令和４（2022）年度トラフグ日本海・東シナ海・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：秋田県水産振興センター、山形県水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、鳥取県水産試験場鳥取県栽培漁業センター、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター、宮崎県水産試験場、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、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、広島県立総合技術研究所広島海洋センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、香川県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術センター水産研究課、和歌山県水産試験場、全国豊かな海づくり推進協会

要　　約

本系群の資源量について、1歳魚加重CPUEを資源量指標値としたチューニングコホート解析により計算した。漁獲量は2002年漁期の364トンを最高に、2004年漁期の272トンを除いて2007年漁期までは300トン以上の漁獲が続いていたが、2008年漁期以降減少傾向が続き、2020年漁期に158トンと過去最小となった後、2021年漁期の漁獲量は190トン（概数値）であった。資源量は2006年漁期の1,174トンから減少傾向で、2021年漁期は721トンであった。2021年漁期の親魚量は464トンであった。本種は栽培対象種であり、2021年漁期は150.7万尾（速報値）の人工種苗が放流され、2021年漁期の放流魚の混入率は29.5%、添加効率は0.019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します。

漁期年	資源量（トン）	親魚量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合（%）
2017	988	494	222	0.28	23
2018	912	502	190	0.25	21
2019	855	474	166	0.22	19
2020	819	480	158	0.23	19
2021	721	464	190	0.31	26

漁期年は4月～翌年3月、F値は各年齢の単純平均値、漁獲割合は各漁期年の漁獲量／資源量で示す。

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	府県別漁獲量（秋田～和歌山（22）府県、（株）大水、（株）下関唐戸魚市場、） 全長組成（水研、秋田県、山形県、石川県、福井県、京都府、鳥取県、山口県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、愛媛県、広島県、岡山県、兵庫県、香川県） 全長—体重関係 年齢—全長関係 全長階級別雌雄割合（生物情報等収集調査、秋田県、山口県、福岡県、熊本県、大分県、愛媛県、岡山県、香川県、上田ほか（2010）、広島大学、資源量推定等高精度化推進事業・水研、資源管理型沖合漁業推進総合調査（1999～2003、海洋水産資源開発セ（現水研・開発セ））
資源量指標	*2 九州・山口北西海域とらふぐはえ縄漁業漁獲成績報告書（水産庁） 下関唐戸魚市場取扱量（下関唐戸魚市場（株）、山口県） 山口県瀬戸内海側のはえ縄漁業の CPUE（中国四国農政局） 備後灘の定置網漁業の CPUE（標本漁協） 伊予灘・豊後水道のはえ縄漁業の CPUE（標本漁協） *2 豊後水道のはえ縄漁業、釣り漁業の漁協取扱量 備讃瀬戸の袋待網漁業の CPUE（標本漁協）
自然死亡係数（M）	年当たり M = 0.25 を仮定
漁獲努力量指標	*2 九州・山口北西海域とらふぐはえ縄漁業漁獲成績報告書（水産庁） 山口県瀬戸内海側のはえ縄漁業の努力量（中国四国農政局） 備後灘の定置網漁業の努力量（標本漁協） 伊予灘・豊後水道のはえ縄漁業の努力量（標本漁協） *2 豊後水道のはえ縄漁業、釣り漁業の漁協取扱量 備讃瀬戸の袋待網漁業の努力量（標本漁協）
人工種苗放流尾数、標識放流魚漁獲尾数等	人工種苗放流尾数（令和 3 年度「栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績」（水産庁、水産研究・教育機構、全国豊かな海づくり推進協会）（1973～2021））、令和 3 年度トラフグ全国協議会資料（2021） 0 歳の放流効果調査（長崎県、山口県、平成 18 年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書（2007）、種苗放流による資源造成支援事業（広域種資源造成支援事業）（平成 23～25 年度）中間報告書（2014））、生物情報等収集調査（山口県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、愛媛県、広島県、岡山県）

*2 の一部はコホート解析におけるチューニング指標である。

1. まえがき

トラフグは、沿岸漁業の重要な対象種である。天然魚や人工種苗を用いた標識放流・再捕調査から本種は回帰性を示し、日本海、東シナ海、瀬戸内海では複数の産卵場由来の個体が混在し、漁獲対象となると考えられている（伊藤ほか 1998、佐藤ほか 1999、松村 2006）。近年の標識放流調査においても、索餌海域にあたる九州・山口北西海域から 1～3

月に標識放流したトラフグは 4～6 月の産卵期に有明海、瀬戸内海、日本海などの産卵場近辺で再捕される事例が見られる（水産研究・教育機構 2021）。このことからも、索餌海域では複数の産卵場由来の地域個体群が混在することから、資源評価の単位としては同一とすることが望ましい。本系群の主な漁場である日本海、東シナ海、瀬戸内海では、漁獲量の減少が続いていたため、このうち漁獲の約半数を占める九州・山口北西海域では、2005 年度より九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画（休漁期間の設定、隻数上限の設定、小型魚保護等）が実施されてきた。資源回復計画は 2011 年度で終了したが、同計画で実施されていた資源管理措置は 2012 年度以降、日本海・九州西広域漁業調整委員会指示として、設定された海区ごとの休漁期間、承認隻数の上限設定とともに 2016 年漁期までは全長 25 ㎝未満の個体の再放流が実施されており、2016 年漁期以降、全長 30 ㎝未満に対象サイズが引き上げられた。さらに、2014 年度より本系群を対象としたトラフグ資源管理検討会議が開催され、資源量の回復目標の設定や資源管理の進め方についての協議が行われており、多くの地域で小型魚の自主規制サイズ等を設けるなどの取組みが行われている。（第 8 回トラフグ資源管理検討会議資料 2、トラフグの資源管理について、https://www.jfa.maff.go.jp/j/kanri/other/attach/pdf/torafugu-32.pdf）。また、本種は栽培漁業の対象種であり、本系群の分布海域では 1977 年漁期以降 45 万～294 万尾の人工種苗が毎年放流されている（図 1）。

2. 生態

（1）分布・回遊

本系群は日本海、東シナ海、黄海、瀬戸内海に分布する（図 2）。春に発生した仔稚魚は産卵場周辺を成育場とし、成長に伴って広域に移動する（日高ほか 1988、田北・Intong 1991）。日本海沿岸や九州北西岸の発生群は日本海、東シナ海、黄海へ移動し、瀬戸内海沿岸の発生群は豊後水道以南、紀伊水道以南、日本海、東シナ海、黄海へ移動する（佐藤ほか 1996）。

（2）年齢・成長

本系群の寿命は 10 年以上と推定され、雌雄いずれも最大で全長 60 cm 以上となる大型種である（尾串 1987、岩政 1988）。雌雄で成長が異なり、雌の方が成長が早い。

年齢と全長の関係は、上田ほか（2010）が von Bertalanffy 成長式により

雄：$Lt = 534.3\left(1 - e^{-0.648(t+0.130)}\right)$

雌：$Lt = 559.8\left(1 - e^{-0.598(t+0.144)}\right)$

（t：年齢、L_t：全長（mm））

と報告している。しかし、この式では成長曲線が 60 cm 程度で収束するのに対し、実際には全長 60 cm 以上に達する個体が存在するため、令和 3 年度報告より、全長組成を年齢に分解する方法を見直し、

雄：$L_t = 117.04 \times \ln(t) + 315.89$

雌：$L_t = 127.5 \times \ln(t) + 315.31$

を採用した。

また、全長−体重関係については、松村（2006）が、

雄：$W = 0.0395L^{2.82}$
雌：$W = 0.0530L^{2.74}$
（W：体重（kg）、L：全長（cm））

と報告しており、令和 2 年度評価までは、この式を用いていたが、これらは人工種苗放流魚の再捕個体から得た関係式であることから、天然・人工種苗の区別のない漁獲物全体の全長組成の年齢分解に利用できるよう、令和 3 年度報告より以下の式を使用することとしている（平井ほか 2022, FRA-SA2021-RC03-1 補足資料 6）。

令和 3 年度報告、改訂後の全長－体重関係式
雄：$W = 2.20 \times 10^{-5} \times L^{2.98}$
雌：$W = 1.97 \times 10^{-5} \times L^{3.02}$

なお令和 4 年度報告では、上記の全長組成に雄 2,318 個体、雌 2,787 個体の全長、体重データを追加し、以下の式を使用することとした（本評価結果、補足資料 6）。
令和 4 年度報告、改訂後の全長－体重関係式
雄：$W = 2.15 \times 10^{-5} \times L^{2.99}$
雌：$W = 1.98 \times 10^{-5} \times L^{3.02}$

年齢と全長、年齢と体重の関係について、最も漁獲の多い 12～翌 3 月のうち、年齢分解に使用した期間の中間日である 2 月 1 日時点として、年齢ごとの過去 5 年平均値（2017～2021 年漁期）を図 3 に示した。

（3）成熟・産卵
雄は 2 歳、雌は 3 歳から成熟する（図 4、岩政 1988）。なお、これまでの産卵親魚調査から、産卵来遊したこれらの年齢の個体は成熟していることから、成熟率については従来通り、雄は 2 歳時点、雌は 3 歳時点で成熟率 100%として扱う（図 4）。本系群の主な産卵場は八郎潟周辺、七尾湾、若狭湾、福岡湾、有明海、八代海、関門海峡周辺、布刈瀬戸、備讃瀬戸とされ、朝鮮半島沿岸、中国沿岸にも存在するとされる（図 2、Kusakabe et al. 1962、日高ほか 1988、鈴木 2001、Katamachi et al. 2015）。産卵は 3 月下旬に九州南部から始まり、水温の上昇とともに北上し、瀬戸内海での産卵期は 4～5 月とされ、若狭湾、七尾湾では 4～6 月とされる（藤田 1962、伊藤・多部田 2000）。

（4）被捕食関係
仔魚後期までは動物性プランクトン、稚魚は底生性の小型甲殻類、未成魚はイワシ類やその他の幼魚、エビ・カニ類、成魚は魚類、エビ・カニ類を捕食する（松浦 1997）。

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要
産卵場と特定もしくは推定されている八郎潟周辺、七尾湾、若狭湾、福岡湾、有明海、八代海、関門海峡周辺、布刈瀬戸、備讃瀬戸では、3～6 月に 2 歳以上の成熟個体が定置網、

釣、その他の網によって漁獲され、7 月～翌年 1 月に 0 歳が定置網、小型底びき網、釣、はえ縄によって漁獲される。日本海、東シナ海、豊後水道、紀伊水道では、12 月～翌年 3 月に 0 歳以上がはえ縄によって漁獲される（伊藤・多部田 2000）。2021 年漁期（2021 年 4 月～2022 年 3 月）の本系群の漁獲量は 190 トン（概数値）である。

また、九州・山口北西海域での漁獲量は本系群全体の漁獲量の約 6 割を占め（2021 年漁期の場合、114.2 トン、60%）、はえ縄により 9 月～翌年 3 月に主に 0 歳以上が漁獲される。瀬戸内海全体の漁獲量は本系群全体の漁獲量の約 2 割を占める（2021 年漁期：35.9 トン、19%）。このうち、瀬戸内海西部（伊予灘以西）の漁獲量は瀬戸内海全体の漁獲量の約 7 割を占め（2021 年漁期：26 トン、74%）、はえ縄等により周年 0 歳以上が漁獲される。瀬戸内海中央部（燧灘以東）の漁獲量は瀬戸内海全体の漁獲量の約 2～3 割を占め（2021 年漁期：9.5 トン、26%）、定置網や敷網の一つである袋待網等によって 4～6 月に 2 歳以上の成熟個体と未成熟な 1 歳が漁獲され、定置網によって 8～12 月に 0 歳が漁獲される。

本種を主な漁獲対象とする日本海、東シナ海におけるはえ縄の操業は 1965 年以前には日本の沿岸域に限られていたが、1965 年の日韓漁業協定以後、東シナ海、黄海へと漁場が拡大した。1977 年以降は北朝鮮の 200 カイリ宣言によって北緯 38 度以北の海域に出漁ができなくなり、北緯 38 度以南の黄海、東シナ海、対馬海峡から山陰に至る海域が主漁場となった。新日韓漁業協定（1999 年）、新日中漁業協定（2000 年）以降は我が国 EEZ 内が主漁場となっている。

（2）漁獲量の推移

本系群は各府県の調査で得られた 2002 年漁期以降の漁獲統計を把握している一方で、2002 年漁期以前の長期間にわたる漁獲統計は存在せず、下関唐戸魚市場（株）における取扱量などが漁獲動向の参考となる。下関唐戸魚市場（株）では 1971 年漁期から日本海、東シナ海産を外海産、瀬戸内海産を内海産として区別して取扱い、統計を整備している。なお、2005 年漁期から本取扱量は、三重県、愛知県、静岡県産も内海産に含まれる漁期年がある。取扱量は 1971～1993 年漁期に 490～1,891 トンで推移後、1994 年漁期から急激に減少し、1996 年漁期以降 109～336 トンと低水準で推移していたが、2019 年漁期に 90 トンと過去最少となり、2020 年漁期も 91 トンと、ほぼ横ばいであったが、2021 年漁期は 120 トンと増加した。なお 2021 年漁期は内海産が前年漁期の 13 トンから 11 トンに減少しているのに対して、外海産は 78 トンから 109 トンに増加している（図 5、表 1）。

本系群の 2002 年漁期以降の漁獲量は 2002 年漁期の 364 トンから減少傾向で 2020 年漁期に 158 トンと過去最小となり、2021 年漁期は概数値で 190 トンと推定された（図 1、表 2）。海域ごとの漁獲量を図 6、図 7 に示す。漁獲の動向は瀬戸内海全体が 36 トン（前年比-15%、全体の 19%）、日本海北部が 8 トン（前年比+21%、全体の 4%）、日本海中西部・東シナ海が 132 トン（前年比+39%、全体の 69%）、有明海が 11 トン（前年比-3%、全体の 6%）となった（図 6）。有明海は、当歳魚が前年比で+39%であり、親魚では+7%であった。瀬戸内海の各海域では、燧灘以東が 10 トン（前年比-18%）、伊予灘以西豊予海峡以北が 9 トン（前年比-30%）、伊予灘以西豊予海峡以南が 17 トン（前年比-1%）であった（図 7）。また、関門海峡（4～7 月）が 3 トン（前年比＋17%、系群全体の 1%）であった（図 7）。

（3）漁獲努力量

九州・山口北西海域におけるふぐはえ縄漁業の漁獲努力量として九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画、トラフグ広域資源管理方針に基づいて報告された関係 6 県（福岡県、広島県、熊本県、長崎県、佐賀県、山口県）の総針数を使用した。総針数は資源回復計画が開始された 2005 年漁期の 1800 万針から 2009 年漁期の 1100 万針に減少後、横ばいで推移し、2015 年漁期の 1300 万針からは減少し、2020 年漁期は 688 万針となった後、2021 年漁期は 671 万針（前年比-2.4%）であった（図 8、表 3）。

伊予灘、豊後水道における標本漁協のはえ縄漁業の月ごとの出漁隻数が 2005 年漁期（7 月～翌年 3 月）以降集計されている。これを一年間の延べ稼働隻数として集計したところ、延べ稼働隻数は 2005 年漁期の 680 隻から 2014 年漁期の 157 隻まで減少傾向であったが、2015 年漁期に 307 隻に増加した後は 2018 年漁期まで横ばいであった。2019 年漁期は 168 隻に減少したが、2020 年漁期は 220 隻に増加した後、2021 年漁期は 189 隻（前年比-14%）と減少した（図 9、表 3）。

瀬戸内海中央部の備讃瀬戸における標本漁協の 1 歳以上（1 kg 以上）を対象とした袋待網の出漁隻・日数は 2002 年漁期の 698 隻・日から 2016 年漁期の 318 隻・日まで減少した後、増加し、2018 年漁期は 436 隻・日であった。その後、2019 年漁期は標本漁協の一つの出漁隻数が不明であったため、以降は 1 標本漁協のみ集計し、193 隻・日であった。その後、2020 年漁期は 220 隻・日、2021 年漁期は 281 隻・日（前年比＋28%）と増加した（図 10、表 3）。

瀬戸内海中央部の備後灘における標本漁協の 1 歳以上を対象とした定置網の稼働統数は 1976 年漁期の 58 統から 1997 年漁期の 84 統まで増加傾向であったが、その後は減少傾向で 2021 年漁期で 19 統であった（図 11、表 3）。

伊予灘以西・豊予海峡以北のはえ縄におけるのべ取扱隻数は、2007 年漁期の 834 隻・日から 2009 年漁期に 1025 隻・日と最多となった後、減少し、2014 年漁期には 287 隻・日、2018 年漁期には 141 隻・日と 200 隻・日未満まで減少し、2021 年漁期は過去最少の 112 隻・日であった（図 12、表 3）。伊予灘以西・豊予海峡以南の釣りでは、2007 年漁期の 2300 隻・日から、2009 年漁期の 2909 隻・日まで増加した後、2011 年漁期に 2148 隻・日と 2000 隻・日を超えたほかは 1000 隻・日以上が 2020 年漁期まで続いてきたが、2021 年漁期は 995 隻・日と初めて 1000 隻・日を下回った（図 13、表 3）。

過去の漁獲努力量に関する集計例として、中国四国農政局統計部の昭和 56 年～平成 18 年山口農林水産統計年報によれば、瀬戸内海西部の山口県瀬戸内海側におけるふぐ類を対象としたはえ縄漁業の出漁隻・日数は、1995～2006 年のふぐ類漁獲量に占めるトラフグの割合が 61～99%であったことから、この海域のはえ縄漁業は主にトラフグを漁獲対象としていたと考えられる。漁獲努力量として当該海域の出漁隻・日数を使用した結果、出漁日数は 1991 年に最大（15,170 隻・日）となった後は減少傾向で、2006 年は 5,571 隻・日であった（図 14、表 3）。また、備後灘における標本漁協の 0 歳を対象とした定置網の稼働統数については 1983 年漁期から 2016 年漁期までの集計があり、1983～1998 年漁期は 66～78 統の間で横ばいで推移したが、1999 年漁期以降は減少傾向で集計最終年漁期の 2016 年漁期は 15 統であった（図 15、表 3）。

4. 資源の状態

（1）資源評価の方法

本系群の資源量は日本海、東シナ海、瀬戸内海における 0～3 歳と 4 歳以上をプラスグループとした 2002～2021 年漁期の年齢別漁獲尾数を用い、1 歳魚加重 CPUE を資源漁指標値としたチューニングコホート解析（平松 2001）により推定した（補足資料 1、2、3、4）。自然死亡係数（M）は最高年齢を 10 歳として、田内・田中の方法（田中 1960）により求めた 0.25 を用いた。年齢の起算日は 4 月 1 日とした。

（2）資源量指標値の推移

本年度評価においては、資源量指標値は総努力量を元に集計した単位努力量あたりの漁獲量を単純 CPUE とし、船別に集計可能である指標については船別 CPUE を算出し、各船の漁獲尾数または漁獲量で加重平均したものを加重 CPUE として扱った。

九州・山口北西海域における 0 歳以上を主対象としたはえ縄について、総針数の集計に基づく単位努力量当たりの漁獲量（kg/千針、単純 CPUE）は、2005 年漁期の 5 kg/千針から上昇傾向で 2017 年漁期に 10 kg/千針に達した後、2019 年にかけて 7 kg/千針まで低下したが、2020 年漁期は 11kg/千針、2021 年漁期は 15kg/千針となり、記録開始以降、単純 CPUE は記録を開始した 2005 年漁期と比べて 2.9 倍に達した（図 8A、表 3）。なお、この結果を漁獲尾数あたり換算すると、1.6 倍であった（図 8B）。一方、船別集計に基づき、各船の CPUE を漁獲尾数で加重して CPUE を算定したところ（尾数単位での加重 CPUE）、針数あたりで 2021 年漁期の CPUE は 2005 年漁期の 0.96 倍（図 8C）、日あたりで 1.1 倍と CPUE は横ばい傾向がみられた（図 8D）

伊予灘、豊後水道における標本漁協の 0 歳以上を対象としたはえ縄の CPUE（kg/延べ稼働隻数、単純 CPUE）は 2006 年漁期の 10 kg/延べ稼働隻数から減少傾向で 2018 年漁期は 4 kg/延べ稼働隻数まで減少したが、2019 年漁期に 8 kg/延べ稼働隻数に増加した後、2020 年漁期は 11kg/延べ稼働隻数となり、記録開始以降では過去最高値となった（図 9、表 3）。

備讃瀬戸における標本漁協の 1 歳以上（1kg 以上）を対象とした袋待網の単純 CPUE（kg/隻・日）は 1999 年漁期の 19 kg/隻・日から 2008 年漁期の 69 kg/隻・日に上昇した後は減少傾向で 2019 年漁期は 10 kg/隻・日まで低下したが、2020 年漁期は 12 kg/隻・日（前年比 16%増）であった（図 10、表 3）。

備後灘における標本漁協の 1 歳以上を対象とした定置網の単純 CPUE（4～6 月、kg/稼働統数）は 1976 年漁期の 51 kg/稼働統数から 1987 年漁期の 413 kg/稼働統数に上昇した後に 1990 年漁期の 91 kg/稼働統数まで急激に低下し、1990 年漁期以降も減少傾向で 2020 年漁期は 4 kg/稼働統数であった（図 11、表 3）。

伊予灘以西・豊予海峡以北のはえ縄における漁協取扱量に対する単純 CPUE（8～翌年 3 月、kg/隻・日）は、2007 年漁期の 9.9kg/隻/日から 2009 年漁期の 10.8kg/隻・日まで増加した後、2012 年漁期の 6.0kg/隻・日まで減少し、その後は 2015 年漁期の 14.5kg/隻・日まで増加して以降は 2016 年漁期から 2020 年漁期まで 10.1～12.6kg/隻・日と横ばいであったが、2021 年漁期は 9.2kg/隻・日と低下した。一方、船別 CPUE と船別取扱量に基づく加重 CPUE は 2007 年の 24.2kg/隻・日が最高値であり、以後、2012 年漁期の 7.9kg/隻・日まで減少した後は、2015 年漁期の 18.3kg/隻・日まで増加し、その後、2020 年漁期まで 12.0～14.2kg/隻・

日と横ばいが続いた後、2021 年漁期は 11.7kg/隻・日となった 2007 年漁期が最高値となった背景には、加重 CPUE では対象地域のトラフグ狙いの主要業者の漁獲量変動が反映されるため、混獲など少量漁獲の業者の取扱頻度は高いものの漁獲量としては少なく、主要業者の漁獲量が単純平均値と比べて他年漁期よりも相対的に多かったと考えられた（図 12）。

伊予灘以西・豊予海峡以南における釣りの漁協取扱量に対する単純 CPUE（8～翌年 3 月、kg/隻・日）は、直近の 2021 年漁期で 3.4kg/隻・日と最も高い値を示した。2007 年漁期は 3.0kg/隻・日であったが、2008 年漁期から 2013 年漁期まで 2.3～2.8kg/隻・日と横ばいであったが、2015 年漁期～2019 年漁期にかけては 2.7～2.9kg/隻・日と横ばいではあるものの、相対的には増加傾向となった。一方、船別 CPUE に基づく加重 CPUE は 2007 年に 3.9kg/隻・日であった後、2008 年漁期に 2.3kg/隻・日と集計期間で最も低い値を示したが、以後は緩やかな増加を示し、2021 年漁期は 3.8kg/隻・日であった。加重 CPUE を算出した九州・山口北西海域や伊予灘以西・豊予海峡以北海域では、はえ縄漁業での集計であるのに対し、伊予灘以西・豊予海峡以南海域では単純 CPUE と加重 CPUE の差は小さく、集計した釣り漁業では、元から漁業者間の CPUE は差が小さいことが考えられる（図 13）。

山口県瀬戸内海側における 0 歳以上のふぐ類を対象としたはえ縄の CPUE（kg/出漁隻・日）は 1981 年の 19 kg/出漁隻・日から 1984 年の 49 kg/出漁隻・日に上昇した後に大きく低下し、1990 年に 7 kg/出漁隻・日となり、2006 年の 8 kg/出漁隻・日まで低位で推移し（図 14、表 3）、下関唐戸魚市場（株）の内海産の取扱量の推移と概ね一致した（図 5、表 1）。

備後灘における標本漁協の 0 歳魚を対象とした定置網の CPUE（kg/統数）は 2～72 kg/稼働統数の間で大きく変動し、2016 年漁期は 5 kg/稼働統数であった（図 15、表 3）。

（3）漁獲物の年齢組成

2021 年漁期の年齢組成は尾数換算で 0 歳が 16%、1 歳が 14%、2 歳が 25%、3 歳が 16%、4 歳以上が 28%となった（図 16、補足資料 3）。年齢ごとの漁獲尾数の推移では、0 歳、1 歳がそれぞれ 2005 年漁期、2006 年漁期以降、減少傾向が続いており、前年比でそれぞれ-8%、-35%減となった。2 歳では 2002 年漁期から 2006 年漁期にかけて減少した後、2011 年漁期にかけて増加したが、以後は緩やかな減少傾向が見られ、2021 年漁期は前年比で+22%となった。3 歳では 2007 年漁期にかけて増加した後、緩やかな減少の後、2021 年漁期では前年比で+24%となった。4 歳以上では 2008 年漁期に漁獲尾数は最多となった後、2013 年漁期から 2020 年漁期にかけて、緩やかな減少傾向を示したが、2021 年漁期は増加となり、前年比で+35%となった（図 16）。漁獲物の年齢組成は海域により異なり、有明海では 0 歳が、瀬戸内海では 0～2 歳が、日本海、東シナ海では 2 歳以上が漁獲の中心になっている（図 17）。瀬戸内海および関門海峡では、海域によって漁獲物の年齢構成は異なり、燧灘以東では、0 歳と 3 歳以上が、豊予以北では 0 歳～2 歳が、豊予以南では 1 歳と 2 歳が、関門海峡では 2 歳以上が漁獲の中心となっている（図 18）。

（4）資源量と漁獲割合の推移

本系群の資源量は 2006 年漁期の 1,174 トンから減少傾向で、2021 年漁期は 721 トンであった。このうち、2002 年漁期から 2016 年漁期までの間、資源量 1,000 トン未満となったのは、2003 年（973 トン）、2004 年（951 トン）、2012 年（998 トン）、2014 年（964 トン）と

いずれも 900 トン台であったが、2017 年漁期（988 トン）以降は 5 年連続で 1,000 トン未満での減少が続き、2019 年漁期以降は 900 トン台を割っている（図 19、表 4）。親魚量は 2006 年漁期の 337 トンから 2007 年漁期の 498 トンまで増加した後、2018 年漁期に 502 トンと資源評価期間中の最大値となるまでは、400 トン台前後を推移した（399～502 トン）が、2019 年以降は減少傾向にある。2021 年漁期の親魚量は 464 トンと推定された（表 4）。漁獲割合は 2002 年漁期から 2009 年漁期までの間、26～34％と 30％前後で推移し、2011 年漁期に 29％となった後は 19～25％と減少していたが、2021 年漁期は増加し、26%（前年比で 37％増）であった（図 19、表 4）。感度分析として M を 0.1 増加させた場合、2021 年漁期の資源量は 29%増加、親魚量は 28%増加、加入量は 32%増加し、M を 0.1 減少させた場合、2021 年漁期の資源量は 17%減少、親魚量は 17%減少、加入量は 19%減少した（図 20～22）。

（5）生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

年齢別の漁獲係数（F）の経年変化を図 23 と補足資料 3 に示す。2002～2021 年漁期の F の全年齢単純平均値（0 歳～3 歳以上の各年 F の単純平均）は、2002 年漁期の 0.46 を最大値として、以降 2020 年漁期の 0.23 まで低下傾向であったが、2021 年漁期は 0.31 と上昇している。F の全年齢平均に対して、0 歳では、2011 年漁期以降、F が低い傾向が見られ、2015 年漁期を除いて、全年齢の F 単純平均値よりも低い値となっている。1 歳では 2013 年漁期以降、全年齢の F 単純平均値よりも低い値となっている。一方、2 歳では 2003 年漁期から 2009 年漁期まで全年齢の F 単純平均値よりも低い値を示したが、2010 年～2015 年漁期まで全年齢 F 単純平均値と増減を繰り返した後、2016 年漁期以降は全年齢 F 単純平均値よりも高い値を示している。3 歳以上では 2011 年漁期以降、それぞれの F は全年齢単純平均値と比べて高い傾向にあり、また評価期間を通じても、3 歳以上の F は全年齢単純平均値よりも高い傾向にある（図 23）。なお、近年の F は 0 歳、1 歳については 2019 年漁期から 2021 年漁期にかけて、2 歳、3 歳以上については 2020 年漁期から 2021 年漁期にかけて、F が増加傾向にある。

SPR、YPR を算出した結果、現状の F（2018～2020 年漁期の全年齢 F の平均、$F_{2018\sim2020}$：0.23）は Fmax（0.32）より小さく、経験的に適正な基準値とされる F30%SPR（F＝0.24）と比べて大きな差は認められなかった（図 24A）。なお、直近年の F_{2021} は Fmax とほぼ変わらなかった（図 24B）。直近年の F の不確実性は一般に高いが、個々の年齢の F は 2019 年漁期以降、若齢からを中心に上昇していることからも、現状の F は Fmax に近い可能性も考慮する必要があると考えられる。

（6）人工種苗放流による資源添加状況と天然個体の再生産成功率の推移

本系群における人工種苗の放流尾数は 1977 年漁期の 55.4 万尾から 2011 年漁期の 294 万尾まで増加傾向であったが、放流魚の大型化や尾鰭の欠損防止を図った結果、2012 年漁期に 172.9 万尾に減少し、その後横ばいで推移し、2021 年漁期は 150.7 万尾であった（速報値、図 1、表 5）。放流魚の一部には、胸鰭切除、背部への焼印や有機酸処理、アリザリン・コンプレクソン（ALC）による耳石染色などの標識が施され、天然魚と識別されている。また、本種の人工種苗は放流前の高密度飼育や餌不足が原因で噛み合い行動により尾鰭が欠損することがあるため（松村 2005）、尾鰭の欠損の有無も放流魚と天然魚の識別に

用いられている。このような外部標識や形態異常も放流魚指標として従来の評価では混入率算定に用いられてきたが、外部標識個体の標識率は海域、放流県によって異なり、また、形態異常の発生率も生産ロットによって一様とは言えないことから、令和 3 年度の評価より混入率算定は、何らかの全数標識指標（調査対象の放流群の全数が、ALC や有機酸など、何らかの全数標識が施されている形質について観察）で天然魚、放流魚の判定を行うこととした。そのうえで、天然個体の耳石では通常みられない耳石奇形（薄片化や、ささくれ状、分離、星状石と扁平石の癒合などの耳石形成異常）についても、放流魚として判定することとしている。混入率の評価は放流実施県とその周辺県の当歳魚サンプルを用いて行った。なお、当歳魚の漁獲が少ない日本海北部は当歳魚時点での十分な放流情報が得にくいと判断して観察から除外し、当歳魚の主たる漁獲海域である瀬戸内海燧灘以東、瀬戸内海伊予灘以西豊予海峡以北、有明海を観察対象とした。なお、混入率算定方法の変更（補足資料 8）を行ったが、過去データについては年度によって標識率が大きく異なることから変更せず、2020 年漁期データ分より新しい算定方法を用いることとした。また、2021 年漁期からは有明海の当歳魚漁獲物集積市場の市場データのうち、箱数データしかない市場については、市場調査員の動画撮影から得たキャプチャー画像から、週あたり入数を推定し、同時期の平均体重を用いて市場取扱尾数及び取扱量の推定を行った（補足資料 7）。

その結果、混入率は 2002 年漁期の 5%から 2012 年漁期まで 2010 年漁期の 37%をピークに上昇傾向であった後、2013～2014 年漁期は 30%前後で推移し、2015 年漁期に 12%まで急激に低下した後、2018 年漁期にかけて 29%まで上昇し、2019 年漁期はほぼ横ばいであった。上記の算定方法を変更した結果、2020 年漁期は外部形態を併用した算定方法と比べて 35.9%と過去の資源評価対象年の中では 2 番目に高い値を示したが、2021 年漁期では 29.5%と前年から低下した（図 25、表 5、6）。0 歳資源尾数に混入率を乗じて放流由来の 0 歳資源尾数を求め、0 歳資源尾数を天然魚と放流魚に分離した結果、天然魚の 0 歳資源尾数は 2002 年漁期の 57.4 万尾から 2005 年漁期に 75.4 万尾まで増加した後、減少傾向となり、2021 年漁期は 6.8 万尾と推定された。なお今年度評価のチューニングコホート解析による結果により、2020 年漁期の天然資源尾数は当初評価の 6.7 万尾から 7.8 万尾に上方修正された。0 歳放流資源尾数は 2002 年漁期の 3.2 万尾から増加し、2006 年漁期の 16.3 万尾以降は 2012 年漁期の 12 万尾まで 10 万尾以上が 0 歳資源尾数に添加されていたが、その後は減少傾向で 2021 年漁期は 2.9 万尾と推定された。2020 年漁期は 0 歳天然資源尾数と同様に当初評価の 3.7 万尾から 4.4 万尾に上方修正されている（図 26、表 5）。しかしながら、放流資源尾数においても 2015 年漁期に 4.6 万尾とそれまでの過去最少となった後、2017 年漁期に 6.0 万尾まで回復した後は、2021 年漁期まで減少傾向が続いており、2020 年、2021 年の各漁期においては 2 年連続で放流魚の加入状況は過去最低となっている。放流魚の漁獲加入までの生存率である添加効率は放流由来の 0 歳資源尾数を放流尾数で除して算出した（図 27）。その結果、添加効率は 2002 年漁期の 0.019 から 2004 年漁期の 0.076 をピークに 2005 漁期から 2014 年漁期までは 0.038 以上であったが、2015 年漁期～2020 年漁期は 0.024～0.035 と低下し、2021 年漁期は 0.019 と推定された。（図 27、表 5）。

0 歳資源尾数から放流資源尾数を除して得た 0 歳天然資源尾数と親魚量から得られた再生産成功率とこの間の親魚量の経年推移を図 28 に示す。なお、親魚量は 3 歳以上の全資源量とし、放流によって添加された親魚資源も天然由来親魚と同質の親魚資源として扱ってい

る。再生産成功率は2002年漁期から2005年漁期にかけて1 kg/尾以上の値（1.00～2.09）を示した後、2005年漁期の2.09 kg/尾を最大として、2007年漁期以降は1 kg/尾未満の値を示しており、減少傾向にある。このうち2007年漁期から2015年漁期までは0.47～0.91尾/kgの間を推移し、横ばい傾向であったが、2015年漁期の0.70尾/kg以降は減少傾向にあり、特に2017年漁期の0.38尾/kg以降は2007～2015年漁期の最小値である0.47尾/kg未満の値で低く推移し、2021年漁期の再生産成功率は0.15尾/kgと過去最小値となっている。（図28）

5. 資源評価のまとめ

2021年漁期の資源量は721トン、親魚量は464トンと推定され、資源量は2015年漁期以降、親魚量は2018年漁期以降、減少傾向にある。一方で、漁獲量は190トンと前年漁期の158トンから増加し、各年齢のFは、0歳、1歳は2019年漁期以降、2歳以上は2020年漁期以降上昇している。また、2歳のFは2015年漁期以降、3歳以上は2012年漁期以降、全年齢平均よりも高い水準にある。2021年漁期の再生産成功率は過去最小値であった。

6. その他

本系群は複数の産卵場および成育場を有し、それらを由来とする個体が日本海、東シナ海で混合して漁獲対象となった後、産卵回帰している可能性があることから、それぞれの産卵場や成育場の保護が必要と考えられる。水産庁主催の資源管理のあり方検討会においては、本系群が個別事例として取り上げられ、2014年度に資源管理の方向性が取りまとめられた。その中では、資源管理を効果的に進めるために漁獲の多くを占める未成魚の漁獲抑制に取り組むことに加えて、種苗放流においては資源管理との連携を図りながら十分な放流尾数を確保しつつ、放流効果の高い場所での集中的な放流、全長70 mm以上でかつ尾鰭の欠損のない種苗の放流など種苗放流の高度化を検討する必要があるとされた。天然魚および放流魚由来の加入量は減少傾向であることから、現在進められている未成魚の漁獲抑制と尾鰭欠損防除などの健苗性向上も含めた種苗放流の高度化の取り組みが求められるが、これらについては前項で示したように若齢のFの低下や1歳魚の将来予測の上方修正への反映にも見られるように、一定の効果は現れており、今後も継続的な取り組みが必要と考えられる。他方、再生産成功率の低下と系群全体の親魚量が低下している現状から、令和3年度評価では、自粛対象サイズを超えた2歳魚のFの増加や若齢と比べて相対的に高いFを示す3歳以上の親魚も含めて、各年齢で必要な検討を行い、全年齢での資源管理の取り組みが必要と考えられる、とした。本年度評価においても資源量は低下傾向である反面、2歳、3歳以上のFは増加傾向にあり、加えて、加入量が減少過程にある中で、0歳、1歳においてもFは増加していることが示されていることから、いずれの年齢群でも資源状態に見合った漁獲実態とは言い難く、全年齢での資源管理の必要性は高まっていると考えられる。

7. 引用文献

藤田矢郎 (1962) 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎水試論文集, **2**, 1-121.

日高　健・高橋　実・伊藤正博 (1988) トラフグ資源生態に関する研究Ⅰ −福岡湾周辺における卵と幼稚魚の分布−. 福岡水試研報, **14**, 1-11.

平松一彦 (2001) VPA (Virtual Population Analysis). 「平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書 −資源解析手法教科書−」日本水産資源保護協会, 東京, 103-128.

伊藤正木・小嶋喜久雄・田川　勝 (1998) 若狭湾で実施した標識放流実験から推定したトラフグ成魚の回遊. 日水誌, **64**, 435-439.

伊藤正木・多部田修 (2000) 漁業協同組合へのアンケート調査結果から推定した日本周辺のトラフグの分布. 水産増殖, **48**, 17-24.

岩政陽夫 (1988) 黄海・東シナ海産トラフグの成長と成熟に関する一考察. 山口県外海水試研報, **23**, 30-35.

Katamachi, D., M. Ikeda and K. Uno (2015) Identification of spawning sites of the tiger puffer *Takifugu rubripes* in Nanao Bay, Japan, using DNA analysis. Fish. Sci., **81**, 485-494.

片町太輔・石田　実 (2019) 平成 30 (2018) 年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁・水産研究･教育機構, 2062-2094.
http://abchan.fra.go.jp/digests2018/details/201870.pdf

Kusakabe, D., Y. Murakami and T. Onbe (1962) Fecundity and spawning of a puffer *Fugu rubripes* (T. et S.) in the central waters of the Inland Sea of Japan. J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ., **4**, 47-79.

松村靖治 (2005) 有明海におけるトラフグ人工種苗の当歳時における放流効果と最適放流方法. 日水誌, **71**, 805-814.

松村靖治 (2006) 有明海におけるトラフグ *Takifugu rubripes* の人工種苗の産卵回帰時の放流効果. 日水誌, **72**, 1029-1038.

松浦修平 (1997) 生物学的特性.「トラフグの漁業と資源管理」多部田修編, 恒星社厚生閣, 東京, 16-27.

尾串好隆 (1987) 黄海・東シナ海産トラフグの年齢と成長. 山口県外海水試研報, **22**, 30-36.

佐藤良三・鈴木伸洋・柴田玲奈・山本正直 (1999) トラフグ *Takifugu rubripes* 親魚の瀬戸内海・布刈瀬戸の産卵場への回帰性. 日水誌, **65**, 689-694.

佐藤良三・東海　正・柴田玲奈・小川泰樹・阪地英男 (1996) 布刈瀬戸周辺海域からのトラフグ当歳魚の移動. 南西水研研報, **29**, 27-38.

水産研究・教育機構 (2021)、令和 2 年度 EEZ 内資源・漁獲管理体制強化事業（資源管理計画等の高度化に関する調査事業）報告書, 大臣管理漁業等の資源管理計画及び資源管理措置に関する調査　広域性魚類（トラフグ（瀬戸内海））, 39-46.

水産研究・教育機構 (2021)、令和 2 年度資源量推定等高精度化事業報告書　6000 トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群, 71-83.

鈴木伸洋 (2001) トラフグの産卵場形成要因の解明.「中回遊型魚類の回帰性の解明と資源管理技術の開発 (プロジェクト研究成果シリーズ 369)」, 農林水産技術会議, 東京, 44-55.

田北　徹・Intong Sumonta (1991) 有明海におけるトラフグとシマフグの幼期の生態. 日水誌, **57**, 1883-1889.

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.

上田幸男・佐野二郎・内田秀和・天野千絵・松村靖治・片山貴士 (2010) 東シナ海, 日本海および瀬戸内海産トラフグの成長と Age-length key. 日水誌, **76**, 803-811.

（執筆者：平井慈恵、片町太輔、真鍋明弘）

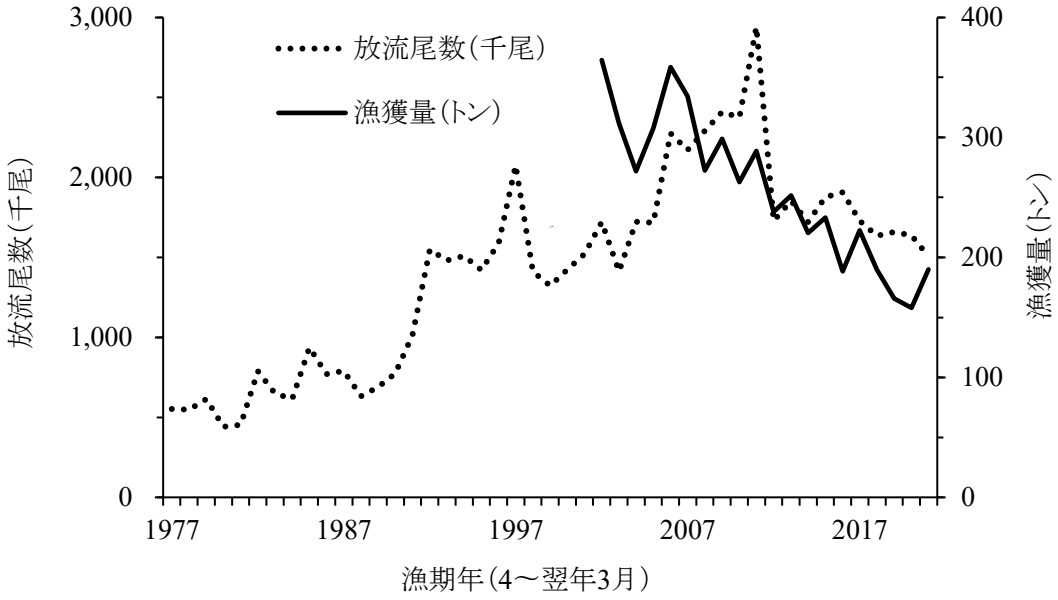


図 1.　種苗放流尾数と漁獲量の推移

図 2.　分布域と国内における主要産卵場

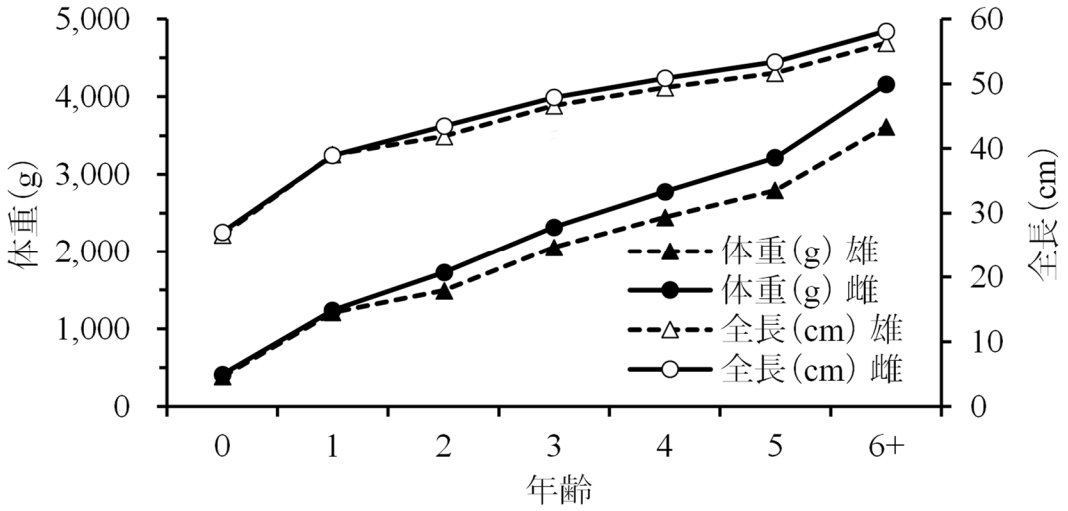


図 3.　年齢と成長（基準日：2 月 1 日、過去 5 年平均（2017～2021 年漁期））

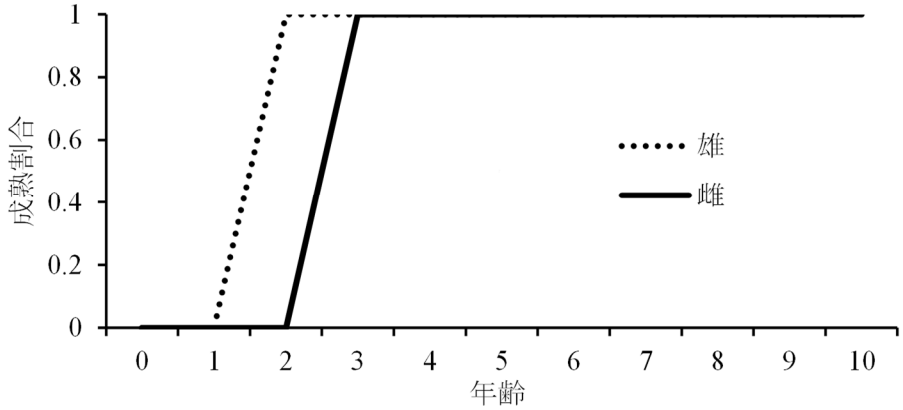


図 4.　年齢と成熟

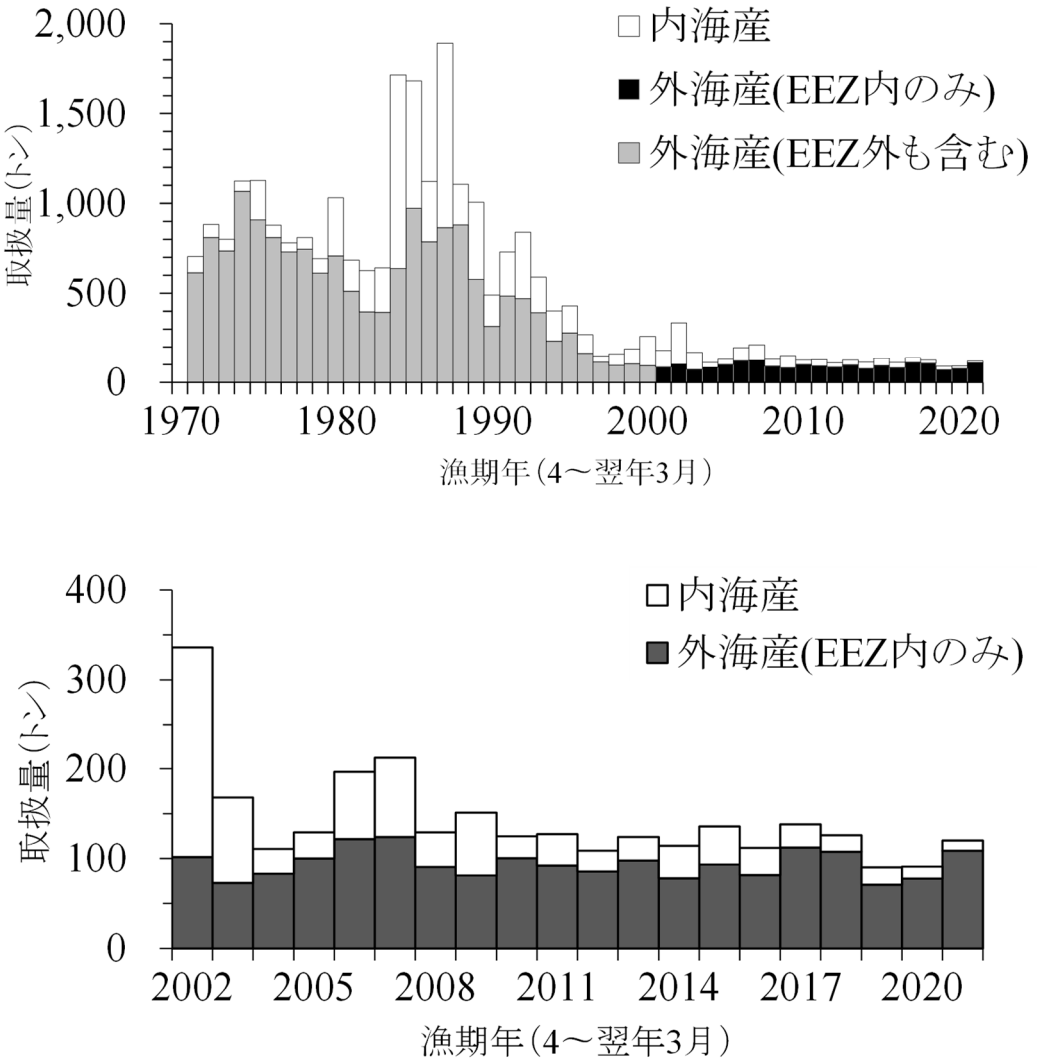


図 5.　下関唐戸魚市場の取扱量の推移（上段：資料全期間、下段：本系群資源評価期間）

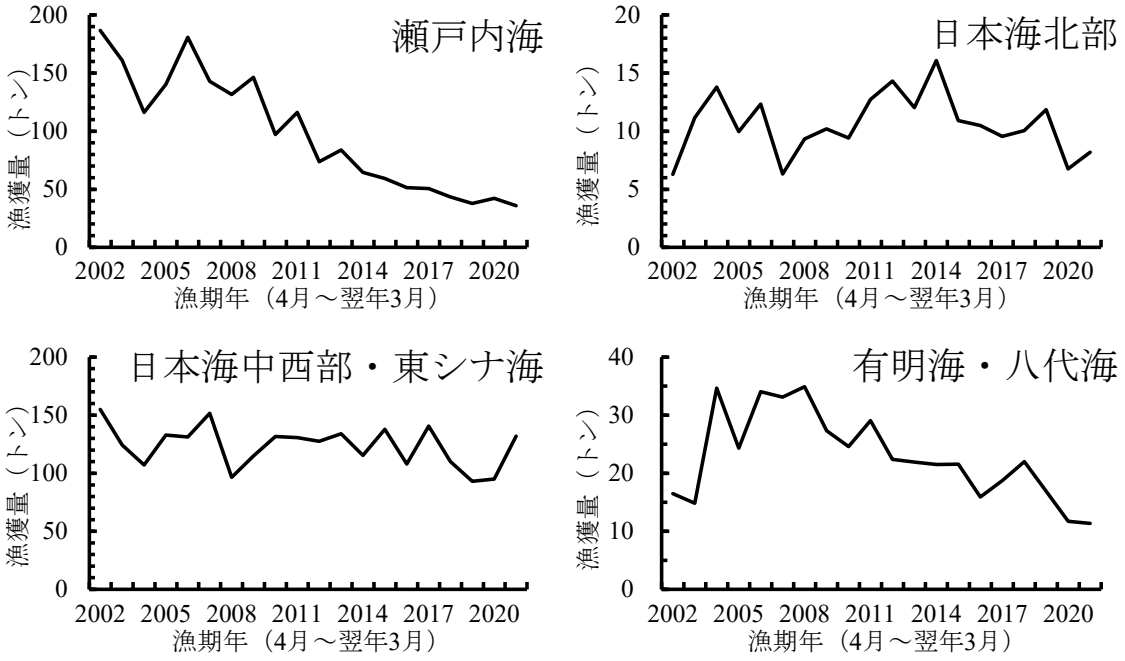


図 6.　海域別の漁獲量の推移 1　海域区分は補足資料 7 を参照。

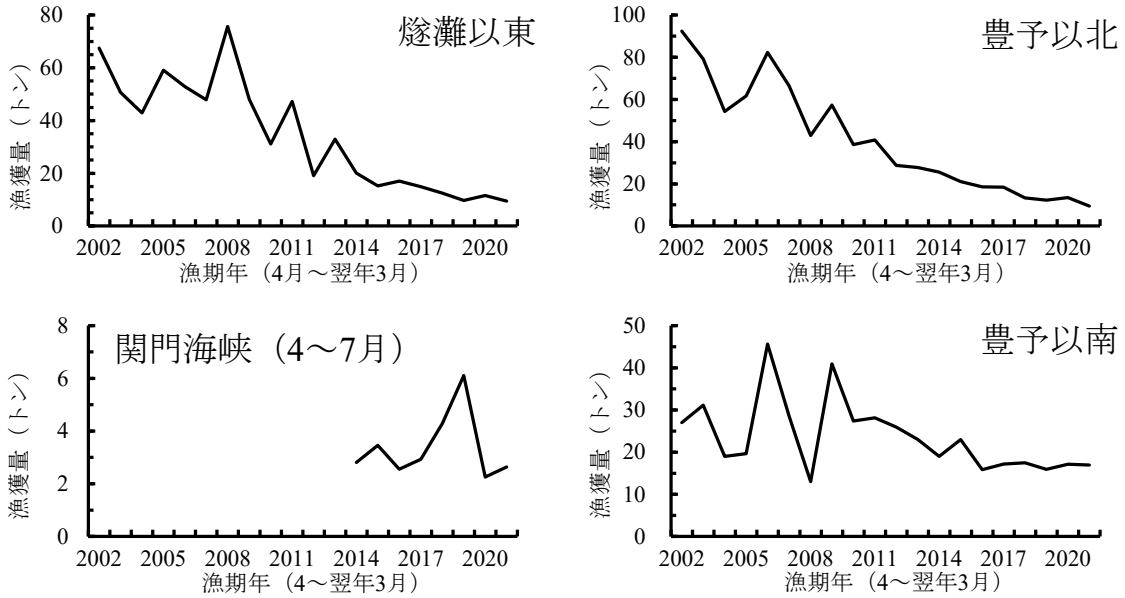


図 7.　海域別の漁獲量の推移 2　瀬戸内海および関門海峡（4～7 月）の各海域区分における漁獲量の推移。海域区分は補足資料 7 を参照。関門海峡は、2014 年漁期以降の集計判明分を示す。

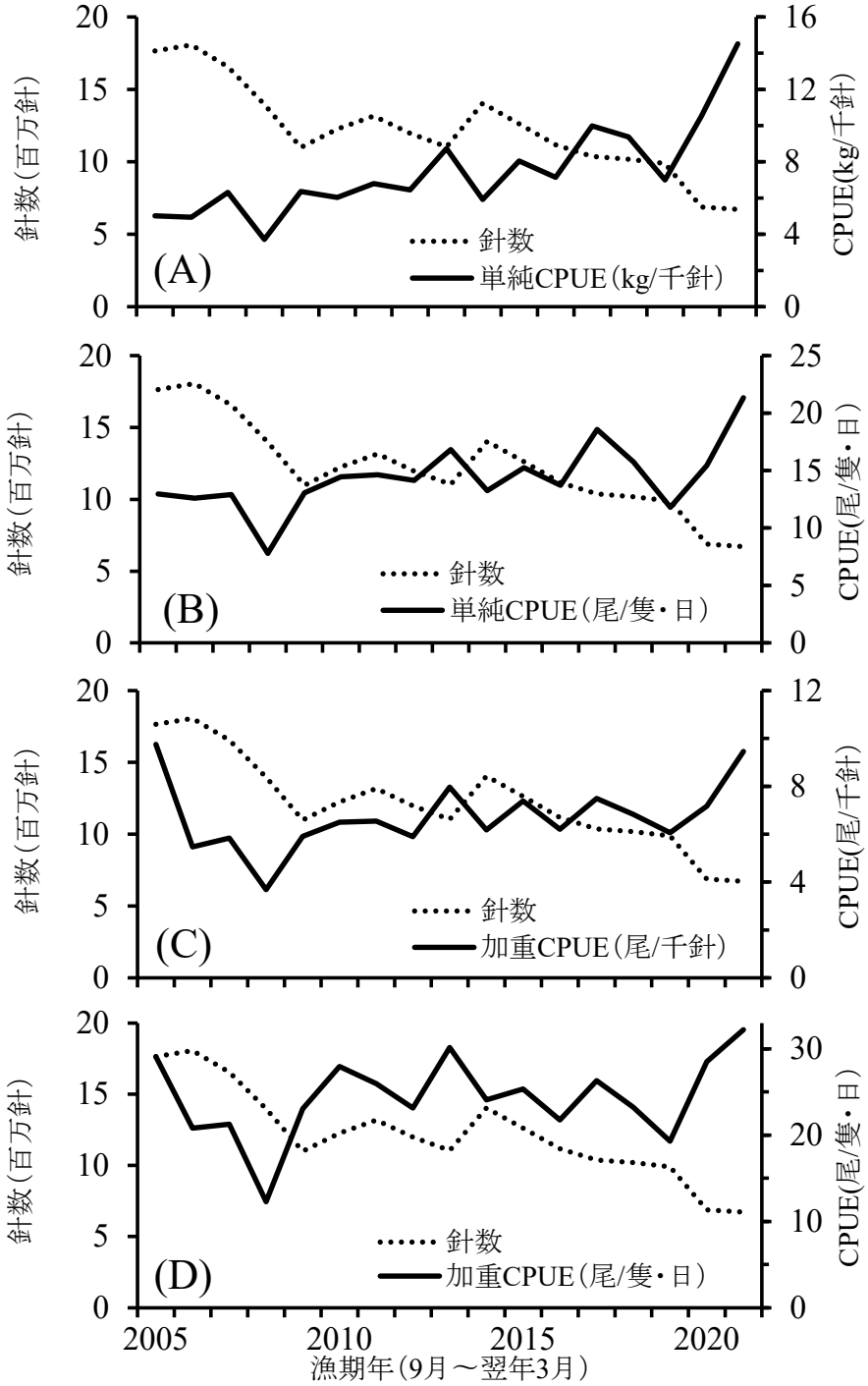


図 8.　九州・山口北西海域の 0 歳以上を対象としたはえ縄の努力量と CPUE の推移。(A)：総針数と総漁獲量に基づく単純 CPUE（kg/千針）。従来評価結果においても報告してきた結果。(B)：総漁獲尾数に基づく隻・日当たり単純 CPUE（尾/隻・日）。(C)：船別の漁獲尾数と針数に基づく加重 CPUE（尾/千針）。(D)：船別の日当たり漁獲尾数に基づく加重 CPUE（尾/隻・日）。加重 CPUE はいずれも船別の総漁獲尾数に対する加重値を使用。

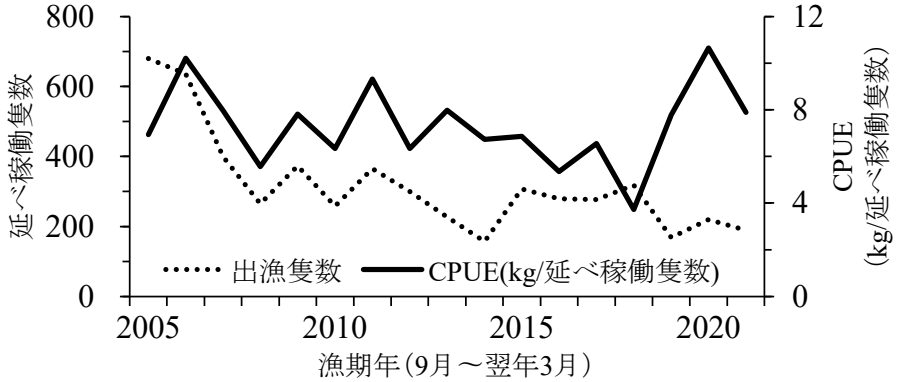


図 9.　伊予灘・豊後水道における標本漁協のはえ縄の努力量と単純 CPUE の推移

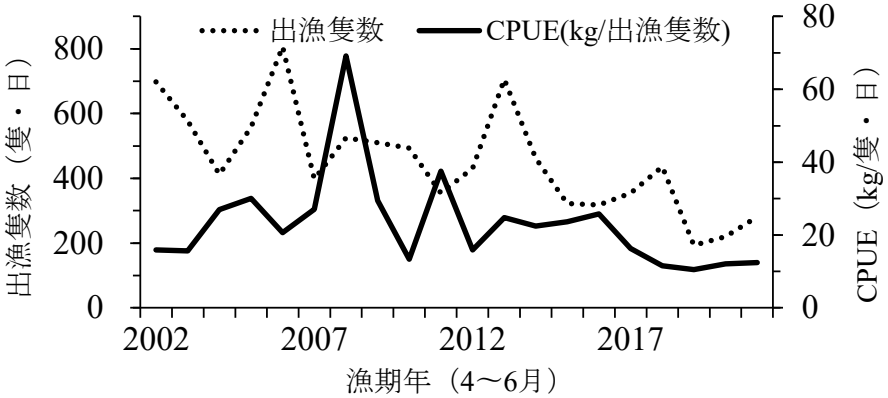


図 10.　備讃瀬戸における標本漁協の 1 歳以上（1 kg 以上）を対象とした袋待網の努力量と単純 CPUE の推移　2019 年以降は一標本漁協について出漁隻数、単純 CPUE を算出

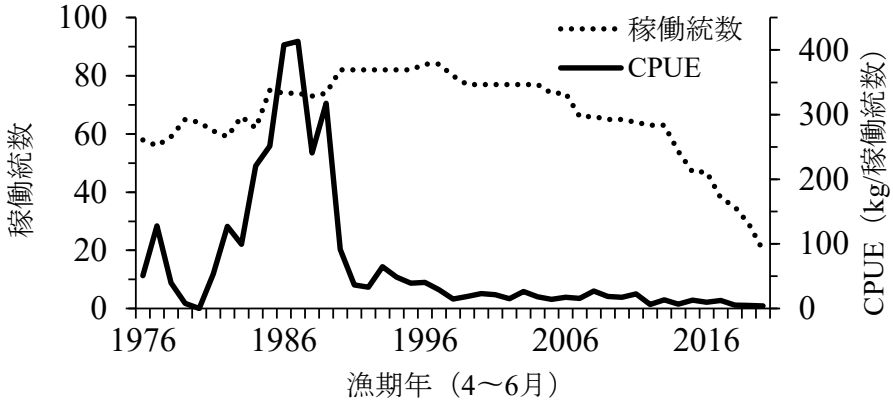


図 11.　備後灘における標本漁協の 1 歳以上を対象とした定置網の努力量と単純 CPUE の推移

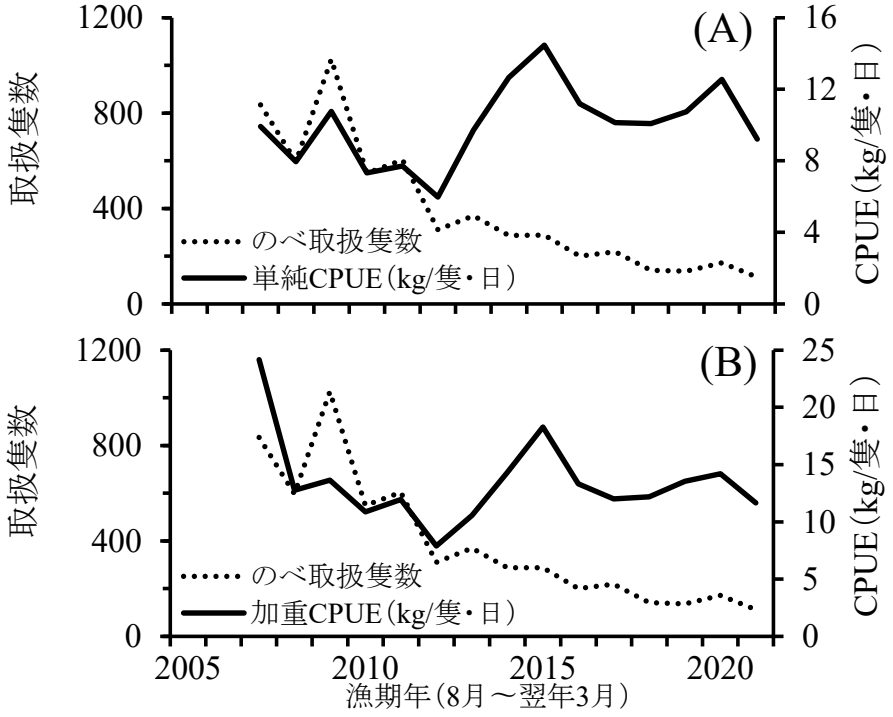


図 12.　豊後水道のはえ縄（豊予海峡以北）における漁協取扱隻数と単純 CPUE の推移（A）および加重 CPUE（B）。加重 CPUE は船別の漁協取扱量に対する加重値を使用。

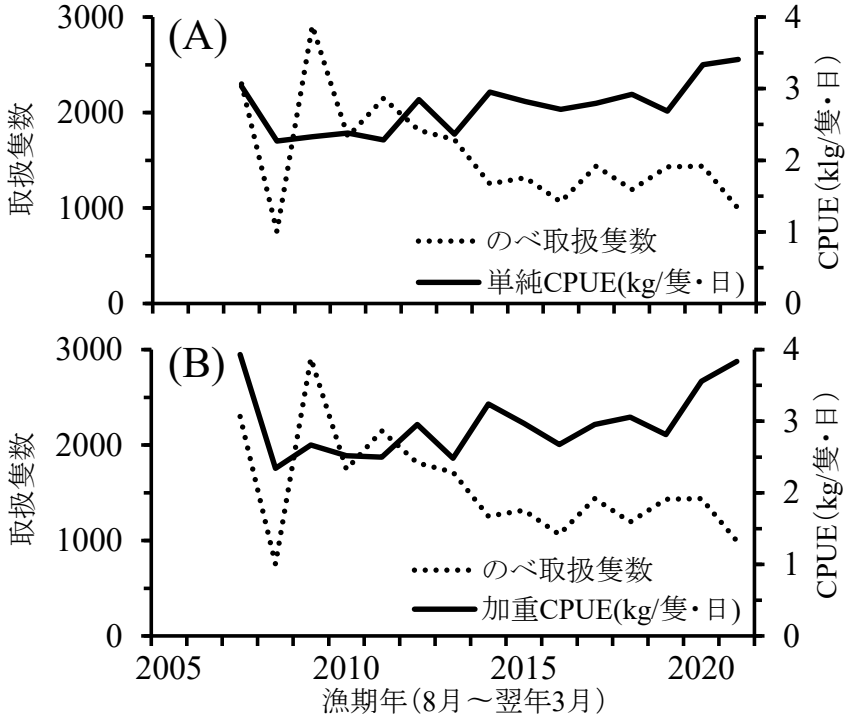


図 13.　豊後水道の釣り漁業（豊予海峡以南）における漁協取扱隻数と単純 CPUE の推移（A）および加重 CPUE（B）。加重 CPUE は船別の漁協取扱量に対する加重値を使用。

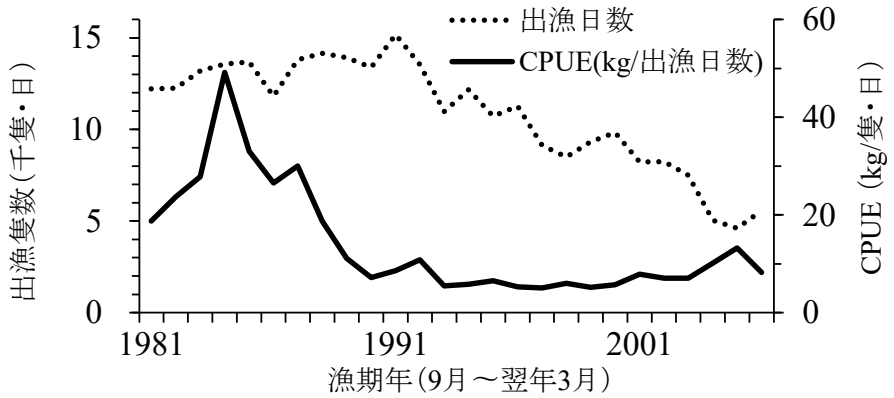


図 14.　山口県瀬戸内海側のはえ縄の努力量と単純 CPUE の推移

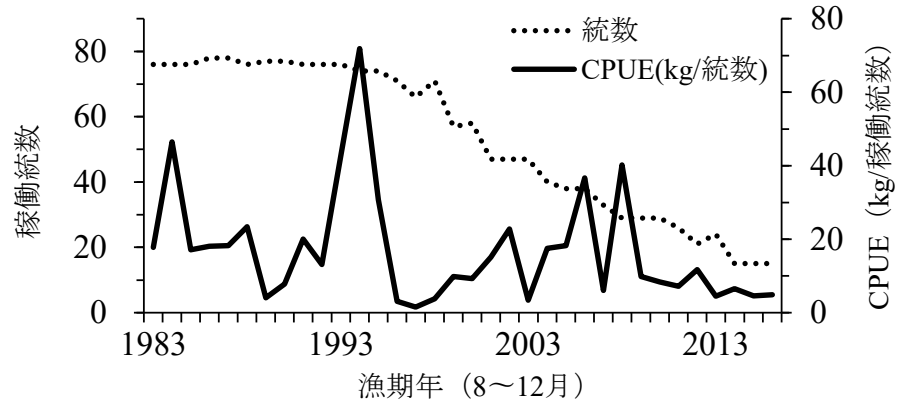


図 15.　備後灘における標本漁協の 0 歳を対象とした定置網の努力量と単純 CPUE の推移

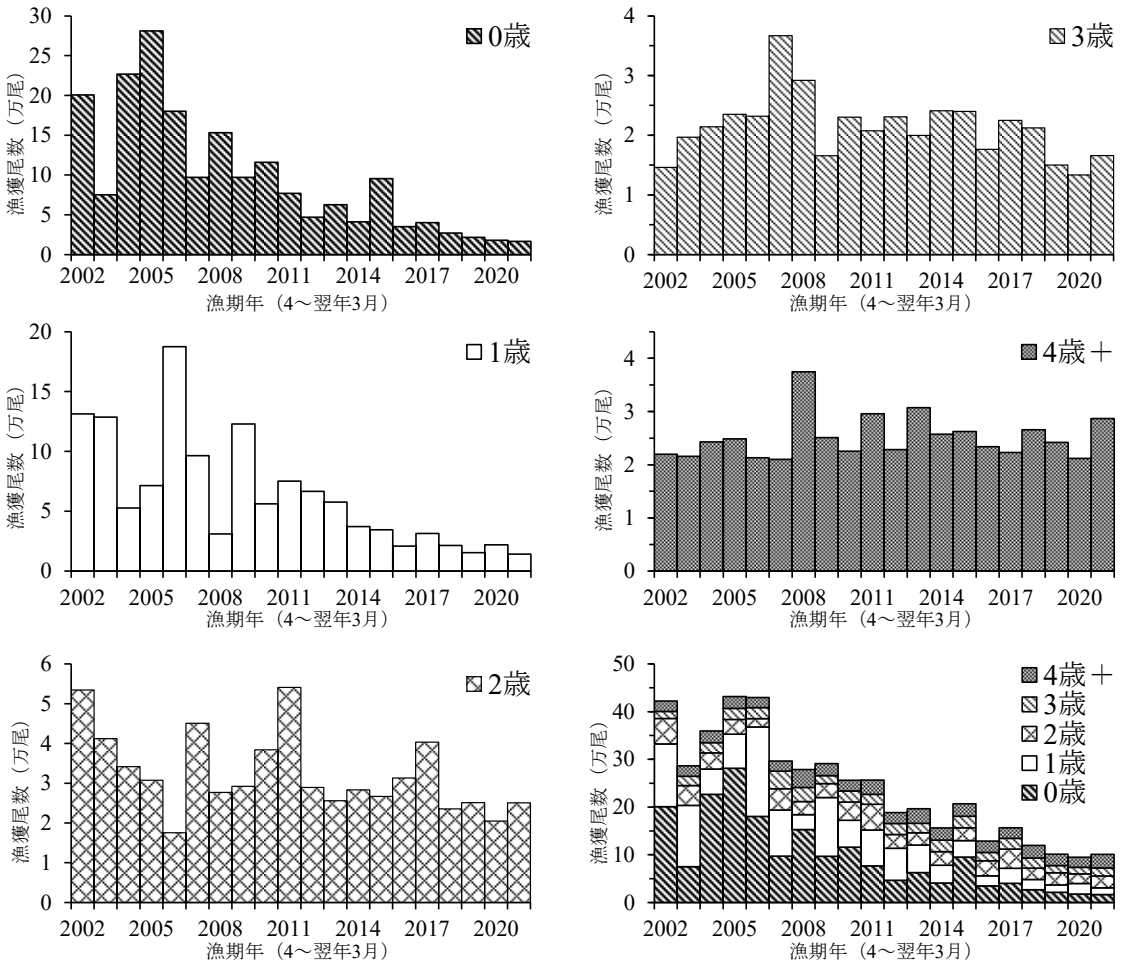


図 16.　年齢ごとの漁獲尾数の推移

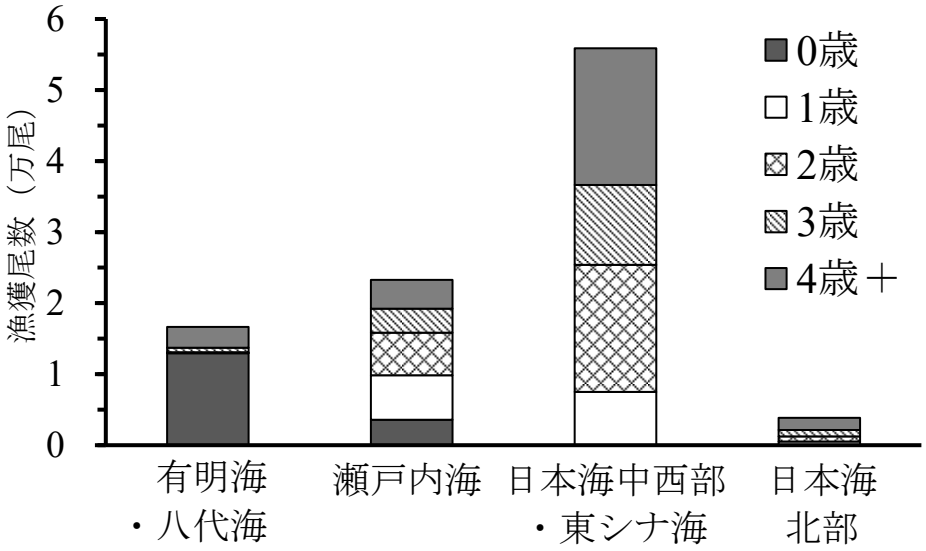


図 17.　2021 年漁期（4 月～翌年 3 月）の海域別年齢別漁獲尾数

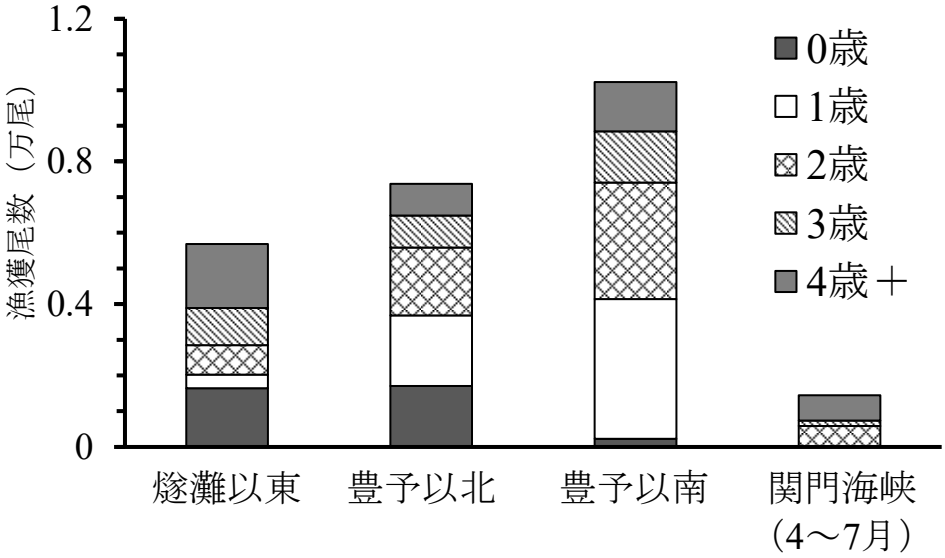


図 18.　2021 年漁期の瀬戸内海（4 月～翌年 3 月）および関門海峡（4～7 月）の海域別年齢別漁獲尾数

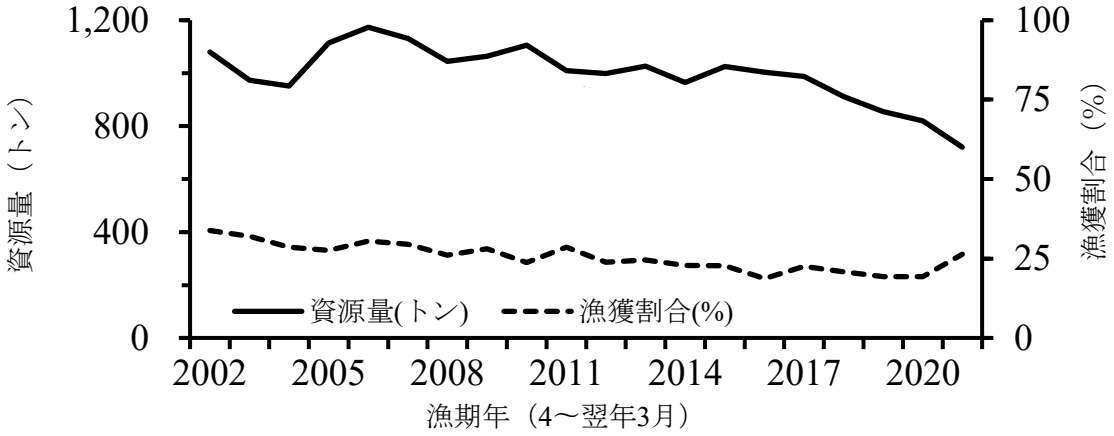


図 19.　資源量と漁獲割合の推移

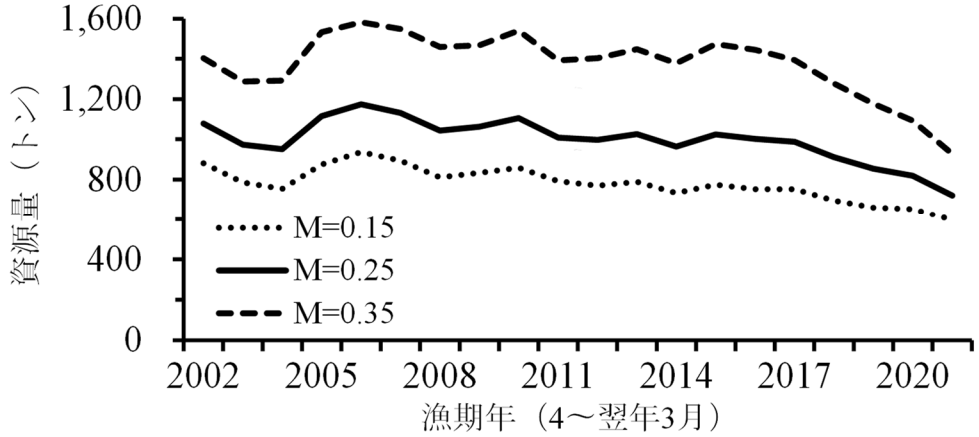


図 20.　資源量についての自然死亡係数 M の感度分析

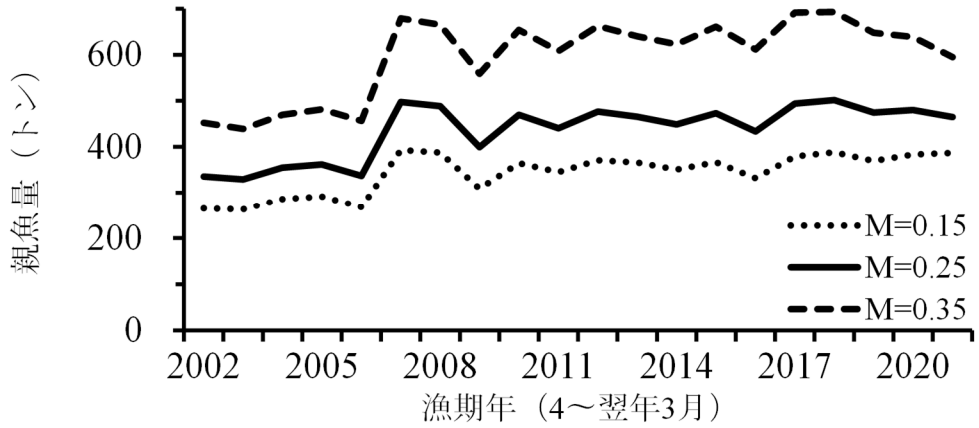


図 21.　親魚量についての自然死亡係数 M の感度分析

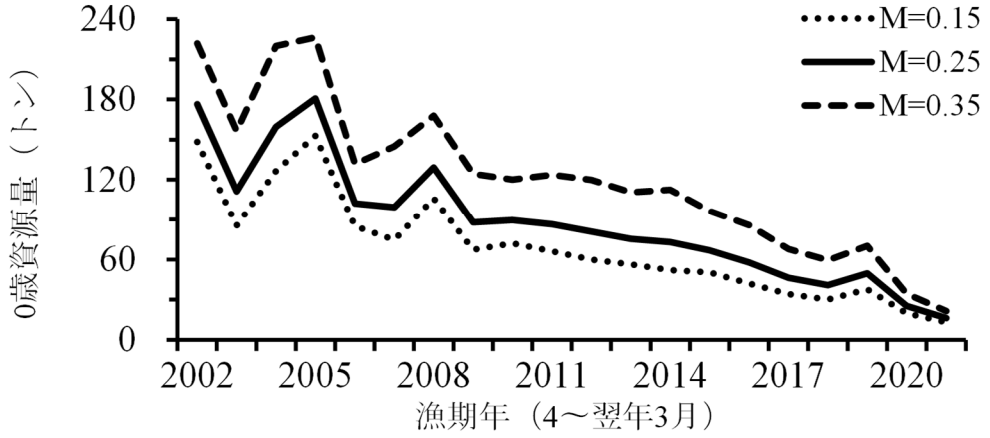


図 22.　0 歳資源量についての自然死亡係数 M の感度分析

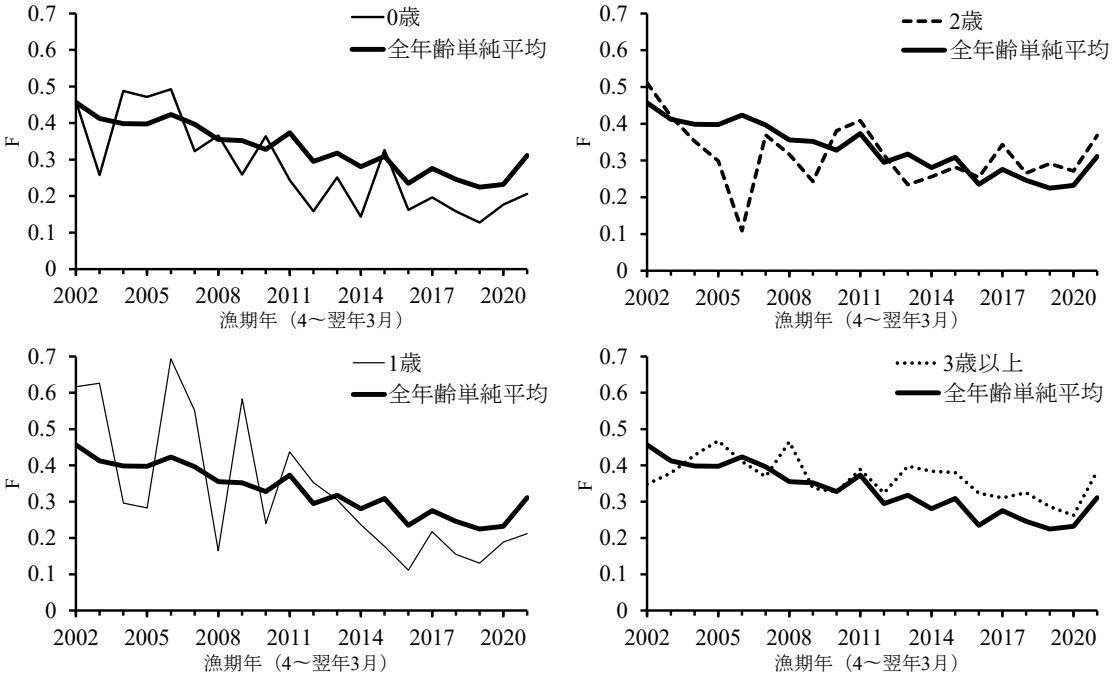


図 23.　各年齢の F と、F の全年齢平均の推移

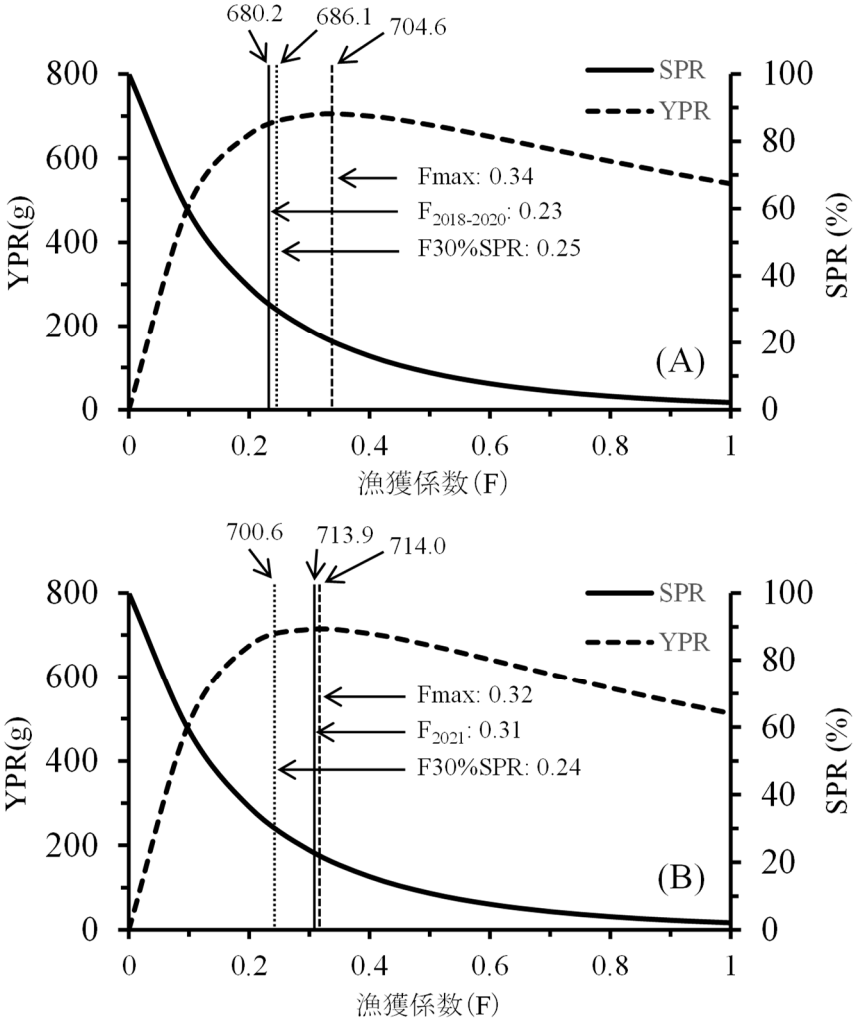


図 24.　F と YPR、SPR の関係。(A) 現状の F を 2018～2020 年漁期の年齢別 F 単純平均とした場合。(B) 現状の F を 2021 年漁期の年齢別 F 単純平均とした場合。各縦棒の位置と矢印で示した数値はそれぞれの生物学的管理基準(F)と YPR を示す。

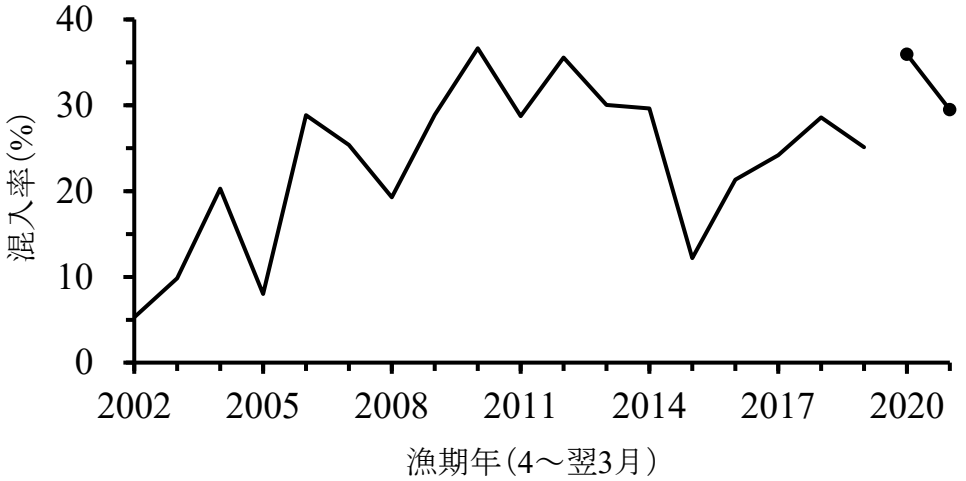


図 25.　混入率の推移　ドットは全数標識に基づく算定結果（2020 年漁期以降）

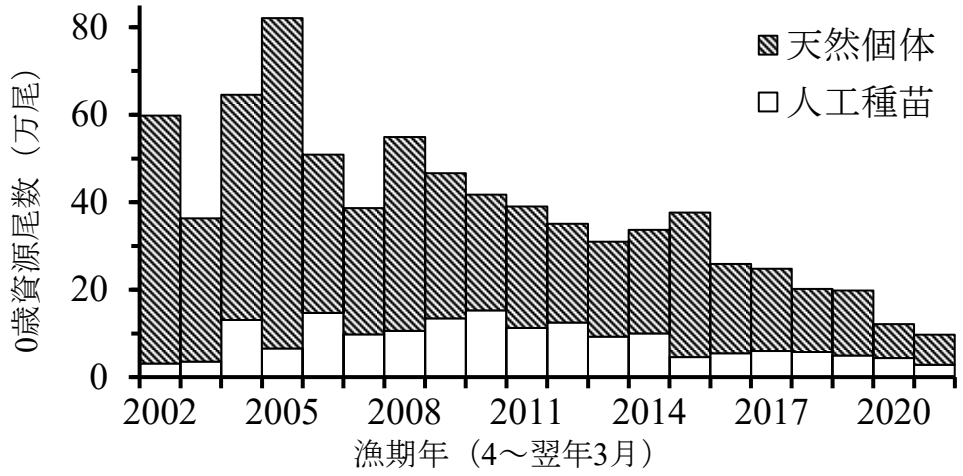


図 26.　0 歳資源尾数の天然魚と放流魚の内訳

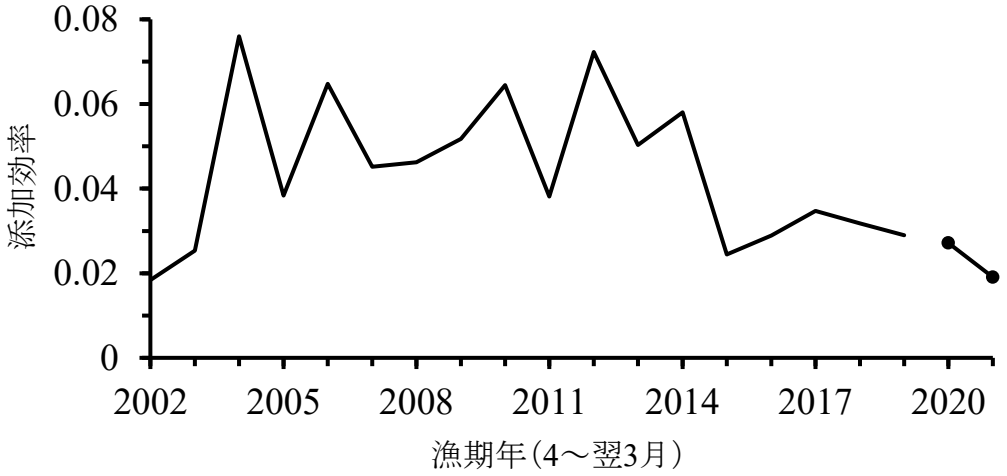


図 27.　添加効率の推移　ドットは全数標識に基づく算定結果（2020 年漁期以降）

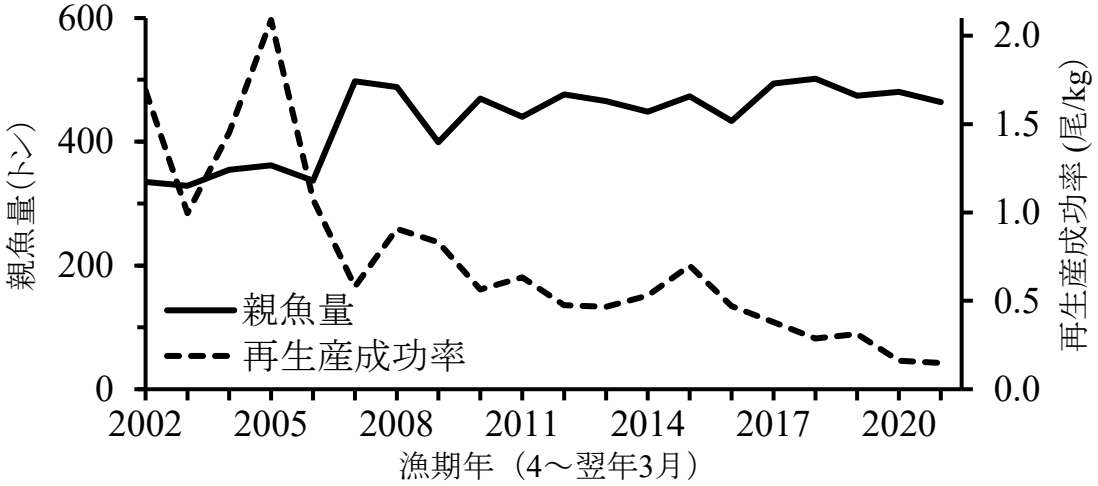


図 28.　親魚量と再生産成功率の推移

表 1.　下関唐戸魚市場の取扱量の推移（トン）

漁期年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
外海産	615	809	736	1,068	909	810	730	745	611	707
内海産	90	74	63	57	218	69	51	66	82	325
合計	704	883	799	1,125	1,127	879	781	811	693	1,032

漁期年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
外海産	513	397	395	637	973	786	865	881	577	315
内海産	172	229	247	1,079	709	336	1,025	225	428	176
合計	684	626	642	1,716	1,681	1,123	1,891	1,106	1,005	490

漁期年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
外海産	485	471	392	234	279	164	114	95	103	94
内海産	244	369	198	168	152	105	35	65	85	165
合計	729	840	590	402	430	269	148	160	188	258

漁期年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
外海産	87	101	73	83	100	122	124	91	81	100
内海産	92	234	95	27	29	75	89	38	70	25
合計	179	336	168	111	129	197	212	129	151	125

漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
外海産	92	86	98	78	93	82	112	108	71	78
内海産	35	23	26	36	43	30	26	18	19	13
合計	127	109	124	114	136	112	138	126	90	91

漁期年	2021
外海産	109
内海産	11
合計	120

漁期年（4～翌年3月）集計。

表 2.　府県別および有明海 0 歳魚の漁獲量の推移（トン）

漁期年	秋田	山形	石川	福井	京都	鳥取	島根	山口 日本海	福岡
2002	*0	-	6	8	7	4	2	56	59
2003	6	-	5	5	3	3	1	32	52
2004	4	-	7	0	3	3	1	43	50
2005	4	-	6	0	1	3	4	51	51
2006	5	-	8	4	1	2	4	40	58
2007	6	-	6	5	2	3	3	44	65
2008	7	-	5	9	4	3	4	38	27
2009	6	-	4	1	2	3	4	34	49
2010	6	-	4	4	2	3	5	33	64
2011	6	-	7	9	3	4	4	35	60
2012	6	-	8	5	2	3	3	39	59
2013	6	-	6	6	2	2	4	48	56
2014	7	-	9	9	2	1	3	24	71
2015	6	-	4	5	2	1	4	42	75
2016	5	-	6	6	2	2	3	34	54
2017	5	-	5	5	3	1	4	49	70
2018	5	-	5	6	2	1	5	52	40
2019	7	-	5	6	2	2	3	32	47
2020	3	2	2	5	1	*1*	3	35	45
2021	4	1	4	5	2	1	3	56	61

*2003年1～3月のみ。
斜体：再集計により1トン以上の修正があった漁期年・府県（小数点以下は示さず）。

表2.　府県別および有明海0歳魚の漁獲量の推移（トン）（続き）

漁期年	佐賀	長崎	熊本	**有明海 0歳魚	鹿児島	宮崎	大分	愛媛
2002	10	16	3	10	2	8	51	20
2003	13	18	5	8	1	7	44	22
2004	7	10	4	28	1	2	26	21
2005	9	24	3	16	1	4	25	19
2006	12	19	5	21	2	12	45	24
2007	9	27	10	12	1	8	33	22
2008	3	22	9	11	1	2	18	20
2009	9	23	8	10	1	9	37	29
2010	14	21	7	5	1	3	24	25
2011	9	21	10	6	1	4	25	22
2012	6	21	7	4	1	2	17	21
2013	7	19	6	6	1	3	20	12
2014	3	19	5	3	1	3	14	14
2015	5	16	7	9	1	2	15	14
2016	2	14	7	2	1	1	9	12
2017	4	16	8	3	1	1	11	13
2018	3	19	8	2	0	1	10	13
2019	2	14	8	1	0	1	9	13
2020	1	9	*9*	1	1	1	11	11
2021	2	8	6	2	2	**1**	8	**12**

**福岡県、長崎県、佐賀県、熊本県の漁獲量の合算。太字：概数値。
斜体：再集計により1トン以上の修正があった漁期年・府県（小数点以下は示さず）。

表2.　府県別および有明海0歳魚の漁獲量の推移（トン）（続き）

漁期年	山口 瀬戸内海	広島	岡山	兵庫 瀬戸内海	香川	徳島	和歌山	計
2002	39	10	16	**2**	15	15	4	364
2003	39	10	9	10	11	5	1	311
2004	22	12	3	6	16	1	0	272
2005	33	11	12	7	20	3	0	308
2006	49	9	10	10	17	2	1	358
2007	33	4	7	15	13	3	1	334
2008	17	8	10	8	45	1	1	272
2009	26	5	6	12	18	3	1	299
2010	19	6	6	4	7	1	0	263
2011	20	6	9	9	17	1	1	289
2012	18	3	2	2	7	0	0	238
2013	16	4	6	4	17	0	0	251
2014	14	2	2	2	11	0	0	220
2015	12	2	2	2	8	0	0	233
2016	12	2	2	2	9	0	0	188
2017	11	2	3	2	7	0	0	222
2018	8	1	2	2	5	0	0	190
2019	7	1	2	2	3	0	0	166
2020	*7*	2	1	3	3	0	0	*158*
2021	**4**	1	**1**	**2**	4	**0**	**0**	**190**

太字：概数値。
斜体：再集計により 1 トン以上の修正があった漁期年・府県（小数点以下は示さず）。
※総漁獲量（上の表の「計」）は各府県の 1 トン未満の端数値も含めた総計。

表 3.　海域別漁法別の努力量と CPUE の推移

漁期年	九州・山口北西海域		伊予灘・豊後水道		備讃瀬戸	
	はえ縄[1]		はえ縄[2]		袋待網[3]	
	針数	CPUE（kg/千針）	出漁隻数	CPUE（kg/出漁隻数）	出漁隻数	CPUE（kg/出漁隻数）
1999					531	19
2000						
2001						
2002					698	16
2003					578	16
2004					412	27
2005	17,647,521	5	680	7	558	30
2006	18,063,367	5	636	10	806	21
2007	16,554,741	6	399	8	398	27
2008	13,972,456	4	265	6	525	69
2009	10,988,266	6	373	8	510	29
2010	12,257,017	6	258	6	493	13
2011	13,167,825	7	365	9	354	37
2012	11,975,289	6	300	6	431	16
2013	11,037,943	9	227	8	706	25
2014	14,036,369	6	157	7	462	22
2015	12,618,270	8	307	7	322	24
2016	11,164,212	7	279	5	318	26
2017	10,362,745	10	277	7	354	16
2018	10,183,029	9	318	4	436	12
2019	9,888,216	7	168	8	193[a]	10[a]
2020	6,877,675	11	220	11	220[a]	12[a]
2021	6,712,258	15	189	8	281[a]	12[a]

[1] 漁期は 9～翌年 3 月、1 歳以上を対象。本データからチューニング指標を抽出・使用。

[2] 漁期は 7～翌年 3 月、全年齢を対象。

[3] 漁期は 4～6 月、2 歳以上の成熟個体と未成熟の 1 歳を対象。

[a] 対象の標本漁協が 2 から 1 に減少。

表 3.　海域別漁法別の努力量と CPUE の推移（続き）

備後灘								
定置網[3]								
漁期年	統数	CPUE（kg/統数）	漁期年	統数	CPUE（kg/統数）	漁期年	統数	CPUE（kg/統数）
1976	58	51	1996	84	40	2016	47	10
1977	56	128	1997	84	29	2017	38	12
1878	59	40	1998	80	15	2018	35	5
1979	65	8	1999	77	19	2019	29	5
1980	64	–	2000	77	23	2020	20	4
1981	61	54	2001	77	21	2021	19	7
1982	59	127	2002	77	15			
1983	66	99	2003	77	26			
1984	62	221	2004	77	18			
1985	75	251	2005	74	14			
1986	74	408	2006	74	17			
1987	74	413	2007	66	16			
1988	73	241	2008	66	27			
1989	74	318	2009	65	18			
1990	82	91	2010	65	17			
1991	82	37	2011	64	23			
1992	82	33	2012	63	6			
1993	82	65	2013	63	13			
1994	82	49	2014	54	7			
1995	82	39	2015	47	13			

[3] 漁期は 4～6 月、2 歳以上の成熟個体と未成熟の 1 歳を対象。

表 3.　海域別漁法別の努力量と CPUE の推移（続き）

漁期年	伊予灘以西・豊予海峡以北		伊予灘以西・豊予海峡以南	
	はえ縄[5]		釣り[6]	
	のべ取扱隻数	CPUE（kg/取扱隻数）	のべ取扱隻数	CPUE（kg/取扱隻数）
2007	834	10	2,300	3
2008	597	8	754	2
2009	1,025	11	2,909	2
2010	548	7	1,746	2
2011	604	8	2,148	2
2012	311	6	1,814	3
2013	369	10	1,716	2
2014	287	13	1,255	3
2015	288	14	1,318	3
2016	200	11	1,065	3
2017	219	10	1,440	3
2018	141	10	1,193	3
2019	137	11	1,433	3
2020	172	13	1,438	3
2021	112	9	995	3

[5] 漁期は 8～翌年 3 月、全年齢を対象。本データからチューニング指標を抽出・使用。

[6] 漁期は 8～翌年 3 月、全年齢を対象。本データからチューニング指標を抽出・使用。

表 3.　海域別漁法別の努力量と CPUE の推移（続き）

漁期年	山口県瀬戸内海側 はえ縄[7] 出漁日数	山口県瀬戸内海側 はえ縄[7] CPUE（kg/出漁日数）	備後灘 定置網[8] 統数	備後灘 定置網[8] CPUE（kg/統数）	漁期年	山口県瀬戸内海側 はえ縄[7] 出漁日数	山口県瀬戸内海側 はえ縄[7] CPUE（kg/出漁日数）	備後灘 定置網[8] 統数	備後灘 定置網[8] CPUE（kg/統数）
1981	12,214	19			1999	9,319	5	57	10
1982	12,241	24			2000	9,827	6	58	9
1983	13,187	28	76	18	2001	8,229	8	47	15
1984	13,571	49	76	46	2002	8,234	7	47	23
1985	13,687	33	76	17	2003	7,505	7	47	3
1986	11,806	27	78	18	2004	5,039	10	40	18
1987	13,800	30	78	18	2005	4,597	13	38	18
1988	14,151	19	76	23	2006	5,571	8	38	37
1989	13,911	11	77	4	2007			33	6
1990	13,374	7	77	8	2008			29	40
1991	15,170	9	76	20	2009			29	10
1992	13,542	11	76	13	2010			29	8
1993	10,970	5	76	43	2011			26	7
1994	12,172	6	74	72	2012			21	12
1995	10,727	7	74	31	2013			24	4
1996	11,279	5	71	3	2014			15	7
1997	9,141	5	66	2	2015			15	5
1998	8,494	6	71	4	2016			15	5

[7] 漁期は 1～12 月、0 歳以上を対象。

[8] 漁期は 8～12 月、0 歳を対象。

※過去の評価票において集計されていた記録（山口県瀬戸内海側は農林水産統計の記録）。現在は集計していない。

表 4.　トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源解析結果

漁期年	漁獲量（トン）	資源量（トン）	親魚量（トン）	0歳資源尾数（尾）	漁獲割合（%）	再生産成功率（尾/kg）
2002	364	1,079	335	597,909	34	1.69
2003	311	973	329	363,561	32	1.00
2004	272	951	355	645,612	29	1.45
2005	308	1,115	362	821,136	28	2.09
2006	358	1,174	337	508,857	31	1.07
2007	334	1,131	498	386,629	30	0.58
2008	272	1,044	488	548,748	26	0.91
2009	299	1,063	399	466,509	28	0.83
2010	263	1,105	470	417,724	24	0.56
2011	289	1,009	441	390,633	29	0.63
2012	238	998	476	351,079	24	0.47
2013	251	1,026	465	310,214	25	0.47
2014	220	964	449	337,274	23	0.53
2015	233	1,025	473	376,845	23	0.70
2016	188	1,003	434	258,574	19	0.47
2017	222	988	494	248,042	23	0.38
2018	190	912	502	201,861	21	0.29
2019	166	854	475	198,151	19	0.31
2020	158	819	481	121,465	19	0.16
2021	*190	721	464	97,555	26	0.15

*概数値。

表 5.　種苗放流尾数、0 歳資源尾数、混入率、添加効率の推移

漁期年	種苗放流尾数（万尾）	0歳資源尾数（尾）		混入率（%）	添加効率
		天然魚	放流魚		
2002	172.0	566,263	31,646	5.3	0.018
2003	141.2	327,792	35,769	9.8	0.025
2004	172.2	514,731	130,880	20.3	0.076
2005	171.7	755,275	65,861	8.0	0.038
2006	227.5	361,976	146,881	28.9	0.065
2007	217.1	288,515	98,114	25.4	0.045
2008	229.1	442,875	105,873	19.3	0.046
2009	240.9	331,752	134,757	28.9	0.056
2010	237.5	264,639	153,085	36.6	0.064
2011	294.0	278,411	112,222	28.7	0.038
2012	172.9	226,158	124,921	35.6	0.072
2013	185.2	217,049	93,165	30.0	0.050
2014	172.1	237,318	99,957	29.6	0.058
2015	187.7	330,936	45,908	12.2	0.024
2016	190.7	203,434	55,140	21.3	0.029
2017	172.8	188,019	60,022	24.2	0.035
2018	163.5	144,148	57,713	28.6	0.035
2019	165.8	148,346	49,805	25.1	0.030
2020	163.7	77,813	43,652	35.9	0.027
2021	*150.7	68,785	28,770	29.5	0.019

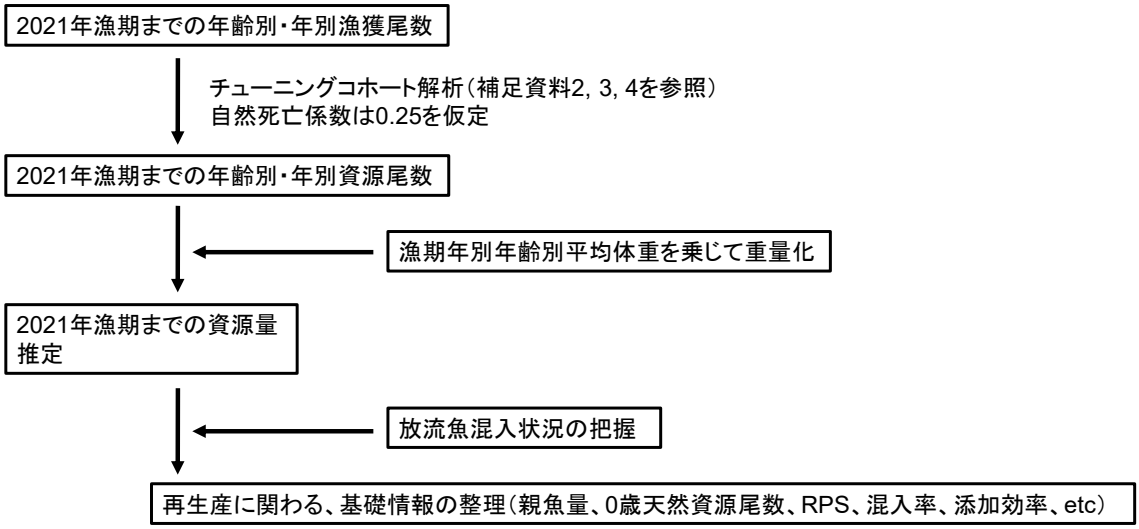
*速報値。

表6.　放流魚の海域別混入率と0歳魚漁獲尾数で加重平均した混入率の推移

漁期年	混入率（%）									
	有明海		瀬戸内海（伊予灘以西豊予海峡以北）			瀬戸内海（燧灘以東）			その他の海域	加重平均
	市場調査	標本船調査	瀬戸内海西部	山口県瀬戸内海側	豊予海峡以北	燧灘	備後灘	備讃瀬戸		
2002	17.1		4.2	–	–	–	–	–	–	5.3
2003	11.3		11.6	–	–	–	–	–	–	9.8
2004	27.5		6.8	–	–	–	–	–	–	20.3
2005	17.2		0.3	–	–	–	–	–	–	8.0
2006	35.4		14.7	–	–	–	–	–	–	28.9
2007	40.0		9.9	–	–	–	–	–	–	25.4
2008	32.2		8.4	–	–	–	–	–	–	19.3
2009	37.4		9.1	–	–	–	–	–	–	28.9
2010	69.6		8.5	–	–	–	–	–	–	36.6
2011	58.9		2.6	–	–	–	–	–	–	28.7
2012	80.5		–	43.2	–	–	–	–	–	35.6
2013	43.7		–	100.0	–	–	–	–	–	30.0
2014	49.9		–	71.5	–	–	–	–	–	29.6
2015	15.8		–	25.6	–	–	–	–	–	12.2
2016	45.3		–	38.3	–	–	–	–	–	21.3
2017	41.8		–	25.1	–	–	–	–	–	24.2
2018	65.5		–	17.9	–	–	–	–	–	28.6
2019	90.9		–	15.6	–	–	–	–	–	25.1
2020	49.4	48.1	ー	ー	25.4	10.7	13.9	0.0	–	35.9
	（有明海）:49.3		瀬戸内海（伊予灘以西豊予海峡以北）：25.4			瀬戸内海（燧灘以東）:5.6			–	
2021	38.5	17.2	ー	ー	30.1	8.6	0.0	2.0	–	29.5
	（有明海）:32.9		瀬戸内海（伊予灘以西豊予海峡以北）：30.1			瀬戸内海（燧灘以東）:2.1			–	

※　瀬戸内海西部は豊予海峡以南を含む
※※　2020年以降の結果は、全数標識個体（ALCまたは有機酸標識）に基づく。なお、耳石奇形による判別も放流魚に含む。
※※※　当歳魚についての集計結果。

補足資料１　資源評価の流れ



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します。

補足資料２　資源計算方法

（1）年齢別漁獲尾数の算出

年齢別漁獲尾数は漁期年（4 月～翌年 3 月）で 2002 年漁期以降について算出した。能登半島以西の日本海、東シナ海における全長組成は山口県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県で得られた月別全長組成データを 4～7 月、8～11 月（または 8～10 月、11 月）、12 月～翌年 3 月で期別に集計し、各期における各県の漁獲量を用いて加重平均した。標識再捕調査の結果、能登半島以北の日本海における個体群と能登半島以西の日本海、東シナ海、瀬戸内海における個体群の行き来は限定的と推定されていることから（伊藤 1998）、データが得られている 2009 年漁期以降は石川県と秋田県で得られた月別全長組成データを福井県以西の日本海、東シナ海と同様な方法で集計した。瀬戸内海における全長組成は福岡県、大分県、愛媛県、香川県、山口県、広島県、岡山県、兵庫県で得られた月別全長組成データを能登半島以西の日本海、東シナ海と同様な方法で集計した。得られた全長組成は①全長階級値別雌雄割合（補足資料 5）を用いて雌雄別全長組成に分解、②全長−体重関係式によって雌雄別全長組成を重量化（補足資料 6）、③雌雄別全長組成を混合正規分布に分解し、年齢組成に変換、④漁獲量と③の比を用いて②の年齢組成を引き延すという手順によって年齢別漁獲尾数に変換した。ただし、有明海・八代海（松村 2006）および関門海峡における 4～7 月の漁獲物は性比が雄に偏るため、全てを雄とした。全長階級値別雌雄割合は 1999～2021 年漁期に日本海、東シナ海、瀬戸内海で漁獲された個体のデータ（ただし、4～7 月は 2000 年漁期および 2010～2021 年漁期の 12,603 個体、8～11 月は 1999～2021 年漁期の 3,014 個体、12 月～翌年 3 月は 1999～2020 年漁期の 5,294 個体）から作成した（補足資料 5）。なお、瀬戸内海では、令和 3 年度の資源計算方法に従い、海域ごとに漁獲される年齢

構成を考慮し、燧灘以東、伊予灘以西豊予海峡以北、豊予海峡以南、の 3 海域に区分して年齢分解を実施した（平井ほか 2022：FRA-SA2021-RC03-1、補足資料 7）。また、成育場である瀬戸内海備讃瀬戸の成育場および有明海における 0 歳については 8～12 月の市場調査および標本船（もしくは標本漁協）調査から、調査個体数および市場取扱数から推定し、0 歳の漁獲尾数を算出した（本評価結果、補足資料 7）。

（2）コホート解析

解析年を漁期年、4 月を誕生月、寿命を 10 歳と仮定し、田内・田中の方法（田中 1960）により求めた自然死亡係数を M=0.25 として、Pope の近似式により資源尾数を推定した。0 歳は 7 月加入とし、M に 9/12 を乗じた。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1}e^{M} + C_{a,y}e^{\frac{M}{2}}$$

Na,y は y 年漁期における a 歳の資源尾数で、Ca,y は y 年漁期における a 歳の漁獲尾数。

a 歳、y 年漁期の F は、

$$F_{a,y} = -\ln\left(1 - \frac{C_{a,y}e^{\frac{M}{2}}}{N_{a,y}}\right)$$

で計算した。

また、3 歳と 4 歳以上の F が等しいと仮定し、3 歳と 4 歳以上の資源尾数は以下の式で計算した。

$$N_{3,y} = \frac{C_{3,y}}{C_{4+,y}+C_{3,y}}N_{4+,y+1}e^{M} + C_{3,y}e^{\frac{M}{2}}$$

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

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2021} = \frac{C_{a,2020}}{1 - e^{-F_{a,2021}}}e^{\frac{M}{2}}$$

で計算した。2021 年漁期の F の選択率は各年齢の過去 3 年間（2018～2020 年）の平均とし、4 歳以上の F を以下に述べるチューニング指標を用いて探索的に求めた。

【チューニングによる直近年の漁獲係数の推定】

本資源評価調査を通じて得られた資源量指標値と海域ごとの年齢別漁獲尾数から、経年的にいずれのデータも揃っていることを確認した結果、日本海中西部・東シナ海、伊予灘以西豊予海峡北、伊予灘以西豊予海峡南、の 3 海域で資源評価期間を通じて平均で 90%の 1 歳魚の漁獲があることが明らかになった。これらの海域のうち、日本海中西部・東シナ海では 2005 年より、残り 2 海域からは 2007 年より資源量指標値が得られたことから、1 歳魚資源量指標値を抽出し、これをチューニング指標として、1 歳資源尾数の年変動との残差が最小となる 2021 年漁期の最高齢（4+）の漁獲係数（F）を推定することで、直近年の

F の推定を行った。なお、得られている資源量指標値からは、廃船、休船と思われる漁業規模の縮小や他魚種対象漁法におけるバイキャッチなどの可能性が考えられたため、チューニング指標とした 1 歳魚資源量指標値の算出においては、各海域の CPUE の単純集計ではなく、船ごとの CPUE を算出し、各船の漁獲動向に応じて漁獲尾数または漁獲量で加重することで海域別の加重 CPUE を算出し、これを各海域の漁獲尾数（8～翌年 3 月）で加重平均することで 3 海域統合の 1 歳魚資源量指標値を作成してチューニング指標とした。チューニング対象期間の検討の結果、本年度評価においては、2009 年漁期以降の 1 歳魚資源量指標値を用いてチューニング指標とした。

チューニング指標算出の手順とチューニング対象期間の選択については、補足資料 4 を参照されたい。

漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
指標値	7.57	7.40	4.62	6.13	5.79	4.12	6.96	3.12	4.11	2.97	2.13	3.14	2.50

直近年の最高齢 F は、1 歳魚資源量指標値を用いて次式の負の対数尤度を最小化する F4+, 2021 を探索的に求めることで推定した。

$$\log L = \sum_{y=2009}^{2021} \left[\frac{\{\log(I_{1,y}) - \log(q_1 \times N_{1,y})\}^2}{2\sigma_1^2} + \frac{1}{2} \times \log(2\pi\sigma_1^2) \right]$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum\{ln(I_{1,y}) - ln(qN_{1,y})\}^2}{n}}$$

$$q_1 = exp\left(\frac{\sum ln(I_{1,y}/N_{1,y})}{n}\right)$$

ここで、F4+, 2021 は 2021 年漁期の 4+歳の漁獲係数、I1,y は 1 歳魚資源量指標値（3 海域統合）、q1 はチューニングパラメーター、N1,y はコホート解析により推定された y 年漁期の 1 歳魚資源尾数である。σ1 は 1 歳魚資源量指標値の観測誤差を表す標準偏差であり、複数の資源量指標値がある場合には個別に標準偏差を推定することにより各指標の重みづけを行うことが可能となる（Hashimoto et al. 2018）。

（3）SPR、YPR の解析

SPR、YPR を寿命 10 歳として、以下の式で求めた。

$$\mathrm{SPR} = \sum_{a=0}^{10} S_a f r_a W_a$$

$$S_{a+1} = S_a e^{(-F_a - M)} \ (S_0 = 1)$$

$$YPR = \sum_{a=0}^{10} S_a W_a (1 - e^{-F_a}) e^{-\frac{M}{2}}$$

S_a は a 歳の残存率、F_a は a 歳の成熟率、W_a は a 歳の平均体重。

（4）モデル診断結果

得られた結果について、「資源評価のモデル診断の手順と診断結果の提供指針（令和４年度）FRA-SA2022-ABCWG02-03（資源評価高度化作業部会 2022）」に従って、本系群の評価に用いたコホート解析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。各モデル診断結果は、チューニングの手順、期間選択について記した補足資料 4 において、残差解析、レトロスペクティブ解析、感度分析、ブートストラップ信頼区間推定の結果を示した。チューニングにより資源量はチューニングなしと比べて過大推定の傾向が改善された。

なお、チューニングコホート解析およびそのモデル診断においては、統計言語 R（ver4.0.2）を用い、1 系資源の VPA 計算・管理基準値計算・将来予測シミュレーションを行うための関数を集めた R パッケージである frasyr（ver2.2.0.3）中の VPA 関数を用いて行った。

引用文献

伊藤正木 (1998) 標識放流効果から推定した秋田沖漁場のトラフグ成魚の移動・回遊. 日水誌, **64**, 645-649.

松村靖治 (2006) 有明海におけるトラフグ *Takifugu rubripes* の人工種苗の産卵回帰時の放流効果. 日水誌, **72**, 1029-1038.

資源評価高度化作業部会（2022）令和 4（2022）年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針. FRA-SA2022-ABCWG02-03.

上田幸男・佐野二郎・内田秀和・天野千絵・松村靖治・片山貴士 (2010) 東シナ海, 日本海および瀬戸内海産トラフグの成長と Age-length key. 日水誌, **76**, 803-811.

平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘・鈴木重則・山下夕帆 (2022) 令和 3（2021）年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価, 水産庁・水産研究・教育機構, 1-66, https://abchan.fra.go.jp/digests2021/details/202173.pdf

Hashimoto, M., H. Okamura, M. Ichinokawa, K. Hiramatsu and T. Yamakawa (2018) Impacts of the nonlinear relationship between abundance and its index in a tuned virtual population analysis. Fish. Sci., **84**(2), 335-347.

補足資料３　コホート解析結果の詳細

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	200,599	75,185	226,822	281,185	180,156	97,151	153,115	97,026	115,909	76,832
1歳	131,443	128,544	52,720	71,444	187,537	96,477	31,038	123,015	56,229	75,195
2歳	53,466	41,207	34,148	30,712	17,536	45,033	27,712	29,224	38,380	54,067
3歳	14,626	19,675	21,410	23,518	23,178	36,680	29,190	16,578	23,026	20,727
4歳以上	21,962	21,593	24,294	24,859	21,308	21,025	37,474	25,120	22,558	29,586
計	422,096	286,204	359,395	431,718	429,716	296,367	278,528	290,964	256,102	256,406

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	46,958	62,763	41,102	95,434	35,186	40,268	26,927	21,668	17,894	16,551
1歳	66,599	57,693	37,129	34,534	20,949	31,416	21,386	15,427	21,962	14,233
2歳	28,911	25,594	28,333	26,656	31,340	40,301	23,537	25,119	20,487	25,327
3歳	23,095	19,948	24,097	23,987	17,635	22,492	21,236	14,990	13,332	16,320
4歳以上	22,822	30,719	25,736	26,219	23,371	22,305	26,563	24,173	21,182	28,680
計	188,384	196,716	156,397	206,829	128,481	156,782	119,649	101,377	94,857	101,111

年齢別漁獲係数

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0.46	0.26	0.49	0.47	0.49	0.32	0.37	0.26	0.36	0.24
1歳	0.62	0.63	0.30	0.28	0.69	0.55	0.16	0.58	0.24	0.44
2歳	0.51	0.42	0.35	0.30	0.11	0.37	0.32	0.24	0.38	0.41
3歳	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.34	0.33	0.39
4歳以上	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.34	0.33	0.39
単純平均	0.46	0.41	0.40	0.40	0.42	0.40	0.36	0.35	0.33	0.37

年齢別漁獲係数

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.16	0.25	0.14	0.33	0.16	0.20	0.16	0.13	0.18	0.21
1歳	0.35	0.31	0.24	0.18	0.11	0.22	0.15	0.13	0.19	0.21
2歳	0.32	0.23	0.26	0.28	0.25	0.34	0.27	0.29	0.27	0.37
3歳	0.32	0.40	0.38	0.38	0.32	0.31	0.32	0.29	0.26	0.38
4歳以上	0.32	0.40	0.38	0.38	0.32	0.31	0.32	0.29	0.26	0.38
単純平均	0.29	0.32	0.28	0.31	0.23	0.28	0.25	0.22	0.23	0.31

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	597,909	363,561	645,612	821,136	508,857	386,629	548,748	466,509	417,724	390,633
1歳	323,728	313,036	232,946	328,707	424,724	257,823	232,070	315,515	298,406	240,769
2歳	151,333	136,121	130,353	134,893	192,948	165,274	115,652	153,345	137,163	182,776
3歳	56,386	70,675	69,646	71,383	77,952	134,792	88,974	65,614	93,635	72,953
4歳以上	84,667	77,564	79,029	75,455	71,665	77,263	114,224	99,421	91,731	104,135
計	1,214,023	960,957	1,157,586	1,431,574	1,276,145	1,021,781	1,099,668	1,100,404	1,038,658	991,266

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	351,079	310,214	337,274	376,845	258,574	248,042	201,861	198,151	121,465	97,555
1歳	253,890	248,299	200,030	242,186	225,522	182,328	168,969	142,831	144,544	84,405
2歳	121,152	138,956	142,461	123,018	158,138	157,149	114,273	112,720	97,623	93,190
3歳	94,632	68,839	85,633	85,945	72,283	95,501	86,822	68,224	65,619	57,949
4歳以上	93,515	106,008	91,459	93,942	95,790	94,707	108,601	110,014	104,251	101,836
計	914,268	872,317	856,857	921,935	810,307	777,728	680,527	631,941	533,502	434,935

補足資料３　コホート解析結果の詳細（続き）

年齢別資源量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	176	111	160	181	102	99	129	88	90	86
1歳	340	328	220	359	443	277	247	350	333	226
2歳	227	205	217	213	292	257	179	226	213	256
3歳	108	138	143	151	153	272	180	141	200	146
4歳以上	227	191	212	211	184	225	308	258	270	294
計	1,079	973	951	1,115	1,174	1,131	1,044	1,063	1,105	1,009

年齢別資源量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	81	75	73	67	58	46	40	50	25	16
1歳	246	251	215	285	253	194	182	152	155	86
2歳	195	234	228	200	258	254	188	178	158	155
3歳	195	144	176	184	152	205	181	142	137	123
4歳以上	281	321	273	289	281	289	321	332	344	341
計	998	1,026	964	1,025	1,003	988	912	854	819	721

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	108	138	143	151	153	272	180	141	200	146
4歳以上	227	191	212	211	184	225	308	258	270	294
計	335	329	355	362	337	498	488	399	470	441

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	195	144	176	184	152	205	181	142	137	123
4歳以上	281	321	273	289	281	289	321	332	344	341
計	476	465	449	473	434	494	502	475	481	464

年齢別平均体重（g）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	295	306	247	220	201	257	235	188	215	221
1歳	1,050	1,049	945	1,093	1,042	1,076	1,065	1,110	1,117	940
2歳	1,500	1,504	1,664	1,576	1,513	1,553	1,552	1,474	1,552	1,401
3歳	1,916	1,954	2,056	2,118	1,963	2,019	2,026	2,156	2,135	2,006
4歳以上	2,683	2,462	2,676	2,791	2,566	2,918	2,698	2,593	2,941	2,825

年齢別平均体重（g）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	231	243	217	177	223	187	200	253	209	166
1歳	967	1,010	1,073	1,177	1,124	1,062	1,075	1,061	1,069	1,021
2歳	1,609	1,685	1,598	1,629	1,634	1,617	1,641	1,575	1,620	1,659
3歳	2,063	2,090	2,051	2,140	2,107	2,148	2,089	2,083	2,082	2,126
4歳以上	3,007	3,032	2,986	3,079	2,938	3,052	2,952	3,022	3,300	3,348

補足資料４　チューニング指標算出の手順とチューニング対象期間の選択について

（1）チューニング指標算出の手順

トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群は本評価結果 2．生態（1）分布・回遊でも示されているように、広域に分布し、海域ごとに様々な漁法で漁獲されるなど、特定のチューニング指標の探索が困難であったことから、令和 3 年度評価までは資源計算においてチューニングを用いない VPA 計算を実施してきた。一方で、令和 3 年度評価では年齢別漁獲尾数算定の精度向上を図り、本系群を瀬戸内海 3 海域、日本海、東シナ海 2 海域、有明海、関門海峡の 7 海域に分割し、それぞれの海域の漁獲対象サイズを考慮して各海域の漁獲尾数算定を実施したところ、個々の海域で漁獲される年齢構成が明らかとなったことで、各海域から得られる資源量指標値についても、どの海域で、どの年齢の情報が得られているかの判別が容易となった（補足表 4-1）。

補足表 4-1 からは、伊予灘以西・豊予海峡以北、以南海域（以下、豊予以北、豊予以南）において、全年齢で、日本海中西部・東シナ海からは 1 歳以上について資源量指標値に関する情報が得られている。そこで、これら３つの海域の漁獲尾数の合計がチューニング指標として代表できる年齢群の抽出を試み、補足表 4-2 に示した。

補足表 4-2 からは、豊予南北＋外海の漁獲尾数割合は、評価期間の単純平均で、0 歳で 30%、1 歳で 90%、2 歳で 82%、3 歳で 68%、4 歳以上で 56%と年齢ごとに大きく異なった。中でも、1 歳の漁獲尾数割合は 90%であり、豊予南北および外海の 1 歳漁獲物は、本系群の 1 歳の漁獲変動を代表できるものと考えられた。特に豊予南北海域の主漁期が 8～翌年 3 月であるのに対し、外海の主漁場である九州・山口北西海域では 9～翌年 3 月が漁期であることから、漁期がほぼ同時期であること、全長－年齢関係から、8 月の雄の推定全長は 34.6cm、雌で 34.8cm であるように、概ね全長 35cm 以上の個体と推定されることから、各季節、海域の漁獲自粛サイズよりも大型であるため、漁獲動向の把握がしやすいと考えられた。

以上の理由から、本資源評価では豊予南北および日本海中西部・東シナ海の 3 海域について 1 歳魚資源量指標値を抽出し、これをチューニング指標としての使用を検討した。

＜1 歳魚資源量指標値の抽出手順について＞

日本海中西部・東シナ海および豊予南北海域の資源量指標値から 1 歳魚資源量指標値を抽出するにあたり、以下の指標値を海域の代表として使用した。

日本海中西部・東シナ海：九州・山口北西海域のとらふぐはえ縄漁獲成績報告書
集計期間：2005 年漁期～2021 年漁期（9～翌年 3 月）
なお、対象とした漁獲成績報告書で扱われている総漁獲量（8～翌年 3 月）の日本海中西部・東シナ海における 8～翌年 3 月の漁獲量に対する割合は集計期間中 61～95%の変動があり、単純平均で 77±8%（平均±SD）である。
単位：尾数/隻・日

豊予以北海域：大分県の豊予海峡以北海域で操業されたはえ縄の日別船別漁協取扱量
集計期間：2007 年漁期～2021 年漁期（8～翌年 3 月）
単位：kg/隻・日
なお、対象とした漁協取扱量の大分県豊予海峡以北海域での漁獲量（8～翌年 3 月）の割合は集計期間中 27～88%の変動があり、単純平均で 45±15%（平均±SD）である。

豊予以南海域：大分県の豊予海峡以南海域で操業された釣りの日別船別漁業取扱量
集計期間：2007 年漁期～2021 年漁期（8～翌年 3 月）
なお、対象とした漁協取扱量の大分県豊予海峡以北海域での漁獲量（8～翌年 3 月）の割合は集計期間中 38～74%の変動があり、単純平均で 57±13%（平均±SD）である。
単位：kg/隻・日

＜加重 CPUE の整理＞
各指標値は、統一できる単位が隻・日であったため、これに統一した。
各海域の指標値における漁獲努力量（出漁隻数もしくは延べ取扱隻数）は、2021 年漁期は集計開始年に対し、豊予以北海域で 13%、豊予以南海域で 43%、日本海中西部・東シナ海で 40%まで減少していた。各海域における漁獲努力量の減少の要因として、操業者の高齢化による廃船や他魚種対象漁法（内海のはえ縄は、とらふぐ対象とは限らない）によるバイキャッチなど様々な理由が考えられるが、各年の漁獲努力量の減少要因が一様であるかどうかは不明であった。特に高齢化や不漁による廃船や休船が生じた場合、漁獲量の少ない小型船から努力量が減る可能性が考えられたことから、そのような廃船や休船が生じた場合には過去に比べて CPUE を過大評価する可能性が考えられた。一方で、バイキャッチ船がデータに含まれる場合、実際の操業回数が不明であるため、操業回数から、海域の漁獲実態を把握することは CPUE を過小評価する可能性が考えられた。このため、各年の漁獲実態を代表するためには、漁獲量や漁獲尾数などの漁獲結果で個々の操業船の漁獲成績に重み付けをすることで、各年の漁獲実態を代表する CPUE を示す必要があると考えられた。そこで、操業船ごとに個別の各年 CPUE を作成し、これに船ごとの漁獲量を加重して算出した加重平均値を作成し、海域別年別加重 CPUE とした。

$$Ww\text{-}CPUE = \frac{\sum\left(CPUE_{v,y} \times C_{v,y}\right)}{\sum C_{v,y}}$$

Ww-CPUE は重量単位の加重 CPUE、CPUEv,y は y 年の船 v の CPUE、Cv,y は y 年の船 v の漁獲量である。

得られた各年の加重 CPUE は重量単位で表されるため、これを年齢分解結果を用いて総漁獲量に対する 1 歳魚の漁獲量の割合から、1 歳魚の加重 CPUE（重量単位）を抽出し、1 歳魚の平均体重で尾数に換算して、尾数単位の 1 歳魚加重 CPUE（尾／隻・日）に置き換えた。

日本海中西部・東シナ海については、九州・山口とらふぐはえ縄漁獲成績報告書に記載の主要4県（山口、福岡、佐賀、長崎）の全長組成がほぼ全数を占めたため（2019年漁期に99%、2021年漁期に95～99%となった他はすべて100%）、日本海中西部・東シナ海の年齢分解結果から1歳魚の漁獲尾数の割合を抽出して、尾数単位の1歳魚加重CPUEを算出した。豊予海峡以北海域、豊予海峡以南海域については大分県の同海域年齢分解結果を用いた。

なお、日本海中西部・東シナ海について、指標値として扱った九州・山口北西海域のとらふぐはえ縄漁獲成績報告書では、漁業者ごとに銘柄別平均体重の算出方法が異なったため、本報告書の漁獲量や銘柄別内訳は使用せず、総漁獲尾数のみを使用した。

$$Wn\text{-}CPUE = \frac{\sum\left(CPUE_{v,y} \times N_{v,y}\right)}{\sum N_{\mathrm{v},y}}$$

Wn-CPUEは尾数単位の加重CPUE、$CPUE_{v,y}$はy年の船vのCPUE（尾数単位）、$N_{v,y}$はy年の船vの総漁獲尾数である。得られた加重CPUE（尾数単位、全年齢）に総漁獲尾数に対する1歳魚の漁獲尾数の割合を抽出して、尾数単位の1歳魚加重CPUE（尾／隻・日）を算出した。

得られた3海域の加重CPUEは各海域を代表するCPUEとして扱った。これを各年の各海域の1歳漁獲尾数を用いて加重平均し、3海域統合の加重CPUEを算出し、これを本系群の1歳魚チューニング指標値として扱った。

得られた各海域の漁獲努力量の単純集計による単純CPUE、総漁獲量または総漁獲尾数に対する加重CPUE、年齢分解結果から得られた1歳魚加重CPUE、3海域統合の1歳魚加重CPUEについて、補足図4－1～3、および補足表4－3～5に、また3海域統合の加重CPUEについて、補足図4-4および補足表4-6に示す。

（2）チューニング対象期間の選択について

（1）で集計した資源量指標値に関し、日本海中西部・東シナ海のデータは2005年漁期から、豊予海峡以北、以南については2007年漁期からと、集計開始の漁期年は異なった。このため、2005年、2006年の1歳魚資源量指標値は日本海中西部・東シナ海のデータしか反映しない。また、得られた資源量指標値は集計初期の期間では、2008年漁期に大きく値が低下するなどの大きな変動が見られた。日本海、東シナ海の年齢別漁獲尾数算定では、初期成長速度の違いが見込まれることから、石川県以北の日本海北部と日本海中西部・東シナ海に二分して年齢別漁獲尾数を算定している（令和3年度資源評価報告書、補足資料7）が、2008年漁期までは日本海北部の冬季（12～翌年3月）の全長組成データはなく、このため、同時期の年齢分解は、2008年漁期以前は日本海北部と日本海中西部・東シナ海を一括で計算を行っており、2008年漁期以前は3海域の指標値と統合する際に用いる年齢別漁獲尾数の精度が低いことが想定される。このことから、チューニング対象とする漁期年の選択についての検討を行った。検討対象期間は以下の2つについての検討を最初に行った。

1・全集計期間をチューニング対象とする（2005 年漁期以降全期間）。
2・全資源量指標値が揃っている 2007 年漁期以降をチューニング対象とする。
3・2008 年漁期以前を除外した 2009 年漁期以降の期間をチューニング対象とする。

これら 3 つのチューニング期間の条件について、チューニング VPA を実施し、チューニングのモデル診断として、残差分析、レトロスペクティブ解析を実施するとともに、ブートストラップ信頼区間の推定を資源量、親魚量、加入量に対して実施した。

残差分析における、3 条件での残差プロット、指標値と予測値の経年変化、および 1 歳資源尾数と指標値の相関関係を補足図 4-5 に示す。残差プロットは 2009 年からのチューニングで最も σ が小さくなり、また残差の変動も少なく、信頼区間の変動幅も小さくなり、1 歳資源尾数と使用した 1 歳資源量指標値の相関も最も高かった。2005 年からのチューニングでは、σ が最も大きく、残差の信頼区間の幅も大きく、1 歳資源尾数との相関も最も低かった。2007 年からのチューニングでは 2005 年からと 2009 年からのチューニングの中間的な値を示した。しかしながら、2005 年から、2007 年からのいずれにおいても 2008 年のデータの残差は信頼区間外に位置しており、外れ値となると考えられた。2008 年漁期は、12-3 月の年齢別漁獲尾数を日本海北部と日本海中西部・東シナ海の漁獲量を一括して算出していることから、その影響も考えられたが、プールした全漁獲量に対して、日本海北部の漁獲量の割合は全体の 3.6%（2.6 トン）と大きな影響を与えたとは考えにくい。一方、3 海域とも 1 歳魚の漁獲尾数は減少しており、日本海中西部・東シナ海で全漁獲尾数の 19%（評価期間平均 32%）、豊予海峡以北で全漁獲尾数の 10%（評価期間平均 34%）、豊予海峡以南で 29%（評価期間平均 51%）と他の年齢に対する割合も少なかったが、漁獲努力量（出漁回数もしくは取扱回数）は、日本海中西部・東シナ海では評価期間の単純平均の 1.09 倍（4357 回）となり、努力量に顕著な変動は見られなかった。豊予海峡以北では取扱回数は前年の 834 回、翌年の 1025 回と比べると少ない 597 回であったが、全評価期間の平均に対しては 1.53 倍となった。豊予海峡以南では全評価期間の平均の 0.48 倍（754 回）であった。これらの結果からは、1 歳魚漁獲への依存度の高い豊予海峡以南では努力量も減少したが、1 歳魚への依存度の低い日本海中西部や豊予海峡以北では努力量は増加しており、2008 年漁期は漁獲の有無にかかわらず、日本海中西部・東シナ海や豊予海峡以北では相対的に出漁した船が多いことで、結果的に 1 歳魚の漁獲期待度を下げた結果となり、CPUE は他の年次とは異なる挙動となった可能性が考えられる。

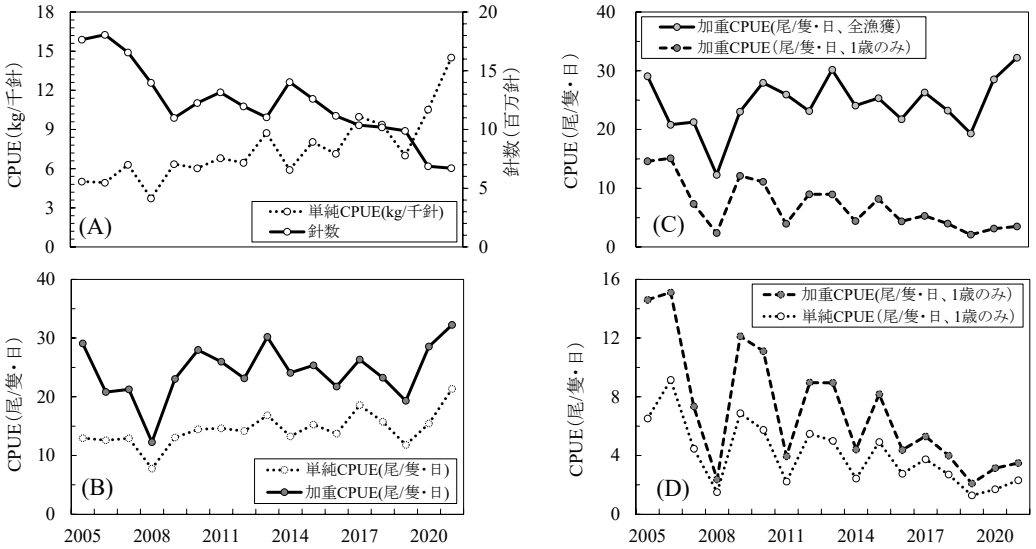
ジャックナイフ法によるチューニング指標値の影響解析結果を補足図 4-6～8 に示す。2005 年以降チューニングをした場合では、2008 年漁期と 2021 年漁期の資源量指標値のデータを除去した場合、2007 年以降チューニングした場合では、2007 年漁期、2008 年漁期、2019 年漁期、2021 年漁期の資源量指標値のデータを除去した場合、2009 年以降チューニングした場合では、2019 年漁期、2021 年漁期の資源量指標値のデータを除去した場合に、いずれのチューニング指標値を除去しなかった場合（Base データ）と比べて、親魚量、資源量、年齢別 F の変動が大きくなった。2009 年漁期以降チューニングした場合では、指標値の除去による解析結果への影響が最も小さかった。なお、2021 年漁期の指

標値を除去した場合、いずれのチューニング期間でも親魚量、資源量、年齢別 F の変動が大きくなった。補足図 4-5 に示した残差プロットや予測値では、2016 年漁期、2018 漁期、2019 年漁期と近年の 1 歳魚資源量指標値は負に偏る傾向があったが、2021 年漁期の指標値は正に偏っていることからも、除外することで資源状態を小さく見積もる可能性が考えられ、Base データよりも親魚量や資源量では小さく、年齢別 F では大きく推定されたと考えられる。しかしながら、2021 年漁期の指標値は現状では残差プロットの 80%信頼区間の範囲内にあり、VPA モデル診断としては現時点でデータを棄却する根拠はなく、本年度評価では外れ値と判断しない。一方で、今後の指標値の推移に応じて予測値や残差も変動すると考えられる事からも、個々の漁期年の資源量指標値の扱いは今後も検討する必要があると思われる。

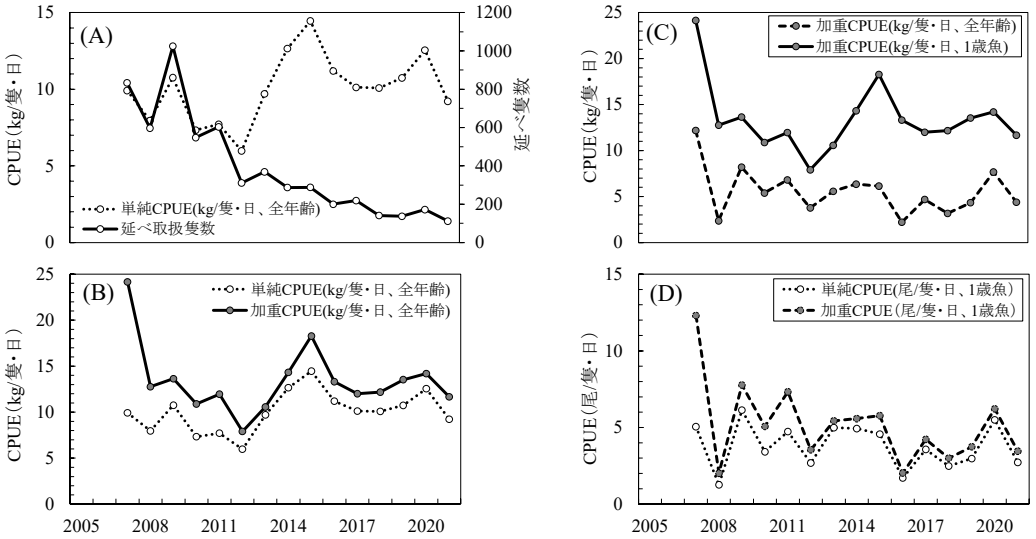
各チューニング期間での VPA 結果のレトロスペクティブ解析の結果を補足図 4-9～12 に示す。Mohn’s rho の値は、2007～＜2009～＜2005～＜チューニングなし、の順に 0 から離れた値となったが、各条件下での rho に大きな違いは見られなかった。

各チューニング期間の VPA 結果に基づき、ブートストラップ信頼区間推定の結果を示す。親魚量、資源量、0 歳資源尾数のいずれにおいても、2009 年からのチューニングでの信頼区間が最も小さく、続いて、2005 年、2007 年の順となった(補足図 4-13)。

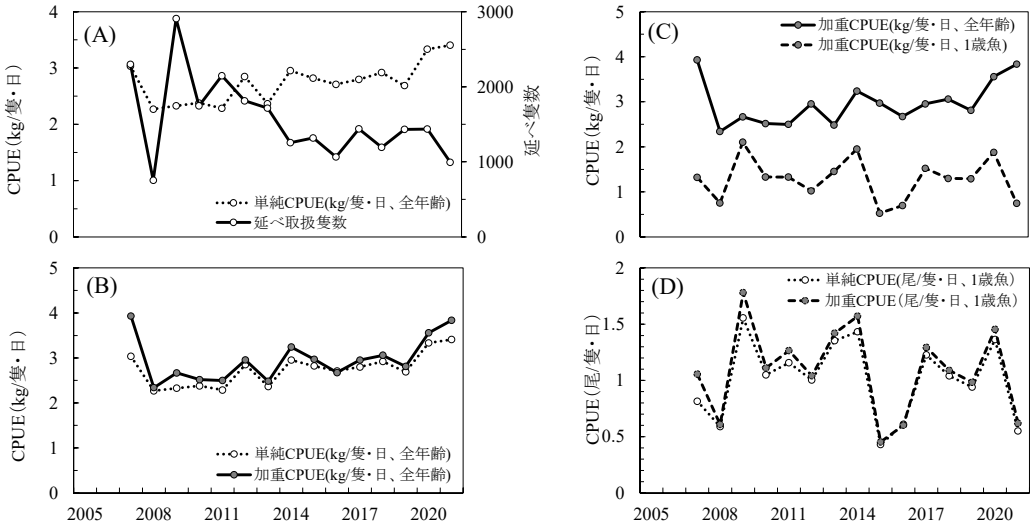
以上の検討結果からは、2009 年からのチューニングを行うことで、最も残差が小さく、1 歳魚資源尾数と資源量指標値の相関も高く、また、得られた結果の信頼区間も小さく、データの過大評価、過小評価ともに軽減すると考えられた。このため、本評価においては、2009 年からのチューニングを採用し、資源計算結果を本評価の本資料として扱う（なお、チューニングなしの場合、2005 年からチューニングの場合、2007 年からのチューニングの場合、の各 VPA 計算結果は、本補足資料の参考資料として参考資料 4-1～3 に示した。



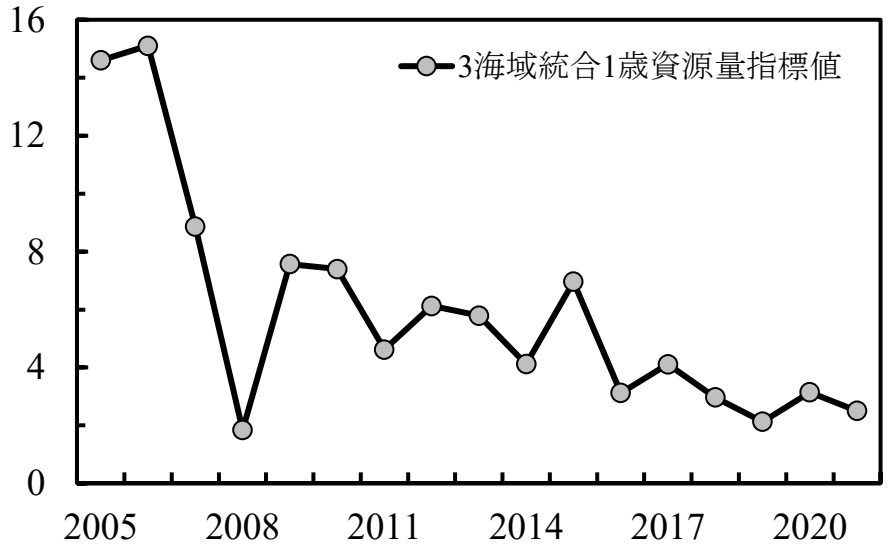
補足図 4-1　九州・山口北西海域とらふぐはえ縄漁獲成績報告書から抽出した、日本海中西部・東シナ海におけるはえ縄の資源量指標値。(A)：過去の資源評価票において提示してきた漁獲努力量（針数）と単純 CPUE、重量単位。(B)：尾数単位での単純 CPUE と加重 CPUE。単位（尾/隻・日）。(C)：全年齢と 1 歳魚の加重 CPUE の比較。単位（尾/隻・日）。(D)：1 歳魚の加重 CPUE と単純 CPUE の比較。単位（尾/隻・日）



補足図 4-2　大分県の漁協船別取扱量から抽出した、伊予灘以西・豊予海峡以北における、はえ縄の資源量指標値。(A)：漁獲努力量（延べ取扱隻数）と単純 CPUE（全年齢）、単位（kg/隻・日） (B)：単純 CPUE と加重 CPUE（全年齢）の比較。単位（kg/隻・日）。(C)：全年齢と 1 歳魚の加重 CPUE の比較。単位（kg/隻・日）。(D)：1 歳魚の加重 CPUE と単純 CPUE の比較。単位（尾/隻・日）

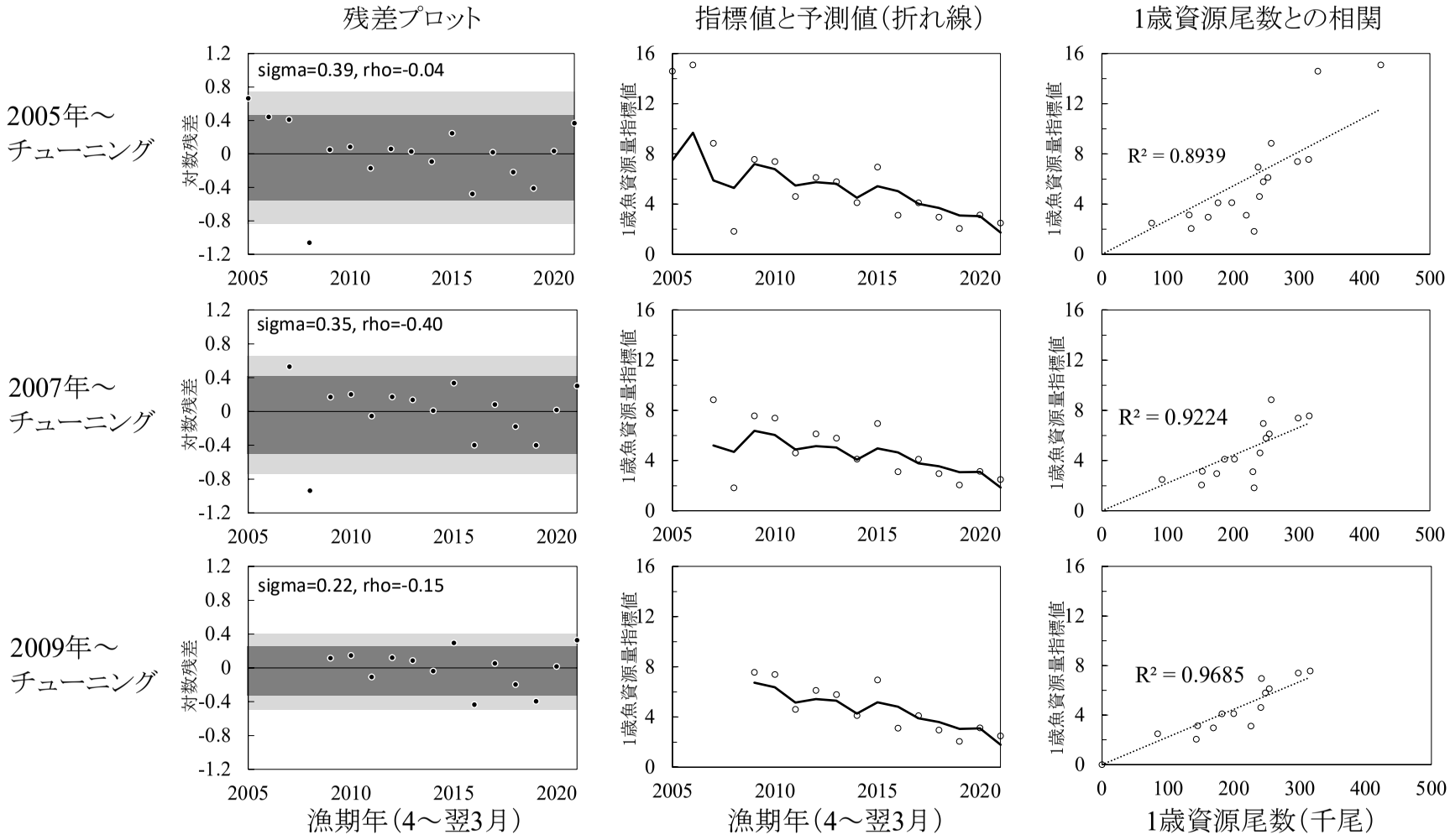


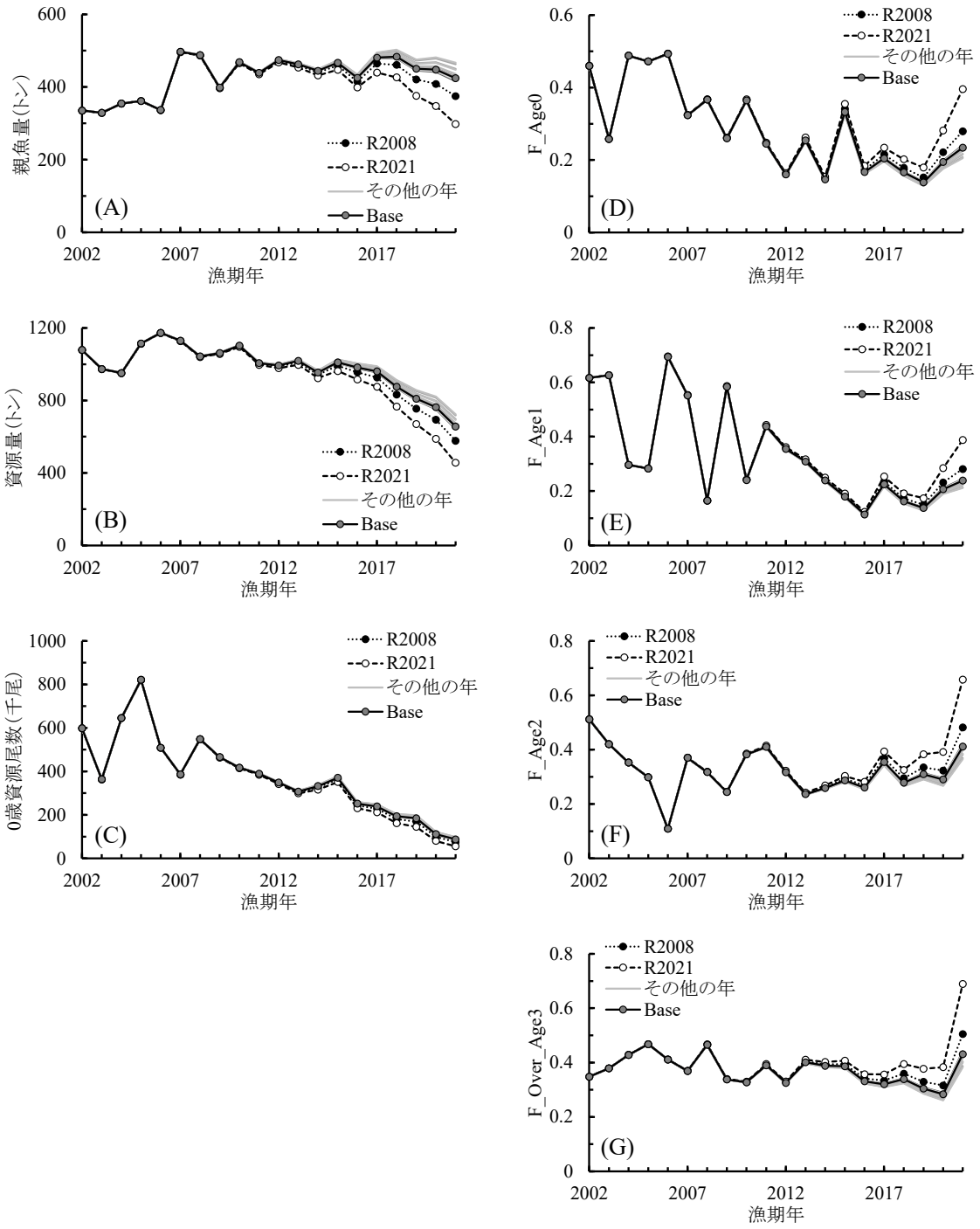
補足図 4-3　大分県の漁協船別取扱量から抽出した、伊予灘以西・豊予海峡以南における、釣りの資源量指標値。(A)：漁獲努力量（延べ取扱隻数）と単純 CPUE（全年齢）、単位（kg/隻・日） (B)：単純 CPUE と加重 CPUE（全年齢）の比較。単位（kg/隻・日）。(C)：全年齢と 1 歳魚の加重 CPUE の比較。単位（kg/隻・日）。(D)：1 歳魚の加重 CPUE と単純 CPUE の比較。単位（尾/隻・日）



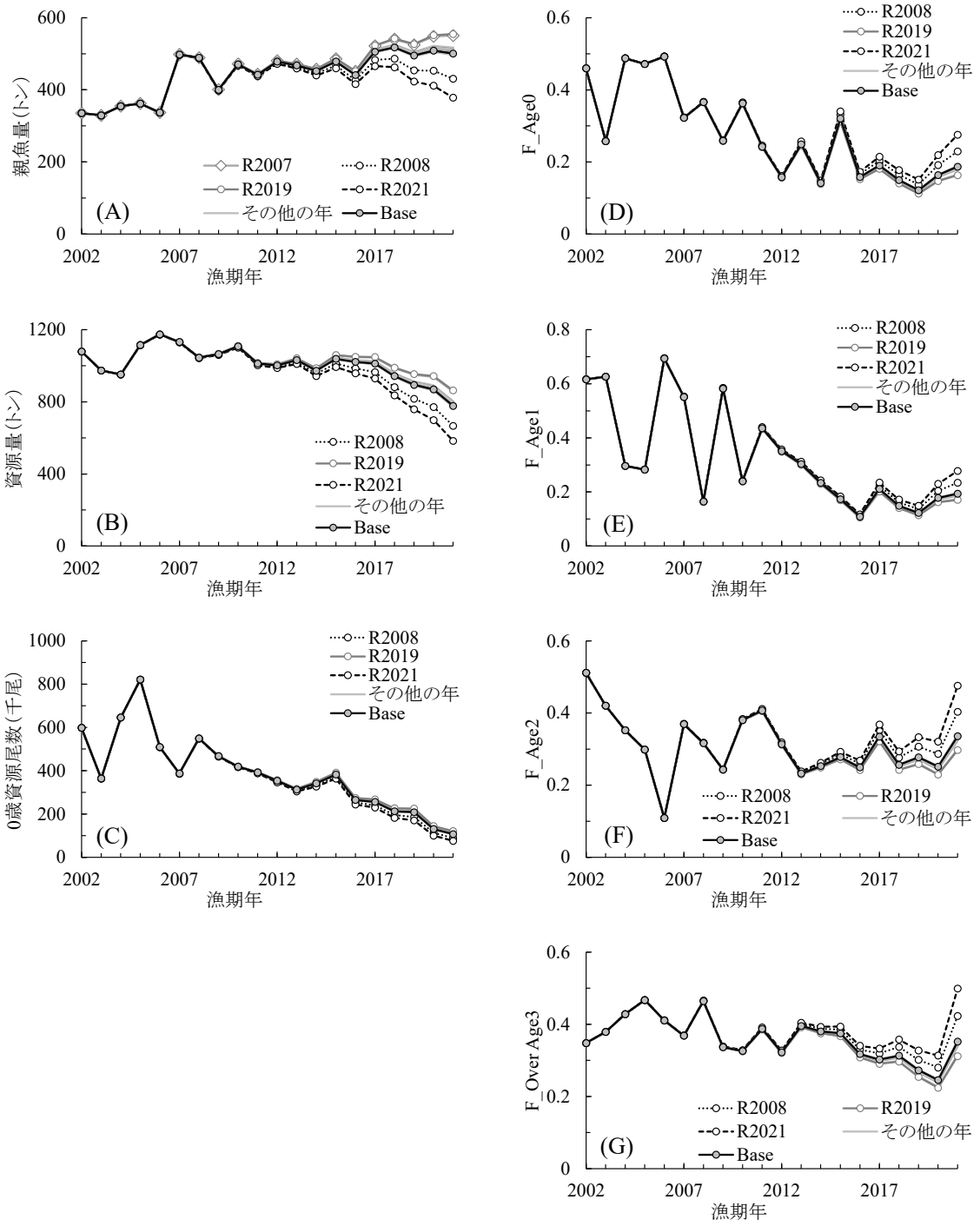
補足図 4-4　3 海域の 1 歳資源量指標値を各海域の 1 歳漁獲尾数で加重平均した、3 海域統合 1 歳資源量指標値。

補足図 4-5　チューニング期間の検討結果。左から、残差プロット、指標値と予測値、1 歳資源尾数の相関。残差プロットのダークグレーは 80%信頼区間、ライトグレーは 95%信頼区間を示す。

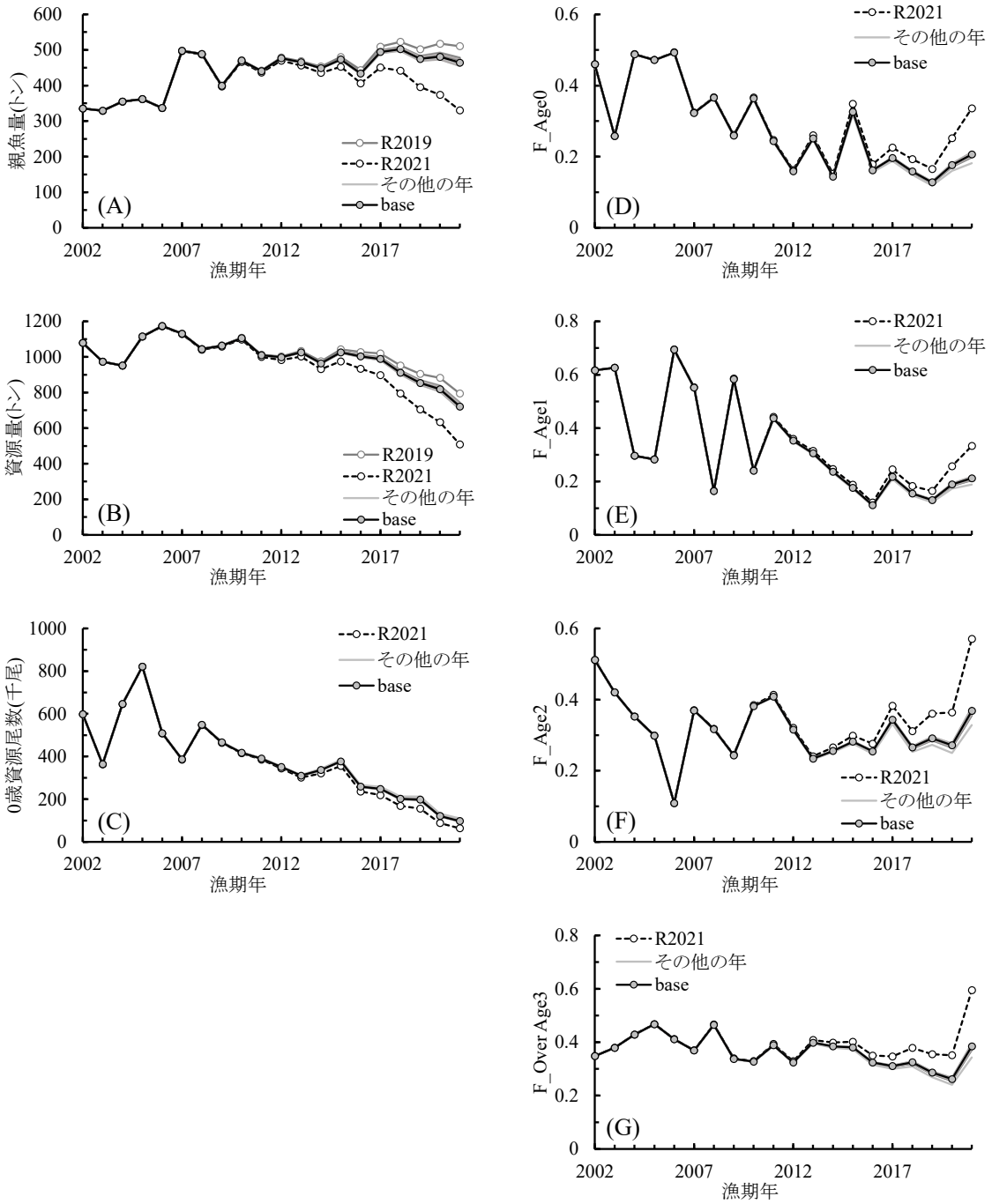




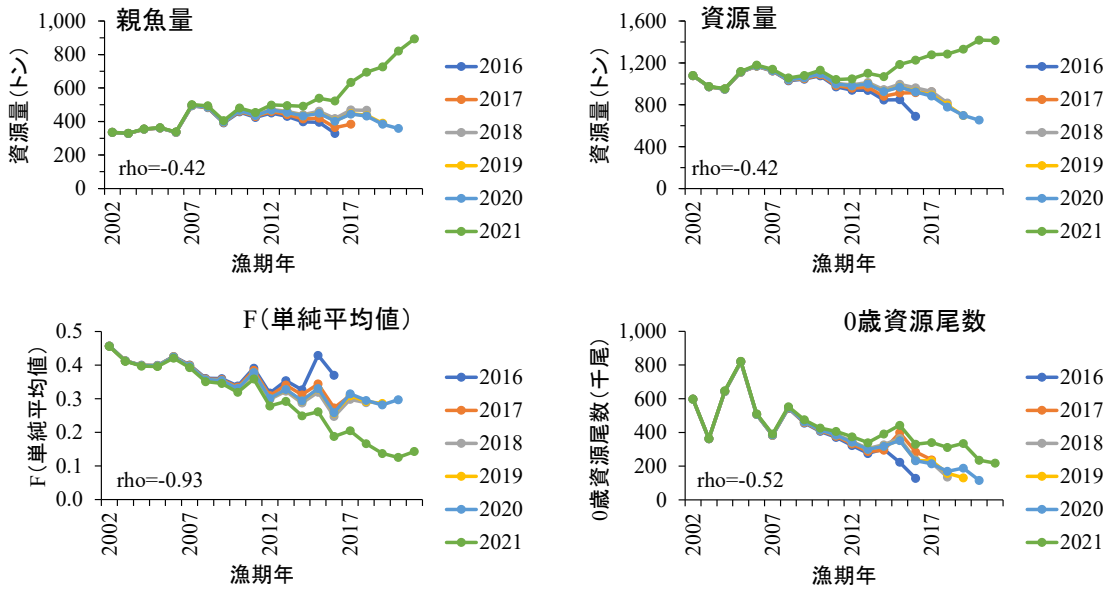
補足図 4-6　2005 年以降チューニングとした場合の VPA 結果におけるジャックナイフ法によるチューニング指標値の影響解析結果。Base は各年の指標値を全て使用した場合。R2008、R2021 は、2008、2021 年漁期ぞれぞれの指標値を除外した場合。「その他の年」は Base データから大きな変化がない年を同一色で示した。(A)：親魚量（単位：トン）、(B)：資源量（単位：トン）、(C)：0 歳資源尾数（単位：千尾）、(D)：0 歳 F、(E)：1 歳 F、(F)：2 歳 F、(G)：3 歳以上 F。



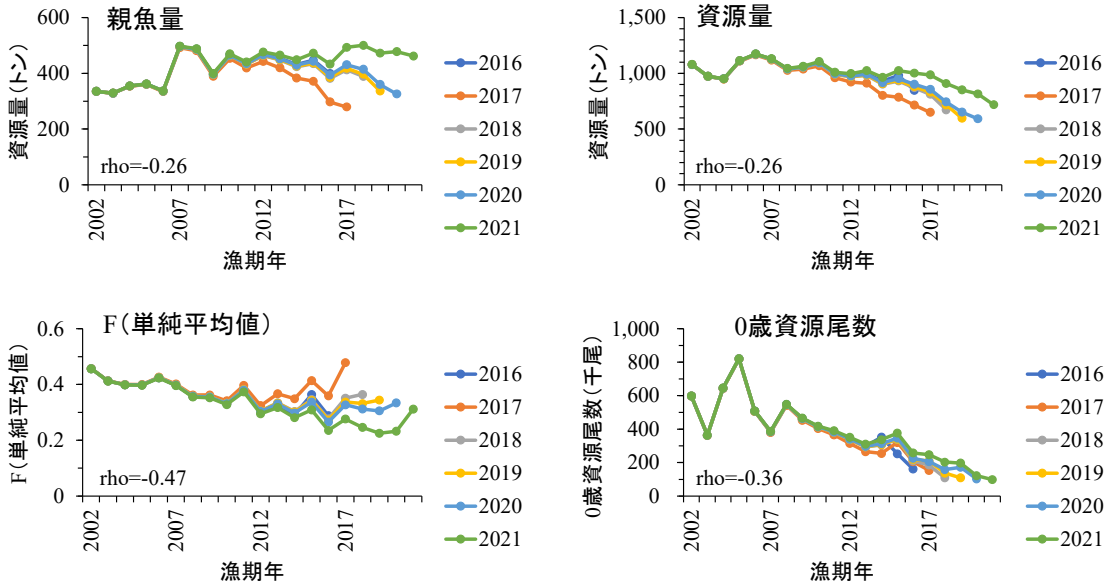
補足図 4-7　2007 年以降チューニングとした場合の VPA 結果におけるジャックナイフ法によるチューニング指標値の影響解析結果。Base は各年の指標値を全て使用した場合。R2008、R2019、R2021 は、2008、2019、2021 年漁期ぞれぞれの指標値を除外した場合。「その他の年」は Base データから大きな変化がない年を同一色で示した。なお、親魚量については、2007 年を除外した場合（R2007）も Base データからの変化が大きいため、マーカーを追加した。(A)：親魚量（単位：トン）、(B)：資源量（単位：トン）、(C)：0 歳資源尾数（単位：千尾）、(D)：0 歳 F、(E)：1 歳 F、(F)：2 歳 F、(G)：3 歳以上 F。



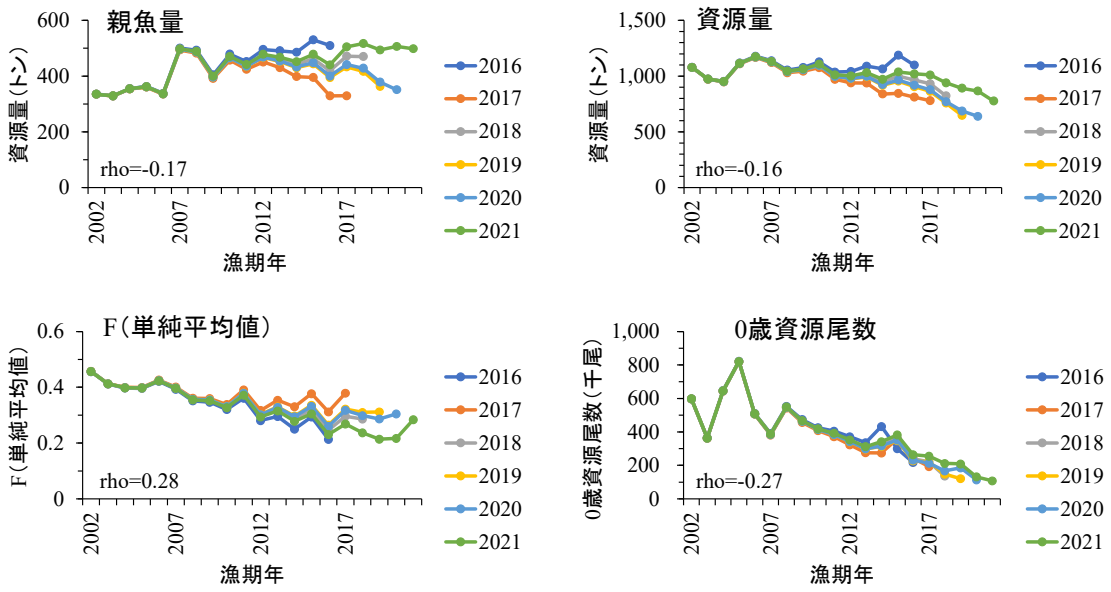
補足図 4-8　ジャックナイフ法による 2009 年以降チューニングとした場合の VPA モデル診断結果。Base は各年の指標値を全て使用した場合。R2021 は、2021 年漁期ぞれぞれの指標値を除外した場合。「その他の年」は Base データから大きな変化がない年を同一色で示した。なお、親魚量と資源量については、2019 年を除外した場合（R2019）も Base データからの変化が大きいため、マーカーを追加した。(A)：親魚量（単位：トン）、(B)：資源量（単位：トン）、(C)：加入尾数（単位：千尾）、(D)：0 歳 F、(E)：1 歳 F、(F)：2 歳 F、(G)：3 歳以上 F。



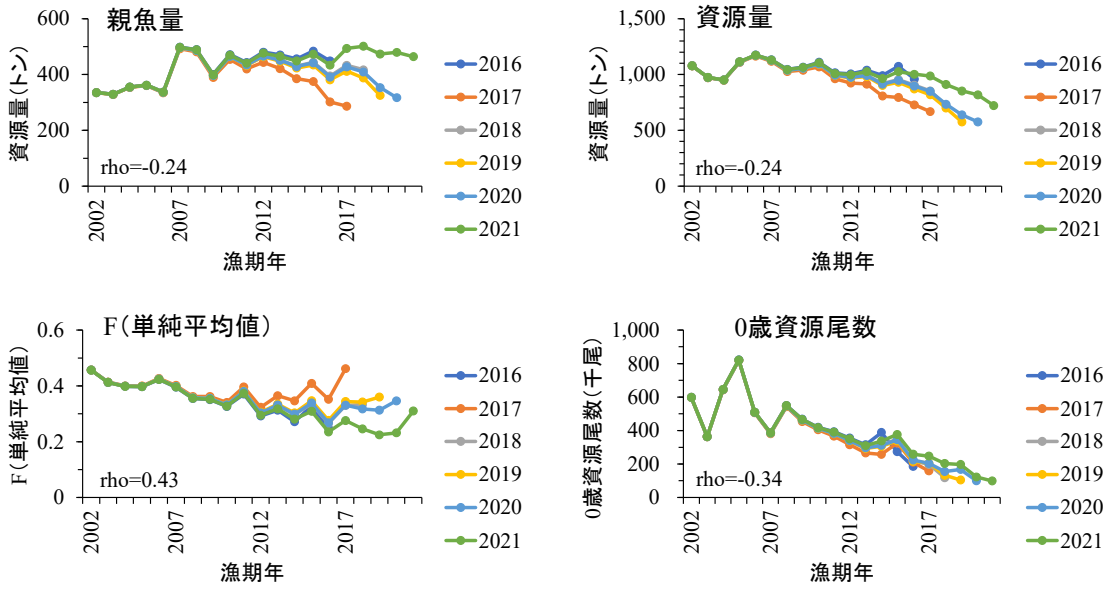
補足図 4-9　チューニングなし VPA 結果におけるレトロスペクティブ解析結果。



補足図 4-10　2005 年以降、1 歳魚資源量指標値を用いてチューニングした場合の VPA 結果におけるレトロスペクティブ解析結果。

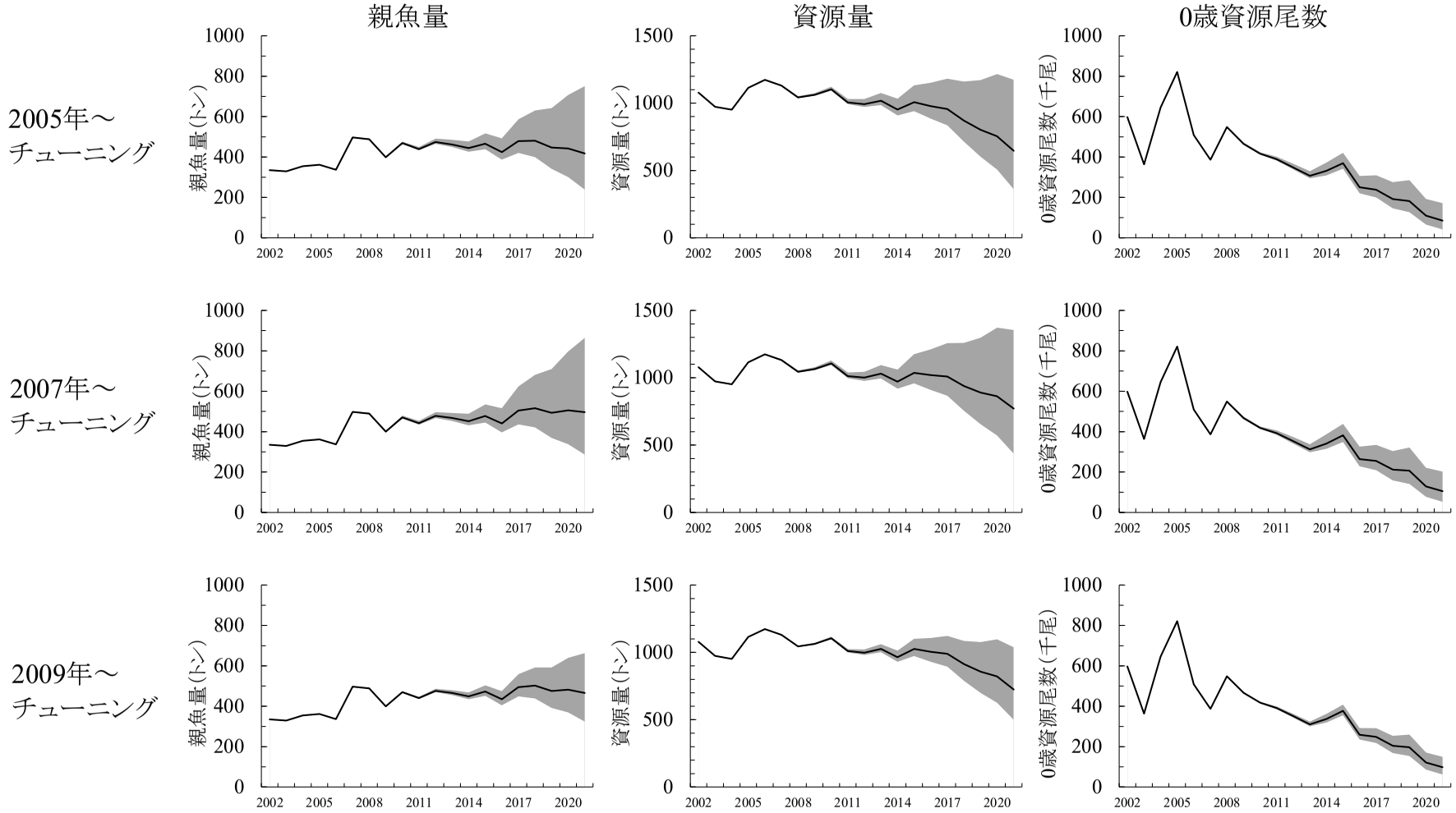


補足図 4-11　2007 年以降、1 歳魚資源量指標値を用いてチューニングした場合の VPA 結果におけるレトロスペクティブ解析結果。



補足図 4-12　2009 年以降、1 歳魚資源量指標値を用いてチューニングした場合の VPA 結果におけるレトロスペクティブ解析結果。

補足図 4-13　チューニング期間の違いによる、ブートストラップ信頼区間推定結果。グレーの範囲は 95％信頼区間を示す。



補足表 4-1　トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群における年齢別漁獲尾数算出海域ごとの資源量指標値一覧

年齢別漁獲尾数算出海域区分		年齢 0	1	2	3	4+
瀬戸内海	燧灘以東	△	×	○	○	○
	豊予以北	○	○	○	○	○
	豊予以南	○	○	○	○	○
日本海北部		×	×	×	×	×
日本海中西部・東シナ海		ー	○	○	○	○
関門海峡		ー	ー	△	△	△
有明海		△	ー	×	×	×

年齢別漁獲尾数算出海域区分		備考
瀬戸内海	燧灘以東	○は2008年～一部の産卵場の有漁漁獲の取扱データはある。△は2016年～収集中。
	豊予以北	2007年～有漁漁獲の取扱データはある。秋冬中心
	豊予以南	2007年～有漁漁獲の取扱データはある。秋冬中心
日本海北部		
日本海中西部・東シナ海		2005年～九州山口北西海域漁獲成績報告書、秋冬
関門海峡		2014年～、収集中。春、産卵期
有明海		2017年～、一部収集中、2021年～海域を拡大。秋

○：10 年以上に渡って、取扱記録がある。△：10 年未満ではあるが、一部の取扱記録がある。×：取扱記録がない。ー：現在、ほぼ漁獲対象となっていない。

補足表4-2　年齢別漁獲尾数算定海域ごとの各年齢の漁獲尾数の割合(%)。豊予南北＋外海は、豊予以北、豊予以南、日本海中西部・東シナ海海域（外海）の合計割合(%)を示す。

0才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	単純平均
燧灘以東	17	6	15	30	18	8	18	8	25	7	14	6	16	2	19	18	22	31	17	16
豊予以北	58	41	26	30	13	24	30	13	31	25	22	21	13	20	30	25	23	32	31	27
豊予以南	1	2	0	4	0	2	3	3	2	11	2	11	0	0	2	1	0	2	1	2
日本海北部	–	–	–	–	–	0	0	3	3	3	6	7	18	1	2	0	5	7	1	4
日本海中西部・東シナ海	5	2	0	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
関門海峡	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0	0	0	0	0	0	0
有明海	20	49	58	36	67	66	47	72	38	53	55	54	52	76	47	55	50	29	51	51
豊予南北＋外海	63	45	27	34	15	26	35	17	33	36	25	33	13	21	33	26	23	33	32	30

1才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	単純平均
燧灘以東	10	6	2	6	6	14	14	8	6	17	3	5	2	4	4	2	4	7	6	7
豊予以北	39	48	43	26	39	45	38	37	26	32	33	38	43	14	22	30	22	25	36	33
豊予以南	11	11	16	12	19	13	15	25	20	21	16	24	25	10	17	23	27	29	34	19
日本海北部	–	–	–	–	–	1	7	2	2	14	9	1	2	7	6	1	5	9	3	5
日本海中西部・東シナ海	40	36	38	57	36	27	26	28	46	16	39	32	27	66	51	45	41	30	21	37
関門海峡	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0	0	0	0	0	0	0
有明海	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
豊予南北＋外海	90	94	98	94	94	85	79	90	92	70	88	94	96	89	90	97	91	84	91	90

2才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	単純平均
燧灘以東	11	19	8	11	18	13	14	10	17	4	7	4	9	6	5	3	4	1	7	9
豊予以北	6	10	9	15	19	11	17	16	11	3	12	4	3	11	10	5	6	7	8	10
豊予以南	8	19	7	8	12	4	3	5	10	2	6	6	6	9	12	7	10	14	9	8
日本海北部	–	–	–	–	–	3	7	6	5	2	7	7	5	7	6	4	3	4	3	5
日本海中西部・東シナ海	75	50	73	65	48	62	51	57	52	86	65	68	71	59	62	69	68	65	66	64
関門海峡	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	1	1	2	3	6	1	2
有明海	0	1	4	1	3	8	7	5	4	4	4	11	6	7	3	9	5	2	7	5
豊予南北＋外海	88	79	88	88	79	77	72	79	73	91	83	78	79	79	85	82	84	86	82	82

3才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	単純平均
燧灘以東	50	25	31	25	18	19	16	12	4	7	2	9	4	3	2	5	3	5	2	13
豊予以北	8	10	10	5	4	10	5	5	5	7	5	4	10	4	7	5	3	4	6	6
豊予以南	4	5	3	2	4	9	4	5	11	4	16	5	7	6	7	5	5	7	7	6
日本海北部	–	–	–	–	–	2	2	4	4	4	4	7	5	3	4	6	5	8	3	4
日本海中西部・東シナ海	32	53	52	61	63	45	53	48	58	53	50	60	55	70	65	66	55	57	63	56
関門海峡	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	5	2	2	1	8	4	3
有明海	5	8	3	7	11	14	20	27	19	24	22	15	17	10	12	11	27	10	15	15
豊予南北＋外海	44	67	66	68	72	65	62	58	73	64	72	68	72	80	80	76	63	69	76	68

4才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	単純平均
燧灘以東	45	39	30	46	45	19	54	36	18	33	18	30	17	13	16	13	9	7	10	26
豊予以北	11	15	11	8	7	7	5	6	5	7	5	5	6	4	6	5	5	3	5	7
豊予以南	6	4	6	2	7	6	2	4	3	7	8	4	4	12	5	5	7	3	6	5
日本海北部	–	–	–	–	–	5	3	6	10	5	9	6	13	7	8	7	8	10	7	8
日本海中西部・東シナ海	30	37	47	37	27	48	26	36	47	32	47	47	46	53	48	57	55	53	60	44
関門海峡	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	1	2	2	5	3	2	2
有明海	8	5	6	7	14	15	11	12	17	15	13	8	13	10	14	10	12	21	11	12
豊予南北＋外海	48	56	64	46	41	61	32	46	55	46	60	56	55	69	60	68	66	59	71	56

補足表 4-3　九州・山口北西海域とらふぐはえ縄漁獲成績報告書から抽出した日本海中西部・東シナ海における資源量指標値（単純 CPUE、加重 CPUE の値（全年齢と 1 歳魚））と 1 歳 CPUE 抽出に用いた年齢別漁獲尾数の割合。

	全年齢CPUE（尾/隻・日）		年齢別漁獲尾数の割合					1歳魚CPUE（尾/隻・日）	
	単純	加重	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳＋	単純	加重
2005	13.0	29.1	0.032	0.502	0.220	0.165	0.081	14.6	6.5
2006	12.6	20.8	0.030	0.726	0.079	0.117	0.048	15.1	9.1
2007	12.9	21.3	0.007	0.345	0.328	0.197	0.123	7.3	4.5
2008	7.8	12.3	0.068	0.193	0.314	0.268	0.157	2.4	1.5
2009	13.1	23.0	0.004	0.526	0.251	0.097	0.122	12.1	6.9
2010	14.5	28.0	0.001	0.397	0.279	0.188	0.135	11.1	5.7
2011	14.6	26.0	0.001	0.152	0.589	0.137	0.121	3.9	2.2
2012	14.1	23.1	0.003	0.388	0.277	0.172	0.160	9.0	5.5
2013	16.8	30.2	0.002	0.297	0.279	0.190	0.232	9.0	5.0
2014	13.3	24.1	0.002	0.183	0.361	0.241	0.212	4.4	2.4
2015	15.3	25.3	0.016	0.323	0.225	0.238	0.198	8.2	4.9
2016	13.7	21.8	0.001	0.201	0.369	0.216	0.213	4.4	2.8
2017	18.6	26.3	0.001	0.202	0.400	0.214	0.184	5.3	3.7
2018	15.8	23.2	0.000	0.172	0.315	0.230	0.283	4.0	2.7
2019	11.8	19.3	0.000	0.108	0.386	0.203	0.302	2.1	1.3
2020	15.4	28.5	0.001	0.110	0.344	0.234	0.311	3.1	1.7
2021	21.3	32.2	0.000	0.108	0.336	0.205	0.351	3.5	2.3

補足表 4-4　大分県の漁協船別取扱量から抽出した、伊予灘以西・豊予海峡以北における資源量指標値（単純 CPUE、加重 CPUE の値（全年齢と 1 歳魚））と 1 歳 CPUE 抽出に用いた年齢別漁獲尾数の割合と尾数換算に用いた 1 歳魚平均体重。

	全年齢CPUE（kg/隻・日）		年齢別漁獲尾数の割合					1歳魚	1歳魚CPUE（尾/隻・日）	
	単純	加重	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳＋	平均体重(g)	単純	加重
2005	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
2006	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－
2007	9.9	24.2	0.208	0.505	0.146	0.091	0.050	991	5.1	12.3
2008	8.0	12.8	0.553	0.186	0.113	0.065	0.083	1175	1.3	2.0
2009	10.8	13.6	0.128	0.601	0.207	0.031	0.033	1055	6.1	7.8
2010	7.3	10.9	0.364	0.495	0.094	0.015	0.032	1063	3.4	5.1
2011	7.7	12.0	0.278	0.569	0.078	0.038	0.037	928	4.7	7.3
2012	6.0	7.9	0.297	0.476	0.117	0.068	0.042	1062	2.7	3.5
2013	9.7	10.6	0.283	0.528	0.072	0.025	0.093	1027	5.0	5.4
2014	12.7	14.3	0.162	0.443	0.250	0.077	0.068	1138	4.9	5.6
2015	14.5	18.3	0.378	0.336	0.180	0.058	0.049	1062	4.6	5.8
2016	11.2	13.3	0.468	0.166	0.157	0.087	0.122	1089	1.7	2.0
2017	10.1	12.0	0.203	0.390	0.222	0.069	0.117	1107	3.6	4.2
2018	10.1	12.2	0.228	0.260	0.212	0.111	0.189	1058	2.5	3.0
2019	10.7	13.5	0.207	0.320	0.338	0.055	0.080	1158	3.0	3.7
2020	12.6	14.2	0.114	0.540	0.182	0.061	0.102	1233	5.5	6.2
2021	9.2	11.7	0.124	0.376	0.092	0.188	0.220	1270	2.7	3.5

補足表 4-5　大分県の漁協船別取扱量から抽出した、伊予灘以西・豊予海峡以南における資源量指標値（単純 CPUE、加重 CPUE の値（全年齢と 1 歳魚））と 1 歳 CPUE 抽出に用いた年齢別漁獲尾数の割合と尾数換算に用いた 1 歳魚平均体重。

	全年齢CPUE(kg/隻・日)		年齢別漁獲尾数の割合					1歳魚	1歳魚CPUE(尾/隻・日)	
	単純	加重	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳＋	平均体重(g)	単純	加重
2005	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
2006	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―
2007	3.0	3.9	0.172	0.336	0.088	0.249	0.154	1252	0.8	1.1
2008	2.3	2.3	0.176	0.322	0.094	0.244	0.164	1239	0.6	0.6
2009	2.3	2.7	0.050	0.788	0.086	0.011	0.065	1180	1.6	1.8
2010	2.4	2.5	0.037	0.528	0.185	0.177	0.073	1197	1.0	1.1
2011	2.3	2.5	0.190	0.531	0.096	0.099	0.083	1050	1.2	1.3
2012	2.8	3.0	0.017	0.346	0.086	0.319	0.231	983	1.0	1.0
2013	2.4	2.5	0.128	0.585	0.115	0.072	0.100	1023	1.4	1.4
2014	3.0	3.2	0.000	0.602	0.098	0.179	0.121	1242	1.4	1.6
2015	2.8	3.0	0.003	0.177	0.194	0.104	0.522	1159	0.4	0.5
2016	2.7	2.7	0.040	0.260	0.432	0.134	0.134	1156	0.6	0.6
2017	2.8	3.0	0.048	0.516	0.158	0.081	0.197	1176	1.2	1.3
2018	2.9	3.1	0.001	0.425	0.209	0.114	0.251	1192	1.0	1.1
2019	2.7	2.8	0.067	0.150	0.167	0.246	0.370	1312	0.9	1.0
2020	3.3	3.6	0.006	0.528	0.132	0.121	0.212	1292	1.4	1.5
2021	3.4	3.8	0.011	0.194	0.360	0.207	0.228	1201	0.6	0.6

補足表 4-6　3 海域統合 1 歳資源量指標値の算出に用いた各海域の 1 歳資源量指標値と各海域の 1 歳漁獲尾数。

漁期年	海域別1歳魚資源量指標値			海域別1歳魚漁獲尾数			加重対象漁獲尾数	加重平均
	日本海中西部・東シナ海	豊予以北	豊予以南	日本海中西部・東シナ海	豊予以北	豊予以南		
2005	14.6	―	―	40,402	―	―	40,402	14.6
2006	15.1	―	―	65,779	―	―	65,779	15.1
2007	7.3	12.3	1.1	24,288	33,873	10,162	68,323	8.9
2008	2.4	2.0	0.6	6,862	7,766	4,081	18,709	1.8
2009	12.1	7.8	1.8	32,480	33,745	26,721	92,946	7.6
2010	11.1	5.1	1.1	25,604	12,582	10,447	48,633	7.4
2011	3.9	7.3	1.3	12,025	21,054	14,535	47,615	4.6
2012	9.0	3.5	1.0	26,148	12,944	8,030	47,122	6.1
2013	9.0	5.4	1.4	18,561	15,983	12,102	46,646	5.8
2014	4.4	5.6	1.6	10,130	13,074	8,631	31,835	4.1
2015	8.2	5.8	0.5	22,442	4,382	3,404	30,227	7.0
2016	4.4	2.0	0.6	10,527	4,219	3,417	18,163	3.1
2017	5.3	4.2	1.3	14,041	6,071	6,196	26,308	4.1
2018	4.0	3.0	1.1	8,748	3,671	4,832	17,251	3.0
2019	2.1	3.7	1.0	4,388	2,955	4,052	11,395	2.1
2020	3.1	6.2	1.5	5,009	3,329	6,035	14,374	3.1
2021	3.5	3.5	0.6	5,417	1,638	3,671	10,725	2.5

※加重平均が 3 海域統合 1 歳資源量指標値になる。

参考資料 4-1　チューニングなしの場合のコホート解析結果

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	200,599	75,185	226,822	281,185	180,156	97,151	153,115	97,026	115,909	76,832
1歳	131,443	128,544	52,720	71,444	187,537	96,477	31,038	123,015	56,229	75,195
2歳	53,466	41,207	34,148	30,712	17,536	45,033	27,712	29,224	38,380	54,067
3歳	14,626	19,675	21,410	23,518	23,178	36,680	29,190	16,578	23,026	20,727
4歳以上	21,962	21,593	24,294	24,859	21,308	21,025	37,474	25,120	22,558	29,586
計	422,096	286,204	359,395	431,718	429,716	296,367	278,528	290,964	256,102	256,406

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	46,958	62,763	41,102	95,434	35,186	40,268	26,927	21,668	17,894	16,551
1歳	66,599	57,693	37,129	34,534	20,949	31,416	21,386	15,427	21,962	14,233
2歳	28,911	25,594	28,333	26,656	31,340	40,301	23,537	25,119	20,487	25,327
3歳	23,095	19,948	24,097	23,987	17,635	22,492	21,236	14,990	13,332	16,320
4歳以上	22,822	30,719	25,736	26,219	23,371	22,305	26,563	24,173	21,182	28,680
計	188,384	196,716	156,397	206,829	128,481	156,782	119,649	101,377	94,857	101,111

年齢別漁獲係数

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0.46	0.26	0.49	0.47	0.49	0.32	0.36	0.25	0.35	0.23
1歳	0.62	0.63	0.30	0.28	0.69	0.55	0.16	0.57	0.23	0.42
2歳	0.51	0.42	0.35	0.30	0.11	0.37	0.31	0.24	0.37	0.39
3歳	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.33	0.32	0.37
4歳以上	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.33	0.32	0.37
単純平均	0.46	0.41	0.40	0.40	0.42	0.39	0.35	0.35	0.32	0.36

年齢別漁獲係数

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.15	0.23	0.12	0.27	0.12	0.14	0.10	0.07	0.09	0.09
1歳	0.33	0.28	0.21	0.15	0.09	0.16	0.10	0.08	0.10	0.09
2歳	0.30	0.22	0.23	0.24	0.20	0.26	0.18	0.18	0.15	0.17
3歳	0.31	0.37	0.34	0.33	0.26	0.23	0.22	0.18	0.14	0.18
4歳以上	0.31	0.37	0.34	0.33	0.26	0.23	0.22	0.18	0.14	0.18
単純平均	0.28	0.29	0.25	0.26	0.19	0.20	0.17	0.14	0.13	0.14

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	598,322	364,281	647,488	822,927	510,959	390,832	553,287	475,193	426,456	406,806
1歳	323,946	313,379	233,543	330,262	426,208	259,565	235,554	319,279	305,606	248,008
2歳	151,450	136,291	130,619	135,358	194,159	166,430	117,009	156,059	140,094	188,383
3歳	56,438	70,766	69,778	71,591	78,314	135,736	89,874	66,671	95,748	75,235
4歳以上	84,745	77,664	79,179	75,674	71,997	77,804	115,380	101,022	93,801	107,394
計	1,214,900	962,381	1,160,607	1,435,812	1,281,637	1,030,367	1,111,105	1,118,224	1,061,705	1,025,827

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	374,909	339,526	390,801	443,221	330,730	340,451	311,519	334,922	235,699	218,298
1歳	267,298	268,056	224,331	286,561	280,550	242,148	245,579	233,741	257,931	179,108
2歳	126,790	149,398	157,848	141,943	192,698	200,005	160,860	172,384	168,423	181,496
3歳	98,999	73,230	93,765	97,928	87,022	122,416	120,198	104,506	112,085	113,089
4歳以上	97,830	112,770	100,144	107,040	115,323	121,398	150,350	168,521	178,073	195,517
計	965,827	942,980	966,889	1,076,693	1,006,322	1,026,418	988,507	1,014,075	952,212	887,508

参考資料 4-1　チューニングなしの場合のコホート解析結果（続き）

年齢別資源量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	177	111	160	181	103	100	130	90	92	90
1歳	340	329	221	361	444	279	251	354	341	233
2歳	227	205	217	213	294	258	182	230	217	264
3歳	108	138	143	152	154	274	182	144	204	151
4歳以上	227	191	212	211	185	227	311	262	276	303
計	1,079	975	954	1,119	1,179	1,139	1,056	1,079	1,131	1,041

年齢別資源量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	86	83	85	79	74	64	62	85	49	36
1歳	258	271	241	337	315	257	264	248	276	183
2歳	204	252	252	231	315	323	264	271	273	301
3歳	204	153	192	210	183	263	251	218	233	239
4歳以上	294	342	299	330	339	370	444	509	588	655
計	1,047	1,100	1,069	1,186	1,226	1,278	1,285	1,331	1,419	1,414

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	108	138	143	152	154	274	182	144	204	151
4歳以上	227	191	212	211	185	227	311	262	276	303
計	336	329	355	363	338	501	493	406	480	454

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	204	153	192	210	183	263	251	218	233	239
4歳以上	294	342	299	330	339	370	444	509	588	655
計	498	495	491	539	522	633	695	727	821	894

年齢別平均体重（g）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	295	306	247	220	201	257	235	188	215	221
1歳	1,050	1,049	945	1,093	1,042	1,076	1,065	1,110	1,117	940
2歳	1,500	1,504	1,664	1,576	1,513	1,553	1,552	1,474	1,552	1,401
3歳	1,916	1,954	2,056	2,118	1,963	2,019	2,026	2,156	2,135	2,006
4歳以上	2,683	2,462	2,676	2,791	2,566	2,918	2,698	2,593	2,941	2,825

年齢別平均体重（g）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	231	243	217	177	223	187	200	253	209	166
1歳	967	1,010	1,073	1,177	1,124	1,062	1,075	1,061	1,069	1,021
2歳	1,609	1,685	1,598	1,629	1,634	1,617	1,641	1,575	1,620	1,661
3歳	2,063	2,090	2,051	2,140	2,107	2,148	2,089	2,083	2,082	2,114
4歳以上	3,007	3,032	2,986	3,079	2,938	3,052	2,952	3,022	3,300	3,348

参考資料 4-2　2005 年以降チューニングした場合のコホート解析結果

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	200,599	75,185	226,822	281,185	180,156	97,151	153,115	97,026	115,909	76,832
1歳	131,443	128,544	52,720	71,444	187,537	96,477	31,038	123,015	56,229	75,195
2歳	53,466	41,207	34,148	30,712	17,536	45,033	27,712	29,224	38,380	54,067
3歳	14,626	19,675	21,410	23,518	23,178	36,680	29,190	16,578	23,026	20,727
4歳以上	21,962	21,593	24,294	24,859	21,308	21,025	37,474	25,120	22,558	29,586
計	422,096	286,204	359,395	431,718	429,716	296,367	278,528	290,964	256,102	256,406

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	46,958	62,763	41,102	95,434	35,186	40,268	26,927	21,668	17,894	16,551
1歳	66,599	57,693	37,129	34,534	20,949	31,416	21,386	15,427	21,962	14,233
2歳	28,911	25,594	28,333	26,656	31,340	40,301	23,537	25,119	20,487	25,327
3歳	23,095	19,948	24,097	23,987	17,635	22,492	21,236	14,990	13,332	16,320
4歳以上	22,822	30,719	25,736	26,219	23,371	22,305	26,563	24,173	21,182	28,680
計	188,384	196,716	156,397	206,829	128,481	156,782	119,649	101,377	94,857	101,111

年齢別漁獲係数

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0.46	0.26	0.49	0.47	0.49	0.32	0.37	0.26	0.36	0.24
1歳	0.62	0.63	0.30	0.28	0.69	0.55	0.16	0.58	0.24	0.44
2歳	0.51	0.42	0.35	0.30	0.11	0.37	0.32	0.24	0.38	0.41
3歳	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.34	0.33	0.39
4歳以上	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.34	0.33	0.39
単純平均	0.46	0.41	0.40	0.40	0.42	0.40	0.36	0.35	0.33	0.37

年齢別漁獲係数

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.16	0.25	0.14	0.33	0.16	0.20	0.16	0.13	0.18	0.20
1歳	0.35	0.31	0.24	0.18	0.11	0.22	0.16	0.13	0.19	0.21
2歳	0.32	0.23	0.26	0.28	0.25	0.34	0.27	0.29	0.27	0.37
3歳	0.32	0.40	0.38	0.38	0.32	0.31	0.33	0.29	0.26	0.39
4歳以上	0.32	0.40	0.38	0.38	0.32	0.31	0.33	0.29	0.26	0.39
単純平均	0.30	0.32	0.28	0.31	0.24	0.28	0.25	0.23	0.23	0.31

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	597,905	363,555	645,595	821,120	508,838	386,592	548,707	466,431	417,646	390,489
1歳	323,726	313,033	232,941	328,693	424,711	257,807	232,039	315,482	298,341	240,704
2歳	151,332	136,120	130,351	134,889	192,937	165,264	115,640	153,321	137,137	182,726
3歳	56,385	70,674	69,645	71,381	77,949	134,784	88,966	65,605	93,616	72,932
4歳以上	84,666	77,563	79,028	75,453	71,662	77,258	114,214	99,406	91,712	104,106
計	141,052	148,237	148,673	146,834	149,610	212,042	203,180	165,011	185,329	177,038

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	350,866	309,952	336,796	376,252	257,929	247,216	202,795	196,861	122,079	98,160
1歳	253,770	248,123	199,813	241,789	225,030	181,794	168,285	143,606	143,474	84,914
2歳	121,101	138,863	142,324	122,849	157,829	156,766	113,856	112,187	98,226	92,357
3歳	94,593	68,800	85,560	85,838	72,151	95,261	86,524	67,900	65,204	58,419
4歳以上	93,477	105,948	91,381	93,825	95,615	94,469	108,228	109,491	103,591	100,999
計	188,070	174,748	176,941	179,663	167,766	189,729	194,753	177,391	168,795	159,418

参考資料 4-2　2005 年以降チューニングした場合のコホート解析結果（続き）

年齢別資源量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	176	111	160	181	102	99	129	88	90	86
1歳	340	328	220	359	443	277	247	350	333	226
2歳	227	205	217	213	292	257	179	226	213	256
3歳	108	138	143	151	153	272	180	141	200	146
4歳以上	227	191	212	211	184	225	308	258	270	294
計	1,079	973	951	1,115	1,174	1,131	1,044	1,063	1,105	1,009

年齢別資源量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	81	75	73	67	58	46	41	50	25	16
1歳	245	251	214	285	253	193	181	152	153	87
2歳	195	234	227	200	258	253	187	177	159	153
3歳	195	144	175	184	152	205	181	141	136	124
4歳以上	281	321	273	289	281	288	319	331	342	338
計	997	1,025	963	1,024	1,001	986	909	851	816	718

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	108	138	143	151	153	272	180	141	200	146
4歳以上	227	191	212	211	184	225	308	258	270	294
計	335	329	355	362	337	497	488	399	470	440

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	195	144	175	184	152	205	181	141	136	124
4歳以上	281	321	273	289	281	288	319	331	342	338
計	476	465	448	473	433	493	500	472	478	462

年齢別平均体重（g）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	295	306	247	220	201	257	235	188	215	221
1歳	1,050	1,049	945	1,093	1,042	1,076	1,065	1,110	1,117	940
2歳	1,500	1,504	1,664	1,576	1,513	1,553	1,552	1,474	1,552	1,401
3歳	1,916	1,954	2,056	2,118	1,963	2,019	2,026	2,156	2,135	2,006
4歳以上	2,683	2,462	2,676	2,791	2,566	2,918	2,698	2,593	2,941	2,825

年齢別平均体重（g）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	231	243	217	177	223	187	200	253	209	166
1歳	967	1,010	1,073	1,177	1,124	1,062	1,075	1,061	1,069	1,021
2歳	1,609	1,685	1,598	1,629	1,634	1,617	1,641	1,575	1,620	1,661
3歳	2,063	2,090	2,051	2,140	2,107	2,148	2,089	2,083	2,082	2,114
4歳以上	3,007	3,032	2,986	3,079	2,938	3,052	2,952	3,022	3,300	3,348

参考資料 4-3　2007 年以降チューニングした場合のコホート解析結果

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	200,599	75,185	226,822	281,185	180,156	97,151	153,115	97,026	115,909	76,832
1歳	131,443	128,544	52,720	71,444	187,537	96,477	31,038	123,015	56,229	75,195
2歳	53,466	41,207	34,148	30,712	17,536	45,033	27,712	29,224	38,380	54,067
3歳	14,626	19,675	21,410	23,518	23,178	36,680	29,190	16,578	23,026	20,727
4歳以上	21,962	21,593	24,294	24,859	21,308	21,025	37,474	25,120	22,558	29,586
計	422,096	286,204	359,395	431,718	429,716	296,367	278,528	290,964	256,102	256,406

年齢別漁獲尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	46,958	62,763	41,102	95,434	35,186	40,268	26,927	21,668	17,894	16,551
1歳	66,599	57,693	37,129	34,534	20,949	31,416	21,386	15,427	21,962	14,233
2歳	28,911	25,594	28,333	26,656	31,340	40,301	23,537	25,119	20,487	25,327
3歳	23,095	19,948	24,097	23,987	17,635	22,492	21,236	14,990	13,332	16,320
4歳以上	22,822	30,719	25,736	26,219	23,371	22,305	26,563	24,173	21,182	28,680
計	188,384	196,716	156,397	206,829	128,481	156,782	119,649	101,377	94,857	101,111

年齢別漁獲係数

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0.46	0.26	0.49	0.47	0.49	0.32	0.37	0.26	0.36	0.24
1歳	0.62	0.63	0.30	0.28	0.69	0.55	0.16	0.58	0.24	0.44
2歳	0.51	0.42	0.35	0.30	0.11	0.37	0.32	0.24	0.38	0.41
3歳	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.34	0.33	0.39
4歳以上	0.35	0.38	0.43	0.47	0.41	0.37	0.46	0.34	0.33	0.39
単純平均	0.46	0.41	0.40	0.40	0.42	0.40	0.35	0.35	0.33	0.37

年齢別漁獲係数

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0.16	0.25	0.14	0.32	0.16	0.19	0.15	0.12	0.16	0.18
1歳	0.35	0.30	0.23	0.17	0.11	0.21	0.15	0.12	0.18	0.19
2歳	0.31	0.23	0.25	0.28	0.25	0.34	0.26	0.28	0.25	0.33
3歳	0.32	0.40	0.38	0.38	0.32	0.30	0.31	0.27	0.25	0.35
4歳以上	0.32	0.40	0.38	0.38	0.32	0.30	0.31	0.27	0.25	0.35
単純平均	0.29	0.32	0.28	0.30	0.23	0.27	0.24	0.21	0.22	0.28

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	597,940	363,616	645,755	821,273	509,017	386,949	549,094	467,170	418,389	391,865
1歳	323,745	313,062	232,992	328,825	424,837	257,955	232,335	315,802	298,954	241,320
2歳	151,342	136,134	130,373	134,929	193,040	165,362	115,755	153,552	137,386	183,204
3歳	56,390	70,682	69,656	71,399	77,980	134,864	89,043	65,695	93,796	73,126
4歳以上	84,673	77,571	79,041	75,472	71,690	77,304	114,312	99,543	91,889	104,384
計	141,063	148,253	148,697	146,870	149,669	212,168	203,355	165,237	185,685	177,510

年齢別資源尾数（尾）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	352,895	312,447	341,353	381,902	264,072	255,083	211,969	208,452	131,535	107,960
1歳	254,912	249,805	201,882	245,567	229,715	186,886	174,807	151,211	153,084	92,753
2歳	121,581	139,752	143,634	124,460	160,772	160,414	117,823	117,266	104,149	99,841
3歳	94,965	69,174	86,252	86,858	73,406	97,552	89,366	70,989	69,160	63,032
4歳以上	93,844	106,524	92,120	94,940	97,278	96,741	111,783	114,472	109,876	108,975
計	188,809	175,698	178,373	181,798	170,684	194,293	201,148	185,461	179,036	172,007

参考資料 4-3　2007 年以降チューニングした場合のコホート解析結果（続き）

年齢別資源量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	176	111	160	181	102	99	129	88	90	87
1歳	340	328	220	360	443	277	247	350	334	227
2歳	227	205	217	213	292	257	180	226	213	257
3歳	108	138	143	151	153	272	180	142	200	147
4歳以上	227	191	212	211	184	226	308	258	270	295
計	1,079	973	952	1,115	1,174	1,131	1,045	1,064	1,107	1,012

年齢別資源量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	81	76	74	68	59	48	42	53	27	18
1歳	246	252	217	289	258	198	188	160	164	95
2歳	196	235	229	203	263	259	193	185	169	166
3歳	196	145	177	186	155	210	187	148	144	133
4歳以上	282	323	275	292	286	295	330	346	363	365
計	1,002	1,031	972	1,038	1,020	1,010	940	892	866	777

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	108	138	143	151	153	272	180	142	200	147
4歳以上	227	191	212	211	184	226	308	258	270	295
計	335	329	355	362	337	498	489	400	471	442

年齢別親魚量（トン）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	196	145	177	186	155	210	187	148	144	133
4歳以上	282	323	275	292	286	295	330	346	363	365
計	478	468	452	478	440	505	517	494	507	498

年齢別平均体重（g）

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0歳	295	306	247	220	201	257	235	188	215	221
1歳	1,050	1,049	945	1,093	1,042	1,076	1,065	1,110	1,117	940
2歳	1,500	1,504	1,664	1,576	1,513	1,553	1,552	1,474	1,552	1,401
3歳	1,916	1,954	2,056	2,118	1,963	2,019	2,026	2,156	2,135	2,006
4歳以上	2,683	2,462	2,676	2,791	2,566	2,918	2,698	2,593	2,941	2,825

年齢別平均体重（g）

漁期年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
0歳	231	243	217	177	223	187	200	253	209	166
1歳	967	1,010	1,073	1,177	1,124	1,062	1,075	1,061	1,069	1,021
2歳	1,609	1,685	1,598	1,629	1,634	1,617	1,641	1,575	1,620	1,661
3歳	2,063	2,090	2,051	2,140	2,107	2,148	2,089	2,083	2,082	2,114
4歳以上	3,007	3,032	2,986	3,079	2,938	3,052	2,952	3,022	3,300	3,348

補足資料５　全長階級別雌雄割合

全長	4～7月		8～11月		12月～翌年3月	
(mm)	雄	雌	雄	雌	雄	雌
100	–	–	0.42	0.58	–	–
110	–	–	0.46	0.54	–	–
120	–	–	0.49	0.51	–	–
130	–	–	0.51	0.49	–	–
140	–	–	0.43	0.57	–	–
150	–	–	0.39	0.61	–	–
160	–	–	0.49	0.51	–	–
170	–	–	0.48	0.52	0.00	1.00
180	–	–	0.44	0.56	0.29	0.71
190	1.00	0.00	0.46	0.54	0.60	0.40
200	0.00	1.00	0.54	0.46	0.61	0.39
210	0.50	0.50	0.53	0.47	0.51	0.49
220	0.33	0.67	0.44	0.56	0.56	0.44
230	0.50	0.50	0.53	0.47	0.52	0.48
240	0.33	0.67	0.48	0.52	0.53	0.47
250	0.71	0.29	0.41	0.59	0.54	0.46
260	0.50	0.50	0.54	0.46	0.56	0.44
270	0.38	0.62	0.37	0.63	0.51	0.49
280	0.63	0.38	0.57	0.43	0.46	0.54
290	1.00	0.00	0.50	0.50	0.33	0.67
300	0.33	0.67	1.00	0.00	0.56	0.44
310	0.88	0.13	0.50	0.50	0.33	0.67
320	0.75	0.25	0.80	0.20	0.56	0.44
330	0.61	0.39	–	–	0.18	0.82
340	0.56	0.44	0.60	0.40	0.50	0.50
350	0.61	0.39	0.25	0.75	0.42	0.58
360	0.69	0.31	0.45	0.55	0.46	0.54
370	0.71	0.29	0.58	0.42	0.57	0.43
380	0.73	0.27	0.58	0.42	0.54	0.46
390	0.84	0.16	0.33	0.67	0.57	0.43
400	0.85	0.15	0.42	0.58	0.55	0.45
410	0.82	0.18	0.52	0.48	0.56	0.44
420	0.81	0.19	0.59	0.41	0.52	0.48
430	0.80	0.20	0.73	0.27	0.57	0.43
440	0.75	0.25	0.63	0.38	0.48	0.52
450	0.71	0.29	0.30	0.70	0.42	0.58

※－の階級は、各期の全体の雌雄比を用いる。

補足資料５　全長階級別雌雄割合（続き）

全長	4～7月		8～11月		12月～翌年3月	
(mm)	雄	雌	雄	雌	雄	雌
460	0.66	0.34	0.38	0.63	0.48	0.52
470	0.61	0.39	0.78	0.22	0.43	0.57
480	0.49	0.51	0.13	0.88	0.42	0.58
490	0.47	0.53	0.57	0.43	0.35	0.65
500	0.45	0.55	0.25	0.75	0.28	0.72
510	0.39	0.61	0.33	0.67	0.31	0.69
520	0.45	0.55	0.14	0.86	0.24	0.76
530	0.42	0.58	0.00	1.00	0.32	0.68
540	0.40	0.60	0.25	0.75	0.32	0.68
550	0.35	0.65	0.67	0.33	0.20	0.80
560	0.32	0.68	0.25	0.75	0.19	0.81
570	0.28	0.72	0.67	0.33	0.15	0.85
580	0.21	0.79	1.00	0.00	0.25	0.75
590	0.20	0.80	0.00	1.00	0.29	0.71
600	0.16	0.84	0.00	1.00	0.16	0.84
610	0.14	0.86	1.00	0.00	0.17	0.83
620	0.10	0.90	–	–	0.14	0.86
630	0.07	0.93	0.33	0.67	0.40	0.60
640	0.12	0.88	0.00	1.00	0.00	1.00
650	0.09	0.91	1.00	0.00	0.00	1.00
660	0.05	0.95	–	–	0.00	1.00
670	0.05	0.95	–	–	0.25	0.75
680	0.03	0.98	1.00	0.00	0.50	0.50
690	0.08	0.92	–	–	–	–
700	0.09	0.91	0.00	1.00	–	–
710	0.00	1.00	–	–	0.50	0.50
720	0.00	1.00	1.00	0.00	–	–
730	0.00	1.00	–	–	–	–
740	–	–	–	–	0.00	1.00
750	–	–	–	–	–	–
760	–	–	–	–	–	–
770	–	–	–	–	–	–
780	–	–	–	–	–	–
790	–	–	–	–	–	–
800	–	–	–	–	–	–
測定数	6753	5850	1435	1579	2507	2787
全体雌雄比	0.54	0.46	0.48	0.52	0.47	0.53

※－の階級は、各期の全体の雌雄比を用いる。

補足資料６　トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群における全長－体重関係式の更新について

本系群では、令和 2 年度評価までは、これまでの資源評価で用いられてきた、全長－体重関係式は、（松村 2006）に基づき、

全長−体重関係式

雄：$W = 0.0395L^{2.82}$

雌：$W = 0.0530L^{2.74}$

が、採用されてきたが、放流再捕個体の情報に依存していること、年齢分解においては、雌雄統一された式

$$W = \frac{1.206}{100{,}000} \times (L \times 10)^{3.105}$$

が、用いられており、複数の全長－体重関係式が用いられることで、年齢分解後の漁獲尾数、漁獲量の整合性がとれず、補正が必要であった。こうした点を踏まえ、令和 3 年度評価において、これまでの精密測定データ等から、漁獲物由来の全長－体重関係式を雌雄別に再検討し、以下の式とした。

2020 年漁期の資源評価での全長－体重関係式

雄：$W = 2.20 \times 10^{-5} \times L^{2.98}$

雌：$W = 1.97 \times 10^{-5} \times L^{3.02}$

（W：体重 (kg)、L：全長 (cm)）

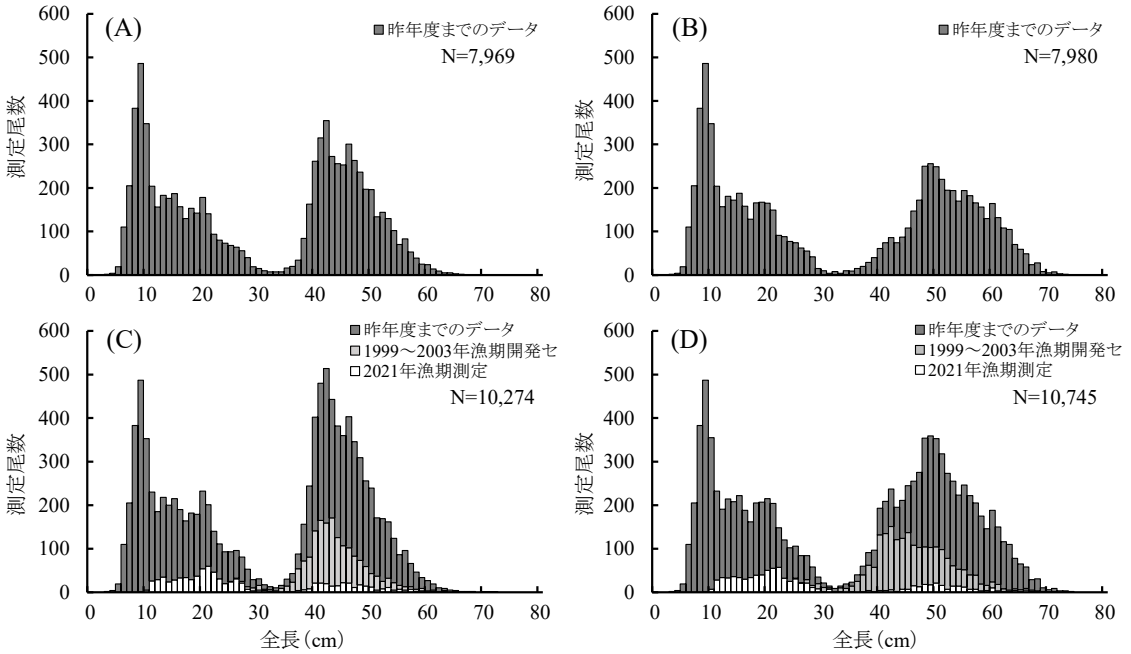
一方で、令和 3 年度評価において、使用したデータは、全長 30cm 未満の若齢魚にサンプル数が偏るなど、より高齢側のデータ数に限りがあった（補足図 6-1A, B）。そこで、2021 年漁期に精密測定等により得た雌雄判別済みの全長－体重データ（雄：856 個体、雌 877 個体）と、1999 年漁期～2003 年漁期に海洋水産資源開発センター（現：水産研究・教育機構 開発センター）が実施した資源管理型沖合漁業推進総合調査(フグ類等・東シナ海海域)で得た雄 1,449 個体および雌 1,888 個体の全長－体重データを追加して（補足図 6-1C, D）、より幅広い全長範囲でのデータの充実化を図り、本年度評価ではこれらを追加した雄 10,274 個体、雌 10,745 個体のデータから、全長－体重関係式の見直しを行った。その結果、追加データを加えた全長－体重式は以下の通りとなった（補足図 6-2）。

雄：$W = 2.15 \times 10^{-5} \times L^{2.99}$　（R^2=0.946）

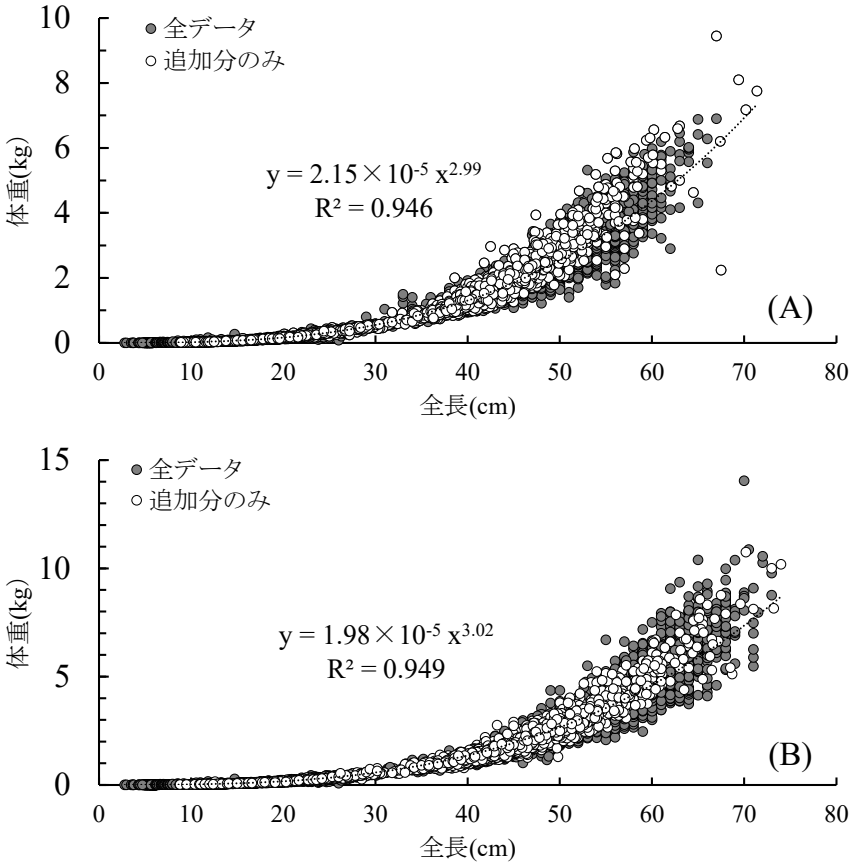
雌：$W = 1.98 \times 10^{-5} \times L^{3.02}$　（R^2=0.949）

（W：体重 (kg)、L：全長 (cm)）

以上の式を使用することにより、昨年度評価との誤差率(%)は、推定した最大全長（80cm）時の体重で、雄で 2.1%増、雌で 1.0%減と大きな誤差は認められず、これより全長の小さい個体では誤差はより小さい値となった。このことから、上記の全長－体重式を本年度評価で用いる式として採用した。



補足図 6-1.　全長－体重関係式の更新に用いたデータの全長組成。(A)昨年度評価時、雄、(B)昨年度評価時、雌、（C）データ追加をした今年度評価でのデータ、雄、(D) データ追加をした今年度評価でのデータ、雌



補足図 6-2.　データ追加後の雌雄それぞれの全長－体重関係式（A:雄、B:雌）

引用文献

片山貴士，越智洋介，汐留忠俊．平成 11 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査（東シナ海フグ類等）トラフグ調査報告書．海洋水産資源開発センター，東京．2001; 1-35.

片山貴士．平成 12 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査（フグ類等：東シナ海海域）トラフグ調査報告書．海洋水産資源開発センター，東京．2001; 1-39.

片山貴士．平成 13 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査（東シナ海フグ類等：東シナ海海域）トラフグ調査報告書．海洋水産資源開発センター，東京．2002; 1-36.

片山貴士．平成 14 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査（東シナ海ふぐ類等：東シナ海海域）トラフグ調査報告書．海洋水産資源開発センター，東京．2003; 1-51.

片山貴士，原田誠一郎，佐谷守朗．平成 15 年度資源管理型沖合漁業推進総合調査（東シナ海ふぐ類等：東シナ海海域）トラフグ調査報告書．(独)水産総合研究センター，神奈川．2004; 1-52.

補足資料７　入数未集計市場での動画撮影を用いた取扱尾数および取扱量推定について

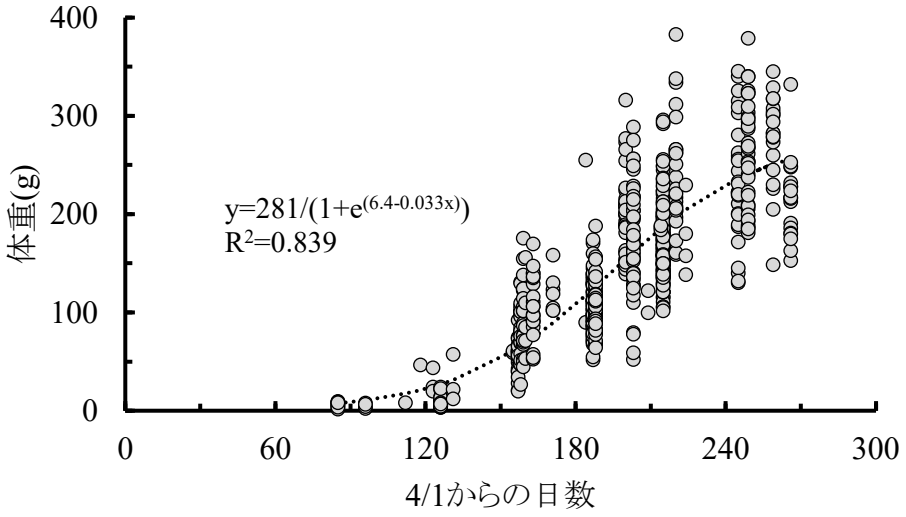
トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群は、広域資源であることから、様々な漁法で漁獲される。漁獲物のうち、大型個体は、下関唐戸魚市場南風泊市場などに代表されるように、フグ類を専門的に取り扱う集積市場に出荷されるが、当歳魚などの小型個体は、地方市場に出荷されるケースも多く、その取扱方法は活魚、鮮魚など市場によって様々である。また、取扱量の把握も、尾数、入数、箱数、重量など様々な情報を記録する市場もあれば、箱数のみしか記録がない市場（以下、入数未計数市場）も存在し、取扱尾数、取扱量の把握が困難なケースも生じる。このように、入数未集計市場における取扱尾数、取扱量を推定するために、本評価では、市場担当者の了解を得て、出荷されたセリ前のトラフグ当歳魚について動画撮影を行い、撮影した動画から入数推定を行うことで、取扱尾数、取扱量の推定を行った。

推定作業は福岡県内の有明海海域の漁獲物を取り扱うトラフグ当歳魚取扱市場で 2021 年 9 月から 12 月に実施した。同市場では、福岡県内に限らず、有明海沿岸の各県から出荷されたトラフグ当歳魚の取扱がある。推定手法は以下の通りである。

① 市場調査員がトラフグ出荷箱をジンバル付きハンドカメラ(DJI Pocket2, 4k, 60fps)で動画撮影。
② 動画からキャプチャー画像を作成、画像解析ソフト（ImageJ 1.50i）のカウントツールにて、魚体体側の斑紋の位置と数から入数を推定（補足図 7-1）。
③ 週あたり平均入数を作成。同海域のトラフグ精密測定結果から、週あたり平均体重を推定。
④ 市場から得た週あたり取扱箱数に平均入数を乗算して週単位の取扱尾数を推定。週あたり平均体重を乗算して、週単位の取扱量を推定。

なお、週あたり平均体重の推定においては、有明海の福岡（釣り）、佐賀（あんこう網）、熊本（小型定置網）で実施した標本船調査時にトラフグの買取を行い、精密測定によって得た体重について、漁獲日との関係から、シグモイド関数を用いて、各週の平均体重を推定した（補足図 7-2）。この各週の平均入数、平均体重に市場集計結果の箱数を乗じることで、各週の推定取扱尾数、推定取扱量、とした。集計結果を補足表 7-1 に示す。これに、他市場の集計結果も加えて、海域内の漁獲尾数、漁獲量として扱った。

補足図 7-1　入数未集計市場におけるトラフグ出荷物の撮影事例と動画からのキャプチャー画像上でのカウント例。中央の箱中の魚体に付した黄点がカウント結果となる。



補足図 7-2　有明海標本船の精密測定結果から作成した漁獲日と体重の関係。漁獲日は体重との関係式を作成するために便宜上、4/1 からの日数とした。図中の相関係数は、4/1 からの日数と実体重の相関係数を示す。

補足表 7-1　入数未集計市場で推定した平均入数、推定取扱尾数および推定取扱量の事例。各週の推定体重は各週の基準日時点の体重を補足図 7-2 のシグモイド関数から推定。

各週の基準日	月週	4/1からの日数	推定体重(g)	取扱箱数	平均入数	推定取扱尾数	推定取扱量(kg)
9/2	9月1週	154	59	7	16	112	7
9/9	9月2週	161	71	5	23	115	8
9/16	9月3週	168	84	4	21	84	7
9/23	9月4週	175	98	35	31	1073	105
9/30	9月5週	182	113	8	20	158	18
10/7	10月1週	189	129	25	26	643	83
10/14	10月2週	196	145	18	21	369	53
10/21	10月3週	203	161	28	22	621	100
10/28	10月4週	210	177	18	18	326	58
11/4	11月1週	217	191	6	18	109	21
11/11	11月2週	224	205	2	18	36	7
11/18	11月3週	231	217	1	18	18	4
11/25	11月4週	238	227	0	18	0	0
12/2	12月1週	245	237	0	18	0	0
12/9	12月2週	252	245	1	18	18	4
					合計→	3682	475

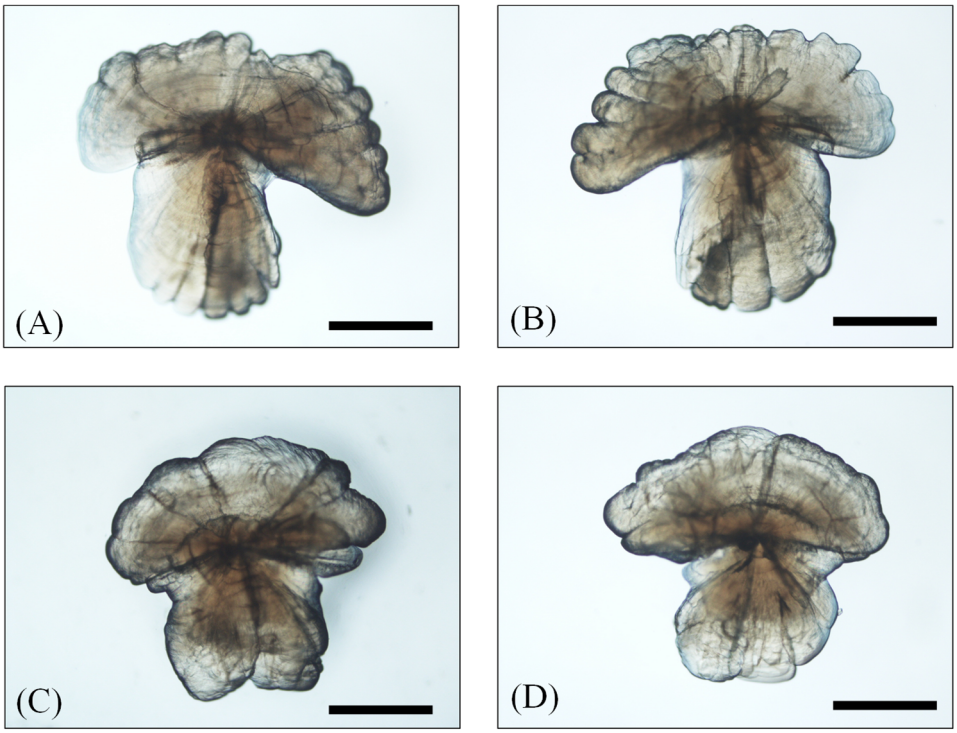
※9 月 1 週目は 8 月 3 箱含む。
※11 月 1 週目以降は調査員調査時に入荷が認められなかったため、10 月 4 週の平均入り数を適用した。

補足資料８　混入率算定方法の変更について

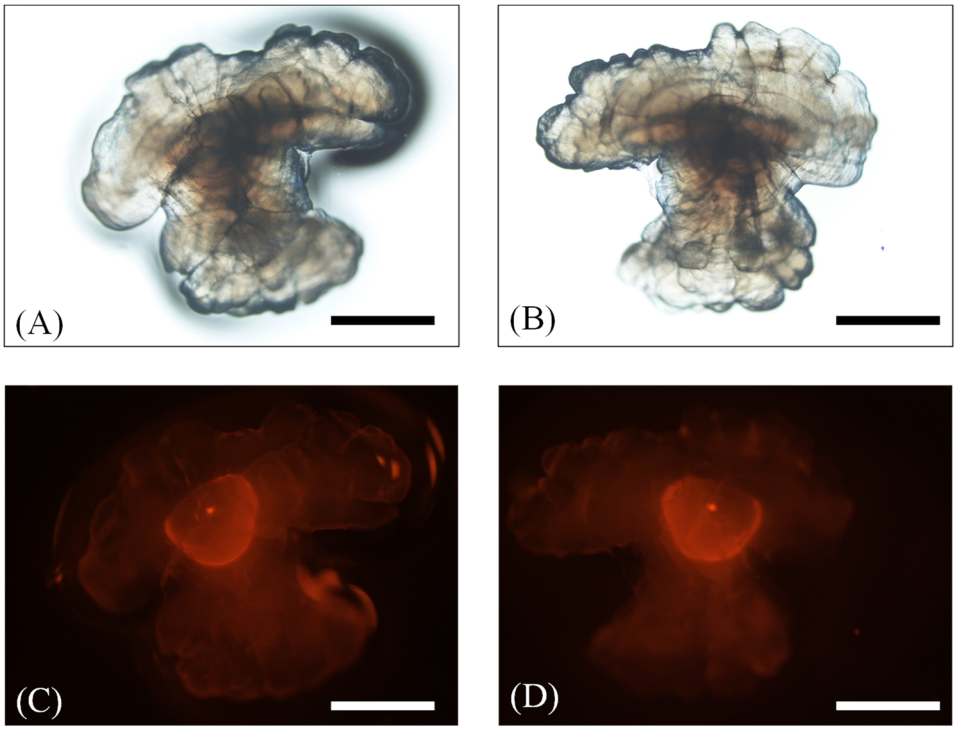
本系群は、人工種苗放流が行われている栽培対象種であり、人工種苗放流魚の混入状況や放流群ごとの放流効果の把握を目的として胸鰭切除、背部への焼印や有機酸処理といった外部標識や、アリザリン・コンプレクソン（ALC）による耳石染色などの内部標識が施され、天然魚と識別されている。栽培対象種では、加入量に影響する天然魚の資源尾数および放流魚の資源尾数について特に当歳魚での把握が重要であり、これらの識別精度は天然魚においては再生産成功率の算定、人工種苗放流魚においては、添加効率の算定に影響し、その結果は、将来予測における資源量推定に影響を与える。こうした背景から、なるべく統一された手法で、安定的に混入率が算定される必要があるが、令和 2 年度までの本系群の評価票では、外部標識に基づく結果と内部標識に基づく結果が混在しており、外部標識においては標識率が放流群によって異なり、形態異常率も生産ロットによって異なることが想定された。そこで、一部の海域や一部の県のデータのみで算定されていることから、より精度の高い混入率算定を行うために、令和 3 年度の評価票からは、以下の手順で混入率の算定を行うこととした。

・混入率算定は、何らかの全数標識指標（調査対象の放流群の全数が、ALC や有機酸など、何らかの全数標識が施されている形質について観察）で天然魚、放流魚の判定を行うこととする。
・特定の海域や府県に限定して混入率算定を行うのではなく、入手可能な放流実施県とその周辺県のサンプルを用いて行う。なお、混入率は当歳魚について算定し、当歳魚の漁獲が少ない日本海北部は当歳魚時点での十分な放流情報が得にくいと判断し、観察から除外する。
・個々の県別、海域別に算出された混入率は、それぞれの県別、海域別の当歳魚の漁獲量に応じて加重平均をし、令和 3 年度評価で区分した海域区分ごとに混入率を算出する。
・現在、当歳魚の漁獲があり、十分な数の 0 歳時点の人工種苗由来放流魚の採捕は、有明海、伊予灘以西豊予海峡以北、燧灘以東の 3 海域で見られており、これらの海域についてはそれぞれの海域区分で算出した混入率に各海域の当歳魚の漁獲尾数で加重平均を算出し、これを系群全体の人工種苗由来放流魚の混入率として扱う。
・なお、本手法は、2020 年漁期データから適用して算定する。2019 年漁期以前については、標識率が放流群ごとに大きく異なり、過去を遡っての補正は困難であるため、従来からの算定値をそのまま使用することとする。

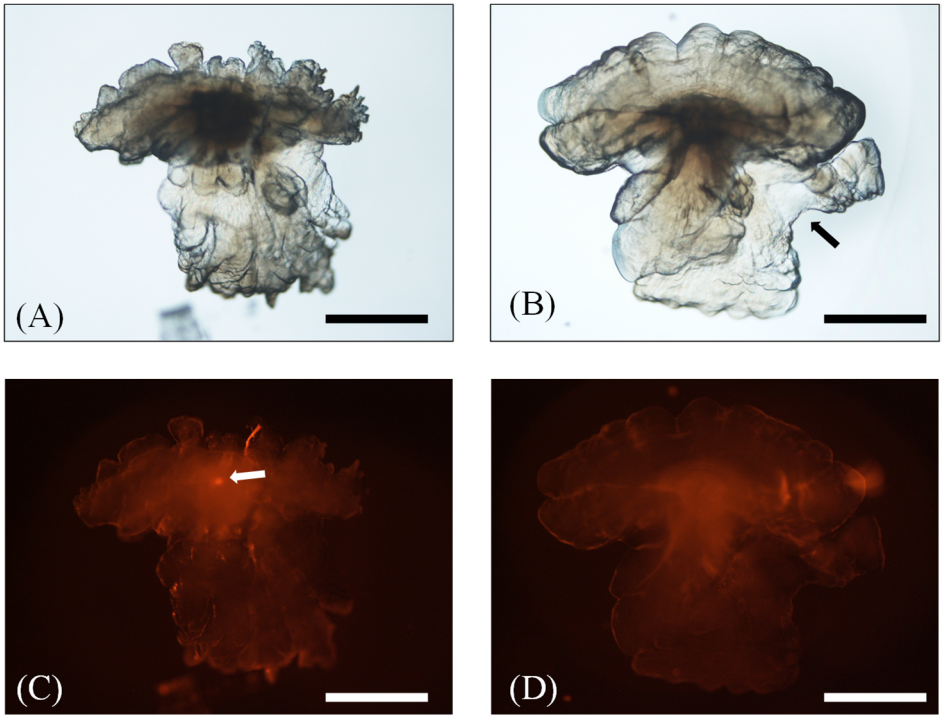
なお、令和 3 年度の混入率算定の中では、ALC 標識はないが、明らかに天然個体とは異なる耳石形状（薄片化や、ささくれ状、分離、星状石と扁平石の癒合などの耳石形成異常）をしている個体については、ALC 標識が確認されなくても耳石奇形と判断し、放流魚として判定した。令和 4 年度の混入率算定においても同様とし、天然個体の耳石と人工種苗由来放流魚の耳石奇形の事例を以下の補足図 8-1～4 に示す。



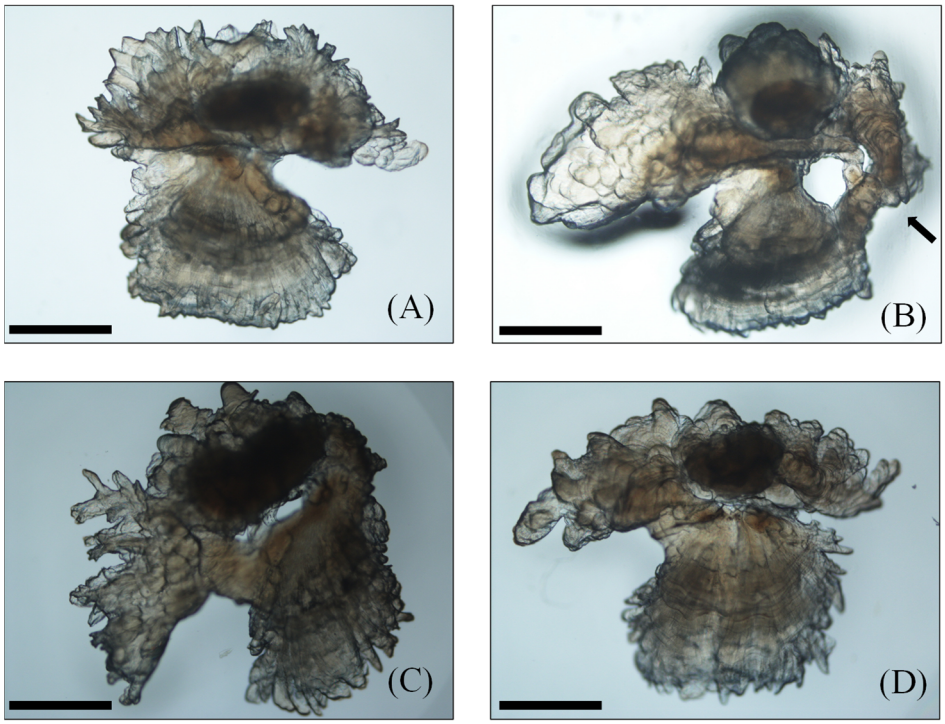
補足図 8-1　トラフグ当歳魚天然個体における耳石。(A)と(B)は種苗放流実施海域において、天然個体と判定された個体。(C)と(D)は種苗放流未実施海域において天然個体と判定された個体。Bar=500μm。



補足図 8-2　トラフグ当歳魚放流個体における耳石。(A)と(B)は外部形態、奇形と判定しなかったケース。(C)と(D)は(A)と(B)を G 励起により ALC を確認した蛍光画像。Bar=500μm。



補足図 8-3　トラフグ当歳魚放流個体における耳石。(A)はささくれ状構造があり、奇形と判定、蛍光観察で ALC（白矢印）も確認され放流と判定されたケース。(B)は ALC は認められない (D)が、外部形態では薄片化（黒矢印）があり、放流と判定。Bar=500μm。



補足図 8-4　様々な耳石奇形の事例。ささくれ状構造（全画像）、星状石と癒合と思われる部位（(B)、黒矢印）、空洞（C）、等、天然個体ではみられない形状を示す。なお、いずれの個体も ALC は確認されず。Bar=500μm。