

令和 5（2023）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・片町太輔・河野悌昌・
高橋正知・日野晴彦・渡井幹雄・木下順二・井元順一）

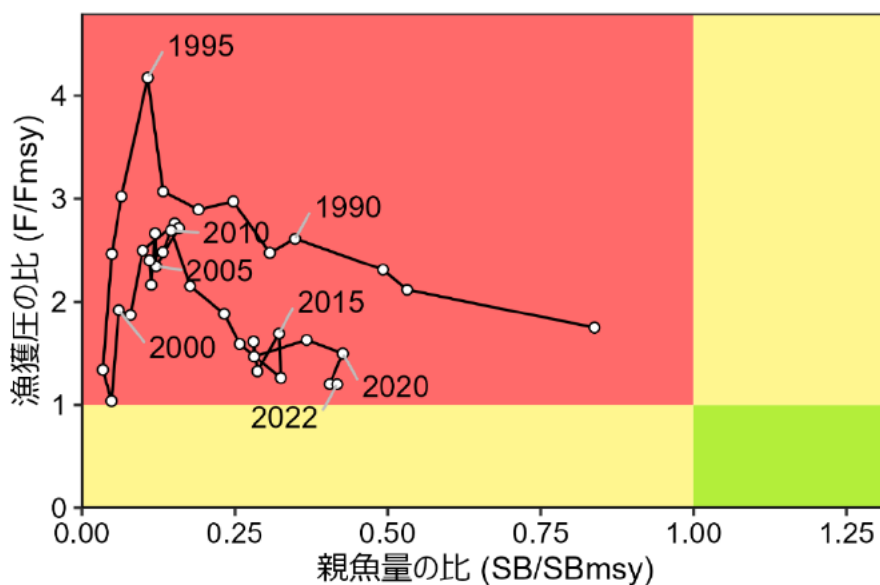
参画機関：和歌山県水産試験場、大阪府立環境農林水産総合研究所水産研究部水産技術センター、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター、山口県水産研究センター内海研究部、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、香川県水産試験場、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所、福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所、大分県農林水産研究指導センター水産研究部

要 約

本系群の資源量を VPA 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。その後は増加傾向となり、2022 年の漁獲量は 2,629 トンで前年の 2,773 トンと同程度で推移した。流し網漁業の出漁隻日数あたりの漁獲尾数 (CPUE) は 2007～2020 年では上昇傾向にあり、特に 2018 年から 2020 年にかけて著しく上昇した。その後は減少に転じ、2022 年は前年より減少した。ひき縄・はえ縄漁業の CPUE は 2007～2013 年の間は上昇傾向を示していたが、それ以降は横ばいで推移している。2022 年は前年と同程度であった。両漁業 CPUE の漁獲量加重平均値を資源量指標値として用いた。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。その後、増加傾向に転じ、2022 年は 8,126 トンと推定され、前年と同程度であった。漁獲割合は、2005 年以降低下傾向で推移しており、2022 年は 32% で前年と同程度であった。2022 年の親魚量についても、前年と同程度の 5,380 トンと推定された。

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	12.9 千トン
2022 年の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2022 年の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る
2022 年の親魚量の動向	増加
最大持続生産量 (MSY)	5.6 千トン
2024 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 (%)
2018	7.2	3.7	2.0	1.47	28
2019	8.8	4.7	2.4	1.63	27
2020	8.7	5.5	2.9	1.50	33
2021	8.0	5.2	2.8	1.24	35
2022	8.1	5.4	2.6	1.20	32
2023	8.1	5.1	2.6	1.24	32
2024	9.0	5.1	-	-	-

・ 2023、2024 年の値は将来予測に基づく平均値である。
 ・ 2023 年の F は、選択率や生物パラメータは「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 F2022 の単純平均に対応する%SPR (26.9) を与える F 値を仮定した。

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	流し網漁業によるサワラの出漁隻日数あたりの漁獲尾数 (CPUE) (水産庁)* ひき縄およびはえ縄漁業によるサワラ CPUE(水産庁)*
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。

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 年代半ばに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り、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。

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

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

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

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5～10m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℃である（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 歳の漁獲は非常に少ない。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。その後は増加傾向で、2022 年の漁獲量は 2,629 トンで前年 (2,773 トン) と同程度であった。

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が、1990 年代になると少なくなった (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 歳であるが、2013 年から 3 歳、2015 年から 4 歳の割合が多くなっている (補足資料 9)。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) が比較的多く漁獲されたが、2022 年の 4 歳魚以上の漁獲尾数は多くなく、2020 年級群 (2 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、2022 年には全漁獲量の 75% 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 9%、はなつぎ網・巾着網・船びき網漁業による漁獲は全体の 14%、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・はえ縄の努力量は年変動が流し網に比べて大きく、近年では減少傾向にある (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、ひき縄および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用いるチューニング VPA 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

流し網漁業の CPUE は、2007～2020 年に上昇傾向にあり、特に 2018 年から 2020 年にかけて著しく上昇した。しかし、2021 年から減少に転じ、2022 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 年には緩やかな上昇傾向を示していたが、その後は横ばいで推移し、2022 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。各漁業の CPUE を漁獲量で加重平均した値を 1 歳以上の資源尾数の資源量指標値として用いた（補足資料 2）。資源量指標値は流し網漁業の CPUE と似たような推移を示し、2022 年の値は前年より減少した（図 4-1）。

(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、2022 年の資源量は 8,126 トンと推定され、前年（8,037 トン）と同程度であった（図 4-2、表 4-1、補足資料 9）。親魚量は、1987 年の 10,813 トンから 1998 年の 443 トンまで減少し、1999 年以降は増加傾向を示した。2022 年は 5,380 トンで、前年（5,179 トン）と同程度であった。加入量は、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 301 万尾と特に多かった。2022 年の加入量は 125 万尾と推定された（図 4-3、表 4-1、補足資料 9）。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、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、資源量推定値に 9～11%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ている（図 4-5、補足資料 9）。1 歳魚の F は近年まで変動しながらも横ばいで推移している。2 歳魚の F は近年緩やかな減少傾向にある。3 歳魚以上の F は近年上昇傾向を示している。漁獲割合は、1987 年の 38%から 1996 年の 54%まで上昇傾向であった。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る。2010 年以降の漁獲割合は 27～36%の間で推移しており、2022 年は 32%であった（図 4-6、表 4-1）。

令和 4 年度評価と比較して、本年度評価では 2021 年の 3 歳および 4+歳の F が上方修正となり、2021 年の資源量は下方修正となった（補足図 2-3）。2021 年級群以前の資源尾数を指標する 2022 年の資源量指標値の減少が、これら推定値の変化に影響したと考えられる。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は増加傾向にあった前年と同程度であった。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 2022 年の資源量指標値が加わり、その値は 2021 年より減少していた。この 2022 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。2022 年の $\%SPR$ は 27.5%であった。現状の漁獲圧を 2022 年の F 値とし、年齢別体重を直近 5 年間（2018～2022 年）の平均値と仮定して $\%SPR$ を算出すると 26.9%となった。

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」において最大持続生産量 MSY を実現する F (F_{msy}) 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 F_{msy} 算出時の値を使用した。 F_{msy} は $\%SPR$ に換算すると 30.3%に相当した。現状の漁獲圧 (F_{2022}) は F_{msy} や $F_{30\%SPR}$ を上回った。

(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 (SB_{msy})、および MSY を実現する F (F_{msy}) 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、2022 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 2022 年の親魚量は MSY を実現する親魚量 (SB_{msy}) を下回っており、 SB_{msy} の 0.42 倍である。また、2022 年の漁獲圧は、MSY を実現する漁獲圧 (F_{msy}) を上回っており、MSY を実現する漁獲圧の 1.20 倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比 (F/F_{msy}) は、各年の F の選択率の下で F_{msy} 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（2018～2022 年）の推移から増加と判断される。本系群の親魚量は 1987 年以降 SB_{msy} 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が、2010 年から徐々に削減されており F_{msy} に近づいている。

5. 資源評価のまとめ

2022 年の漁獲物は 2 歳魚の占める割合が多く、0 歳魚の漁獲は少なかった。2022 年の資源量や親魚量は前年と同程度と推定されたが、資源量指標値は前年を下回っており、3 歳魚以上の漁獲圧が増加傾向にあると考えられた。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. 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.
- 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

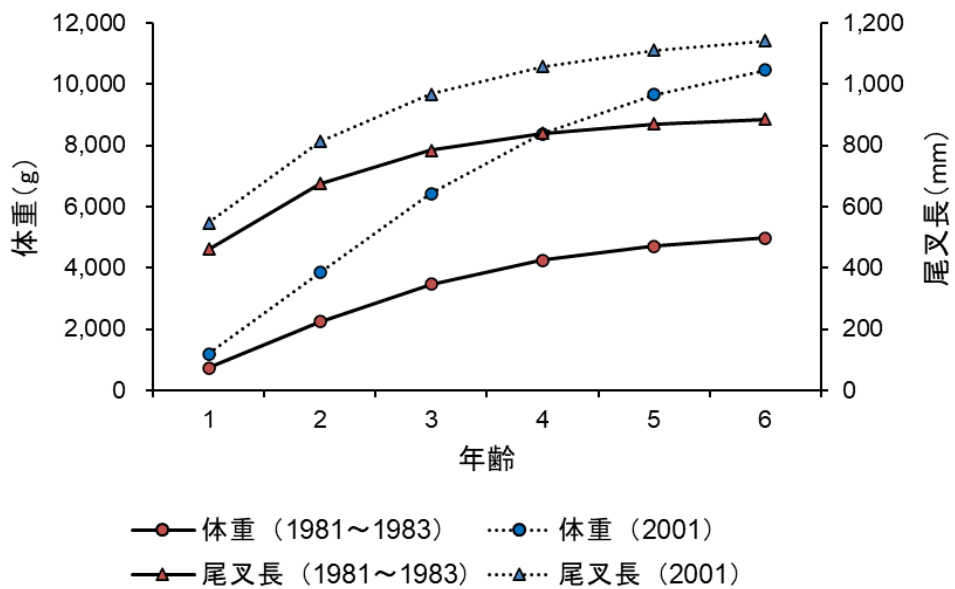


図 2-2. 年齢と成長 (5月時点)

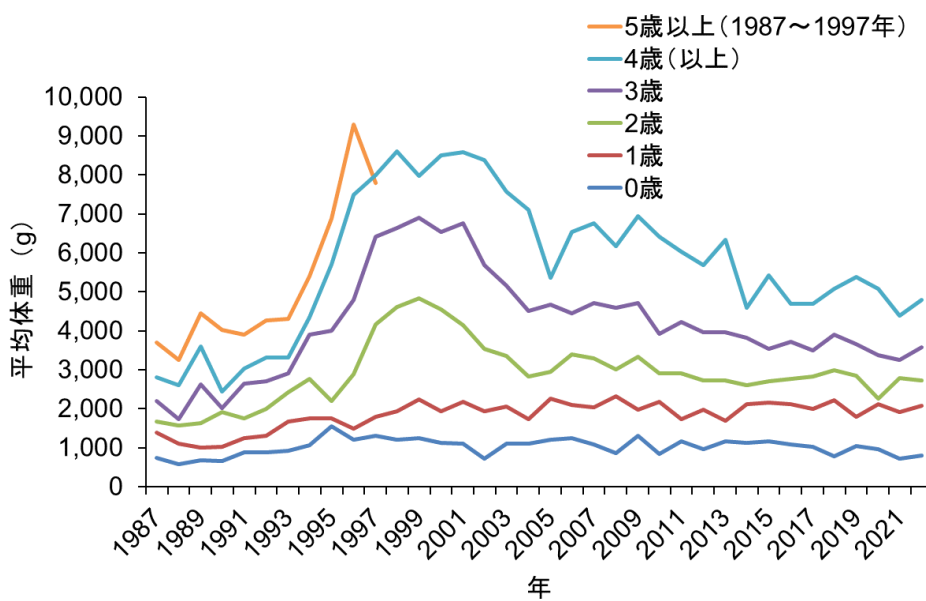


図 2-3. 年齢別平均体重の推移

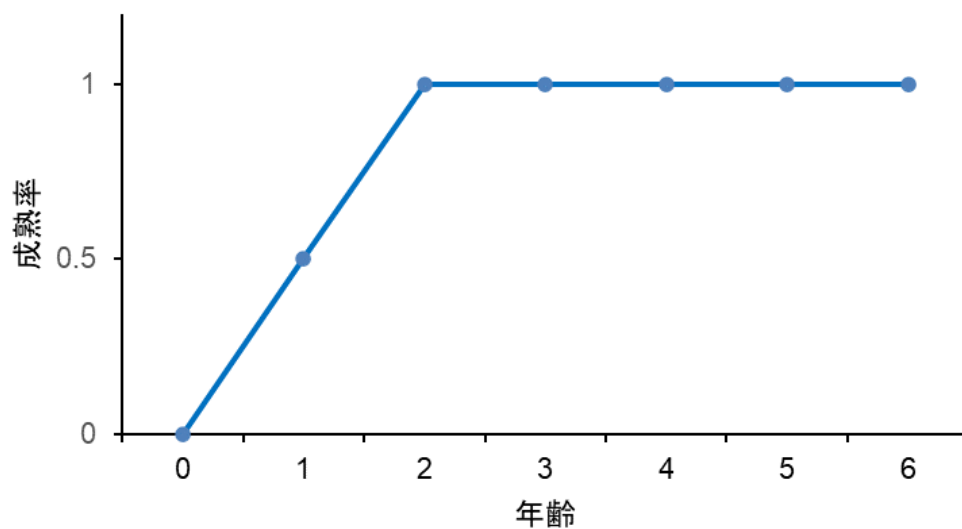


図 2-4. 年齢別成熟率

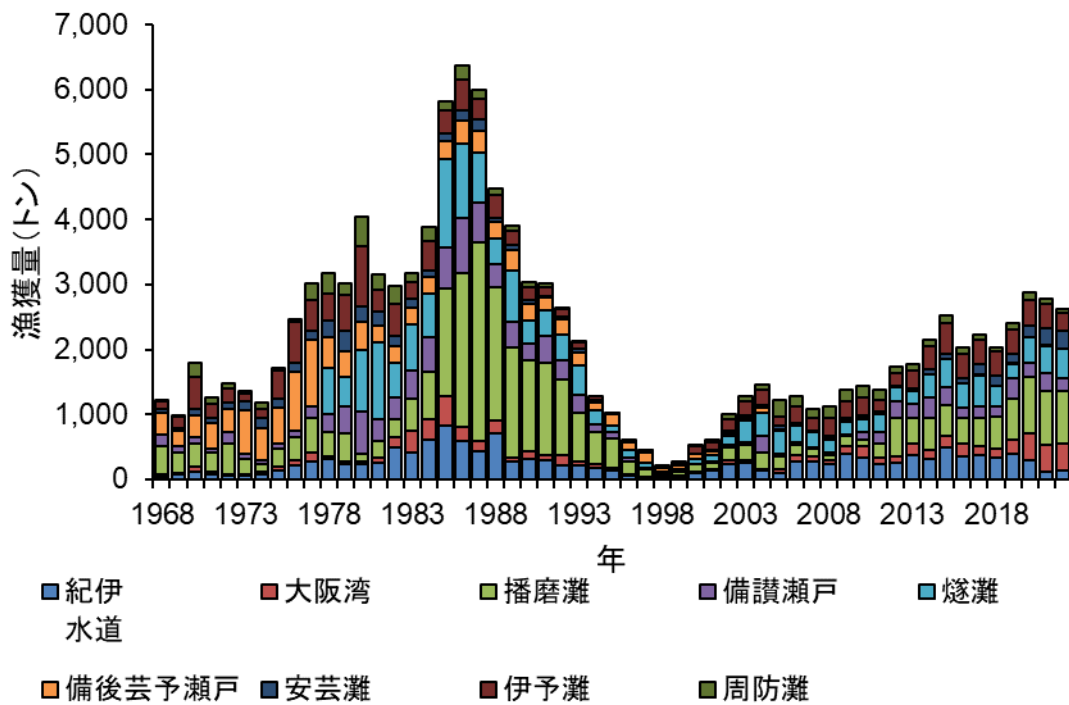


図 3-1. 年別灘別漁獲量の推移

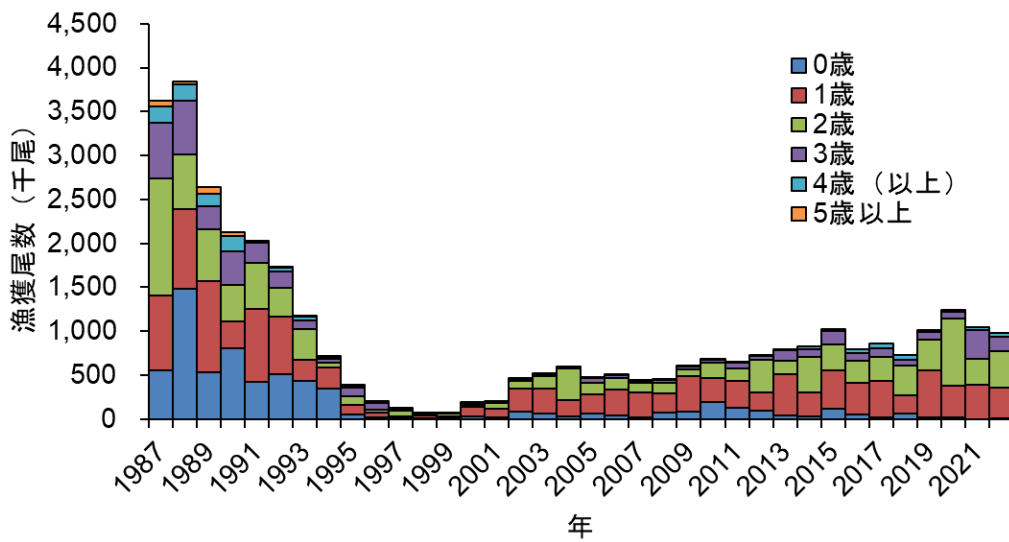


図 3-2. 年齢別漁獲尾数の推移

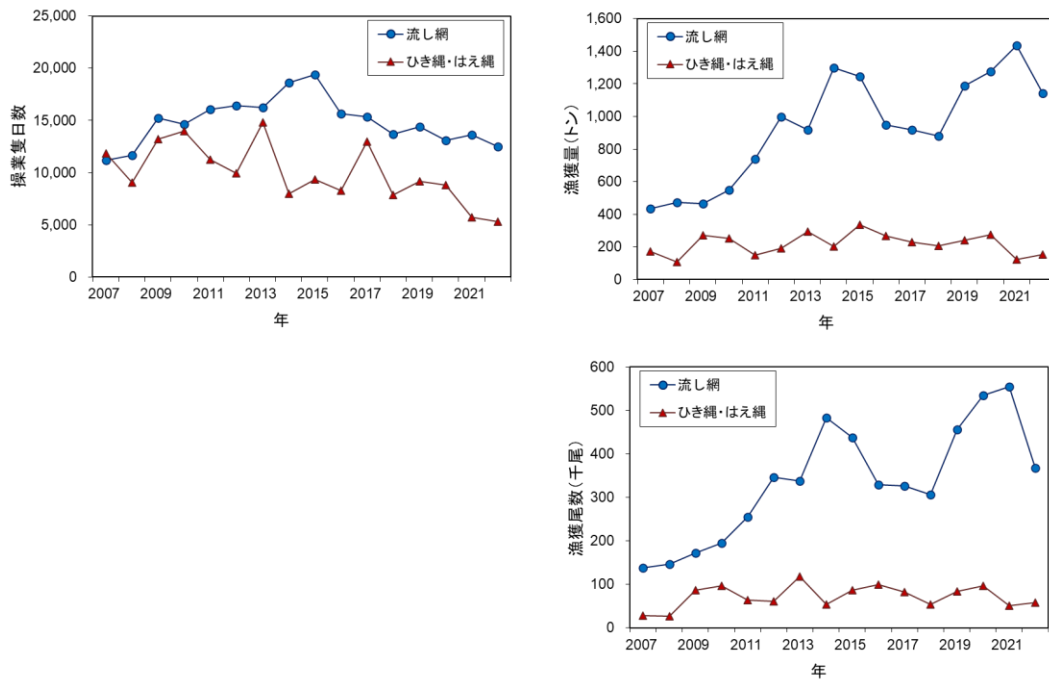


図 3-3. 流し網とひき縄・はえ縄漁業における操業隻日数、漁獲量、漁獲尾数の推移

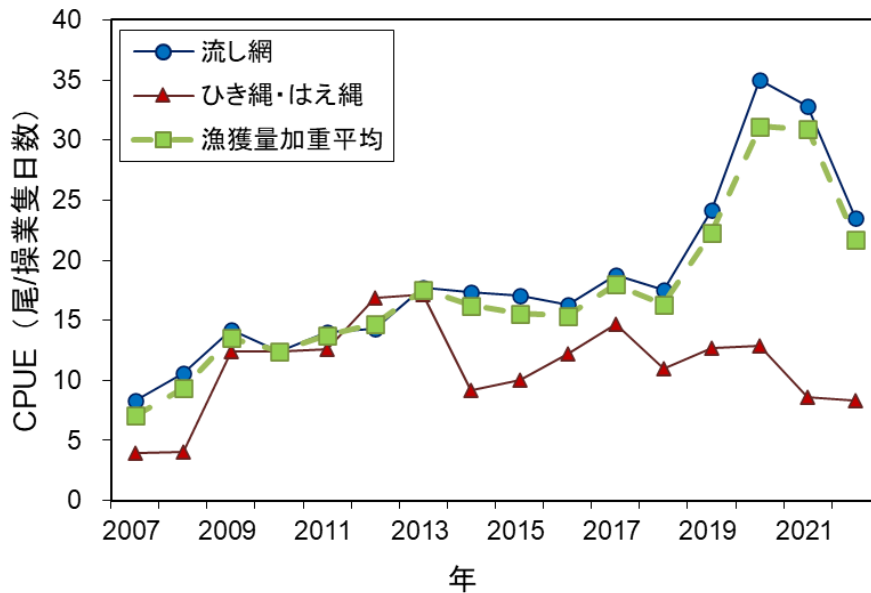


図 4-1. 流し網とひき縄・はえ縄漁業における出漁隻日数あたりの漁獲尾数 (CPUE) の推移
破線は CPUE を各漁業の漁獲量で加重平均した値。

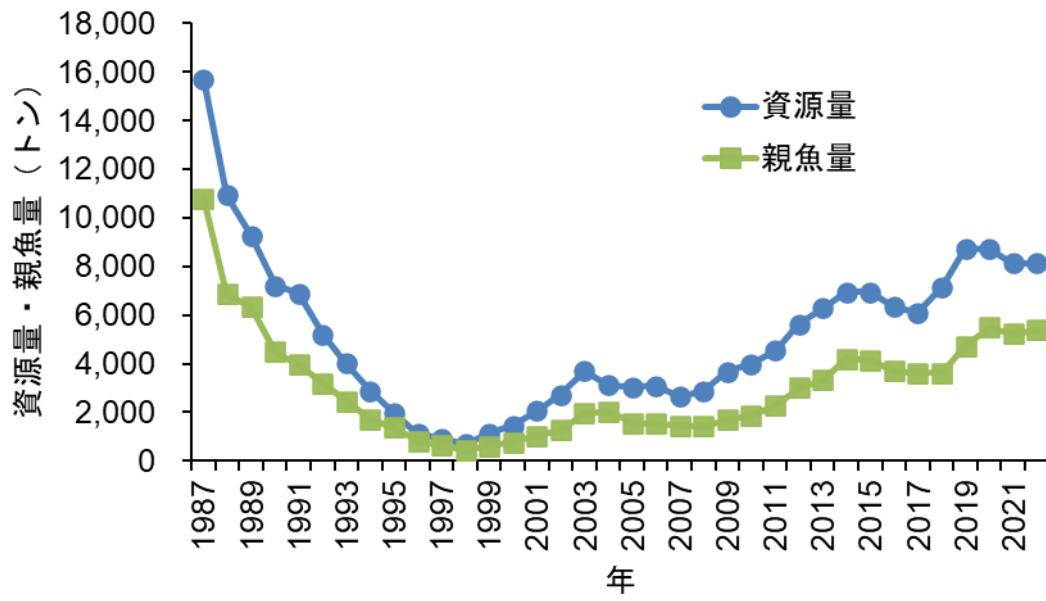


図 4-2. 資源量と親魚量の経年変化

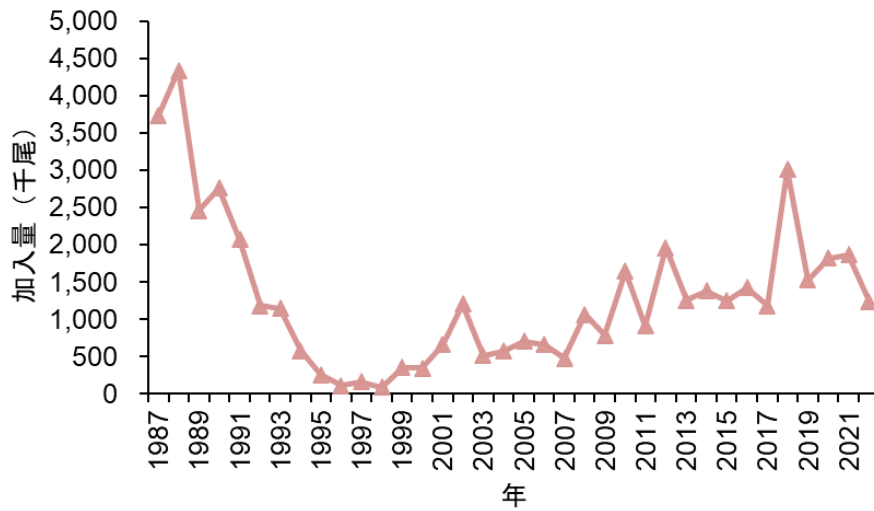


図 4-3. 加入量の経年変化

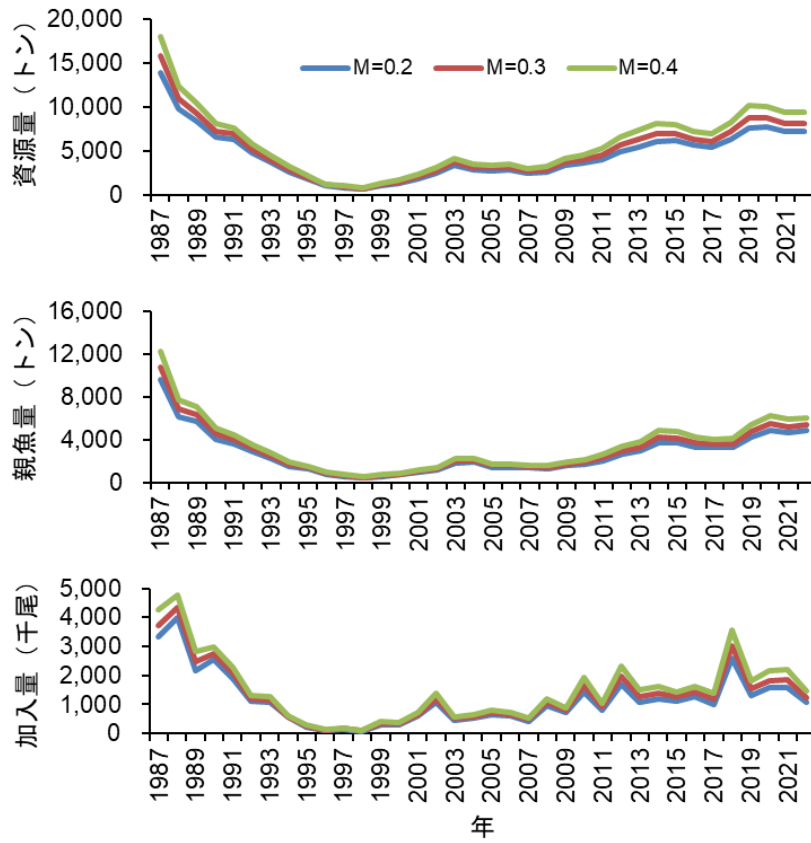


図 4-4. 自然死亡係数 M を変化させた場合の資源量、親魚量、加入量推定値

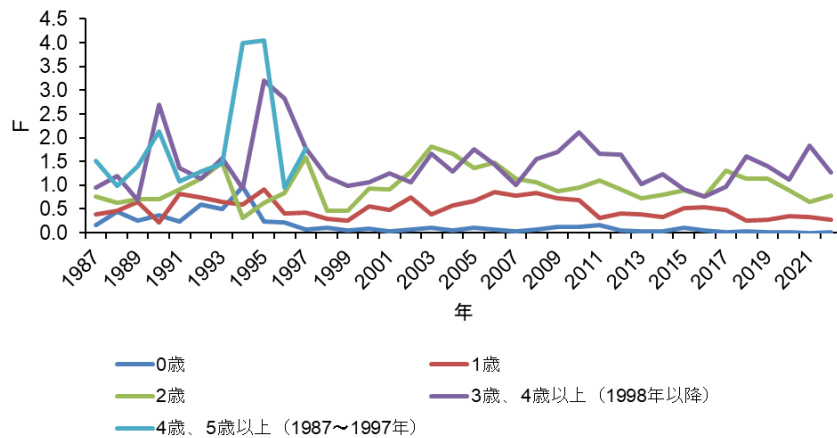


図 4-5. 年齢別漁獲係数 F の推移

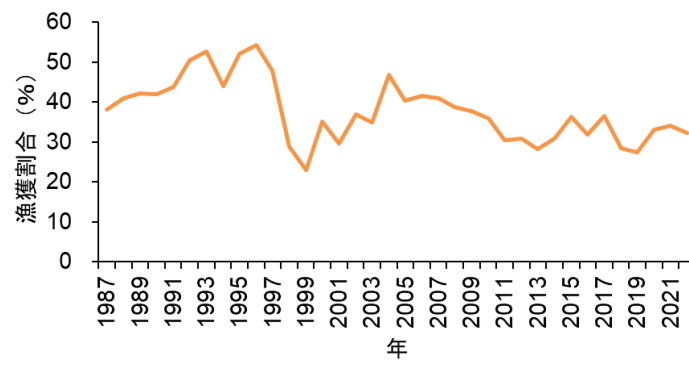


図 4-6. 漁獲割合の推移

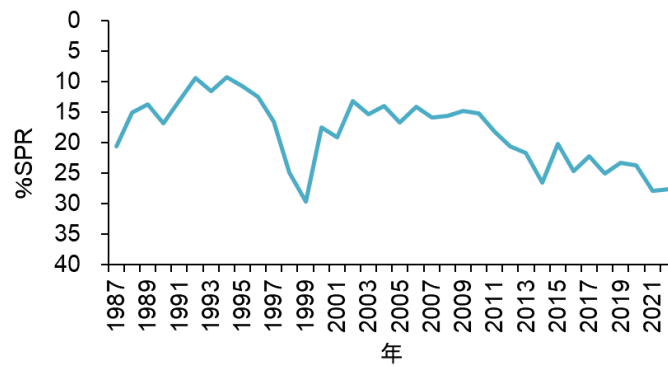


図 4-7. %SPR の推移

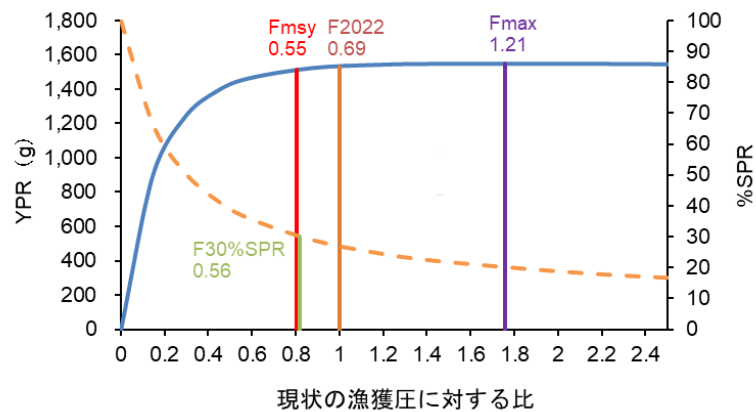


図 4-8. 現状の漁獲圧 (F2022) に対する YPR (青実線) と %SPR (オレンジ破線) の関係
 図中の数値は F の平均値。

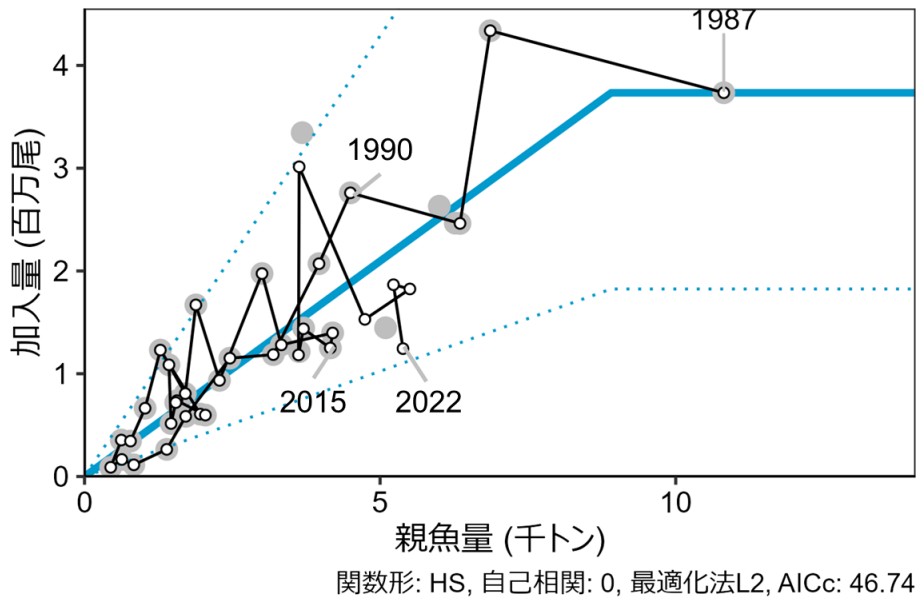


図 4-9. 親魚量と加入量の関係（再生産関係）

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。灰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。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1987～2022年の親魚量と加入量を示す。

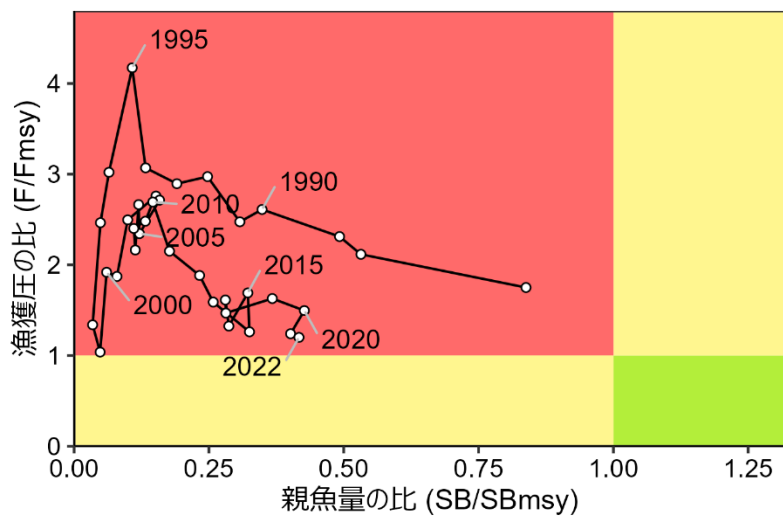


図 4-10. 神戸プロット

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

表 3-1. 瀬戸内海区のサワラの府県別漁獲量の推移（トン）（つづき）

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
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	361	715	50	104	200	75	411	485	15	175	2,629

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)

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。

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

* 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 3-2. 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) (つづき)
 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。

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
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	36
2021	111	427	818	283	404	15	264	376	74	2,773	406	52
2022	128	421	815	188	454	8	270	287	58	2,629	238	28

表 3-3. 近年の漁法別漁獲量(トン)

年	流し網	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	1,980	227	371	50	2,629

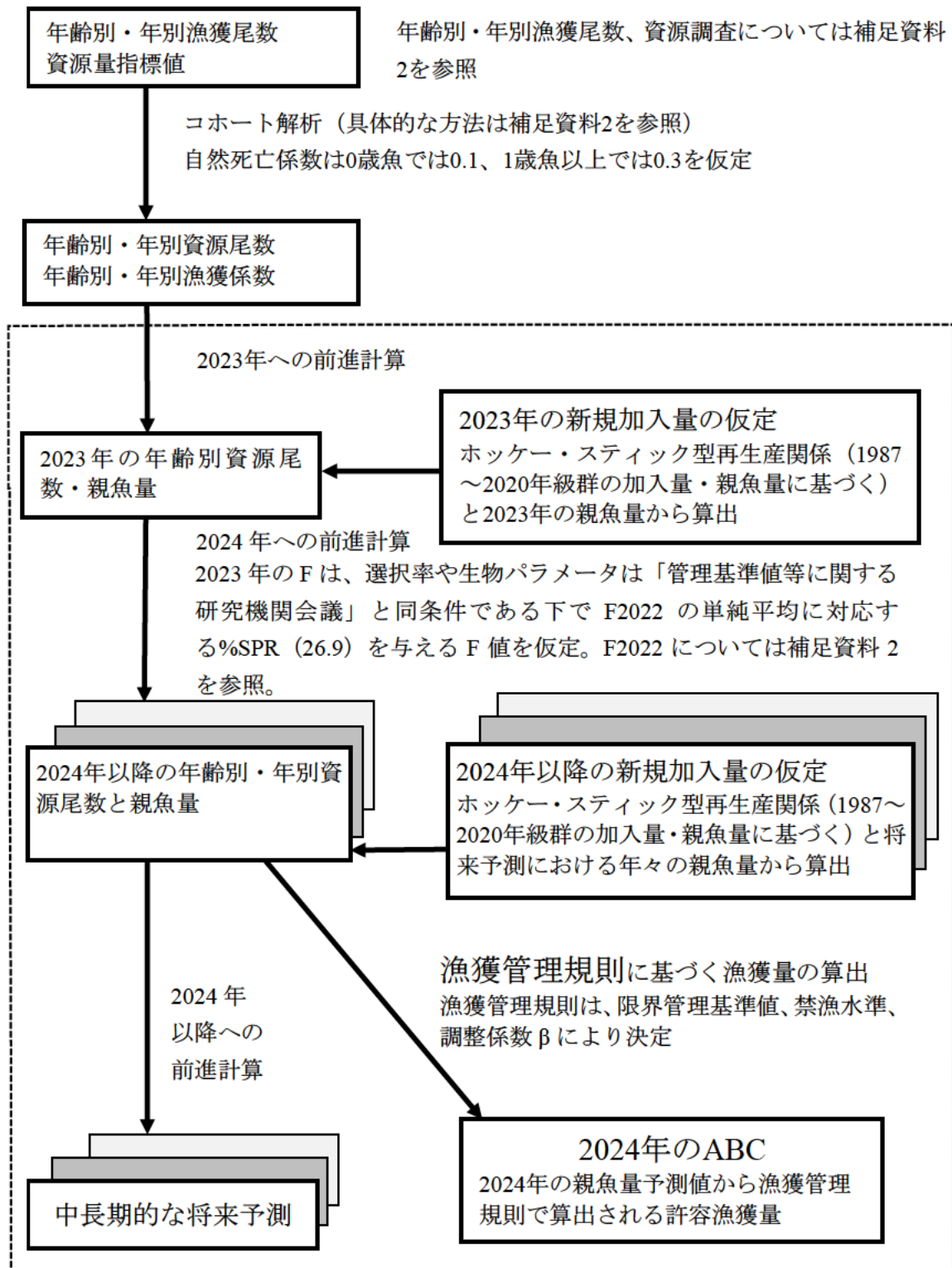
表 4-1. サワラ瀬戸内海系群の資源解析結果

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/F _{msy}
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. サワラ瀬戸内海系群の資源解析結果 (つづき)

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/F _{msy}
2012	1,740	5,639	3,002	1,959	31	0.65	20.6	1.88
2013	1,775	6,279	3,329	1,258	28	0.38	21.7	1.59
2014	2,148	6,950	4,196	1,384	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	6,352	3,703	1,428	32	0.39	24.6	1.33
2017	2,220	6,092	3,620	1,182	36	0.33	22.2	1.61
2018	2,038	7,164	3,631	3,014	28	0.83	25.1	1.47
2019	2,398	8,751	4,742	1,534	27	0.32	23.2	1.63
2020	2,875	8,739	5,508	1,843	33	0.33	23.7	1.50
2021	2,773	8,037	5,179	1,856	35	0.36	27.4	1.24
2022	2,629	8,126	5,380	1,254	32	0.23	27.5	1.20

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と一致するように引き延ばした。なお、灘と漁法は次の通りに区分した。

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

次に、月別灘別漁法別漁獲量と月別灘別尾叉長組成を 1～6 月、7～12 月の 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。岸田ほか（1985）を参考に構築した体重 W (g) と尾叉長 FL (mm) の関係式を用いて 2 期の尾叉長組成を重量組成に変換した。2 期の重量組成を 2 期の漁獲量との比で引き延ばし、2 期の尾叉長階級別漁獲尾数を求めた。

$$W = 1.504 \times 10^{-5} FL^{2.943} \quad (1 \sim 6 \text{ 月})$$

$$W = 5.686 \times 10^{-5} FL^{2.676} \quad (7 \sim 12 \text{ 月})$$

耳石輪紋による年齢査定データに基づいて 2 期の Age-length key を作成した。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。2022 年の Age-length key は過去 5 年間（2018～2022 年）の年齢査定データを用いて作成した。この期間に査定された年齢と測定された体長階級の結果を補足図 2-1 に、2022 年の Age-length key を補足表 2-1 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。なお、参考として令和 4 年度評価で使用された 2021 年の Age-length key も補足表 2-1 に示した。

(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。

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

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。

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

$$N_{5+,y} = N_{4,y} \frac{C_{5+,y}}{C_{4,y}} \quad (3)$$

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

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

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。

$$N_{3,y} = N_{4+,y+1} \exp(M_3) \frac{C_{3,y}}{C_{3,y} + C_{4+,y}} + C_{3,y} \exp(M_3/2) \quad (6)$$

$$N_{4+,y} = N_{3,y} \frac{C_{4+,y}}{C_{3,y}} \quad (7)$$

$$F_{a,y} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{a,y}}{N_{a,y}} \exp(M_a/2) \right\} \quad (8)$$

$$F_{4+,y} = F_{3,y} \quad (9)$$

2022 年の F と資源尾数は次の式で求めた。

$$F_{a,2022} = \frac{\sum_{2019}^{2021} F_{a,y}}{\sum_{2019}^{2021} F_{3,y}} F_{3,2022} \quad (a = 0, 1, 2) \quad (10)$$

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

$$N_{a,2022} = C_{a,2022} \frac{\exp(M_a/2)}{1 - \exp(-F_{a,2022})} \quad (a = 0-4+) \quad (12)$$

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

2007 年以降の流し網漁業によるサワラの漁獲尾数/出漁隻日数とひき縄およびはえ縄漁業によるサワラの漁獲尾数/出漁隻日数の 2 つの指標値を用いた。これら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である。両指標を漁獲量で加重平均し

た値をチューニング指標値として用いた。昨年度評価までは年間の総漁獲尾数を総出漁隻日数で除した値を指標値として用いていた。本年度評価では各月各県各灘において出漁隻日数と漁獲尾数の両者が把握できている有漁操業データを用いて指標値の計算を行った。この分析の詳細は別途文書に示した（安田ほか 2023）。

年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
指数	4.27	5.91	7.42	6.38	9.10	8.60	8.98	9.37

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
指数	8.39	9.96	10.72	9.45	13.76	18.33	17.82	14.26

式 (13) の目的関数が最小となる 2022 年の漁獲係数を探索的に求めた。各年齢の選択率は 2019～2021 年の平均と等しいと仮定した。

$$\sum_{y=2007}^{2022} \{\ln(I_y) - \ln(qN_{1-4+,y})\}^2 \quad (13)$$

ここで、 I_y は y 年における指標、 q は比例定数、 $N_{1-4+,y}$ は y 年の 1～4+歳魚の合計資源尾数を示す。近年、流し網漁業やひき縄およびはえ縄漁業では 0 歳魚が漁獲の主対象とはなっていないことから、指標値は 1 歳魚以上の資源尾数を指標する値と仮定した。指標値でチューニングにした 1～4+歳の F はチューニングしなかった場合よりも低く推定される傾向が見られた。チューニング前後での各年齢の F 値は以下の通りであった。

2022年のF	1歳	2歳	3歳	4歳以上	平均
チューニング前	0.33	0.91	1.47	1.47	0.81
チューニング後	0.28	0.78	1.27	1.27	0.72

(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。

$$SPR = \sum_{a=0}^4 S_a f_a W_a \quad (14)$$

$$YPR = \sum_{a=0}^4 \{1 - \exp(-F_a)\} \exp(-M_a/2) S_a W_a \quad (15)$$

$$S_0 = 1, S_{a+1} = S_a \exp(-F_a - M_a) \quad (16)$$

S_a は a 歳における残存率、 f_a は a 歳における成熟割合、 W_a は a 歳における過去 5 年間 (2018～2022 年) の平均体重である。 F_a は a 歳における漁獲係数である。現状の漁獲圧 (F2022) には、最新年である 2022 年の漁獲圧を用いた。F2022 の年齢別 F 値は、0 歳では 0.01、1 歳では 0.28、2 歳では 0.78、3 歳と 4+歳では 1.27 であり、平均値は 0.72 であった。上述した生物パラメータ設定における F2022 の %SPR は 26.9 となった。

(6) モデル診断結果

令和 5 (2023) 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 2023) に従って、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。チューニング VPA における残差を補足図 2-2 に示す。残差には特段の傾向は見られず、1~4+ 齢魚の資源尾数とのあてはまりも良いと考えられる。レトロスペクティブ解析では、データの追加・更新が行われることで、加入量がやや上方修正される傾向がみられた (補足図 2-3)。2021 年の加入量は 2021 年の親魚量に 1987~2020 年の再生産成功率の中央値を乗じて計算された値であり、本年度評価における 2021 年加入量よりやや高く推定されていた。年齢別漁獲係数 (F) のレトロスペクティブバイアスの結果から、2021 年の 3 歳魚および 4+ 歳魚の F が上方修正となった。これは、2022 年の資源量指標値が前年より減少したことで、2021 年の 3 歳魚以上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コホート解析上で説明されたためである。

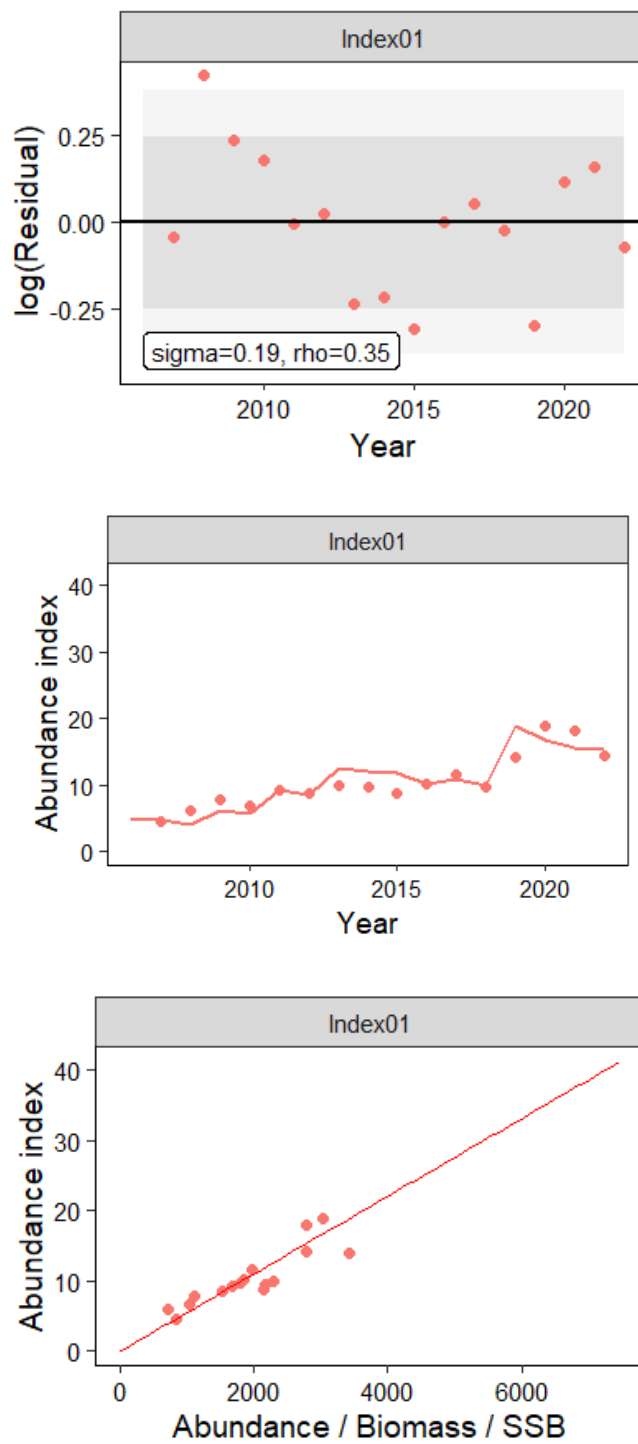
引用文献

- 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. 日本水産誌, **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.
- 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 (2023) 令和 5 (2023) 年資源評価のモデル診断手順と情報提供指針. FRA-SA2023-ABCWG02-03, 14 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.
- 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-SA2022-SC06-104, 40 pp., 水産研究・教育機構, 横浜,

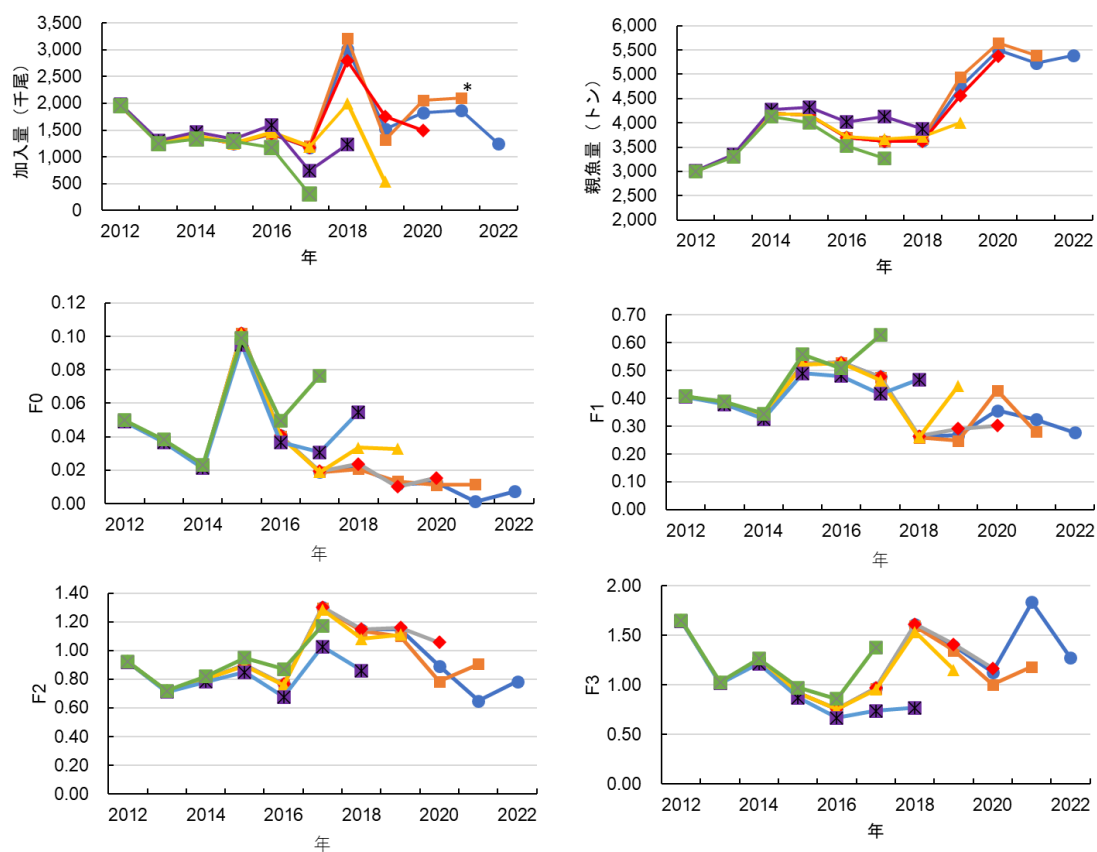
1-6月										7-12月											
体長階級 (cm)/年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8	2022年 尾叉長	体長階級 (cm)/年齢	0	1	2	3	4	5	6	7	8	2022年 尾叉長
<30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<30	213	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	524	0	0	0	0	0	0	0	0	1
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	66	0	0	0	0	0	0	0	0	1
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	8	0	0	0	0	0	0	0	0	2
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	11	0	0	0	0	0	0	0	0	2
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	20	0	0	0	0	0	0	0	0	1
46	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	46	25	0	0	0	0	0	0	0	0	2
48	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	48	16	0	0	0	0	0	0	0	0	1
50	0	9	1	0	0	0	0	0	0	0	50	13	0	0	0	0	0	0	0	0	1
52	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	52	8	2	0	0	0	0	0	0	0	1
54	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	54	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	7	1	0	0	0	0	0	0	0	56	0	18	0	0	0	0	0	0	0	2
58	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	58	0	29	0	0	0	0	0	0	0	11
60	0	6	13	0	0	0	0	0	0	0	60	1	58	1	0	0	0	0	0	0	17
62	0	6	22	0	0	0	0	0	0	0	62	0	99	1	0	0	0	0	0	0	47
64	0	12	44	1	0	0	0	0	0	0	64	0	146	3	0	0	0	0	0	0	93
66	0	3	51	2	0	0	0	0	0	0	66	0	155	9	0	0	0	0	0	0	130
68	0	12	71	8	0	0	0	0	0	0	68	0	183	19	0	0	0	0	0	0	121
70	0	14	63	15	0	0	0	0	0	0	70	0	128	24	0	0	0	0	0	0	57
72	0	15	73	26	0	0	0	0	0	0	72	0	63	38	2	0	0	0	0	0	34
74	0	11	74	35	1	0	0	0	0	0	74	0	36	59	0	0	0	0	0	0	31
76	0	1	42	35	2	0	0	0	0	0	76	0	22	50	1	0	0	0	0	0	18
78	0	0	39	36	3	0	1	0	0	0	78	0	14	34	2	1	0	0	0	0	16
80	0	0	18	32	6	2	0	0	0	0	80	0	4	21	4	0	0	0	0	0	12
82	0	0	15	25	6	0	0	0	0	0	82	0	3	15	3	0	0	0	0	0	3
84	0	0	5	29	4	0	0	0	0	0	84	0	0	8	1	0	0	0	0	0	2
86	0	1	3	17	9	3	0	0	0	0	86	0	0	4	0	0	1	0	0	0	3
88	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	88	0	0	3	2	0	0	0	0	0	1
90	0	0	0	1	10	2	1	0	0	0	90	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
92	0	0	0	0	3	1	2	0	0	0	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	0	0	0	1	1	4	3	0	0	0	94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
96	0	0	0	0	2	3	2	1	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98	0	0	0	1	2	2	1	0	0	0	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
108	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
計	0	122	541	275	54	17	11	1	3		計	1003	965	290	17	1	1	0	0	0	

補足図 2-1. 年齢と尾叉長との対応および 2022 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（2018～2022 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。



補足図 2-2. チューニング VPA における残差プロット、資源尾数と指標値との関係、推移
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 2-3. 加入量、親魚量、年齢別漁獲係数 (F) のレトロスペクティブバイアス
 2021 年の加入量 (※印) は 2021 年の親魚量に再生産成功率の中央値を乗じて計算した値である。

補足表 2-1. 2021 年および 2022 年の Age-length key

2021 年

尾叉長 (cm)	1～6 月				7～12 月				
	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳
30-40					1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40-50	*1.00	0.00	0.00	0.00	*1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50-60	*0.85	*0.15	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
60-70	*0.07	*0.72	*0.21	0.00	0.00	0.96	0.04	0.00	0.00
70-80	0.00	0.38	0.59	0.01	0.00	0.68	0.31	0.02	0.00
80-90	0.00	0.09	0.73	0.18	0.00	0.08	0.75	0.17	0.01
90-100	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
100-110	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.50	**0.50
110-120	0.00	0.00	0.00	1.00					

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。

*データはなく、過去 3 年もしくは前後の期間のデータから推定。

**データはないため 1～6 月の年齢と体長の傾向から 3 歳と 4+歳が 1:1 と仮定した。

2022 年

尾叉長 (cm)	1～6 月				7～12 月				
	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4+歳
30-40					1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40-50	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50-60	0.79	0.21	0.00	0.00	0.29	0.71	0.00	0.00	0.00
60-70	0.16	0.80	0.04	0.00	0.00	0.95	0.05	0.00	0.00
70-80	0.08	0.60	0.30	0.01	0.00	0.55	0.43	0.01	0.00
80-90	0.01	0.22	0.59	0.18	0.00	0.10	0.74	0.14	0.01
90-100	0.00	0.00	0.07	0.93	0.00	0.00	0.33	0.67	0.00
100-110	0.00	0.00	0.33	0.67	*0.00	*0.00	*0.00	*0.33	*0.67
110-120	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

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。

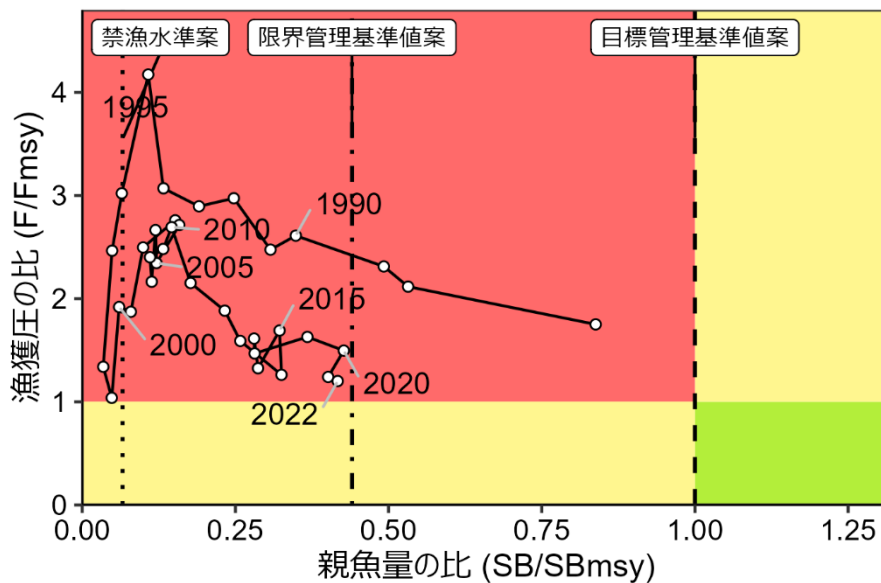
*前後の期間の結果を参考に決定した。

補足資料 3 管理基準値案と禁漁水準案等

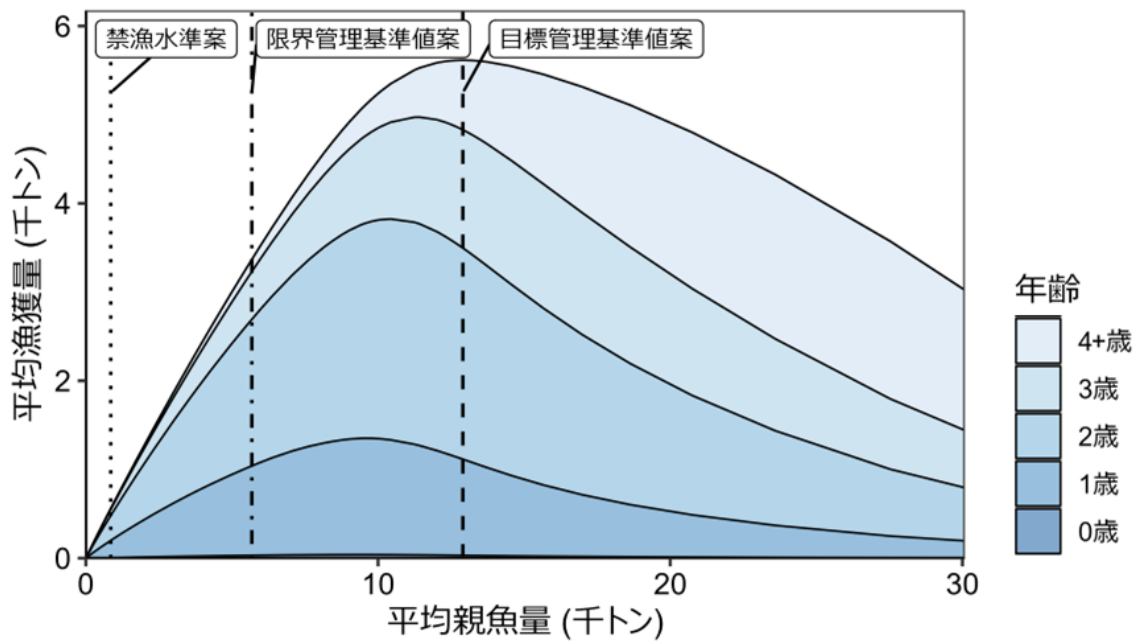
令和 4 年 10 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY 水準における親魚量 (SBmsy: 12.9 千トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には MSY の 60% が得られる親魚量 (SB0.6msy: 5.7 千トン)、禁漁水準 (SBban) には MSY の 10% が得られる親魚量 (SB0.1msy: 0.9 千トン) を用いることが提案されている (安田ほか 2022, 補足表 6-2)。

目標管理基準値案と、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。本系群における漁獲係数 (F 値) は 1987~2022 年では Fmsy 以上と判断される。しかし、F 値は 2010 年から減少しており、近年では Fmsy に近づきつつある。現状の親魚量 (2022 年の親魚量: 5.4 千トン) は目標管理基準値案を下回っており、限界管理基準値案もわずかに下回っている。(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考える。



補足図 3-1. 最大持続生産量 (MSY) を実現する親魚量 (SBmsy) と MSY を実現する漁獲圧 (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。

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 2022 年の資源量から、コホート解析の前進法を用いて 2023～2034 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仮定し、5,000 回の繰り返し計算を行った。2023 年の漁獲量は、予測資源量と現状の漁獲圧 (F2022) を用いて推定した。現状の漁獲圧は 2022 年の平均漁獲圧であるが、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 F2022 年に対応する %SPR (26.9、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 F27%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 0.01、1 歳では 0.26、2 歳では 0.87、3 歳では 1.14、4+歳では 1.14 となった。2024 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 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) 2024 年の予測値

漁獲管理規則案に基づき試算された 2024 年の平均漁獲量は β を 0.9 とした場合には 1.8 千トン、 β を 0.8 とした場合には 1.6 千トンであった (補足表 6-4)。2024 年に予測される親魚量は平均 5.1 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、2024 年の漁獲圧は親魚量に応じた係数を乗じて $\gamma(SB_{2024}) \times \beta F_{msy}$ として求めた。ここで 2024 年の $\gamma(SB_{2024})$ 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 0.88 と計算された。

$$\gamma(SB_{2024}) = \frac{SB_{2024} - SB_{ban}}{SB_{limit} - SB_{ban}}$$

(4) 2025 年以降の予測

2025 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、4-2、6-5 に示す。漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2034 年の親魚量の予測値は β を 0.9 と

した場合には 13.5 千トン（90%予測区間は 9.6～17.8 千トン）であり、 β を 0.8 とした場合には 14.5 千トン（90%予測区間は 10.4～19.0 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（F2022）を継続した場合の 2034 年の親魚量の予測値は 10.1 千トン（90%予測区間は 5.6～14.6 千トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 23%、限界管理基準値案を上回る確率は 90%である。

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 0.8 とした場合には 2030 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、2025 年と予測された。仮に漁獲圧をゼロにした場合でも（ $\beta=0$ ）、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 2025 年になると予測された。

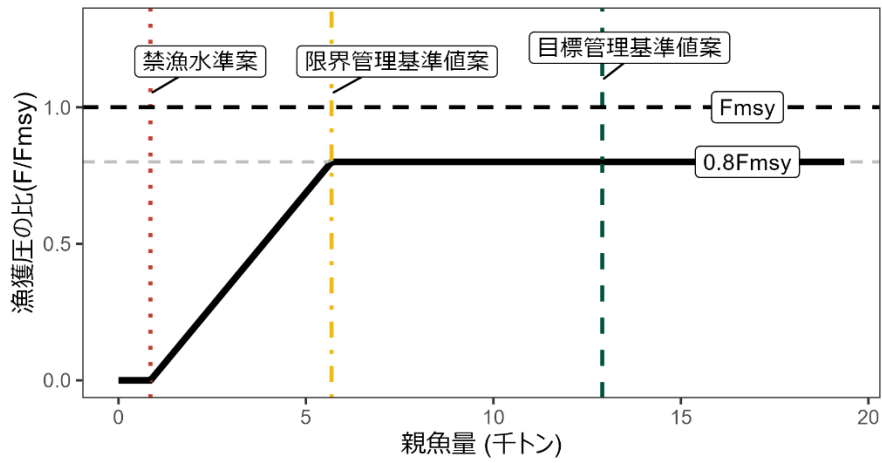
（5）昨年度評価との比較

令和 4 年度研究機関会議で示された令和 4 年度資源評価結果に基づいた将来予測（安田ほか 2022）と今年度評価との比較結果は補足資料 8 に示した。

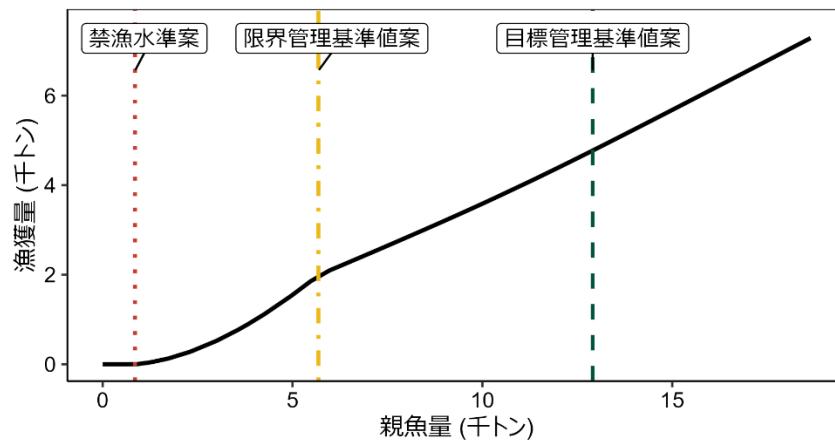
引用文献

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

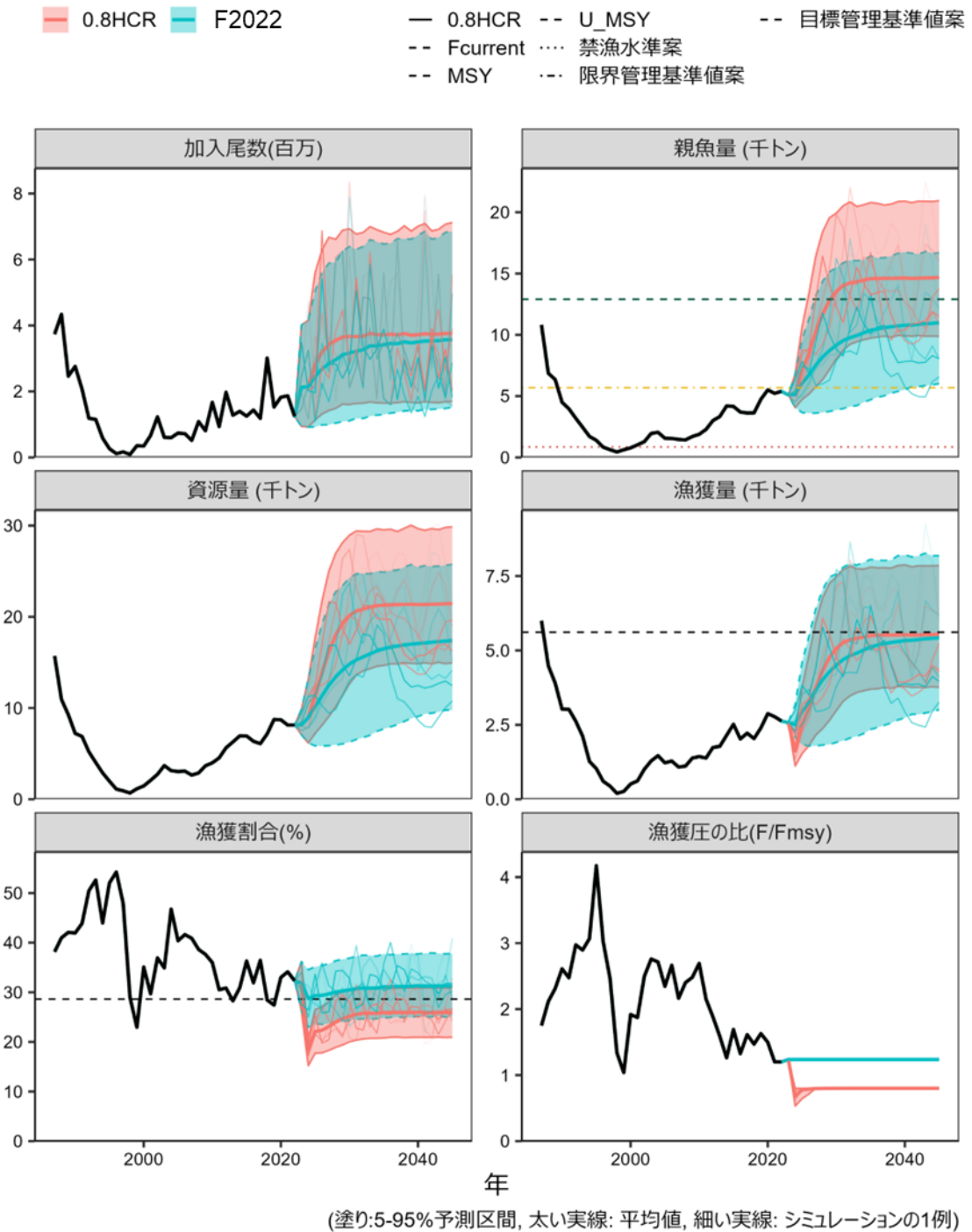


b) 縦軸を漁獲量にした場合



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。漁獲割合の図の破線は U_{msy} 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	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1	0	0	1	4	12	20	27	32	36	38	39	42
0.9	0	0	1	5	15	27	35	42	47	49	50	53
0.8	0	0	2	7	20	34	45	53	59	62	63	65
0.7	0	0	2	9	26	43	57	67	72	74	75	78
0.6	0	0	2	11	34	54	70	79	84	86	87	88
0.5	0	0	2	15	42	66	82	89	93	94	95	95
F2022	0	0	1	2	6	9	12	15	16	18	19	23

b) 限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1	0	20	67	79	89	93	96	97	98	99	99	99
0.9	0	20	71	84	92	96	98	99	99	99	100	100
0.8	0	20	75	89	96	98	99	99	99	100	100	100
0.7	0	20	80	92	97	99	99	100	100	100	100	100
0.6	0	20	83	95	99	100	100	100	100	100	100	100
0.5	0	20	87	97	99	100	100	100	100	100	100	100
F2022	0	20	50	60	68	74	78	82	85	86	88	90

β を 0.5~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022) から予測される 2.6 千トンとし、2024 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 (F2022, $\beta = 1.24$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 4-2. 将来の平均親魚量 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1	5.1	5.1	6.7	7.7	9.1	10.1	11.0	11.6	12.0	12.3	12.4	12.6
0.9	5.1	5.1	6.9	8.1	9.6	10.9	11.8	12.5	13.0	13.2	13.3	13.5
0.8	5.1	5.1	7.0	8.5	10.2	11.7	12.8	13.5	14.0	14.2	14.3	14.5
0.7	5.1	5.1	7.2	8.9	10.9	12.6	13.9	14.7	15.2	15.4	15.5	15.6
0.6	5.1	5.1	7.4	9.4	11.7	13.7	15.1	16.0	16.5	16.7	16.8	16.9
0.5	5.1	5.1	7.6	9.9	12.6	14.9	16.5	17.5	18.1	18.3	18.4	18.6
F2022	5.1	5.1	6.0	6.7	7.5	8.2	8.7	9.2	9.5	9.7	9.9	10.1

β を 0.5~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022) から予測される 2.6 千トンとし、2024 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 (F2022, $\beta = 1.24$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 4-3. 将来の平均漁獲量 (千トン)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1	2.6	1.9	2.8	3.3	3.8	4.3	4.7	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5
0.9	2.6	1.8	2.7	3.2	3.8	4.3	4.8	5.1	5.3	5.4	5.4	5.5
0.8	2.6	1.6	2.5	3.1	3.7	4.3	4.8	5.1	5.3	5.4	5.4	5.4
0.7	2.6	1.5	2.3	2.9	3.6	4.3	4.7	5.0	5.2	5.3	5.3	5.4
0.6	2.6	1.3	2.1	2.8	3.5	4.1	4.6	4.9	5.1	5.2	5.2	5.2
0.5	2.6	1.1	1.9	2.5	3.2	3.9	4.4	4.7	4.9	5.0	5.0	5.0
F2022	2.6	2.5	2.9	3.3	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	4.8	4.9	5.0

β を 0.5~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022) から予測される 2.6 千トンとし、2024 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 (F2022, $\beta = 1.24$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

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 (2022) 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 2.2.0.3) 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 5 (2023) 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)」(水産研究・教育機構 2023) 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 (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 (令和 4 年度). FRA-SA-2022-ABCWG02-02

水産研究・教育機構 (2023) 令和 5 (2023) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2023-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 ₂₀₂₂ (注 3)	平均体重 (g)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.01	0.01	0.01	909	0.1	0
1 歳	0.23	0.21	0.26	1,999	0.3	0.5
2 歳	0.76	0.70	0.87	2,743	0.3	1.00
3 歳	1.00	0.92	1.14	3,539	0.3	1.00
4 歳以上	1.00	0.92	1.14	4,925	0.3	1.00

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 2022 年の年齢別 F 値および直近 5 年間（2018～2022 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 2023 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		最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧 (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
SB2022	5.4 千トン	2022 年の親魚量
F2022	2022 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) =(0.01, 0.28, 0.78, 1.27, 1.27)	
U2022	32%	2022 年の漁獲割合
%SPR (F2022)	27.5%	2022 年の%SPR
%SPR (F2022) *	26.9%	現状 (2022 年) の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2022/ SBmsy (SBtarget)	0.42	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 2022 年の親魚量の比
F2022/ Fmsy	1.20	最大持続生産量を実現する漁獲圧に対する 2022 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	MSY を実現する水準を上回る	
親魚量の動向	増加	

*年齢別体重に直近 5 年間 (2018~2022 年) の平均値を用いて求めた値。

** 2022 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

2024 年の親魚量(予測平均値):5.1 千トン			
項目	2024 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2022)	2024 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	1.9	0.81	22
$\beta=0.9$	1.8	0.73	20
$\beta=0.8$	1.6	0.65	18
$\beta=0.7$	1.5	0.56	16
$\beta=0.6$	1.3	0.48	14
$\beta=0.5$	1.1	0.40	12
$\beta=0$	0	0	0
F2022*	2.5	1.00	28

*年齢別体重に直近 5 年間 (2018~2022 年) の平均値を用いて求めた現状の漁獲圧

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	2034 年 の親魚量 (千トン)	90% 予測区間 (千トン)	2034 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
$\beta=1.0$	12.6	8.6 – 16.8	42	99	100
$\beta=0.9$	13.5	9.6 – 17.8	53	100	100
$\beta=0.8$	14.5	10.4 – 19.0	65	100	100
$\beta=0.7$	15.6	11.4 – 20.3	78	100	100
$\beta=0.6$	16.9	12.6 – 21.8	88	100	100
$\beta=0.5$	18.6	14.0 – 23.7	95	100	100
$\beta=0$	39.6	31.8 – 48.0	100	100	100
F2022*	10.1	5.6 – 14.6	20	90	100

*年齢別体重に直近 5 年間 (2018~2022 年) の平均値を用いて求めた現状の漁獲圧

補足表 6-5. 異なる β を用いた将来予測結果 (つづき)

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
$\beta=1.0$	2051 年以降	2025 年	2022 年
$\beta=0.9$	2033 年	2025 年	2022 年
$\beta=0.8$	2030 年	2025 年	2022 年
$\beta=0.7$	2029 年	2025 年	2022 年
$\beta=0.6$	2028 年	2025 年	2022 年
$\beta=0.5$	2028 年	2025 年	2022 年
$\beta=0$	2027 年	2025 年	2022 年
F2022	2051 年以降	2026 年	2022 年

補足資料 7. 漁獲量の変動を緩和する代替漁獲管理規則案の検討

(1) 背景

我が国資源における ABC を与えるための基本的漁獲管理規則（以下、基本ルール）は基本指針に基づき提案されている（水産研究・教育機構 2023）。それに加えて、個々の資源の状態やステークホルダーの管理目的に応じた独自の漁獲管理規則（以下、代替ルール）の検討および導入も進められている（市野川ほか 2022、水産研究・教育機構 2023）。研究機関は、基本的漁獲管理規則の代わりとして用いられる代替ルールが管理シナリオとして科学的に推奨できるものであるかを判断し、その結果をステークホルダーに示す必要がある（資源評価高度化作業部会 2023）。

本資源ではホッケ・スティック（以下、HS）型が再生産関係として提案されている。しかし、親魚量が高水準である時のデータが少ないため、加入量が一定となる親魚量（すなわち、HS の折れ点）を示すパラメータ b の信頼区間が広いことが分かっている（安田ほか 2022）。パラメータ b の値は SB_{msy} の値に関係するため、パラメータ b の信頼区間が広さは年々の親魚量と各管理基準値との位置関係の不確実性を示唆している。一方、本資源の HS 型再生産関係の傾きを示すパラメータ a の信頼区間は狭く、 F_{msy} の推定結果は頑健と考えられている。そのため、親魚量が限界管理基準値以上であれば、基本ルールに基づく漁獲圧は一定であるため、パラメータ b の不確実性が ABC に与える影響は小さいと考えられている（安田ほか 2022）。

本評価において 2024 年の平均親魚量は限界管理基準値案を下回ると推定された。そのため、基本的漁獲管理規則案に基づき、2024 年の漁獲量は βF_{msy} に漁獲圧の削減係数 γ (= 0.88) を乗じた値から算出されたが（補足資料 4）、本資源のように親魚量と各管理基準値の位置関係に不確実性がある状況においては、漁獲量の変動を緩和するような代替ルールを一つの選択肢としてあらかじめ提示することは、本資源の管理シナリオに対する議論を効率的に行う上で有効と考えられる。そこで、代替漁獲管理規則のガイドライン（資源評価高度化作業部会 2023）に則り、漁獲量の変動を緩和する代替漁獲管理規則を用いた将来予測を実施した。

(2) 方法

SB_{msy} を目標とした代替漁獲管理規則案において、 C_y を y 年の漁獲量、 X を漁獲量変動の上限と下限を示す制限係数として、 C_y の制限は前年の漁獲量 C_{y-1} に制限係数を掛ける形で次のように表される（市野川ほか 2022）。

$$C_y \geq C_{y-1} \times (1 \pm X)$$

C_y の制限期間は 2024 年から 10 年間とし、それ以降は βF_{msy} に基づく基本的漁獲管理規則案に従うものとした。また C_t の変動幅については、前年比 $\pm 10\%$ 以内 ($X = 0.1$ 、シナリオ名は S10%とする)、 $\pm 20\%$ 以内 ($X = 0.2$ 、シナリオ名は S20%とする)、 $\pm 30\%$ 以内 ($X = 0.3$ 、シナリオ名は S30%とする) とした。以上、計 3 通りの代替漁獲管理規則案を用いたシナリオ (S10%~S30%) について $\beta = 0.7 \sim 1.0$ とした場合の将来予測を実施した。加えて、基本的漁獲管理規則案を用いて、 $\beta = 0.8$ とした場合のシナリオ (Base-case0.8)、および $\beta = 0.9$ と

した場合のシナリオ (Base-case0.9) についても将来予測を実施し、S10%~S30%の比較対象とした。性能評価ではガイドラインに則ったカテゴリ分けを行った。リスクの指標は、市野川ほか (2022) に基づき、管理開始後 10 年間に 1 度でも限界管理基準値案を下回る確率、禁漁水準案を下回る確率、漁獲量が半減する確率とした。カテゴリ分けでは Base-case 0.8 の結果を基準とし、目標達成確率が 50%以上かつリスクが Base-case0.8 の水準以下の場合はカテゴリ 3、目標達成確率が 50%以上かつリスクが 10 年後に 50%の確率で目標管理基準値案を上回る漁獲シナリオとなる $\beta=0.92$ と同水準程度の場合はカテゴリ 2、目標達成確率は 50%以上だがリスクが Base-case0.8 の水準以上の場合はカテゴリ 1 または 1.5、目標達成確率が 50%未満の場合はカテゴリ 0 とした。また、漁獲量に関する指標として、平均年変動 (AAV: annual average variation)、平均減少率 (ADR: average depletion ratio)、最大減少率 (MDR: maximum depletion ratio)、最低漁獲量 (MinC: minimum catch) も計算した。

(3) 結果

すべてのシナリオで 10 年後に目標管理基準値案を上回る確率は 50%を上回った。2024 年の漁獲量を比較すると、基本ルールに基づく Base-case0.8 では 1.6 千トン、Base-case0.9 では 1.8 千トンであるのに対して (補足表 4-3、7-5)、 $\beta=0.8$ とした代替ルールに基づく S10%で 2.3 千トン、S20%で 2.1 千トン、S30%で 1.9 千トンとなり、代替ルールに基づくシナリオの漁獲量が多くなった (補足表 7-2、7-5)。代替ルールでは限界管理基準値案を下回った際の漁獲量の削減が緩和される一方で、漁獲量変動の上限にも制約を設けている (補足図 7-1)。そのため、代替ルールに基づくシナリオの管理開始から 2~5 年目や 6~10 年目の平均漁獲量は基本ルールに基づくシナリオより少なくなった。その傾向は特に制約の強い S10%や S20%で顕著であった。これら S10%や S20%シナリオでは、漁獲量の上限の制約により、5 年後および 10 年後の親魚量の予測平均値が基本ルールに基づくシナリオより多くなった。しかし、このような代替ルールを用いたシナリオでは、漁獲量変動の制約が強いほど親魚量の予測区間が広がる傾向がみられた (補足図 7-2)。これは、資源回復時や加入が良好だった時に漁獲圧を抑え、資源減少時に漁獲圧を高める規則であるためと考えられる (市野川ほか 2022)。このような代替ルールの特徴により、親魚量が将来好ましくない状況に陥るリスクが基本ルールに基づくシナリオよりも高くなる傾向があった。親魚量が限界管理基準値案を下回るリスクでは、Base-case0.8 と比べて $\beta = 0.8$ とした場合の S10%で 21%、S20%で 15%、S30%で 9%増加した。さらに、制約が最も強い S10%では、禁漁水準を下回るリスクや漁獲量が半減するリスクも 3%程度増加した。

(4) まとめ

今回検討した代替ルールに基づくシナリオは、いずれも 10 年後に目標管理基準値案を上回る確率が 50%を上回っていた。しかし、漁獲量の変動に強い制約を与える場合、資源減少時には漁獲量の削減が緩和される一方で、親魚量の不確実性が高まることによるリスク増加した。特に S10%では、限界管理基準値案を下回るリスクが大きく増えることに加え、禁漁水準を下回るリスクや漁獲量が半減するリスクの増加が確認された。

引用文献

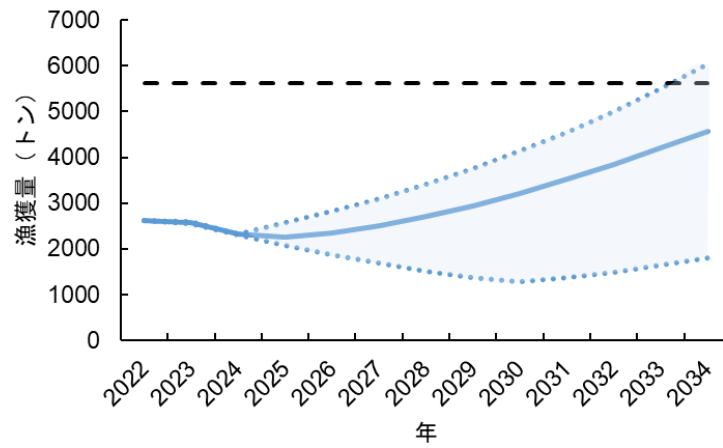
市野川桃子・西嶋翔太・向 草世香・黒田啓行・大下誠二 (2022) 改正漁業法下での様々な代替漁獲管理規則案の検討：マイワシ2系群を例に. 日本水産学会誌. DOI: 10.2331/suisan.n.21-00041

資源評価高度化作業部会 (2023) 令和 5(2023)年度 代替漁獲管理規則（代替ルール）を提案する際のガイドライン. FRA-SA2023-ABCWG02-06, 水産研究・教育機構, 横浜, 4pp, https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-06.pdf(last accessed 20 June 2023)

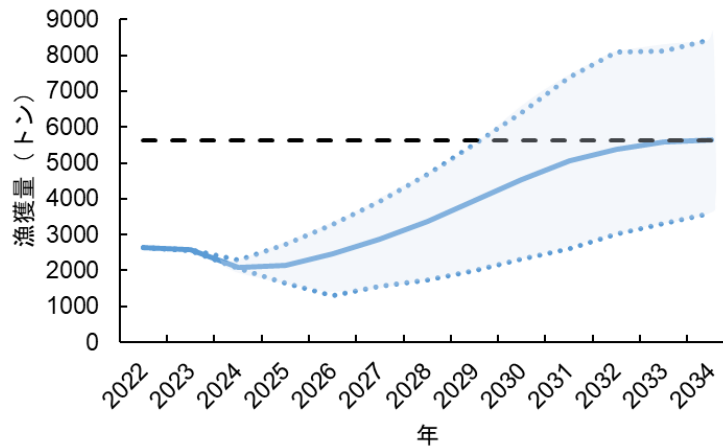
水産研究・教育機構 (2023) 令和 5 (2023) 年度漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針. FRA-SA2023-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 23pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-01.pdf.

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.

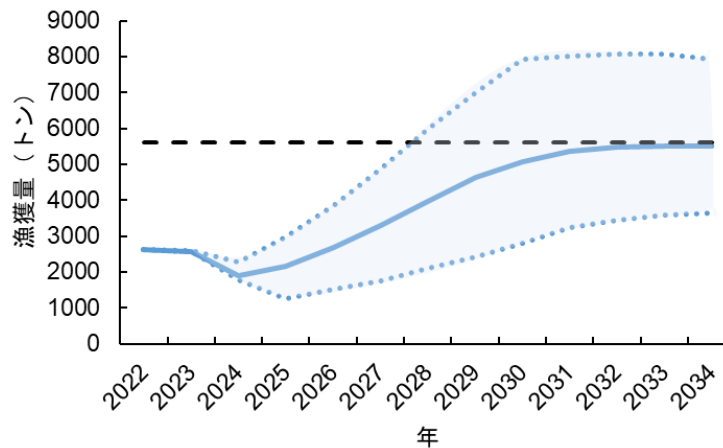
S10% (漁獲量変動が±10%以内)



S20% (漁獲量変動が±20%以内)



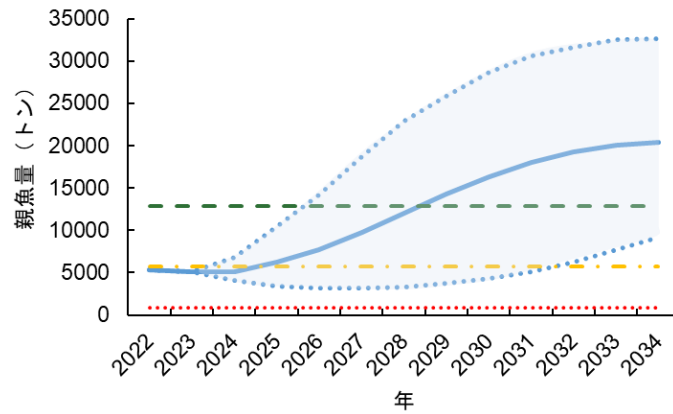
S30% (漁獲量変動が±30%以内)



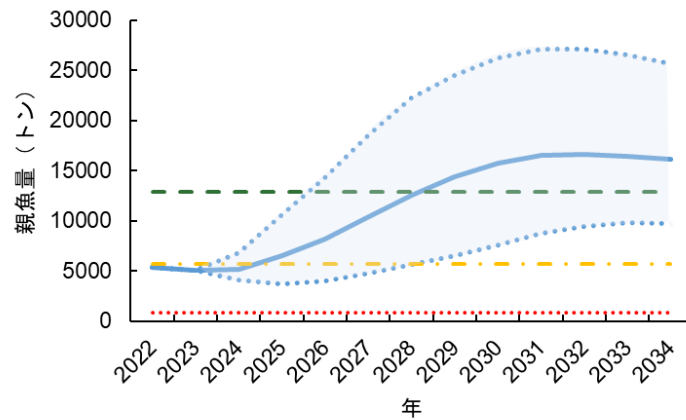
補足図 7-1. 代替ルールを用いた場合の予測平均漁獲量 (青色)

太実線は平均値、破線はシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間である。黒破線は MSY を示す。漁獲管理規則案での調整係数 β に 0.8 を用いた場合を示した。

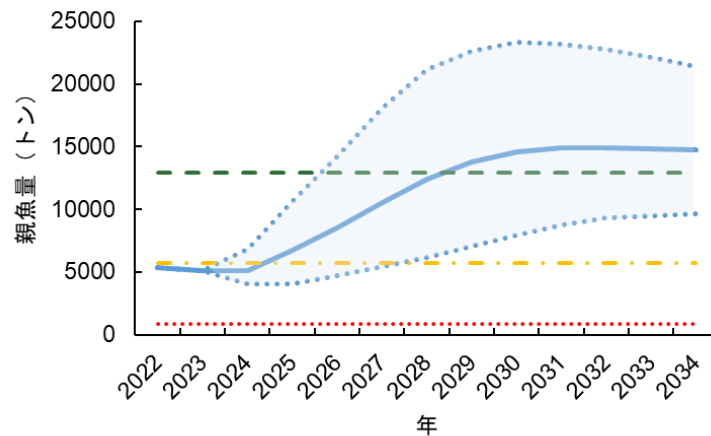
S10% (漁獲量変動が±10%以内)



S20% (漁獲量変動が±20%以内)



S30% (漁獲量変動が±30%以内)



補足図 7-2. 代替ルールを用いた場合の予測平均親魚量 (青色)

太実線は平均値、破線はシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間である。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。漁獲管理規則案での調整係数 β に 0.8 を用いた場合を示した。

補足表 7-1. 将来の平均親魚量 (千トン)

S10% (漁獲量変動が±10%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	5.1	5.1	6.2	7.5	9.3	11.3	13.3	15.2	16.7	17.8	18.4	18.6
0.9	5.1	5.1	6.2	7.6	9.5	11.7	13.8	15.7	17.4	18.5	19.2	19.5
0.8	5.1	5.1	6.2	7.7	9.7	12.0	14.2	16.3	18.0	19.2	20.0	20.3
0.7	5.1	5.1	6.2	7.8	9.9	12.3	14.7	16.9	18.7	20.0	20.8	21.2
F2022	5.1	5.1	6.1	7.2	8.8	10.5	12.2	13.7	15.0	15.9	16.4	16.6

S20% (漁獲量変動が±20%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	5.1	5.1	6.4	7.8	9.6	11.3	12.8	13.9	14.4	14.5	14.3	14.1
0.9	5.1	5.1	6.5	8.0	10.0	11.9	13.6	14.8	15.4	15.5	15.3	15.1
0.8	5.1	5.1	6.5	8.2	10.3	12.5	14.4	15.8	16.5	16.6	16.4	16.1
0.7	5.1	5.1	6.5	8.3	10.7	13.1	15.2	16.7	17.6	17.8	17.6	17.3
F2022	5.1	5.1	6.2	7.3	8.7	10.0	11.1	11.8	12.3	12.4	12.3	12.1

S30% (漁獲量変動が±30%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	5.1	5.1	6.6	7.9	9.5	10.9	11.9	12.5	12.8	12.9	12.9	12.9
0.9	5.1	5.1	6.6	8.2	10.0	11.7	12.8	13.5	13.8	13.8	13.8	13.8
0.8	5.1	5.1	6.7	8.5	10.5	12.4	13.8	14.5	14.9	14.9	14.8	14.8
0.7	5.1	5.1	6.8	8.7	11.0	13.1	14.8	15.7	16.1	16.1	16.0	15.9
F2022	5.1	5.1	6.3	7.2	8.4	9.4	10.0	10.5	10.8	10.9	10.9	11.0

β を 0.7~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022) から予測される 2.6 千トンとし、2024 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 (F2022, $\beta=1.24$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 7-2. 将来の平均漁獲量 (千トン)

S10% (漁獲量変動が±10%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	2.6	2.4	2.4	2.5	2.7	2.9	3.1	3.4	3.7	4.1	4.5	4.8
0.9	2.6	2.3	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	4.7
0.8	2.6	2.3	2.3	2.4	2.5	2.7	2.9	3.2	3.5	3.9	4.2	4.6
0.7	2.6	2.3	2.2	2.3	2.4	2.6	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.4
F2022	2.6	2.5	2.5	2.7	2.8	3.1	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9

S20% (漁獲量変動が±20%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	2.6	2.2	2.4	2.7	3.1	3.6	4.2	4.7	5.2	5.4	5.6	5.7
0.9	2.6	2.1	2.3	2.6	3.0	3.5	4.1	4.7	5.1	5.4	5.6	5.7
0.8	2.6	2.1	2.1	2.5	2.9	3.4	3.9	4.5	5.1	5.4	5.6	5.6
0.7	2.6	2.1	2.0	2.3	2.7	3.2	3.8	4.4	4.9	5.3	5.5	5.6
F2022	2.6	2.3	2.6	2.9	3.3	3.8	4.3	4.7	5.0	5.3	5.4	5.5

S30% (漁獲量変動が±30%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	2.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.2	4.7	5.1	5.3	5.4	5.5	5.5
0.9	2.6	2.0	2.3	2.8	3.4	4.1	4.7	5.1	5.4	5.5	5.5	5.5
0.8	2.6	1.9	2.2	2.7	3.3	4.0	4.6	5.1	5.4	5.5	5.5	5.5
0.7	2.6	1.8	2.0	2.5	3.1	3.8	4.5	5.0	5.3	5.4	5.4	5.4
F2022	2.6	2.3	2.8	3.2	3.7	4.1	4.6	4.9	5.1	5.2	5.3	5.3

β を 0.7~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022) から予測される 2.6 千トンとし、2024 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 (F2022, $\beta=1.24$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 7-3. 将来の平均親魚量が目標管理基準値案を上回る確率 (%)

S10% (漁獲量変動が±10%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	0	0	1	7	21	36	50	61	70	75	78	80
0.9	0	0	1	8	23	38	53	65	74	79	83	84
0.8	0	0	2	8	24	41	56	68	77	83	86	87
0.7	0	0	2	8	25	43	59	72	80	85	88	90
F2022	0	0	1	6	17	31	42	52	60	65	68	69

S20% (漁獲量変動が±20%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	0	0	1	6	20	33	44	51	56	56	54	54
0.9	0	0	1	8	22	38	50	58	64	65	64	63
0.8	0	0	2	9	25	42	56	66	72	74	73	73
0.7	0	0	2	9	27	46	63	73	80	82	83	82
F2022	0	0	1	4	14	23	31	36	38	38	37	36

S30% (漁獲量変動が±30%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	0	0	1	6	17	28	36	40	44	44	43	44
0.9	0	0	1	7	21	34	43	49	53	54	53	55
0.8	0	0	2	9	25	40	52	59	64	65	66	67
0.7	0	0	2	11	29	46	60	70	75	77	77	79
F2022	0	0	1	4	10	17	21	24	25	25	25	26

β を 0.7~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022) から予測される 2.6 千トンとし、2024 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 (F2022, $\beta=1.24$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 7-4. 将来の平均親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

S10% (漁獲量変動が±10%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	0	20	53	68	78	84	89	91	93	94	95	96
0.9	0	20	53	68	79	85	90	92	94	95	96	96
0.8	0	20	53	69	80	86	90	93	94	95	96	96
0.7	0	20	53	69	80	87	91	93	95	96	96	97
F2022	0	20	52	64	73	79	84	87	90	91	92	93

S20% (漁獲量変動が±20%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	0	20	59	75	85	91	95	97	98	99	99	99
0.9	0	20	59	77	88	93	96	98	99	99	100	100
0.8	0	20	59	79	89	95	97	99	99	100	100	100
0.7	0	20	59	80	91	96	98	99	99	100	100	100
F2022	0	20	56	67	77	84	88	91	93	94	95	95

S30% (漁獲量変動が±30%以内)

β	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
1.0	0	20	64	78	88	93	96	97	98	99	99	99
0.9	0	20	65	82	91	95	97	98	99	100	100	100
0.8	0	20	65	84	93	97	99	99	99	100	100	100
0.7	0	20	65	86	95	98	99	100	100	100	100	100
F2022	0	20	57	68	78	84	88	90	93	94	94	95

β を 0.7~1.0 とした場合の将来予測の結果を示す。2023 年の漁獲量は現状の漁獲圧 (F2022) から予測される 2.6 千トンとし、2024 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 (F2022, $\beta=1.24$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。太字は漁獲管理規則による管理開始から 10 年後を示す。

補足表 7-5. 管理方策案のパフォーマンス評価の概要

カテゴリ	漁獲管理方策案	β	管理目標	予測平均親魚量 (千トン)		予測平均漁獲量 (千トン)		
			10年後に目標 管理基準値案を 上回る確率	5年後 2029年	10年後 2034年	1年目 2024年	2～5年目 2025～2028年	6～10年目 2029～2033年
2	Base-case0.9	0.9	53%	11.8	13.5	1.8	3.5	5.2
3	Base-case0.8	0.8	65%	12.8	14.5	1.6	3.4	5.2
1.5	S10%	1.0	80%	13.3	18.6	2.4	2.6	3.8
1.5	S10%	0.9	84%	13.8	19.5	2.3	2.5	3.7
1.5	S10%	0.8	87%	14.3	20.3	2.3	2.5	3.5
1.5	S10%	0.7	91%	14.7	21.2	2.3	2.4	3.4
1	S20%	1.0	54%	12.8	14.1	2.2	3.0	5.0
1	S20%	0.9	63%	13.6	15.1	2.1	2.8	5.0
1.5	S20%	0.8	73%	14.4	16.1	2.1	2.7	4.9
1.5	S20%	0.7	82%	15.2	17.3	2.1	2.6	4.7
0	S30%	1.0	44%	11.9	12.9	2.0	3.3	5.2
1	S30%	0.9	55%	12.8	13.8	2.0	3.2	5.2
1.5	S30%	0.8	67%	13.8	14.8	1.9	3.0	5.2
1.5	S30%	0.7	79%	14.8	15.9	1.8	2.8	5.1

カテゴリ分けでは Base-case の $\beta = 0.8$ の結果を基準とし、目標達成確率が 50%以上かつリスクが Base-case ($\beta = 0.8$) の水準以下の場合はカテゴリ 3、目標達成確率が 50%以上かつリスクが 10 年後に 50%の確率で目標管理基準値案を上回る漁獲シナリオとなる $\beta=0.92$ と同水準程度の場合はカテゴリ 2、目標達成確率は 50%以上だがリスクが Base-case ($\beta = 0.8$) の水準以上の場合はカテゴリ 1 または 1.5 とした。

補足表 7-5. 管理方策案のパフォーマンス評価の概要 (つづき)

カテゴリ	漁獲管理規則案	β	リスク(10年間に1度でも起きる確率)			管理期間 10年間で予測される漁獲量の変動			
			親魚量が限界 管理基準値案 を下回る	親魚量が禁漁 水準案を下回 る	漁獲量が半減 する	平均	平均	最大	最低漁獲量
						年変動 AAV*1	減少率 ADR*1	減少率 MDR*1	(千トン) MinC*1
2	Base-case0.9	0.9	32%	0%	0%	21%	-10%	-14%	1.8
3	Base-case0.8	0.8	27%	0%	0%	21%	-9%	-12%	1.6
1.5	S10%	1.0	50%	3%	3%	11%	-10%	-7%	2.1
1.5	S10%	0.9	49%	3%	3%	11%	-10%	-8%	2.1
1.5	S10%	0.8	48%	3%	3%	11%	-10%	-8%	2.0
1.5	S10%	0.7	48%	3%	3%	11%	-10%	-9%	2.0
1	S20%	1.0	45%	0%	0%	16%	-12%	-14%	2.0
1	S20%	0.9	43%	0%	0%	16%	-12%	-14%	2.0
1.5	S20%	0.8	42%	0%	0%	17%	-13%	-14%	1.9
1.5	S20%	0.7	41%	0%	0%	17%	-13%	-14%	1.8
0	S30%	1.0	41%	0%	0%	19%	-12%	-17%	2.0
1	S30%	0.9	38%	0%	0%	19%	-12%	-16%	1.9
1.5	S30%	0.8	36%	0%	0%	19%	-12%	-16%	1.8
1.5	S30%	0.7	26%	0%	0%	19%	-12%	-16%	1.7

*2 AAV (annual average variation) は漁獲量の増減を考慮した変動の大きさを表す指標。ADR (average depletion ratio) と MDR (maximum depletion ratio) は前年と比べて漁獲量が減少した場合のみに注目した指標であり、管理期間中に漁獲量が減少した場合、その減少率の平均をとったものが ADR、最大値をとったものが MDR である。MinC は期間中の最低漁獲量である。

補足資料 8. 昨年度評価との比較

昨年度評価と比較して、本年度評価では資源量指標値の算出方法を変更したことにより推定値に変化が生じた（安田ほか 2023）。さらに、その資源量指標値が 2022 年に減少したことも本年度の資源量推定結果に大きく影響した。これらの変化が短期的および中長期的な将来予測結果にどの程度の影響を及ぼしたのか検討した。

(1) 資源量指標値の算出方法を変更したことによる将来予測結果の変化

指標値の変更により 2021 年の親魚量推定値が減少した（安田ほか 2023）。それに伴って親魚量の将来予測も下方修正となった。しかし、指標値を変更した将来予測の平均値（緑色）は 2023 年以降でみると研究機関会議当時の予測（赤色、安田ほか 2022）の 80% 予測区間内におさまっていた（補足図 8-1）。漁獲管理規則による管理開始から 5 年後となる 2028 年には差が殆どみられなくなり、10 年後となる 2033 年の両者の予測平均値は同程度となった。親魚量の修正に伴い、2021 年の親魚量に基づき算出した加入量および 2022 年以降の加入量の予測値も下方修正となった。その程度は親魚量より小さかった。予測漁獲量について、管理開始後の漁獲圧は同一であることから、予測漁獲量の下方修正は親魚量と同程度であった。

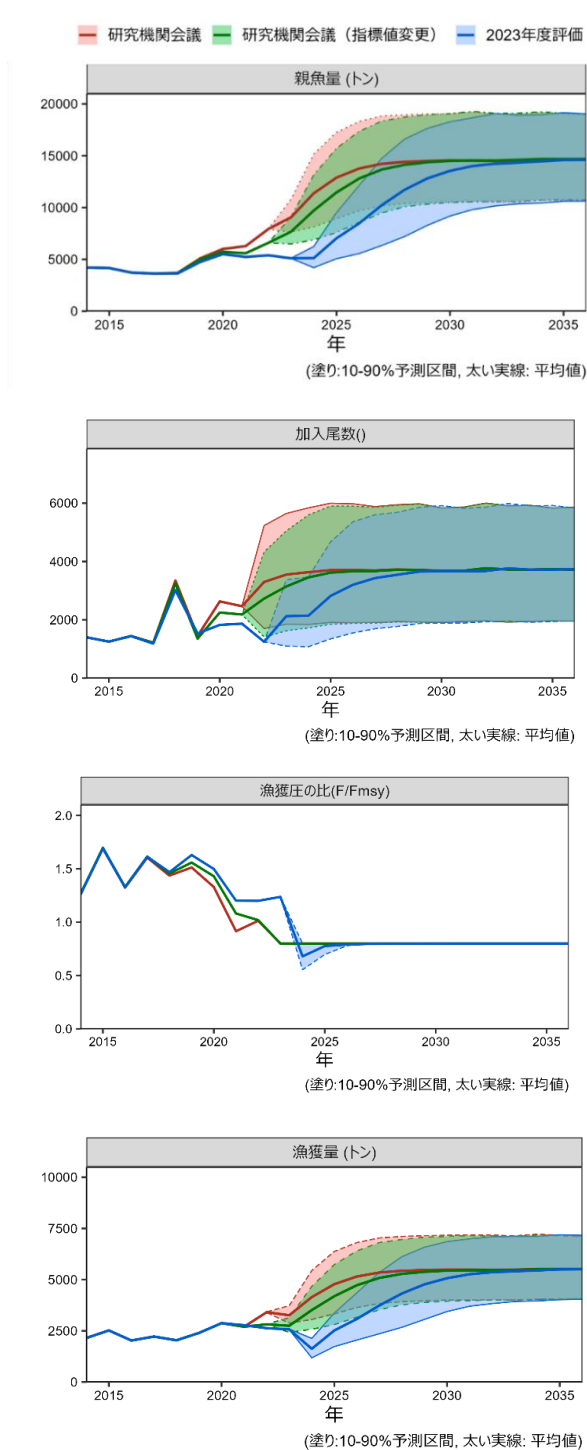
(2) データの追加および更新を行ったことによる将来予測結果の変化

2022 年の親魚量推定値（5.4 千トン）は、昨年度評価における同年の予測平均値（緑色、7.1 千トン）より少なかった。また、本年度評価に基づく 2023～2024 年の親魚量の予測平均値（いずれも 5.1 千トン）は、昨年度の将来予測の 80% 予測区間を下回った。このような大きな違いが生じた理由として、2022～2023 年の平均漁獲圧の推定値および仮定値が当初の見積もりよりかなり高くなったことがあげられる。また、2021 年以前の親魚量の下方修正や本年度に推定された 2022 年の加入量が昨年度の将来予測の仮定値よりも低かったことも要因のひとつとなっている。

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、2024 年の漁獲圧が管理規則により削減され、予測漁獲量が昨年度の 80% 予測区間を下回るほど少ない値に見積もられた。2025 年以降の予測から 80% 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 2034 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
 (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.
- 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-SA2022-SC06-104. 5 pp., 水産研究・教育機構, 横浜.



補足図 8-1. 昨年度評価に基づく将来予測結果との比較

赤色は令和 4 年度資源評価に基づく将来予測結果、緑色は令和 4 年度資源評価のデータに基づくが資源量指標値のみ今年度評価で用いたものに変更した場合の将来予測結果、青色は本年度資源評価に基づく将来予測結果。令和 4 年度資源評価と同じ $\beta=0.8$ の場合を示した。

補足資料 9. 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

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

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	0.36	0.33
2歳	0.95	1.10	0.92	0.72	0.80	0.90	0.76	1.30	1.15	1.15	0.89	0.65
3歳	2.11	1.67	1.65	1.02	1.24	0.92	0.75	0.97	1.61	1.39	1.13	1.83
4歳以上	2.11	1.67	1.65	1.02	1.24	0.92	0.75	0.97	1.61	1.39	1.13	1.83
単純平均	1.20	0.98	0.93	0.64	0.73	0.67	0.57	0.75	0.93	0.84	0.70	0.93

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	1,183	3,014	1,534	1,843	1,856
1歳	646	1,329	721	1,701	1,116	1,236	1,022	1,249	1,050	2,668	1,372	1,647
2歳	328	242	723	355	858	591	542	446	574	598	1,513	712
3歳	45	94	59	213	129	285	178	187	90	135	141	459
4歳以上	8	5	14	10	60	40	96	96	80	25	29	41
計	2,698	2,605	3,492	3,560	3,560	3,403	3,276	3,160	4,807	4,959	4,898	4,716

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	1,566	1,220	2,371	1,602	1,777	1,329
1歳	1,403	2,312	1,428	2,890	2,369	2,658	2,167	2,504	2,325	4,813	2,906	3,058
2歳	953	703	1,975	972	2,245	1,597	1,504	1,265	1,712	1,704	3,431	1,975
3歳	175	396	235	846	493	1,011	664	655	351	496	474	1,496
4歳以上	54	29	78	66	275	219	451	448	405	136	150	179
計	3,989	4,535	5,639	6,279	6,950	6,941	6,352	6,092	7,164	8,751	8,739	8,037
親魚量	1,883	2,283	3,002	3,329	4,196	4,157	3,703	3,620	3,631	4,742	5,508	5,380

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

年齢別漁獲尾数(千尾)

年	2022
0歳	9
1歳	351
2歳	409
3歳	170
4歳以上	37
計	975

年齢別漁獲量(トン)

年	2022
0歳	7
1歳	727
2歳	1,111
3歳	608
4歳以上	176
計	2,629

年齢別F(漁獲係数)

年	2022
0歳	0.01
1歳	0.28
2歳	0.78
3歳	1.27
4歳以上	1.27
単純平均	0.72

年齢別資源尾数(千尾)

年	2022
0歳	1,254
1歳	1,678
2歳	874
3歳	275
4歳以上	59
計	4,140

年齢別資源量、親魚量(トン)

年	2022
0歳	1,008
1歳	3,474
2歳	2,376
3歳	982
4歳以上	285
計	8,126
親魚量	5,380

年齢別平均体重(g)

年	2022
0歳	804
1歳	2,071
2歳	2,720
3歳	3,572
4歳以上	4,796