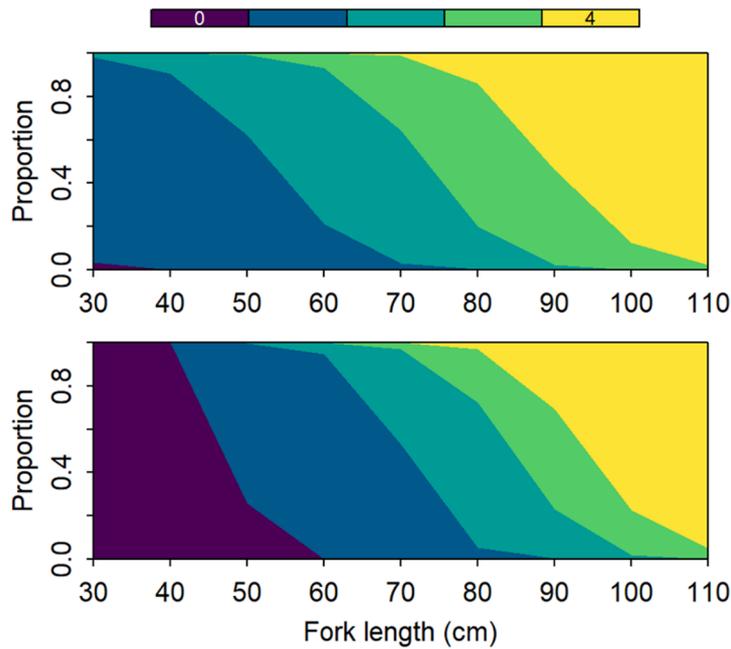
引用文献

- 岸田 達・上田和夫・高尾亀次 (1985) 瀬戸内海中西部におけるサワラの年齢と成長. 日本水誌, **51**, 529-537.
- 永井達樹・片町太輔 (2009) 平成 20 年サワラ瀬戸内海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価 (第 3 分冊), 水産庁・水産総合研究センターほか, 1194-1225.
- Ogle, D. H. (2016) *Introductory Fisheries Analyses with R*. CRC press, Boca Raton, FL.
- Pope, J. G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *ICNAF Res. Bull.*, **9**, 65-74.
- 資源評価高度化作業部会 (2024) 令和 6 (2024) 年資源評価のモデル診断手順と情報提供指針. FRA-SA2024-ABCWG02-03, 13 pp., 水産研究・教育機構, 横浜.
- 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.

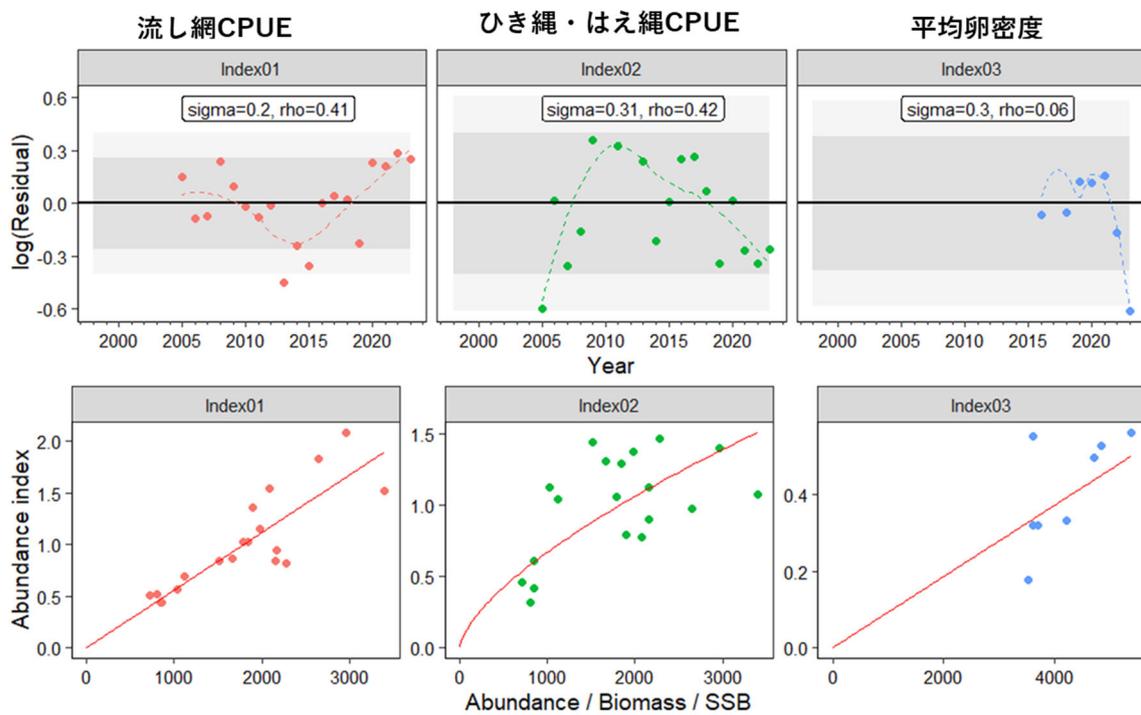


補足図 2-1. 年齢と尾叉長との対応および2023年の漁獲物の尾叉長組成

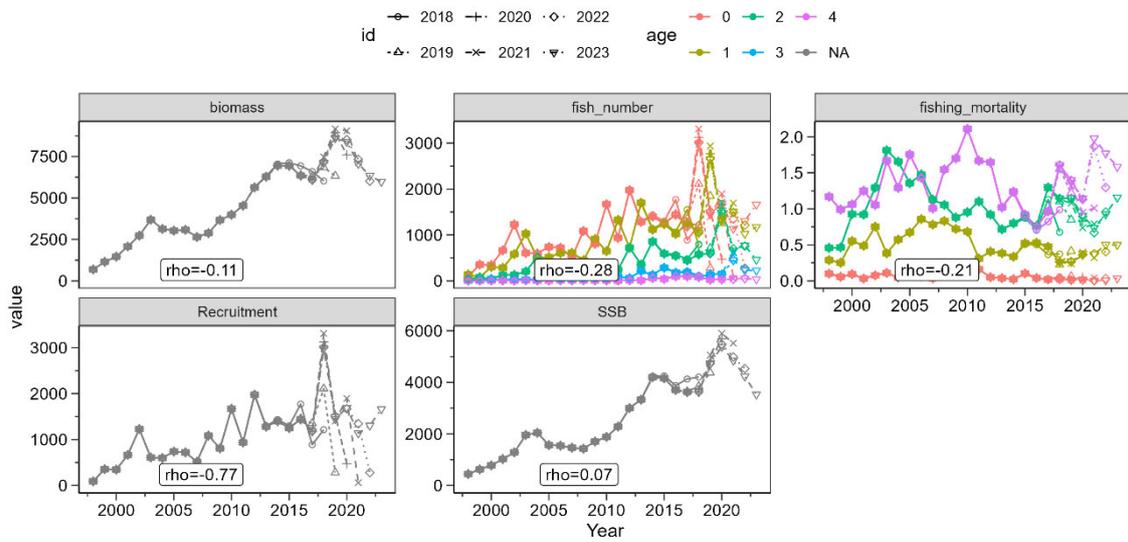
年齢と尾叉長の対応関係は、直近5年間（2019～2023年）において尾叉長測定および年齢査定されたデータを用いた。1～3月に得られた標本では耳石の査定年齢を1歳加算した。2023年の尾叉長組成は灘・漁法別漁獲量で加重平均した値を示した。



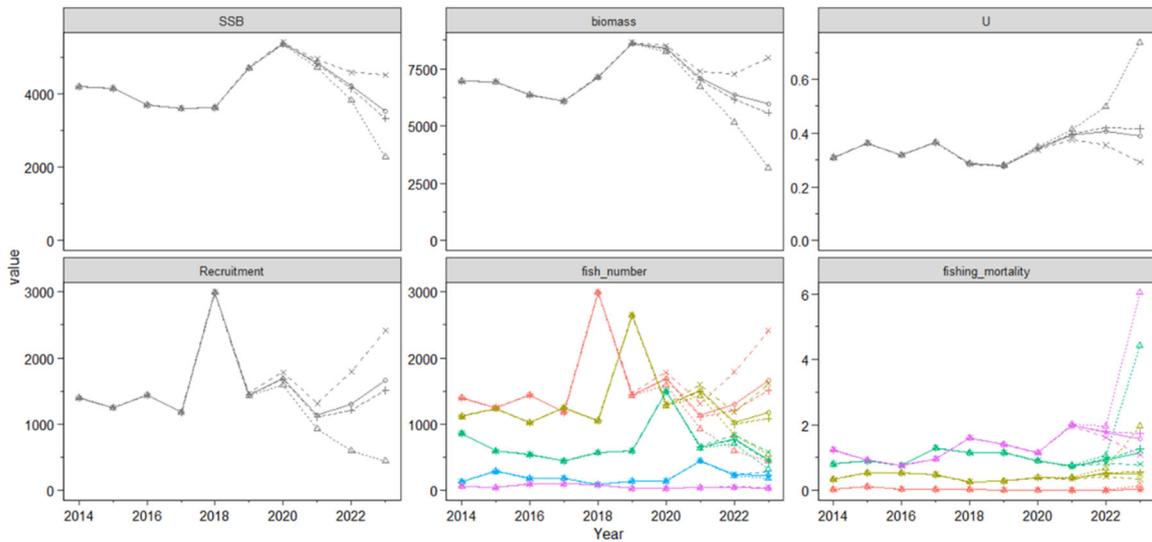
補足図 2-2. 2023 年の Age-length key (上図 : 1~6 月、下図 : 7~12 月)
色の違いは年齢の違いを示す。



補足図 2-3. チューニング VPA における残差プロットおよび資源尾数と指標値との関係
最上段の図の灰色および薄灰色領域は 80%および 95%信頼区間を示す。

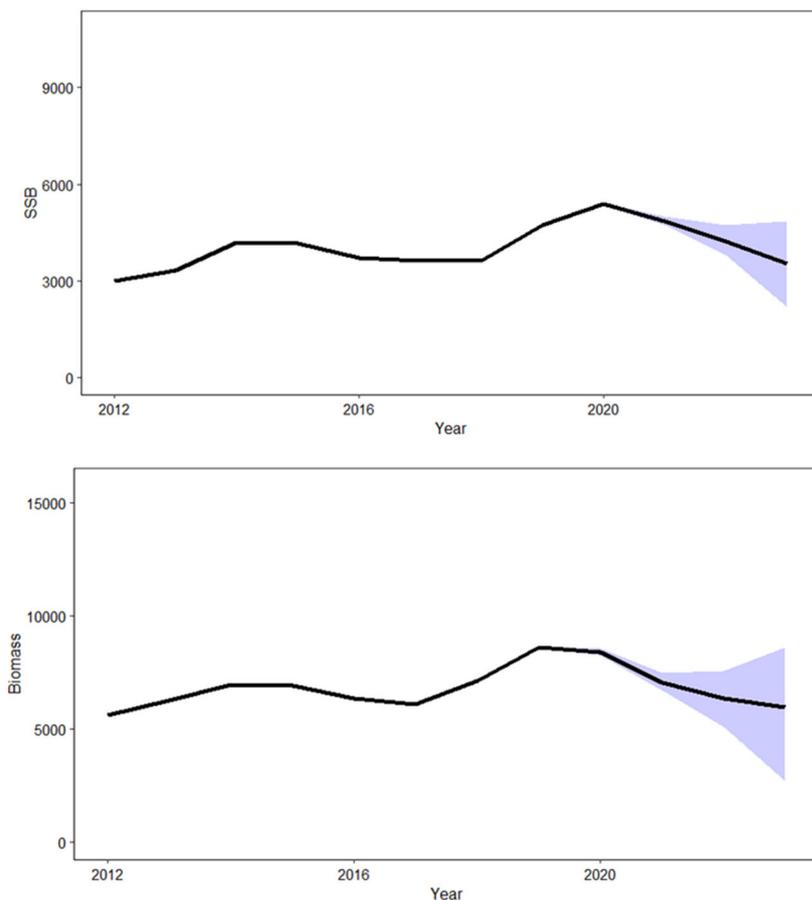


補足図 2-4. レトロスペクティブ解析 (5 年間) の結果



- × 平均卵密度を除く
 - △ 流し網CPUEを除く
 - + ひき縄・はえ縄CPUEを除く
 - 全ての指標値を使用する
- age
- 0 2 4
 - 1 3 NA

補足図 2-5. ジャックナイフ解析の結果



補足図 2-6. 親魚量（上）および資源量（下）推定値の 90%信頼区間

補足表 2-1. 灘と漁法の区分

灘	漁法
紀伊水道	和歌山ひき縄等、徳島はえ縄等、兵庫ひき縄
大阪湾	大阪さわら流し網、兵庫ひき縄
播磨灘	兵庫さわら流し網、兵庫ひき縄、兵庫ひら流し網、兵庫はなつぎ網、岡山さわら流し網、岡山さわら船びき網、徳島さわら流し網等、香川さわら流し網
備讃瀬戸	岡山さわら流し網、岡山さわらひき釣、香川さわら流し網
燧灘	広島さわら流し網、広島さごし巾着網、香川さわら流し網
燧灘・安芸灘	愛媛さわら流し網、愛媛あじ・えそ流し網等、愛媛その他
安芸灘	広島さわら流し網、山口さわら流し網
伊予灘	山口さわら流し網、愛媛さわら流し網、愛媛その他、大分さわら流し網
周防灘	山口さわら流し網、福岡さわら流し網、大分さわら流し網

補足表 2-2. 尾叉長 (FL、mm) による体重 (BW、mm) 予測式の推定結果

適用したモデル						
Ln(W) ~ 切片 + ln(FL) + 時期						
説明変数	推定値	S.E.	t 値	p 値	下側 95%信頼区間	上側 95%信頼区間
切片	-10.524	0.034	-311.283	< 0.0001	-10.591	-10.458
ln(FL)	2.799	0.005	519.341	< 0.0001	2.789	2.810
時期(春)	0.014	0.005	2.921	0.004	0.005	0.024

補足表 2-3. 多項ロジスティック回帰モデルの検討結果の概要

a) モデルの AIC

モデル	AIC
年齢 ~ 尾叉長階級 + 時期 + 尾叉長階級:時期	2517
年齢 ~ 尾叉長階級 + 時期	2522
年齢 ~ 尾叉長階級	3560

b) AIC 最小モデルの推定結果の概要

パラメータ推定値				
年齢	切片	尾叉長階級	時期(春)	尾叉長階級:時期(春)
1	-51.201	1.045	20.938	0.076
2	-70.423	1.317	30.938	-0.022
3	-85.092	1.488	32.542	-0.014
4+	-100.981	1.660	32.749	-0.010
S.E.				
年齢	切片	尾叉長階級	時期(春)	尾叉長階級:時期(春)
1	1.216	0.025	1.518	0.023
2	1.030	0.020	1.165	0.016
3	1.875	0.020	2.028	0.027
4+	1.011	0.015	0.953	0.014

補足表 2-4. 2023 年の Age-length key (ALK)

a) 多項ロジスティック回帰モデルで推定した ALK

尾叉長 階級 (cm)	1~6 月(春)					7~12 月(秋)				
	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳
30~40	0.03	0.95	0.02	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40~50	0.00	0.91	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50~60	0.00	0.62	0.37	0.01	0.00	0.26	0.74	0.00	0.00	0.00
60~70	0.00	0.21	0.72	0.07	0.00	0.00	0.95	0.05	0.00	0.00
70~80	0.00	0.03	0.61	0.34	0.01	0.00	0.53	0.44	0.03	0.00
80~90	0.00	0.00	0.20	0.66	0.14	0.00	0.05	0.67	0.25	0.03
90~100	0.00	0.00	0.02	0.44	0.54	0.00	0.00	0.23	0.46	0.31
100~110	0.00	0.00	0.00	0.12	0.88	0.00	0.00	0.02	0.21	0.77
110~120	0.00	0.00	0.00	0.02	0.98	0.00	0.00	0.00	0.05	0.95

年齢は 4 月起算。1~3 月に得られた標本では耳石の査定年齢を 1 歳加算した。

b) 尾叉長階級別の査定年齢観察数の比率

尾叉長 階級 (cm)	1~6 月(春)					7~12 月(秋)				
	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳
30~40	データ無し					1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40~50	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50~60	0.00	0.79	0.21	0.00	0.00	0.27	0.73	0.00	0.00	0.00
60~70	0.00	0.14	0.81	0.05	0.00	0.00	0.95	0.05	0.00	0.00
70~80	0.00	0.04	0.60	0.35	0.00	0.00	0.57	0.41	0.02	0.00
80~90	0.00	0.00	0.22	0.61	0.16	0.00	0.10	0.63	0.24	0.03
90~100	0.00	0.00	0.00	0.15	0.85	0.00	0.00	0.00	0.67	0.33
100~110	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	データ無し				
110~120	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	データ無し				

年齢は 4 月起算。1~3 月に得られた標本では耳石の査定年齢を 1 歳加算した。

補足表 2-5. サワラ瀬戸内海系群の資源量指標値

年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
流し網	0.52	0.44	0.44	0.51	0.69	0.56	0.86	0.84
ひき縄・はえ縄	0.32	0.61	0.42	0.46	1.04	1.13	1.31	1.45
平均卵密度								
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
流し網	0.81	0.95	0.84	1.03	1.15	1.02	1.52	2.09
ひき縄・はえ縄	1.47	0.91	1.13	1.29	1.38	1.06	1.07	1.41
平均卵密度				0.32	0.55	0.32	0.50	0.56
年	2021	2022	2023					
流し網	1.83	1.55	1.36					
ひき縄・はえ縄	0.98	0.78	0.79					
平均卵密度	0.53	0.33	0.18					

補足表 2-6. チューニング VPA における推定値の 90%信頼区間

パラメータ	5%	50%	95%
2023 年の親魚量(トン)	2745	3537	4578
2023 年の資源量(トン)	4311	5980	8081
2023 年の加入量(千尾)	997	1663	2448
ターミナル F	1.06	1.58	2.66
q ₁	0.00051	0.00056	0.00061
q ₂	0.0010	0.0070	0.0496
q ₃	0.076	0.093	0.112
σ ₁	0.14	0.20	0.26
σ ₂	0.22	0.30	0.39
σ ₃	0.16	0.28	0.42
b ₂	0.40	0.66	0.92

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

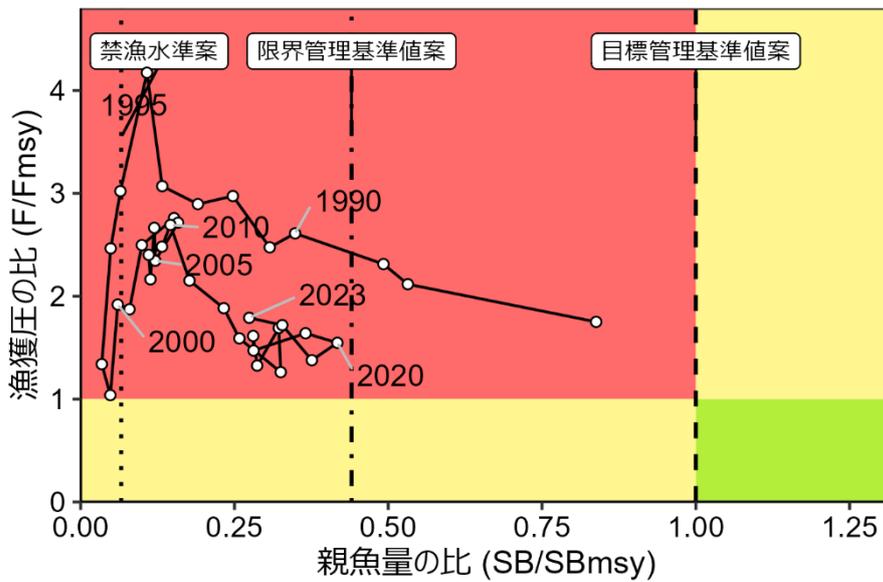
令和 4 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値(SBtarget)には MSY を実現する親魚量(SBmsy: 12.9 千トン)、限界管理基準値(SBlimit)には MSY の 60%が得られる親魚量 (SB0.6msy : 5.7 千トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10%が得られる親魚量 (SB0.1msy : 0.9 千トン) を用いることが提案されている (安田ほか 2022、補足表 6-2)。

目標管理基準値案と、SBmsy を維持する漁獲圧(Fmsy)を基準にした神戸プロットを補足図 3-1 に示す。本系群における漁獲係数 (F 値) は 1987~2023 年では Fmsy 以上と判断される。F 値は 2010 年から減少傾向を示していたが、近年の漁獲圧は増減しながら緩やかな増加傾向で推移しており、Fmsy より高い状態が維持されている。現状の親魚量 (2023 年の親魚量 : 3.5 千トン) は目標管理基準値案、限界管理基準値案を下回っている。(補足表 6-3)。

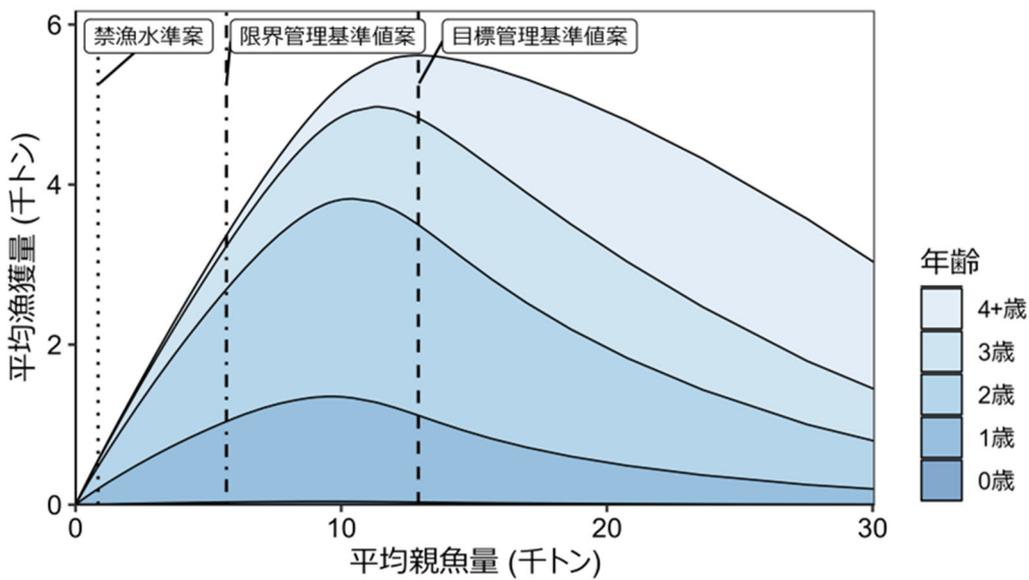
平衡状態における平均親魚量と年齢別平均漁獲量との関係を補足図 3-2 に示す。親魚量が SBlimit 以下では 1 歳および 2 歳魚が殆どを占め、SBmsy 達成時においても多くを占めている。しかし、親魚量がさらに増加するにつれて高齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。本系群における 0 歳魚は、近年の漁獲状況と同様に主な漁獲対象にならないと仮定している。

引用文献

安田十也・片町太輔・河野悌昌・高橋正知・渡邊千夏子・渡井幹雄・木下順二・井元順一 (2022) 令和 4 (2022) 年度サワラ瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2022-BRP12-02. 40 pp., 水産研究・教育機構, 横浜.



補足図 3-1. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と SBmsy を維持する漁獲圧 (Fmsy) に対する過去の親魚量および漁獲圧の関係 (神戸プロット)



補足図 3-2. 管理基準値案と年齢別漁獲量曲線

将来予測シミュレーションにおける平衡状態での親魚量に対する年齢別漁獲量の平均値と各管理基準値案との位置関係を示した。なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) は 43 千トンである。

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 2023 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2024～2035 年までの将来予測計算を行った。この計算における加入量は、各年の親魚量と再生産関係式から予測した。その際、加入量の不確実性として、対数正規分布に従う誤差を無作為に与えた 10,000 回の繰り返し計算を行った。2024 年の漁獲量は、予測資源量と現状の漁獲圧（F2024）を用いて推定した。現状の漁獲圧は、管理基準値案を算出した時と同じ選択率や生物パラメータ（平均体重等）の条件下で再計算した。すなわち、今年度評価における 2023 年の選択率と年齢別成熟率、および直近 5 年間（2019～2023 年）の年齢別平均体重に対応する %SPR（20.5、補足資料 2）を求め、管理基準値案を算出した時と同じ条件下で F20.5%SPR 与える F 値を計算した。その結果、現状の漁獲圧は 0 歳では 0.02、1 歳では 0.44、2 歳では 1.46、3 歳と 4+ 歳では 1.91 となった。2025 年以降の漁獲圧には、各年に予測される親魚量をもとに次に説明する漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。なお、将来予測の計算方法は補足資料 5 に示した。

(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 F_{msy} 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 を標準値である 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 0.9 以下であれば、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされている。

(3) 2025 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2025 年の平均漁獲量は β を 0.9 とした場合には 0.9 千トン、 β を 0.8 とした場合には 0.8 千トンであった（補足表 6-4）。2025 年に予測される親魚量は平均 3.6 千トンと見込まれた。この親魚量は限界管理基準値未満であるため、2025 年の漁獲圧は親魚量に応じた係数を乗じて $\gamma(SB_{2025}) \times \beta F_{msy}$ として求めた。ここで 2025 年の $\gamma(SB_{2025})$ は「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」における 1 系資源の管理規則に基づき、下式により計算された。

$$\gamma(SB_{2025}) = \frac{SB_{2025} - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

(4) 2026 年以降の予測

2026 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 4-1~4-3、6-5 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、予測される加入量や親魚量の平均値は増加傾向を示した後、横ばい傾向となって推移した。管理開始 10 年後となる 2035 年の親魚量の予測値は β を 0.9 とした場合には平均 13.3 千トン（90%予測区間は 8.5~19.4 千トン）であり、 β を 0.8 とした場合には平均 14.4 千トン（90%予測区間は 9.6~20.5 千トン）である（補足表 6-5）。親魚量の予測値が目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.9 以下で 50%を上回る。限界管理基準値案を上回る確率は β が 1.0 以下で 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2024）を継続した場合、予測される加入量や親魚量の平均値は減少傾向で推移した。2035 年の親魚量の予測値は平均 3.1 千トン（90%予測区間は 0.7~8.0 千トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 0%、限界管理基準値案を上回る確率は 13%であった。

漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は、 β を 0.9 とした場合には 2035 年以降、 β を 0.8 とした場合には 2032 年以降となると予測された（補足表 6-5）。また、限界管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年は、いずれの β においても 2027 年と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（ $\beta=0.0$ ）、親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回るのは 2028 年になると予測された。

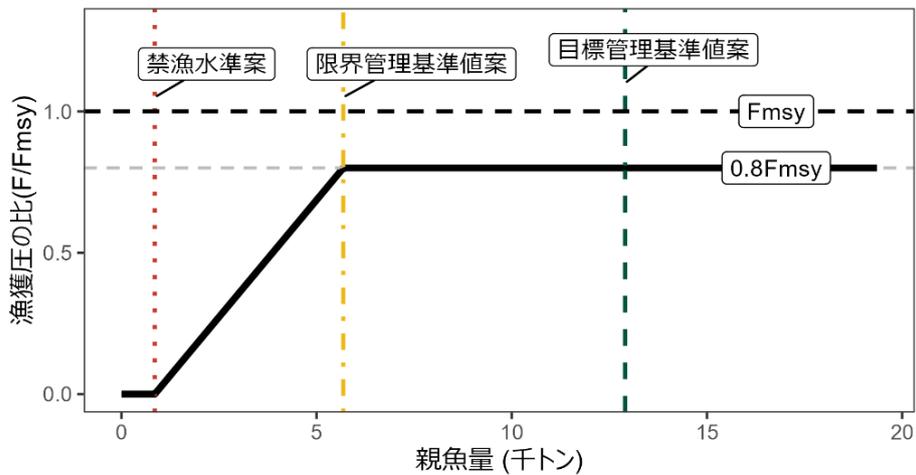
(5) 過年度評価との比較

今年度評価と過年度評価との比較結果は補足資料 7 に示した。

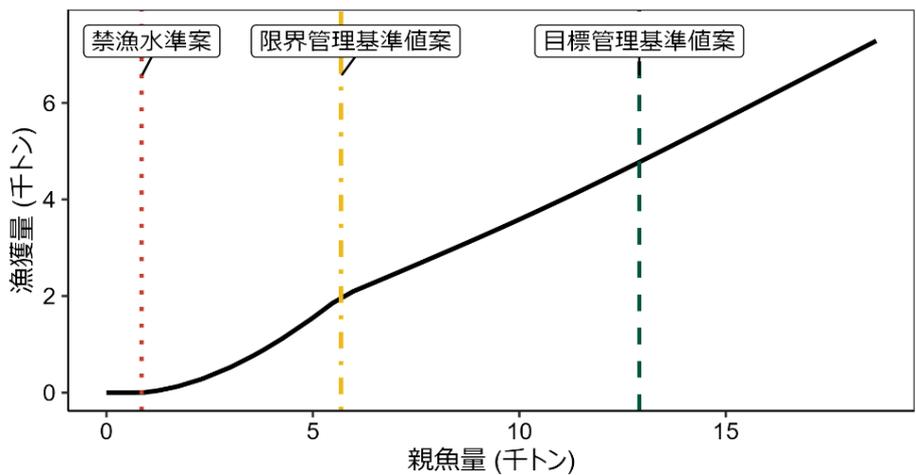
引用文献

安田十也・片町太輔・河野悌昌・高橋正知・渡邊千夏子・渡井幹雄・木下順二・井元順一
(2022) 令和 4 (2022) 年度サワラ瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議
報告書. FRA-SA2022-BPR12-2. 40 pp., 水産研究・教育機構, 横浜.

a) 縦軸を漁獲圧にした場合

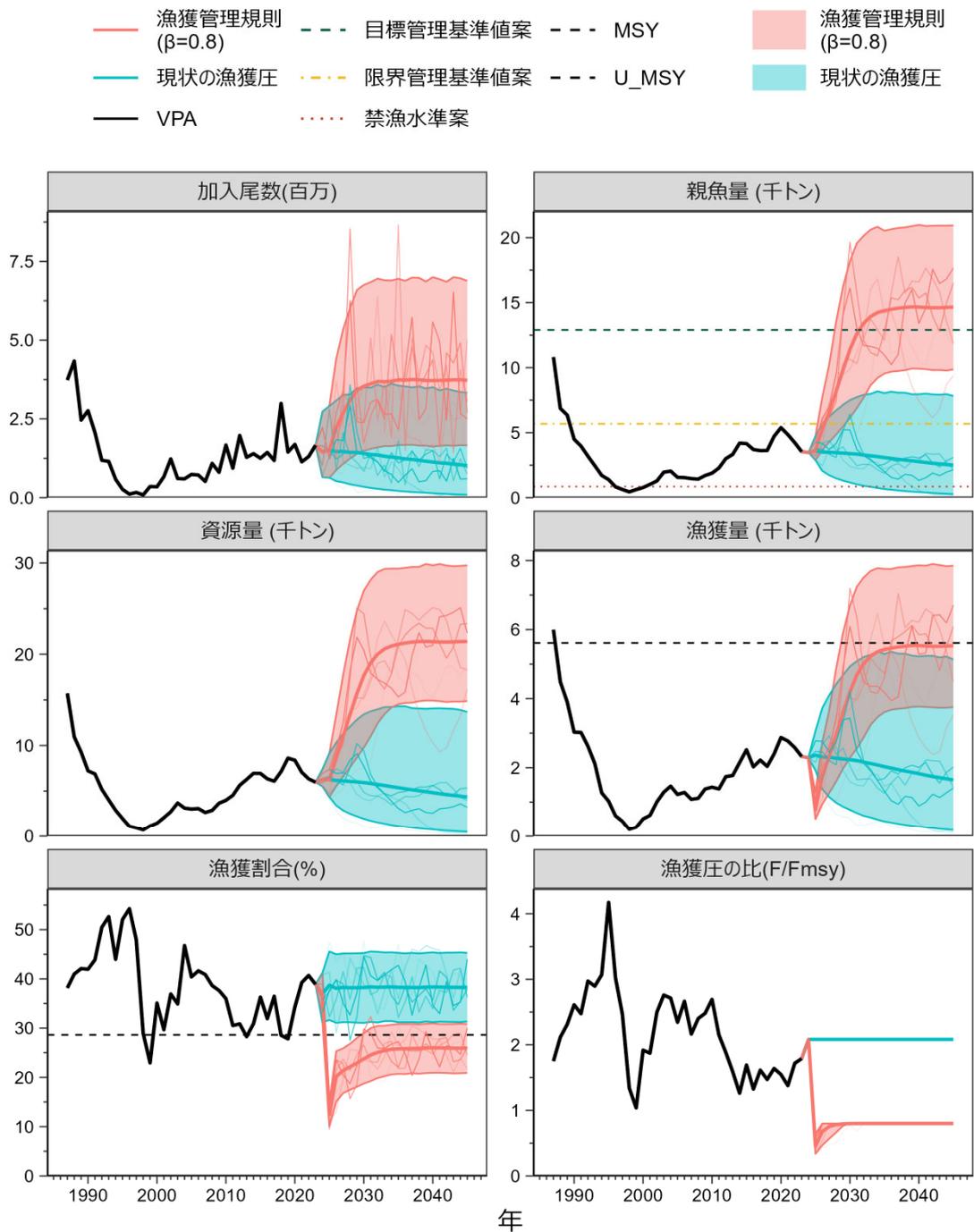


b) 縦軸を漁獲量にした場合



補足図 4-1. サワラ瀬戸内海系群の漁獲管理規則案

漁獲管理規則案での調整係数 β には例として 0.8 を用いた場合を示した。



補足図 4-2. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の90%が含まれる予測区間、細線は
 5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。漁獲量の図の破線はMSY、漁獲割合
 の図の破線はUmsyを示す。漁獲管理規則案での調整係数 β として0.8を用いた場
 合を示した。

補足表 4-1. 将来の親魚量が目標・限界管理基準値案を上回る確率 (%)

a) 目標管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	1	4	9	17	24	30	35	37	40	
0.9			0	1	5	13	23	33	40	46	49	51	
0.8			0	1	7	17	31	43	52	58	62	64	
0.7			0	2	9	23	41	55	65	71	75	76	
0.6			0	2	12	31	53	69	78	84	86	88	
0.5			0	3	17	41	65	81	89	93	95	96	
0.4			0	4	22	52	78	91	96	98	99	99	
0.3			0	5	30	65	88	97	99	100	100	100	
0.2			0	6	39	77	95	99	100	100	100	100	
0.1			0	9	50	88	98	100	100	100	100	100	
0.0			0	13	63	95	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧			0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	0	1	26	52	72	84	91	94	96	98	99	99
0.9			29	58	78	89	95	97	98	99	99	100
0.8			31	64	84	93	97	99	99	100	100	100
0.7			34	70	89	96	99	100	100	100	100	100
0.6			37	76	93	98	100	100	100	100	100	100
0.5			40	82	96	99	100	100	100	100	100	100
0.4			43	87	98	100	100	100	100	100	100	100
0.3			46	91	99	100	100	100	100	100	100	100
0.2			49	94	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			53	97	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			57	98	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧			5	8	10	11	12	13	13	13	13	13

β を 0.0~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2024) から予測される 2.3 千トンとし、2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2024, $\beta = 2.08$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-2. 将来の平均親魚量 (千トン)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1.0	3.5	3.6	5.1	6.1	7.3	8.6	9.7	10.7	11.4	11.9	12.2	12.4		
0.9			5.2	6.3	7.7	9.2	10.5	11.6	12.3	12.9	13.2	13.3		
0.8			5.3	6.6	8.2	9.8	11.4	12.6	13.4	13.9	14.2	14.4		
0.7			5.4	6.8	8.7	10.6	12.4	13.8	14.6	15.1	15.4	15.5		
0.6			5.5	7.2	9.3	11.5	13.5	15.0	16.0	16.5	16.8	16.9		
0.5			5.6	7.5	9.9	12.5	14.8	16.5	17.5	18.1	18.4	18.5		
0.4			5.7	7.9	10.6	13.6	16.3	18.2	19.4	20.1	20.4	20.6		
0.3			5.8	8.3	11.5	14.9	18.0	20.3	21.7	22.6	23.0	23.3		
0.2			5.9	8.7	12.4	16.4	20.0	22.8	24.6	25.7	26.4	26.8		
0.1			6.1	9.2	13.5	18.1	22.4	25.8	28.3	30.0	31.1	31.8		
0.0			6.2	9.8	14.7	20.1	25.3	29.8	33.2	35.7	37.6	38.9		
現状の漁獲圧					3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.3	3.2	3.2	3.1

β を 0.0~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2024) から予測される 2.3 千トンとし、2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2024, $\beta = 2.08$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足表 4-3. 将来の平均漁獲量 (千トン)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	2.3	1.0	2.0	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	4.9	5.1	5.3	5.4	
0.9		0.9	1.9	2.4	3.0	3.6	4.2	4.7	5.0	5.2	5.4	5.4	
0.8		0.8	1.8	2.3	2.9	3.6	4.2	4.7	5.0	5.2	5.4	5.4	
0.7		0.7	1.6	2.2	2.9	3.5	4.2	4.7	5.0	5.2	5.3	5.4	
0.6		0.6	1.5	2.1	2.7	3.4	4.1	4.6	4.9	5.1	5.2	5.2	
0.5		0.5	1.3	1.9	2.5	3.2	3.9	4.4	4.7	4.9	5.0	5.0	
0.4		0.4	1.1	1.7	2.3	2.9	3.6	4.1	4.4	4.6	4.7	4.7	
0.3		0.3	0.9	1.4	1.9	2.5	3.1	3.6	3.9	4.1	4.2	4.2	
0.2		0.2	0.6	1.0	1.4	1.9	2.4	2.8	3.1	3.3	3.4	3.4	
0.1		0.1	0.3	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.0	2.1	2.2	
0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
現状の漁獲圧			2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0

β を 0.0~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2024 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2024) から予測される 2.3 千トンとし、2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2024, $\beta = 2.08$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

補足資料 5 将来予測の方法

将来予測における各種設定には補足表 5-1 の値を用いた。資源尾数や漁獲量の予測は、ABCWG (2024) に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.2.2) 用計算パッケージ frasyr (version 2.4.0.0) を用いて実施した。将来予測における加入量は、令和 4 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」において提案されたホッケー・スティック型再生産関係 (安田ほか 2022) と年々推定される親魚量から求めた。

将来予測における漁獲係数 F は、「令和 6 (2024) 年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2024-ABCWG02-01)」(水産研究・教育機構 2024) における 1 系資源の管理規則に基づき算出される値を用いた。将来予測における選択率や漁獲物平均体重等の値には、上述の「管理基準値等に関する研究機関会議」にて提案された各種管理基準値案の推定に用いた値を引き続き用いた (安田ほか 2022)。これらは再生産関係と同じく、令和 4 (2022) 年度の資源評価に基づく値であり、漁獲物平均体重はこの計算結果における 2017~2021 年の平均値である。

資源尾数の予測には、コホート解析の前進法 ((1) - (3) 式) を用いた。

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

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

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

引用文献

- ABCWG (2024) 令和 6 (2024) 年度 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-SA-2024-ABCWG02-04
- 水産研究・教育機構 (2024) 令和 6 (2024) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2024-ABCWG02-01, 23pp., 水産研究・教育機構, 横浜.
- 安田十也・片町太輔・河野悌昌・高橋正知・渡邊千夏子・渡井幹雄・木下順二・井元順一 (2022) 令和 4 (2022) 年度サワラ瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議報告書. FRA-SA2022-BPR12-2. 40 pp., 水産研究・教育機構, 横浜.

補足表 5-1. 将来予測のパラメータ

年齢	選択率 (注 1)	F _{msy} (注 2)	F ₂₀₂₄ (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.01	0.01	0.02	909	0.1	0.0
1 歳	0.23	0.21	0.44	1,999	0.3	0.5
2 歳	0.76	0.70	1.46	2,743	0.3	1.0
3 歳	1.00	0.92	1.92	3,539	0.3	1.0
4 歳以上	1.00	0.92	1.92	4,925	0.3	1.0

注 1: 令和 4 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 4 年度資源評価での F_{current} の選択率)。

注 2: 令和 4 年度研究機関会議で推定された F_{msy} (すなわち、令和 4 年度資源評価での F_{current} に F_{msy}/F_{current} を掛けたもの)。

注 3: 本年度の資源評価で推定された 2023 年の年齢別 F 値および直近 5 年間 (2019~2023 年) の平均体重から求めた %SPR を上記の選択率の下で換算しなおして算出した。この F 値は 2024 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	最小二乗法	無	0.419	8,907	0.435	-

a は原点から折れ点までの傾き (千尾/トン)、b は折れ点での親魚量 (トン)、S.D. は加入のばらつきの大きさをあらわす指標 (対数残差の標準偏差)、 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	12.9 千トン	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	5.7 千トン	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	0.9 千トン	禁漁水準案。MSY の 10% の漁獲量が得られる親魚量 (SB0.1msy)
Fmsy	SBmsy を維持する漁獲圧 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) =(0.01, 0.21, 0.70, 0.92, 0.92)	
%SPR (Fmsy)	30.3%	Fmsy に対応する %SPR
MSY	5.6 千トン	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
SB2023	3.5 千トン	2023 年の親魚量
F2023	2023 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) =(0.03, 0.50, 1.16, 1.58, 1.58)	
U2023	39%	2023 年の漁獲割合
%SPR (F2023)	21.4%	2023 年の%SPR
%SPR (F2024) *	20.5%	現状の漁獲圧 (F2024 年) に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2023/ SBmsy (SBtarget)	0.27	最大持続生産量 MSY を実現する親魚量(SBmsy: 目標管理基準値案) に対する 2023 年の親魚量の比
F2023/ Fmsy	1.79	SBmsy を維持する漁獲圧に対する 2023 年の漁獲圧の比**
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	SBmsy を維持する水準を上回る	
親魚量の動向	減少	

*選択率および年齢別成熟率は 2023 年と同じとし、年齢別体重に直近 5 年間 (2019~2023 年) の平均値を用いて求めた値。

** 2023 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

2025年の親魚量(予測平均値):3.6千トン			
項目	2025年の平均漁獲量(千トン)	現状の漁獲圧に対する比(F/F2024)	2025年の漁獲割合(%)
管理基準値等に関する研究機関会議で提案されたβ(最高値)			
β=0.9	0.9	0.25	14
上記と異なるβを使用した場合			
β=1.0	1.0	0.27	15
β=0.8	0.8	0.22	12
β=0.7	0.7	0.19	11
β=0.6	0.6	0.16	10
β=0.5	0.5	0.14	8
β=0.0	0.0	0.00	0
F2024	2.4	1.00	38

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					
項目	2035年の平均親魚量(千トン)	90%予測区間(千トン)	2035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
管理基準値等に関する研究機関会議で提案されたβ(最高値)					
β=0.9	13.3	8.5 – 19.4	51	100	100
上記と異なるβを使用した場合					
β=1.0	12.4	7.4 – 18.4	40	99	100
β=0.8	14.4	9.6 – 20.5	64	100	100
β=0.7	15.5	10.6 – 21.9	76	100	100
β=0.6	16.9	11.7 – 23.6	88	100	100
β=0.5	18.5	13.0 – 25.6	96	100	100
β=0.0	38.9	29.5 – 51.0	100	100	100
F2024	3.1	0.6 – 8.0	0	13	91

補足表 6-5. (続き)

考慮している不確実性:加入量			
β	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
管理基準値等に関する研究機関会議で提案された β(最高値)			
β=0.9	2035 年	2027 年	2024 年
上記と異なる β を使用した場合			
β=1.0	-	2027 年	2024 年
β=0.8	2032 年	2027 年	2024 年
β=0.7	2031 年	2027 年	2024 年
β=0.6	2030 年	2027 年	2024 年
β=0.5	2030 年	2027 年	2024 年
β=0.0	2028 年	2026 年	2024 年
F2024	-	-	2024 年

補足資料 7 過年度評価との比較

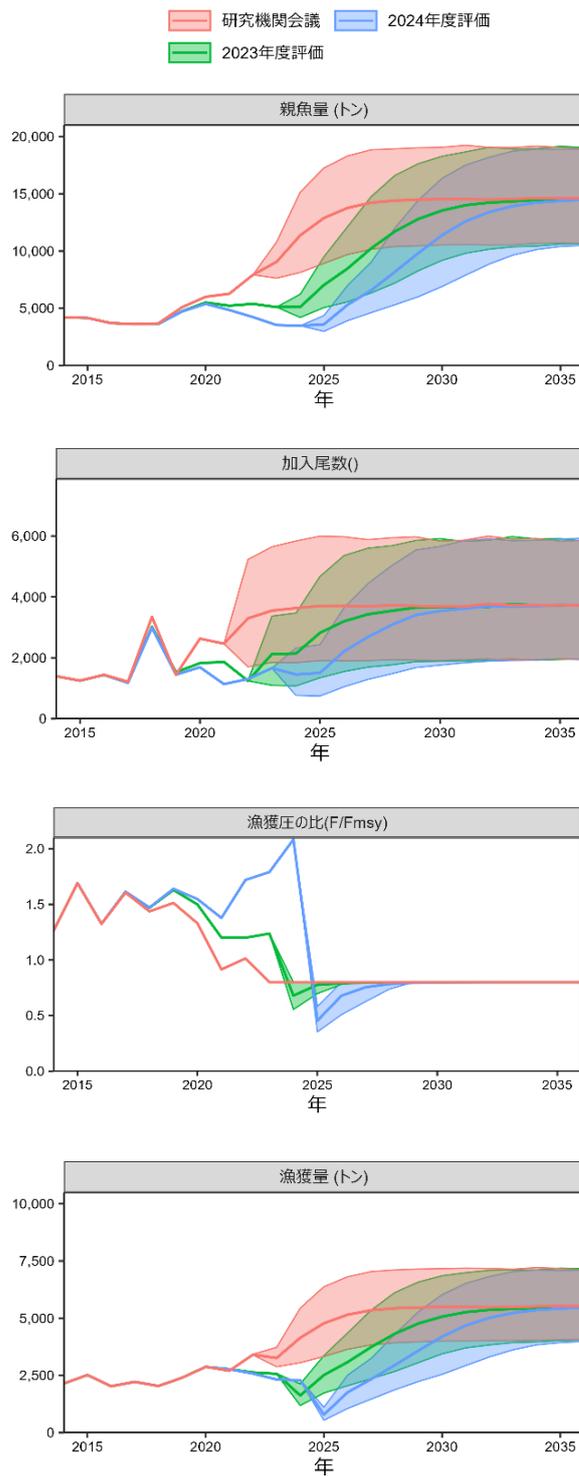
本年度評価における 2023 年の親魚量推定値（3.5 千トン）は、研究機関会議時の予測平均値（赤色、9.1 千トン）および昨年度（2023 年度）評価における同年の予測平均値（緑色、5.1 千トン）より少なかった（補足図 7-1）。本系群では、2023 年度評価時において資源量指標値の算出方法が変更されたことにより（安田ほか 2023）、2022 年以前の親魚量推定値が下方修正となった。このことが 2023 年度および 2024 年度評価における親魚量の推定値が研究機関会議時の予測を下回った理由のひとつになっている。また、本年度評価において 2023 年の流し網漁業 CPUE の値が前年より減少したことや、親魚量の指標値として新たに導入した平均卵密度が減少傾向であったことが、本年度評価における親魚量の推定値と予測が昨年度評価より少なくなった理由と考えられる（図 4-1）。このように親魚量の推定値や予測は昨年度評価から下方修正となったが、2023 年の漁獲量は昨年度評価の予測に近かった。そのため、本年度評価における 2023 年の漁獲圧の推定値は昨年度評価より上方修正された。

本年度では流し網漁業 CPUE とひき縄・はえ縄漁業 CPUE の扱い方を変更した（補足資料 2）。本系群では流し網漁業の漁獲量が全体の多くを占めることから（表 3-3）、両漁業の漁獲量加重平均値を求めた場合には流し網漁業 CPUE の変動の影響力が強くなる。この流し網漁業 CPUE の影響力が、ひき縄・はえ縄漁業 CPUE に比べて強いことは本年度評価で用いた計算方法でも同様に確認された（補足図 2-5）。そのため、計算方法の変更自体は、親魚量の下方修正の主要な原因とはなっていないと考えられる。

本年度の将来予測では、2023 年以降の親魚量が限界管理基準値案を下回る見込みとなったことから、2025 年の漁獲圧が管理規則案により削減され、予測漁獲量が昨年度評価時より少ない値に見積もられた。2026 年以降から予測区間が昨年度評価時と重複するようになり、2027 年以降から予測平均値が昨年度評価時の予測区間内に入るようになった。管理開始から 10 年後となる 2035 年には予測平均値は昨年度評価時の予測と同程度となった。

引用文献

安田十也・片町太輔・河野悌昌・高橋正知・渡邊千夏子・渡井幹雄・木下順二・井元順一（2023）サワラ瀬戸内海系群における資源量指標値について. FRA-SA2023-SC06-104. 5 pp., 水産研究・教育機構, 横浜.



補足図 7-1. 昨年度評価に基づく将来予測結果との比較

赤色は研究機関会議で示した令和 4 年度資源評価に基づく将来予測結果、緑色は令和 5 (2023) 年度資源評価に基づく将来予測結果、青色は令和 6 (2024) 年度資源評価に基づく将来予測結果。 $\beta=0.8$ の場合を示した。

補足資料 8 資源評価結果の詳細

年齢別漁獲尾数(千尾)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	557	1,485	529	804	422	505	437	344	52	21	10
1歳	852	899	1,043	302	831	660	242	241	104	54	24
2歳	1,335	630	586	416	524	332	346	54	103	30	64
3歳	630	607	261	390	227	177	92	46	103	82	14
4歳	181	184	149	170	14	42	48	17	22	2	3
5歳以上	73	33	72	47	14	8	11	13	0	0	1
計	3,628	3,839	2,640	2,129	2,032	1,725	1,175	716	384	189	115

年齢別漁獲量(トン)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	412	860	356	536	376	446	407	369	81	25	13
1歳	1,184	992	1,051	309	1,032	858	405	424	183	82	43
2歳	2,235	996	953	795	917	664	837	151	227	85	265
3歳	1,387	1,050	688	784	598	481	268	181	411	394	89
4歳	509	480	535	417	42	140	157	76	124	15	25
5歳以上	270	108	319	188	56	33	46	70	3	2	7
計	5,997	4,485	3,902	3,029	3,021	2,623	2,120	1,271	1,029	603	442

年齢別F(漁獲係数)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	0.17	0.45	0.26	0.37	0.24	0.59	0.51	0.96	0.23	0.22	0.06
1歳	0.39	0.46	0.66	0.23	0.81	0.74	0.64	0.59	0.91	0.41	0.42
2歳	0.76	0.64	0.71	0.70	0.91	1.14	1.47	0.32	0.63	0.84	1.58
3歳	0.95	1.19	0.69	2.70	1.35	1.14	1.58	0.94	3.20	2.84	1.78
4歳	1.52	0.99	1.41	2.13	1.09	1.30	1.45	3.99	4.04	0.95	1.78
5歳以上	1.52	0.99	1.41	2.13	1.09	1.30	1.45	3.99	4.04	0.95	1.78
単純平均	0.88	0.79	0.86	1.37	0.92	1.03	1.18	1.80	2.18	1.03	1.23

年齢別資源尾数(千尾)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	3,734	4,338	2,463	2,760	2,071	1,186	1,151	585	264	114	166
1歳	3,084	2,849	2,512	1,725	1,733	1,472	593	626	202	189	83
2歳	2,920	1,551	1,337	963	1,018	569	522	231	257	60	93
3歳	1,192	1,014	606	486	355	303	135	89	124	101	19
4歳	270	341	229	224	24	68	72	21	26	4	4
5歳以上	108	61	111	62	25	12	16	15	0	0	1
計	11,307	10,154	7,258	6,220	5,226	3,610	2,489	1,567	873	468	366

年齢別資源量、親魚量(トン)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	2,763	2,510	1,656	1,839	1,845	1,047	1,072	628	409	136	218
1歳	4,285	3,143	2,530	1,767	2,152	1,914	993	1,103	356	283	149
2歳	4,888	2,450	2,174	1,839	1,782	1,137	1,262	641	565	174	387
3歳	2,624	1,754	1,598	977	937	822	393	346	498	486	124
4歳	757	887	823	550	73	225	238	90	147	28	35
5歳以上	401	200	491	248	98	53	70	83	3	3	9
計	15,718	10,945	9,272	7,219	6,887	5,197	4,027	2,891	1,977	1,112	922
親魚量	10,813	6,863	6,351	4,497	3,966	3,193	2,459	1,711	1,391	834	630

年齢別平均体重(g)

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
0歳	740	579	673	666	891	883	931	1,073	1,550	1,200	1,315
1歳	1,390	1,103	1,007	1,024	1,242	1,300	1,675	1,761	1,760	1,500	1,800
2歳	1,674	1,580	1,626	1,910	1,749	1,999	2,416	2,776	2,200	2,886	4,166
3歳	2,201	1,730	2,636	2,010	2,637	2,711	2,906	3,901	4,000	4,800	6,416
4歳	2,807	2,604	3,595	2,452	3,030	3,307	3,306	4,350	5,700	7,500	8,001
5歳以上	3,706	3,260	4,442	4,024	3,900	4,264	4,299	5,410	6,873	9,300	7,800

補足資料 8 (続き)

年齢別漁獲尾数(千尾)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	8	18	29	20	86	60	26	66	41	17	76	88
1歳	30	14	111	94	265	282	185	218	300	286	219	403
2歳	13	25	22	67	81	146	363	131	130	111	117	73
3歳	8	10	20	8	21	18	15	53	26	18	31	38
4歳以上	2	2	4	7	3	8	3	4	7	5	8	6
計	2,059	2,069	2,186	2,197	2,457	2,518	2,596	2,476	2,509	2,443	2,458	2,617

年齢別漁獲量(トン)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	10	23	33	22	61	67	28	79	51	18	65	116
1歳	59	31	216	206	515	579	320	491	633	581	508	800
2歳	59	121	100	278	287	490	1,024	387	441	365	352	244
3歳	56	71	134	51	122	94	69	245	115	85	141	178
4歳以上	16	17	30	58	23	59	23	23	44	32	47	44
計	199	263	512	615	1,008	1,289	1,465	1,224	1,283	1,082	1,113	1,382

年齢別F(漁獲係数)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	0.10	0.06	0.09	0.03	0.08	0.11	0.05	0.10	0.06	0.04	0.08	0.12
1歳	0.29	0.25	0.55	0.49	0.75	0.38	0.57	0.67	0.86	0.78	0.83	0.72
2歳	0.46	0.46	0.93	0.92	1.30	1.81	1.66	1.36	1.48	1.13	1.06	0.88
3歳	1.17	0.99	1.06	1.25	1.05	1.67	1.29	1.76	1.43	1.01	1.55	1.70
4歳以上	1.17	0.99	1.06	1.25	1.05	1.67	1.29	1.76	1.43	1.01	1.55	1.70
単純平均	0.64	0.55	0.74	0.79	0.85	1.13	0.97	1.13	1.05	0.79	1.01	1.02

年齢別資源尾数(千尾)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	89	355	345	664	1,230	607	598	738	719	516	1,087	807
1歳	141	73	303	284	582	1,032	492	516	606	612	451	911
2歳	40	78	42	129	129	203	521	205	195	190	208	145
3歳	14	19	36	12	38	26	25	74	39	33	46	54
4歳以上	3	4	6	11	5	11	5	6	10	9	11	9
計	288	529	733	1,101	1,985	1,879	1,641	1,540	1,570	1,360	1,802	1,926

年齢別資源量、親魚量(トン)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	108	442	386	738	881	674	663	884	899	560	930	1,062
1歳	273	164	590	620	1,132	2,118	852	1,164	1,277	1,245	1,045	1,810
2歳	186	378	192	537	459	680	1,470	605	664	627	627	485
3歳	94	131	238	84	217	135	111	344	175	155	209	253
4歳以上	27	32	54	94	41	84	37	33	67	59	70	62
計	688	1,146	1,459	2,072	2,730	3,692	3,133	3,030	3,082	2,647	2,880	3,672
親魚量	443	622	778	1,024	1,283	1,959	2,044	1,564	1,544	1,464	1,428	1,705

年齢別平均体重(g)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0歳	1,211	1,246	1,121	1,110	716	1,110	1,110	1,198	1,250	1,085	856	1,316
1歳	1,940	2,241	1,945	2,184	1,945	2,053	1,730	2,254	2,109	2,034	2,319	1,986
2歳	4,611	4,845	4,542	4,152	3,545	3,348	2,820	2,945	3,399	3,295	3,018	3,332
3歳	6,639	6,902	6,543	6,770	5,680	5,151	4,520	4,671	4,459	4,707	4,584	4,721
4歳以上	8,608	7,986	8,499	8,591	8,382	7,564	7,114	5,371	6,529	6,762	6,169	6,948

補足資料 8 (続き)

年齢別漁獲尾数(千尾)

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	191	132	91	45	29	115	54	21	62	17	22	2
1歳	275	304	207	466	274	434	362	408	209	539	353	402
2歳	174	139	375	156	407	301	250	279	337	351	768	294
3歳	34	65	41	117	79	148	81	100	62	87	82	332
4歳以上	6	3	10	6	37	21	44	51	55	16	17	30
計	680	644	723	791	826	1,019	791	859	725	1,010	1,242	1,059

年齢別漁獲量(トン)

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	161	155	88	53	33	134	59	22	49	17	21	2
1歳	598	529	411	792	582	933	767	818	464	972	748	747
2歳	504	404	1,023	428	1,065	815	692	792	1,005	1,000	1,742	814
3歳	133	276	164	466	301	524	303	349	241	321	276	1,082
4歳以上	41	20	54	36	168	114	206	239	279	88	87	129
計	1,436	1,384	1,740	1,775	2,148	2,519	2,027	2,220	2,038	2,398	2,875	2,773

年齢別F(漁獲係数)

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.13	0.16	0.05	0.04	0.02	0.10	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00
1歳	0.68	0.31	0.41	0.38	0.34	0.52	0.53	0.48	0.26	0.27	0.38	0.37
2歳	0.95	1.10	0.92	0.72	0.80	0.90	0.76	1.30	1.15	1.15	0.91	0.74
3歳	2.11	1.67	1.65	1.02	1.24	0.92	0.75	0.97	1.61	1.40	1.15	1.98
4歳以上	2.11	1.67	1.65	1.02	1.24	0.92	0.75	0.97	1.61	1.40	1.15	1.98
単純平均	1.20	0.98	0.93	0.64	0.73	0.67	0.57	0.75	0.93	0.85	0.72	1.01

年齢別資源尾数(千尾)

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	1,670	936	1,975	1,281	1,397	1,250	1,437	1,181	2,990	1,448	1,691	1,137
1歳	646	1,329	721	1,701	1,116	1,236	1,022	1,248	1,048	2,646	1,294	1,509
2歳	328	242	723	355	858	591	542	446	574	596	1,497	655
3歳	45	94	59	213	129	285	178	187	90	135	140	448
4歳以上	8	5	14	10	60	40	96	96	80	25	29	40
計	2,698	2,605	3,492	3,560	3,559	3,403	3,275	3,157	4,781	4,850	4,651	3,788

年齢別資源量、親魚量(トン)

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	1,405	1,096	1,922	1,505	1,569	1,455	1,565	1,218	2,352	1,512	1,631	814
1歳	1,403	2,312	1,428	2,890	2,369	2,658	2,167	2,503	2,321	4,775	2,742	2,802
2歳	953	703	1,975	972	2,244	1,597	1,504	1,265	1,711	1,699	3,395	1,816
3歳	175	396	235	846	493	1,011	664	655	351	495	470	1,458
4歳以上	54	29	78	66	275	219	451	448	405	136	149	174
計	3,989	4,535	5,639	6,279	6,950	6,941	6,351	6,088	7,140	8,617	8,387	7,064
親魚量	1,883	2,283	3,002	3,329	4,196	4,157	3,702	3,619	3,627	4,717	5,385	4,229

年齢別平均体重(g)

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	841	1,172	974	1,175	1,123	1,164	1,089	1,031	787	1,045	965	716
1歳	2,171	1,739	1,982	1,699	2,123	2,150	2,122	2,005	2,215	1,804	2,119	1,857
2歳	2,901	2,907	2,731	2,734	2,615	2,703	2,773	2,839	2,983	2,851	2,268	2,773
3歳	3,918	4,221	3,958	3,969	3,827	3,542	3,721	3,502	3,902	3,665	3,369	3,256
4歳以上	6,412	6,027	5,687	6,329	4,597	5,426	4,691	4,684	5,081	5,391	5,089	4,381

補足資料 8 (続き)

年齢別漁獲尾数(千尾)

年	2022	2023
0歳	9	54
1歳	349	397
2歳	401	271
3歳	166	155
4歳以上	36	24
計	960	901

年齢別漁獲量(トン)

年	2022	2023
0歳	7	40
1歳	722	807
2歳	1,089	788
3歳	593	574
4歳以上	171	116
計	2,582	2,324

年齢別F(漁獲係数)

年	2022	2023
0歳	0.01	0.03
1歳	0.50	0.50
2歳	0.93	1.16
3歳	1.77	1.58
4歳以上	1.77	1.58
単純平均	1.00	0.97

年齢別資源尾数(千尾)

年	2022	2023
0歳	1,305	1,662
1歳	1,026	1,173
2歳	772	460
3歳	232	227
4歳以上	50	36
計	3,386	3,557

年齢別資源量、親魚量(トン)

年	2022	2023
0歳	1,053	1,249
1歳	2,126	2,385
2歳	2,096	1,336
3歳	830	839
4歳以上	239	169
計	6,345	5,978
親魚量	4,229	3,536

年齢別平均体重(g)

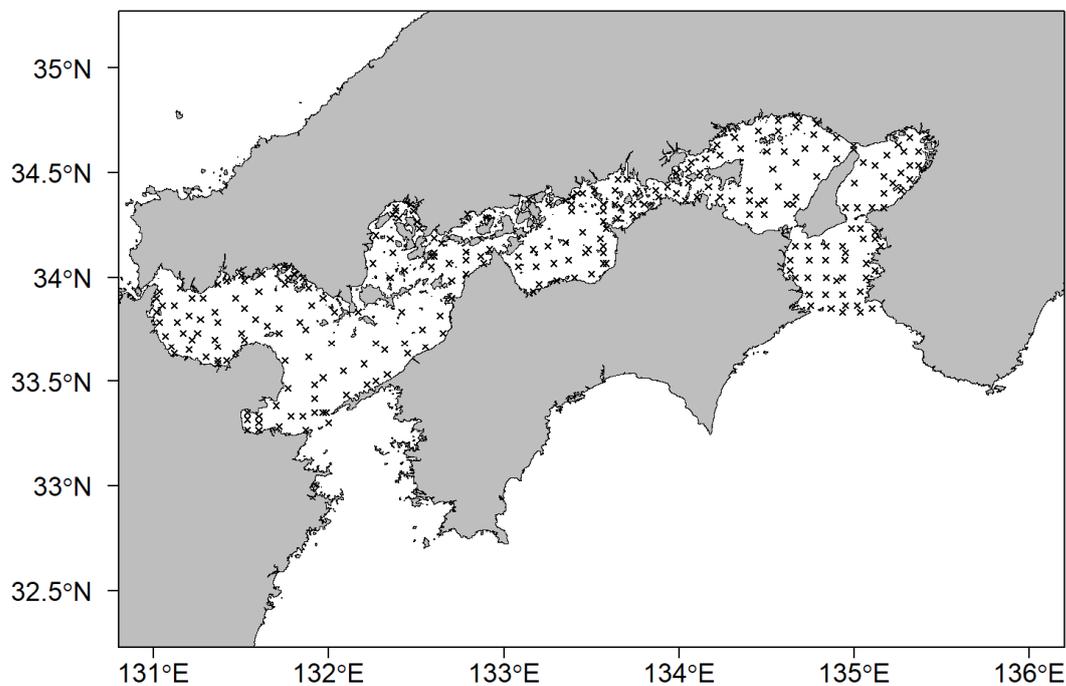
年	2022	2023
0歳	807	751
1歳	2,072	2,034
2歳	2,716	2,902
3歳	3,572	3,700
4歳以上	4,786	4,752

補足資料 9 調査結果の概要

各府県水産試験研究機関（和歌山県～大分県の 11 府県）により実施されている丸特 B ネット、および改良型 NORPAC ネットの鉛直曳きによる卵稚仔調査は瀬戸内海をほぼ網羅するように計画されている（補足図 9-1）。2016 年以降に紀伊水道から周防灘で行われた本調査の結果を用い、河野・銭谷（2008）に基づいて各調査点における海面 1 m² 当たりのサワラの卵数を算出した。各年の全調査点の値を平均して各年の平均卵密度とした。期間中の曳網回数は平均 1,906 回/年であり、1,107～2,636 回/年の範囲であった。

引用文献

河野悌昌・銭谷 弘 (2008) 1980～2005 年の瀬戸内海におけるカタクチイワシの産卵量分布. 日水誌, 74, 636-644.



補足図 9-1. 瀬戸内海の卵稚仔調査における調査点 (×) の配置図

補足資料 10 種苗放流

種苗放流は1999年に播磨灘で始まり、2002年度から瀬戸内海の東西両海域で実施され、2020年度で終了した。補足表 10-1 に 2002～2020 年度の種苗放流尾数、加入尾数、混入率、添加効率の推移を示した。有効放流尾数（70 mm 以上の放流尾数+70 mm 未満の放流尾数/4、小畑ほか 2008、Obata et al. 2008）は 2002 年の 12 万尾から 2007 年の 29 万尾まで増加傾向であったが、2008 年から減少傾向となり、2020 年では 8 万尾となっている。放流魚の混入率は、2002 年の 1.8%から 2003 年の 14.7%まで上昇した後は低下傾向で、2020 年は 0.4%となった。添加効率は、2002 年の 0.18 から 2003 年の 0.73 まで上昇した後は低下傾向で、最終年となった 2020 年では 0.09 であった。

引用文献

- Obata, Y., H. Yamazaki, A. Iwamoto, K. Hamasaki and S. Kitada (2008) Evaluation of stocking effectiveness of the Japanese Spanish mackerel in the eastern Seto Inland Sea, Japan. *Rev. Fish. Sci.*, **16**, 235-242.
- 小畑泰弘・山崎英樹・竹森弘征・岩本明雄・浜崎活幸・北田修一 (2008) カタクチイワシシラスの資源重量から試算したサワラ人工種苗放流による 0 歳魚加入資源の上積み量. *日水誌*, **74**, 796-801.

補足表 10-1. 種苗放流尾数、加入尾数、混入率、添加効率の推移

年	種苗放流尾数(千尾)		有効放流尾数 (千尾)	加入尾数(千尾)		混入率 (%)	添加効率
	大型	小型		天然	放流		
2002	92	117	121	1,208	22	1.8	0.18
2003	99	94	123	518	89	14.7	0.73
2004	76	20	81	577	20	3.4	0.25
2005	156	3	156	708	31	4.1	0.20
2006	147	0	147	661	58	8.1	0.40
2007	270	80	290	478	38	7.3	0.13
2008	192	20	197	1,068	19	1.8	0.10
2009	230	41	241	789	18	2.2	0.08
2010	200	18	204	1,644	26	1.6	0.13
2011	134	0	134	910	26	2.8	0.19
2012	68	32	76	1,960	15	0.8	0.20
2013	78	0	78	1,258	23	1.8	0.29
2014	72	12	75	1,384	13	0.9	0.17
2015	26	11	29	1,250	0	0.0	0.00
2016	70	0	70	1,428	9	0.6	0.13
2017	65	0	65	1,180	1	0.0	0.01
2018	70	0	70	2,990	0	0.0	0.00
2019	45	0	45	1,448	0	0.0	0.00
2020	75	9	77	1,684	7	0.4	0.09

有効放流尾数=大型放流尾数+小型放流尾数/4。

混入率は、2002～2019 年は 1 歳時、2020 年は 0 歳時の値。