

令和 4（2022）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

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、2021 年は 2,702 トンで前年と同程度で推移した。本系群の資源量指標値として用いた流し網漁業 CPUE は 2007 年以降上昇傾向にあり、特に 2018 年から 2020 年にかけて著しく上昇した。2021 年は前年と同程度であった。ひき縄・はえ縄漁業の CPUE は 2007 年以降緩やかな上昇傾向を示していたが、2021 年は前年よりわずかに減少した。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、2021 年は 10,218 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、2021 年は 26%で前年と同程度であった。2021 年の親魚量についても、前年と同程度の 6,271 トンと推定された。

将来予測、管理に係る目標等基準値、資源の動向などについては、本年度中に開催される研究機関会議資料に記述する。

年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	6,143	3,631	2,220	0.74	36
2018	7,509	3,682	2,038	0.91	27
2019	9,281	5,092	2,398	0.79	26
2020	9,908	6,001	2,875	0.60	29
2021	10,218	6,271	2,702	0.56	26

年は暦年、2021 年の漁獲量は暫定値である。F 値は各年齢の平均値を示す。

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	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) 尾叉長一年齢測定調査(大阪府、香川県、愛媛県)
漁獲努力量	操業隻日数調査(水産庁)
資源量指数 ・資源量指数	流し網漁業によるサワラ 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

灘区分と調査地を図 1 に示す。

*はコホート解析におけるチューニング指数である。

1. まえがき

サワラは瀬戸内海の水産業において最も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(図 2)、種苗

放流は 2020 年度で終了した。

2. 生態

(1) 分布・回遊

3～4 月に紀伊水道外域～紀伊水道および豊後水道～伊予灘から播磨灘～安芸灘に親魚が産卵回遊する（図 3）。備讃瀬戸西部へは東西から来遊する（中込 1971）。燧灘へは東部からの群も一部移動する（竹森ほか 2005a）。5 月の主産卵場は燧灘から備讃瀬戸で、6 月は安芸灘に移る（岸田 1988、1989）。秋季に両水道域から外海に越冬回遊する。

(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の年齢（ t ）と尾叉長 FL_t （mm）の von Bertalanffy 成長式（岸田ほか 1985、竹森・山田 2003）、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

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

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

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 4 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 5）。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 歳は 0%、1 歳は 50%、2 歳以上は 100%とした（図 6）。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）。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 または以深、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。捕食者の情報は無い。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

春季に瀬戸内海中央部へ来遊する 1 歳以上が、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 歳以上が漁獲対象となるが、近年では 0 歳魚の漁獲は非常に少ない。漁業種類別にみると、流し網漁業による漁獲が最も多く、2021 年には全漁獲量の 67%を占めた。ひき縄およびはえ縄漁業による漁獲は全体の 5%を占め、はなつぎ網やさわら船引き網などを含むその他の漁法による漁獲は全体の 28%を占めた。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 年は約 1,000～2,000 トン、1977～1984 年は約 3,000～4,000 トンで推移した（図 7、表 1、2）。1985～1987 年は 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、2021 年は 2,702 トンで前年（2,875 トン）と同程度であった。瀬戸内海区と隣接水域の漁獲量の推移を表 2 に示す。

（3）漁獲努力量

流し網の出漁隻日数は 2007～2015 年は増加傾向であったが、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、近年減少傾向にある（図 8）。2007～2015 年の流し網漁業による漁獲量と漁獲尾数の推移は出漁隻日数と似た傾向を示していたが、2016 年以降は漁獲量、漁獲尾数ともに上昇傾向を示している。2021 年の漁獲尾数は前年と同程度であったが、漁獲量は前年より増加した。ひき縄・はえ縄漁業の漁獲量および漁獲尾数は 2007 年以降横ばい傾向で推移している。

（4）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。表 3 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（片町ほか 2022）。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。

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を指標値として用いたチューニング VPA により年齢別資源尾数を推定した（補足資料 1、2）。漁獲物の年齢組成から、最新年である 2021 年では 0 歳魚が主要な漁獲対象になっていない可能性が考えられたため、当該年の 0 歳魚資源尾数は VPA で推定された親魚量と過去の再生産成功率から求めた（補足資料 2）。

(2) 資源量指標値の推移

2007 年以降の出漁隻日数あたりの漁獲尾数は、流し網漁業で上昇傾向にあり、特に 2018 年から 2020 年にかけて著しく上昇した。2021 年は前年と同程度であった（図 9）。ひき縄・はえ縄漁業では 2007 年以降緩やかな上昇傾向を示していたが、2021 年は前年よりわずかに減少した（図 9）。両漁業で瀬戸内海における漁獲量は 71～96%を占めている。これらの値を各漁業の漁獲量で加重平均した値を資源量指標値として用いた（補足資料 2）。2021 年の資源量指標値は前年より増加した。

(3) 漁獲物の年齢組成

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 年代になると低下した（上田 1990、岸田 1990、武田 1996、河野ほか 1997、補足資料 3）。2000 年以降の主体は 1、2 歳であるが、2013 年から 3 歳が、2015 年から 4 歳が全体に占める割合は多くなった。0 歳の漁獲尾数は 1994 年までは 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（図 10、補足資料 3）。特に 2021 年の 0 歳魚の漁獲尾数は 2 千尾を下回り過去最低値であった。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

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、2021 年の資源量は 10,218 トンと推定され、前年（9,908 トン）と同程度であった（図 11、表 4、補足資料 3）。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が、1997 年から急激に低下し、1999 年に 23%となった。2000 年から上昇に転じ、2004 年に 47%となった後、2005 年以降は低下傾向で、2021 年は 26%で前年と同程度であった。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。2021 年は 6,271 トンで、前年（6,001 トン）と同程度であった（図 12、表 4、補足資料 3）。加入尾数は、1988 年の 434 万尾から 1998 年の 9 万尾まで減少し、1999 年以降は増加傾向で、2021 年は 247 万尾と推定された（表 4）。再生産成功率（RPS）は 1987 年以降 0.14～0.94 尾/kg の間で変動している（図 12、表 4）。2021 年の RPS は直近年を除く過去（1987～2020 年）の中央値（0.39）を仮定した（補足資料 2）。M の値を 0.3 に対して 0.4 または 0.2 に変更した場合、トレンドは変わらない

ものの、資源量推定値に 10～12%の違いが生じた（図 13）。

（5）生物学的管理基準値（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

3 歳の F は 1987～2010 年は上昇傾向で、特に 1990 年と 1995～1996 年に高かった。その後は低下傾向となり、近年まで変動しながらも横ばいで推移している（図 14）。1 歳と 2 歳の F は 1987 年から変動しながら 2000 年代半ばまで上昇傾向であったが、その後は緩やかな低下傾向を示しながら横ばいで推移している。0 歳の F は 1987～1994 年は上昇傾向であったが、1995 年に大きく低下し、その後横ばいで推移している。一方、資源量と F には明確な関係は認められない（図 15）。本評価における現状の漁獲圧（ F_{current} ）は、直近年を除く過去 3 年間（2018～2020 年）の漁獲圧と選択率に基づいて算出した（補足資料 2）。現状の漁獲圧の全年齢の平均値は 0.56 であり、2017～2021 年の年齢別平均体重により計算した経験的な資源管理基準である $F_{30\%SPR}$ (0.74) および F_{max} (1.21) より低かった（図 16）。

5. 資源評価のまとめ

2021 年の資源量は前年と同程度と推定された。2021 年の漁獲物は 3 歳魚の占める割合が多かった。資源量の減少を予防するためには、適正な漁獲圧を保ちながら若齢個体を獲り残すことが望ましいと考えられる。その一方で、近年では 0 歳魚が主な漁獲対象になっていないことが加入量の推定を難しくさせている可能性がある（補足資料 4）。年齢別漁獲尾数の精度向上に向けた取り組みや加入量指標値の開発等が今後有効と考えられる。

本年度評価では、2021 年の 0 歳魚の漁獲尾数が著しく少なかったことから、0 歳魚資源尾数を親魚量と過去の再生産成功率から求めることで対処した。一方で近年、改正漁業法と資源管理基本方針に則り、親の量に対する加入尾数の関係をあらわす再生産関係を用いた資源評価（令和 4（2022）年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針、FRA-SA2022-ABCWG02-01）への移行が進められている。本系群においても 0 歳魚を推定するための再生産関係に対する議論を進めることが重要である。

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.
- 片町太輔・安田十也・河野悌昌・高橋正知 (2022) 令和 3 (2021) 年度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, FRA-SA2021-RC03-2.
- 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) 水揚げ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.
- 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.
- 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.

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.

(執筆者：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)

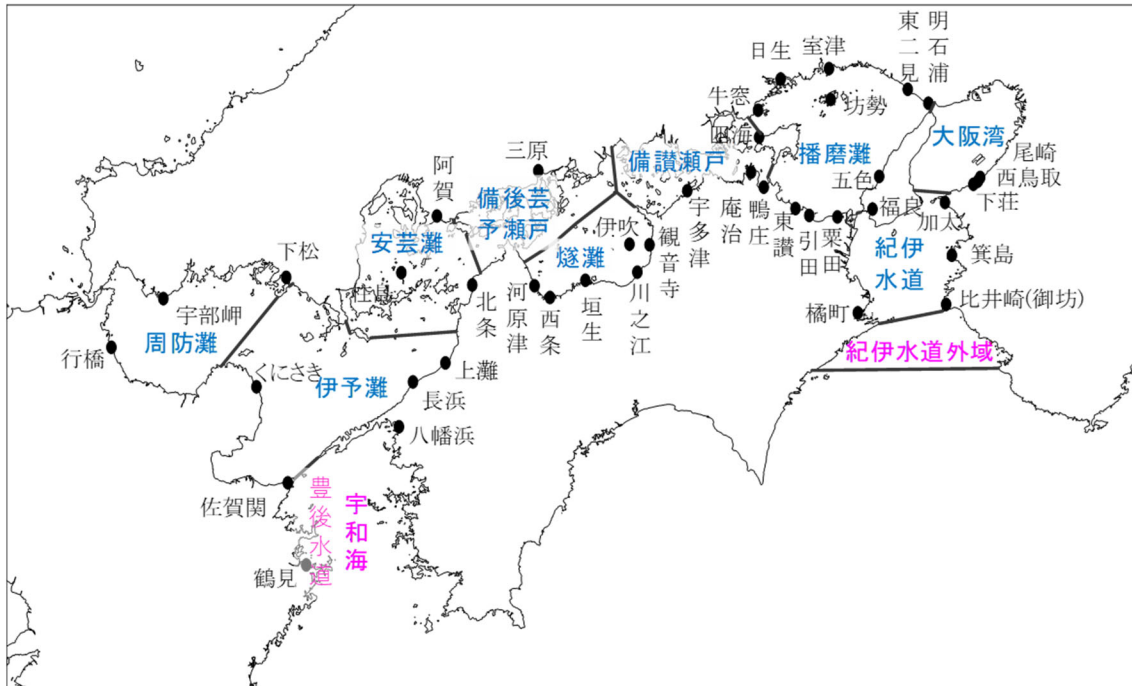


図 1. 瀬戸内海の灘区分と調査地

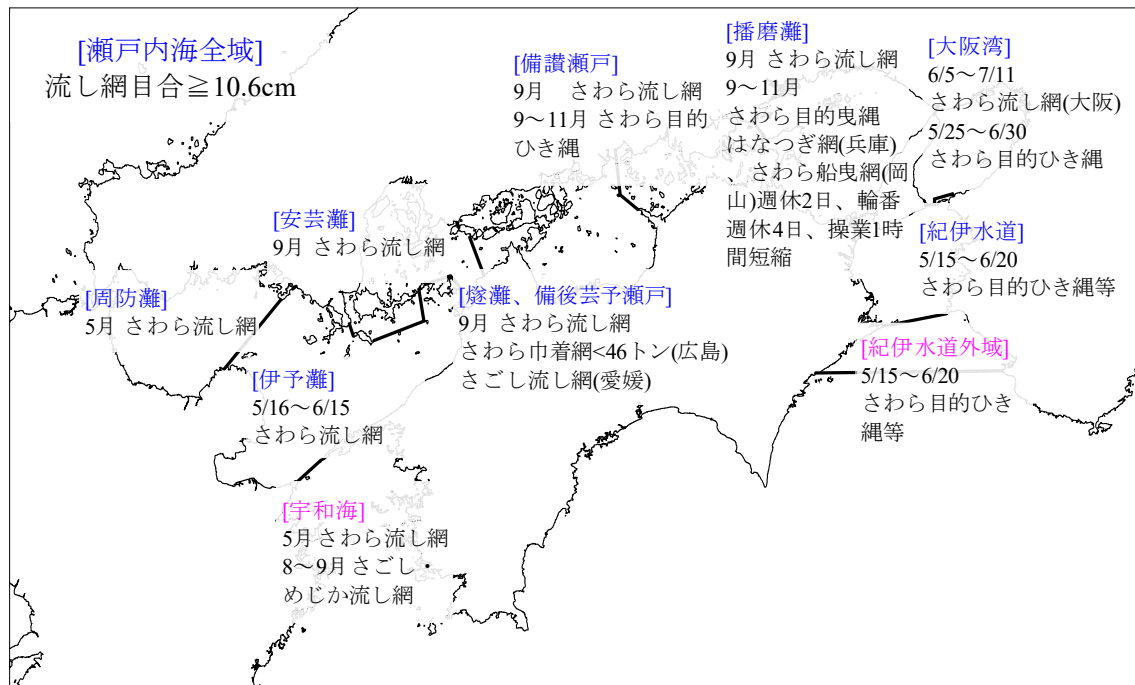


図 2. 2022 年度の漁獲努力量削減措置（目合い規制、休漁期等）

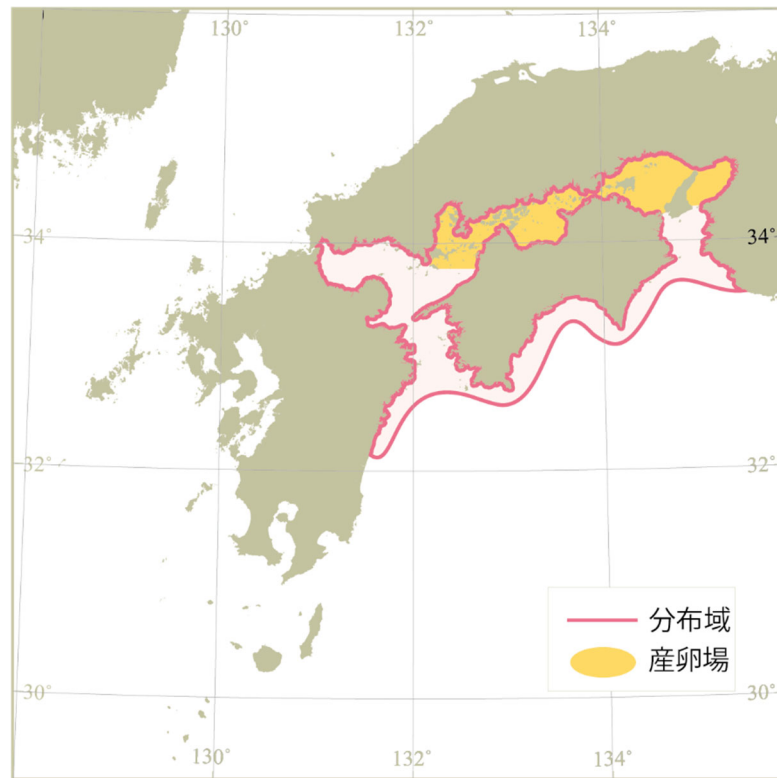


図 3. 分布域

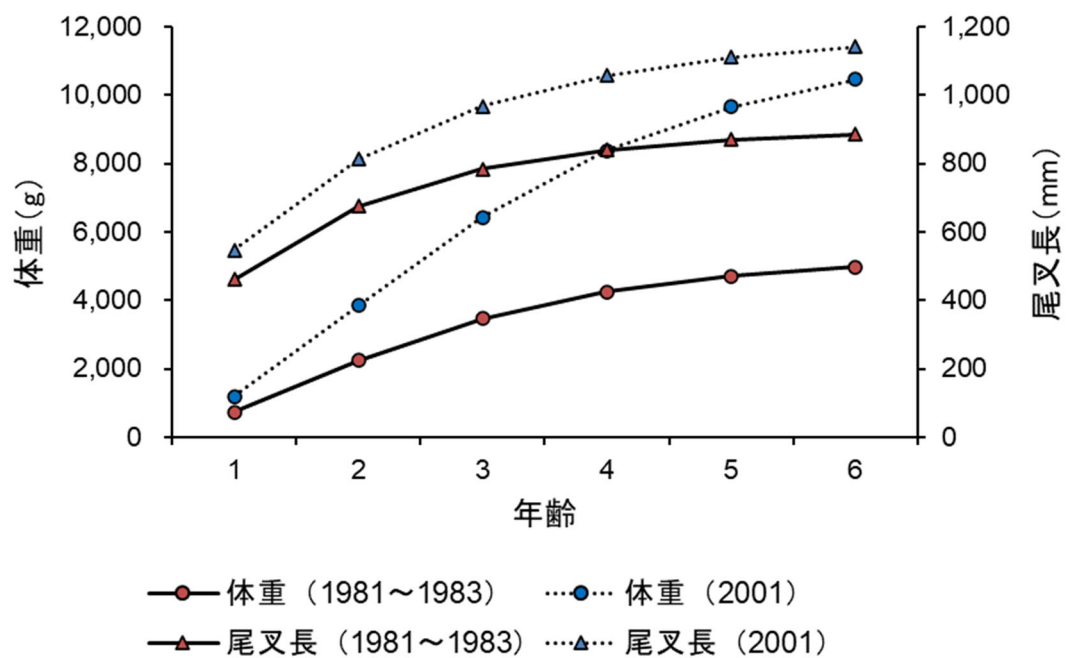


図 4. 年齢と成長 (5 月時点)

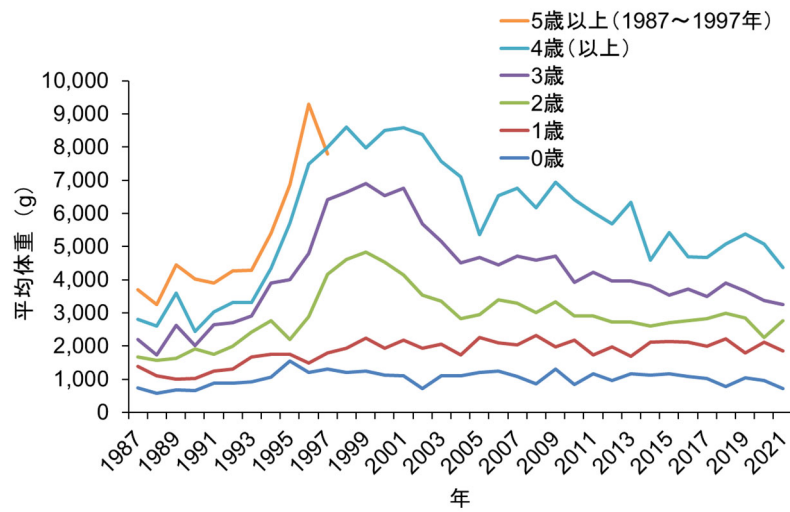


図 5. 年齢別平均体重の推移

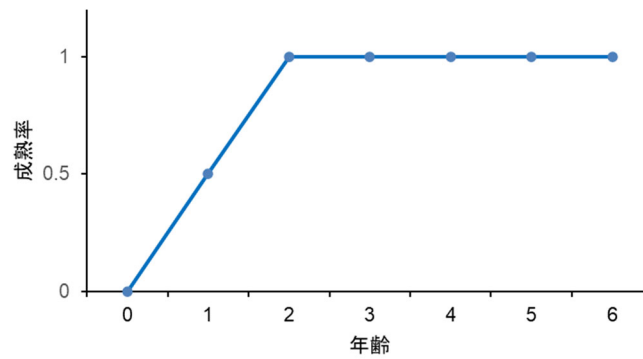


図 6. 年齢別成熟率

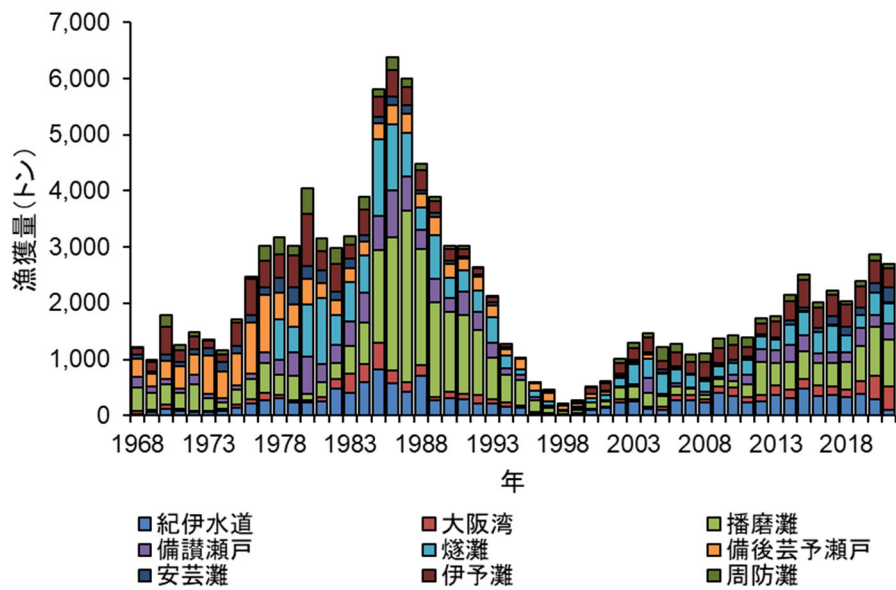


図 7. 年別灘別漁獲量の推移

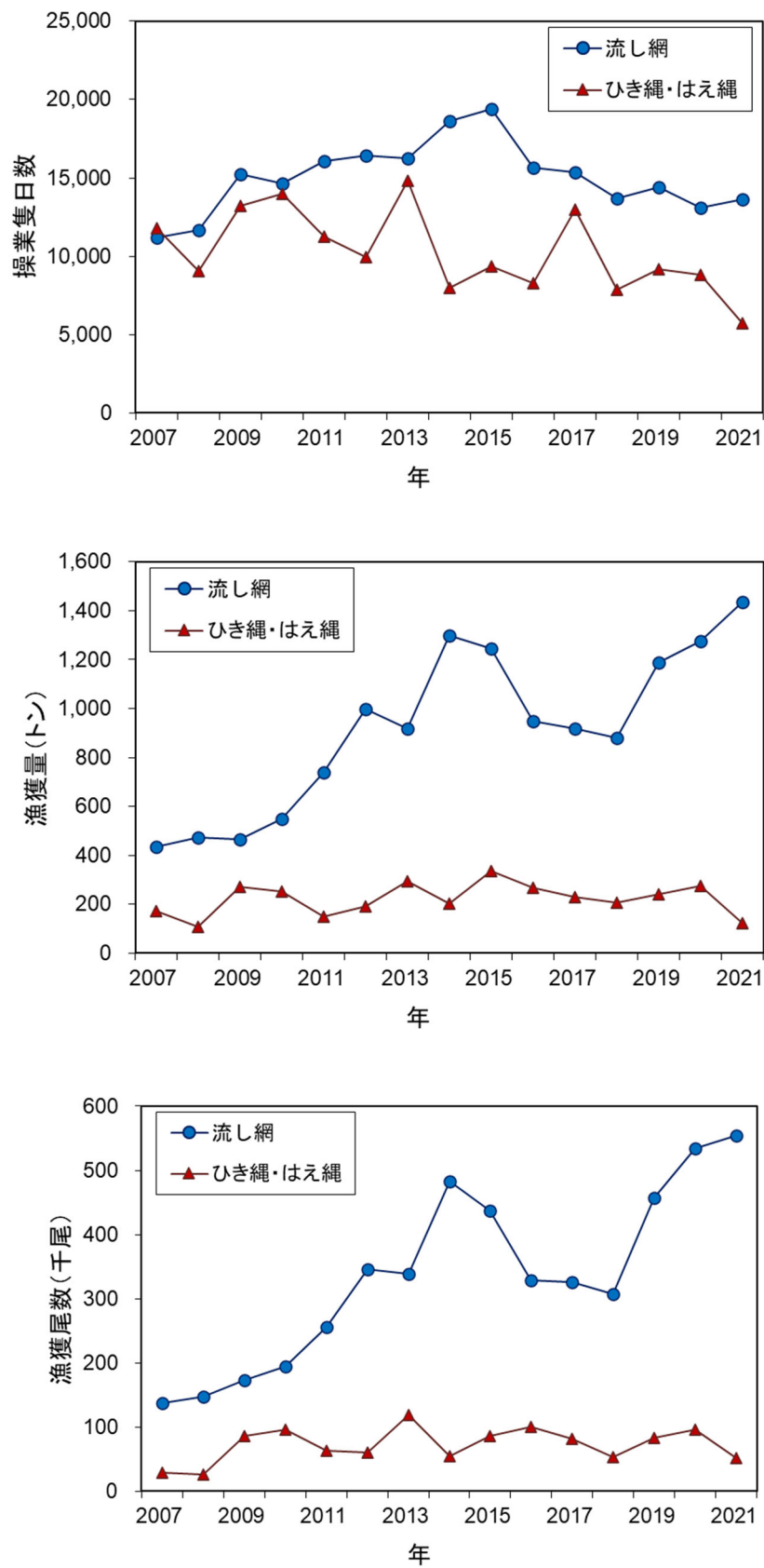


図 8. 流し網とひき縄・はえ縄の操業隻日数、漁獲量、漁獲尾数の推移

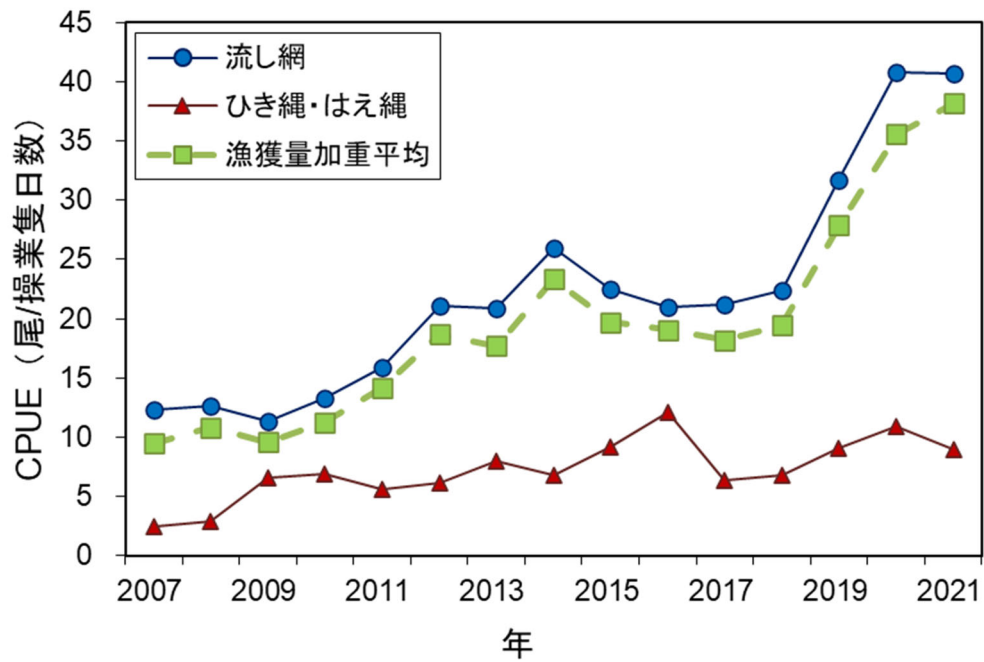


図 9. 流し網とひき縄・はえ縄の出漁隻日数あたりの漁獲尾数の推移
破線は CPUE を各漁業の漁獲量で加重平均した値。

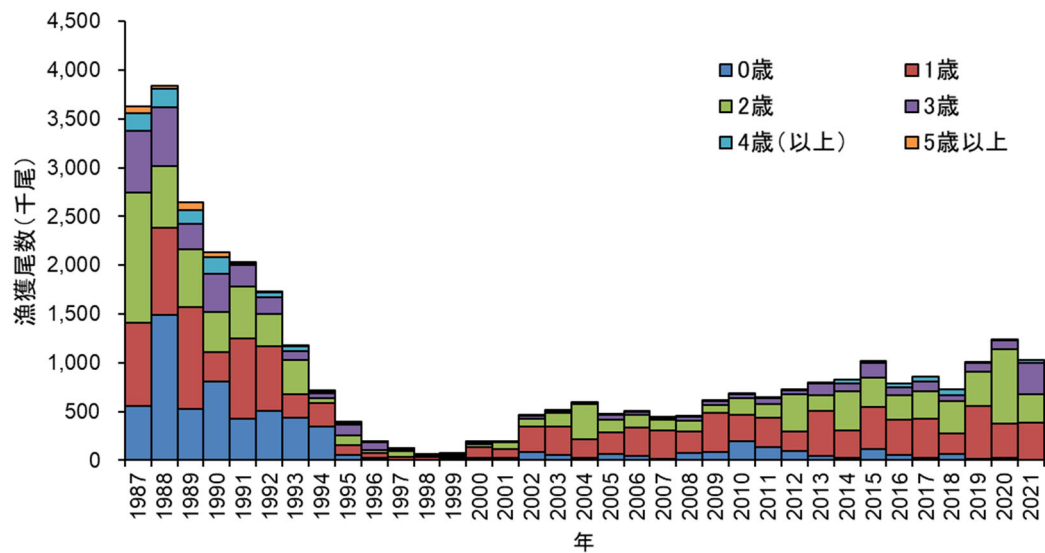


図 10. 年齢別漁獲尾数の推移

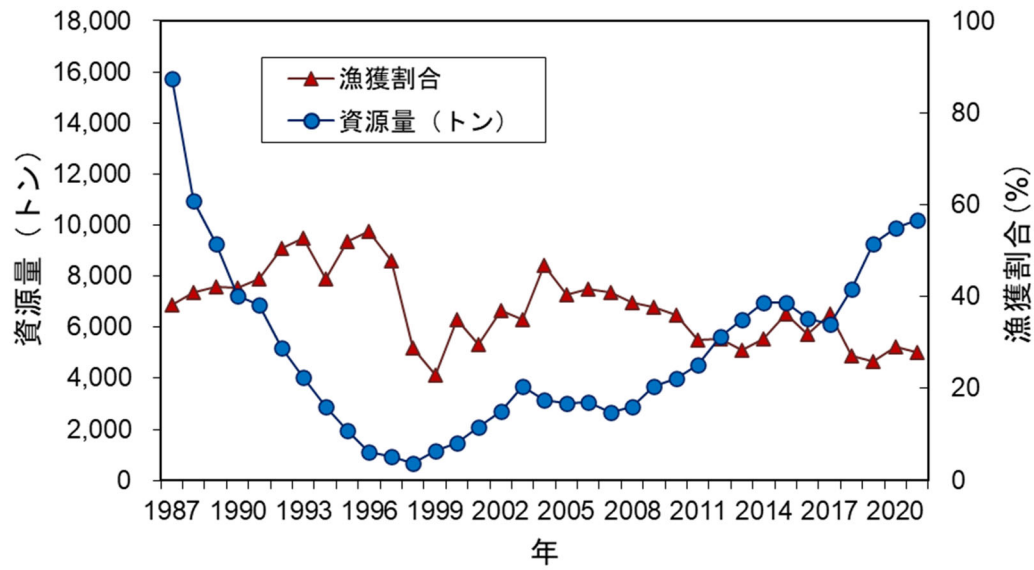


図 11. 資源量と漁獲割合の推移

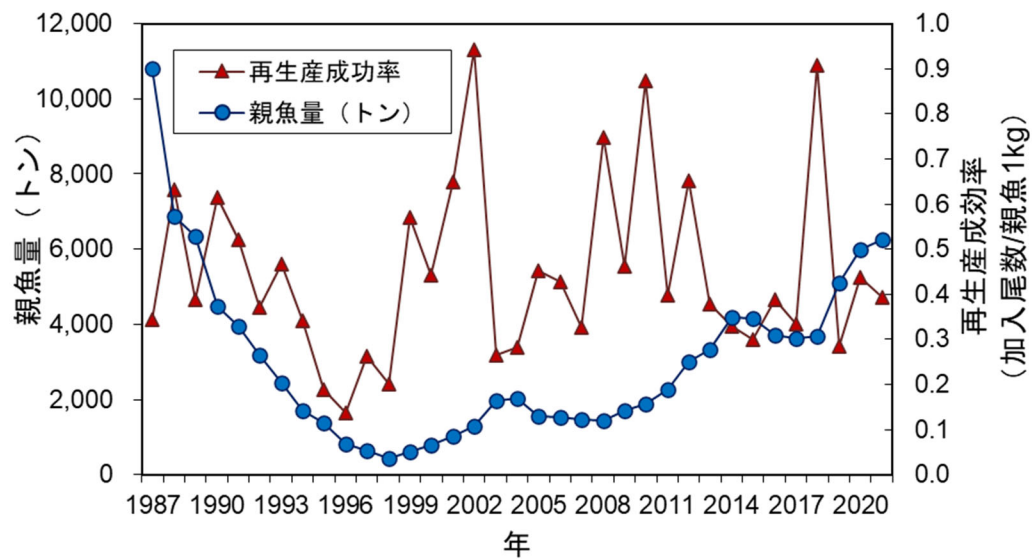
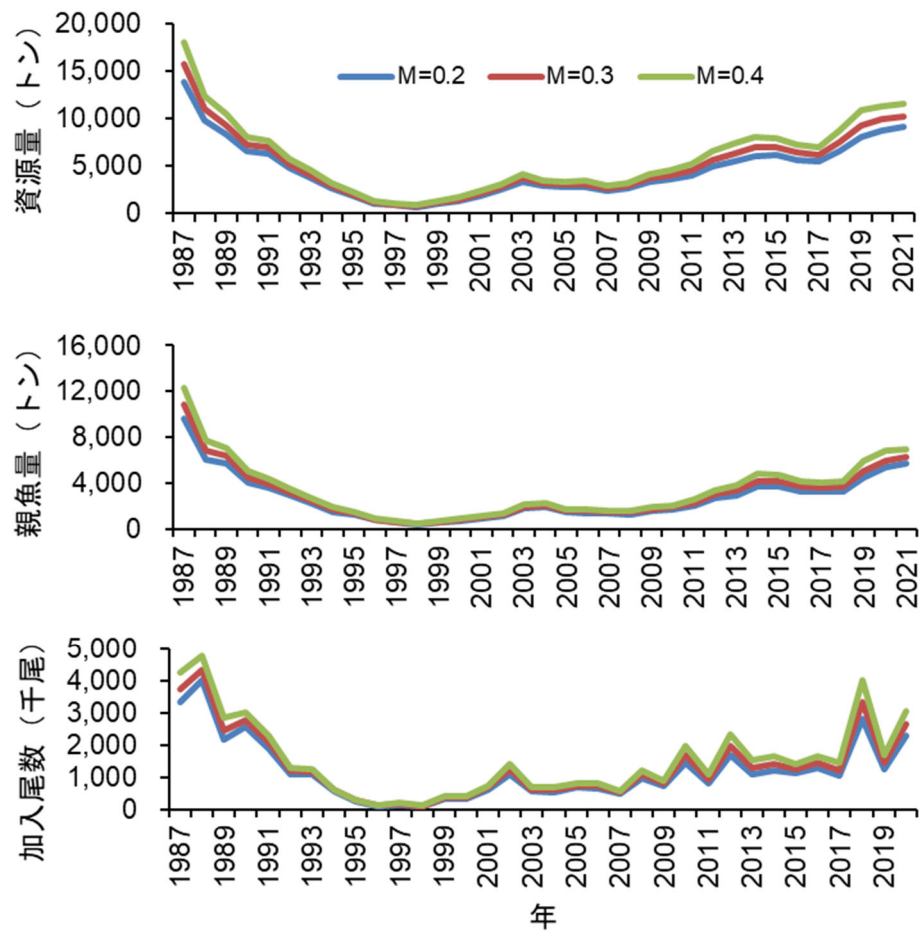
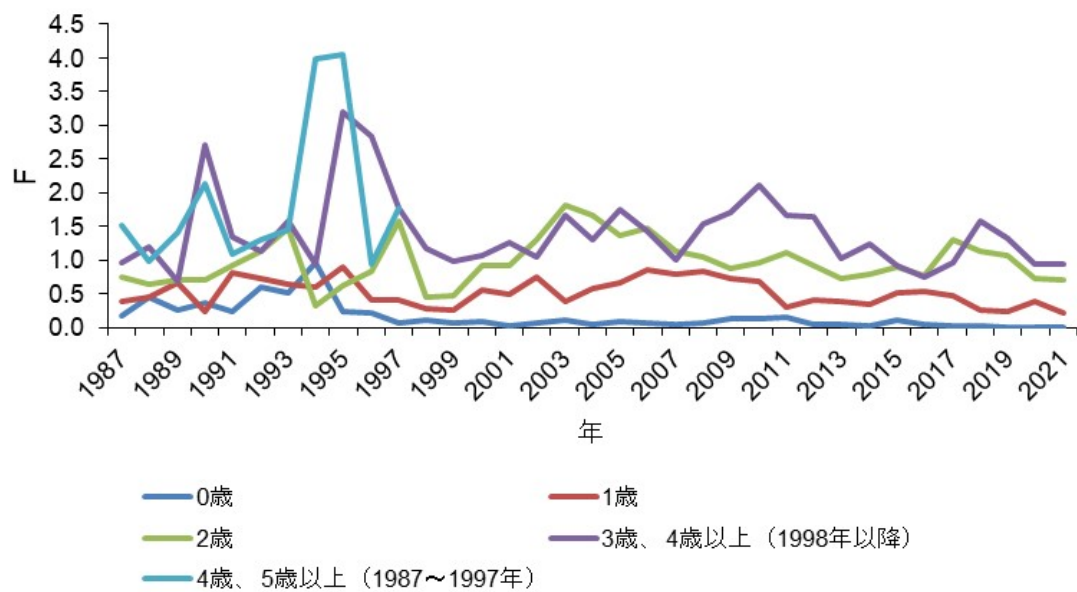


図 12. 親魚量と再生産成功率の推移 2021 年の再生産成功率は過去（1987～2020 年）の中央値を仮定した。

図 13. M の感度分析図 14. F の推移

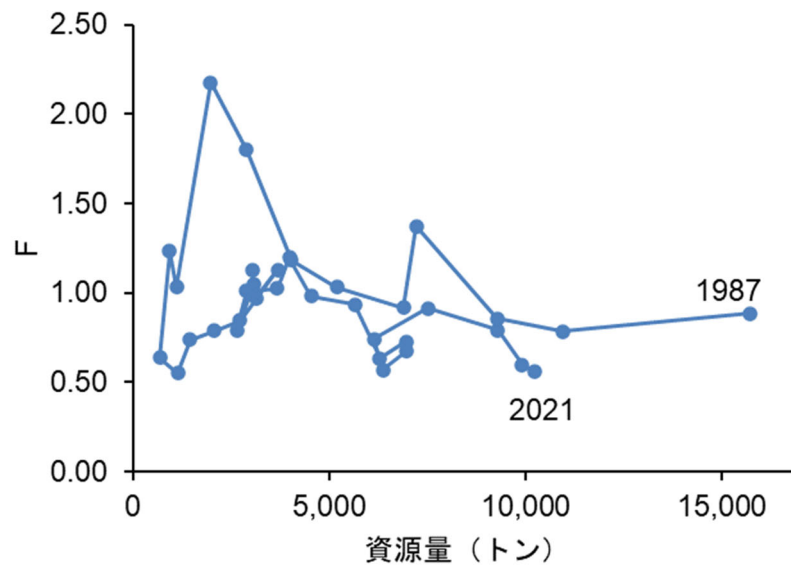


図 15. 資源量と F の関係 (F は年齢別の F の単純平均)

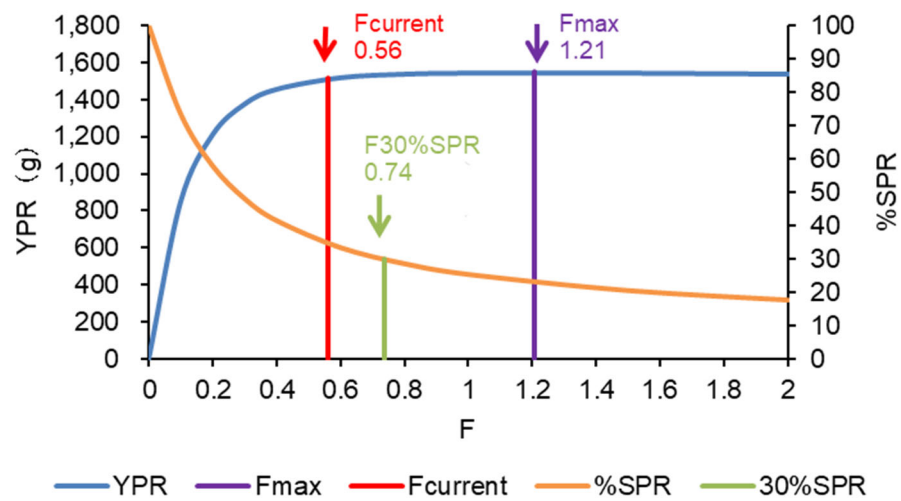


図 16. F と%SPR、YPR の関係

表 1. 瀬戸内海区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	366	682	113	150	168	53	466	445	14	205	2,702

表 2. 瀬戸内海区、紀伊水道外域および豊後水道の瀬別漁獲量の推移（トン）

年	紀伊 水道	大阪湾	播磨瀬	備讃瀬 戸	燧瀬	備後芸 予瀬戸	安芸瀬	伊予瀬	周防瀬	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	36
2021	112	406	831	283	365	15	262	353	74	2,702	406	39

* 1968～1977年の燧瀬の漁獲量は備後芸予瀬戸と合わせて示した。

表 3. 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	1,385	13	0.9	0.17
2015	26	11	29	1,251	0	0.0	0.00
2016	70	0	70	1,436	9	0.6	0.13
2017	65	0	65	1,208	1	0.0	0.01
2018	70	0	70	3,080	0	0.0	0.00
2019	45	0	45	2,199	0	0.0	0.00
2020	75	9	77	1,716	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。

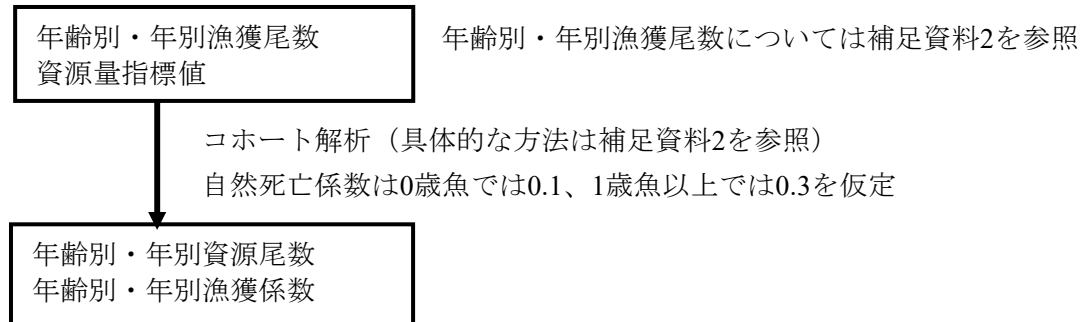
表 4. サワラ瀬戸内海系群の資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1987	5,997	15,718	10,813	3,734	38	0.35
1988	4,485	10,945	6,863	4,338	41	0.63
1989	3,902	9,272	6,351	2,463	42	0.39
1990	3,029	7,219	4,497	2,760	42	0.61
1991	3,021	6,887	3,966	2,071	44	0.52
1992	2,623	5,197	3,193	1,186	50	0.37
1993	2,120	4,027	2,459	1,151	53	0.47
1994	1,271	2,891	1,711	585	44	0.34
1995	1,029	1,977	1,391	264	52	0.19
1996	603	1,112	834	114	54	0.14
1997	442	922	630	166	48	0.26
1998	199	688	443	89	29	0.20
1999	263	1,146	622	355	23	0.57
2000	512	1,459	778	345	35	0.44
2001	615	2,072	1,024	664	30	0.65
2002	1,008	2,730	1,283	1,230	37	0.94
2003	1,289	3,692	1,959	607	35	0.26
2004	1,465	3,133	2,044	598	47	0.28
2005	1,224	3,030	1,564	738	40	0.45
2006	1,283	3,082	1,544	719	42	0.43
2007	1,082	2,647	1,464	516	41	0.33
2008	1,113	2,880	1,428	1,087	39	0.75
2009	1,382	3,672	1,705	807	38	0.46
2010	1,436	3,989	1,883	1,670	36	0.87
2011	1,384	4,535	2,283	936	31	0.40
2012	1,740	5,639	3,002	1,975	31	0.65
2013	1,775	6,280	3,329	1,281	28	0.38
2014	2,148	6,952	4,197	1,397	31	0.33
2015	2,519	6,945	4,159	1,251	36	0.30
2016	2,027	6,365	3,706	1,445	32	0.39
2017	2,220	6,143	3,631	1,215	36	0.33
2018	2,038	7,509	3,682	3,346	27	0.91
2019	2,398	9,281	5,092	1,447	26	0.28
2020	2,875	9,908	6,001	2,630	29	0.44
2021	2,702	10,218	6,271	2,465	26	0.39

2021 年の RPS は直近年を除く過去（1987～2020 年）の中央値。

2021 年の加入量は 2021 年の親魚量に 2021 年の RPS を乗じて推定した値。

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源計算方法

(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。

漁業・養殖業生産統計年報の漁獲量に一致するように、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を、府県別年別把握率を計算して引き延ばした。なお、灘と漁法は次の通り 18 に区分した。

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、岡山さわら船曳網、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）

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て、2 期の尾叉長組成を構築した。2 期の尾叉長組成を岸田ほか(1985)を参考に、以下の体重 W (g) と尾叉長 FL (mm) の関係式で重量化し、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 を毎年作成し、これらを用いて、2 期の尾叉長階級別漁獲尾数から年齢別漁獲尾数へ変換した。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。2021 年の Age-length key を補足表 2-1 に示す。

(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。

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

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

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

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

2021 年の F と資源尾数は次の式で求めた。

$$F_{a,2021} = \frac{\sum_{2018}^{2020} F_{a,y}}{\sum_{2018}^{2020} F_{4+,y}} F_{4+,2021} \quad (a = 1, 2, 3) \quad (10)$$

$$N_{a,2021}=C_{a,2021} \frac{\exp(M_a/2)}{1-\exp(-F_{a,2021})} \quad (11)$$

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 $2.5/8 \div 0.3$ 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。

近年、本系群における 0 歳魚は秋漁における主な漁獲対象にならないことから、年齢別漁獲尾数から推定した 0 歳魚資源尾数は 1 歳魚時の漁獲尾数データが加わった翌年の評価で上方修正される傾向がある。漁獲物の年齢組成から推定された 2021 年の 0 歳魚の漁獲尾数は、例年と比べて極めて少なく、過去最低値となった。その一方で 2022 年時の 1 歳魚の漁況の聞き取り調査では特に悪い状況がみらなかった。このことから、2021 年については年齢別漁獲尾数から 0 歳魚の資源尾数を精度よく推定することは困難と考えた（補足資料 4）。この問題に対処するために、本年度評価では、2021 年の 0 歳魚資源尾数を 2021 年の親魚量に過去の再生産成功率を乗じることで推定した。再生産成功率には、過去の資源評価における将来予測の方法（例えば、片町ほか 2022）を参考に、直近年を除く過去（1987

～2020 年）の中央値 0.39 尾/kg を使用した（補足資料 6）。0 歳魚の漁獲係数は、上述した方法で推定した資源尾数と漁獲尾数データを用いて以下の式から求めた。

$$F_{0,2021} = -\ln \left\{ 1 - \frac{C_{0,2021}}{N_{0,2021}} \exp(M_0/2) \right\} \quad (12)$$

しかし、上述したように 2021 年の 0 歳漁獲尾数 $C_{0,2021}$ の不確実性が非常に高いと考えられることから、式 12 から求めた 2021 年の漁獲係数の不確実性も同様に高いと考えられ、直近または将来の選択率や漁獲圧の参考値としての使用には留意が必要である。

(4) チューニングによる直近年の漁獲係数の推定

図 9 に示す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（次表）をチューニング指標値として用いた。

年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
指数	9.49	10.81	9.56	11.28	14.18	18.69	17.71	23.32

年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
指数	19.70	19.06	18.21	19.45	27.86	35.55	38.17

式 (13) の目的関数が最小となる 2021 年の漁獲係数を探索的に求めた。各年齢の選択率は 2018～2020 年の平均と等しいと仮定した。

$$\sum_{y=2007}^{2021} \{ \ln(I_y) - \ln(qN_{1-4+,y}) \}^2 \quad (13)$$

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（補足資料 5）。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 値を次表に示す。

2021年のF	1歳	2歳	3歳	4歳以上	平均
チューニング前	0.33	1.03	1.34	1.34	0.81
チューニング後	0.21	0.71	0.93	0.93	0.56

(5) SPR、YPR の計算

SPR、YPR は次の式で計算した。

$$SPR = \sum_{a=0}^8 S_a f_a W_a \quad (14)$$

$$YPR = \sum_{a=0}^8 \{1 - \exp(-F_a)\} \exp(-M_a/2) S_a W_a \quad (15)$$

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

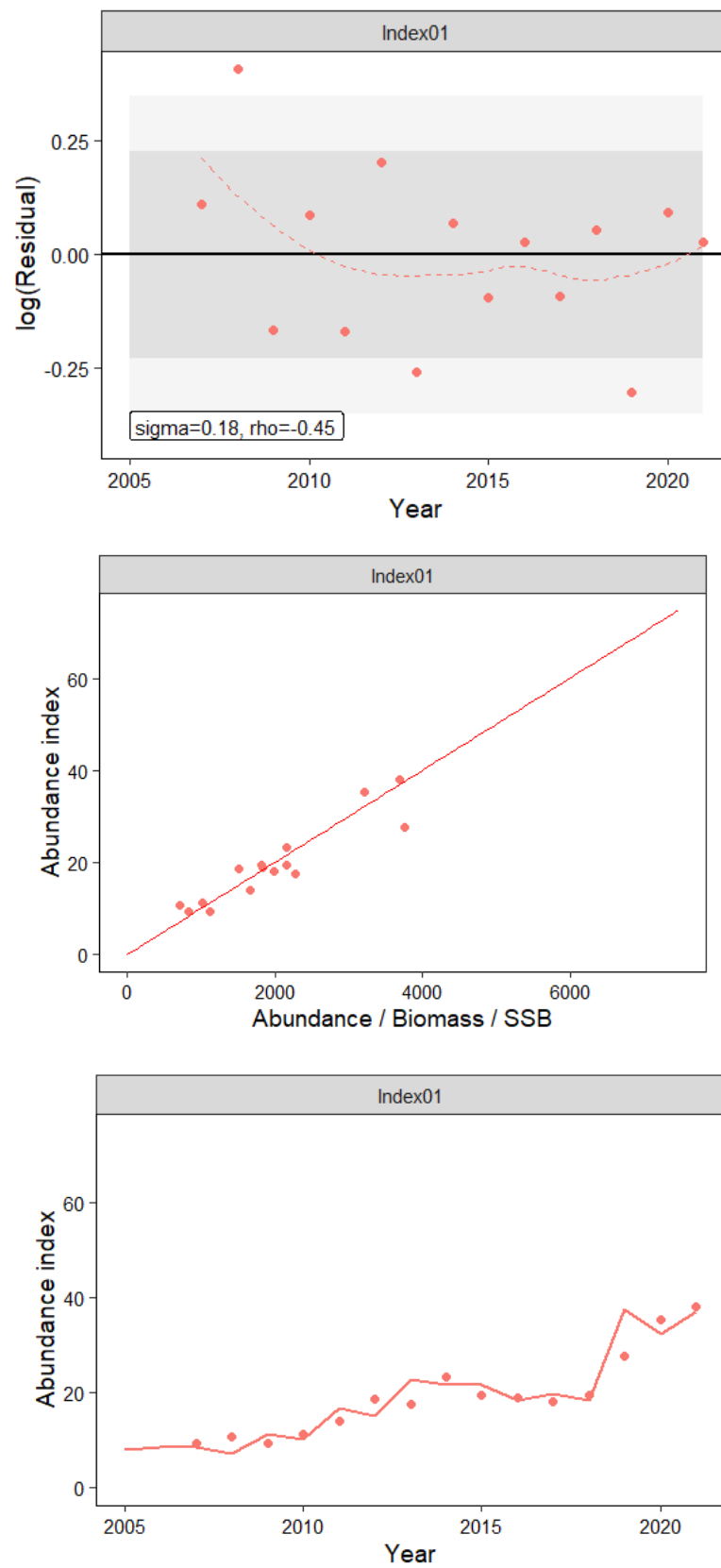
ここで、 S_a は a 歳における残存率、 f_a は a 歳における成熟割合、 W_a は a 歳における平均体重（2017～2021 年の平均値）を示す。 F_a は a 歳における漁獲係数である。現状の漁獲圧（ $F_{current}$ ）には、1 歳以上では 2021 年の漁獲圧を用いた。0 歳では式（12）で求めた 2021 年の F 値の不確実性が高いと考えられることから、式（10）を用いて改めて算出した 0 歳魚の F 値を $F_{current}$ に用いた。 $F_{current}$ の年齢別 F 値は、0 歳が 0.01、1 歳が 0.21、2 歳が 0.71、3+歳が 0.93 であり、平均値は 0.56 であった。

（6）モデル診断結果

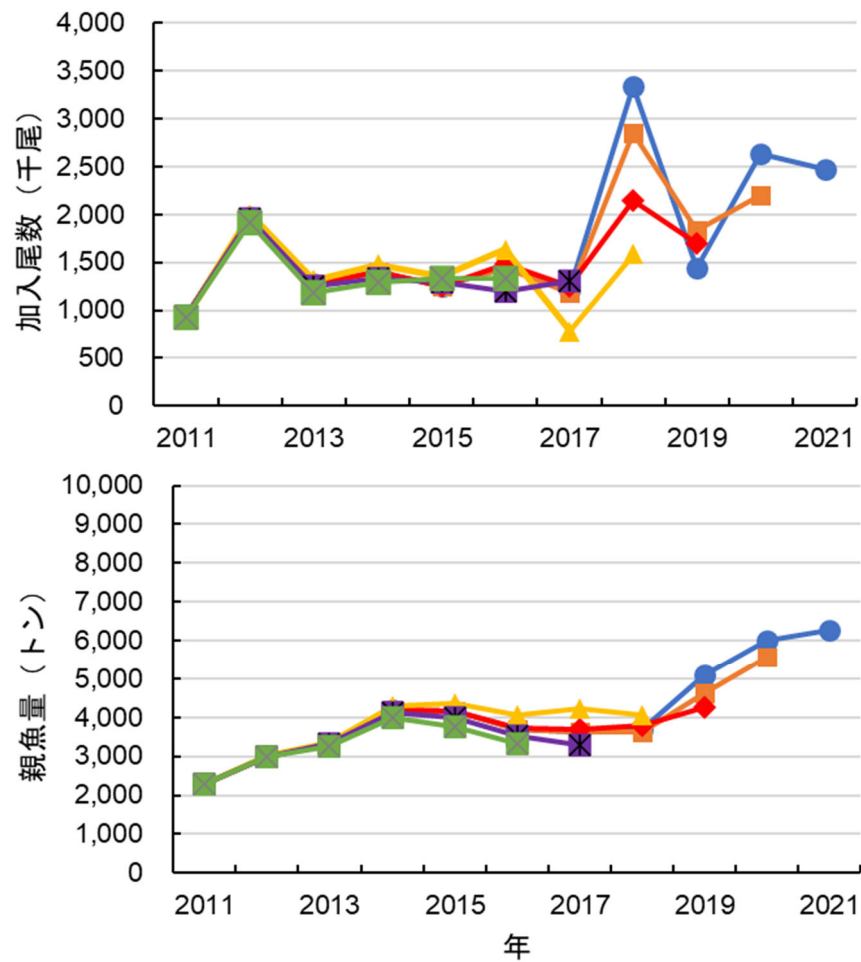
「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針（令和 3 年度）FRA-SA2021-ABCWG02-03」に従って、本系群の評価に用いた VPA の統計学的妥当性や仮定に対する頑健性について診断した。チューニング VPA における残差を補足図 2-1 に示す。残差には特段の傾向は見られず、1～4+ 齢魚の資源尾数とのあてはまりも良いと考えられる。レトロスペクティブ解析では、データの追加・更新が行われることで、親魚量および加入量がやや上方修正される傾向にある（補足図 2-2）。特に 2018 年における加入尾数で推定値の上方修正が大きい。

引用文献

- 片町太輔・安田十也・河野悌昌・高橋正知（2022）令和 3（2021）年度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, FRA-SA2021-RC03-2.
- 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.
- 田中昌一（1960）水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.



補足図 2-1. チューニング VPA における残差プロット、資源尾数と指標値との関係、推移



補足図 2-2. 加入尾数と親魚量の 5 年間のレトロスペクティブバイアス

補足表 2-1. 2021 年の ALK

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					1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30～40	1.00*	0.00	0.00	0.00	1.00*	0.00	0.00	0.00	0.00
40～50	0.85*	0.15*	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
50～60	0.07*	0.72*	0.21*	0.00	0.00	0.96	0.04	0.00	0.00
60～70	0.00	0.38	0.59	0.02	0.00	0.68	0.31	0.02	0.00
70～80	0.00	0.09	0.73	0.18	0.00	0.08	0.75	0.17	0.00
80～90	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
90～100	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50**	0.50**
100～110	0.00	0.00	0.00	1.00*					
110～120									

年齢は4月起算。

1～3月は年齢を1歳加算。

*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と仮定値した。

補足資料3 VPA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3 VPAの詳細(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3 VPAの詳細(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	389
2歳	174	139	375	156	407	301	250	279	337	351	768	287
3歳	34	65	41	117	79	148	81	100	62	87	82	326
4歳以上	6	3	10	6	37	21	44	51	55	16	17	29
計	680	644	723	791	826	1,019	791	859	725	1,010	1,242	1,032

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	1
1歳	598	529	411	792	582	933	767	818	464	972	748	719
2歳	504	404	1,023	428	1,065	815	692	792	1,005	1,000	1,742	795
3歳	133	276	164	466	301	524	303	349	241	321	276	1,060
4歳以上	41	20	54	36	168	114	206	239	279	88	87	126
計	1,436	1,384	1,740	1,775	2,148	2,519	2,027	2,220	2,038	2,398	2,875	2,702

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	0.47	0.26	0.24	0.38	0.21
2歳	0.95	1.10	0.92	0.72	0.80	0.90	0.76	1.30	1.13	1.07	0.72	0.71
3歳	2.11	1.67	1.65	1.02	1.24	0.92	0.75	0.96	1.58	1.31	0.93	0.93
4歳以上	2.11	1.67	1.65	1.02	1.24	0.92	0.75	0.96	1.58	1.31	0.93	0.93
単純平均	1.20	0.98	0.93	0.64	0.73	0.67	0.57	0.74	0.91	0.79	0.60	0.56

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	1,251	1,445	1,215	3,346	1,447	2,630	2,465
1歳	646	1,329	721	1,701	1,116	1,237	1,023	1,256	1,079	2,968	1,294	2,359
2歳	328	242	723	355	859	591	543	446	579	619	1,735	654
3歳	45	94	59	213	129	286	179	187	90	139	157	624
4歳以上	8	5	14	10	60	40	96	96	80	26	33	55
計	2,698	2,605	3,492	3,561	3,561	3,405	3,285	3,200	5,174	5,199	5,848	6,158

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	1,923	1,506	1,570	1,457	1,574	1,253	2,632	1,512	2,537	1,765
1歳	1,403	2,312	1,428	2,890	2,370	2,659	2,169	2,518	2,390	5,355	2,741	4,365
2歳	953	703	1,975	972	2,245	1,598	1,505	1,267	1,727	1,765	3,935	1,815
3歳	175	396	235	846	493	1,012	665	656	353	510	528	2,031
4歳以上	54	29	78	66	275	220	452	449	407	140	167	241
計	3,989	4,535	5,639	6,280	6,952	6,945	6,365	6,143	7,509	9,281	9,908	10,218
親魚量	1,883	2,283	3,002	3,329	4,197	4,159	3,706	3,631	3,682	5,092	6,001	6,271

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	1,851
2歳	2,901	2,907	2,731	2,734	2,615	2,703	2,773	2,839	2,983	2,851	2,268	2,774
3歳	3,918	4,221	3,958	3,969	3,827	3,542	3,721	3,502	3,902	3,665	3,369	3,255
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	4,378

補足資料 4 令和 3 年度評価で用いた方法に基づく資源評価

令和 3 年度の本系群の資源評価では、0 歳魚の資源尾数と漁獲係数は他の年齢と同様に漁獲尾数データに基づいてコホート解析により推定された（片町ほか 2022）。また、資源量指標値である、流し網漁業の CPUE とひき縄およびはえ縄漁業の CPUE の相乗平均値は 0 歳魚を含む全年齢の資源尾数を指標する値と仮定して、ターミナル F が調整された。本年度評価の仮定と昨年度評価の仮定の違いが資源評価結果に与えた影響を明らかにするために、昨年度評価と同様の方法で計算した場合の推定結果を補足表 4-1 に示した。

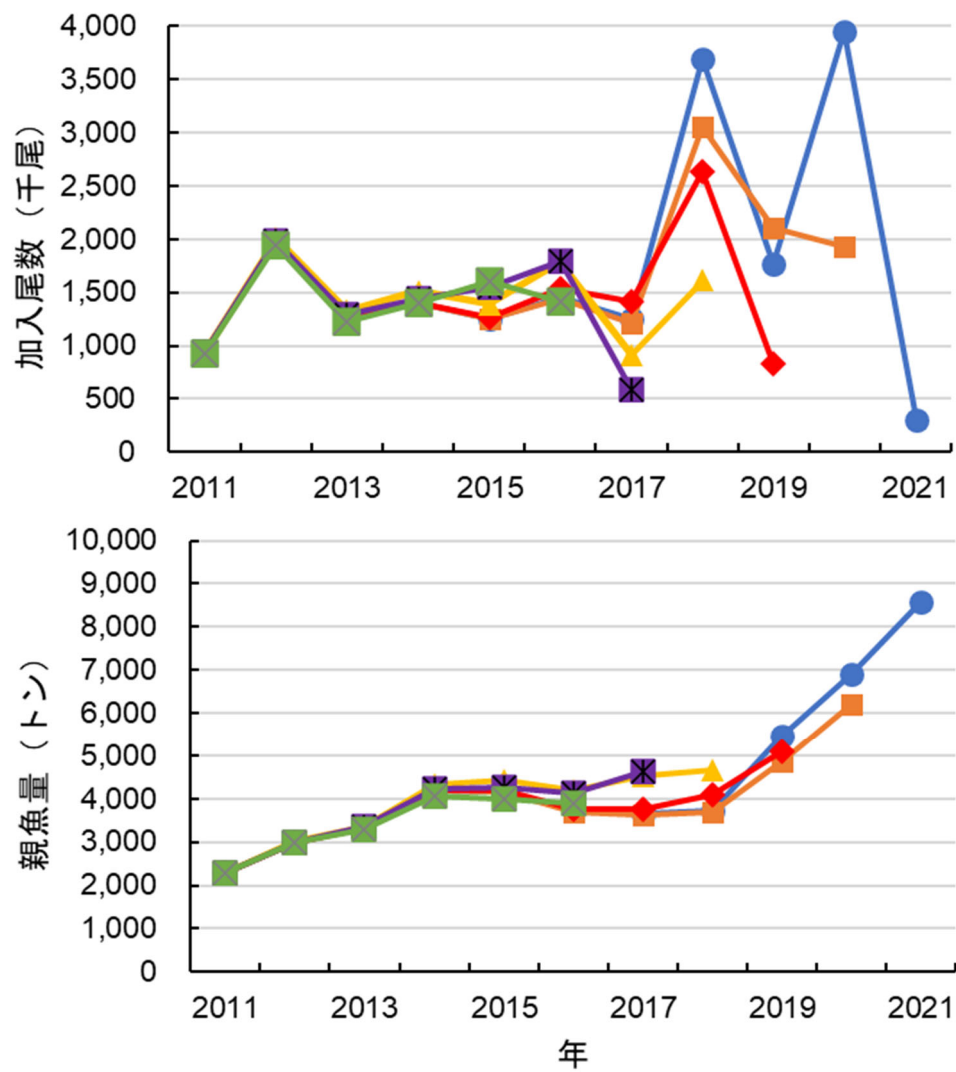
令和 3 年度の方法に基づく、2021 年の資源量は 12,101 トンとなり、2020 年（12,394 トン）と同程度であり、両年の値は最も資源量が多かった 1987 年に次ぐ値と推定された。2021 年の親魚量は 8,596 トンと推定され、前年（6,911 トン）から増加した。その一方で、2021 年の加入量は 30 万尾と推定され、前年（395 万尾）から著しく減少した。そのため、2021 年の再生産成功率は 0.04（尾/kg）となり、これまで過去最低であった 1996 年の 0.14 を大きく下回る推定値となった。

以上の昨年度の方法に基づく推定結果は、本年度評価で示した結果と大きく異なるものとなった。令和 3 年度の方法では、2021 年における資源量は前年と同程度となる推定結果となった。これは、2021 年の 0 歳魚漁獲尾数が極めて少なかったことと資源量指標値が前年と同程度であることの両者を満たすために、2021 年の資源量の多さは親魚量の多さによるものとコホート解析上では位置づけられたと考えられる。そのため、推定された 2021 年の親魚量は前年より増加し過去 2 番目に大きい値となったのに対して、加入尾数は 1990 年代後半並みの非常に低い水準となった。

令和 3 年度の方法に基づく資源評価のレトロスペクティブ解析を行った結果、2020 年級群の加入時の資源尾数は、2020 年までのデータに基づく 193 万尾であったのに対し、2021 年までのデータに基づく 395 万尾と大きく上方修正された（補足図 4-1）。2019 年級群や 2018 年級群などそれ以前の年級群の加入時の漁獲尾数も、最新データに基づく推定値は当時の推定値と比較して上方修正となっていた。この結果は、加入時の漁獲尾数データから推定した加入時の資源尾数は過小評価される傾向にあり、翌年（1 歳魚）以降のデータが追加されると推定結果が大きく変わることを示している。一方で、親魚量推定値はデータの追加・更新によって大きく変化しなかったことから、近年の 0 歳魚は高齢魚と比べて漁業の主対象になっておらず、0 歳魚では資源状態を反映した漁獲尾数データが得られにくい状況になっていると考えられる。

引用文献

片町太輔・安田十也・河野悌昌・高橋正知 (2022) 令和 3 (2021) 年度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, FRA-SA2021-RC03-2.



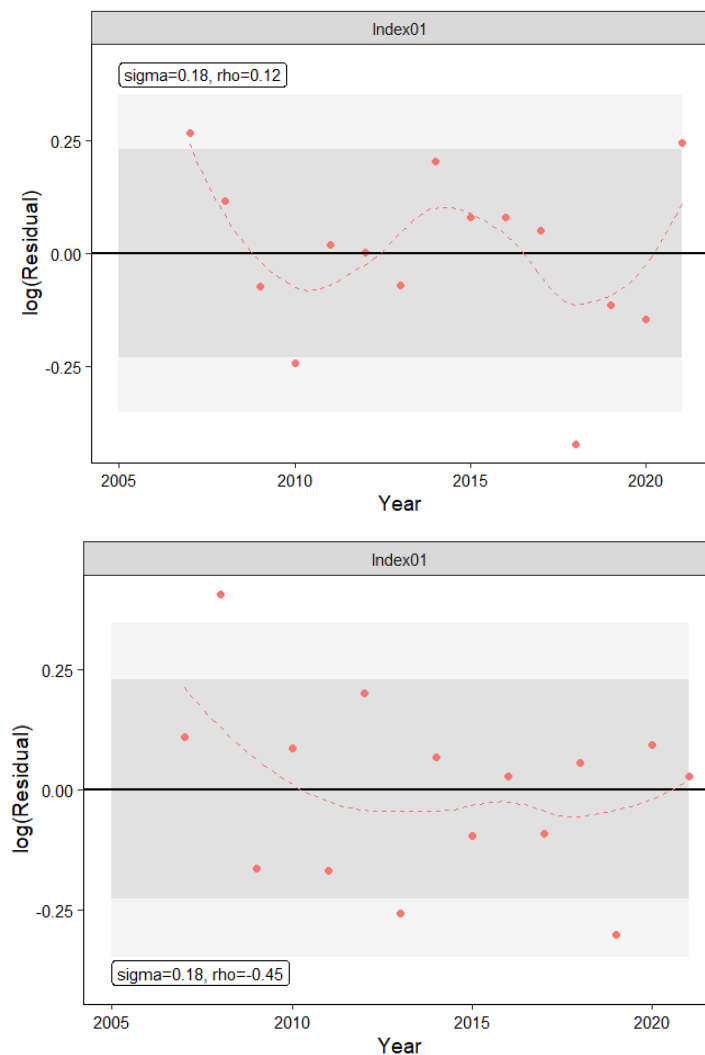
補足図 4-1. 加入尾数と親魚量の 5 年間のレトロスペクティブバイアス

補足表 4-1. 令和3年評価の方法に基づく資源解析結果

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	加入尾数 (千尾)	漁獲割合 (%)	再生産成功率 (尾/kg)
1987	5,997	15,718	10,813	3,734	38	0.35
1988	4,485	10,945	6,863	4,338	41	0.63
1989	3,902	9,272	6,351	2,463	42	0.39
1990	3,029	7,219	4,497	2,760	42	0.61
1991	3,021	6,887	3,966	2,071	44	0.52
1992	2,623	5,197	3,193	1,186	50	0.37
1993	2,120	4,027	2,459	1,151	53	0.47
1994	1,271	2,891	1,711	585	44	0.34
1995	1,029	1,977	1,391	264	52	0.19
1996	603	1,112	834	114	54	0.14
1997	442	922	630	166	48	0.26
1998	199	688	443	89	29	0.20
1999	263	1,146	622	355	23	0.57
2000	512	1,459	778	345	35	0.44
2001	615	2,072	1,024	664	30	0.65
2002	1,008	2,730	1,283	1,230	37	0.94
2003	1,289	3,692	1,959	607	35	0.26
2004	1,465	3,133	2,044	598	47	0.28
2005	1,224	3,030	1,564	738	40	0.45
2006	1,283	3,082	1,544	719	42	0.43
2007	1,082	2,647	1,464	516	41	0.33
2008	1,113	2,880	1,428	1,087	39	0.75
2009	1,382	3,672	1,705	807	38	0.46
2010	1,436	3,989	1,883	1,670	36	0.87
2011	1,384	4,535	2,283	936	31	0.40
2012	1,740	5,640	3,003	1,975	31	0.65
2013	1,775	6,281	3,330	1,281	28	0.38
2014	2,148	6,954	4,198	1,398	31	0.33
2015	2,519	6,949	4,161	1,253	36	0.30
2016	2,027	6,379	3,710	1,453	32	0.39
2017	2,220	6,198	3,643	1,250	36	0.34
2018	2,038	7,876	3,738	3,696	26	0.99
2019	2,398	10,267	5,464	1,762	23	0.32
2020	2,875	12,394	6,911	3,952	23	0.57
2021	2,702	12,101	8,596	302	22	0.04

補足資料 5 資源量指標値の対象とする年齢の変更について

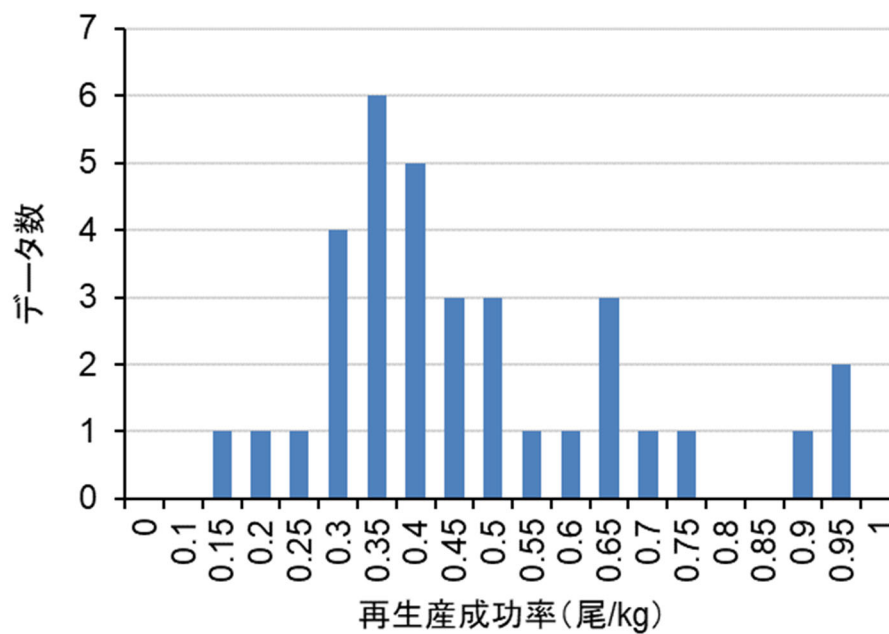
令和 3 年度の本系群の資源評価では、資源量指標値の変動と 0～4 歳魚にいたる全年齢の資源尾数の変動が合うようにターミナル F を調整した。しかし、近年では 0 歳魚が漁業の主対象になっていないと考えられることから、本年度評価では資源量指標値の変動が 1～4 歳魚までの資源尾数の合計値の変動と合うように調整する方法に変更した。一方で、本年度評価においては 2021 年の 0 歳魚の推定方法の変更も行っているため、資源量指標値の対象年齢を変更したことによる影響がどの程度であるか分かりづらい状況にある。そこで、0 歳魚資源尾数を年齢別漁獲尾数から推定した場合に、資源量指標値の対象年齢を変更したことにより残差の傾向がどのように変わるのか比較した。指標値と予測値との残差平方和は、全資源尾数を対象とした場合 (0.488) より 1 歳魚以上の資源尾数を対象とした場合 (0.477) の方が小さかった。特に近年の残差が小さくなる傾向がみられた (補足図 5-1)。



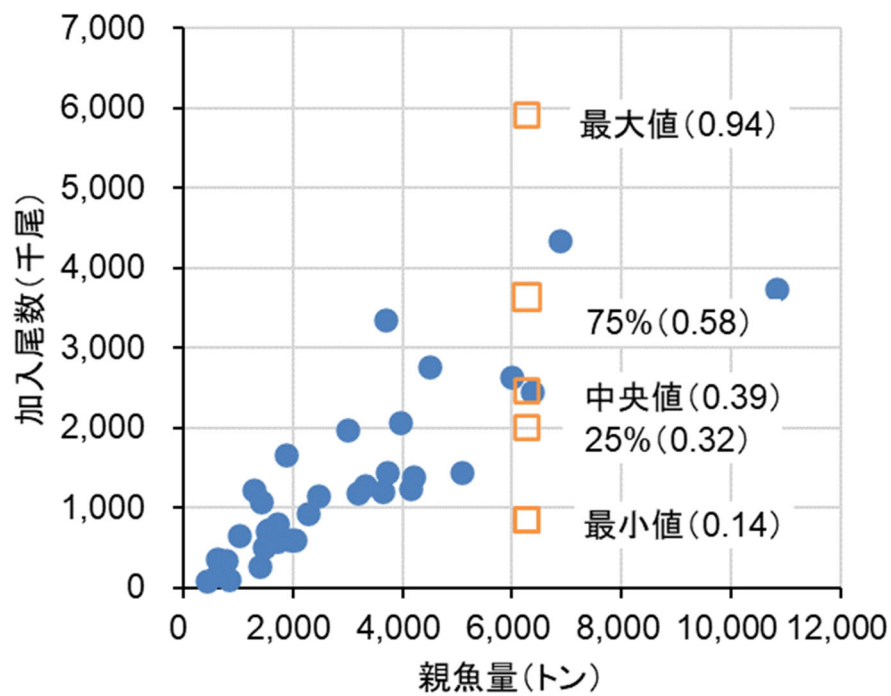
補足図 5-1. チューニング VPA における残差プロット 上：0～4 歳魚までの全資源尾数を対象とした場合。下：1 歳魚以上の資源尾数を対象とした場合。

補足資料 6 再生産成功率の中央値以外を用いた場合の推定加入尾数

本年度評価では、2021 年における 0 歳魚の資源尾数を VPA から求めた 2021 年の親魚量と直近年を除く過去（1987～2020 年）の再生産成功率の中央値（0.39）を用いて推定した。ここでは、過去の再生産成功率（補足図 6-1）について、中央値以外の値（最小値、第一四分位数、第三四分位数、最大値）を用いた場合の加入尾数を参考値として示した（補足図 6-2）。



補足図 6-1. 過去の再生産成功率のヒストグラム



補足図 6-2. 親魚量と加入尾数との関係。丸印は 1987 年から 2020 年までの値。四角印は過去の再生産成功率に関する参考値を用いて推定した場合の 2021 年の加入尾数。

補足表 6-1. 各再生産成功率の参考値を用いた場合の 2021 年の推定加入尾数

	再生産成功率(尾/kg)	加入尾数(千尾)	親魚量(トン)
最低値	0.14	854	6,271
第一四分位数	0.32	2,008	6,271
中央値	0.39	2,465	6,271
第三四分位数	0.58	3,641	6,271
最高値	0.94	5,905	6,271