

令和 6（2024）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（平井慈恵・八木佑太）

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

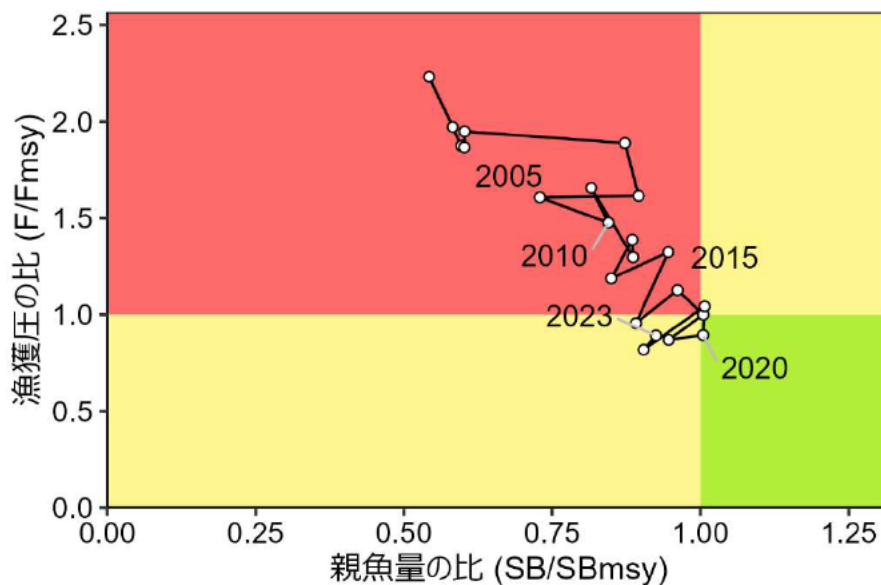
要 約

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 VPA により計算した。漁獲量は 2002 年漁期の 363 トンを最高に減少傾向が続き、2023 年漁期は 135 トン（概数值）であった。資源量は 2006 年漁期の 1,189 トンから減少傾向で、2023 年漁期は 794 トンであった。2023 年漁期の親魚量は 534 トンであった。本種は栽培対象種であり、2023 年漁期は 129.4 万尾（速報値）の人工種苗が放流され、2023 年漁期の放流魚の混入率は 44.3%、添加効率は 0.041 と推定された。

本系群では、令和 4 年 12 月に開催された研究機関会議での再生産関係に関する議論に基づき、生物学的管理基準値に基づく 1B ルールの管理規則を適用する。将来予測には資源評価により推定された 2002～2020 年漁期の加入量を用い、 F_{msy} の代替値として $F_{30\%SPR}$ を適用し算出される $SB_{msy proxy}$ (577 トン) を目標管理基準値として提案する。限界管理基準値案として SB_{min} (329 トン) を、禁漁水準案として 0 トンを提案する。直近年（2023 年漁期）の親魚量は 534 トンであり、目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案よりは高い。直近年の漁獲圧は全年齢平均で 0.19 であり、 MSY を実現する漁獲圧の代替値 ($F_{msy proxy}$) を下回る。親魚量の動向は直近 5 年間（2019～2023 年漁期）の推移から「減少」と判断される。

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

要 約 図 表



最大持続生産量(MSY)の代替値、親魚量の水準と動向、および ABC	
MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy)	577 トン
2023 年漁期の親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る
2023 年漁期の漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を下回る
2023 年漁期の親魚量の動向	減少
最大持続生産量 (MSY) の代替値	191 トン
2025 年漁期の ABC	-
コメント: ・ ABC は、本系群の漁獲管理規則が「資源管理方針に関する検討会」で取り纏められ、「水産政策審議会」を経て定められた後に算定される。	

近年の資源量、漁獲量、漁獲圧、および漁獲割合					
漁期年	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	漁獲量 (トン)	F/Fmsy proxy	漁獲割合 (%)
2019	991	546	165	0.89	17
2020	986	580	159	0.89	16
2021	929	581	188	1.05	20
2022	813	522	133	0.82	16
2023	794	534	135	0.89	17
2024	697	452	123	0.92	18
2025	650	410	—	—	—

・ 2024、2025 年の値は将来予測に基づく平均値である。

1. データセット

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり。

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・年別漁獲尾数	<p>府県別漁獲量(参画 22 府県、(株)大水、(株)下関唐戸魚市場)</p> <p>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)</p> <p>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・水産機構、資源管理型沖合漁業推進総合調査(1999～2003、海水資開発セ(現水産機構・開発セ))</p>
資源量指数 ・資源量 ・親魚量	<p>*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)</p> <p>下関唐戸魚市場取扱量(下関唐戸魚市場(株)、山口県)</p> <p>山口県瀬戸内海側のはえ縄漁業の CPUE(中国四国農政局)</p> <p>備後灘の小型定置網漁業の CPUE(標本漁協)</p> <p>伊予灘・豊後水道のはえ縄漁業の CPUE(標本漁協)</p> <p>*豊後水道のはえ縄漁業、釣り漁業の漁協取扱量</p> <p>備讃瀬戸の袋待網漁業の CPUE(標本漁協)</p> <p>関門海峡の釣り漁業における市場取扱量</p> <p>男鹿半島周辺海域のはえ縄漁業、小型定置網漁業の漁協取扱量</p> <p>有明海(長崎県海域)の釣り漁業の漁協取扱量</p>
自然死亡係数(M)	<p>年当たり $M=0.25$ (田中 1960)</p>
漁獲努力量	<p>*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)</p> <p>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)</p> <p>備後灘の定置網漁業の努力量(標本漁協)</p> <p>伊予灘・豊後水道のはえ縄漁業の努力量(標本漁協)</p> <p>*豊後水道のはえ縄漁業、釣り漁業の漁協取扱量</p> <p>備讃瀬戸の袋待網漁業の努力量(標本漁協)</p> <p>関門海峡の釣り漁業における市場取扱量</p> <p>男鹿半島周辺海域のはえ縄漁業、小型定置網漁業の漁協取扱量</p> <p>有明海(長崎県海域)の釣り漁業の漁協取扱量</p>
人工種苗放流尾数、標識放流魚漁獲尾数等	<p>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)(1973～2022))、令和 5 年度トラフグ全国協議会資料(2023)</p> <p>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</p>

	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)
--	---

*はコホート解析におけるチューニング指数の算出に用いた基礎情報である。

本系群の漁期は4月～翌年3月であり、年齢の起算日は4月1日としている。

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2-1)。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・Intong1991)。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60cm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

$$\text{雄: } L_t = 534.3(1 - e^{-0.648(t+0.130)})$$

$$\text{雌: } L_t = 559.8(1 - e^{-0.598(t+0.144)})$$

(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60cm程度で収束するのに対し、実際には全長60cm以上に達する個体が存在するため、令和3年度評価より、全長組成を年齢に分解する方法を見直し、

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

$$\text{雌: } L_t = 127.50 \times \ln(t) + 315.31$$

を採用した。

また、全長—体重関係については、松村(2006)が、

$$\text{雄: } W = 3.95 \times 10^{-5} L^{2.82}$$

$$\text{雌: } W = 5.30 \times 10^{-5} L^{2.74}$$

(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年度評価より以下の式を使用することとしている(平井ほか2022b)。

令和3年度評価、改訂後の全長－体重関係式

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

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

なお令和4年度評価では、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（平井ほか 2023）。

令和4年度評価、改訂後の全長－体重関係式

$$\text{雄} : W = 2.15 \times 10^{-5} \times L^{2.99}$$

$$\text{雌} : W = 1.98 \times 10^{-5} \times L^{3.02}$$

一方、能登半島以北海域（日本海北部海域）においては、若狭湾以西海域と比べて相対的に成長が遅いことから、0歳、1歳に相当する個体では、上記の年齢－成長式を適用せず、実際の市場調査から推定した平均値を用いてきた。これに加え、H27年度からR5年度までに秋田県海域で収集された市場調査結果、稚魚採集調査結果から、502個体の人工種苗放流魚の再補個体についての年齢－全長関係、全長－体重関係を見直したところ、以下の関係式が得られた。

年齢－全長関係式

$$\text{雌雄混合} : L_t = 148.99 \times \ln(t) + 226.23$$

(t : 年齢、 L_t : 全長 (mm))

全長－体重関係式

$$\text{雌雄混合} : W = 1.52 \times 10^{-5} \times L^{3.10}$$

年齢－全長関係式の切片は22.6 cmであり、これまで日本海北部海域で1歳に相当する個体の全長（23.3 cm、6月時点）と近似した。得られた年齢－全長関係式は、放流魚由来ではあることや雌雄混合値であるなどの問題点は残るものの、得られた式に基づく各年齢の推定全長を初期値とした混合正規分布による年齢分解結果では、推定した各全長階級の残差平方和が従来値よりも最小化したことから、従来から用いてきた若狭湾以西海域由来の個体に基づく年齢－全長関係式を用いるよりは、新たに得られた年齢－全長式を用いたほうが、より現実的な漁獲物の年齢分解が可能であると考えられた。

本年度評価においては、若狭湾以西海域では従来通り、年齢－全長式については、令和3年度評価より用いている式を、全長－体重式については、令和4年度評価より用いている式を用いた。日本海北部海域では、新たに同海域で得られた放流魚データに基づく年齢－全長式、全長－体重式を用いた。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月～翌年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（2019～2023年漁期）を図2-2に示した。

(3) 成熟・産卵

雄は2歳、雌は3歳から成熟する(図2-3、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2-3)。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2-1、Kusakabe et al. 1962、日高ほか1988、鈴木2001、Katamachi et al. 2015)。国内では産卵は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、釣り、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、釣り、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)。2023年漁期(2023年4月~2024年3月)の本系群の漁獲量は135トン(概数値)である(図1)。

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5割以上を占め(2023年漁期の場合、76.1トン、56%)、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(2023年漁期:29.0トン、21%)。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(2023年漁期:20.6トン、71%)、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(2023年漁期:8.4トン、29%)、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、2001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、2020年漁期にそれぞれ90トン、91トンと100トン未満に落ち込んだ。2021年漁期は120トンと増加したが、2022年漁期は76トンと過去最小となり、2023年漁期は82トンと過去2番目に少ない数量であった。なお2023年漁期は内海産が前年漁期の14トンから13トンにやや減少した（前年比-5%）のに対して、外海産は62トンから68トンにやや増加した（前年比+11%、図3-1、表3-1）。

本系群の2002年漁期以降の漁獲量は2002年漁期の363トンから減少傾向で2022年漁期に133トンと過去最小となり、2023年漁期は概数値で135トンとなり、過去2番目に少ない数量であった（図1、表3-2）。なお、参画県からの依頼により、過去の漁獲量の重複や未報告分については、資源評価期間を通じて再集計した。海域ごとの漁獲量を図3-2、3-3に示す。2023年漁期の漁獲の動向は瀬戸内海全体が29トン（前年比-5%、全体の21%）、日本海北部が7トン（前年比-22%、全体の5%）、日本海中西部・東シナ海が89トン（前年比+15%、全体の66%）、有明海が8トン（前年比-38%、全体の6%）となった（図3-2）。有明海は、当歳魚が前年比で+206%であり、親魚では-45%であった。瀬戸内海の各海域では、燧灘以東が8トン（前年比-3%）、伊予灘以西豊予海峡以北が8トン（前年比-12%）、伊予灘以西豊予海峡以南が13トン（前年比-1%）であった（図3-3）。また、関門海峡（4～7月）が2トン（前年比-14%、系群全体の2%）であった（図3-3）。

（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）の隻数、延べ稼働日数、総針数、操業あたり平均使用針数を集計した。隻数は2005年漁期の240隻から減少を続けており、2023年漁期は昨年からの-18%の80隻と過去最小を更新した。延べ稼働日数も2005年漁期の5,865日から減少が続き、2020年漁期に2,444隻と当初の半数以下まで低下した後、2,000日台が続いていたが、2023年漁期は1,748日と初めて2,000日台を割り、過去最小であった。前年比でも-22%と大きな減少となった。総針数は資源回復計画が開始された2005年漁期の1,800万針から2009年漁期の1,100万針に減少後、横ばいで推移し、2015年漁期の1,300万針からは減少し、2020年漁期以後、700万針を切っており、2023年漁期は511万針（前年比-22%）と初めて600万針を切り、最盛期（2006年漁期の1,806万針）の28%まで落ち込んでいる。この間の平均使用針数は、単純平均では2005～2019年漁期までは2,995～3,371針と3,000針前後を横ばいで推移したが、2020～2022年漁期は2,774～2,870針とやや減少し、2023年漁期は2,774針であった。一方、主要な操業船に加重するため、船ごとの平均使用針数を各船の使用針数で加重した場合、2010年漁期以前は3,733～4,669針と4,000針前後を推移していたが、2011年漁期以降は3,215～3,862針と減少傾向にあり、2023年漁期は3,333針であり、最盛期（2010年漁期の4,669針）の69%まで落ち込んでいる。

隻数や総針数の減少から鑑みると、2005年漁期以降の総針数の減少の多くは、休船、廃船による影響が大きいことがうかがえる（図3-4、表3-3）。

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隻に減少した後、2020年漁期は220隻、2021年漁期は189隻と増減し、2022年漁期は204隻、2023年漁期は186隻と過去5年間は200隻前後を推移している（図3-6、表3-3）。

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（1kg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%）、2022年漁期は233隻・日（前年比-17%）となったのち、2023年漁期は195隻（前年比-16%）で、過去5年間は193～281隻・日の範囲で増減している（図3-7、表3-3）。

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、その後は減少傾向となり2023年漁期では、18統であった（図3-8、表3-3）。

伊予灘以西・豊予海峡以北のはえ縄における延べ取扱隻数は、2007年漁期の834隻・日から2009年漁期に1,025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年漁期に112隻・日、2022年漁期に109隻・日と2年連続で過去最小を更新したのち、2023年漁期は80隻・日と前年比-27%と大きく過去最少を更新した（図3-9A、表3-3）。伊予灘以西・豊予海峡以南の釣りでは、2007年漁期の2,300隻・日から、2009年漁期の2,909隻・日まで増加した後、2011年漁期に2,148隻・日と2,000隻・日を超えたほかは1,000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1,000隻・日を下回った。2022年漁期は1,002隻・日とやや増加したが、2023年漁期は910隻・日と過去最少を更新した（図3-10A、表3-3）。

関門海峡における釣りの市場取扱量から抽出した2014～2022年漁期の延べ取扱隻数は2014年漁期の113隻・日から2019年漁期の373隻・日まで増加した後、2020年漁期以降は200隻・日まで減少し、2023年漁期は227隻・日であった（図3-11）。

なお、本年度評価から、男鹿半島周辺海域（小型定置網）および有明海長崎県海域（釣り）の漁協取扱量を元にした漁獲動向についても集計を開始した（図3-12、3-13）。詳細は次項「4. 資源の状態」に記載する。

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の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 3-14、表 3-3）。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 3-15、表 3-3）。

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 2002～2023 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）。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。なお、0 歳については 7 月からの漁獲加入を想定し、 $M=0.1875$ 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あたりの漁獲量（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 11 kg/千針、2021 年漁期は 15 kg/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 倍に達したが、2022 年漁期に 9 kg/千針まで減少し、2023 年漁期では 11 kg/千針（前年比+26%）とやや回復した（図 3-5A、表 3-3）。漁獲尾数あたりでは、2021 年漁期の 7 尾/千針から、2022 年漁期に 5 尾/千針まで減少したのち、2023 年漁期は 6 尾/千針とやや回復した（図 3-5B）。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 2022 年漁期の CPUE は 5.82 尾/千針、18 尾/隻・日と 2009 年漁期以降では、いずれも最小となったが、2023 年漁期の CPUE はそれぞれ 9.04 尾/千針、29 尾/隻・日と増加した。（前年比+55%、図 3-5C）（前年比+57%、図 3-5D）

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、2020 年漁期に 11 kg/延べ稼働隻数まで増加した後、2021 年漁期以降、2023 年漁期まで 8 kg/延べ稼働隻数と横ばいである（図 3-6、表 3-3）。

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・日に増加後は減少傾向で 2019 年漁期は 10 kg/隻・日まで低下したが、2020 年漁期以降はやや増加しており、2022 年漁期は 13 kg/隻・日まで増加したが、2023 年漁期は 7 kg/隻・日（前年比-45%）まで減少した（図 3-7、表 3-3）。

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 2023 年漁期は 2 kg/稼働統数であった (図 3-8、表 3-3)。

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 月～翌年 3 月、kg/隻・日) は、2007 年漁期の 9.9 kg/隻/日から 2009 年漁期の 10.8 kg/隻・日まで増加した後、2012 年漁期の 6.0 kg/隻・日まで減少し、その後は 2015 年漁期の 14.5 kg/隻・日まで増加して以降は 2016 年漁期から 2020 年漁期まで 10.1～12.6 kg/隻・日と横ばいであったが、2021 年漁期は 9.2 kg/隻・日と低下した後、2022 年漁期は 9.5 kg/隻・日 (前年比 +3%)、2023 年漁期は 10.7 kg/隻・日 (前年比 +13%) と増加している。

一方、船別 CPUE と船別取扱量に基づく加重 CPUE は 2007 年の 24.2 kg/隻・日が最高値であり、以後、2012 年漁期の 7.9 kg/隻・日まで減少した後は、2015 年漁期の 18.3 kg/隻・日まで増加し、2020 年漁期まで 12.0～14.2 kg/隻・日と横ばいが続いた後、2021 年漁期は 11.7 kg/隻・日となり、2022 年漁期は 11.8 kg/隻・日 2023 年漁期は 11.6 kg/隻・日 (前年比 -2%)、とやや減少しているが、相対的には横ばいが続いている (図 3-9B)。

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 月～翌年 3 月、kg/隻・日) は、2007 年漁期の 3.0 kg/隻・日以降、2008～2013 年漁期まで 2.3～2.8 kg/隻・日と横ばいであったが、2015～2019 年漁期にかけては 2.7～2.9 kg/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。2023 年漁期は 3.5 kg/隻・日 (前年比 +22%) と過去最高値となっている。一方、船別 CPUE に基づく加重 CPUE は 2007 年に 3.9 kg/隻・日であった後、2008 年漁期に 2.3 kg/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、2023 年漁期は 3.8 kg/隻・日となった (図 3-10B)。

関門海峡の釣り漁業における市場取扱量に基づく単純 CPUE は、集計を開始した 2014 年漁期から 2017 年漁期にかけて 25 kg/隻・日から 13.8 kg/隻・日まで落ち込んだ後、2019 年漁期の 16.3 kg/隻・日までやや増加したが、2020 年漁期、2021 年漁期はそれぞれ 9.7 kg/隻・日、9.8 kg/隻・日まで減少し、2023 年漁期は 9.0 kg/隻・日と、過去最少であった (図 3-11A)。尾数単位でも、2014 年漁期の 13 尾/隻・日から 2016 年漁期の 8 尾/隻・日まで減少した後、2018 年漁期に 10 尾/隻・日まで増加したものの、以降減少し、2020 年漁期に過去最小の 5.2 尾/隻・日を経て、2023 年漁期は 4.7 尾/隻・日と過去最少を更新している (図 3-11B)。各船の CPUE を取扱回数で加重した加重 CPUE では、2014～2015 年漁期にかけて、40.8～42.7 kg/隻・日、20～21 尾/隻・日、2016～2019 年漁期にかけて 20.1～23.1 kg/隻・日、11～13 尾/隻・日、2020～2022 年漁期にかけて、12.6～13.8 kg/隻・日、6.6～7.2 尾/隻・日、と一律減少が続き、2023 年漁期は 5.3 尾/隻・日と過去最少を更新した (図 3-11C、11D)。単純 CPUE における 2018 年漁期、2019 年漁期は、漁獲盛期に出漁船がスポット的に集中したものと考えられ、この間の年トレンドは加重 CPUE が示すように減少と考えられる。

男鹿半島周辺海域における延縄、小型定置網を対象とした漁協取扱量に基づく CPUE の推移を図 3-12 に示す。集計を開始した 2013 年漁期から 2022 年漁期までの間、単純 CPUE は通年では 7.6～16.0 kg/隻・日、船別の漁協取扱量に基づく加重 CPUE では 8.8～24.5 kg/隻・日を推移した。産卵期 (4～6 月) については、単純 CPUE は 9.1～18.6 kg/隻・日を推移し、加重 CPUE は 10.3～32.2 kg/隻・日を推移した。加重 CPUE は 2017 年漁期に 32.2 kg/隻・日と最大値となり、以降、2020 年漁期の 11.6 kg/隻・日まで低下したが、2021 年漁期、

2022年漁期は増加し、17.9 kg/隻・日となった（図 3-12）。

有明海（長崎県海域）における釣り漁業を対象とした4～5月の産卵期に水揚される個体の漁協取扱量に基づく CPUE の推移を図 3-13 に示す。ここでは集計した全船データに基づく CPUE と漁獲量上位 3 隻データに基づく CPUE を示した。集計を開始した 2007 年漁期から 2023 年漁期までの間、全船データでは、単純 CPUE で 3.2～5.8 尾/隻・日、加重 CPUE で 3.8～6.7 尾/隻・日を推移した。重量単位では、単純 CPUE では 6.1～11.0 kg/隻・日、加重 CPUE では 7.3～12.7 kg/隻・日を推移した。漁獲量上位 3 隻データでは、単純 CPUE で 4.4～8.1 尾/隻・日（8.1～14.8 kg/隻・日）、加重 CPUE で 4.6～8.2 尾/隻・日（8.5～15.0 kg/隻・日）となった。直近の 2023 年漁期は相対的に CPUE が低下しているものの、期間を通じて、横ばいの傾向が見られた。

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 3-14、表 3-3）、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 3-1、表 3-1）。

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 3-15、表 3-3）。

（3）資源量と漁獲圧の推移

資源量の算定にあたり、各海域の年齢別漁獲尾数の整理を行った。2023 年漁期の年齢組成は尾数換算で 0 歳が 16%、1 歳が 20%、2 歳が 19%、3 歳が 15%、4 歳以上が 31%となった（図 4-1、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、減少傾向が続いているが、2022 年漁期の前年比では、0 歳魚で 24%増加したものの、1 歳魚で 9%減、2 歳魚で 6%増、3 歳魚で 20%減、4 歳以上で 0%となった。昨年度漁期は 2 歳で 47%減、4 歳以上で 30%減が見られたが、今年度漁期は昨年度に比べると大きな増減は少ない傾向であった。（図 4-1）。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 4-2A）。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 0～2 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 4-2B）。

年齢別漁獲尾数の算出は、系群内を 7 海域（日本海北部、日本海中西部・東シナ海、有明海・八代海、燧灘以東、伊予灘以西豊予海峡以北、伊予灘以西豊予海峡以南、関門海峡）に区分して算出している（平井ほか 2022b）。これら 7 つの海域区分のうち、当歳魚の漁獲がない関門海峡を除いた 6 つの海域区分について、区分した海域に基づき計算を実施している 2009 年漁期以降の当歳魚の漁期年別漁獲尾数を図 4-3A に、直近 6 年間の図 4-3B に示す。海域区分別の当歳魚の漁獲尾数は 2019 年漁期を除き、有明海で最も多く、全体の 29～81%を占め、2023 年漁期では特に顕著であり、有明海の当歳魚漁獲尾数は系群全体の 81%に達した（図 4-3A）。瀬戸内海では海域内の 3 海域（燧灘以東、伊予灘以西豊予海峡以北、伊予灘以西豊予海峡以南）を足した場合、全体の 19～64%を占め、2010 年漁期、2016 年漁期、2019 年漁期、2022 年漁期の瀬戸内海での合計は有明海よりも多かった（図 4-3A）。

直近 6 年間では、当歳魚の漁獲尾数は有明海と瀬戸内海の合計で 93%以上を占めている（図 4-3B、4-3C）。

再整理後の漁獲量、年齢別漁獲尾数に基づき算定された資源量は 2006 年漁期の 1,189 トンが過去最大であり、その後、2016 年漁期までは 1,028~1,128 トンと安定していたが、2017 年漁期に 1,072 トンと 1,100 トンを切って以降は減少傾向が進み、2023 年漁期は 794 トンであった。昨年度までの評価結果と比べると、2002~2008 年漁期の間は、2006 年漁期に 15 トン増加となったのを除くと、2 トンから 39 トン減となった（全資源量に対する変動割合：-0.2~-3.7%）。一方、2009~2022 年漁期は 22 トン~141 トン増（全資源量に対する割合：2.0~16.6%）となった。「3. 漁業の状況 (3) 漁獲努力量」にも記したように、昨年度比でも概ね 2 割程度の努力量の減少が複数の漁法で見られていることから、昨年度評価時よりも漁獲圧は低下したことが考えられ、直近 3 年間の漁獲係数 F は、全年齢単純平均で、昨年度評価時 ($F=0.233$) よりも 16%少ない 0.196 と算定された。また、2009 年漁期以降は 1 歳資源量指標値を用いたチューニングを実施している。今年度用いた 1 歳資源量指標値では、2019 年漁期（2018 年漁期加入群）が最も値が低く、以後、2020 年漁期（2019 年漁期加入群）、2021 年漁期（2020 年漁期加入群）の順に増減をした後、2021 年漁期から 2023 年漁期（2022 年漁期）にかけて増加しており、この間の増加率は 26%、2019 年漁期と比べて、2023 年漁期では 40%増となっている。このように漁獲努力量の減少、漁獲尾数の見直しによる漁獲係数の低下、チューニング指標値に見られた加入状況の改善などが寄与することで、近年の資源量は上方修正されたと考えられる。（図 4-4、表 4-1）。なお、感度分析として M を 0.1 増加させた場合、2023 年漁期の資源量は 35%増加、親魚量は 41%増加、加入量は 35%増加し、 M を 0.1 減少させた場合、2021 年漁期の資源量は-20%減少、親魚量は-22%減少、加入量は -19%減少した（図 4-5）。

親魚量は 2006 年漁期の 348 トンから 2007 年漁期の 504 トンまで増加した後、2014 年漁期以前では 421~517 トンと 400 トン台前後を推移した。2015 年漁期に 546 トンに達して以降、2021 年漁期の 581 トンを最大として、2023 年漁期の 534 トンまで、500 トン台を維持しているが、2020 年漁期の 580 トン、2021 年漁期の 581 トンをピークとしてここ 2 年は減少傾向にある（表 4-1）。

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

年齢別の漁獲係数 (F) の経年変化を図 4-6 と補足資料 3 に示す。2002~2023 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 0.47 を最大値として、以降 2019 年漁期には 0.19 と最大値の半減となったが、2021 年漁期に 0.22 とやや上昇した後、2023 年漁期は 0.19 となった。 F の全年齢平均に対して、0 歳では、2015 年漁期に 0.305 となって以降、いずれの年も 0.2 未満であり、全年齢の F 単純平均値よりも低い値となっている。2023 年漁期の 0 歳 F は 0.103 で、過去最大であった 2006 年漁期の 0.508 に対して 20%まで減少している。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おり、2023 年漁期の 1 歳 F は 0.146 で、過去最大であった 2006 年漁期の 21%まで減少している。一方、2 歳では 2010 年漁期から 2012 年漁期までを除き、2004~2016 年漁期までの間、全年齢の F 単純平均値よりも低い値を示したが、2017 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。2023 年漁期の F は 0.231 で、最

も F が高かった 2002 年漁期の 44%である。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、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 4-6)。2023 年漁期の 3 歳以上 F は 0.232 で、最も F が高かった 2005 年漁期の 48%であった。いずれの年齢でも F は過去の最大値よりも半分以下まで下がっており、特に 0 歳、1 歳での削減率は 2 歳以上の 2 倍以上である。

%SPR の推移、また SPR、YPR と現状の漁獲圧の関係を図 4-7、4-8 に示す。現状の F (2020~2022 年漁期の全年齢 F の平均、 $F_{2020\sim 2022}:0.196$) は F_{max} (0.31) より小さく、 $F_{30\%SPR}$ ($F=0.212$) の 0.92 倍である。なお、ここでの F_{max} 、 $F_{30\%SPR}$ は、令和 4 年 12 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 (MSY) を実現する漁獲圧の代替値 (F_{msy} proxy) の推定に用いた値である。また、神戸プロットを図 4-9 に示す。2016、2019、2020、2022、2023 年漁期では、現状の F は F_{msy} proxy よりも低い。また、2018、2020、2021 年漁期に親魚量は SB_{msy} proxy よりも多くなったが、2022、2023 年漁期と直近 2 年間は SB_{msy} proxy よりも低く減少に転じている。

(5) 加入量の見積もり

本系群の加入尾数および再生産成功率 (RPS) は資源評価対象期間である 2002 年漁期以降では 2005 年漁期に過去最大加入を示し、2002、2008、2015 年漁期にその他の年と比べてやや高い加入を示したが、経年的な変化としては加入尾数の減少が続き、令和 3 (2021) 年度および令和 4 (2022) 年度評価ではそれぞれ過去最低を更新しており (平井ほか 2022b、2023)、本年度評価でも過去の漁獲量、漁獲尾数の修正、チューニング VPA の適用によって、資源量、親魚量の上方修正は見られ、最直近の 2023 年漁期では 12 万尾、チューニング VPA を施した 2022 年漁期でも昨年度評価時の約 8 万尾から 14 万尾以上と上方修正されたものの、これら 2 年間は資源評価期間を通じて過去最少の加入尾数であることが示された。このことは、2019 年漁期以降継続的に加入量の低下が続いており、過去の資源評価年を一律参照することは加入尾数を過大推定する懸念がある。

そのため、令和 4 年度に承認された研究機関会議報告書 (平井ほか 2022a) では、過去の資源評価年を一律参照することは加入尾数を過大推定することが考えられた。そこで、2002 年漁期~近年の低加入の傾向を考慮することがリスクを回避する安全な将来予測に繋がると考え、近年の低加入シナリオ (近年の低加入が 3 年間継続した後、徐々に加入が好転する仮定) のもとでの加入をバックワード・リサンプリングによって想定し、この仮定のもとで将来予測が行われた。本系群では管理基準値や将来予測など資源管理方針に関する検討会の議論をふまえて作成される項目については未確定であることから、本年度評価では管理基準値等に関する研究機関会議において提案された値に基づき、更新された資源評価に基づく直近年の生物パラメータを用いた暫定的な将来予測結果を補足資料 7 に示した。

なお、本種は栽培対象種であり、本系群では毎年 120 万尾以上の人工種苗が放流されている。このことから、加入量の推定においては天然加入由来の資源尾数と人工的に放流された放流魚資源尾数を考慮する必要がある。そのため、当歳魚を対象に人工種苗の漁獲物への混入率調査を行い、これに基づく、放流資源尾数、添加効率の算定を行った。

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2018年漁期から2020年漁期にかけて163.5万～165.8万尾で推移した後、2021年漁期は153.8万尾、2022年漁期は135万尾（確定値）、2023年漁期は129.4万尾（速報値、図1、表4-2）と経年的な減少が認められる。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。また、令和3年度評価以前では、放流個体から耳石奇形が観察されたことから、令和4年度評価では、通常天然個体の耳石では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たが、耳石奇形にもかかわらず、ALCやヒレカット、有機酸標識などの他の放流指標が全く観察されず、天然魚の可能性のある個体も散見されたこと、ALC標識においては、放流時種苗を用いて全数標識されていることを確認済みであること（全国豊かな海づくり協会、私信）が報告されたことから、令和5年度評価では耳石ALC標識については、左右の扁平石、礫石のいずれかでALCが確認された場合、もしくは有機酸標識、ヒレカット等、外部標識で明らかに放流魚と判定される個体（例：ヒレカット画像による確認等）は放流魚と判定し、それ以外は天然魚と判定することとし、本年度評価においても同様の判定基準で天然、放流の判定を行った。なお、有機酸標識、ヒレカットなどの外部標識指標で画像確認から明らかに放流と判定できる場合は、放流魚として判定している。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、人工種苗放流が行われているものの、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隠灘以東、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、令和3年度より、混入率算定方法の変更（平井ほか2022b）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ている。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および取扱量の推定を行った（平井ほか2023）。2023年漁期についても同じ手法で市場取扱尾数、取扱量の推定を行った。

なお、2023年漁期では、有明海の一部の調査県において、9月以降の試料を標本船から買取できないケースがあった。このため、2023年漁期についての暫定措置として、当該県が出荷する市場と同じ市場に出荷している県の標本船調査から得た9月以降の月別混入率と当該県の8月時点の混入率の中間値をその市場水揚物の各月の混入率として扱った。

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て以降、2020年漁期に35.9%、2021年漁期に25.1%、2022年漁期に55.3%とこれまでで最も高い値を示し、2023年漁期は44.3%であった(図4-10A、表4-2)。海域ごとの内訳は、有明海が45.7%、伊予灘以西豊予海峡以北が42.1%、燧灘以東が1.2%であった(表4-3)。得られた結果から、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、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56.3万尾から2005年漁期に76.1万尾まで増加した後、減少傾向となり、2022年漁期は昨年度評価では3.6万尾と推定されたが、2023年漁期評価では6.6万尾と85%増と大幅な上方修正となった。なお、前年に上方修正となった2021年漁期については、当初評価で6.8万尾であったが、昨年度の再評価により12.6万尾と再評価された後、2023年度評価では11.3万尾となっている。これらは、チューニングVPAにおいて、1歳魚チューニング指標値が2023年漁期のほうが2022年漁期よりも高い値を示したことから、残差が調整されたことによるものと考えられる。また、2023年漁期の0歳魚資源尾数は、12万尾と算定され、天然資源尾数は6.7万尾と推定されたが、直近の0歳時点ではチューニングされていないことから、将来予測には用いないこととした。

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14.7万尾以降は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2023年漁期は5.3万尾と推定された。2022年漁期は0歳天然資源尾数と同様に当初評価の4.4万尾から8.2万尾に上方修正されている(図4-10B、表4-2)。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4-10C)。その結果、添加効率は2002年漁期の0.018から2004年漁期の0.077をピークに2005年漁期から2014年漁期までは0.038以上であったが、2015～2020年漁期は0.026～0.040と低下し、2022年漁期は0.061、2023年漁期は0.041と推定された。(図4-10C、表4-2)。

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4-11A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2005年漁期の2.19尾/kgを最大として、2007年漁期以降は1尾/kg未満の値を示しており、減少傾向が続いている。このうち2007年漁期から2015年漁期までは0.43～0.86尾/kgの間を推移し、横ばい傾向であったが、2015年漁期の0.65尾/kg以降は特に減少傾向が顕著であり、さらに2016年漁期の0.41尾/kg以降は2007～2015年漁期の最小値である0.43尾/kg未満の値で低く推移し、2023年漁期の再生産成功率は0.13尾/kgと過去最小値となっている(図4-11A)。

一方、親魚資源尾数(3歳以上資源尾数)は、2007年漁期に21.5万尾と最多となった後、2008～2016年漁期は16.2万～21.1万尾の間を推移したが、2016年漁期の19.0万尾から2018年漁期の22.4万尾まで増加した後、2019年漁期以降は毎年減少が続いており、2023年漁期は17.3万尾で、近年最も多かった2018年漁期と比べて23%減となっている(表4-1、図4-11B)。この間、3歳資源尾数では、2017年漁期の10.4万尾以降減少し、2023年漁期では5.7万尾(2017年漁期比-45%)となった(図4-11C)。4歳以上資源尾数では、

2019年漁期の13.2万尾、2021年漁期の13.3万尾でピークに達したが、2022年漁期、2023年漁期はともに11.6万尾(2021年漁期の-13%)であり減少に転じつつあることが伺える。

一方、4歳以上の漁獲物平均体重は、2008年漁期の2,794gから、2023年漁期の3,522gまで増加傾向にあり、これを全長-体重式、年齢-全長式を用いて逆算すると、2008年漁期の4.3歳から2023年漁期の5.7歳まで増加することから、4歳以上の年齢組成は高齢魚の割合が多くなっていることが予想される(図4-11C)。このため、重量換算によって求められる親魚量は減少割合が少ないが、親魚資源尾数は親魚量の見かけの減少よりも大きくなったと考えられた。

(6) 現在の環境下においてMSYを実現する水準

現在の環境下において最大持続生産量MSYを実現する親魚量の代替値(SBmsy proxy)およびMSYの代替値(MSY proxy)として上記の「管理基準値等に関する研究機関会議」(平井ほか2022a)で推定された値を補足表6-1、またMSYを実現する水準の推定に用いたパラメータ値を補足表6-2に示す。

(7) 資源の水準・動向および漁獲圧の水準

MSYを実現する親魚量と漁獲圧を基準にした神戸プロットを補足図6-1に示す。本系群における2023年漁期の親魚量はMSYを実現する親魚量の代替値(SBmsy proxy)を下回るが、過去最低親魚量(SBmin)を上回る。2023年漁期の親魚量はSBmsy proxyの0.92倍である(補足表8-2)。また、2023年漁期の漁獲圧はMSYを実現する漁獲圧の代替値(Fmsy proxy)を下回っており、2023年漁期の漁獲圧はFmsy proxyの0.89倍である。なお、神戸プロットに示した漁獲圧の比(F/Fmsy proxy)とは、各年のFの選択率の下でFmsy proxyの漁獲圧を与えるFを%SPR換算して求めた値と、各年のF値との比である。親魚量の動向は、直近5年間(2019~2023年漁期)の推移、および親魚資源尾数の動向から、減少と判断される。

5. 資源評価のまとめ

2023年漁期の資源量は794トン、親魚量は534トンと推定され、資源量は2016年漁期以降、親魚量は2021年漁期以降、減少傾向にある。漁獲量は135トンと前年漁期の133トンからほぼ横ばいである。各年齢のFは、0歳、1歳は全年齢平均よりも低く、2歳以上も過去の最大値の半分以下になっているものの、全年齢平均よりは高い値となっている。2023年漁期の再生産成功率は過去最小値であった。

2023年の資源量は前年と比べて、減少している。親魚量はMSYを実現する水準(SBmsy proxy)を下回り、動向は近年5年間(2019~2023年)の推移から「減少」と判断される。漁獲圧はMSYを実現する水準(Fmsy proxy)を下回る。

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で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。本系群では、九州山口北西海域など、産卵期外での CPUE が高い一方で、瀬戸内海中央部（燧灘以東海域）では産卵場海域の親魚 CPUE は経年的に低下していることが報告されており（平井ほか 2022c）、本年度評価においても、関門海峡でも瀬戸内海中央部と同様の産卵場海域での親魚 CPUE の低下が認められる。系群全体の親魚量に対して、各年の加入に関わる親魚量は想定よりも少ないことが考えられ、各産卵場海域の親魚 CPUE の動向把握は再生産状態の把握において、今後さらに重要となると考えられる。このような生態特性と近年の環境変化に伴う産卵来遊への影響を考慮するために、平井ほか（2024）は、瀬戸内海における産卵来遊親魚の CPUE と本系群の天然加入尾数の関係を検討した結果、産卵場に来遊した親魚 CPUE の強度が加入量の増減に関わり、再生産関係式とリンクする可能性を示唆している。本事業でも、この点を踏まえ、本系群の主要産卵場の資源量指標値を参画 JV 機関の協力によって収集し、産卵来遊量に応じた加入量推定手法の検討に着手した（補足資料 10）。今後はこのような系群全域での生態情報を考慮した検討を行うことにより、より高精度の加入量推定が今後の資源動態の把握において重要な意義を持つと考えられる。

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.
- 平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘 (2022a) 令和 4 年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2022-BRP18-01, 水産研究・教育機構, 91 pp. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20221027/FRA-SA2022-BRP18-01.pdf
- 平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘 (2023) 令和 4 年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価. FRA-SA-2022-AC73, 令和 4 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, 78 pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_73.pdf

- 平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘・鈴木重則・山下夕帆 (2022b) 令和3年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価. FRA-SA2021-RC03-1, 令和3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, 66 pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2021/details_2021_73.pdf
- 平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘 (2024) 令和5年度資源量推定等高精度化推進事業報告書 6010 トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群, 水産庁・水産研究・教育機構, 75-88.
- 平井慈恵・片町太輔・西嶋翔太 (2022c) 6010 トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群. 令和4年度資源量推定等高精度化事業報告書, 水産庁・水産研究・教育機構, 77-87.
- 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・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.
- 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・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.
- 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.

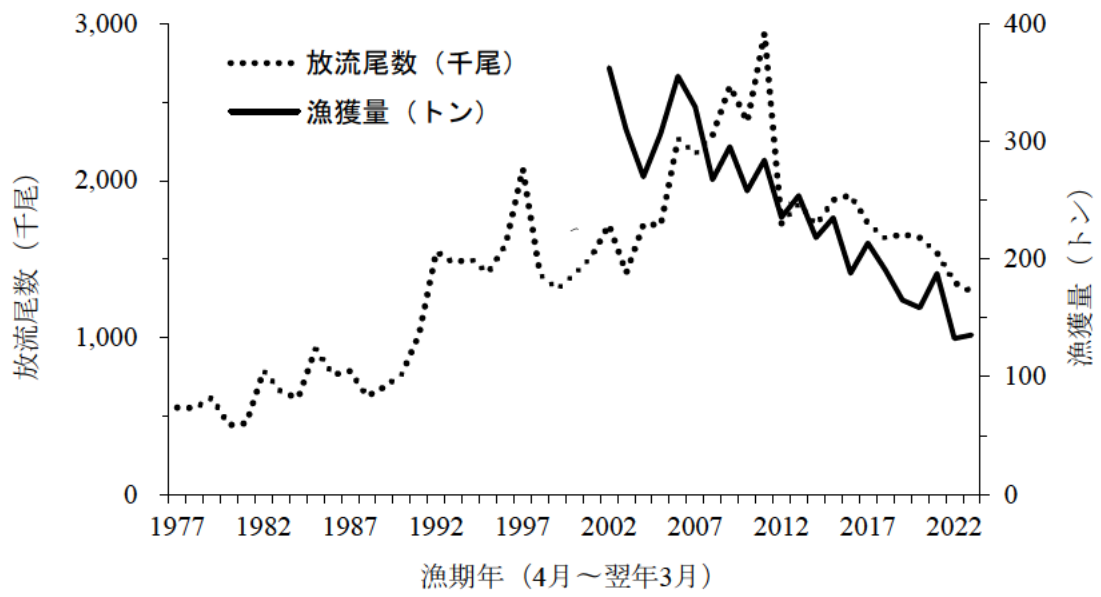


図 1. 種苗放流尾数と漁獲量の推移



図 2-1. 分布域と主要産卵場

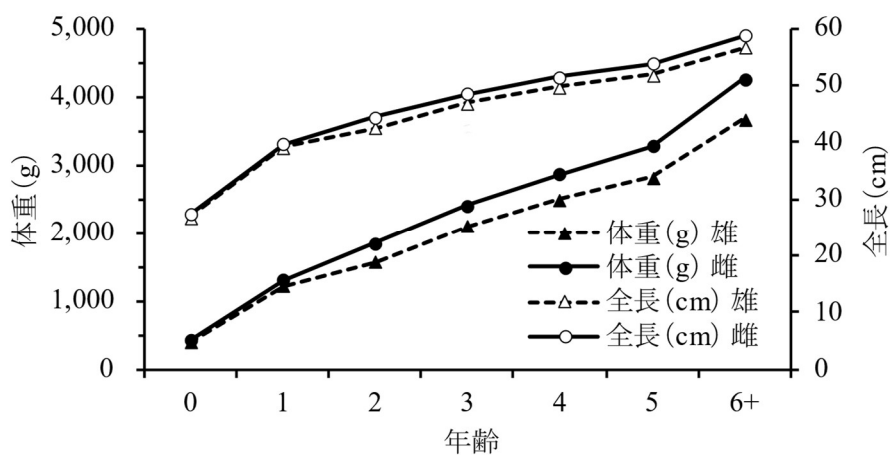


図 2-2. 年齢と成長 (2月時点)

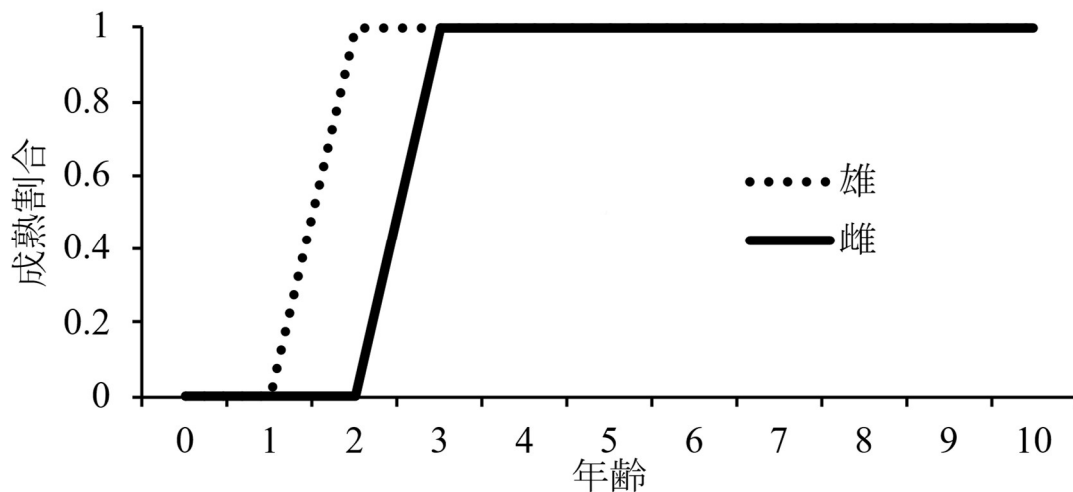


図 2-3. 年齢と成熟

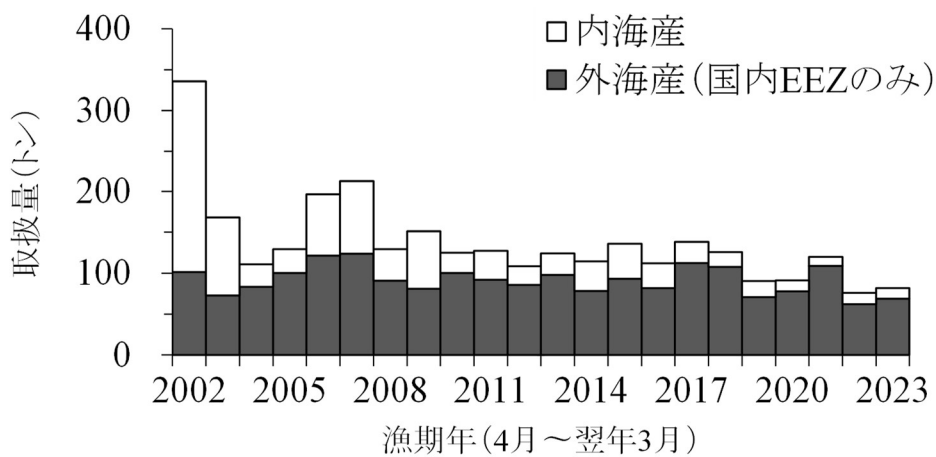
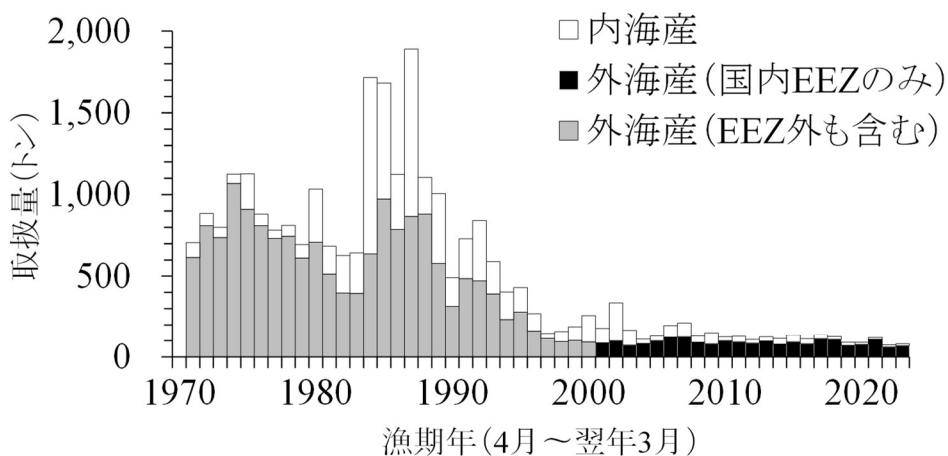


図 3-1. 下関唐戸魚市場の取扱量の推移（上段：資料全期間、下段：本系群資源評価期間）

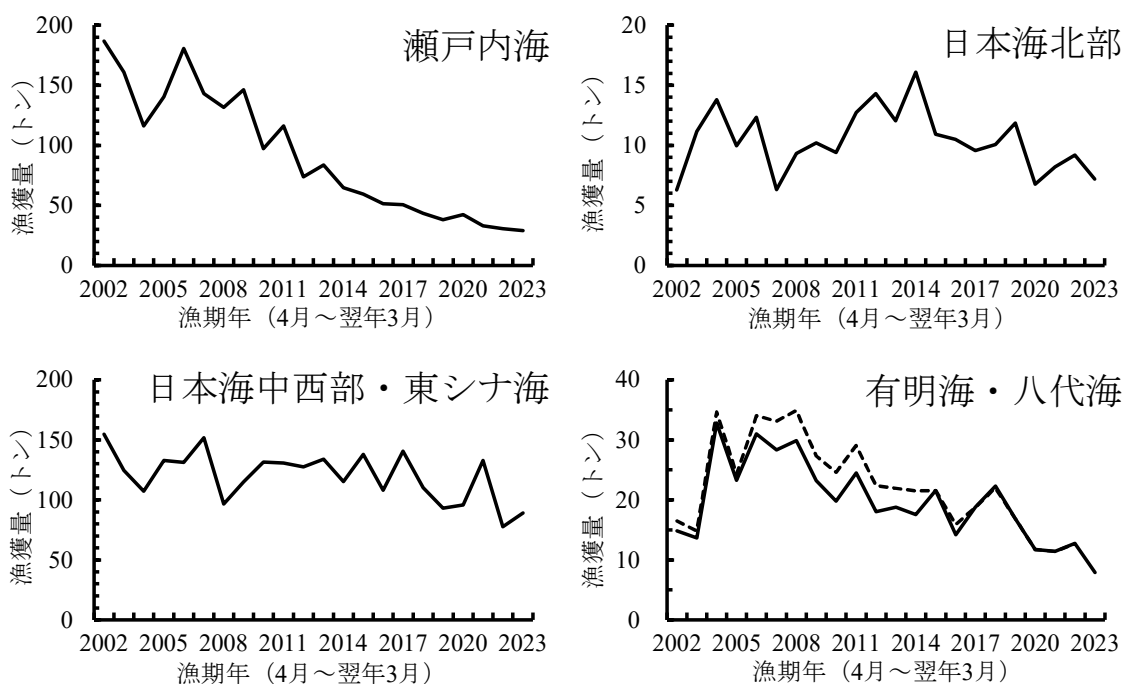


図 3-2. 海域別の漁獲量の推移 1 有明海・八代海の破線は、昨年度評価における値。重複箇所について実線の通り再整理した。

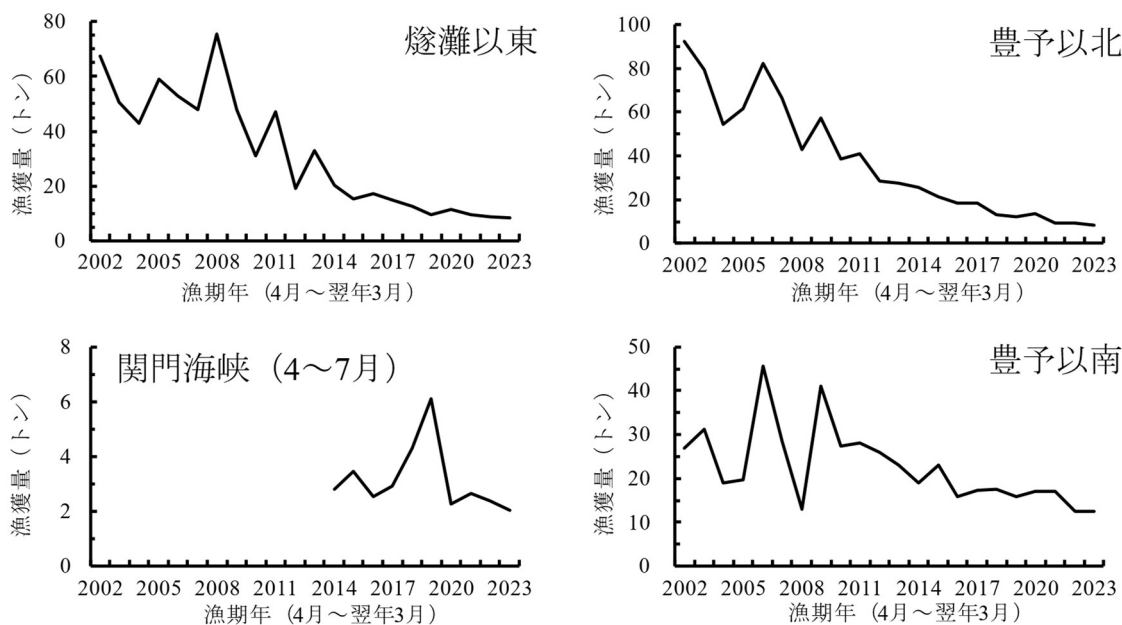


図 3-3. 海域別の漁獲量の推移 2 瀬戸内海および関門海峡 (4～7月) の各海域区分における漁獲量の推移。海域区分は平井ほか (2021) の補足資料 7 を参照。関門海峡は、2014 年漁期以降の集計判明分を示す。

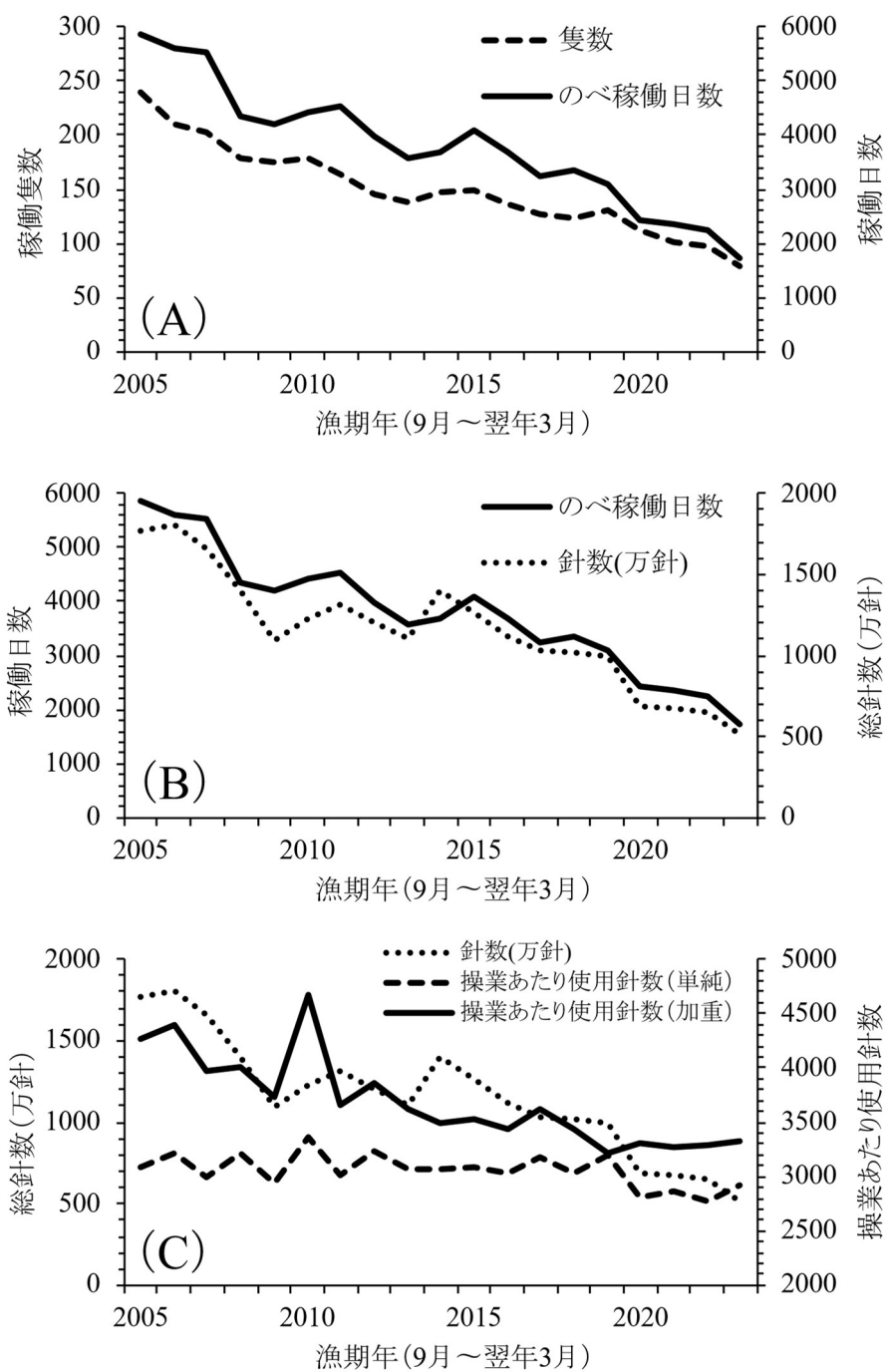


図 3-4. 九州・山口北西海域の 0 歳以上を対象としたはえ縄の努力量 (A) 各漁期年 (9 月～翌年 3 月) 中の稼働隻数と稼働日数、(B) 稼働日数と総使用針数 (単位: 万針)、(C) 総使用針数 (万針) に対する、操業あたり使用針数。破線: 単純平均、実線: 船別集計に基づく稼働日数に対する加重平均。

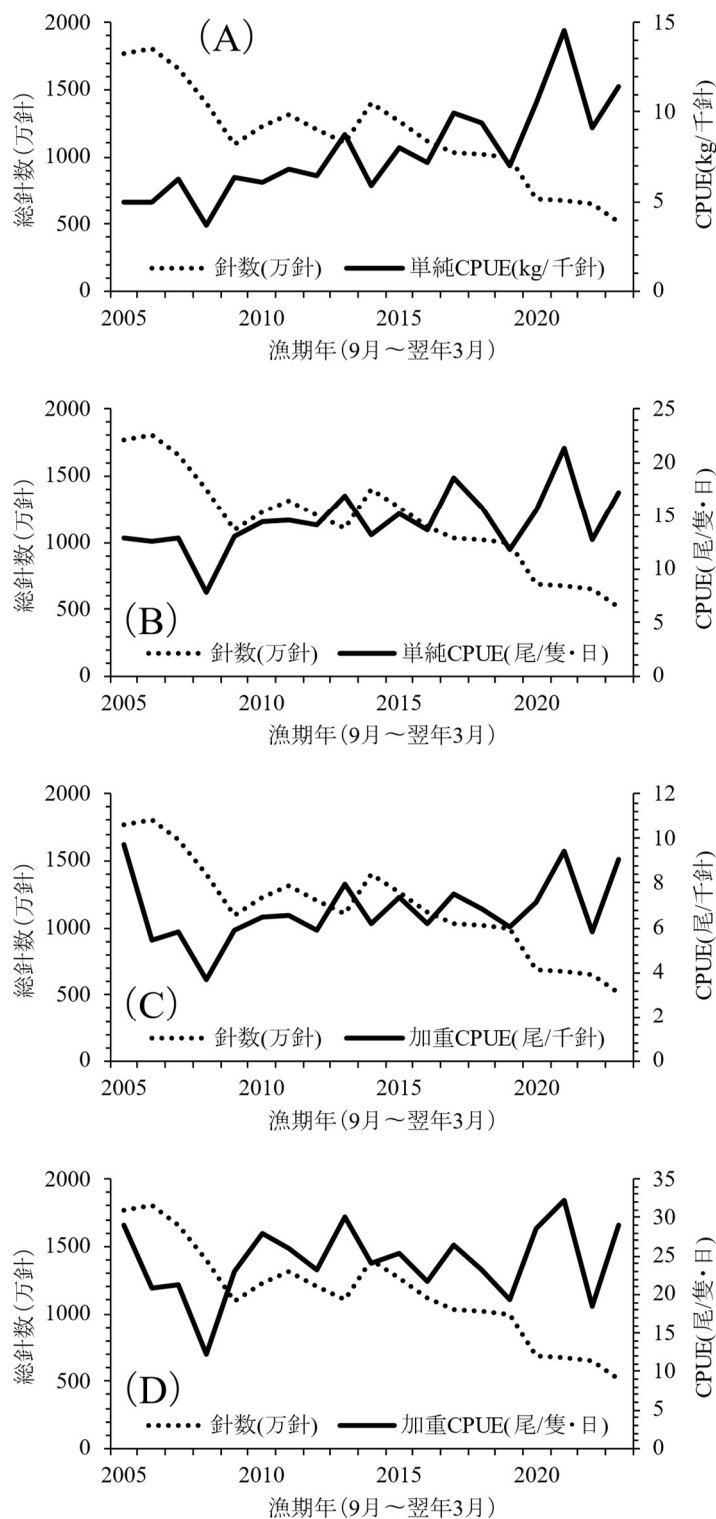


図 3-5. 九州・山口北西海域の 0 歳以上を対象としたはえ縄の CPUE (A) 総使用針数と針数当たりの単純 CPUE (重量単位)、(B) 総使用針数と隻・日あたりの単純 CPUE (尾数単位)、(C) 総使用針数と船別集計に基づき、個船ごとの漁獲尾数に対して算定した針数当たりの加重 CPUE、(D) 総使用針数と船別集計に基づき、個船ごとの漁獲尾数に対して算定した隻・日当たりの加重 CPUE。

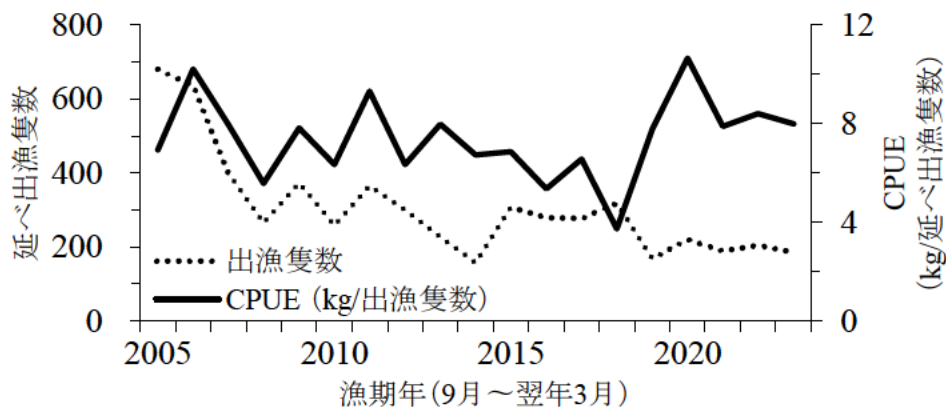


図 3-6. 伊予灘・豊後水道における標本漁協のはえ縄の努力量と単純 CPUE の推移

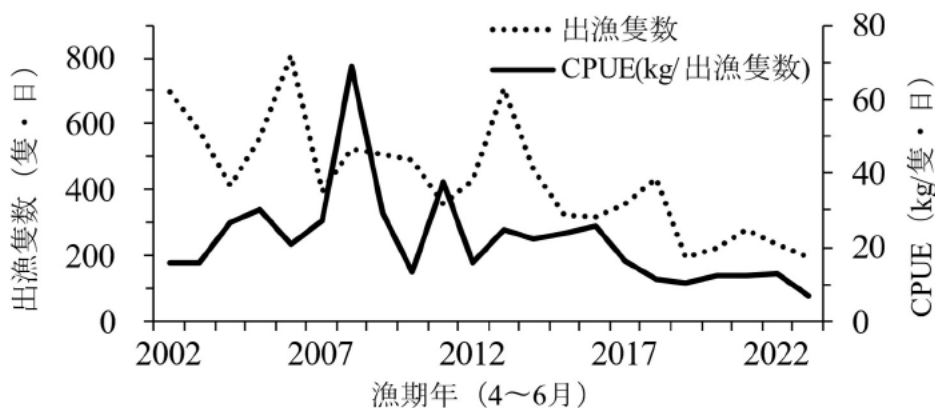


図 3-7. 備讃瀬戸における標本漁協の 1 歳以上 (1 kg 以上) を対象とした袋待網の努力量と単純 CPUE の推移 2019 年以降は一標本漁協について出漁隻数、単純 CPUE を算出。

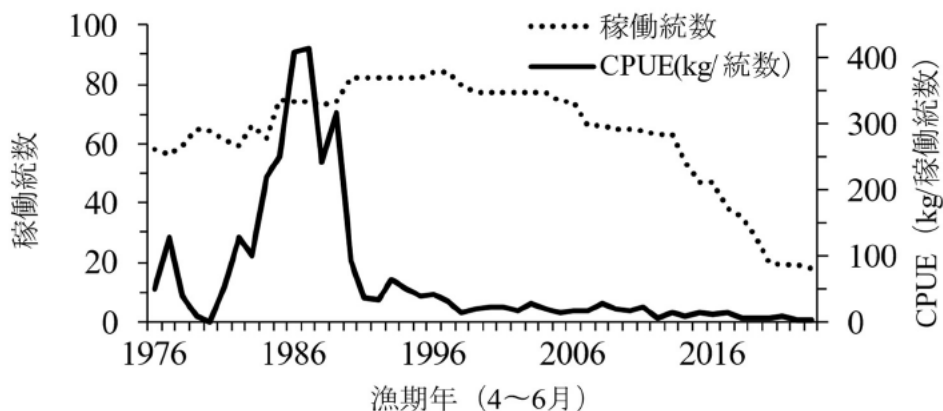


図 3-8. 備後灘における標本漁協の 1 歳以上を対象とした定置網の努力量と単純 CPUE の推移

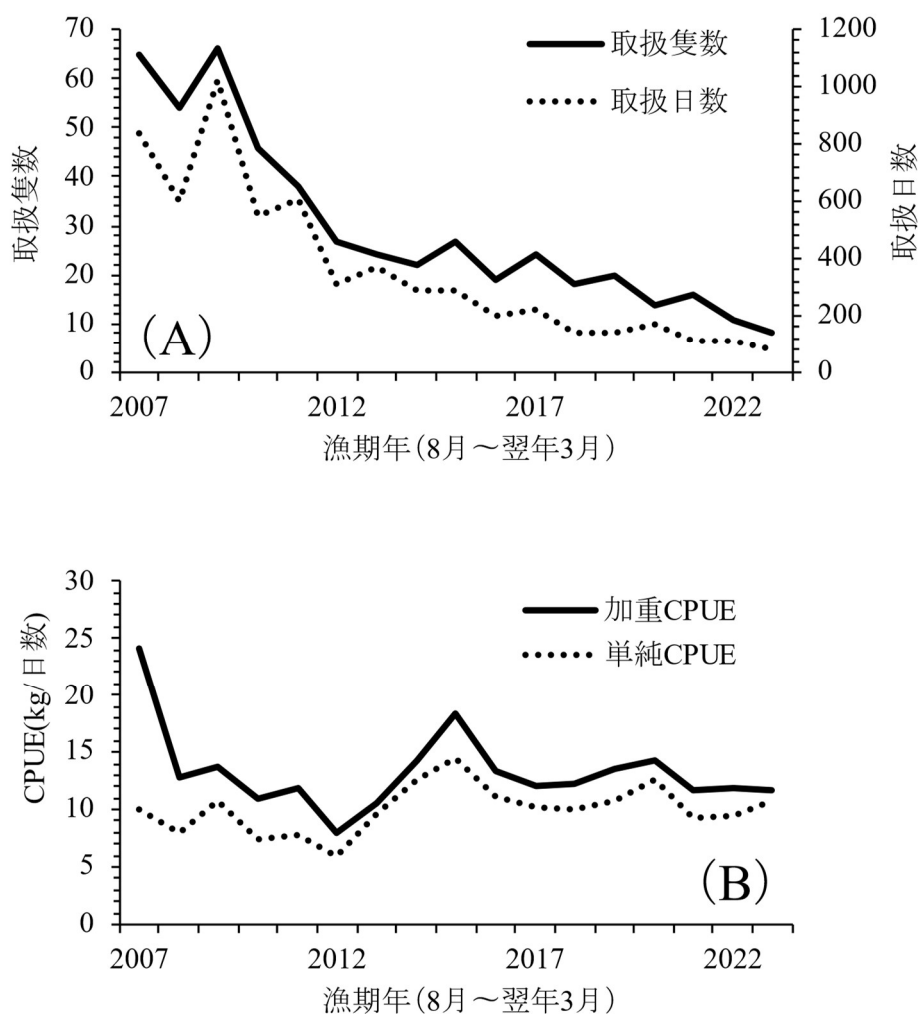


図3-9. 豊後水道のはえ縄(豊予海峡以北)における漁協取扱隻数および漁協取扱日数(A)と単純CPUEおよび加重CPUE(B)の推移。加重CPUEは船別の漁協取扱量に対する加重値を使用。

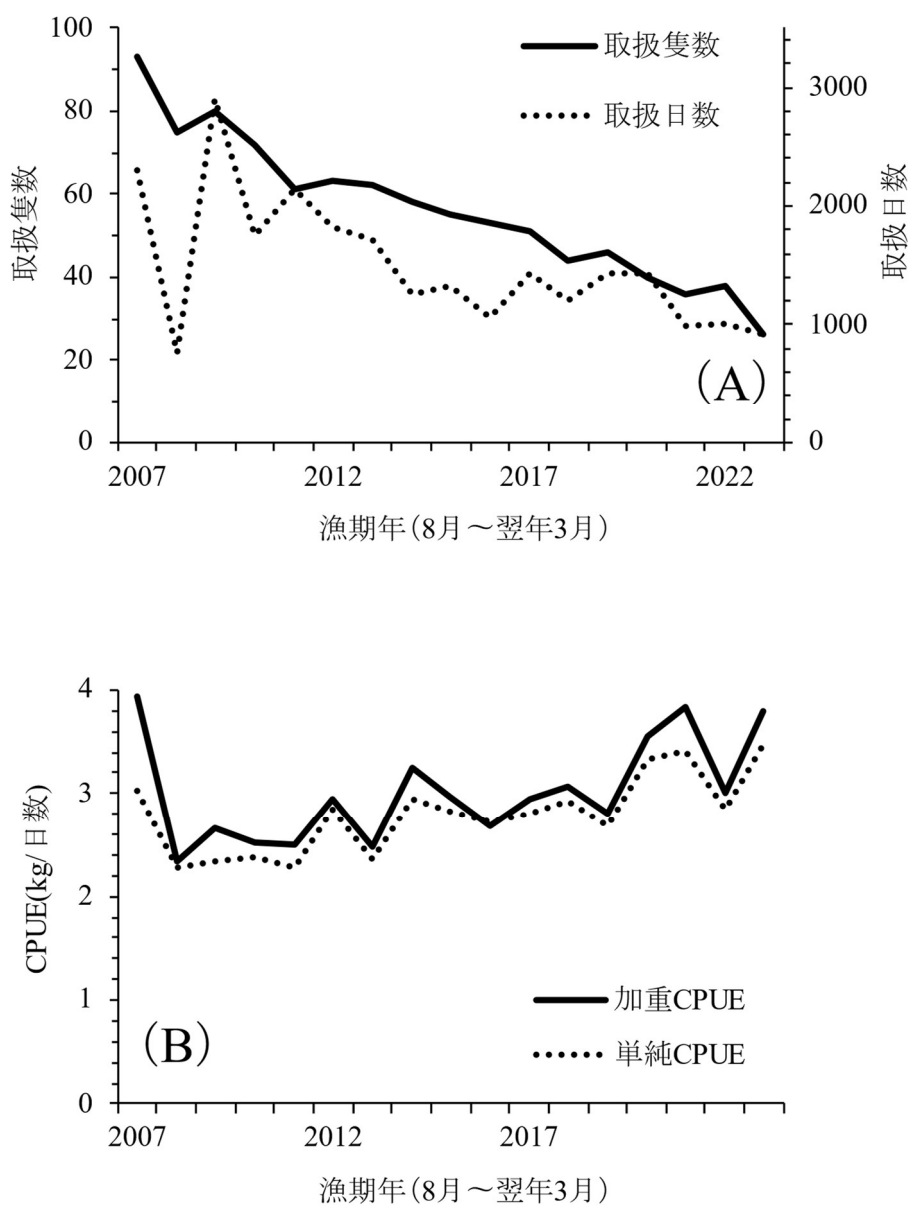


図 3-10. 豊後水道の釣り漁業（豊予海峡以南）における漁協取扱隻数および漁協取扱日数（A）と単純 CPUE および加重 CPUE（B）の推移 加重 CPUE は船別の漁協取扱量に対する加重値を使用。

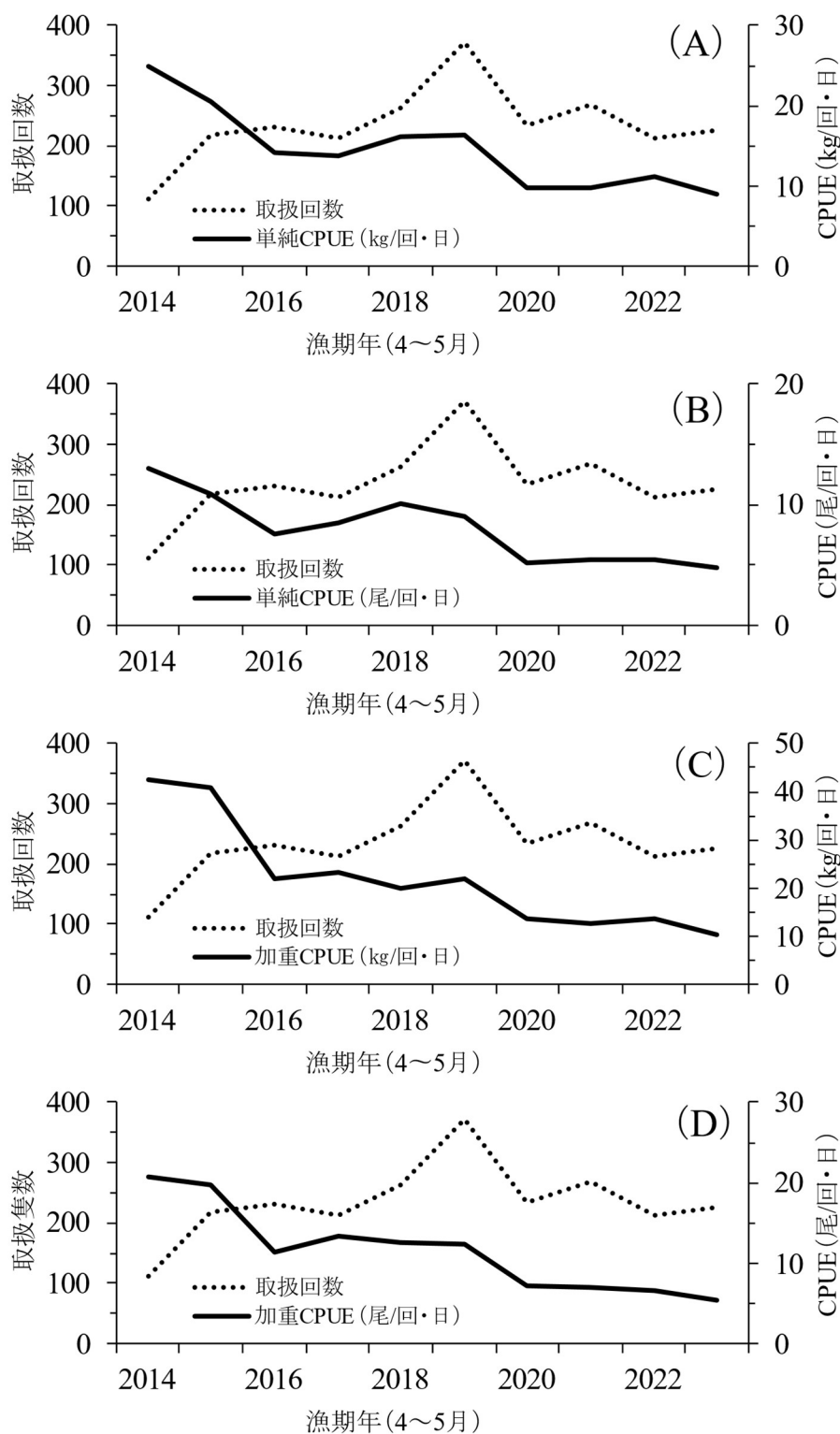


図 3-11. 関門海峡の釣り漁業における市場取扱量に基づく単純 CPUE (A) : 重量単位および (B) : 尾数単位) と加重 CPUE (C) : 重量単位、(D) : 尾数単位) の推移 加重 CPUE は船別の市場取扱尾数に対する加重値を使用。実線 : 各 CPUE。点線 : 延べ取扱回数。

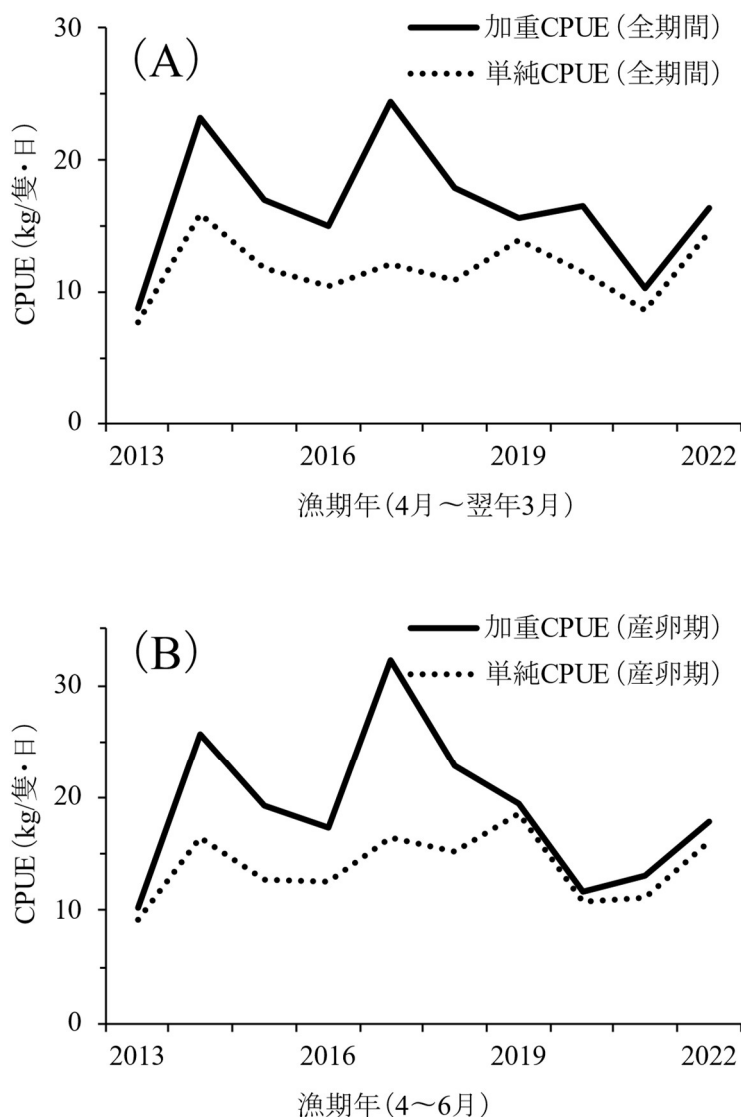


図 3-12. 男鹿半島周辺海域における漁協取扱量（延縄、小型定置網）を対象とした CPUE の推移 (A) 通年での結果 (B) 産卵期 (4～6月) のみの結果。加重 CPUE は船別の漁協取扱量に対する加重値を使用。

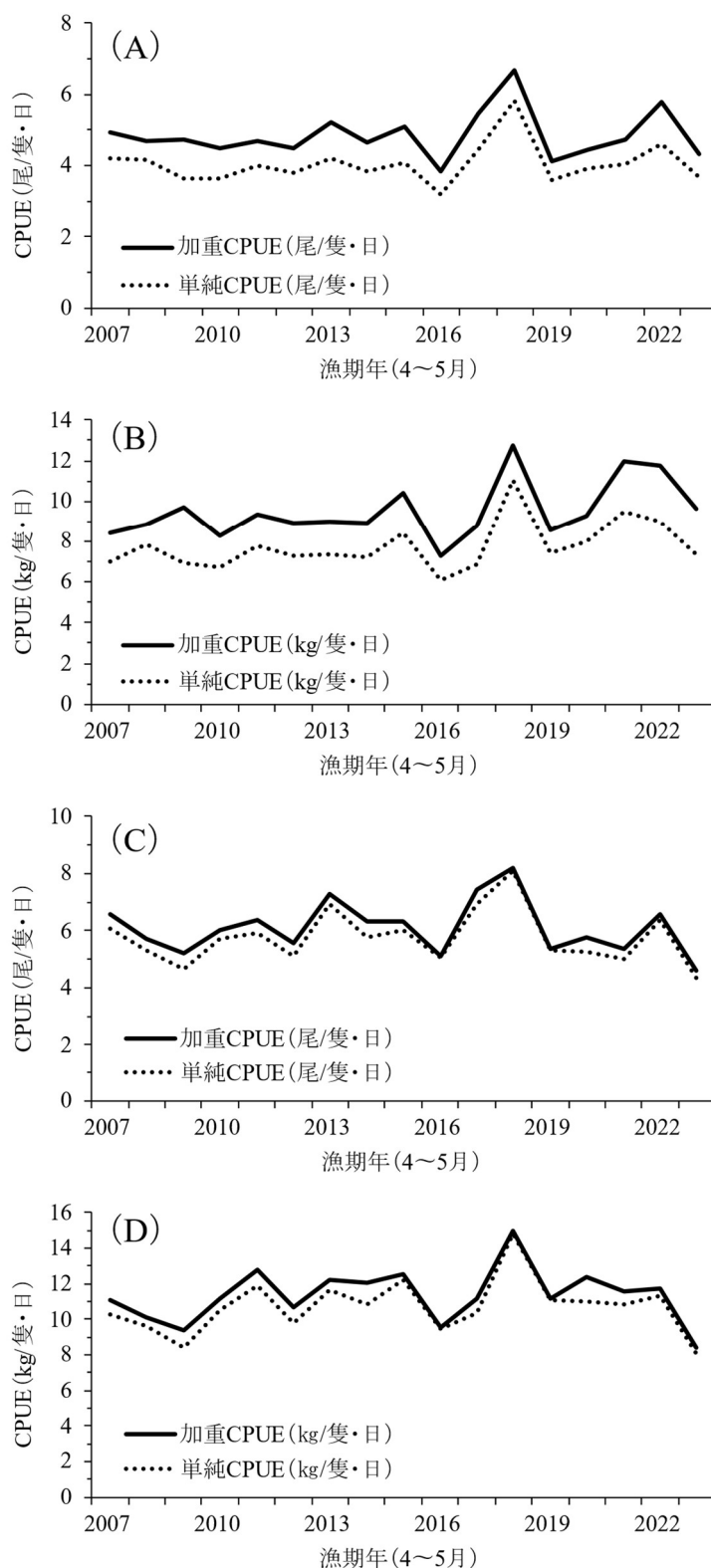


図 3-13. 有明海（長崎県海域）における漁協取扱量（釣り）を対象とした CPUE の推移 (A)、(C)尾数単位。(B)、(D)重量単位。(A)、(B)集計した全船データに基づく CPUE、(C)、(D)、漁獲量上位 3 隻データに基づく CPUE。加重 CPUE は船別の漁協取扱量に対する加重値を使用。

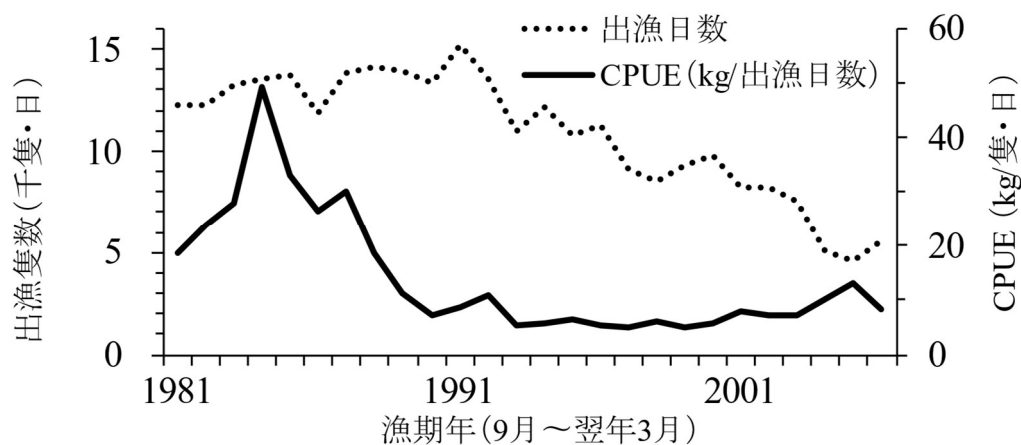


図 3-14. 山口県瀬戸内海側のはえ縄の努力量と単純 CPUE の推移

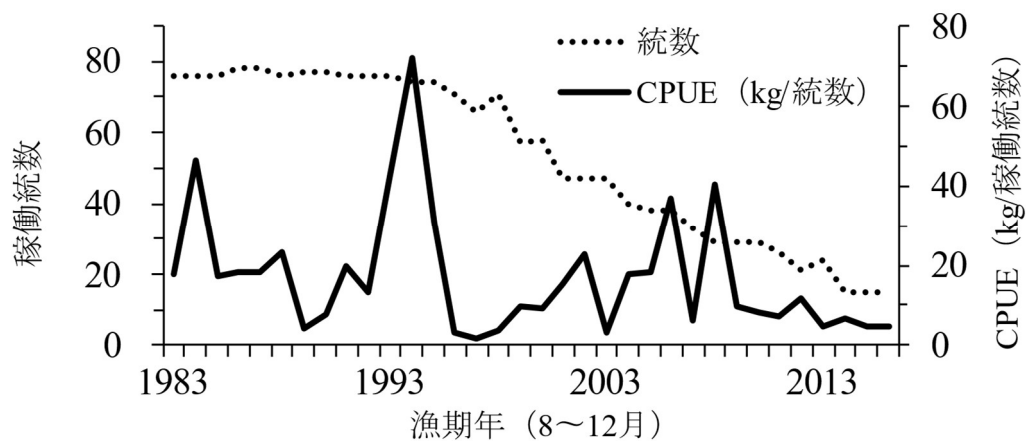


図 3-15. 備後灘における標本漁協の 0 歳を対象とした定置網の努力量と単純 CPUE の推移

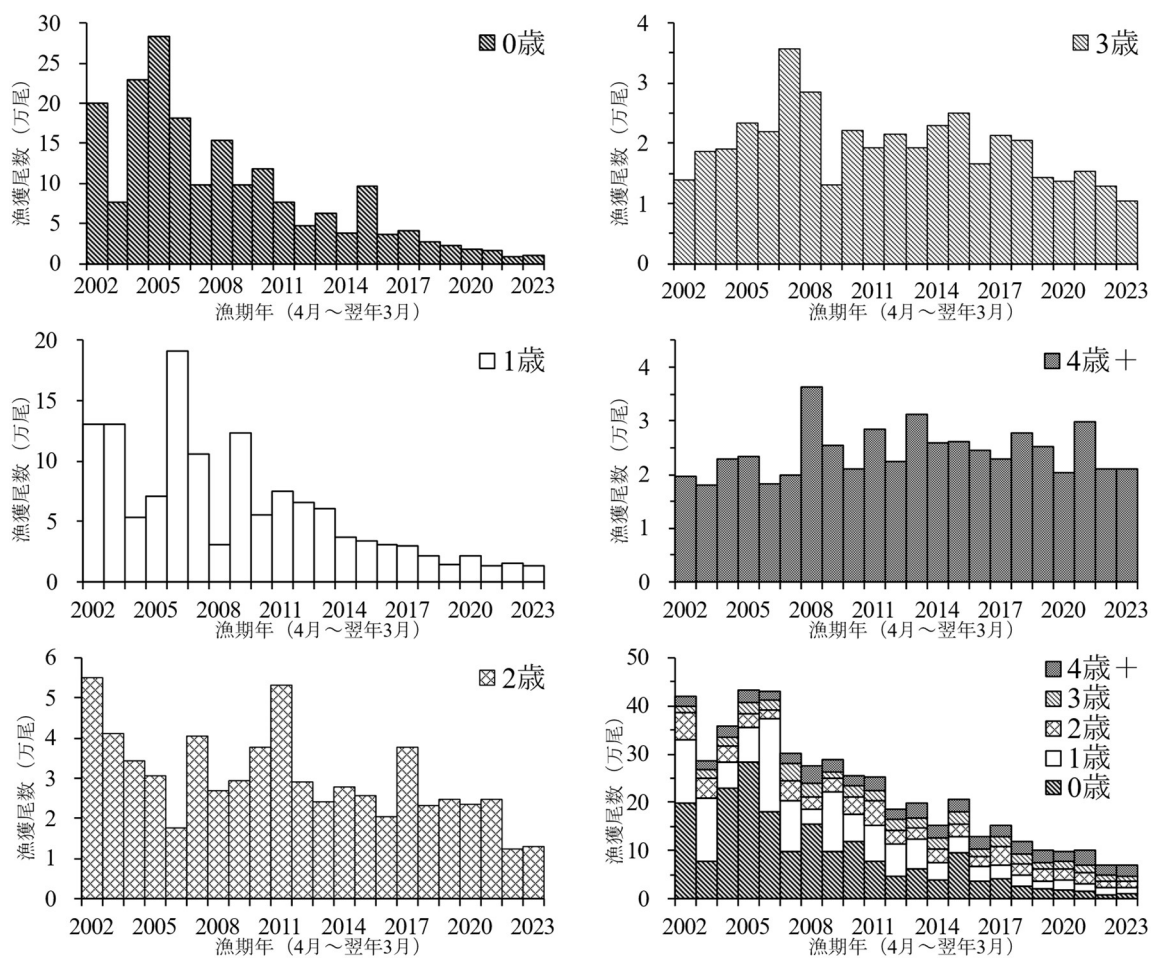


図 4-1. 年齢ごとの漁獲尾数の推移

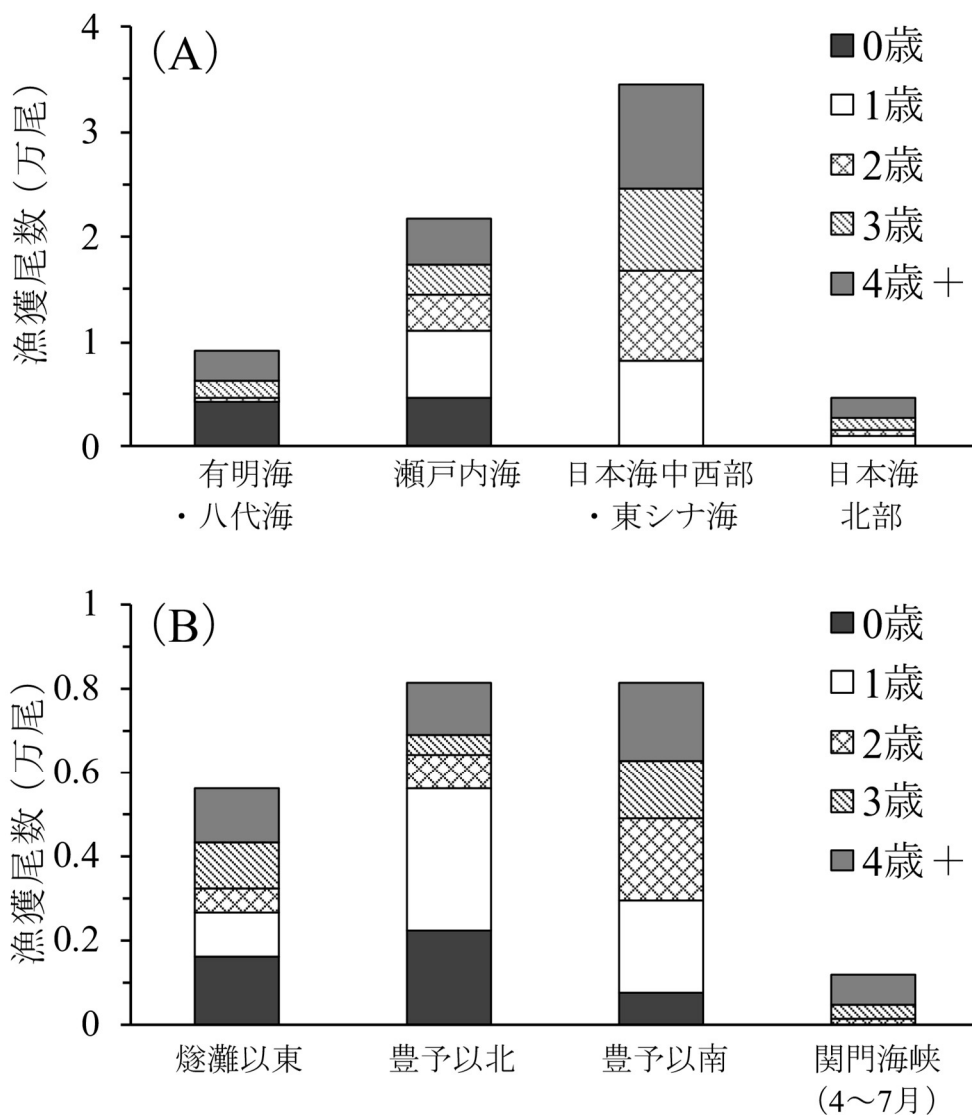


図 4-2. 2023 年漁期の年齢別漁獲尾数

(A) 海域別、(B) 瀬戸内海および関門海峡。関門海峡は 4~5 月の漁獲尾数。

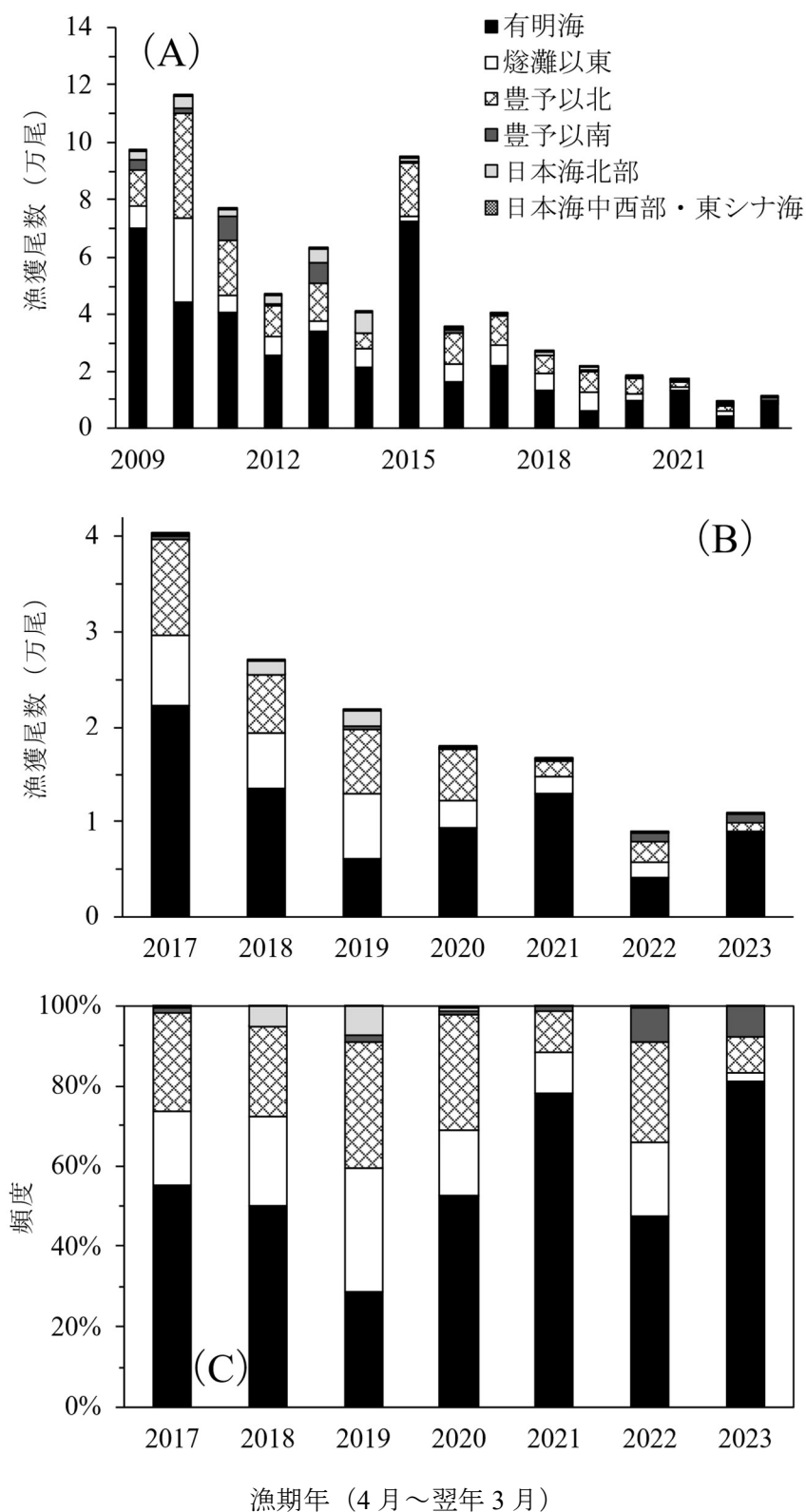


図 4-3. 海域別当歳魚漁獲尾数 (A): 海域ごとの年齢分解結果が揃っている 2009 年漁期以降、(B): 直近 7 年間、(C): (B) の頻度分布。

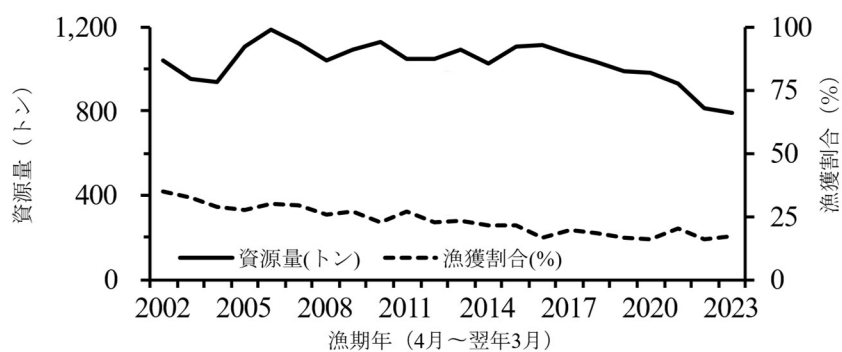


図 4-4. 資源量と漁獲割合の推移

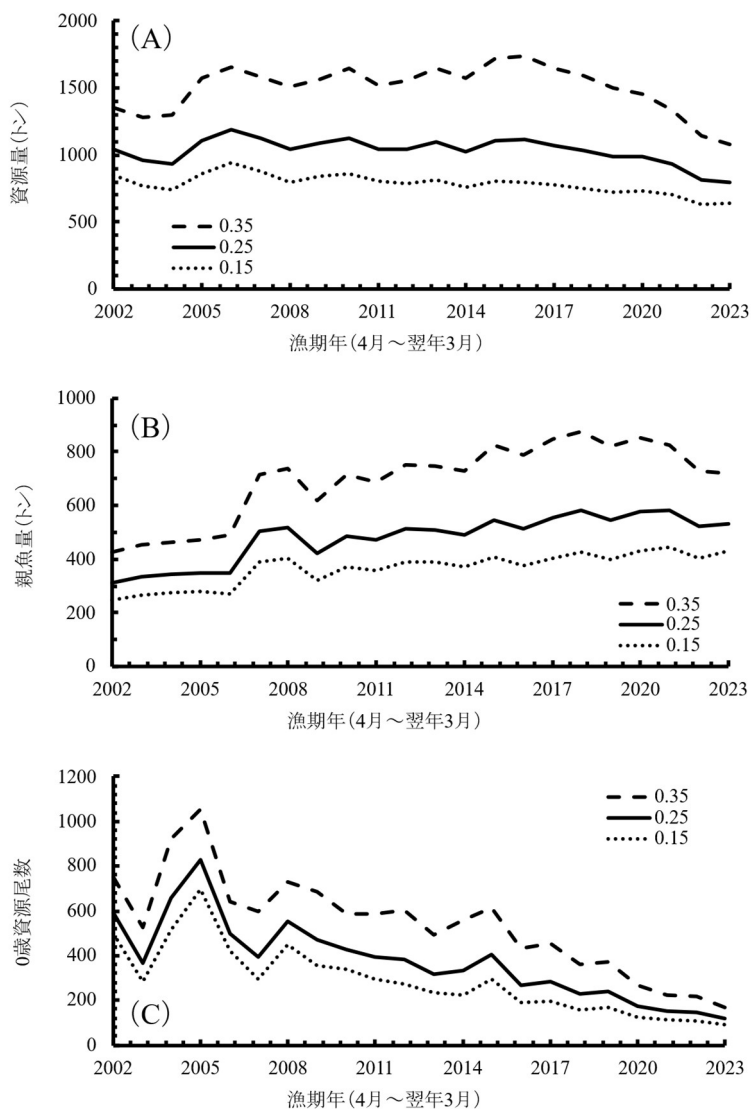


図 4-5. 資源量推定における自然死亡係数 M の感度分析結果
 (A) 資源量、(B) 親魚量、(C) 0歳資源尾数。

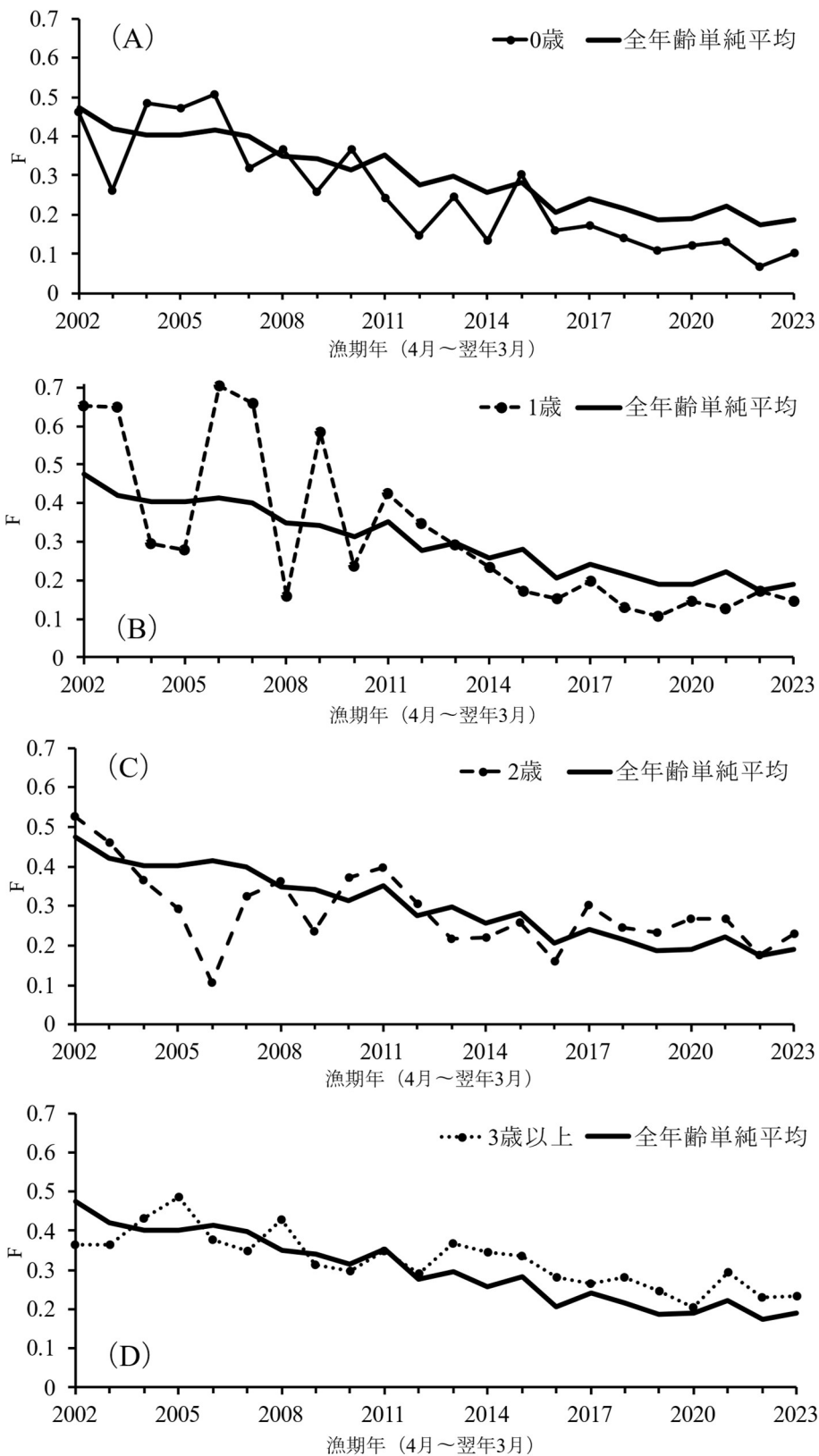


図 4-6. 各年齢の F と、F の全年齢平均の推移 (A) 0 歳、(B) 1 歳、(C) 2 歳、(D) 3 歳以上。4 歳以上は 3 歳 F と同じと仮定。

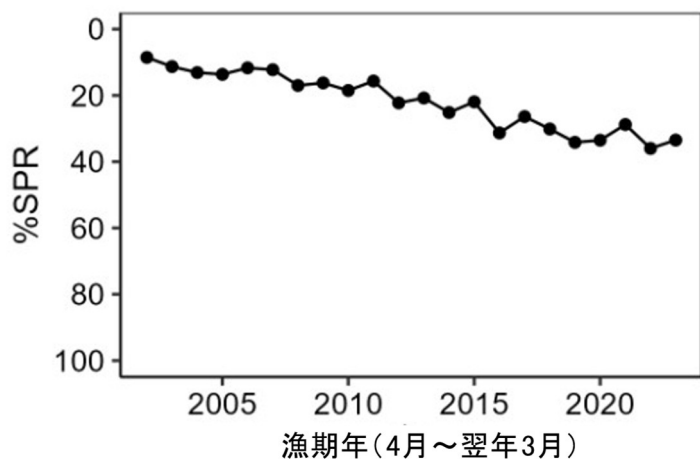


図 4-7. %SPR の推移

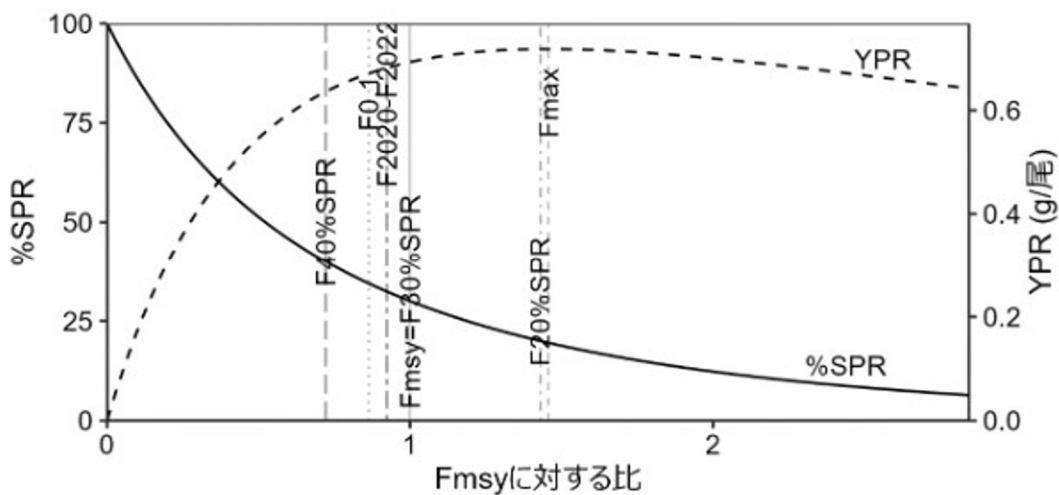


図 4-8. F と YPR、SPR の関係

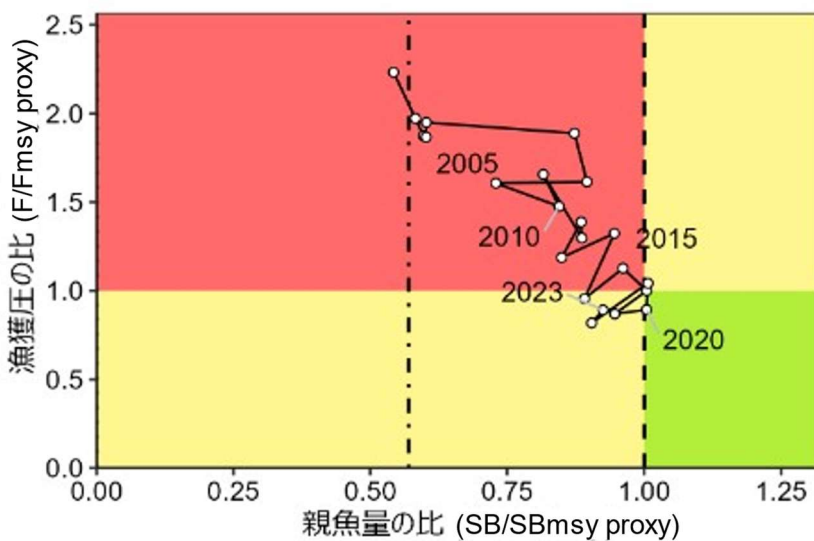


図 4-9. 神戸プロット

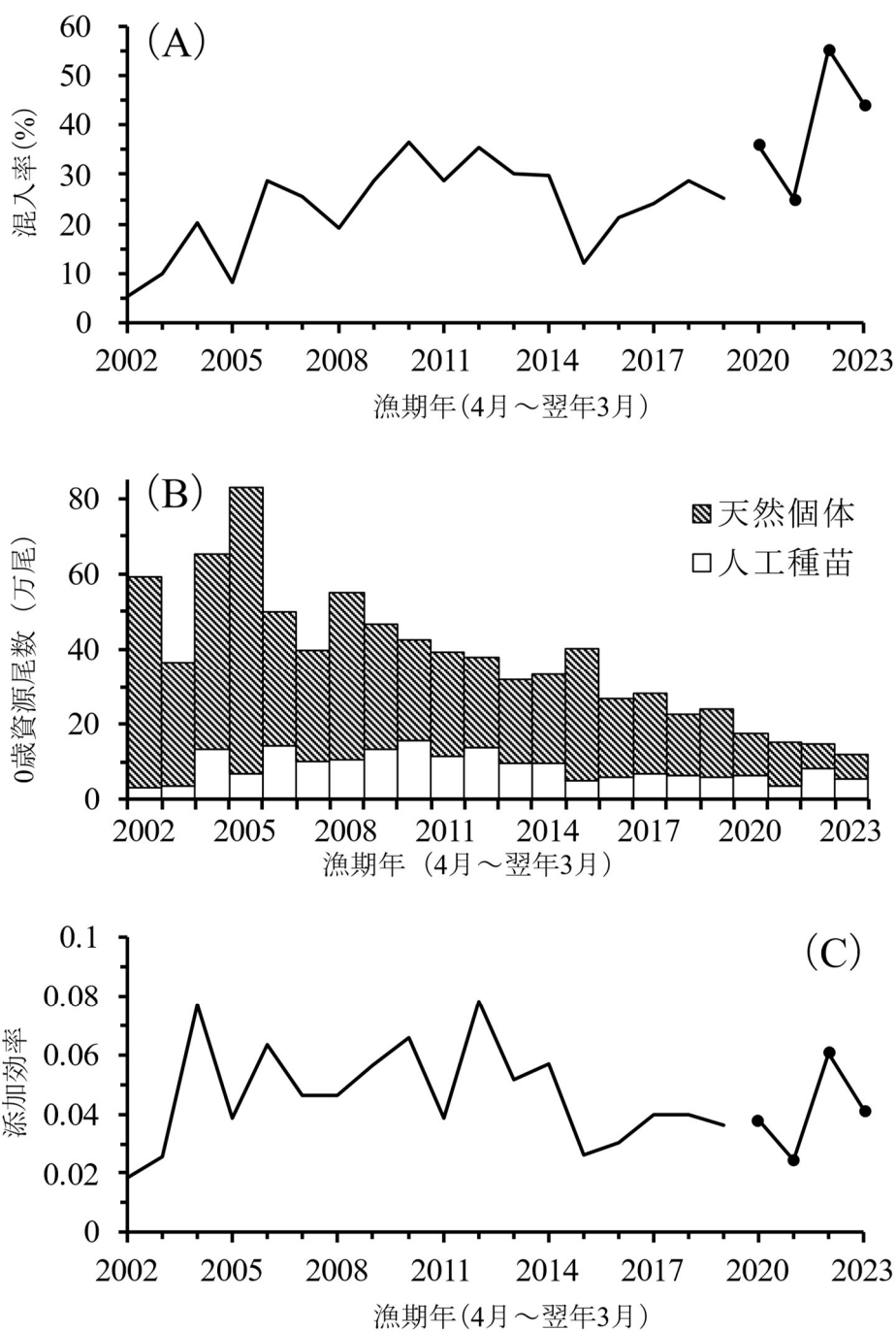


図 4-10. 人工種苗放流による 0 歳資源尾数への添加状況

(A) 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)、(B) 0 歳資源尾数の天然魚と放流魚の内訳、(C) 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)。

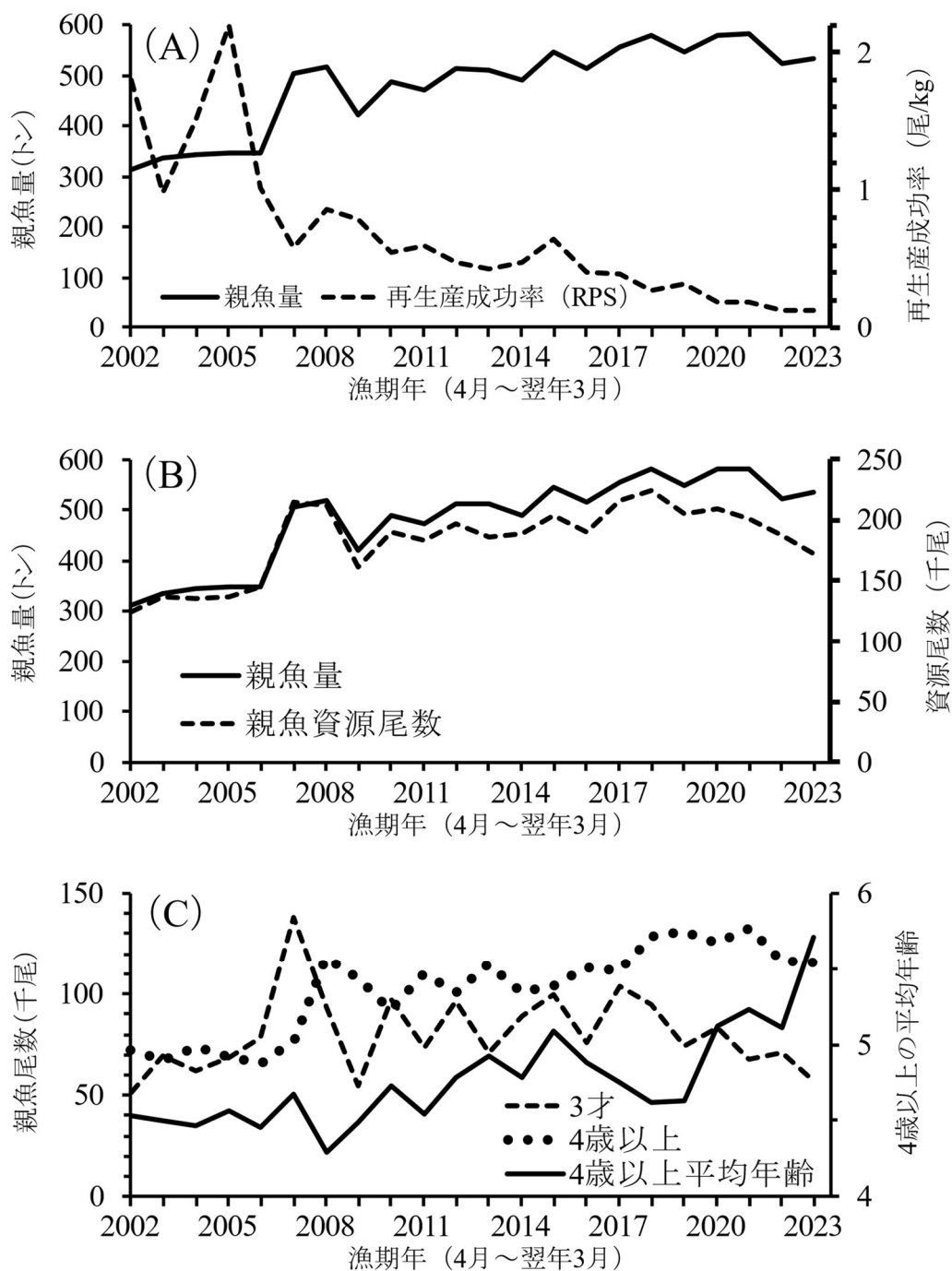


図 4-11. 再生産成功率と親魚の資源動向

(A) 親魚量と再生産成功率の年推移、(B) 親魚量と親魚尾数の年推移、(C) 年齢別親魚尾数と4歳以上のプラスグループの推定平均年齢。平均年齢は4歳以上の平均体重から推定平均全長→推定平均年齢への逆算による。

表 3-1. 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	2022	2023							
外海産	109	62	69							
内海産	11	14	13							
合計	120	76	82							

漁期年（4月～翌年3月）集計。

表 3-2. 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	61
2013	6	-	6	6	2	2	4	48	61
2014	7	-	9	9	2	1	3	24	73
2015	6	-	4	5	2	1	4	42	77
2016	5	-	6	6	2	2	3	34	56
2017	5	-	5	5	3	1	4	49	61
2018	5	-	5	6	2	1	5	52	42
2019	7	-	5	6	2	2	3	32	46
2020	3	2	2	5	1	1	3	35	45
2021	4	1	4	5	2	1	3	56	62
2022	4	2	3	4	2	1	3	27	37
2023	2	1	4	3	2	2	4	42	29

*2003年1～3月のみ。

斜体：再集計した漁期年・府県（小数点以下の場合には示さず）。

表 3-2. (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	14	3	10	2	8	51	20
2003	13	17	5	8	1	7	44	22
2004	7	8	4	28	1	2	26	21
2005	9	22	3	16	1	4	25	19
2006	12	16	5	21	2	12	45	24
2007	9	22	10	12	1	8	33	22
2008	3	17	9	11	1	2	18	20
2009	9	19	9	10	1	9	37	29
2010	14	17	7	5	1	3	24	25
2011	9	16	10	6	1	4	25	22
2012	6	17	7	4	1	2	17	21
2013	7	16	7	6	1	3	20	12
2014	3	15	5	3	1	3	14	14
2015	5	16	7	9	1	2	15	14
2016	2	12	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	0	1	8	11
2022	2	9	7	1	0	1	7	9
2023	1	6	6	1	0	1	8	10

**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:再集計した漁期年・府県(小数点以下の場合示さず)。

表 3-2. (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	<i>363</i>
2003	39	10	9	10	11	5	1	<i>310</i>
2004	22	12	3	6	16	1	0	<i>270</i>
2005	33	11	12	7	20	3	0	<i>307</i>
2006	49	9	10	10	17	2	1	<i>355</i>
2007	33	4	7	15	13	3	1	<i>329</i>
2008	17	8	10	8	45	1	1	<i>267</i>
2009	26	5	6	12	18	3	1	<i>295</i>
2010	19	6	6	4	7	1	0	<i>258</i>
2011	20	6	9	9	17	1	1	<i>284</i>
2012	18	3	2	2	7	0	0	<i>235</i>
2013	16	4	6	4	17	0	0	<i>254</i>
2014	14	2	2	2	11	0	0	<i>218</i>
2015	12	2	2	2	8	0	0	<i>235</i>
2016	12	2	2	2	9	0	0	<i>188</i>
2017	11	2	2	2	7	0	0	<i>214</i>
2018	8	1	2	2	5	0	0	<i>191</i>
2019	7	1	2	2	3	0	0	<i>165</i>
2020	7	2	1	3	3	0	0	<i>159</i>
2021	4	1	1	2	4	0	0	<i>188</i>
2022	4	0	1	3	3	0	0	<i>133</i>
2023	4	0	2	2	2	0	0	135

太字：概数値。

斜体：再集計した漁期年・府県（小数点以下の場合には示さず）。

表 3-3. 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
2022	6,532,341	9	204	8	233 ^a	13 ^a
2023	5,106,537	11	186	8	195 ^a	7 ^a

¹ 漁期は9月～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月～翌年3月、全年齢を対象。

³ 漁期は4月～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 3-3. (続き)

備後灘								
定置網 ⁴								
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	2022	19	2
1983	66	99	2003	77	26	2023	18	2
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			

⁴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 3-3. (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		関門海峡	
	はえ縄 ⁵		釣り ⁶		釣り ⁷	
	のべ取扱 隻数	CPUE (kg/取扱隻数)	のべ取扱 隻数	CPUE (kg/取扱隻数)	のべ取扱 回数	CPUE (kg/取扱回数)
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	113	25
2015	288	14	1,318	3	217	20
2016	200	11	1,065	3	232	14
2017	219	10	1,440	3	212	14
2018	141	10	1,193	3	264	16
2019	137	11	1,433	3	373	16
2020	172	13	1,438	3	234	10
2021	112	9	995	3	268	10
2022	109	10	1,002	3	213	11
2023	80	11	910	3	227	9

⁵漁期は8月～翌年3月、全年齢を対象。

⁶漁期は8月～翌年3月、全年齢を対象。

⁷漁期は4～5月、1歳以上を対象。

表 3-3. (続き)

漁期年	山口県瀬戸内海側		備後灘		漁期年	山口県瀬戸内海側		備後灘	
	はえ縄 ⁸		定置網 ⁹			はえ縄 ⁸		定置網 ⁹	
	出漁 日数	CPUE (kg/出漁日数)	統数	CPUE (kg/統数)		出漁 日数	CPUE (kg/出漁日数)	統数	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

⁸漁期は1～12月、0歳以上を対象。

⁹漁期は8～12月、0歳を対象。

表 4-1. 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)	%SPR	F/Fmsy
2002	363	1,040	313	594,330	35	1.80	9	2.24
2003	310	957	336	367,230	32	0.99	11	1.98
2004	270	937	345	655,062	29	1.52	13	1.90
2005	307	1,110	347	827,839	28	2.19	14	1.90
2006	355	1,189	348	500,111	30	1.02	12	1.96
2007	329	1,124	504	395,890	29	0.59	12	1.88
2008	267	1,043	517	550,620	26	0.86	17	1.64
2009	295	1,089	421	469,367	27	0.79	16	1.61
2010	258	1,128	488	424,528	23	0.55	19	1.48
2011	284	1,045	471	393,767	27	0.60	16	1.66
2012	235	1,047	512	381,157	22	0.48	22	1.30
2013	254	1,094	511	316,810	23	0.43	21	1.40
2014	218	1,028	490	330,506	21	0.47	25	1.21
2015	235	1,105	546	402,267	21	0.65	22	1.33
2016	188	1,113	514	268,516	17	0.41	31	0.98
2017	214	1,072	555	283,361	20	0.39	26	1.13
2018	191	1,034	580	226,361	18	0.28	30	1.01
2019	165	991	546	238,316	17	0.33	34	0.89
2020	159	986	580	172,950	16	0.19	34	0.89
2021	188	929	581	150,534	20	0.19	29	1.05
2022	133	813	522	147,765	16	0.13	36	0.82
2023	*135	794	534	120,465	17	0.13	33	0.89

*概数値。

表 4-2. 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	562,874	31,456	5.3	0.018
2003	141.2	331,101	36,130	9.8	0.026
2004	172.2	522,266	132,796	20.3	0.077
2005	171.7	761,440	66,398	8.0	0.039
2006	227.5	355,755	144,356	28.9	0.063
2007	217.1	295,425	100,464	25.4	0.046
2008	229.1	444,386	106,234	19.3	0.046
2009	240.9	333,784	135,583	28.9	0.056
2010	237.5	268,950	155,579	36.6	0.066
2011	294.0	280,644	113,122	28.7	0.038
2012	172.9	245,534	135,623	35.6	0.078
2013	185.2	221,664	95,146	30.0	0.051
2014	172.1	232,555	97,951	29.6	0.057
2015	187.7	353,261	49,005	12.2	0.026
2016	190.7	211,256	57,260	21.3	0.030
2017	172.8	214,792	68,569	24.2	0.040
2018	163.5	161,644	64,718	28.6	0.040
2019	165.8	178,415	59,901	25.1	0.036
2020	163.7	110,796	62,154	35.9	0.038
2021	153.8	112,787	37,747	25.1	0.025
2022	135.0	66,045	81,720	55.3	0.061
2023	*129.4	67,043	53,421	44.3	0.041

*速報値。

表 4-3. 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)		
	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
2002	17.1		4.2	-	-
2003	11.3		11.6	-	-
2004	27.5		6.8	-	-
2005	17.2		0.3	-	-
2006	35.4		14.7	-	-
2007	40.0		9.9	-	-
2008	32.2		8.4	-	-
2009	37.4		9.1	-	-
2010	69.6		8.5	-	-
2011	58.9		2.6	-	-
2012	80.5		-	43.2	-
2013	43.7		-	100.0	-
2014	49.9		-	71.5	-
2015	15.8		-	25.6	-
2016	45.3		-	38.3	-
2017	41.8		-	25.1	-
2018	65.5		-	17.9	-
2019	90.9		-	15.6	-
2020	49.4	48.1	-	-	25.4
	(有明海): 49.3		瀬戸内海 (伊予灘以西豊予海峡以北) : 25.4		
2021	35.8	14.8	-	-	9.1
	(有明海): 30.3		瀬戸内海 (伊予灘以西豊予海峡以北) : 9.1		
2022	74.8	68.6	-	-	58.5
	(有明海): 74.4		瀬戸内海 (伊予灘以西豊予海峡以北) : 58.5		
2023	48.4	28.8	-	-	42.1
	(有明海): 45.7		瀬戸内海 (伊予灘以西豊予海峡以北) : 42.1		

※ 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。

※※※ 当歳魚についての集計結果。

表 4-3. (続き)

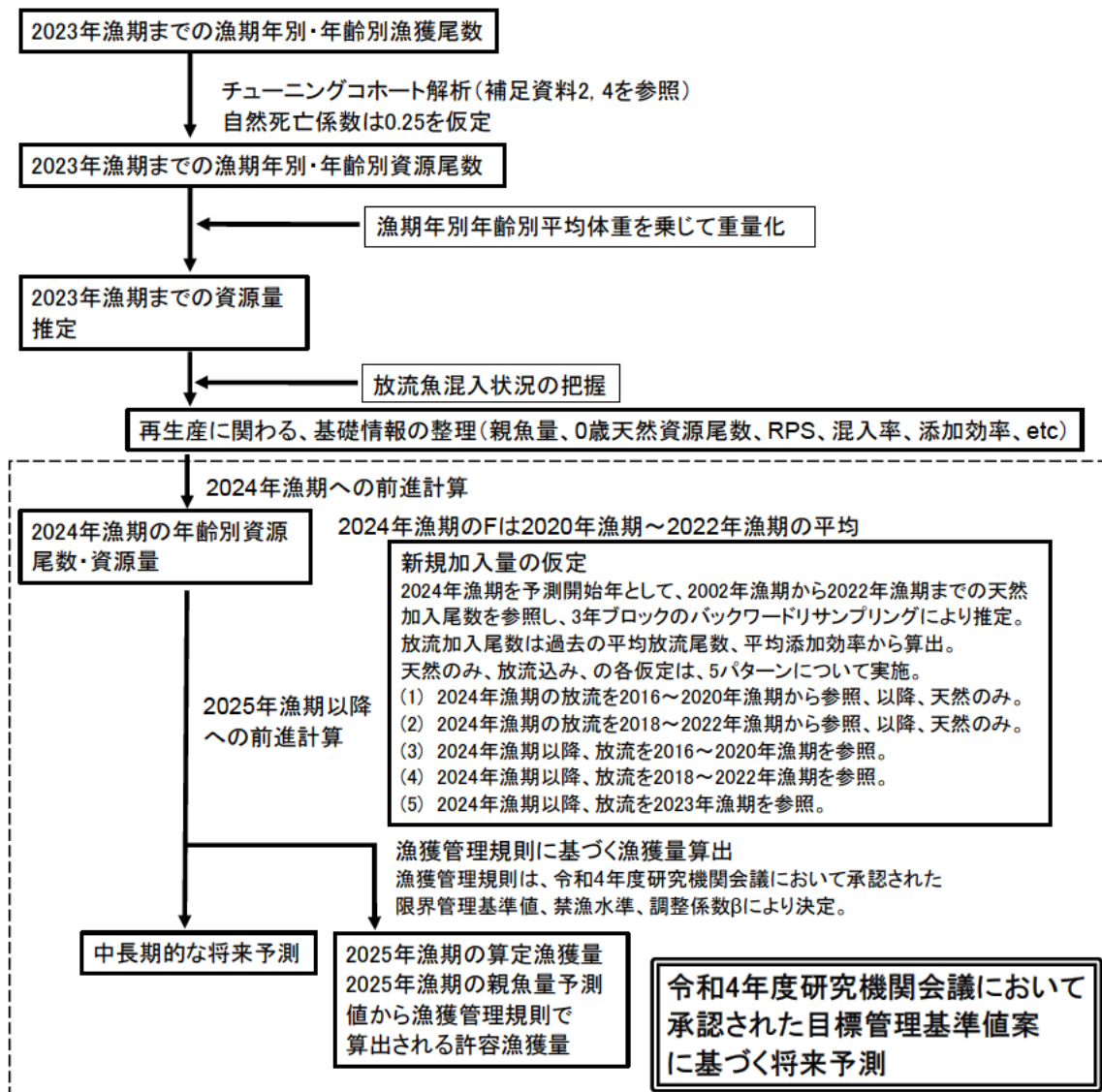
漁期年	混入率 (%)				加重平均
	燧灘	瀬戸内海 (燧灘以東)		その他の海域	
		備後灘	備讃瀬戸		
2002	-	-	-	-	5.3
2003	-	-	-	-	9.8
2004	-	-	-	-	20.3
2005	-	-	-	-	8.0
2006	-	-	-	-	28.9
2007	-	-	-	-	25.4
2008	-	-	-	-	19.3
2009	-	-	-	-	28.9
2010	-	-	-	-	36.6
2011	-	-	-	-	28.7
2012	-	-	-	-	35.6
2013	-	-	-	-	30.0
2014	-	-	-	-	29.6
2015	-	-	-	-	12.2
2016	-	-	-	-	21.3
2017	-	-	-	-	24.2
2018	-	-	-	-	28.6
2019	-	-	-	-	25.1
2020	10.7	13.9	0.0	-	35.9
		瀬戸内海(燧灘以東):5.6		-	
2021	5.3	0.0	0.2	-	25.1
		瀬戸内海(燧灘以東):0.7		-	
2022	3.8	0.0	1.2	-	55.3
		瀬戸内海(燧灘以東):1.8		-	
2023	0.0	0.0	1.3	-	44.3
		瀬戸内海(燧灘以東):1.2		-	

※ 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。

※※※ 当歳魚についての集計結果。

補足資料 1 資源評価の流れ



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

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

補足資料 2 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京都府、鳥取県、山口県、福岡県、佐賀県、長崎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、伊藤ほか 1998）、データが得られている2009年漁期以降は石川県、山形県、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。なお、年齢分解においては、本報告書6ページに記載の通り、秋田県海域で得られた市場調査から放流年判別ができた502個体を用いて作成した年齢—全長関係式を用いて各年齢の推定全長を混合正規分布を用いた年齢分解の初期値として用いた。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、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1999～2022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2010～2022年漁期の13,985個体、8～11月は1999～2022年漁期の3,640個体、12月～翌年3月は1999～2022年漁期の5,565個体）から作成した令和5年度評価に示された雌雄比を用いた（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の補足資料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。

(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。

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

$N_{a,y}$ は y 年漁期における a 歳の資源尾数で、 $C_{a,y}$ 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、

$$N_{a,2021} = \frac{C_{a,2022}}{1 - e^{-F_{a,2023}}} e^{\frac{M}{2}}$$

で計算した。2023年漁期のFの選択率は各年齢の過去3年間（2020～2022年漁期）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、伊予灘以西豊予海峽北、伊予灘以西豊予海峽南、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（平井ほか 2022）。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2023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月～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。令和4年度評価でのチューニング対象期間の検討に基づき、本年度評価においても、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。

漁期年	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
指標値	8.07	7.09	4.69	6.65	6.17	4.32	7.35	6.99	4.24	3.18
漁期年	2019	2020	2021	2022	2023					
指標値	2.22	3.63	2.47	2.96	3.12					

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+、2023 を探索的に求めることで推定した。

$$\log L = \sum_{y=20}^{2023} \left[\frac{\{\log(I_{1,y}) - \log(q_1 \times N_{1,y})\}^2}{2\sigma_1^2} + \frac{1}{2} \times \log(2\pi\sigma_1^2) \right]$$

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

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

ここで、F4+, 2023 は 2023 年漁期の 4+歳の漁獲係数、I_{1,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、N_{1,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。

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

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

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

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 6 年度)」(FRA-SA2024-ABCWG02-03、資源評価高度化作業部会 2024) に従って、本系群の評価に用いた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 (ver4.4.0) 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* (ver2.4.0.0) 中の VPA 関数を用いて行った。

引用文献

- 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**, 335-347.
- 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. FRA-SA2021-RC03-1, 水産庁・水産研究・教育機構, 66 pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2021/details_2021_73.pdf
- 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.
- 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.
- 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 (2023) 令和 5 (2023) 年度 資源評価のモデル診断手順と情報提供指針. FRA-SA2023-ABCWG02-03.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. *東海水研報*, **28**, 1-200.
- 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.

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	2012
0歳	199,714	76,885	229,152	282,695	181,279	98,191	153,491	97,721	118,441	76,972	47,159
1歳	130,866	130,766	53,111	71,455	191,228	106,102	31,169	123,598	55,961	74,586	66,147
2歳	54,830	41,038	34,256	30,498	17,746	40,485	26,935	29,325	37,760	53,200	28,967
3歳	13,957	18,720	19,128	23,267	21,846	35,803	28,576	13,010	22,174	19,189	21,513
4歳以上	19,604	18,048	22,896	23,337	18,206	20,003	36,370	25,530	20,940	28,497	22,443
計	418,971	285,457	358,543	431,252	430,304	300,584	276,542	289,185	255,276	252,443	186,229

年齢別漁獲尾数 (尾)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	62,867	38,171	96,205	35,870	40,823	27,067	22,205	18,266	16,731	8,647	10,752
1歳	60,741	37,525	33,532	30,600	30,089	21,205	14,779	21,327	13,325	15,128	13,734
2歳	24,252	27,788	25,573	20,565	37,751	23,243	24,737	23,542	24,821	12,386	13,089
3歳	19,274	22,897	24,973	16,488	21,299	20,453	14,243	13,588	15,314	12,883	10,369
4歳以上	31,112	25,980	26,194	24,523	22,846	27,784	25,314	20,363	29,886	21,098	21,158
計	198,245	152,361	206,478	128,047	152,808	119,752	101,279	97,086	100,077	70,141	69,102

年齢別漁獲係数

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	0.46	0.26	0.48	0.47	0.51	0.32	0.37	0.26	0.37	0.24	0.15
1歳	0.65	0.65	0.30	0.28	0.70	0.66	0.16	0.58	0.24	0.43	0.35
2歳	0.53	0.46	0.37	0.29	0.11	0.33	0.36	0.24	0.37	0.40	0.31
3歳	0.37	0.36	0.43	0.49	0.38	0.35	0.43	0.31	0.30	0.35	0.29
4歳以上	0.37	0.36	0.43	0.49	0.38	0.35	0.43	0.31	0.30	0.35	0.29
単純平均	0.47	0.42	0.40	0.40	0.41	0.40	0.35	0.34	0.31	0.35	0.28

年齢別漁獲係数

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0.25	0.14	0.30	0.16	0.17	0.14	0.11	0.12	0.13	0.07	0.10
1歳	0.29	0.23	0.17	0.15	0.20	0.13	0.11	0.15	0.13	0.17	0.15
2歳	0.22	0.22	0.26	0.16	0.30	0.24	0.23	0.27	0.27	0.18	0.23
3歳	0.37	0.35	0.34	0.28	0.26	0.28	0.25	0.20	0.29	0.23	0.23
4歳以上	0.37	0.35	0.34	0.28	0.26	0.28	0.25	0.20	0.29	0.23	0.23
単純平均	0.30	0.26	0.28	0.21	0.24	0.22	0.19	0.19	0.22	0.17	0.19

年齢別資源尾数 (尾)

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	594,330	367,230	655,062	827,839	500,111	395,890	550,620	469,367	424,528	393,767	381,157
1歳	309,893	310,876	234,440	334,420	428,906	249,550	238,800	316,725	300,143	244,104	256,360
2歳	151,465	125,857	126,710	135,711	197,388	165,274	100,715	158,471	137,590	184,366	124,287
3歳	51,634	69,574	61,801	68,451	78,777	138,065	92,987	54,667	97,538	73,832	96,636
4歳以上	72,524	67,077	73,976	68,658	65,652	77,136	118,351	107,275	92,109	109,650	100,813
計	1,179,847	940,613	1,151,988	1,435,078	1,270,834	1,025,915	1,101,474	1,106,505	1,051,908	1,005,719	959,253

年齢別資源尾数 (尾)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	316,810	330,506	402,267	268,516	283,361	226,361	238,316	172,950	150,534	147,765	120,465
1歳	273,051	205,404	239,244	245,895	189,948	197,745	163,015	177,353	126,749	109,563	114,629
2歳	141,279	159,049	126,853	156,731	164,499	121,378	135,291	113,914	119,301	86,954	71,978
3歳	71,231	88,626	99,345	76,225	103,914	94,797	74,017	83,534	67,940	71,007	56,789
4歳以上	114,983	100,558	104,203	113,368	111,462	128,777	131,551	125,187	132,591	116,285	115,875
計	917,354	884,143	971,911	860,735	853,184	769,058	742,189	672,938	597,115	531,574	479,735

補足資料3 (続き)

年齢別資源量 (トン)

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	173	110	160	181	100	101	129	88	91	86	87
1歳	324	320	219	366	439	258	246	339	331	231	247
2歳	230	191	213	216	303	262	151	241	218	258	200
3歳	101	141	131	145	158	272	186	110	208	149	203
4歳以上	212	195	214	202	189	232	331	311	279	322	309
計	1,040	957	937	1,110	1,189	1,124	1,043	1,089	1,128	1,045	1,047

年齢別資源量 (トン)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	77	69	71	59	52	45	58	35	25	37	26
1歳	266	215	283	291	202	211	174	186	129	110	111
2歳	240	253	205	248	263	198	212	185	194	144	122
3歳	151	183	211	162	216	197	154	175	146	147	126
4歳以上	360	308	335	352	339	383	392	405	436	375	408
計	1,094	1,028	1,105	1,113	1,072	1,034	991	986	929	813	794

年齢別親魚量 (トン)

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	101	141	131	145	158	272	186	110	208	149	203
4歳以上	212	195	214	202	189	232	331	311	279	322	309
計	313	336	345	347	348	504	517	421	488	471	512

年齢別親魚量 (トン)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	151	183	211	162	216	197	154	175	146	147	126
4歳以上	360	308	335	352	339	383	392	405	436	375	408
計	511	490	546	514	555	580	546	580	581	522	534

年齢別平均体重 (g)

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	291	299	245	219	200	254	234	187	215	219	229
1歳	1,045	1,030	936	1,094	1,023	1,032	1,029	1,070	1,103	945	965
2歳	1,518	1,515	1,679	1,588	1,534	1,585	1,500	1,522	1,587	1,397	1,613
3歳	1,956	2,024	2,117	2,125	2,011	1,971	2,004	2,006	2,136	2,023	2,102
4歳以上	2,925	2,911	2,890	2,941	2,883	3,003	2,794	2,901	3,032	2,933	3,060

年齢別平均体重 (g)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	243	208	176	221	185	198	245	202	164	249	216
1歳	972	1,049	1,183	1,184	1,062	1,068	1,070	1,047	1,020	1,001	972
2歳	1,701	1,593	1,615	1,585	1,601	1,633	1,568	1,624	1,626	1,659	1,699
3歳	2,119	2,063	2,122	2,125	2,081	2,077	2,087	2,095	2,144	2,065	2,215
4歳以上	3,130	3,058	3,216	3,109	3,039	2,975	2,979	3,233	3,285	3,227	3,522

補足資料4 チューニング指標算出の手順とモデル診断結果

(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69%、4歳以上で57%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月～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月～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、全長一年齢関係から、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：2005～2023年漁期(9月～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(9月～翌年3月)の日本海中西部・東シナ海における8月～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：2007～2023 年漁期（8 月～翌年 3 月）

単位：kg/隻・日

なお、対象とした漁協取扱量の県豊予海峡以北海域での漁獲量（8 月～翌年 3 月）の割合は集計期間中 28～88%の変動があり、単純平均で 43±14%（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：2007～2023 年漁期（8 月～翌年 3 月）

単位：kg/隻・日

なお、対象とした漁協取扱量の県豊予海峡以北海域での漁獲量（8 月～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 54±13%（平均±SD）である。

<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、2023 年漁期は集計開始年に対し、豊予以北海域で 10%、豊予以南海域で 40%、日本海中西部・東シナ海で 30%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同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。

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

Ww-CPUE は重量単位の加重 CPUE、 $CPUE_{v,y}$ は y 年の船 v の CPUE、 $C_{v,y}$ 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、これに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%、2022年漁期に97%、2023年漁期に93%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・山口北西海域のトラフグ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。

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

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歳魚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4-1~4-3、および補足表4-3~4-5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。

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、トロスベ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。

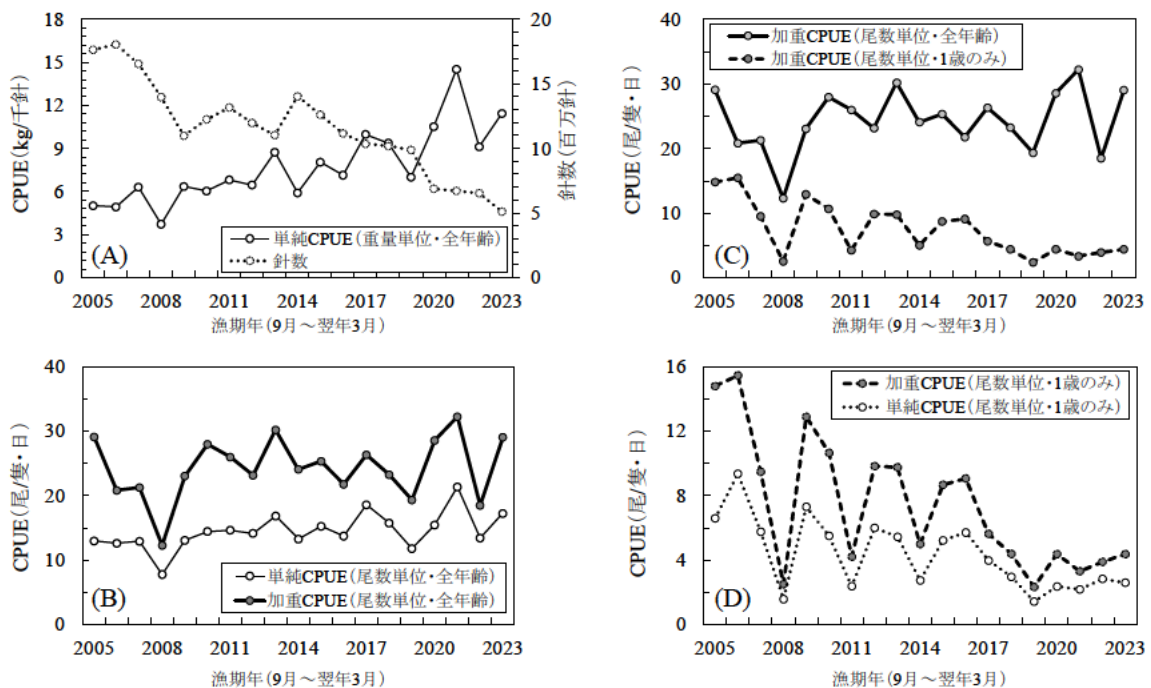
残差分析における、3条件での残差プロット、指標値と予測値の経年変化、および1歳資源尾数と指標値の相関関係を補足図4-5に示す。残差プロットは2019年漁期で90%信頼区間からわずかに外れた(補足図4-5A)。一方、1歳魚資源尾数と資源量指標値の相関は、決定係数が昨年度評価時($R^2=0.969$)とほとんど変動がない0.970であり、2019年漁期の残差が90%信頼区間から外れた影響は少ないと考えられた(補足図4-5C)。

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に示す。Baseデータ(2002~2023年漁期)と比べて、2022年漁期、2023年漁期のデータを除外した場合に資源量、親魚量、年齢別漁獲係数(2歳、3歳以上)でその他の漁期年を除外した場合と比べて、推定値にずれが生じたが残差プロットで外れ値となった2019年漁期の有無は推定結果に影響がないことが示された。2022年漁期と2023年漁期がジャックナイフ法で外れ値となった原因としては、2023年漁期では1歳魚のチューニングにより、2022年漁期の0歳魚加入尾数に上方修正が生じたことから、それぞれの年のデータを除外すると加入の上方修正が反映せず、親魚量、資源量が過小に評価されるためと考えられる。1歳資源量指標値は2022年漁期、2023年漁期と2年続けて緩やかではあるが上昇しており、2021年漁期以前とはやや異なる傾向を示しており、これらの直近2年を加えた2009~2023年

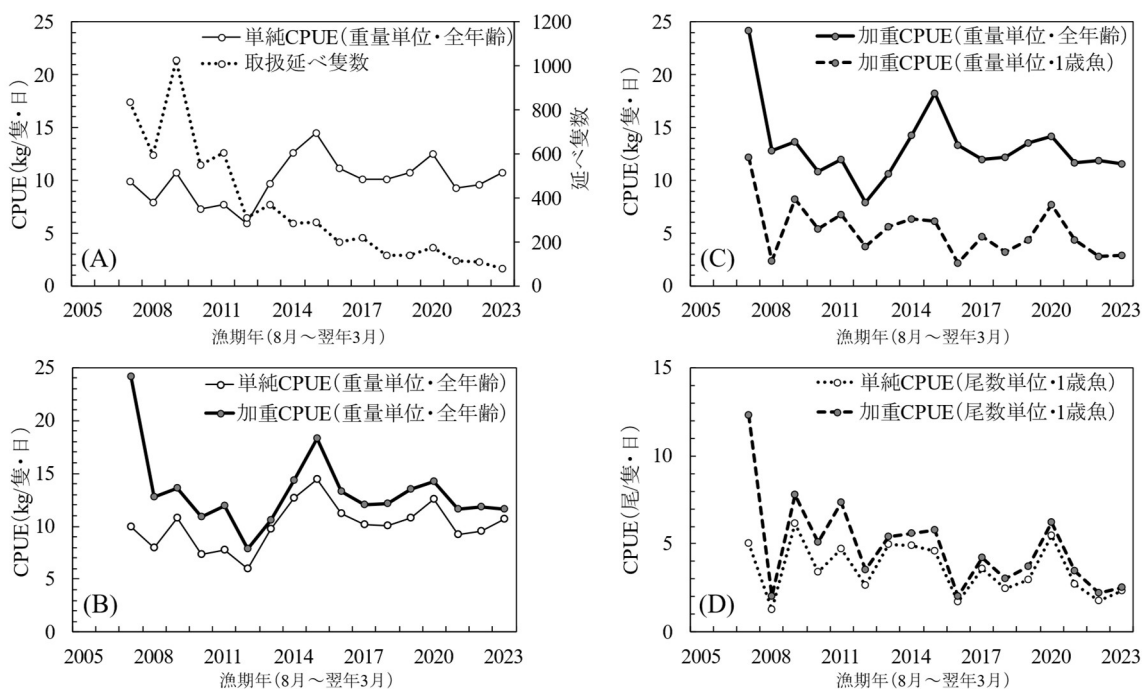
漁期のすべての指標値を用いてチューニングを実施した場合に最も安定した資源量推定が行えると考えられた。

VPA 結果のレトロスペクティブ解析の結果を補足図 4-7、4-8 に示す。Mohn's rho の値は、チューニングなしのほうがチューニングありの場合よりも 0 に近似したが、チューニングなしでは、2021 年漁期の値のみ、その他の年のトレンドとは大きくずれているため、数値上 rho は 0 に近似しているが、実際には大きな外れ年が生じる。これに対し、チューニングありでは、rho は昨年度と同様の傾向に加え、概ね-0.2~0.4 程度と昨年度の-0.3~0.5 と比べて安定していることから、チューニングありのほうがより安定した資源量推定をしたと考えられる。ブートストラップ信頼区間推定の結果でも、親魚量、資源量、0 歳資源尾数のいずれにおいても昨年度と同様の結果であり、漁獲量や漁獲尾数の修正に伴う推定した資源量等の変動はあるものの、大きな外れ値が見られるなどのデータ上の質的な問題は生じていないと考えられた（補足図 4-9）。

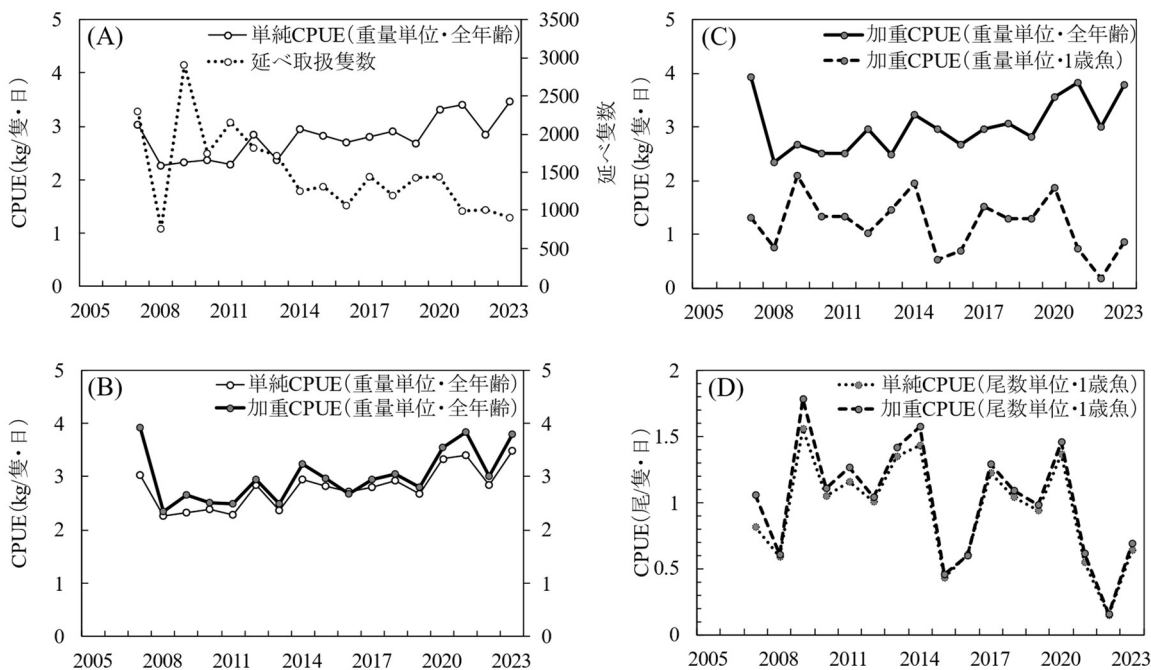
以上の検討結果からは、本年度評価においても、2009 年からのチューニングを行うことで、最も残差が小さく、1 歳魚資源尾数と資源量指標値の相関も高く、また、得られた結果の信頼区間も小さく、データの過大評価、過小評価ともに軽減すると考えられた。なおチューニングなしの場合の VPA 計算結果は、参考として補足表 4-7 に示した。



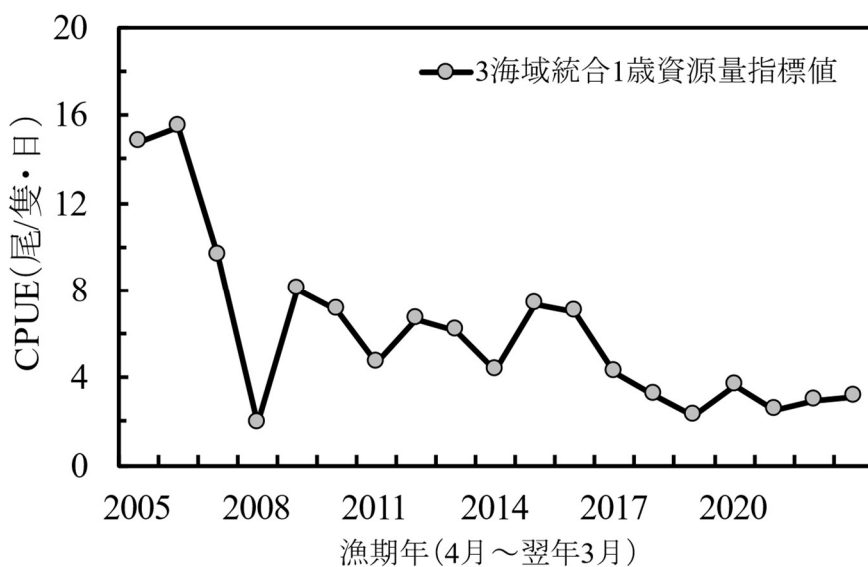
補足図 4-1. 九州・山口北西海域とらふぐはえ縄漁獲成績報告書から抽出した、日本海中西部・東シナ海におけるはえ縄の資源量指標値 (A) : 過去の資源評価票において提示してきた漁獲努力量(針数)と単純 CPUE、重量単位。(B) : 尾数単位での単純 CPUE と加重 CPUE。単位(尾/隻・日)。(C) : 全年齢と 1 歳魚の加重 CPUE の比較。単位(尾/隻・日)。(D) : 1 歳魚の加重 CPUE と単純 CPUE の比較。単位(尾/隻・日)。



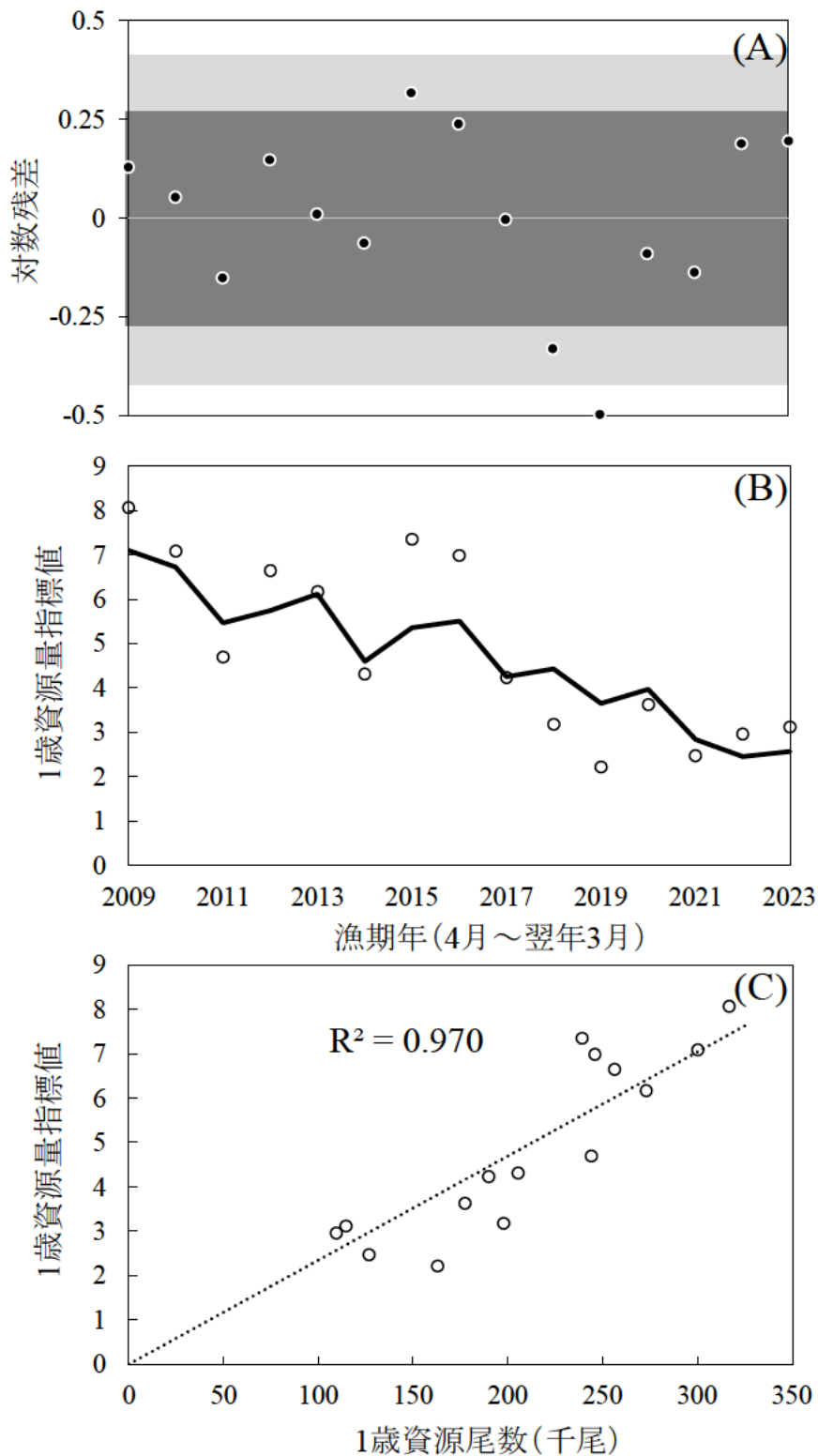
補足図 4-2. 大分県の漁協船別取扱量から抽出した、伊予灘以西・豊予海峡以北における、はえ縄の資源量指標値 (A) : 漁獲努力量 (延べ取扱隻数) と単純 CPUE (全年齢)、単位 (kg/隻・日)。(B) : 単純 CPUE と加重 CPUE (全年齢) の比較。単位 (kg/隻・日)。(C) : 全年齢と 1 歳魚の加重 CPUE の比較。単位 (kg/隻・日)。(D) : 1 歳魚の加重 CPUE と単純 CPUE の比較。単位 (尾/隻・日)。



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)。

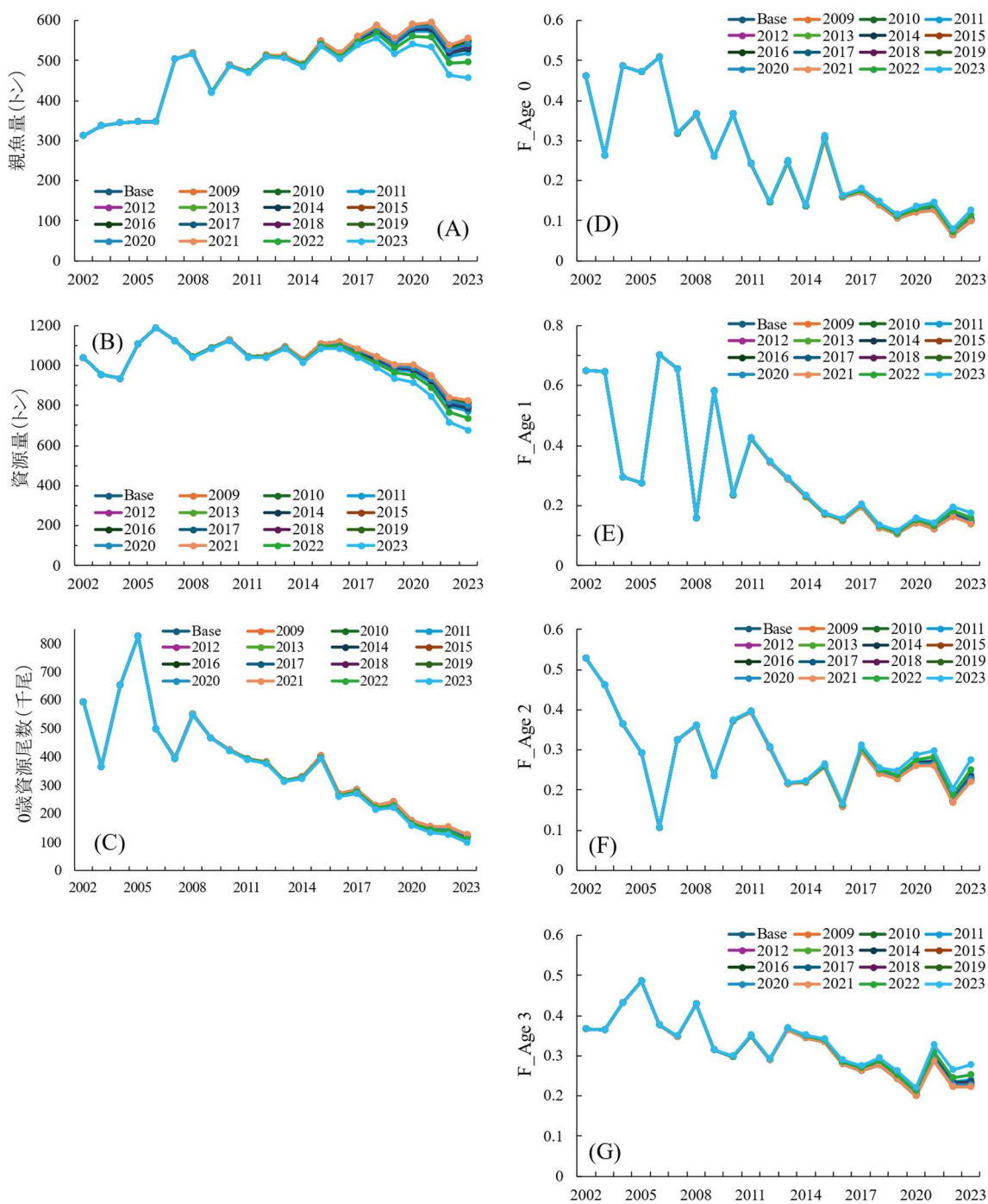


補足図 4-4. 3 海域の 1 歳資源量指標値を各海域の 1 歳漁獲尾数で加重平均した、3 海域統合 1 歳資源量指標値

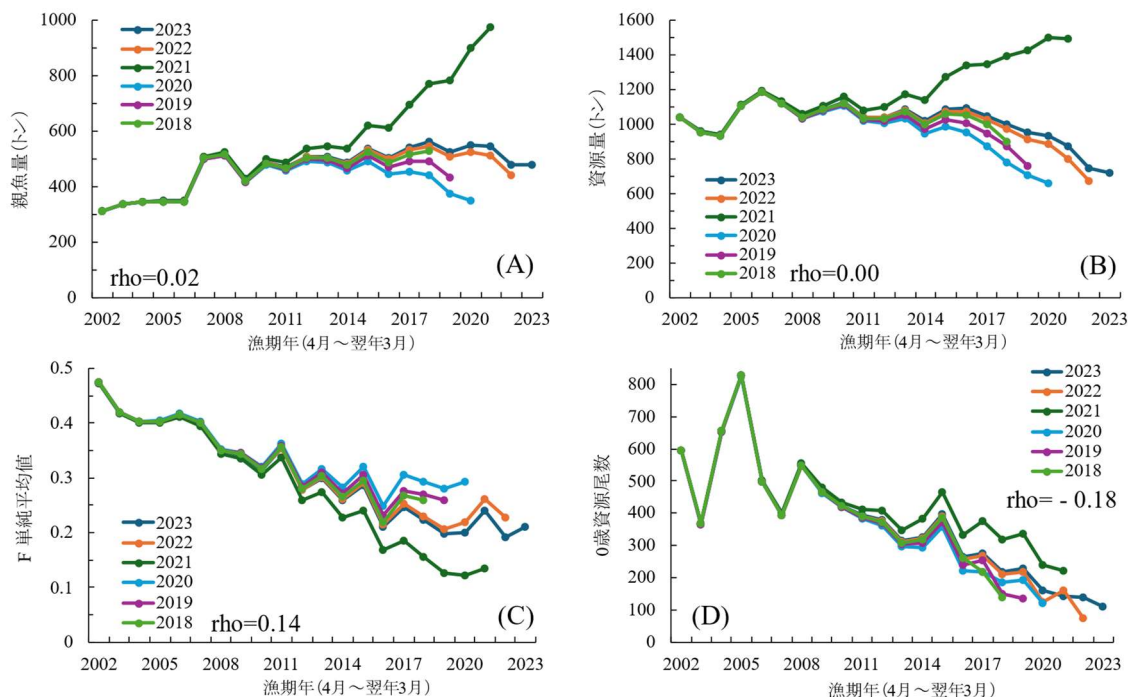


補足図 4-5. 1 歳魚資源量指標値のモデル診断

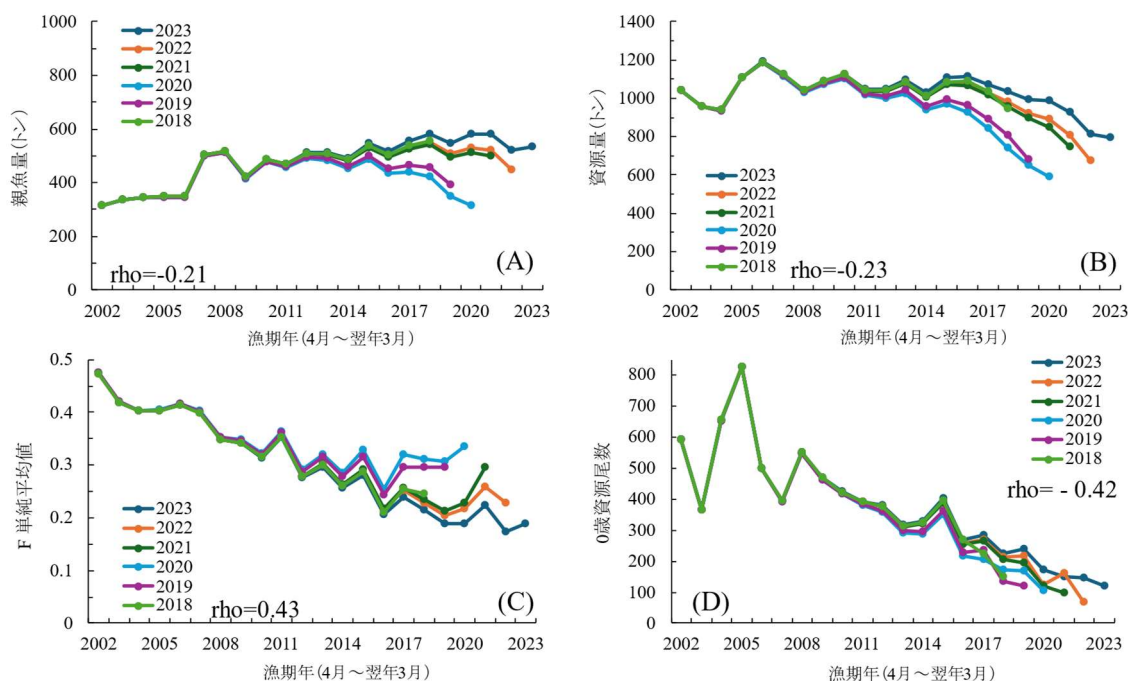
(A) 残差プロット、(B) 指標値 (○) と予測値 (実線)、(C) 1 歳資源尾数との相関。
残差プロットのダークグレーは 80%信頼区間、ライトグレーは 95%信頼区間を示す。



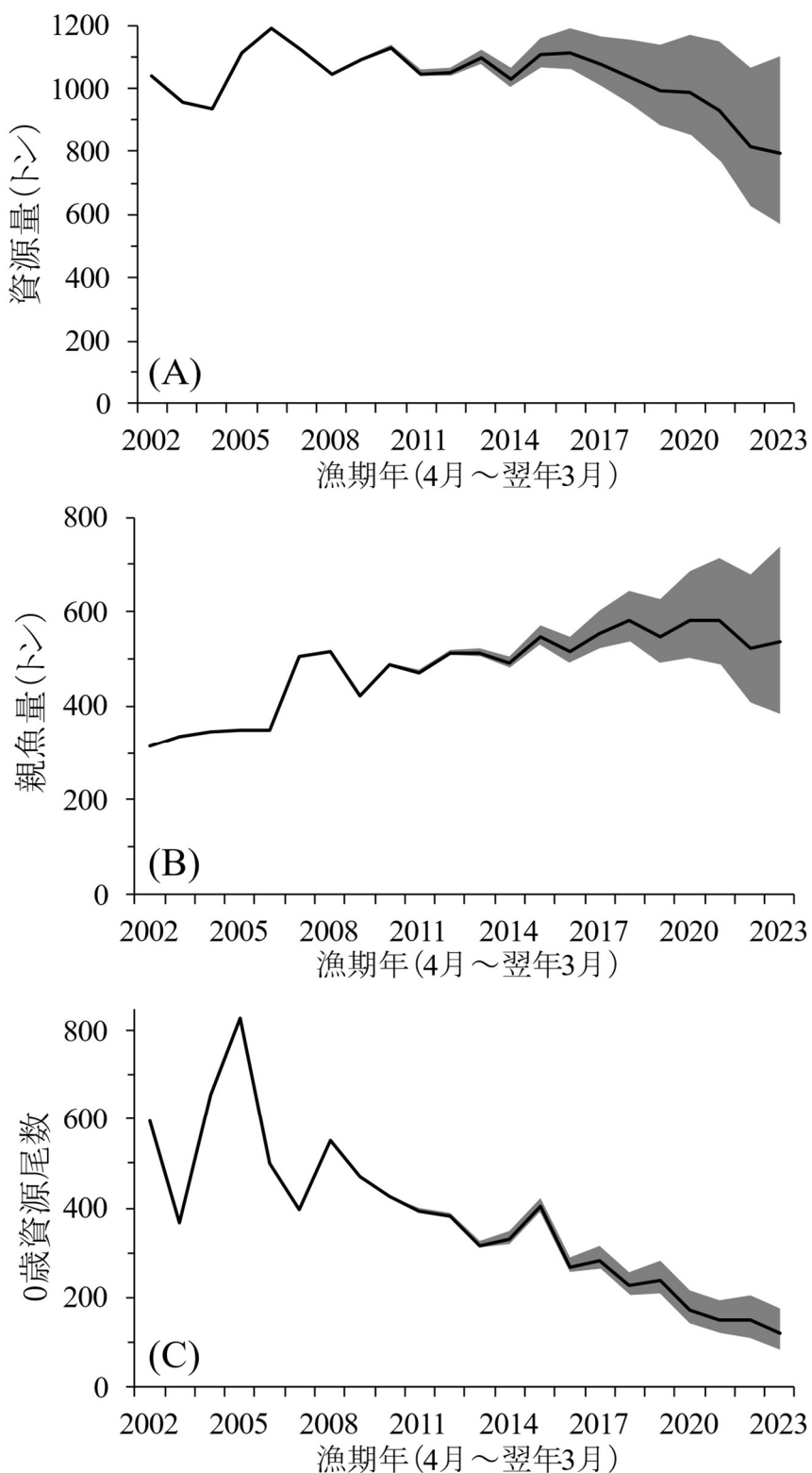
補足図 4-6. チューニング VPA 結果におけるジャックナイフ法によるチューニング指標値の影響解析結果 Base は各年の指標値を全て使用した場合。各漁期年の値は、それぞれの指標値を除外した場合。(A) : 親魚量 (単位 : トン)、(B) : 資源量 (単位 : トン)、(C) : 0 歳資源尾数 (単位 : 千尾)、(D) : 0 歳 F、(E) : 1 歳 F、(F) : 2 歳 F、(G) : 3 歳以上 F。



補足図 4-7. 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 (A) 親魚量 (単位: トン)、(B) 資源量 (単位: トン)、(C) F 単純平均値、(D) 0 歳資源尾数 (単位: 千尾)。



補足図 4-8. 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 (A) 親魚量 (単位: トン)、(B) 資源量 (単位: トン)、(C) F 単純平均値、(D) 0 歳資源尾数 (単位: 千尾)。



補足図 4-9. チューニング VPA より得られた (A) 資源量 (単位: トン)、(B) 親魚量 (単位: トン)、(C) 0歳資源尾数 (単位: 千尾) に対す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 (2024年3月末現在)

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	—	○	○	○	○
	関門海峡	—	—	△	△	△
	有明海	△	—	○	○	○
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	2013年～有漁漁獲の取扱データはある。				
	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。—：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 (%)

0才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	単純平均
総獲以東	8	8	8	8	8	8	18	8	25	8	14	6	18	2	18	18	23	31	17	10	19	2	13
豊予以北	24	24	24	24	24	24	30	13	30	25	23	21	14	20	32	28	23	32	30	11	26	9	23
豊予以南	2	2	2	2	2	2	3	4	2	11	2	11	0	0	2	1	0	2	1	1	7	8	3
日本海北部	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	6	7	11	1	2	1	5	7	1	0	0	0	2
日本海中西部・東シナ海	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
関門海峡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
有明海	65	65	65	65	65	65	47	71	38	53	55	54	56	75	46	54	50	28	52	77	48	81	58
1才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	単純平均
総獲以東	13	13	13	13	13	13	14	6	7	17	3	5	2	4	3	2	4	7	7	3	7	9	8
豊予以北	41	41	41	41	41	41	39	38	26	33	33	37	43	14	15	30	23	26	36	15	23	13	31
豊予以南	11	11	11	11	11	11	15	25	20	22	16	23	28	11	13	24	28	32	28	25	14	18	19
日本海北部	1	1	1	1	1	1	5	2	3	13	8	3	1	3	2	1	3	4	1	3	2	1	3
日本海中西部・東シナ海	33	33	33	33	33	33	27	30	44	16	41	32	28	69	67	43	42	31	28	55	54	59	39
関門海峡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
有明海	86	86	86	86	86	86	81	92	91	71	90	92	97	93	95	97	93	88	92	94	91	90	89
豊予南北十外海	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	単純平均
総獲以東	14	14	14	14	14	14	14	19	18	4	7	4	9	5	8	3	4	1	7	3	5	9	9
豊予以北	12	12	12	12	12	12	17	15	11	3	12	4	3	11	14	5	6	7	5	8	6	11	10
豊予以南	4	4	4	4	4	4	3	5	10	2	6	6	6	10	19	8	10	14	14	11	13	14	8
日本海北部	3	3	3	3	3	3	7	4	2	1	7	2	3	6	3	1	2	3	1	1	1	1	3
日本海中西部・東シナ海	59	59	59	59	59	59	52	53	54	88	65	74	73	64	47	69	70	66	67	73	70	57	64
関門海峡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	3	6	1	2	1	1	2
有明海	75	75	75	75	75	75	72	73	75	93	84	84	82	85	80	82	86	87	87	93	89	82	81
豊予南北十外海	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3才	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	単純平均
総獲以東	20	20	20	20	20	20	16	11	4	8	2	8	4	2	2	5	3	5	2	7	8	2	10
豊予以北	10	10	10	10	10	10	5	5	6	7	5	4	10	4	7	5	3	4	5	6	4	3	6
豊予以南	10	10	10	10	10	10	4	6	11	4	17	5	7	5	8	5	5	7	8	8	10	8	8
日本海北部	4	4	4	4	4	4	6	7	3	3	3	6	3	2	5	3	2	3	3	2	1	0	3
日本海中西部・東シナ海	45	45	45	45	45	45	53	50	63	57	54	64	59	67	66	66	58	60	64	73	60	78	57
関門海峡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	5	2	2	1	9	4	1	2	3
有明海	12	12	12	12	12	12	17	21	14	21	18	13	15	15	9	14	27	11	13	4	15	6	14
豊予南北十外海	64	64	64	64	64	64	62	61	79	68	77	73	76	76	82	76	66	72	78	86	73	89	72
4才以上	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	単純平均
総獲以東	17	17	17	17	17	17	17	55	36	18	33	17	29	16	12	15	13	8	6	9	6	7	18
豊予以北	5	5	5	5	5	5	4	3	4	6	6	4	3	5	3	5	4	4	3	3	2	5	4
豊予以南	6	6	6	6	6	6	1	3	3	6	8	2	3	12	4	4	6	3	5	3	8	7	5
日本海北部	14	14	14	14	14	14	7	10	11	8	11	10	18	11	13	14	12	14	10	9	15	11	12
日本海中西部・東シナ海	45	45	45	45	45	45	23	36	49	33	49	49	45	52	50	52	52	50	60	65	48	61	47
関門海峡	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	4	3	2	2	3	3	2
有明海	13	13	13	13	13	13	9	12	15	13	10	6	11	8	11	12	13	20	11	11	15	6	12
豊予南北十外海	55	55	55	55	55	55	29	42	56	46	61	54	53	67	58	60	63	56	68	71	61	72	57

豊予南北十外海は、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。

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	0.031	0.509	0.220	0.164	0.077	6.6	14.8
2006	12.6	20.8	0.030	0.742	0.076	0.113	0.039	9.4	15.4
2007	12.9	21.3	0.008	0.446	0.278	0.173	0.095	5.8	9.5
2008	7.8	12.3	0.072	0.204	0.315	0.267	0.142	1.6	2.5
2009	13.1	23.0	0.004	0.559	0.236	0.094	0.107	7.3	12.9
2010	14.5	28.0	0.001	0.381	0.287	0.199	0.132	5.5	10.6
2011	14.6	26.0	0.000	0.162	0.610	0.134	0.093	2.4	4.2
2012	14.1	23.1	0.003	0.425	0.248	0.179	0.144	6.0	9.8
2013	16.8	30.2	0.001	0.323	0.282	0.171	0.224	5.4	9.7
2014	13.3	24.1	0.002	0.208	0.378	0.235	0.179	2.8	5.0
2015	15.3	25.3	0.018	0.342	0.237	0.219	0.183	5.2	8.7
2016	13.7	21.8	0.004	0.417	0.175	0.205	0.199	5.7	9.1
2017	18.6	26.3	0.000	0.214	0.396	0.216	0.174	4.0	5.6
2018	15.8	23.2	0.000	0.189	0.323	0.235	0.252	3.0	4.4
2019	11.8	19.3	0.000	0.121	0.395	0.193	0.290	1.4	2.3
2020	15.4	28.5	0.000	0.154	0.390	0.186	0.270	2.4	4.4
2021	21.3	32.2	0.000	0.102	0.339	0.203	0.356	2.2	3.3
2022	13.4	18.5	0.000	0.211	0.274	0.233	0.281	2.8	3.9
2023	17.2	29.0	0.000	0.151	0.231	0.241	0.376	2.6	4.4

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(尾/隻・日)		年齢別漁獲量の割合					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	1,175	1.3	2.0
2009	10.8	13.6	0.128	0.601	0.207	0.031	0.033	1,055	6.1	7.8
2010	7.3	10.9	0.364	0.495	0.094	0.015	0.032	1,063	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	1,062	2.7	3.5
2013	9.7	10.6	0.283	0.528	0.072	0.025	0.093	1,027	5.0	5.4
2014	12.7	14.3	0.162	0.443	0.250	0.077	0.068	1,138	4.9	5.6
2015	14.5	18.3	0.378	0.336	0.180	0.058	0.049	1,062	4.6	5.8
2016	11.2	13.3	0.468	0.166	0.157	0.087	0.122	1,089	1.7	2.0
2017	10.1	12.0	0.203	0.390	0.222	0.069	0.117	1,107	3.6	4.2
2018	10.1	12.2	0.228	0.260	0.212	0.111	0.189	1,058	2.5	3.0
2019	10.7	13.5	0.207	0.320	0.338	0.055	0.080	1,158	3.0	3.7
2020	12.6	14.2	0.114	0.540	0.182	0.061	0.102	1,233	5.5	6.2
2021	9.2	11.7	0.124	0.376	0.092	0.188	0.220	1,270	2.7	3.5
2022	9.5	11.8	0.152	0.234	0.272	0.140	0.202	1,240	1.8	2.2
2023	10.7	11.6	0.134	0.253	0.412	0.041	0.160	1,164	2.3	2.5

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(尾/隻・日)		年齢別漁獲量の割合					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	1,252	0.8	1.1
2008	2.3	2.3	0.176	0.322	0.094	0.244	0.164	1,239	0.6	0.6
2009	2.3	2.7	0.050	0.788	0.086	0.011	0.065	1,180	1.6	1.8
2010	2.4	2.5	0.037	0.528	0.185	0.177	0.073	1,197	1.0	1.1
2011	2.3	2.5	0.190	0.531	0.096	0.099	0.083	1,050	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	1,023	1.4	1.4
2014	3.0	3.2	0.000	0.602	0.098	0.179	0.121	1,242	1.4	1.6
2015	2.8	3.0	0.003	0.177	0.194	0.104	0.522	1,159	0.4	0.5
2016	2.7	2.7	0.040	0.260	0.432	0.134	0.134	1,156	0.6	0.6
2017	2.8	3.0	0.048	0.516	0.158	0.081	0.197	1,176	1.2	1.3
2018	2.9	3.1	0.001	0.425	0.209	0.114	0.251	1,192	1.0	1.1
2019	2.7	2.8	0.020	0.459	0.207	0.179	0.134	1,312	0.9	1.0
2020	3.3	3.6	0.006	0.528	0.132	0.121	0.212	1,292	1.4	1.5
2021	3.4	3.8	0.011	0.194	0.360	0.207	0.228	1,201	0.6	0.6
2022	2.9	3.0	0.000	0.062	0.323	0.204	0.411	1,219	0.1	0.2
2023	3.5	3.8	0.000	0.227	0.204	0.255	0.314	1,240	0.6	0.7

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	14.8	—	—	40,917	—	—	40,917	14.8
2006	15.4	—	—	67,219	—	—	67,219	15.4
2007	9.5	12.3	1.1	34,465	33,873	10,162	78,500	9.6
2008	2.5	2.0	0.6	8,140	7,766	4,081	19,986	1.9
2009	12.9	7.8	1.8	36,927	33,745	26,721	97,393	8.1
2010	10.6	5.1	1.1	24,682	12,582	10,447	47,711	7.1
2011	4.2	7.3	1.3	11,937	21,054	14,535	47,527	4.7
2012	9.8	3.5	1.0	26,785	12,944	8,030	47,758	6.6
2013	9.7	5.4	1.4	19,397	15,983	12,102	47,482	6.2
2014	5.0	5.6	1.6	10,515	13,074	8,631	32,220	4.3
2015	8.7	5.8	0.5	23,015	4,382	3,404	30,800	7.4
2016	9.1	2.0	0.6	20,585	4,219	3,417	28,221	7.0
2017	5.6	4.2	1.3	13,098	6,071	6,196	25,366	4.2
2018	4.4	3.0	1.1	8,899	3,671	4,832	17,403	3.2
2019	2.3	3.7	1.0	4,360	2,955	4,052	11,366	2.2
2020	4.4	6.2	1.5	5,975	3,329	6,035	15,340	3.6
2021	3.3	3.5	0.6	5,128	1,640	3,162	9,931	2.5
2022	3.9	2.2	0.2	6,309	2,285	1,508	10,102	3.0
2023	4.4	2.5	0.7	4,744	1,232	2,153	8,128	3.1

※加重平均が 3 海域統合 1 歳資源量指標値になる。

補足表 4-7. チューニングなしの場合のコホート解析結果

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	199,714	76,885	229,152	282,695	181,279	98,191	153,491	97,721	118,441	76,972	47,159
1歳	130,866	130,766	53,111	71,455	191,228	106,102	31,169	123,598	55,961	74,586	66,147
2歳	54,830	41,038	34,256	30,498	17,746	40,485	26,935	29,325	37,760	53,200	28,967
3歳	13,957	18,720	19,128	23,267	21,846	35,803	28,576	13,010	22,174	19,189	21,513
4歳以上	19,604	18,048	22,896	23,337	18,206	20,003	36,370	25,530	20,940	28,497	22,443
計	418,971	285,457	358,543	431,252	430,304	300,584	276,542	289,185	255,276	252,443	186,229

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	62,867	38,171	96,205	35,870	40,823	27,067	22,205	18,266	16,731	8,647	10,752
1歳	60,741	37,525	33,532	30,600	30,089	21,205	14,779	21,327	13,325	15,128	13,734
2歳	24,252	27,788	25,573	20,565	37,751	23,243	24,737	23,542	24,821	12,386	13,089
3歳	19,274	22,897	24,973	16,488	21,299	20,453	14,243	13,588	15,314	12,883	10,369
4歳以上	31,112	25,980	26,194	24,523	22,846	27,784	25,314	20,363	29,886	21,098	21,158
計	198,245	152,361	206,478	128,047	152,808	119,752	101,279	97,086	100,077	70,141	69,102

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	0.46	0.26	0.49	0.47	0.51	0.32	0.37	0.26	0.37	0.24	0.15
1歳	0.65	0.65	0.30	0.28	0.70	0.66	0.16	0.58	0.24	0.43	0.35
2歳	0.53	0.46	0.37	0.29	0.11	0.33	0.36	0.24	0.37	0.40	0.31
3歳	0.37	0.36	0.43	0.49	0.38	0.35	0.43	0.31	0.30	0.35	0.29
4歳以上	0.37	0.36	0.43	0.49	0.38	0.35	0.43	0.31	0.30	0.35	0.29
単純平均	0.47	0.42	0.40	0.40	0.41	0.40	0.35	0.34	0.32	0.35	0.28

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0.25	0.14	0.31	0.16	0.18	0.15	0.11	0.13	0.14	0.07	0.11
1歳	0.29	0.23	0.18	0.16	0.20	0.13	0.11	0.16	0.14	0.18	0.16
2歳	0.22	0.22	0.26	0.16	0.31	0.25	0.24	0.28	0.29	0.19	0.26
3歳	0.37	0.35	0.34	0.29	0.27	0.29	0.26	0.22	0.32	0.25	0.26
4歳以上	0.37	0.35	0.34	0.29	0.27	0.29	0.26	0.22	0.32	0.25	0.26
単純平均	0.30	0.26	0.29	0.21	0.25	0.22	0.20	0.20	0.24	0.19	0.21

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	594,285	367,146	654,847	827,634	499,926	395,438	550,159	468,512	423,686	392,255	378,760
1歳	309,871	310,839	234,370	334,242	428,736	249,397	238,425	316,343	299,435	243,406	255,107
2歳	151,452	125,840	126,681	135,657	197,249	165,141	100,596	158,179	137,293	183,815	123,743
3歳	51,629	69,563	61,788	68,428	78,735	137,957	92,884	54,574	97,311	73,600	96,206
4歳以上	72,516	67,067	73,960	68,635	65,617	77,076	118,220	107,093	91,894	109,306	100,365
計	1,179,754	940,454	1,151,645	1,434,595	1,270,262	1,025,009	1,100,284	1,104,701	1,049,618	1,002,381	954,181

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	314,239	325,863	396,750	262,814	275,132	218,156	226,798	161,355	141,019	136,915	108,924
1歳	271,065	203,272	235,395	241,322	185,221	190,923	156,213	167,804	117,137	101,675	105,634
2歳	140,303	157,502	125,193	153,733	160,937	117,697	129,978	108,616	111,865	79,467	65,835
3歳	70,808	87,866	98,140	74,932	101,579	92,023	71,150	79,396	63,814	65,216	50,959
4歳以上	114,299	99,696	102,939	111,445	108,958	125,009	126,455	118,986	124,539	106,801	103,978
計	910,712	874,198	958,416	844,247	831,827	743,807	710,594	636,158	558,374	490,074	435,329

補足表 4-7. (続き)

年齢別資源量 (トン)

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	173	110	160	181	100	100	129	88	91	86	87
1歳	324	320	219	366	438	257	245	339	330	230	246
2歳	230	191	213	215	303	262	151	241	218	257	200
3歳	101	141	131	145	158	272	186	109	208	149	202
4歳以上	212	195	214	202	189	231	330	311	279	321	307
計	1,040	957	937	1,110	1,188	1,123	1,042	1,087	1,126	1,042	1,042

年齢別資源量 (トン)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	76	68	70	58	51	43	55	33	23	34	24
1歳	264	213	279	286	197	204	167	176	119	102	103
2歳	239	251	202	244	258	192	204	176	182	132	112
3歳	150	181	208	159	211	191	148	166	137	135	113
4歳以上	358	305	331	346	331	372	377	385	409	345	366
計	1,086	1,018	1,090	1,093	1,048	1,002	952	936	870	747	717

年齢別親魚量 (トン)

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	101	141	131	145	158	272	186	109	208	149	202
4歳以上	212	195	214	202	189	231	330	311	279	321	307
計	313	336	345	347	347	503	516	420	487	469	509

年齢別親魚量 (トン)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2歳	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3歳	150	181	208	159	211	191	148	166	137	135	113
4歳以上	358	305	331	346	331	372	377	385	409	345	366
計	508	486	539	506	542	563	525	551	546	479	479

年齢別平均体重 (g)

漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
0歳	291	299	245	219	200	254	234	187	215	219	229
1歳	1,045	1,030	936	1,094	1,023	1,032	1,029	1,070	1,103	945	965
2歳	1,518	1,515	1,679	1,588	1,534	1,585	1,500	1,522	1,587	1,397	1,613
3歳	1,956	2,024	2,117	2,125	2,011	1,971	2,004	2,006	2,136	2,023	2,102
4歳以上	2,925	2,911	2,890	2,941	2,883	3,003	2,794	2,901	3,032	2,933	3,060

年齢別平均体重 (g)

漁期年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
0歳	243	208	176	221	185	198	245	202	164	249	216
1歳	972	1,049	1,183	1,184	1,062	1,068	1,070	1,047	1,020	1,001	972
2歳	1,701	1,593	1,615	1,585	1,601	1,633	1,568	1,624	1,626	1,659	1,699
3歳	2,119	2,063	2,122	2,125	2,081	2,077	2,087	2,095	2,144	2,065	2,215
4歳以上	3,130	3,058	3,216	3,109	3,039	2,975	2,979	3,233	3,285	3,227	3,522

補足資料5 全長階級別雌雄割合

全長 (mm)	4~7月		8~11月		12月~翌年3月	
	雄	雌	雄	雌	雄	雌
100	-	-	0.38	0.63	-	-
110	-	-	0.48	0.52	-	-
120	-	-	0.51	0.49	-	-
130	-	-	0.48	0.52	-	-
140	-	-	0.44	0.56	-	-
150	-	-	0.42	0.58	-	-
160	-	-	0.48	0.52	-	-
170	-	-	0.48	0.52	0.00	1.00
180	-	-	0.44	0.56	0.25	0.75
190	1.00	0.00	0.45	0.55	0.62	0.38
200	0.00	1.00	0.55	0.45	0.58	0.43
210	0.50	0.50	0.52	0.48	0.52	0.48
220	0.33	0.67	0.47	0.53	0.56	0.44
230	0.50	0.50	0.49	0.51	0.52	0.48
240	0.33	0.67	0.50	0.50	0.52	0.48
250	0.71	0.29	0.40	0.60	0.51	0.49
260	0.50	0.50	0.49	0.51	0.54	0.46
270	0.38	0.62	0.41	0.59	0.50	0.50
280	0.63	0.38	0.50	0.50	0.45	0.55
290	1.00	0.00	0.50	0.50	0.35	0.65
300	0.33	0.67	1.00	0.00	0.52	0.48
310	0.88	0.13	0.50	0.50	0.31	0.69
320	0.75	0.25	0.80	0.20	0.55	0.45
330	0.61	0.39	1.00	0.00	0.17	0.83
340	0.56	0.44	0.60	0.40	0.50	0.50
350	0.63	0.37	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	0.56	0.44
380	0.72	0.28	0.58	0.42	0.54	0.46
390	0.84	0.16	0.33	0.67	0.57	0.43
400	0.84	0.16	0.42	0.58	0.55	0.45
410	0.83	0.17	0.52	0.48	0.56	0.44
420	0.82	0.18	0.59	0.41	0.52	0.48
430	0.80	0.20	0.73	0.27	0.57	0.43
440	0.76	0.24	0.63	0.38	0.48	0.52
450	0.71	0.29	0.30	0.70	0.42	0.58

※一の階級は、各期の全体の雌雄比を用いる。

補足資料5 (続き)

全長 (mm)	4~7月		8~11月		12月~翌年3月	
	雄	雌	雄	雌	雄	雌
460	0.65	0.35	0.38	0.63	0.49	0.51
470	0.60	0.40	0.78	0.22	0.44	0.56
480	0.50	0.50	0.13	0.88	0.42	0.58
490	0.48	0.52	0.57	0.43	0.35	0.65
500	0.47	0.53	0.25	0.75	0.29	0.71
510	0.41	0.59	0.33	0.67	0.33	0.67
520	0.44	0.56	0.14	0.86	0.26	0.74
530	0.42	0.58	0.00	1.00	0.30	0.70
540	0.39	0.61	0.25	0.75	0.32	0.68
550	0.36	0.64	0.67	0.33	0.23	0.77
560	0.35	0.65	0.25	0.75	0.24	0.76
570	0.29	0.71	0.67	0.33	0.14	0.86
580	0.21	0.79	1.00	0.00	0.23	0.77
590	0.22	0.78	0.00	1.00	0.25	0.75
600	0.16	0.84	0.00	1.00	0.17	0.83
610	0.14	0.86	1.00	0.00	0.17	0.83
620	0.09	0.91	-	-	0.14	0.86
630	0.08	0.92	0.33	0.67	0.40	0.60
640	0.12	0.88	0.00	1.00	0.00	1.00
650	0.10	0.90	1.00	0.00	0.00	1.00
660	0.05	0.95	-	-	0.00	1.00
670	0.04	0.96	-	-	0.25	0.75
680	0.02	0.98	1.00	0.00	0.50	0.50
690	0.06	0.94	-	-	0.00	1.00
700	0.08	0.92	0.00	1.00	1.00	0.00
710	0.15	0.85	-	-	0.50	0.50
720	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00
730	0.00	1.00	-	-	-	-
740	-	-	-	-	0.00	1.00
750	-	-	-	-	-	-
760	-	-	-	-	-	-
770	-	-	-	-	-	-
780	-	-	-	-	-	-
790	-	-	-	-	-	-
800	-	-	-	-	-	-
測定数	7516	6469	1736	1904	2621	2944
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。

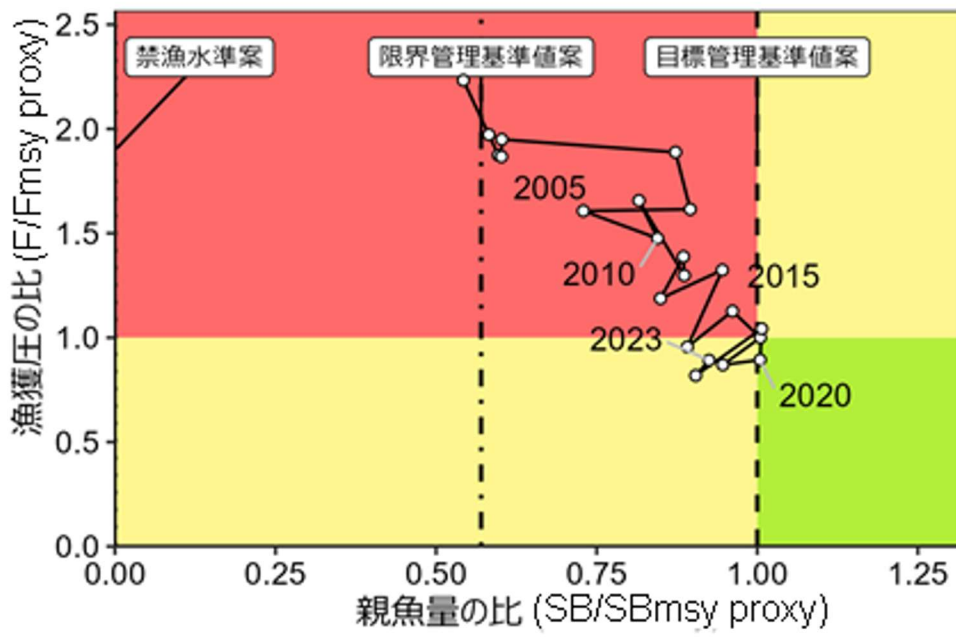
補足資料 6 管理基準値案と禁漁水準案等

令和 4 年 12 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」により、目標管理基準値 (SBtarget) には MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy : 577 トン)、限界管理基準値 (SBlimit) には過去最低親魚量 (SBmin : 329 トン)、禁漁水準 (SBban) には親魚量 0 トンを用いることが提案されている (平井ほか 2022、補足表 6-1)。

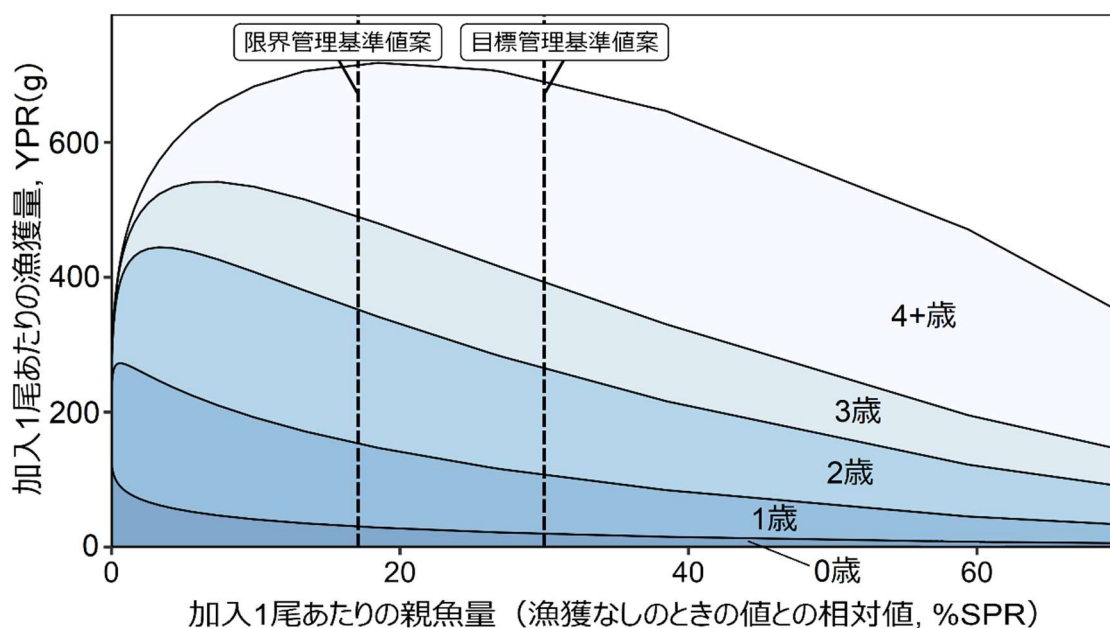
目標管理基準値案と MSY を実現する漁獲圧の代替値 (Fmsy proxy、補足表 6-2) を基準にした神戸プロットを補足図 6-1 に示す。2023 年漁期の親魚量 (SB2023 : 534 トン) は目標管理基準値案を下回るが、限界管理基準値案および禁漁水準案は上回る。本系群の親魚量は 2017 年漁期以前は親魚量は SBmsy proxy より低かったが、2018 年漁期、2020 年漁期、2021 年漁期に親魚量は SBmsy proxy よりも多くなった。一方、2022 年漁期、2023 年漁期と直近 2 年間は SBmsy proxy よりも低く減少に転じている。漁獲圧は 2016 年漁期、2019 年漁期、2020 年漁期、2022 年漁期、2023 年漁期では、現状の F は Fmsy proxy よりも低い。平衡状態における加入 1 尾あたりの親魚量 (SPR) の、漁獲がない場合に対する相対値 (%SPR) と加入 1 尾あたりの漁獲量 (YPR) の関係を補足図 6-2 に示す。平均親魚量が限界管理基準値以下では若齢魚の漁獲割合が増加する。しかし、親魚量が増加するにつれて高年齢魚の比率が高くなる傾向がみられる。

引用文献

平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘 (2022) 令和 4 年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2022-BRP18-01, 水産研究・教育機構, 91 pp. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20221027/FRA-SA2022-BRP18-01.pdf



補足図 6-1. 管理基準値案と親魚量・漁獲圧との関係 (神戸プロット)



補足図 6-2. 平衡状態における加入 1 尾あたりの親魚量の漁獲がない場合に対する相対値 (%SPR) と加入 1 尾あたりの漁獲量 (YPR) の年齢別の関係 目標管理基準値案は F30%SPR であり、限界管理基準値案は SBmin (329 トン) の位置を示す。禁漁水準値案は 0 トンである。なお、漁業がなかった場合を仮定した初期親魚量 (SB0) は 1,923 トンである。

補足表 6-1. 管理基準値案と MSY の代替値

項目	値	説明
SBtarget 案	577 トン	目標管理基準値案。最大持続生産量 MSY を実現する親魚量の代替値 (SBmsy proxy)。
SBlimit 案	329 トン	限界管理基準値案。過去最低親魚量 (SBmin)。
SBban 案	0 トン	禁漁水準案
Fmsy proxy	最大持続生産量 MSY を実現する漁獲圧の代替値 (漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) =(0.14, 0.14, 0.25, 0.26, 0.26)	
%SPR (Fmsy proxy)	30%	Fmsy proxy に対応する %SPR
MSY proxy	191 トン	最大持続生産量 MSY の代替値

補足表 6-2. 最大持続生産量の代替値 MSY proxy を実現する水準の推定に用いたパラメータ値

	選択率 (注 1)	Fmsy proxy (注 2)	現状の漁獲圧 (F2018-2020) (注 3)	平均体重 (g) (注 4)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.53	0.140	0.154	166	0.19	0
1 歳	0.54	0.143	0.158	1,021	0.25	0
2 歳	0.95	0.250	0.276	1,659	0.25	0
3 歳	1.00	0.264	0.291	2,126	0.25	1
4 歳以上	1.00	0.264	0.291	3,348	0.25	1

注 1: 令和 4 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率。選択率は 3 歳 F2018-2020 に対する比を示す。

注 2: 令和 4 年度研究機関会議で推定された Fmsy の代替値。

注 3: 令和 4 年度の資源評価で推定された 2018~2020 年漁期の平均値を直近年 F 平均として算出した。

注 4: 平均体重は 2021 年漁期の値。

補足資料 7 漁獲管理規則案に対応した将来予測

(1) 将来予測の方法

将来予測は、「令和 6(2024)年度 漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針 (FRA-SA2024-ABCWG02-01. 水産研究・教育機構 2024a)」の 1B 系資源の管理規則に従い、令和 4 年 12 月に開催された「管理基準値等に関する研究機関会議」において最大持続生産量 MSY を実現する F の代替値 (Fmsy proxy) の推定に用いた将来の加入の仮定 (平井ほか 2023) と、補足表 7-1 に示した各種設定 (自然死亡係数、成熟率、年齢別平均体重、現状の漁獲圧) を使用して実施した。将来予測には加入量の不確実性を考慮し、近年の低加入シナリオ (近年の低加入が 3 年間継続した後、徐々に加入が好転する仮定) のもとでの加入をバックワード・リサンプリングによって想定し、この仮定のもとで将来予測を行った。昨年度時点から評価結果は更新されていることを考慮し、低加入シナリオでの将来の加入量は、本年度評価において天然由来加入尾数として推定された 2002 年漁期～2022 年漁期の加入量に対数正規分布を仮定した場合の平均加入量を予測値として、過去の観測値の残差をランダムにリサンプリングして与えた (補足表 8-1)。リサンプリングするデータは 3 年単位に区切り、低加入を仮定した 3 年ブロックのバックワード・リサンプリング (3 年を 1 ブロックとし、将来 3 年までは直近年を除く過去 3 年の残差からリサンプリング、将来 4～6 年は過去 3 年もしくは 4～6 年の残差をリサンプリングというように 3 年ごとに過去に遡った残差を選択する方法) を実施した。無作為抽出した誤差を与える計算を 10,000 回行い、平均値と 90% 予測区間を求めることにより不確実性の程度を示した。2024 年漁期の漁獲量は、予測される資源量と現状の漁獲圧 (F2020-2022) から 2023 年漁期までの年齢別資源尾数を用いて前進計算により推定した。現状の漁獲圧は今年度評価における 2020～2022 年の年齢別漁獲圧の平均値を用い (F2020-2022)、漁獲管理規則 (HCR) に基づく 2025 年漁期以降の漁獲圧には、各漁期年に予測される親魚量をもとに下記の漁獲管理規則案で定められる漁獲圧を用いた。

加入シナリオの詳細は以下の通りである：

- ・将来予測の 1～3 年目 (2024～2026 年漁期) は過去 3 年分 (2020～2022 年漁期) の残差から重複を許してリサンプリングした。

- ・将来予測の 4～6 年目 (2027～2029 年漁期) は過去 3 年分 (2020～2022 年漁期) もしくは過去 4～6 年分 (2017～2019 年漁期) の残差のいずれかをランダムに選び、選んだ方の 3 年分の残差から重複を許してリサンプリングした。

- ・将来予測の 7 年目 (2030 年漁期) 以降はこの手順で 3 年区切りの残差をリサンプリングする範囲を追加した。この手順により、短期的には直近の低加入トレンドを反映するような加入を想定し、中長期的にはそれ以前の過去の条件を反映するような加入を想定した。

補足図 7-1 では、3 年ずつに区切ったリサンプリング単位を色分けした枠線で示した。このようなリサンプリングのやり方により、短期的には直近の低加入トレンドを反映するような加入を想定し、中長期的にはそれ以前の過去の条件を反映するような加入を想定した (補足表 7-1)。なお、バックワード・リサンプリングによる残差の平均値は年数が経過するにつれて 0 に近づく (補足図 7-1)。加入尾数と資源尾数や漁獲量の予測計算には、「再

生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート（FRA-SA2024-ABCWG02-04. 水産研究・教育機構 2023b）」に基づき、統計ソフトウェア R (version 4.4.0) および計算パッケージ frasyr (コミット番号 91624e3) を用いた。

将来予測における 1～3 歳魚の資源尾数は以下の式で求めた。

($N_{a,y}$: y 年の a 歳の資源尾数、M : 自然死亡係数、F : 漁獲係数)

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} \exp(-M_{a-1} - F_{a-1,y-1}) \quad (a = 1, 2, 3)$$

4 歳魚以上のプラスグループの資源尾数は以下の式で求めた。

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

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

$$F_{a,y} = \begin{cases} 0 & \text{if } SB_t = SB_{ban} \\ \beta \gamma(SB_t) F_{msy proxy} & \text{if } SB_{ban} < SB_t < SB_{limit} \\ \beta F_{msy proxy} & \text{if } SB_t \geq SB_{limit} \end{cases}$$

$$\gamma(SB_y) = \frac{SB_y}{SB_{limit}}$$

ここで、 SB_y は y 年の親魚量、 F_{msy} および SB_{target} 、 SB_{limit} 、 SB_{ban} はそれぞれ補足表 6-1 に案として示した親魚量の基準値である。

また、将来の y 年漁期の各年齢 a の漁獲尾数 ($C_{a,y}$: y 年の a 歳の漁獲尾数) は以下の式で求めた。

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

将来予測における資源量および漁獲量は、ここで求めた資源尾数または漁獲尾数に補足表 7-1 の平均体重を乗じて求め、親魚量は 3 歳以上の資源量とした。

(2) 種苗放流の考慮も含めた加入シナリオの設定

本系群は栽培対象種であり種苗放流が継続的に行われており（表 4-2）、令和 4 年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料（平井ほか 2022）においても、天然のみの加入、放流を考慮した加入の検討が行われている。本年度評価では、1 年更新された放流情報に基づき（補足表 7-1）、以下の加入シナリオの元での将来予測を行った。

なお、令和 4 年度評価時では、天然のみの加入を仮定した場合、直近年の種苗放流も仮定しなかったが、実際には令和 4 年度は種苗放流が実施され、令和 5 年度も種苗放流計画が策定され、種苗放流が実施された。この点を踏まえ、令和 5 年度評価では、直近年の種苗放流を仮定しなかった場合（以下、仮定 1）、仮定した場合（以下、仮定 2）について検討し、（仮定 1）では、実際に種苗放流が行われている資源状態と比べて加入を過小評価することが示され、（仮定 1）の検討は令和 5 年度評価限りとした。このことから、本年度評価では、天然のみの加入、放流込みの加入、それぞれの推定について、令和 5 年度評価で実施した（仮定 2）から（仮定 5）の 4 つのシナリオに加え、最直近年の放流数、添加効率のみを想定したシナリオ（以下、仮定 6、本年度評価の場合は 2023 年漁期）の計 5 つの仮定を想定し、将来予測を行った。

<天然のみの加入>

（仮定 1 について本年度評価以降は掲載しない。（仮定 1）の詳細は令和 5 年度評価を参照）

（仮定 2）2024 年漁期の種苗放流を 2016～2020 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定。

（放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ）

（仮定 3）2024 年漁期の種苗放流を 2018～2022 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定。

（放流尾数、添加効率の参照年を令和 4 年度研究機関会議時点から 2 年スライドし、直近期間とした）

<放流を考慮した加入>

（仮定 4）2024 年漁期の種苗放流を 2016～2020 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定。

2025 年漁期以降についても、同様の放流加入を毎年仮定。

（放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ）

（仮定 5）2024 年漁期の種苗放流を 2018～2022 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定。

2025 年漁期以降についても、同様の放流加入を毎年仮定。

（放流尾数、添加効率の参照年を令和 4 年度研究機関会議時点から 2 年スライドし、直近期間とした）

（仮定 6）2024 年漁期の種苗放流を 2023 年漁期の放流数、添加効率から仮定。2025 年漁期以降についても、同様の放流加入を毎年仮定。

なお、資源評価結果の更新に伴い、各参照年の更新された資源尾数から、添加効率についても更新し、それによって算出された放流資源尾数を放流加入として加算した。（仮定 2）の最直近年（本年度の場合、2024 年漁期）は過去の放流尾数、添加効率から放流加入尾数を考慮することとし、研究機関会議案と同じ、2016 年～2020 年漁期の平均放流尾数（171.3

万尾)、平均添加効率 (0.037 : 本年度 VPA 結果に基づく放流資源尾数に対する値) から算出した 6.3 万尾を放流加入として加算し、これをベースケースとする。仮定 3 では、放流参照年を 2 年スライドした直近期間にあたる 2018 年～2022 年漁期とした場合であり、同期間の平均放流尾数 (156.4 万尾)、平均添加効率 (0.040) から算出した 6.2 万尾を 2024 年漁期の放流加入として加算したケースである。なお、放流の継続を仮定した場合 (仮定 4、5)、2024 年漁期以降も放流加入尾数は加算した予測が行われる。

加入尾数の推移を補足図 7-2 に示す。将来予測を開始する 2024 年漁期以降の加入尾数は最初のバックワード 3 年間は 8.9 万尾 (仮定 2 : ベースケース) であった。これらの値は昨年度の予測よりも 2.2 万尾少ない。これは 2022 年漁期の総加入尾数が本年度評価における 1 歳魚資源量指標値を用いたチューニング VPA によって、令和 5 年度評価時の 8 万尾から 14.8 万尾に 0 歳資源尾数が上方修正されたが、2022 年漁期の放流魚混入率は 55% と高く、0 歳天然加入尾数が 6.6 万尾と過去最少であったことを反映していると考えられる。以降の加入尾数は近年の残差が小さい参照年の加入尾数がリサンプリングされ (補足図 7-1)、結果として短期では近い参照年、長期ではより過去の参照年も含めた加入状況が将来予測に反映される (補足図 7-2)。

(3) 漁獲管理規則案

漁獲管理規則案は、目標管理基準値案以上に親魚量を維持・回復する達成確率を勘案して、親魚量に対応した漁獲圧 (F) 等を定めたものである。「漁獲管理規則および ABC 算定のための基本指針」では、親魚量が限界管理基準値案を下回った場合には禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を削減するとともに、親魚量が限界管理基準値以上にある場合には F_{msy} proxy に調整係数 β を乗じた値を漁獲圧の上限とするものを提示している。補足図 7-3 に本系群の「管理基準値等に関する研究機関会議」により提案された漁獲管理規則を示す。ここでは例として調整係数 β を 0.7 とした場合を示した。提案する漁獲管理規則は、限界管理基準値案および禁漁水準案となる親魚量を閾値として漁獲管理の基礎となる漁獲係数 (F 値) を変えるルールであり、親魚量が限界管理基準値案を下回ると禁漁水準案まで直線的に漁獲圧を下げることを定めている。F 値の上限は F_{msy} に調整係数 β を乗じたものである。限界管理基準値案および禁漁水準案に標準値を用いた場合 (すなわち、SBlimit は SBmin、SBban は 0 トンの場合) の漁獲管理規則案における親魚量と漁獲係数の関係を補足図 7-3a に示す。これらの漁獲管理規則案で漁獲した場合に期待できる平均的な漁獲量との関係をそれぞれ補足図 7-3b に示す。図に例示した漁獲管理規則案は、いずれも β に標準値である 0.7 を用いた。また、また、漁獲量の算出については、加入および選択率を将来予測と同じ仮定を用い、親魚量の大小に対応する漁獲圧で平衡状態までシミュレーションした時における年齢組成を用いた。なお、研究機関会議提案 (2002～2021 年漁期までの加入尾数を参照) では天然のみの加入を仮定した場合「 β が 0.5 以下であれば、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされており、現状の放流 (2016～2020 年漁期の平均放流加入尾数) を考慮した場合「 β が 0.9 以下であれば、10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回ると推定される」とされている。

(4) 2025 年漁期の予測値

2024 年漁期の放流を研究機関会議案で参照した 2016～2020 年漁期の平均放流加入尾数を参照し、2025 年漁期以降、天然のみの加入を仮定した場合、漁獲管理規則案に基づき試算された 2025 年漁期の平均漁獲量は β を 0.7 とした場合には 86 トン（補足表 7-5b）、 β を 1.0 とした場合には 119 トンであった（いずれも仮定 2、ベースケースの場合）。2025 年漁期に予測される親魚量は平均 410 トンと見込まれ、限界管理基準値案である 329 トンを上回った（補足表 8-3）。

(5) 2026 年漁期以降の予測

2026 年以降も含めた将来予測の結果を補足図 7-4～7-8 および補足表 7-2～7-6 に示す。

ベースケース（仮定 2、以下、同項の各仮定について「仮定 XX」として示す。）で漁獲管理規則案に基づく管理を 10 年間継続した場合、2035 年漁期の親魚量の予測値は β を 0.7 とした場合には 449 トン（90%予測区間は 267～683 トン）であり、 β を 1.0 とした場合には 359 トン（90%予測区間は 225～539 トン）である（補足図 7-4、補足表 7-4a、8-4）。予測値が 2035 年漁期に目標管理基準値案を上回る確率は β が 0.4 以下で 50%を上回る。予測値が 2035 年漁期に限界管理基準値案を上回る確率は β が 1.0 以下で 50%を上回る。現状の漁獲圧（F2020-2022）を継続した場合の 2035 年漁期 0 の親魚量の予測値は 353 トン（90%予測区間は 192～551 トン）であり目標管理基準値案を上回る確率は 2.3%、限界管理基準値案を上回る確率は 60%である。

漁獲管理規則案に基づく管理を継続した場合、平均親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る漁期年は、ベースケース（仮定 2）では β を 0.7 とした場合には 2041 年漁期以降となると予測された。なお、2023 年漁期の放流加入を 2018～2022 年漁期の平均放流資源尾数から推定した場合（仮定 3）、平均親魚量が目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る漁期年は、 β を 0.7 とした場合、2041 年漁期以降と予測された。なお、種苗放流を考慮した場合、ベースケースと同じ 2016～2020 年漁期の放流加入尾数を仮定した場合（仮定 4）には、 $\beta=0.7$ のときに 2034 年漁期に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る。また、放流加入尾数を直近年を含む 2018～2022 年漁期の放流加入尾数を仮定した場合（仮定 5）には、 $\beta=0.7$ のときに 2034 年漁期に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回り（補足表 7-2、8-5）、最直近年の 2023 年漁期の放流加入尾数を仮定した場合（仮定 6）では、2035 年漁期に目標管理基準値案を 50%以上の確率で上回る（補足表 8-5）。

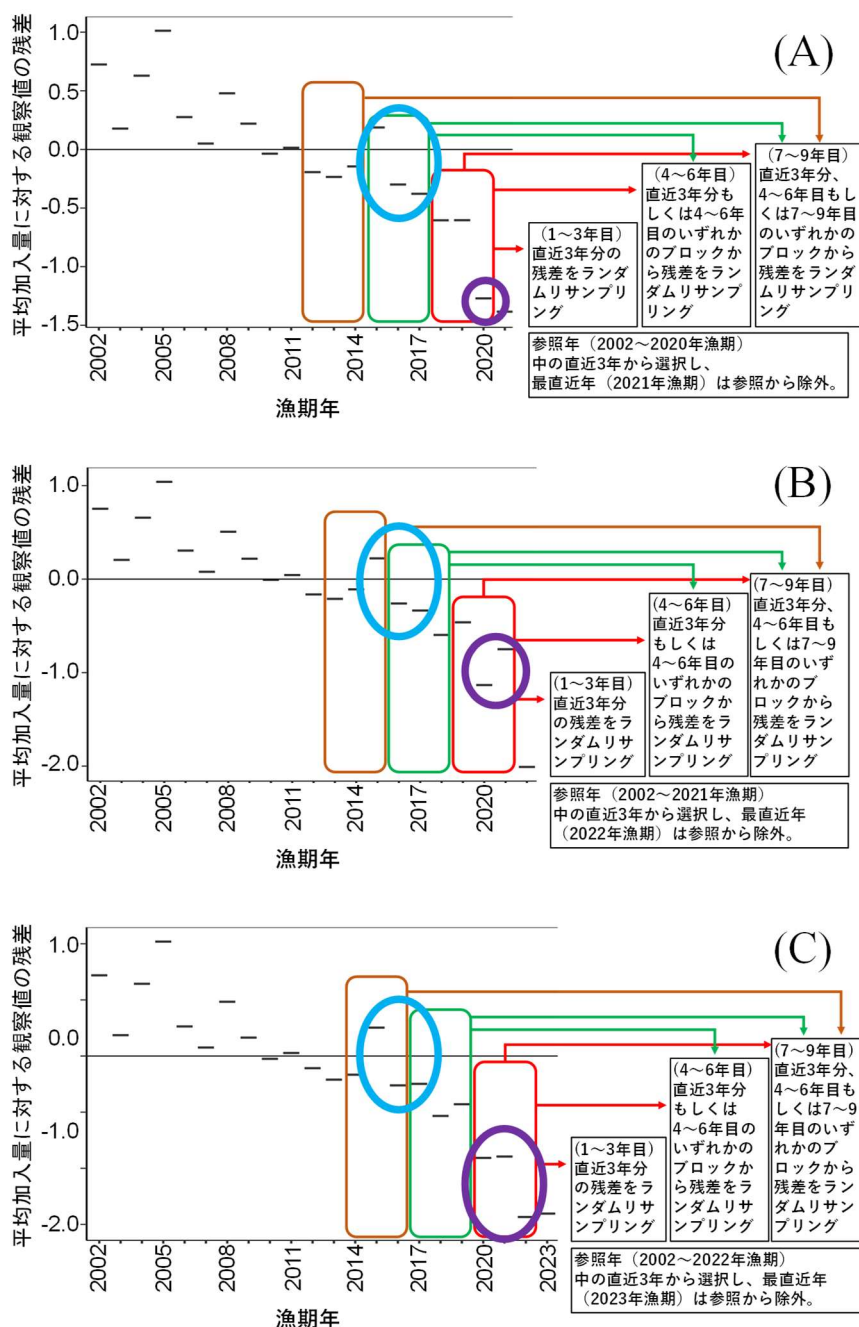
なお、（仮定 2）では、 $\beta=0.7$ 以上のとき、限界管理基準値案を少なくとも 1 年以上下回ることが予想され、 $\beta=1.0$ のとき、最大で平均親魚量は 6 年間下回ることが予想された（補足表 7-3、7-4）。また、現状の漁獲圧（F2020-2022）では、2027 年漁期から 2032 年漁期までの間、平均親魚量は限界管理基準値案を上回ることはない。一方、種苗放流を考慮した場合には、 $\beta=1.0$ で限界管理基準値案を下回るがその期間は 1～2 年に短縮される（補足表 7-3、7-4）。また、現状の漁獲圧（F2020-2022）においても、親魚量が限界管理基準値案を下回らない。

本系群では将来予測に用いる加入尾数は過去の加入尾数を参照しており、親魚量の再生産動態と関係なく、一定期間が過ぎれば過去の加入が再現されることが想定されている。しかしながら、実際の再生産環境では限界管理基準値案である過去最低親魚量を下回った

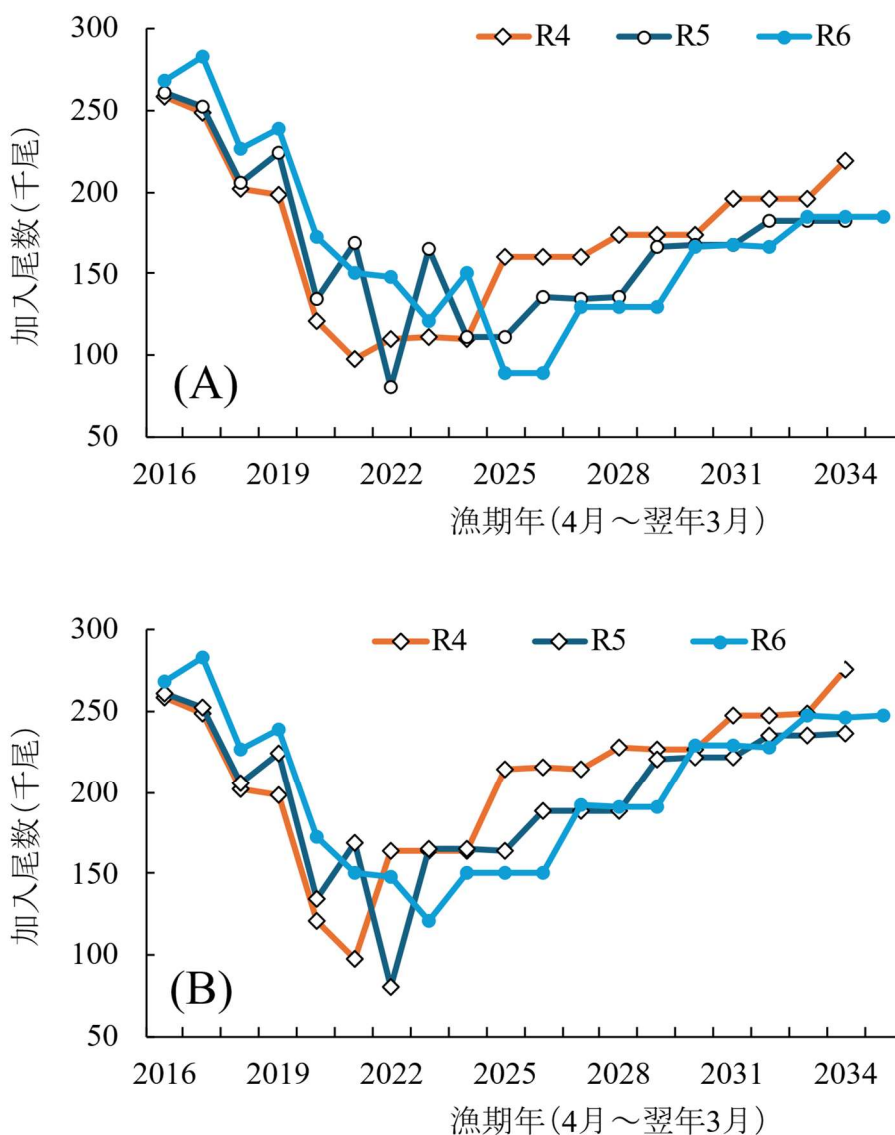
場合の加入動態については未知である。このため現状の漁獲圧が続いた場合、過去最低親魚量を下回る親魚量となった場合に、当初の加入尾数が過去の加入尾数を必ずしも反映するとは言い難い。したがって、ブロックバックワードリサンプリングでは近年の低加入を再現することは可能であるが、20年、30年といった長期的な予測は、実際の親魚量や漁獲量の動態と乖離するおそれがある。このため、本系群では将来予測においては、毎年更新される資源評価結果から最新の加入尾数を考慮し、推定に用いる加入尾数をその高低に応じて毎年調整することで、短期的な将来予測を中心に運用する必要があると考えられる。

引用文献

- 平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘 (2022) 令和4年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の管理基準値等に関する研究機関会議資料. FRA-SA2022-BRP18-01, 水産研究・教育機構, 91 pp. https://www.fra.affrc.go.jp/shigen_hyoka/SCmeeting/2019-1/20221027/FRA-SA2022-BRP18-01.pdf
- 平井慈恵・片町太輔・真鍋明弘 (2023) 令和4年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価. FRA-SA-2022-AC73, 令和4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, 78 pp. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/07/details_2022_73.pdf
- 水産研究・教育機構 (2024a) 令和6(202644)年度漁獲管理規則およびABC算定のための基本指針. FRA-SA202-ABCWG02-01, 水産研究・教育機構, 横浜, 24 pp.
- 水産研究・教育機構 (2023b) 再生産関係の推定・管理基準値計算・将来予測シミュレーションに関する技術ノート. FRA-SA2023-ABCWG02-04, 水産研究・教育機構, 横浜, 14 pp. https://abchan.fra.go.jp/references_list/FRA-SA2023-ABCWG02-04.pdf (last accessed July 14 2023)

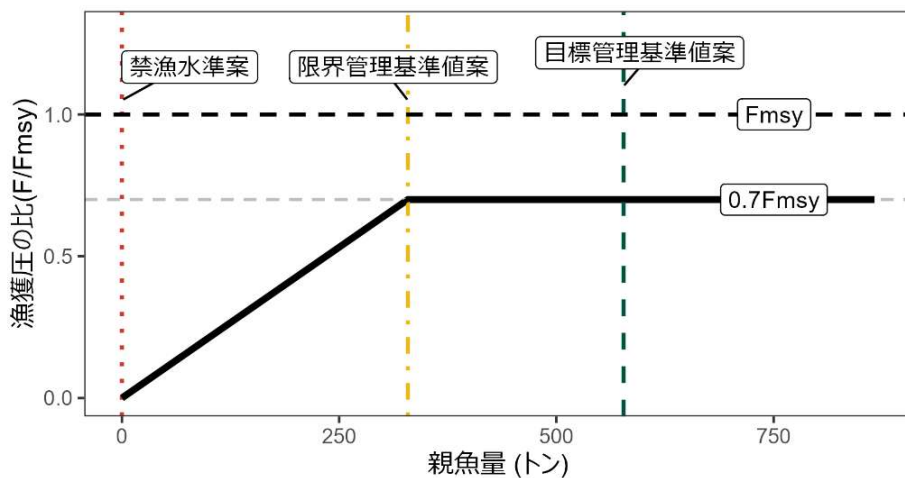


補足図 7-1. 将来予測における加入尾数の仮定に用いるブロックバックワードリサンプリングの模式図 (A) 研究機関会議で提案された 2022 年漁期以降の将来予測に用いる加入尾数の残差 (参照年：2002～2020 年漁期)、(B) R5 年度評価において、1 年更新された加入尾数に基づく残差 (参照年：2002～2021 年漁期)。(C) 本年度評価。経年によって、過去の加入状況は古いブロックに移るため、参照されにくく (例：水色枠内)、近年の加入状況 (紫枠内) が参照されるようになるため、近年の加入状況を反映した予測が可能となる。本評価では最直近の 2023 年漁期を参照から除外し、2022 年漁期以前について 3 年ブロックで残差をランダムリサンプリングする。

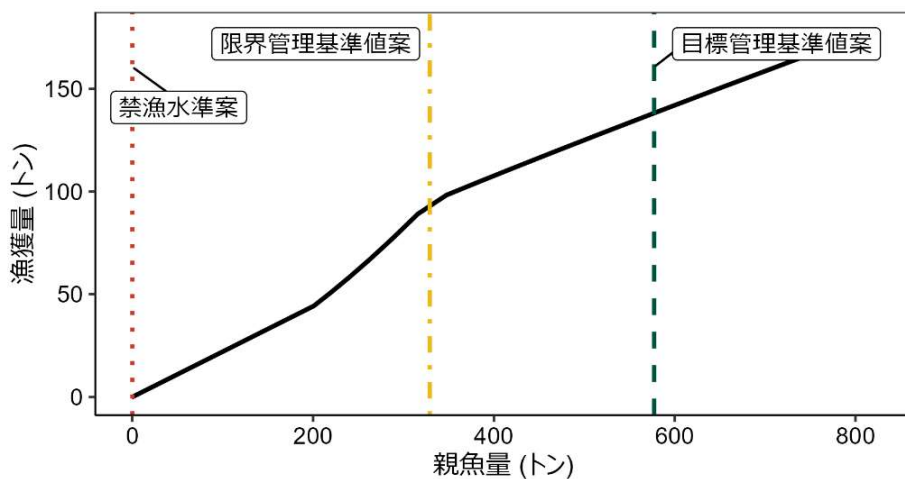


補足図 7-2. 3年ブロックのバックワード・リサンプリングに基づく将来予測における加入尾数の予測結果 (A) 天然のみによる加入を仮定した場合。(B) 放流込みでの加入を仮定した場合。放流尾数については令和4年研究機関会議資料に提案された2016～2020年漁期の平均放流資源尾数を適用。天然のみの場合は、2024年漁期のみを放流考慮した場合を示す。

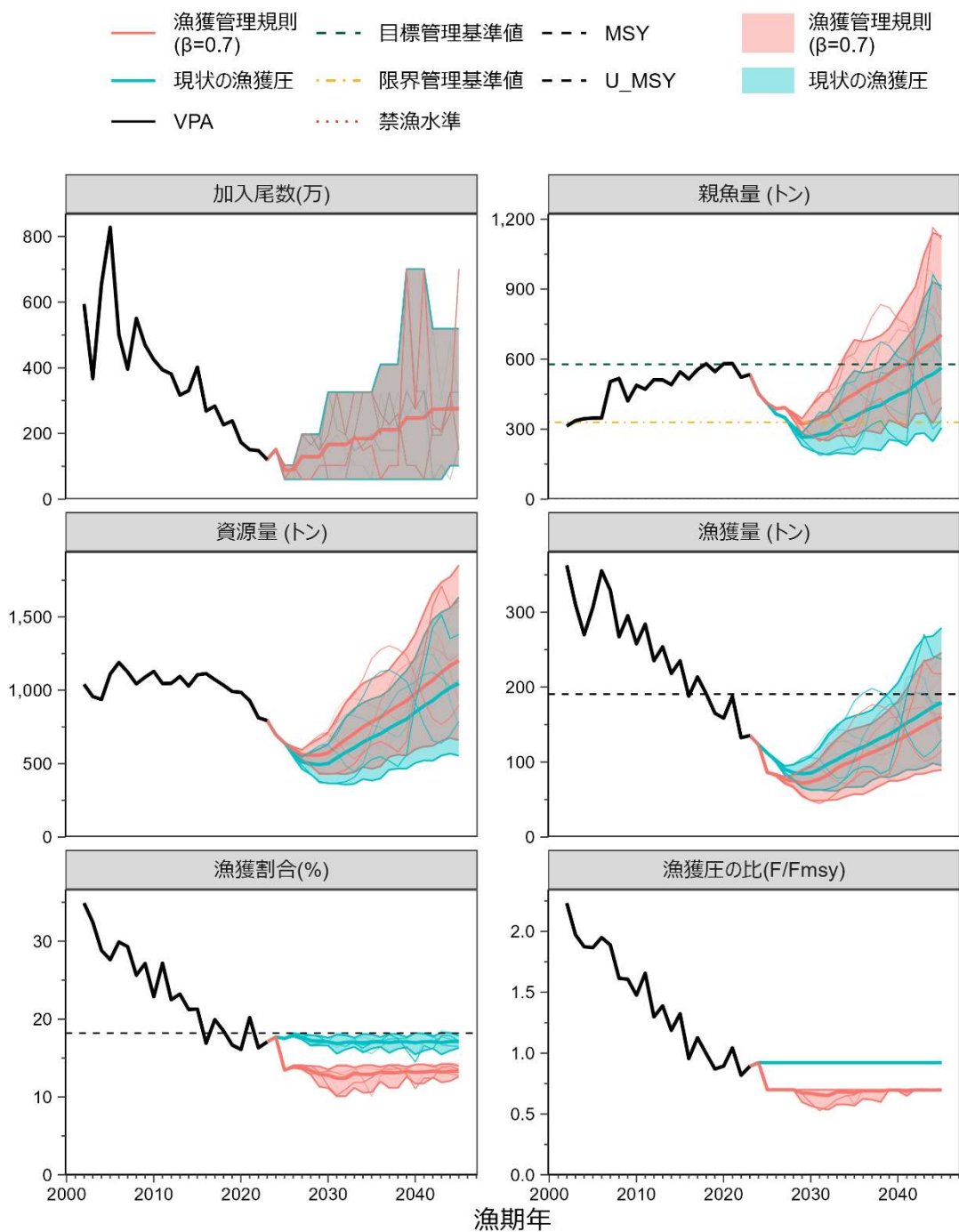
a) 縦軸を漁獲圧にした場合



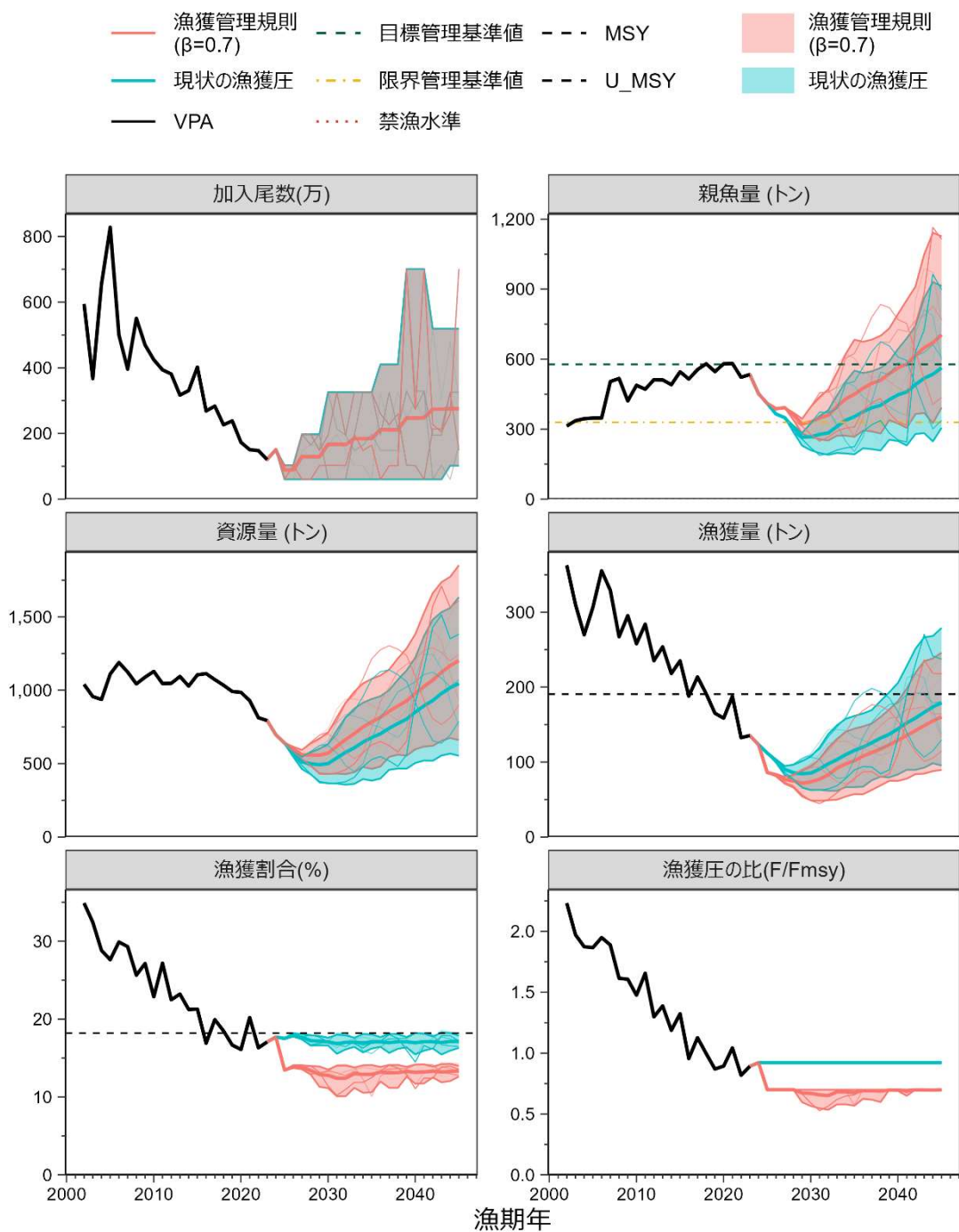
b) 縦軸を漁獲量にした場合



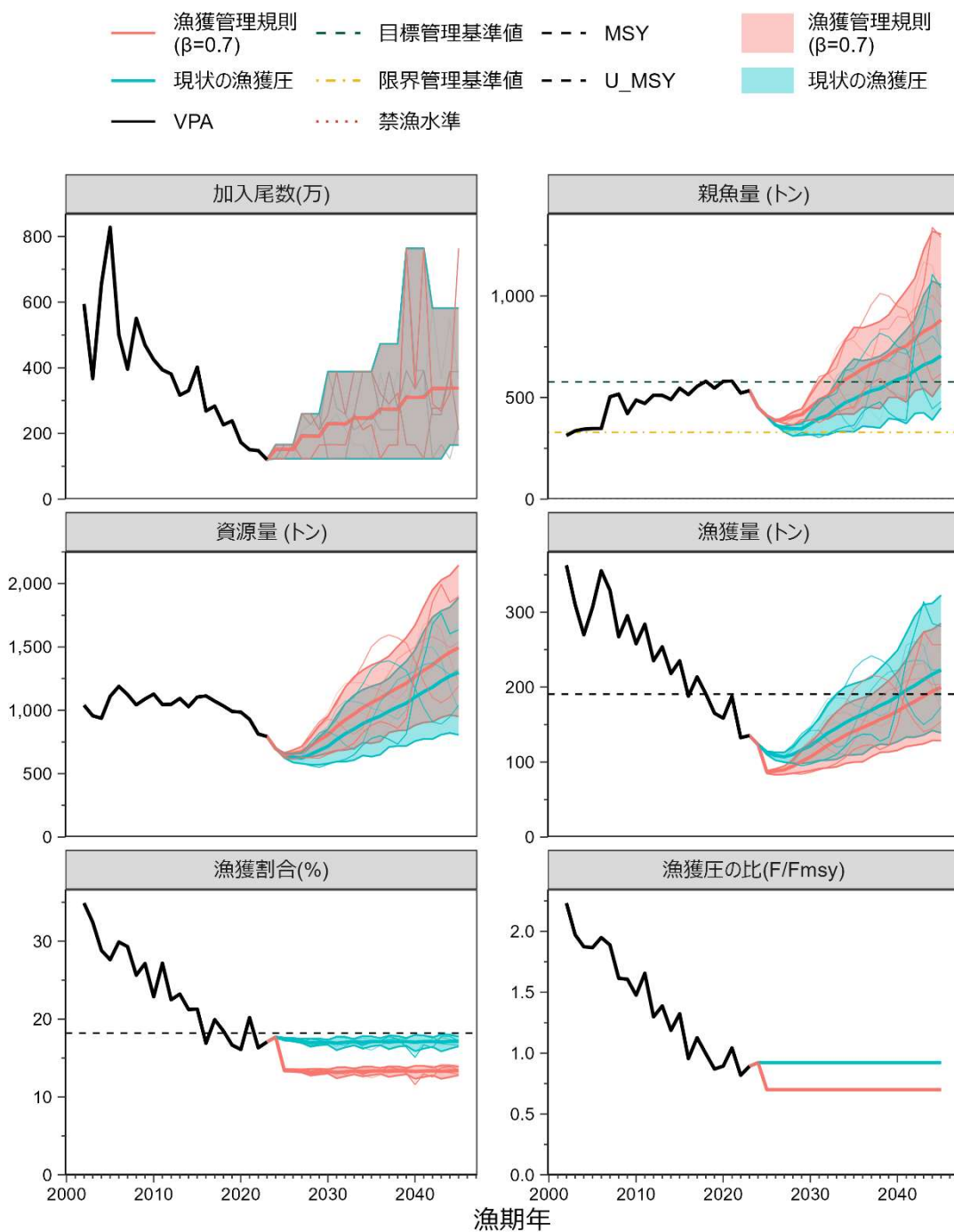
補足図 7-3. 漁獲管理規則案



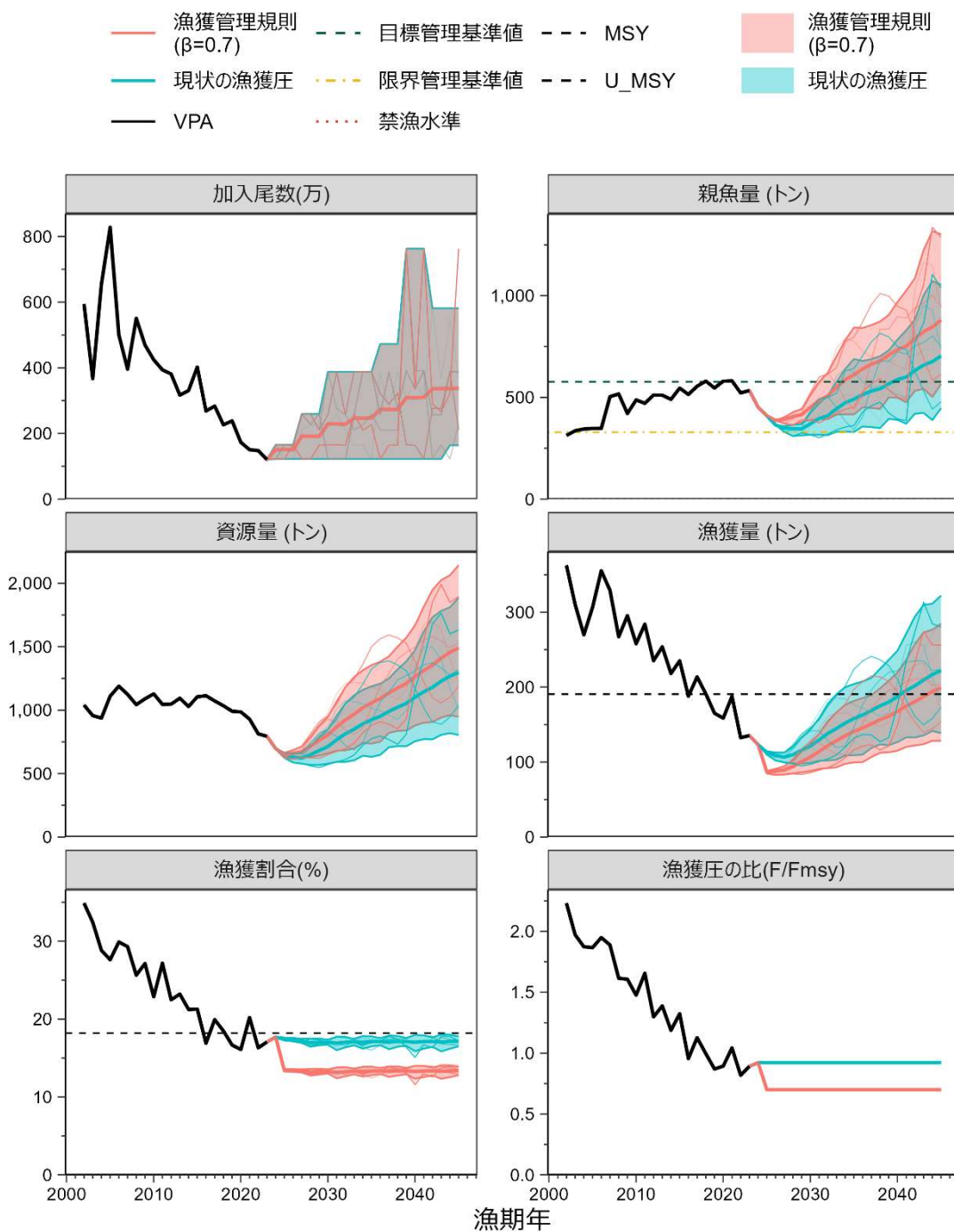
補足図 7-4. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 （2025 年漁期以降を天然のみの加入の場合、2024 年漁期は、2016～2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 2、本評価におけるベースケース）） 太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。漁獲管理規則での調整係数 β には 0.7 を用いた。



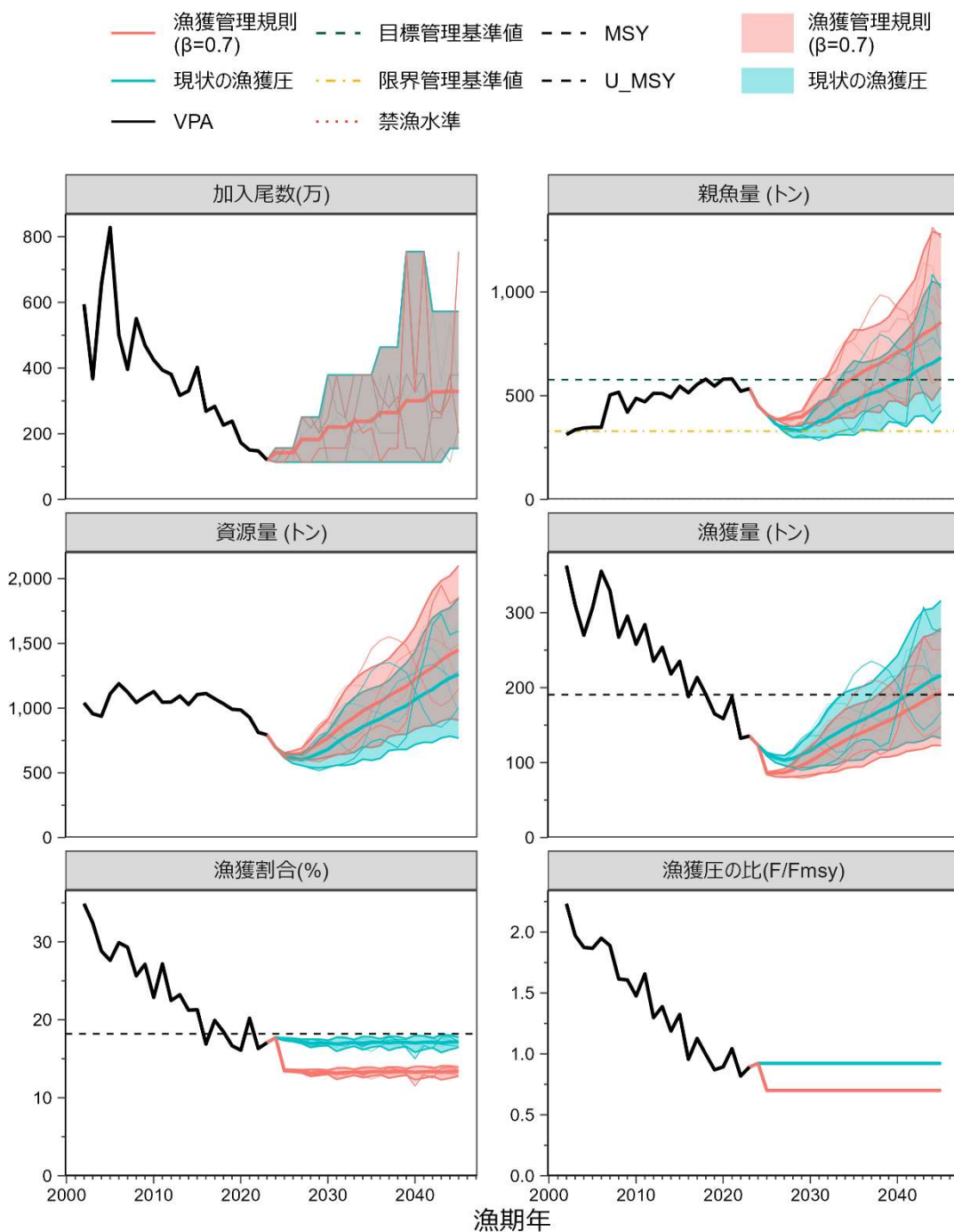
補足図 7-5. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 （2025 年漁期以降を天然のみの加入の場合、2024 年漁期は、2018～2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 3））太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。漁獲管理規則での調整係数 β には 0.7 を用いた。



補足図 7-6. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 （2024 年漁期以降は、2016～2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 4）） 太
 実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5
 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線
 は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示
 す。漁獲管理規則での調整係数 β には 0.7 を用いた。



補足図 7-7. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 （2024 年漁期以降は、2018～2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 5）） 太
 実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5
 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線
 は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示
 す。漁獲管理規則での調整係数 β には 0.7 を用いた。



補足図 7-8. 漁獲管理規則案を用いた場合（赤線）と現状の漁獲圧での将来予測（青色）
 （2024 年漁期以降は、2023 年漁期の平放流加入尾数を仮定（仮定 6））太実線は平均値、網掛けはシミュレーション結果の 90%が含まれる予測区間、細線は 5 通りの将来予測の例示である。親魚量の図の緑破線は目標管理基準値案、黄一点鎖線は限界管理基準値案、赤点線は禁漁水準案を示す。漁獲割合の図の破線は U_{msy} を示す。漁獲管理規則での調整係数 β には 0.7 を用いた。

補足表 7-1. 将来予測に用いた設定値と本年度評価においてブロックバックワードリサンプリングにより推定した将来の平均加入尾数（千尾）

評価年	放流の有無	仮定番号	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
R4年度	なし		259	248	202	198	121	98	110	111	110	160
R5年度	なし	仮定2	261	252	206	225	134	168	80	168	111	111
R6年度	なし	仮定2	269	283	226	238	173	151	148	120	151	89
		仮定3	269	283	226	238	173	151	148	120	151	89
R4年度	あり		259	248	202	198	121	98	164	164	164	214
R5年度	あり	仮定4	261	252	206	225	134	168	80	168	168	167
R6年度	あり	仮定4	269	283	226	238	173	151	148	120	151	152
		仮定5	269	283	226	238	173	151	148	120	151	151
		仮定6	269	283	226	238	173	151	148	120	142	142

評価年	放流の有無	仮定番号	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
R4年度	なし		161	160	174	173	174	196	196	195	219	220
R5年度	なし	仮定2	135	135	135	167	168	168	182	182	183	209
R6年度	なし	仮定2	89	130	129	129	167	167	166	185	184	185
		仮定3	89	130	129	129	167	167	166	185	184	185
R4年度	あり		215	214	227	227	226	248	248	248	275	275
R5年度	あり	仮定4	191	191	191	223	224	224	238	239	239	265
R6年度	あり	仮定4	151	192	192	192	230	230	229	247	247	248
		仮定5	151	192	191	191	229	229	228	247	246	247
		仮定6	142	183	183	182	220	220	219	238	238	238

	選択率 (注 1)	Fmsy proxy (注 2)	F2020-2022 (注 3)	平均体重 (g) (注 4)	自然死亡 係数	成熟 割合
0 歳	0.53	0.154	0.107	216	0.19	0
1 歳	0.54	0.158	0.148	972	0.25	0
2 歳	0.95	0.276	0.237	1,699	0.25	0
3 歳	1.00	0.291	0.243	2,215	0.25	1
4 歳以上	1.00	0.291	0.243	3,522	0.25	1

太字は各評価年に設定したシナリオ上の管理開始年での推定平均加入尾数。各仮定番号の設定はそれぞれの評価年度報告書を参照。

注 1：令和 4 年度研究機関会議で MSY を実現する水準の推定の際に使用した選択率。選択率は 3 歳 F2018-2020 に対する比を示す。

注 2：令和 4 年度研究機関会議で推定された Fmsy の代替値。

注 3：今回の資源評価で推定された 2020～2022 年漁期の F 平均値。この F 値は 2024 年漁期の漁獲量の仮定に使用した。

注 4：平均体重は 2023 年漁期の値。

<放流による加入を考慮した場合>

c) 2024 年漁期以降、2016～2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 4）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	17	
0.9			0	0	0	0	0	0	0	0	6	17	27
0.8			0	0	0	0	0	0	0	2	16	34	44
0.7			0	0	0	0	0	0	8	34	41	52	61
0.6			0	0	0	0	0	0	40	50	60	72	67
0.5			0	0	0	0	0	27	50	50	80	84	82
0.4			0	0	0	0	0	63	76	81	95	96	96
0.3			0	0	0	0	56	92	97	99	100	100	100
0.2			0	0	45	96	99	100	100	100	100	100	100
0.1			0	0	89	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					0	0	0	0	0	0	0	5	13

d) 2024 年漁期以降、2018～2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 5）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	17	
0.9			0	0	0	0	0	0	0	0	5	17	27
0.8			0	0	0	0	0	0	0	2	16	33	43
0.7			0	0	0	0	0	0	5	32	40	51	61
0.6			0	0	0	0	0	0	39	50	59	71	67
0.5			0	0	0	0	0	26	50	50	78	84	81
0.4			0	0	0	0	0	60	74	79	94	96	96
0.3			0	0	0	0	49	92	97	99	100	100	100
0.2			0	0	45	96	99	100	100	100	100	100	100
0.1			0	0	89	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					0	0	0	0	0	0	0	5	13

e) 2024 年漁期以降、2023 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 6）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	13	
0.9			0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	23
0.8			0	0	0	0	0	0	0	0	8	28	35
0.7			0	0	0	0	0	0	2	16	31	45	55
0.6			0	0	0	0	0	0	23	48	51	60	65
0.5			0	0	0	0	0	7	49	50	70	80	74
0.4			0	0	0	0	0	39	57	62	87	89	90
0.3			0	0	0	0	30	79	88	93	98	99	99
0.2			0	0	45	74	98	99	100	100	100	100	100
0.1			0	0	67	96	100	100	100	100	100	100	100
0.0			0	0	89	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					0	0	0	0	0	0	0	3	11

補足表 7-3. 将来の親魚量が限界管理基準値案を上回る確率 (%)

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果。2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-F2022、 $\beta = 0.92$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

<天然のみの加入の場合>

a) 2024 年漁期は、2016~2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定 (仮定 2、本評価におけるベースケース)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1.0	100	100	100	100	0	0	0	31	46	46	61	64		
0.9			100	100	0	0	11	48	50	59	65	65		
0.8			100	100	67	0	35	50	50	72	69	65		
0.7			100	100	100	45	47	50	50	79	78	71		
0.6			100	100	100	89	73	65	60	85	84	81		
0.5			100	100	100	100	94	87	83	93	92	91		
0.4			100	100	100	100	100	100	98	97	98	98	98	
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧					100	100	0	0	0	26	42	42	52	60

b) 2024 年漁期は、2018~2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定 (仮定 3)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1.0	100	100	100	100	0	0	0	31	46	46	61	64		
0.9			100	100	0	0	11	48	50	59	65	65		
0.8			100	100	67	0	35	50	50	72	69	65		
0.7			100	100	100	45	47	50	50	79	78	71		
0.6			100	100	100	89	73	65	60	85	84	81		
0.5			100	100	100	100	94	87	82	93	92	91		
0.4			100	100	100	100	100	100	98	96	98	98	98	
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
現状の漁獲圧					100	100	0	0	0	26	42	42	52	60

<放流による加入を考慮した場合>

c) 2024 年漁期以降、2016～2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 4）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	100	100	100	67	45	45	73	72	72	90	90	88	
0.9			100	100	89	89	93	93	93	93	98	98	98
0.8			100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					100	100	89	74	88	90	88	96	96

d) 2024 年漁期以降、2018～2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 5）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	100	100	100	67	45	45	73	72	72	90	90	88	
0.9			100	100	89	89	93	93	93	93	98	98	97
0.8			100	100	100	100	100	99	99	100	100	100	100
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					100	100	89	74	87	87	87	96	96

e) 2024 年漁期以降、2023 年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定 6）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
1.0	100	100	100	67	45	30	62	61	61	86	85	80	
0.9			100	100	89	74	82	80	80	80	93	94	93
0.8			100	100	89	96	97	97	97	97	99	99	99
0.7			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.6			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.5			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.4			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.3			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.2			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.1			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0.0			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
現状の漁獲圧					100	67	45	45	70	70	69	89	89

補足表 7-4. 将来の平均親魚量の推移

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果。2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-F2022、β = 0.92 に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

<天然のみの加入の場合>

a) 2024 年漁期は、2016~2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定 (仮定 2、本評価におけるベースケース)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1.0	452	410	358	339	292	257	271	289	297	327	349	359		
0.9			367	356	313	275	287	304	313	346	371	384		
0.8			377	374	336	297	306	323	334	369	398	414		
0.7			387	392	360	323	331	348	360	397	430	449		
0.6			397	412	387	352	361	380	392	431	468	491		
0.5			408	433	415	384	397	418	433	474	515	541		
0.4			419	454	445	419	437	463	481	526	571	602		
0.3			430	477	477	458	481	513	535	586	636	672		
0.2			441	501	512	500	530	569	597	654	712	753		
0.1			453	526	550	546	585	632	667	732	798	847		
0.0			464	552	590	596	645	703	747	822	899	957		
現状の漁獲圧					365	350	306	265	267	277	283	312	338	353

b) 2024 年漁期は、2018~2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定 (仮定 3)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035		
1.0	452	410	358	339	292	257	271	289	297	327	349	359		
0.9			367	356	313	275	287	304	313	346	371	384		
0.8			377	373	336	297	306	323	334	369	398	414		
0.7			387	392	360	323	331	348	360	397	430	449		
0.6			397	411	386	352	361	380	392	431	468	491		
0.5			408	432	414	384	397	418	433	474	515	541		
0.4			419	454	444	419	436	463	481	526	571	602		
0.3			430	476	477	457	480	512	535	585	636	672		
0.2			441	500	512	499	529	568	597	654	712	753		
0.1			453	525	549	545	584	631	667	732	798	847		
0.0			464	551	589	596	645	703	747	822	898	957		
現状の漁獲圧					365	349	306	265	267	277	283	312	338	353

平均親魚量の赤字は限界管理基準値案 (=過去最低親魚量 : 329 トン) を下回る親魚量を示す。

<放流による加入を考慮した場合>

c) 2024年漁期以降、2016～2020年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定4）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	452	410	358	339	332	328	352	375	388	420	446	461
0.9			367	356	355	354	381	406	422	456	486	504
0.8			377	374	380	384	415	444	463	501	534	555
0.7			387	392	407	416	453	487	509	551	589	613
0.6			397	412	435	452	495	535	562	609	651	679
0.5			408	433	466	491	541	589	621	673	722	754
0.4			419	454	499	533	593	648	687	747	802	839
0.3			430	477	535	580	650	715	762	830	893	937
0.2			441	501	573	630	712	789	846	924	997	1050
0.1			453	526	613	686	782	873	941	1032	1117	1181
0.0			464	552	657	746	859	967	1050	1155	1255	1332
現状の漁獲圧					365	350	347	346	372	397	412	446

d) 2024年漁期以降、2018～2022年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定5）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	452	410	358	339	332	327	351	374	387	419	445	460
0.9			367	356	354	353	379	405	420	455	485	502
0.8			377	373	379	382	413	443	461	499	533	553
0.7			387	392	406	415	451	486	508	550	587	611
0.6			397	411	434	451	493	533	560	607	649	677
0.5			408	432	465	489	540	587	618	671	719	751
0.4			419	454	498	532	591	646	684	744	799	837
0.3			430	476	533	578	647	712	759	827	890	935
0.2			441	500	571	628	710	787	843	921	994	1047
0.1			453	525	612	683	779	870	938	1028	1113	1177
0.0			464	551	655	744	856	963	1046	1151	1251	1328
現状の漁獲圧					365	349	346	345	371	396	410	444

e) 2024年漁期以降、2023年漁期の平均放流加入尾数を仮定（仮定6）

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	452	410	358	333	321	315	339	361	374	405	430	444
0.9			367	350	343	338	363	388	403	437	466	484
0.8			377	367	367	366	395	423	440	478	511	531
0.7			387	386	393	398	431	464	485	526	563	587
0.6			397	405	421	432	472	510	535	581	623	650
0.5			408	425	451	469	516	561	591	642	690	721
0.4			419	446	483	510	565	618	654	712	766	803
0.3			430	469	517	555	620	681	725	791	853	897
0.2			441	492	554	604	680	752	806	881	953	1005
0.1			453	517	593	657	746	832	897	984	1067	1129
0.0			464	543	636	715	820	922	1000	1102	1199	1274
現状の漁獲圧					365	343	335	330	354	378	392	425

平均親魚量の赤字は限界管理基準値案（＝過去最低親魚量：329トン）を下回る親魚量を示す。

補足表 7-5. 将来の平均漁獲量の推移

β を 0~1.0 で変更した場合の将来予測の結果。2025 年から漁獲管理規則案による漁獲とした。比較のため現状の漁獲圧 (F2020-F2022、 $\beta = 0.92$ に相当) で漁獲を続けた場合の結果も示した。

<天然のみの加入の場合>

a) 2024 年漁期は、2016~2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定。(仮定 2、本評価におけるベースケース)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	123	119	107	94	79	70	78	88	94	107	112	115
0.9		108	100	89	81	71	77	85	91	103	108	111
0.8		97	92	83	79	72	76	81	87	98	103	107
0.7		86	83	77	75	72	74	77	83	92	98	102
0.6		75	74	70	69	68	70	73	78	85	91	95
0.5		63	64	61	61	62	64	67	72	77	83	87
0.4		51	53	52	53	54	55	59	64	68	72	77
0.3		39	41	41	42	44	45	49	52	56	60	63
0.2		26	28	29	30	31	33	36	38	41	44	47
0.1		13	15	15	16	17	18	20	21	23	24	26
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧			112	102	90	86	84	85	91	98	103	110

b) 2024 年漁期は、2018~2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定。(仮定 3)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	123	119	107	93	79	70	78	88	94	107	112	115
0.9		108	100	89	80	71	77	85	91	103	108	111
0.8		97	92	83	79	72	76	81	87	98	103	107
0.7		86	83	77	75	72	74	77	83	92	98	102
0.6		75	74	70	69	68	70	73	78	85	91	95
0.5		63	64	61	61	62	63	67	72	77	83	87
0.4		51	53	52	53	54	55	59	64	68	72	77
0.3		39	41	41	42	43	45	49	52	56	60	63
0.2		26	28	29	30	31	33	35	38	41	44	47
0.1		13	15	15	16	17	18	20	21	23	24	26
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧			112	102	90	86	84	85	91	98	103	110

<放流による加入を考慮した場合>

c) 2024 年漁期は、2016～2020 年漁期の平均放流加入尾数を仮定。(仮定 4)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	123	120	114	109	111	116	122	130	139	147	153	159
0.9		109	106	104	107	113	119	126	135	142	148	154
0.8		98	97	97	101	108	113	121	129	136	143	149
0.7		87	88	90	94	101	107	114	122	129	136	141
0.6		75	78	81	86	93	99	106	114	120	126	132
0.5		64	67	71	77	83	89	96	103	109	115	120
0.4		52	56	60	65	72	77	84	90	95	101	106
0.3		39	43	47	52	58	63	68	74	79	83	87
0.2		26	30	33	37	42	46	50	54	58	61	64
0.1		13	15	17	20	23	25	27	30	32	34	36
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧			113	109	107	110	116	122	130	139	145	152

d) 2024 年漁期以降、2018～2022 年漁期の平均放流加入尾数を仮定。(仮定 5)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	123	120	114	109	110	115	122	130	138	146	153	159
0.9		109	106	104	107	112	118	126	134	141	148	154
0.8		98	97	97	101	107	113	121	129	135	142	148
0.7		87	88	89	94	101	106	114	122	128	135	141
0.6		75	78	81	86	93	99	106	113	120	126	132
0.5		64	67	71	76	83	89	96	103	109	115	120
0.4		51	56	60	65	71	77	83	90	95	101	105
0.3		39	43	47	52	58	63	68	74	78	83	87
0.2		26	30	33	37	42	45	50	54	57	61	64
0.1		13	15	17	20	22	25	27	30	32	34	36
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧			113	109	107	110	116	121	130	138	145	152

e) 2024 年漁期以降、2023 年漁期の平均放流加入尾数を仮定。(仮定 6)

β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1.0	123	119	111	105	104	108	116	124	132	141	147	152
0.9		108	104	101	102	107	113	120	128	136	142	148
0.8		97	95	94	97	102	108	115	123	130	137	143
0.7		86	86	87	90	96	102	109	117	123	130	136
0.6		75	76	78	83	89	94	101	109	115	121	127
0.5		63	66	69	73	79	85	92	98	104	110	115
0.4		51	55	58	63	68	74	80	86	91	97	101
0.3		39	42	46	50	55	60	65	70	75	80	84
0.2		26	29	32	36	40	43	47	52	55	59	62
0.1		13	15	17	19	22	24	26	28	30	32	34
0.0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
現状の漁獲圧			112	107	103	105	111	116	124	132	139	146

補足表 7-6. 10年後までの将来予測の概略表

将来の加入の想定	β	現状の漁獲圧との比	2035年漁期までの10年間に1度でも限界管理基準値案を下回る確率					2035年漁期に目標管理基準値案(577トン)を上回る確率	
			予測平均親魚量(トン)		予測平均漁獲量(トン)				
			5年後	10年後	管理開始年	5年後	10年後		
			(2030年漁期)	(2035年漁期)	(2025年漁期)	(2030年漁期)	(2035年漁期)		
2025年漁期以降は2002～2020年漁期の天然由来の加入水準を仮定(2024年漁期の放流資源尾数は2016～2020年漁期平均(6.3万尾)を仮定、仮定2、本評価におけるベースケース)	1	1.08	271	359	119	78	115	1%	100%
	0.9	0.98	287	384	108	77	111	6%	100%
	0.8	0.87	306	414	97	76	107	11%	100%
	0.7	0.76	331	449	86	74	102	21%	83%
	0.6	0.65	361	491	75	70	95	28%	51%
	0.5	0.54	397	541	63	64	87	42%	26%
	0.4	0.43	437	602	51	55	77	56%	7%
現状の漁獲圧	1	267	353	112	85	116	2%	100%	
2025年漁期以降は2002～2020年漁期の天然由来の加入水準を仮定(2024年漁期の放流資源尾数は2018～2022年漁期平均(6.2万尾)を仮定、仮定3)	1	1.08	289	359	119	78	115	1%	100%
	0.9	0.98	304	384	108	77	111	6%	100%
	0.8	0.87	323	414	97	76	107	11%	100%
	0.7	0.76	348	449	86	74	102	21%	83%
	0.6	0.65	380	491	75	70	95	28%	51%
	0.5	0.54	418	541	63	63	87	42%	26%
	0.4	0.43	463	602	51	55	77	56%	7%
現状の漁獲圧	1	277	353	112	85	116	2%	100%	
全期間種苗放流を考慮(2024年漁期以降の放流資源尾数は2016～2020年漁期平均(6.3万尾)を仮定、171.3万尾放流、添加効率0.037、仮定4)	1	1.08	352	461	120	122	159	17%	82%
	0.9	0.98	381	504	109	119	154	27%	31%
	0.8	0.87	415	555	98	113	149	44%	1%
	0.7	0.76	453	613	87	107	141	61%	0%
	0.6	0.65	495	679	75	99	132	67%	0%
	0.5	0.54	541	754	64	89	120	82%	0%
	0.4	0.43	593	839	52	77	106	96%	0%
現状の漁獲圧	1	372	493	113	122	159	24%	42%	
全期間種苗放流を考慮(2024年漁期以降の放流資源尾数は2018～2022年漁期平均(6.2万尾)を仮定、156.4万尾放流、添加効率0.040、仮定5)	1	1.08	351	460	120	122	159	17%	82%
	0.9	0.98	379	502	109	118	154	27%	32%
	0.8	0.87	413	553	98	113	148	43%	1%
	0.7	0.76	451	611	87	106	141	61%	0%
	0.6	0.65	493	677	75	99	132	67%	0%
	0.5	0.54	540	751	64	89	120	81%	0%
	0.4	0.43	591	837	51	77	105	96%	0%
現状の漁獲圧	1	371	491	113	121	158	24%	43%	
全期間種苗放流を考慮(2024年漁期以降の放流資源尾数は2023年漁期平均(5.3万尾)を仮定、129.4万尾放流、添加効率0.041、仮定6)	1	1.08	339	444	119	116	152	13%	86%
	0.9	0.98	363	484	108	113	148	23%	48%
	0.8	0.87	395	531	97	108	143	35%	19%
	0.7	0.76	431	587	86	102	136	55%	0%
	0.6	0.65	472	650	75	94	127	65%	0%
	0.5	0.54	516	721	63	85	115	74%	0%
	0.4	0.43	565	803	51	74	101	90%	0%
現状の漁獲圧	1	354	472	112	116	152	21%	58%	

平均親魚量の赤字は限界管理基準値案 (=過去最低親魚量 : 329 トン) を下回る親魚量を示す。

補足資料 8 各種パラメータと評価結果の概要

補足表 8-1. 将来予測における加入量の仮定

項目	説明
参照したデータ	2002～2022 年の天然当歳魚の資源尾数*
更新データの利用	2002～2022 年のデータを更新、2023 年のデータを追加
参照の仕方 (不確実性の考慮)	ブロックバックワードリサンプリング(ブロック年数 3 年)
コメント: ・ 目標管理基準値は、令和 4 年 12 月に開催された「研究機関会議」で提案した値を暫定的に用いている。 *研究機関会議の際の参照した年数分の本評価により更新されたデータ。	

補足表 8-2. 最新年の親魚量と漁獲圧

項目	値	説明
SB2023	534トン	2023 年の親魚量
F2023	2023 年の漁獲圧(漁獲係数 F) (0 歳, 1 歳, 2 歳, 3 歳, 4 歳以上) =(0.10, 0.15, 0.23, 0.23, 0.23)	
U2023	17%	2023 年の漁獲割合
%SPR (F2023)	33.5%	2023 年の%SPR
%SPR (F2020-2022)	32.4%	現状(2020~2022 年)の漁獲圧に対応する%SPR*
管理基準値案との比較		
SB2023/SBmsy proxy (SBtarget)	0.92	最大持続生産量を実現する親魚量の代替値(目標管理基準値案)に対する 2022 年の親魚量の比
F2023/ Fmsy proxy	0.89	最大持続生産量を実現する漁獲圧の代替値に対する 2022 年の漁獲圧の比*
親魚量の水準	MSY を実現する水準を下回る	
漁獲圧の水準	MSY を実現する水準を上回る	
親魚量の動向	減少	

* 2023 年の選択率の下で Fmsy proxy の漁獲圧を与える F を%SPR 換算して算出し求めた比率。

補足表 8-3. 予測漁獲量と予測親魚量

<天然のみの加入>

(仮定 2) 2024 年漁期の種苗放流を 2016~2020 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定
(放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ)

2025 年漁期の親魚量(予測平均値):410トン			
項目	2025 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	119	1.08	19
$\beta=0.9$	108	0.98	17
$\beta=0.8$	97	0.87	15
$\beta=0.7$	86	0.76	13
$\beta=0.6$	75	0.65	12
$\beta=0.5$	63	0.54	10
$\beta=0.4$	51	0.43	8
F2020-2022	112	1	17

(仮定 3) 2024 年漁期の種苗放流を 2018~2022 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定
(放流尾数、添加効率の参照年を 2 年スライドし、直近期間とした)

2025 年漁期の親魚量(予測平均値):410トン			
項目	2025 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	119	1.08	19
$\beta=0.9$	108	0.98	17
$\beta=0.8$	97	0.87	15
$\beta=0.7$	86	0.76	13
$\beta=0.6$	75	0.65	12
$\beta=0.5$	63	0.54	10
$\beta=0.4$	51	0.43	8
F2020-2022	112	1	18

<放流を考慮した加入>

(仮定 4) 2024 年漁期の種苗放流を 2016～2020 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

(放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ)

2025 年漁期の親魚量(予測平均値):410トン			
項目	2025 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	120	1.08	18
$\beta=0.9$	109	0.98	17
$\beta=0.8$	98	0.87	15
$\beta=0.7$	87	0.76	13
$\beta=0.6$	75	0.65	12
$\beta=0.5$	64	0.54	10
$\beta=0.4$	52	0.43	8
F2020-2022	113	1	17

(仮定 5) 2024 年漁期の種苗放流を 2018～2022 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

(放流尾数、添加効率の参照年を 2 年スライドし、直近期間とした)

2025 年漁期の親魚量(予測平均値):410トン			
項目	2025 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	120	1.08	18
$\beta=0.9$	109	0.98	17
$\beta=0.8$	98	0.87	15
$\beta=0.7$	87	0.76	13
$\beta=0.6$	75	0.65	12
$\beta=0.5$	64	0.54	10
$\beta=0.4$	51	0.43	8
F2020-2022	113	1	17

(仮定 6) 2024 年漁期の種苗放流を 2023 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

2025 年漁期の親魚量(予測平均値):410トン			
項目	2025 年の 漁獲量 (千トン)	現状の漁獲圧に 対する比 (F/F2020-2022)	2025 年の 漁獲割合(%)
$\beta=1.0$	119	1.08	19
$\beta=0.9$	108	0.98	17
$\beta=0.8$	97	0.87	15
$\beta=0.7$	86	0.76	13
$\beta=0.6$	75	0.65	12
$\beta=0.5$	63	0.54	10
$\beta=0.4$	51	0.43	8
F2020-2022	112	1	17

補足表 8-4. 異なる β を用いた将来予測結果

<天然のみの加入>

(仮定 2) 2024 年漁期の種苗放流を 2016~2020 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定
(放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ)

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2035 年 の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035 年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	359	225 - 539	1.5	64	100
$\beta=0.9$	384	236 - 580	5.6	65	100
$\beta=0.8$	414	251 - 627	11	65	100
$\beta=0.7$	449	267 - 683	21	71	100
$\beta=0.6$	491	288 - 740	28	81	100
$\beta=0.5$	541	313 - 807	42	91	100
$\beta=0.4$	602	349 - 886	56	98	100
F2020-2022	353	192 - 551	2.3	60	100

(仮定 3) 2024 年漁期の種苗放流を 2018~2022 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定
(放流尾数、添加効率の参照年を 2 年スライドし、直近期間とした)

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2035 年 の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035 年に親魚量が以下の 管理基準値案を上回る確率(%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	359	225 - 539	1.5	64	100
$\beta=0.9$	384	236 - 580	5.7	65	100
$\beta=0.8$	414	251 - 627	11	65	100
$\beta=0.7$	449	267 - 683	21	71	100
$\beta=0.6$	491	288 - 740	28	81	100
$\beta=0.5$	541	313 - 806	42	91	100
$\beta=0.4$	602	349 - 886	56	98	100
F2020-2022	353	192 - 551	2.3	60	100

<放流を考慮した加入>

(仮定 4) 2024 年漁期の種苗放流を 2016～2020 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

(放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ)

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2035 年の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	461	316 - 648	17	88	100
$\beta=0.9$	504	340 - 704	27	98	100
$\beta=0.8$	555	376 - 771	44	100	100
$\beta=0.7$	613	419 - 845	61	100	100
$\beta=0.6$	679	467 - 928	67	100	100
$\beta=0.5$	754	522 - 1020	82	100	100
$\beta=0.4$	839	586 - 1124	96	100	100
F2020-2022	493	331 - 690	24	96	100

(仮定 5) 2024 年漁期の種苗放流を 2018～2022 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定。

(放流尾数、添加効率の参照年を 2 年スライドし、直近期間とした))

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2035 年の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	460	315 - 647	17	88	100
$\beta=0.9$	502	339 - 703	27	97	100
$\beta=0.8$	553	375 - 769	43	99.9	100
$\beta=0.7$	611	417 - 843	61	100	100
$\beta=0.6$	677	465 - 925	67	100	100
$\beta=0.5$	751	519 - 1017	81	100	100
$\beta=0.4$	837	583 - 1121	96	100	100
F2020-2022	491	330 - 689	24	95	100

(仮定 6) 2024 年漁期の種苗放流を 2023 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

考慮している不確実性: 加入量					
項目	2035 年の親魚量 (トン)	90% 予測区間 (トン)	2035 年に親魚量が以下の管理基準値案を上回る確率 (%)		
			SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	444	302 – 630	13	80	100
$\beta=0.9$	484	323 – 685	23	93	100
$\beta=0.8$	531	353 – 747	35	99	100
$\beta=0.7$	587	392 – 819	55	100	100
$\beta=0.6$	650	437 – 898	65	100	100
$\beta=0.5$	721	489 – 1088	74	100	100
$\beta=0.4$	803	549 – 1203	90	100	100
F2020-2022	472	310 – 669	21	88	100

補足表 8-5. (続き)

<天然のみの加入>

(仮定 2) 2024 年漁期の種苗放流を 2016~2020 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定。

(放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ)

考慮している不確実性:加入量			
項目	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	—	2025 年	2025 年
$\beta=0.9$	2047 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.8$	2044 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.7$	2041 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.6$	2038 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.5$	2037 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.4$	2035 年	2025 年	2025 年
F2020-2022	2048 年	2025 年	2025 年

(仮定 3) 2024 年漁期の種苗放流を 2018~2022 年漁期の放流尾数、添加効率から仮定。

(放流尾数、添加効率の参照年を 1 年スライドし、直近期間とした)

考慮している不確実性:加入量			
項目	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	—	2025 年	2025 年
$\beta=0.9$	2047 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.8$	2044 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.7$	2041 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.6$	2038 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.5$	2037 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.4$	2035 年	2025 年	2025 年
F2020-2022	2048 年	2025 年	2025 年

※「親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年」は 2025 年漁期に漁獲管理開始した場合に 2025~2063 年漁期までの間に最初に達成する年を指す。達成しない場合は「—」とした。

<放流を考慮した加入>

(仮定 4) 2024 年漁期の種苗放流を 2016～2020 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

(放流尾数、添加効率の参照年が令和 4 年度研究機関会議での参照年数と同じ)

考慮している不確実性:加入量			
項目	親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	2042 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.9$	2039 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.8$	2036 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.7$	2034 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.6$	2033 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.5$	2033 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.4$	2030 年	2025 年	2025 年
F2020-2022	2040 年	2025 年	2025 年

(仮定 5) 2023 年漁期の種苗放流を 2017～2021 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

(放流尾数、添加効率の参照年を 1 年スライドし、直近期間とした)

考慮している不確実性:加入量			
項目	平均親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	2043 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.9$	2039 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.8$	2037 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.7$	2034 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.6$	2033 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.5$	2033 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.4$	2030 年	2025 年	2025 年
F2020-2022	2040 年	2025 年	2025 年

(仮定 6) 2024 年漁期の種苗放流を 2023 年漁期の放流尾数、添加効率から一定の放流加入を毎年仮定

考慮している不確実性:加入量			
項目	平均親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年		
	SBtarget 案	SBlimit 案	SBban 案
$\beta=1.0$	2044 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.9$	2040 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.8$	2037 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.7$	2035 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.6$	2033 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.5$	2033 年	2025 年	2025 年
$\beta=0.4$	2031 年	2025 年	2025 年
F2020-2022	2041 年	2025 年	2025 年

※「親魚量が管理基準値案を 50%以上の確率で上回る年」は 2025 年漁期に漁獲管理開始した場合に 2025～2063 年漁期までの間に最初に達成する年を指す。達成しない場合は「-」とした。

補足資料 9 代替漁獲管理規則（上限下限ルール）の試算結果

漁獲管理規則（Harvest Control Rule, HCR）とは、資源量の水準や状態に応じて、とるべき漁獲の強さや漁獲量を自動的に計算するためのルールである（Deroba and Bense 2008）。資源管理においては、漁獲管理規則をあらかじめ合意しておくことにより、毎年、資源状態を見ながら漁獲枠を議論する際の透明性が確保できる。我が国資源で検討・導入されている漁獲管理規則、または、ステークホルダーによって合意された漁獲シナリオについても、基本的に、管理期間内で一貫したものをを用いることが想定されており、管理期間内の漁獲圧を一定とする方策が基本になっている。

令和 2 年度の漁獲管理方針に関する検討会において、漁獲量の変動を緩和するルールの検討が求められ、直近数年のみ漁獲量を一定にしたり、例外措置を適用したりするような代替ルールが考案された。代替ルールは、漁業活動上の必要性和資源状態の維持の両立を目的として検討を行う必要があり、代替ルールを用いたとしても管理期間 10 年後に目標が達成されるように設計する必要がある。

研究機関会議案では 1 B ルール下での推定結果から、漁獲管理規則案はまず β に標準値である 0.7 による提案をしたが、Fmsy proxy/F2018-2020 は 0.91 と推定され、天然加入に基づき漁獲管理をした場合、2033 年漁期に目標管理基準値案(577 トン)を上回る確率は 16%、現状の放流の考慮により、同確率は 67%と示されており、種苗放流の実施により早期の目標達成が想定された。一方、トラフグでは海域による漁期規制や産卵期の親魚や成育期の当歳魚など、特定の時期、サイズのみを漁獲対象とされる漁業者が多く、今後の漁獲管理においては複数の選択肢を参照したい要請が研究機関会議においてもあった。そこで、研究機関会議では管理を開始する年の漁獲量の削減率およびその後の年々の漁獲量の変動幅（以降、CV と呼ぶ）を一定範囲以内とする代替漁獲管理規則（上限下限ルール）を試算した。なお、代替漁獲管理規則に関するガイドラインは FRA-SA2022-ABCWG02-06 にまとめられている。

C_t を t 年の漁獲量、 L を下制限係数、 U を上制限係数として、 C_t の制限は前年の漁獲量 C_{t-1} に制限係数を掛ける形で次のように表される。

$$C_{t-1} \cdot L \leq C_t \leq C_{t-1} \cdot U$$

C_t の制限期間は 2024 年から 10 年間（10y）を設定し、それ以降は通常の漁獲管理規則に従う管理を検討した。漁獲量の変動幅（CV）については、前年比 $\pm 5\%$ 以内（CV5: $U=1.05$, $L=0.95$ ）、 $\pm 10\%$ 以内（CV10: $U=1.10$, $L=0.90$ ）、 $\pm 20\%$ 以内（CV20: $U=1.20$, $L=0.80$ ）の 3 通りを検討した。令和 5 年度評価における本検討では、天然のみ、放流のみ、いずれのケースでも漁獲量の変動幅を設けることにより、親魚量は限界管理基準値を下回り、過去の加入量の参照が困難になることが予想された。そこで、本年度評価では、現在の本資源の漁業利用と資源造成への取り組みを考慮し、放流を考慮した場合について、2016～2020 年漁期の平均放流資源尾数を考慮した場合（研究機関会議案でも放流を考慮した場合として扱われた期間：仮定 4）と、直近期間を考慮した 2018～2022 年漁期の平均放流資源尾数を考慮

した場合（仮定 5）、最直近の 2023 年漁期の放流数、添加効率を考慮した場合（仮定 6）について、標準値である $\beta=0.7$ および 10 年後に目標管理基準値案を 50%以上の確率で達成する $\beta=0.8, 0.9$ をベースとして将来予測のシミュレーションを行い、基本的漁獲管理規則等の結果を比較した。

それぞれの漁獲管理規則における将来予測の結果（平均親魚量、平均漁獲量）を補足表 9-1、9-2 に示した。管理規則導入期間を通じた漁獲量の指標として、1 年目（2025 年漁期）、2～5 年目（2026～2029 年漁期）、および 6～10 年目（2030～2034 年漁期）の漁獲量の期間中の平均値を、基本的漁獲管理規則と変動幅の異なる 3 つの代替漁獲管理規則（10y_CV5、10y_CV10、10y_CV20）の三者で比較した（補足表 9-3）。10y_CV5、10y_CV10、10y_CV20 とともに、1 年目の平均漁獲量は基本とされている漁獲管理規則（ $\beta=0.7, \beta=0.8$ もしくは $\beta=0.9$ で一定）を適用した漁獲管理規則を適用した場合より高くなったが、2～5 年目では、CV10、CV20 は同等、6～10 年目では CV20 では同等、CV5、CV10 では低くなった（補足表 9-3）。

資源の持続性を示す指標として、管理開始から 6 年後（2030 年漁期）と 11 年後（2035 年漁期）の平均親魚量を比較した（補足表 9-3）。6 年後は CV20 で基本的漁獲管理規則と同等、11 年後は CV5、CV10 で多く、CV20 では基本的漁獲管理規則と同等であった。

10 年後の平均親魚量が目標管理基準値案を上回る確率は、仮定 4 の場合、基本的漁獲管理規則では 27～61%、CV5 で 48～64%、CV10 で 30～61%、CV20 で 27～61%であった（補足表 9-3）。また資源が望ましくない状態に陥るリスクの指標として、管理規則が導入された 10 年間で 1 度でも限界管理基準値案、禁漁水準案を下回る確率を比較したところ、親魚量が限界管理基準値案を下回る確率は基本的漁獲管理規則で 0～31%、CV5 で 46～51%、CV10 で 11～31%、CV20 で 0～31%であった（補足表 9-3）。一方、2025 年か漁期から 2035 年漁期の累積漁獲量は、 $\beta=0.7$ の場合、 $CV5 < CV10 < \text{基本的漁獲管理規則} < CV20$ の順が多くなったが、CV20 と基本的漁獲管理規則の累積漁獲量の差は 11 年間で計 5 トンと少なく、22 府県が参画する広域資源である本系群においては、大きな差とは言えない結果となった。この傾向は仮定 5 でも同様であった。

また、近年の漁獲量減に伴う予算縮小から生じている放流数の減少を考慮し、最直近の放流資源尾数を考慮した場合では、CV5 の平均親魚量において、2028～2029 年漁期の間、限界管理基準値案を下回ることが予測された（補足表 9-1）。この 2028～2029 年漁期の親魚量は基本ルールで最も多かった。このように放流数の減少により、限界管理基準値案を下回る親魚量が見込まれることは、変動緩和策を選択することで安定した加入が見込めない可能性があり、これまでも報告されているように、資源量指標値の収集段階においても、備讃瀬戸海域（図 3-7）、備後灘海域（図 3-8）、関門海峡（図 3-11）といった、産卵場海域では、いずれも産卵期に来遊する親魚の CPUE が低下している結果が得られていることから、過去最低親魚量を下回る資源状態では、産卵の実働親魚量はさらに低下することが考えられる。本系群ではこれまでも変動緩和のシナリオ検討ではいずれも良くて基本ルールと同等もしくは基本ルール未満の結果しか得られておらず、加入が減少し、不安定な本系群では変動緩和策の適用は大きな資源回復効果は見込めないと考えられる。

引用文献

- 市野川桃子・西嶋翔太・向草世香・黒田啓行・大下誠二 (2022) 改正漁業法下での様々な代替漁獲管理規則の検討: マイワシ 2 系群を例に. 日本水産学会誌, **88**, 239-255.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan/88/4/88_21-00041/_pdf/-char/ja
- Deroba, J. & Bence, J. (2008) A Review of Harvest Policies: Understanding Relative Performance of Control Rules. *Fish. Res.*, **94**, 210-223. 10.1016/j.fishres.2008.01.003

補足表9-1. 将来予測に上限下限ルールを適用した場合の平均親魚量（単位：トン）の推移

a) 将来にわたり、2016～2020年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定4）

2035年漁期までの10年間に1度でも限界管理基準値案を下回る確率																	
2035年漁期に親魚量が目標管理基準値案(577トン)を上回る確率																	
2035年漁期に親魚量が限界管理基準値案(329トン)を上回る確率																	
漁獲管理規則	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	カテゴリー			
基本ルール	0.9			367	356	355	354	381	406	422	456	486	504	0	98%	27%	31%
	0.8			377	374	380	384	415	444	463	501	534	555	0	100%	44%	1%
	0.7			387	392	407	416	453	487	509	551	589	613	2	100%	61%	0%
上限下限ルール ($\pm 5\%$)	0.9			360	344	341	341	374	409	437	488	539	578	0	98%	48%	51%
	0.8			360	344	341	345	384	428	464	523	580	625	1	100%	59%	46%
	0.7			360	344	341	346	387	436	479	546	611	662	1	100%	64%	46%
上限下限ルール ($\pm 10\%$)	0.9			366	355	354	353	381	408	425	463	499	521	0	98%	30%	31%
	0.8			366	360	367	374	410	443	465	508	547	573	0	100%	46%	12%
	0.7			366	360	372	388	434	478	508	558	604	634	1	100%	61%	11%
上限下限ルール ($\pm 20\%$)	0.9			367	356	355	354	381	406	422	456	487	504	0	98%	27%	31%
	0.8			376	373	380	383	414	444	463	501	535	555	0	100%	44%	1%
	0.7			377	383	399	410	449	485	508	551	589	613	2	100%	61%	0%

平均親魚量が過去最低親魚量（＝限界管理基準値案：329トン）を下回る場合、赤字で示す。代替ルールのカテゴリー化として、カテゴリー0：管理目標に適わない、カテゴリー1：基本ルールよりもリスクが高いが、管理目標には適う、カテゴリー2：管理目標に適い、かつ基本ルールのリスク以下、カテゴリー3：管理目標に適い、かつより保守的な基本ルール（ $\beta=0.7$ ）と同等か、それ以下のリスク、とした。

b) 将来にわたり、2018～2022年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定5）

2035年漁期までの10年間に1度でも限界管理基準値案を下回る確率																	
2035年漁期に親魚量が目標管理基準値案(577トン)を上回る確率																	
2035年漁期に親魚量が限界管理基準値案(329トン)を上回る確率																	
漁獲管理規則	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	カテゴリー			
基本ルール	0.9			367	356	354	353	379	405	420	455	485	502	0	97%	27%	32%
	0.8			377	373	379	382	413	443	461	499	533	553	0	100%	43%	1%
	0.7			387	392	406	415	451	486	508	550	587	611	2	100%	61%	0%
上限下限ルール ($\pm 5\%$)	0.9			360	343	339	340	372	407	436	487	537	576	0	98%	48%	54%
	0.8			360	343	340	343	382	425	462	521	578	623	1	100%	58%	49%
	0.7			360	343	340	344	385	433	476	543	608	659	1	100%	64%	49%
上限下限ルール ($\pm 10\%$)	0.9		452	410	366	354	352	380	406	423	462	497	520	0	98%	30%	32%
	0.8			366	359	366	373	408	442	463	506	546	571	0	100%	45%	12%
	0.7			366	359	371	386	432	476	506	557	602	632	1	100%	61%	11%
上限下限ルール ($\pm 20\%$)	0.9			367	356	354	353	379	405	420	455	485	503	0	97%	27%	32%
	0.8			376	373	379	382	413	443	461	499	533	553	0	100%	43%	1%
	0.7			377	383	398	409	447	483	506	549	587	611	2	100%	60%	0%

平均親魚量が過去最低親魚量（=限界管理基準値案：329 トン）を下回る場合、赤字で示す。代替ルールのカテゴリー化として、カテゴリー 0：管理目標に適わない、カテゴリー 1：基本ルールよりもリスクが高いが、管理目標には適う、カテゴリー 2：管理目標に適い、かつ基本ルールのリスク以下、カテゴリー 3：管理目標に適い、かつより保守的な基本ルール（ $\beta=0.7$ ）と同等か、それ以下のリスク、とした。

c) 将来にわたり、2023年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定6）

2035年漁期までの10年間に1度でも限界管理基準値案を下回る確率														
2035年漁期に親魚量が目標管理基準値案(577トン)を上回る確率														
2035年漁期に親魚量が限界管理基準値案(329トン)を上回る確率														
漁獲管理規則	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	カテゴリー
基本ルール	0.9		410	367	350	343	338	363	388	403	437	466	484	0
	0.8			377	367	367	366	395	423	440	478	511	531	0
	0.7			387	386	393	398	431	464	485	526	563	587	2
上限下限ルール ($\pm 5\%$)	0.9		452	360	335	323	318	349	384	413	466	519	561	0
	0.8			360	335	323	320	353	393	428	487	546	593	0
	0.7			360	335	323	320	355	399	439	505	570	623	0
上限下限ルール ($\pm 10\%$)	0.9		410	365	347	341	337	363	390	407	446	482	506	0
	0.8			365	351	352	355	389	422	444	487	527	553	0
	0.7			365	351	354	365	408	451	482	532	579	610	1
上限下限ルール ($\pm 20\%$)	0.9		410	367	350	343	338	363	388	403	437	468	485	0
	0.8			376	366	366	366	395	423	440	478	512	532	0
	0.7			376	376	384	392	427	461	483	525	563	587	2

平均親魚量が過去最低親魚量（＝限界管理基準値案：329トン）を下回る場合、赤字で示す。代替ルールのカテゴリー化として、カテゴリー0：管理目標に適わない、カテゴリー1：基本ルールよりもリスクが高いが、管理目標には適う、カテゴリー2：管理目標に適い、かつ基本ルールのリスク以下、カテゴリー3：管理目標に適い、かつより保守的な基本ルール（ $\beta=0.7$ ）と同等か、それ以下のリスク、とした。

補足表 9-2. 将来予測に上限下限ルールを適用した場合の平均漁獲量（単位：トン）の推移

a) 将来にわたり、2016～2020年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定4）

漁獲管理規則	β	2025～2035年漁期累積漁獲量												
		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
基本ルール	0.9	123	109	106	104	107	113	119	126	135	142	148	154	1,364
	0.8		98	97	97	101	108	113	121	129	136	143	149	1,291
	0.7		87	88	90	94	101	107	114	122	129	136	141	1,209
上限下限ルール (±5%)	0.9		117	111	106	105	107	110	114	119	123	128	133	1,273
	0.8		117	111	106	101	100	102	106	111	115	120	125	1,214
	0.7		117	111	106	100	97	97	100	104	108	112	117	1,169
上限下限ルール (±10%)	0.9		111	106	104	107	112	118	125	131	137	144	151	1,346
	0.8		111	100	95	99	105	111	118	125	131	138	145	1,279
	0.7		111	100	90	89	95	101	109	116	123	130	137	1,201
上限下限ルール (±20%)	0.9		109	106	104	107	113	119	126	134	141	149	154	1,362
	0.8		99	97	97	101	108	113	121	129	136	143	149	1,292
	0.7		99	86	88	93	100	106	114	122	129	135	141	1,214

b) 将来にわたり、2018～2022年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定5）

		2025～2035年漁期累積漁獲量												
漁獲管理規則	β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
基本ルール	0.9	123	109	106	104	107	112	118	126	134	141	148	154	
	0.8		98	97	97	101	107	113	121	129	135	142	148	
	0.7		87	88	89	94	101	106	114	122	128	135	141	
上限下限ルール (±5%)	0.9		117	111	106	105	107	109	106	114	118	123	127	133
	0.8		117	111	106	101	100	102	106	110	110	115	119	124
	0.7		117	111	106	100	97	97	99	103	107	111	116	
上限下限ルール (±10%)	0.9		111	106	104	106	111	117	124	130	136	144	150	
	0.8		111	100	95	99	104	110	118	124	131	138	145	
	0.7		111	100	90	89	94	101	109	115	122	129	137	
上限下限ルール (±20%)	0.9		109	106	104	107	112	118	126	134	141	148	154	
	0.8		99	97	97	101	107	113	121	129	135	142	148	
	0.7		99	86	88	93	100	106	114	122	128	135	141	

1,359
1,289
1,206
1,270
1,212
1,166
1,339
1,274
1,197
1,359
1,289
1,211

c) 将来にわたり、2023年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定6）

		2025～2035年漁期累積漁獲量													
漁獲管理規則		β	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
基本ルール	0.9	108	104	101	102	107	113	120	128	136	142	148	1,308		
	0.8	97	95	94	97	102	108	115	123	130	137	143	1,242		
	0.7	86	86	87	90	96	102	109	117	123	130	136	1,162		
上限下限ルール (±5%)	0.9	117	111	106	102	102	103	107	111	115	119	124	1,216		
	0.8	117	111	106	100	98	99	101	105	108	113	118	1,176		
	0.7	117	111	106	100	96	95	96	99	102	106	110	1,137		
上限下限ルール (±10%)	0.9	111	104	100	102	106	111	118	123	129	137	144	1,283		
	0.8	111	100	92	94	99	105	112	118	124	131	138	1,223		
	0.7	111	100	90	85	89	95	103	109	116	123	130	1,152		
上限下限ルール (±20%)	0.9	108	104	101	102	107	113	120	128	135	142	148	1,307		
	0.8	99	95	94	97	102	108	115	123	130	137	143	1,242		
	0.7	99	84	85	89	95	101	109	116	123	130	135	1,167		

補足表 9-3. 将来予測に上限下限ルールを適用した場合のパフォーマンス評価

a) 将来にわたり、2016～2020年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定4）

カネ ゴリ	漁獲管理 方策案	予測平均漁獲量 (トン)					管理目標	リスク(10年間に1度でも 起きる確率)	平均年変 動AAV※	管理期間10年間で 予測される漁獲量の変動			最低漁獲 量(トン) MinC※
		1年目 2025年 漁期	2~5年目平均 2026~2029年 漁期	6~10年目平均 2030~2034年 漁期	6年目 2030年 漁期	11年後 2035年 漁期				平均減少 率ADR※	最大減少 率MDR※	平均年変 動AAV※	
0 Base	β	109	107	134	381	504	27%	31%	0%	0.05	-0.03	-0.04	102
0 Base		98	101	128	415	555	44%	1%	0%	0.05	-0.02	-0.03	96
2 Base		87	93	122	453	613	61%	0%	0%	0.06	-0.02	-0.02	87
0 10y_CV5		117	107	119	374	578	48%	51%	0%	0.04	-0.04	-0.05	102
1 10y_CV5		117	105	111	384	625	59%	46%	0%	0.05	-0.05	-0.05	97
1 10y_CV5		117	104	104	387	662	64%	46%	0%	0.05	-0.05	-0.05	93
0 10y_CV10		111	107	131	381	521	30%	31%	0%	0.05	-0.03	-0.05	102
0 10y_CV10		111	100	125	410	573	46%	12%	0%	0.06	-0.07	-0.10	94
1 10y_CV10		111	93	116	434	634	61%	11%	0%	0.07	-0.08	-0.10	87
0 10y_CV20		109	107	134	381	504	27%	31%	0%	0.05	-0.03	-0.04	102
0 10y_CV20		99	101	128	414	555	44%	1%	0%	0.05	-0.03	-0.03	96
2 10y_CV20		99	92	121	449	613	61%	0%	0%	0.07	-0.09	-0.13	86

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

b) 将来にわたり、2018～2022年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定5）

カテゴリー	漁獲管理 方策案	β	予測平均漁獲量 (トン)					予測平均親魚量 (トン)	管理目標	リスク(10年間に1度でも起さる確率)	予測される漁獲量の変動	最低漁獲量(トン) MinC※		
			1年目 2025年 期	2~5年目平均 漁期	6~10年目平均 漁期	6年目 2030年 期	11年後 2035年 期							
0 Base		0.9	109	107	134	381	504	27%	31%	0%	0.05	-0.03	-0.04	102
0 Base		0.8	98	101	128	415	555	44%	1%	0%	0.05	-0.02	-0.03	96
2 Base		0.7	87	93	122	453	613	61%	0%	0%	0.06	-0.02	-0.02	87
0 10y_CV5		0.9	117	107	119	374	578	48%	51%	0%	0.04	-0.04	-0.05	102
1 10y_CV5		0.8	117	105	111	384	625	59%	46%	0%	0.05	-0.05	-0.05	97
1 10y_CV5		0.7	117	104	104	387	662	64%	46%	0%	0.05	-0.05	-0.05	93
0 10y_CV10		0.9	111	107	131	381	521	30%	31%	0%	0.05	-0.03	-0.05	102
0 10y_CV10		0.8	111	100	125	410	573	46%	12%	0%	0.06	-0.07	-0.10	94
1 10y_CV10		0.7	111	93	116	434	634	61%	11%	0%	0.07	-0.08	-0.10	87
0 10y_CV20		0.9	109	107	134	381	504	27%	31%	0%	0.05	-0.03	-0.04	102
0 10y_CV20		0.8	99	101	128	414	555	44%	1%	0%	0.05	-0.03	-0.03	96
2 10y_CV20		0.7	99	92	121	449	613	61%	0%	0%	0.07	-0.09	-0.13	86

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

c) 将来にわたり、2023年漁期の平均放流資源尾数を考慮（仮定6）

カネ ゴリ	漁獲管理 方策案	予測平均漁獲量 (トン)					予測平均観魚量 (トン)		管理目標	リスク(10年間に1度でも 起きる確率)	管理期間10年間(2023~2032年漁期)で 予測される漁獲量の変動				最低漁獲 量(トン) MinC※
		1年目 2025年 漁 期	2~5年目平均 2026~2029年 漁 期	6~10年目平均 2030~2034年 漁 期	6年目 2030年 漁 期	11年後 2035年 漁 期	10年後に目標管 理基準値案を上 回る確率	親魚量の限界 管理基準値案 を下回る			漁獲量が 半減する	平均年変 動/AAV※	平均減少 率ADR※	最大減少 率MDR※	
0	Base	0.9	108	103	128	363	484	23%	48%	0%	0.06	-0.03	-0.05	98	
0	Base	0.8	97	97	123	395	531	35%	19%	0%	0.05	-0.02	-0.03	93	
2	Base	0.7	86	90	116	431	587	55%	0%	0%	0.05	-0.02	-0.02	85	
0	10y_CV5	0.9	117	105	111	349	561	44%	78%	0%	0.05	-0.05	-0.05	97	
0	10y_CV5	0.8	117	104	105	353	593	53%	76%	0%	0.05	-0.05	-0.05	93	
0	10y_CV5	0.7	117	103	99	355	623	58%	76%	0%	0.05	-0.05	-0.05	90	
0	10y_CV10	0.9	111	103	124	363	506	27%	58%	0%	0.06	-0.04	-0.07	97	
0	10y_CV10	0.8	111	96	118	389	553	40%	45%	0%	0.07	-0.07	-0.10	90	
1	10y_CV10	0.7	111	91	109	408	610	56%	39%	0%	0.08	-0.08	-0.10	84	
0	10y_CV20	0.9	108	103	128	363	485	23%	48%	0%	0.06	-0.03	-0.05	98	
0	10y_CV20	0.8	99	97	122	395	532	35%	19%	0%	0.06	-0.03	-0.05	92	
2	10y_CV20	0.7	99	88	116	427	587	55%	0%	0%	0.07	-0.09	-0.15	84	

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

補足資料 10 各年齢の資源量指標値を活用した全年齢チューニング VPA の試算検討と産卵海域由来の資源量指標値を用いた天然加入尾数の推定方法の試算検討

【目的と背景】

本系群ではこれまでの資源評価結果においても、比較的安定した親魚量に対して、天然加入尾数の減少と再生産成功率の低下が続いており、その要因解明の要望は漁業者、行政機関をはじめ、様々な関係者から要望が寄せられている。このため、本系群では加入に関しては成育場調査、産卵生態に関する調査を実施しており、本評価でも掲載したような資源量指標値の収集を行ってきた。再生産成功率は親魚量がそのまま産卵参加することを前提として、VPA によって得られた総親魚量を分母とし、0 歳天然加入尾数との関係から親魚 1 kg あたりの資源加入尾数として算定している。一方、本評価でも掲載しているように、近年、瀬戸内海を中心にみられる産卵期の親魚 CPUE の低下（図 3-7、3-11）は、総親魚量すべてが産卵参加していないことを示唆しており、産卵来遊した親魚 CPUE の把握は、加入動態の変動と関連する可能性が考えられる。また、本系群では北は男鹿半島周辺から南は有明海、八代海まで広範囲に産卵場が分散しており、かつ個々の産卵場で生まれた個体は生まれた海域に戻って産卵する産卵場回帰性を有することから、個々の産卵場の親魚 CPUE を把握する必要がある。そこで本評価では各主要な産卵場から資源量指標値の収集を行うとともに、得られた資源量指標値を活用したチューニング VPA の試算検討を行うとともに、産卵場由来の資源量指標値と天然加入尾数の関係を調査し、より高精度の天然加入尾数の推定方法の検討に着手したのでその試算結果を報告する。

【材料と方法】

再生産に関わる加入、産卵来遊、親魚資源の動態を把握するために各海域の資源量指標値について全年齢に渡って可能な限り整理をした。トラフグ本系群の資源評価では系群内を 7 海域に分けて年齢別漁獲尾数（CAA）を算定しており、この 7 海域の資源量指標値について検討した。収集した資源量指標値は以下の通りである

日本海北部：男鹿半島周辺海域の CPUE（1 歳以上を対象、産卵期を含む通年）

日本海中西部・東シナ海：九州山口北西海域のふぐ延縄漁獲成績報告書（1 歳以上を対象、産卵期外）

瀬戸内海：燧灘以東の CPUE（1 歳以上を対象、産卵期）

燧灘以東の CPUE（当歳魚、標本漁協調査）

伊予灘以西豊予海峡以北海域の CPUE（全年齢を対象、産卵期外）

伊予灘以西豊予海峡以南海域の CPUE（全年齢を対象、産卵期外）

有明海：湾奥、湾央の CPUE（当歳魚、標本船調査）

有明海長崎県海域の CPUE（2 歳以上を対象、産卵期）

関門海峡：関門海峡の CPUE（2 歳以上を対象、産卵期）

【結果と考察】

ソースデータとして標本船調査、船別取扱量など資源評価参画各県と個別に調整のうえ、提供のあったデータを用いて海域ごとの代表値として扱い、得られた情報をもとに海域別

の年齢別 CPUE (尾/隻・日) を算出した。有明海長崎県海域については収集した全船と代表船 3 隻の CPUE 情報を得たので、両方のケースでの CPUE を適用した場合について検討した。漁獲量、漁獲尾数などの基礎資料は令和 5 年度評価結果を用いた。海域ごとの CAA を用いて加重平均を算出し、系群全体の年齢別 CPUE と仮定した(補足図 10-1~10-5)。チューニングの参照年は令和 5 年度評価と同じ 2009~2022 年漁期とし、同期間の年齢別資源量指標値を用いてチューニング VPA の試算を行い、加入量(0 歳天然資源尾数)と総親魚量の推定を行い、再生産成功率(RPS)を算出した。一方、産卵期の産卵場海域の CPUE についても算定し、産卵期の各海域の年齢別漁獲尾数割合を用いて産卵期の年齢別 CPUE を算定し、産卵親魚来遊指標値(IHS: Index of homing spawner)と定義した。VPA 試算結果から得られた 0 歳資源尾数と各漁期年の放流魚混入率から 0 歳天然資源尾数を算定した。これと IHS の関係を「再生産成功率(RPI: Recruitment Per Index of homing spawner)」と定義して、再生産成功率の動向と比較するとともに、Frasyr の再生産関係式を用いて最も適合するモデルの検討を行った。

全年齢を対象としたチューニング VPA の試算結果を補足図 10-6 に示す。九州山口北西海域(外海)と瀬戸内海(備讃瀬戸、豊予海峡南北海域、関門海峡)、男鹿半島、有明海長崎海域、の指標値を組み替えて作成した指標値それぞれで試算したが、直近の 2022 年漁期の資源量では平均で 907 ± 10 トン(898~922 トン)と R5 年度評価の 678 トンから大きく離れてはいるものの、安定した推定値が得られた。親魚量は 563 ± 6.3 トンであった。2022 年漁期の天然加入尾数は 5.2 万 ± 0.7 万尾と令和 5 年度評価より +42% 増であったが、親魚量も増加していることから、再生産成功率(RPS)は、 0.093 尾/kg と少なく、令和 5 年度評価と比べて +11% 増のみであった。

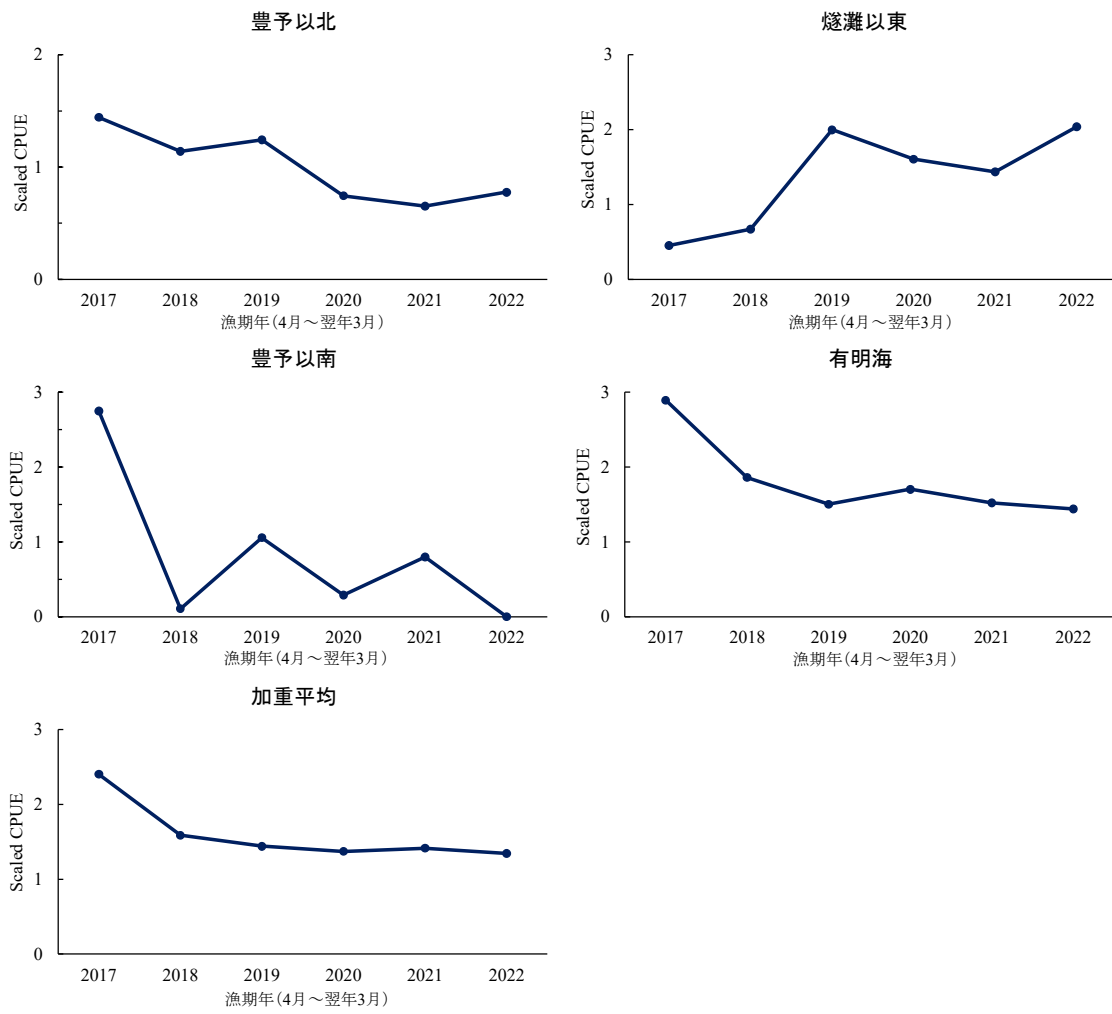
チューニング VPA から得られた各年齢別 CPUE の対数残差を補足図 10-7 に示す。各指標値間の対数残差の最大値は、 0.31 (0 歳) ~ 0.50 (2 歳)、最小値は -0.40 (4 歳以上) ~ -0.58 (3 歳) の範囲にあり、用いた指標値間での最大値の差は 0.01 (0 歳) ~ 0.04 (4 歳以上)、最小値の差は 0.01 (1 歳) ~ 0.06 (3 歳) とチューニングに用いた指標値間での差はほとんどなかった。なお、今回の試算では 0 歳では参照年が 6 年と短く、レトロスペクティブ解析などでモデル診断を行うには十分な年数ではないなど、今後も検討が必要な課題がある。チューニングに用いる年齢群の選択なども今後検討が必要な課題と言える。一方で、既存の資源評価結果とほぼ同様のトレンドが再生産成功率から得られ、資源量や親魚量においても数値の違いはあるものの、4 歳以上では外海域の CPUE も含めた通年の親魚 CPUE は増加するなど、個々の年齢の傾向は捉えていると考えられるため、更なる検討を通じて頑健性の診断ができるようになると考えられる。

本検討では、多くの海域では収集した全船データに基づいて資源量指標値の算定を行った。一方、有明海長崎県海域では全船と代表船のデータ間の比較を行った。これら使用データの違いによる比較結果を補足図 10-8 に示す。資源量、親魚量、RPS の「いずれにおいても、全船を用いた場合での値が高く、代表船では値が低いことが示された。一方で、同海域以外のデータについては代表船の検討は行っていない。代表船の選択は、具体的に隻を定義するのが良いのか、漁獲量に対する割合から判断するのが良いか、これらについては検討の余地があるとともに、全船に基づいたほうが、海域内での偏りが少なくなる可能性も考えられる。こうした点の検討も今後の課題となると考えられる。

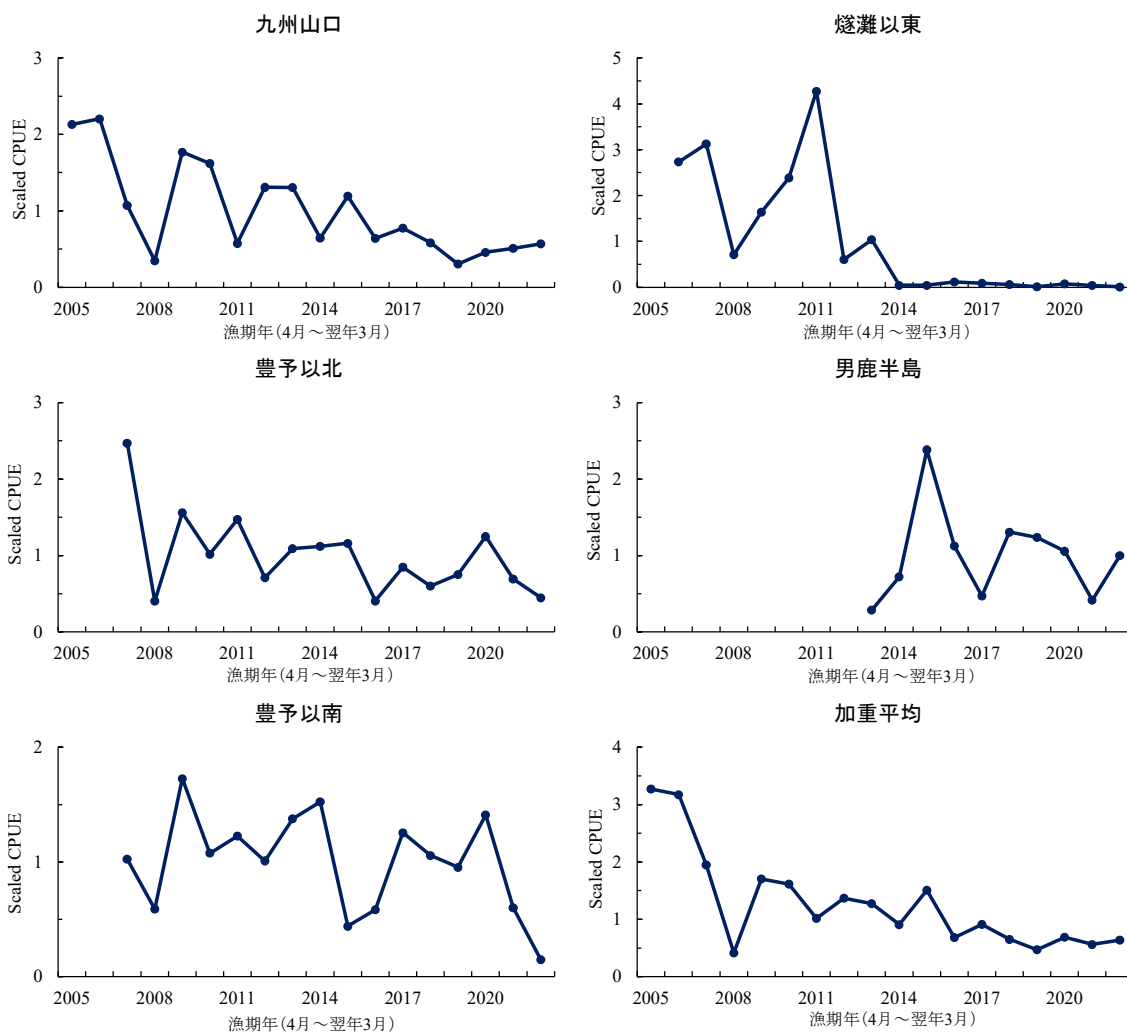
今回検討を行い試算したチューニング VPA から得られた 0 歳天然資源尾数を用いて、産卵親魚来遊指標値との関係が再生産関係式にフィットするかを検討した。0 歳天然資源尾数は全海域から得られた年齢別 CPUE を用いて算定し、産卵親魚来遊指標値については、瀬戸内海（備讃瀬戸、関門海峡、4～5 月）、有明海（長崎県海域、4～5 月）、男鹿半島（4～6 月）の産卵期親魚の来遊情報を用いて算定し、再生産関係式との適合を検討した。その結果、瀬戸内海のみ（補足図 10-9A, AICc =7.23）、瀬戸内海と男鹿半島（補足図 10-9B, AICc=6.75）、などの一部のデータよりも、瀬戸内海、男鹿半島、有明海長崎県海域の収集した全指標値の海域データを使用したときに、全船、代表船いずれを用いた場合でもベバートンホルト型、最大絶対値法、自己相関なし、を選択したときに AICc が最も小さくなった（順に AICc =3.64, 3.41、補足図 10-9C, FD）。なお、同じ条件で指標値を全産卵場海域データ（長崎全船）とし、0 歳天然資源尾数に令和 5 年度評価結果に適用した場合、再生産関係式はリッカー型、最大絶対値法、自己相関なしの時に AICc =10.26 と最少となったが、予測区間もやや大きくなるなど、適合性は低いと考えられた（補足図 10-9E）。これらの結果からは、より多くの資源量指標値を用いて資源量推定を行うことで、天然資源尾数の推定精度が向上し、また、総親魚量ではなく、本系群では産卵場に来遊した親魚が天然加入に大きく貢献することが考えられ、IHS（産卵親魚来遊指標値）を用いることで、天然資源尾数の推定が可能になると考えられる。

実際に算定した天然資源尾数と産卵親魚来遊指標値の間には一定の比例関係があると考えられ、産卵場に来遊した親魚の量的割合に応じて天然加入が見られることが考えられる。そこで、再生産成功率を算定する（天然資源尾数）/（総親魚量）計算手法の要領で、分母を産卵親魚来遊指標値として、これを「再生産成功率（RPI）」とし、年度間の傾向を検討した（補足図 10-10）。その結果、2010 年漁期を除いて、ほとんどの参照年で RPI の相対値は 1 付近を推移し、産卵親魚の来遊量に応じた天然発生・加入が行われていることが示唆された。2010 年漁期は産卵親魚の来遊量に対して他の年の 2 倍以上の天然発生があったと推定され、水温などの物理環境要因や餌料発生などの生物学的背景によって大きな加入があったと推定している。また、瀬戸内海の産卵場 CPUE のみを用いたケースで RPI の相対値が大きく有明海を加えることで小さくなっており、有明海でも例年よりは多い天然発生であった可能性はあるが、親の来遊量としては瀬戸内海の事情とは異なり、一定量の親魚の来遊はあったと考えられ、そのことが RPI の低下につながったと考えられる。

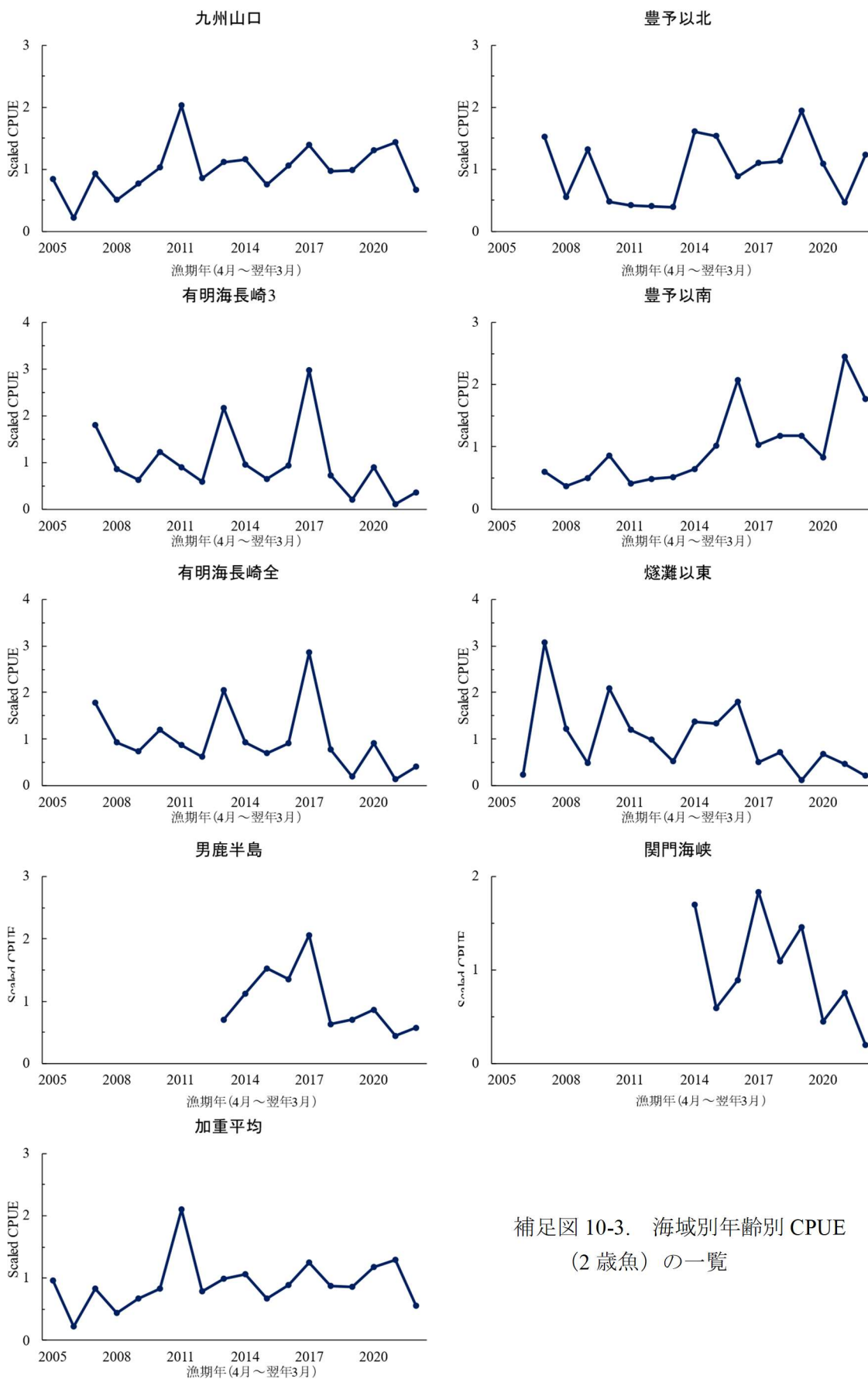
こうした結果からは、再生産成功率（RPS）を用いて本系群の再生産関係を検討するよりは、産卵場に来遊した親魚の漁獲強度として CPUE 情報を収集することで、天然資源尾数の推定につなげることができると考えられる。現状では資源量指標値の参照年数が短い年齢群があり、また、産卵場に関する指標値もすべての産卵場海域を網羅しているわけではなく、今後も、経年的なデータの積み上げとともにより深い検討が必要となると考えられる。一方で本検討を通じて、産卵来遊に増減があり、そのことが天然加入に影響を与える生物特性を明らかにしたことは、本種のように産卵場回帰性や複数産卵場由来の資源が系群を構成する範囲の推定など、繁殖生態学的な原因究明を継続することで、天然加入量推定の高精度化が可能となり、産卵期の親魚情報から各年の加入量予測に貢献するなどの応用が期待される。



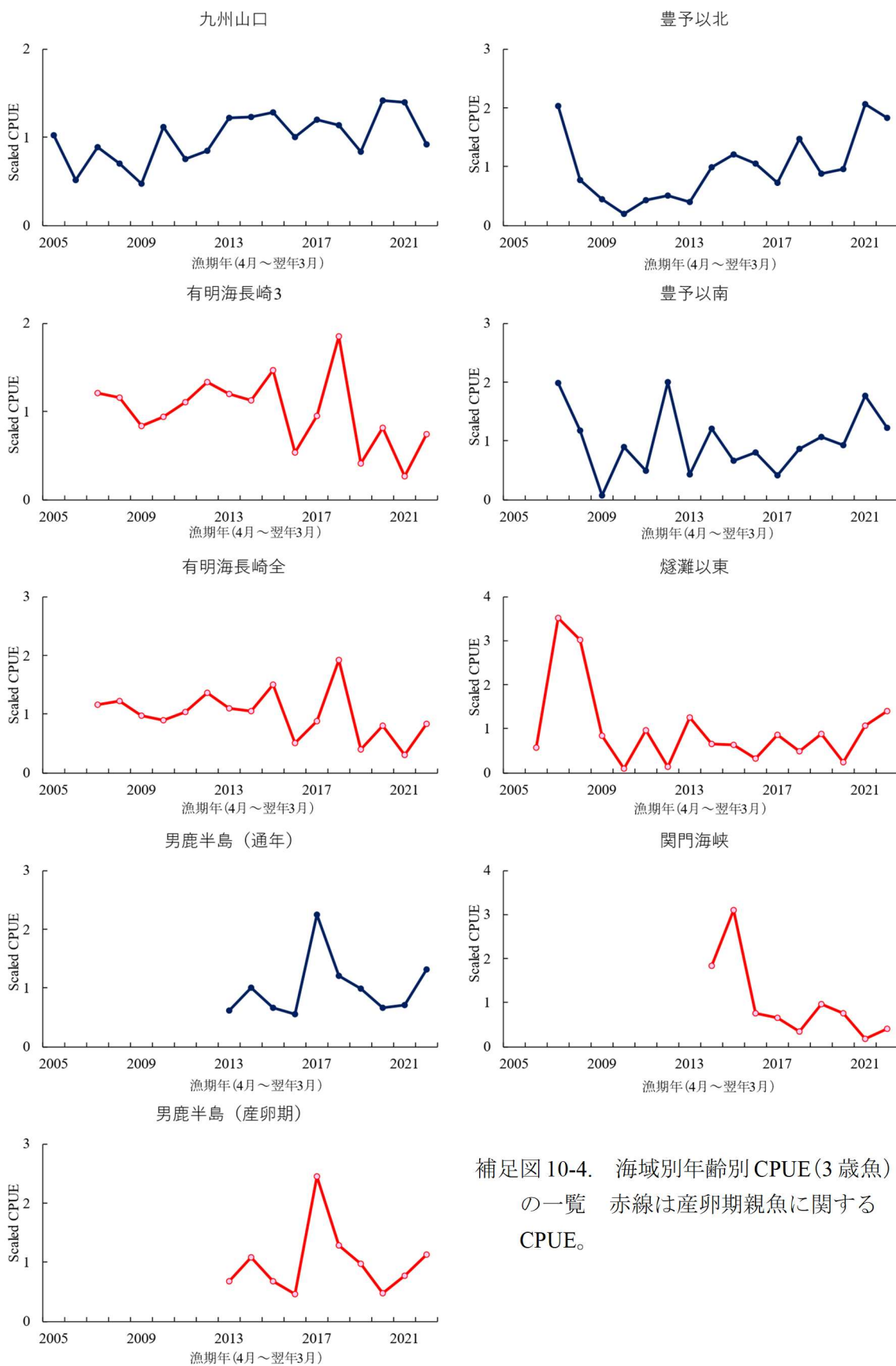
補足図 10-1. 海域別年齢別 CPUE (当歳魚) の一覧



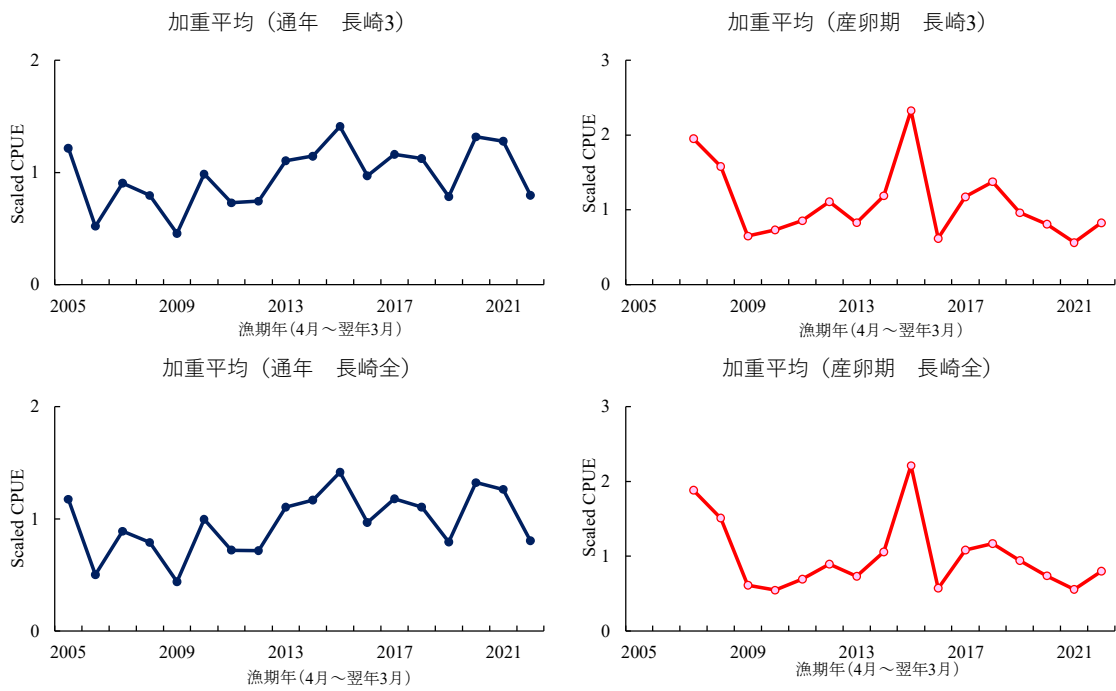
補足図 10-2. 海域別年齢別 CPUE (1 歳魚) の一覧



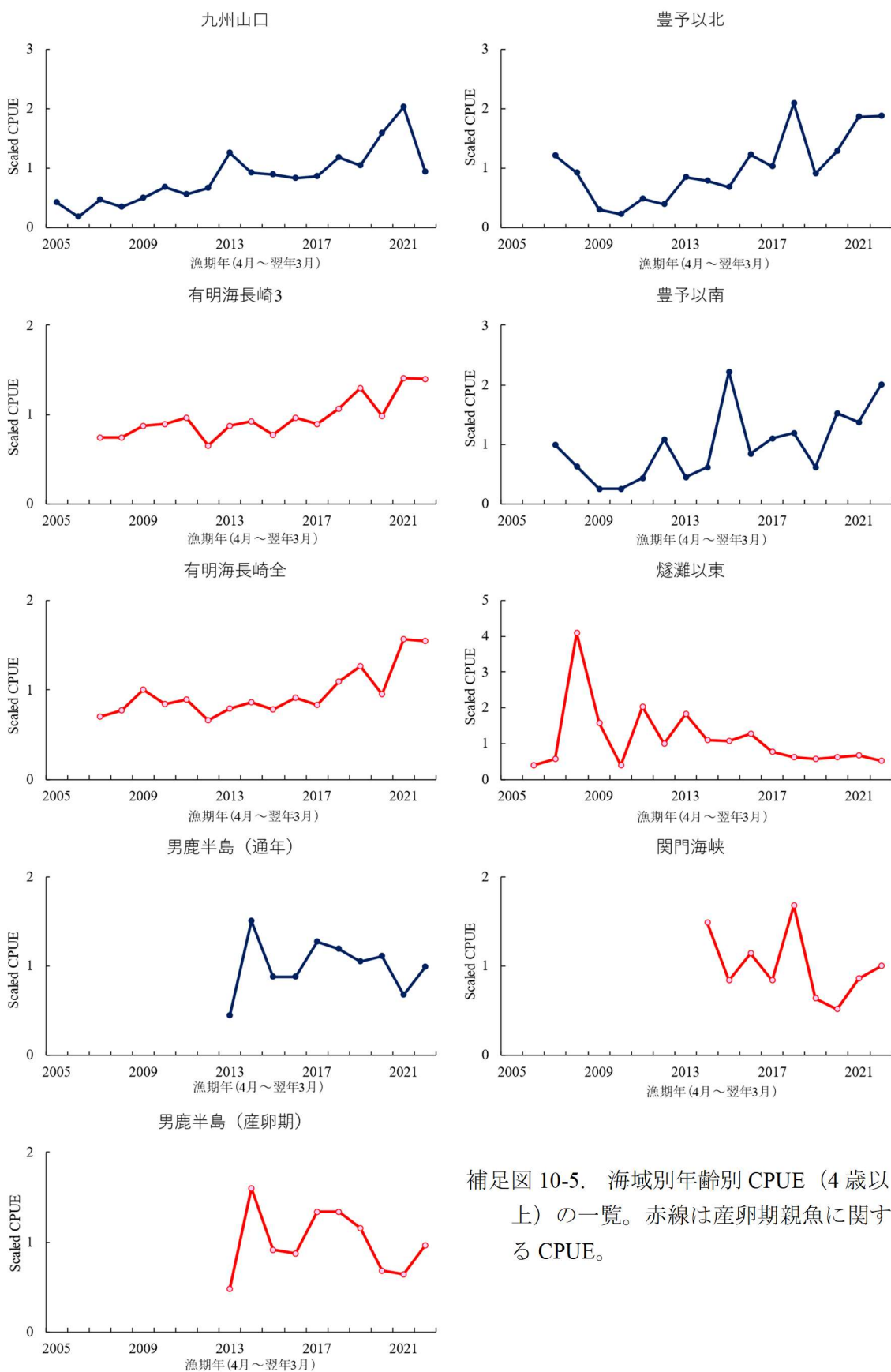
補足図 10-3. 海域別年齢別 CPUE (2 歳魚) の一覧

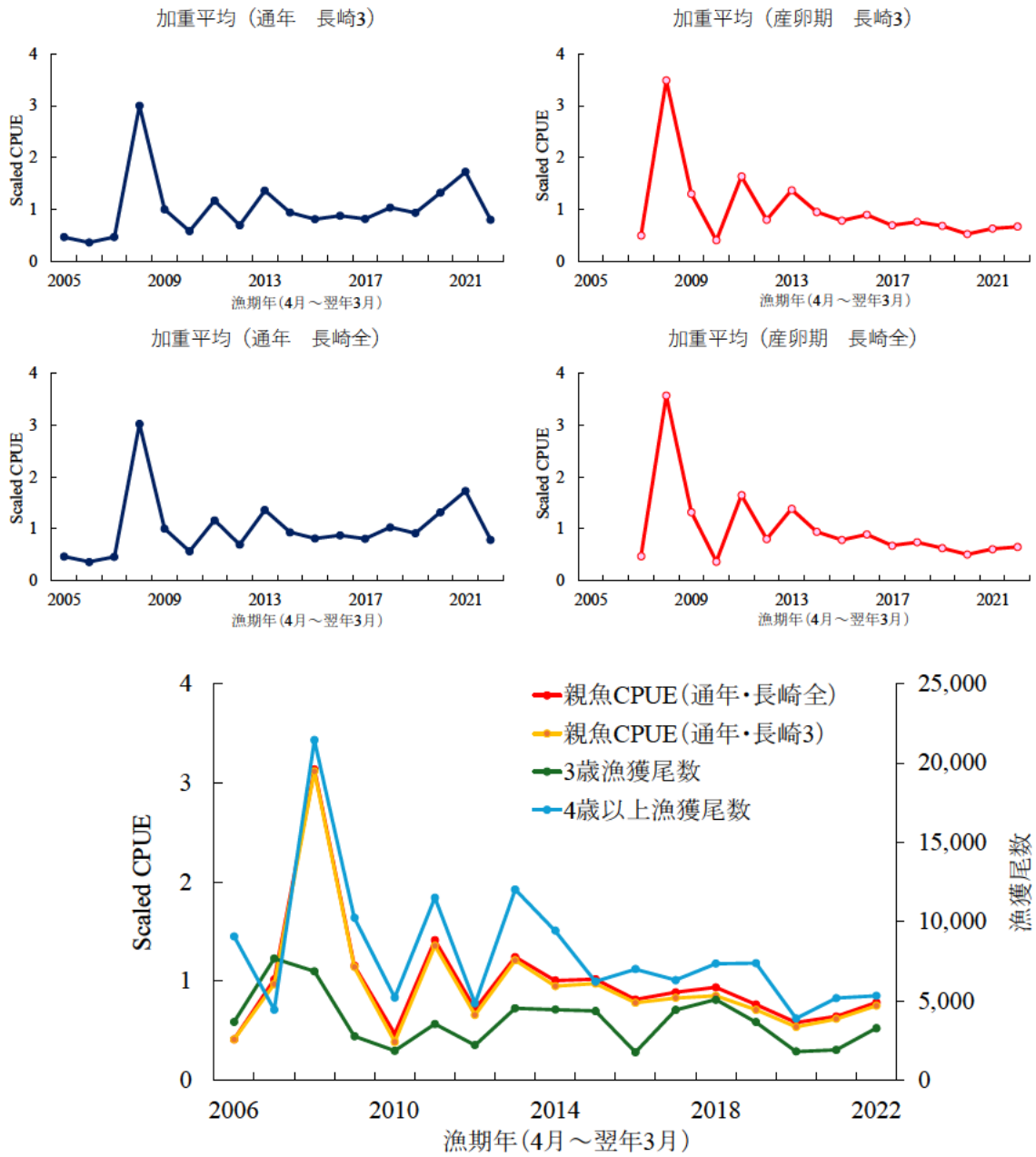


補足図10-4. 海域別年齢別 CPUE (3 歳魚) の一覧 赤線は産卵期親魚に関する CPUE。

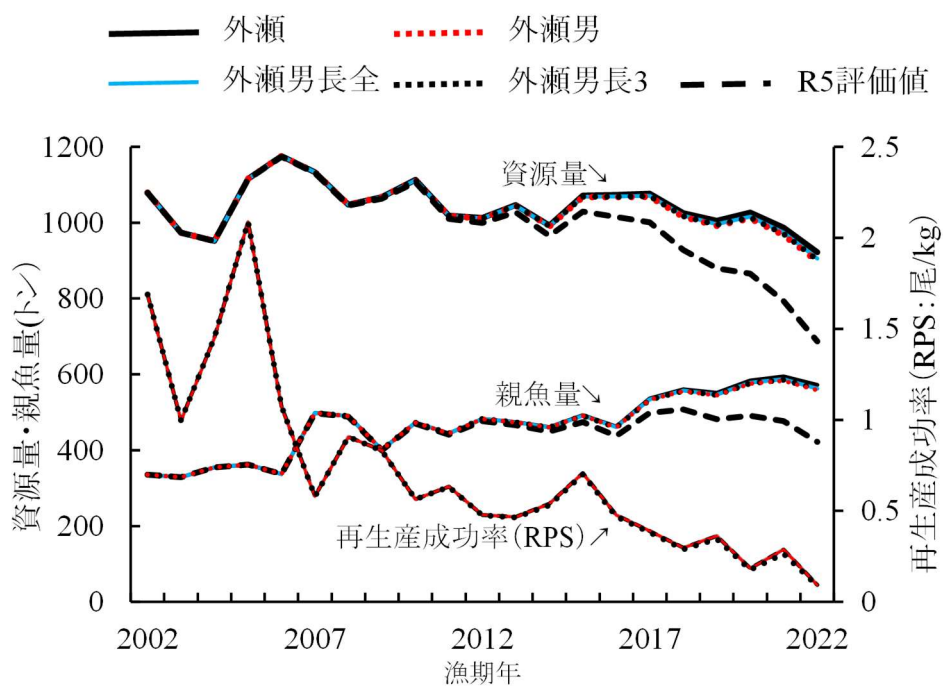


補足図 10-4. (続き)



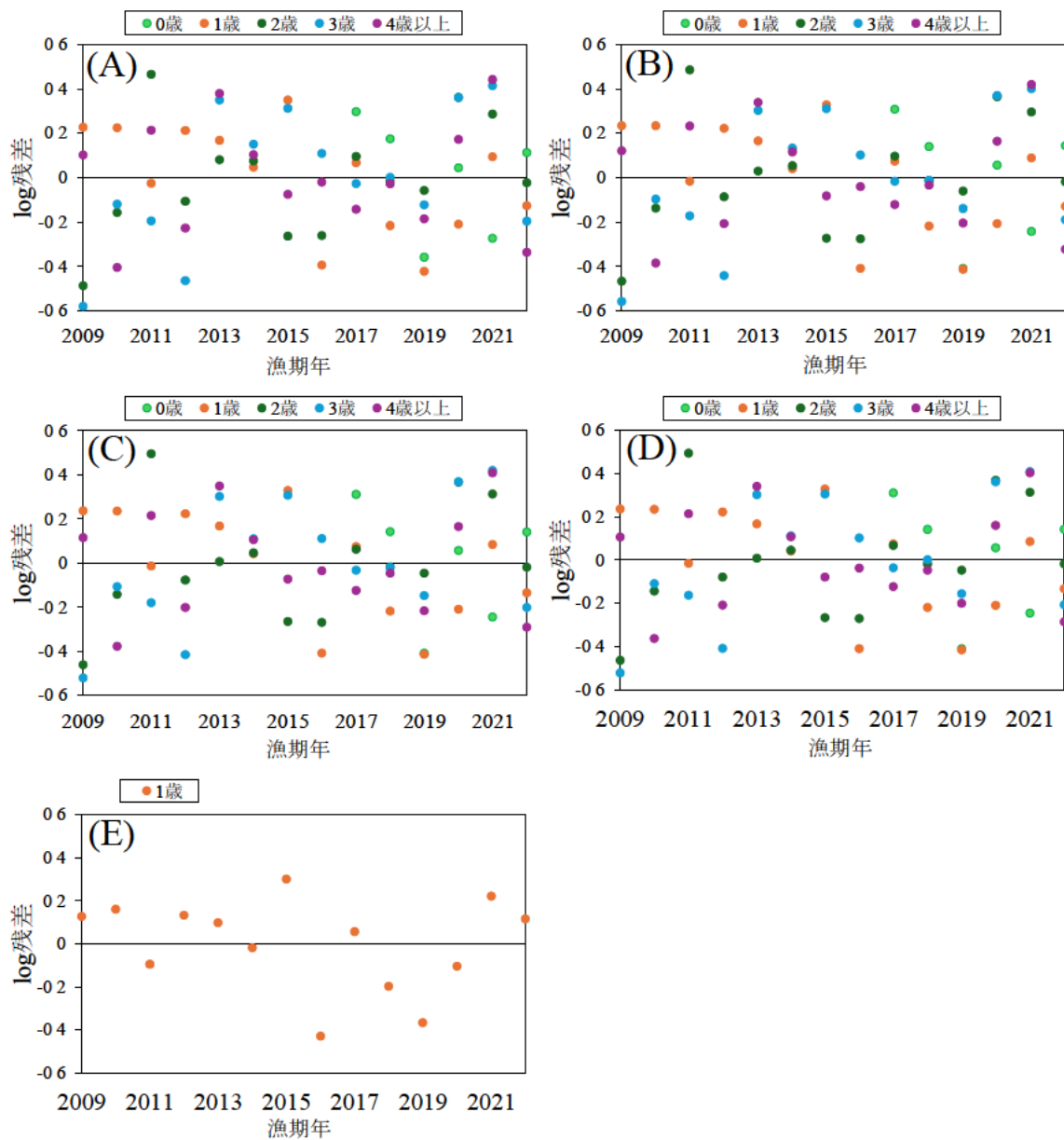


補足図 10-5. (続き)

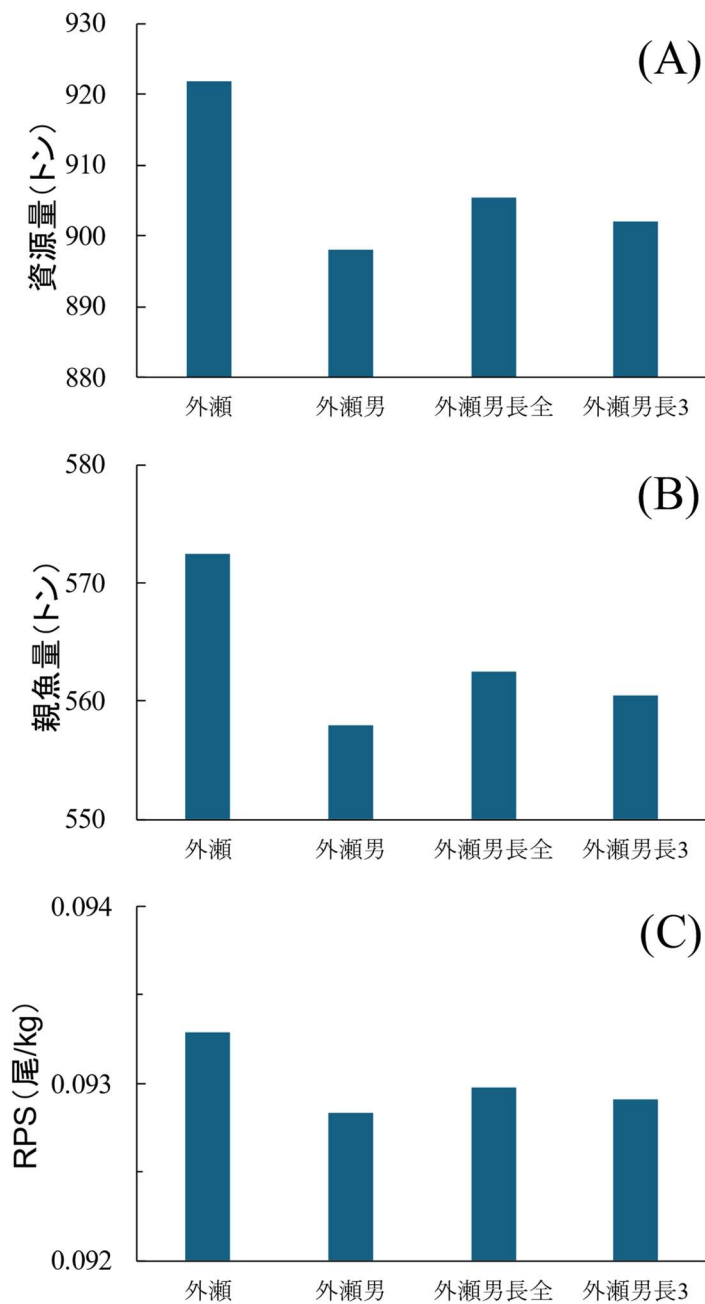


補足図 10-6. 海域別年齢別 CPUE を用いた全年齢チューニング VPA の試算結果

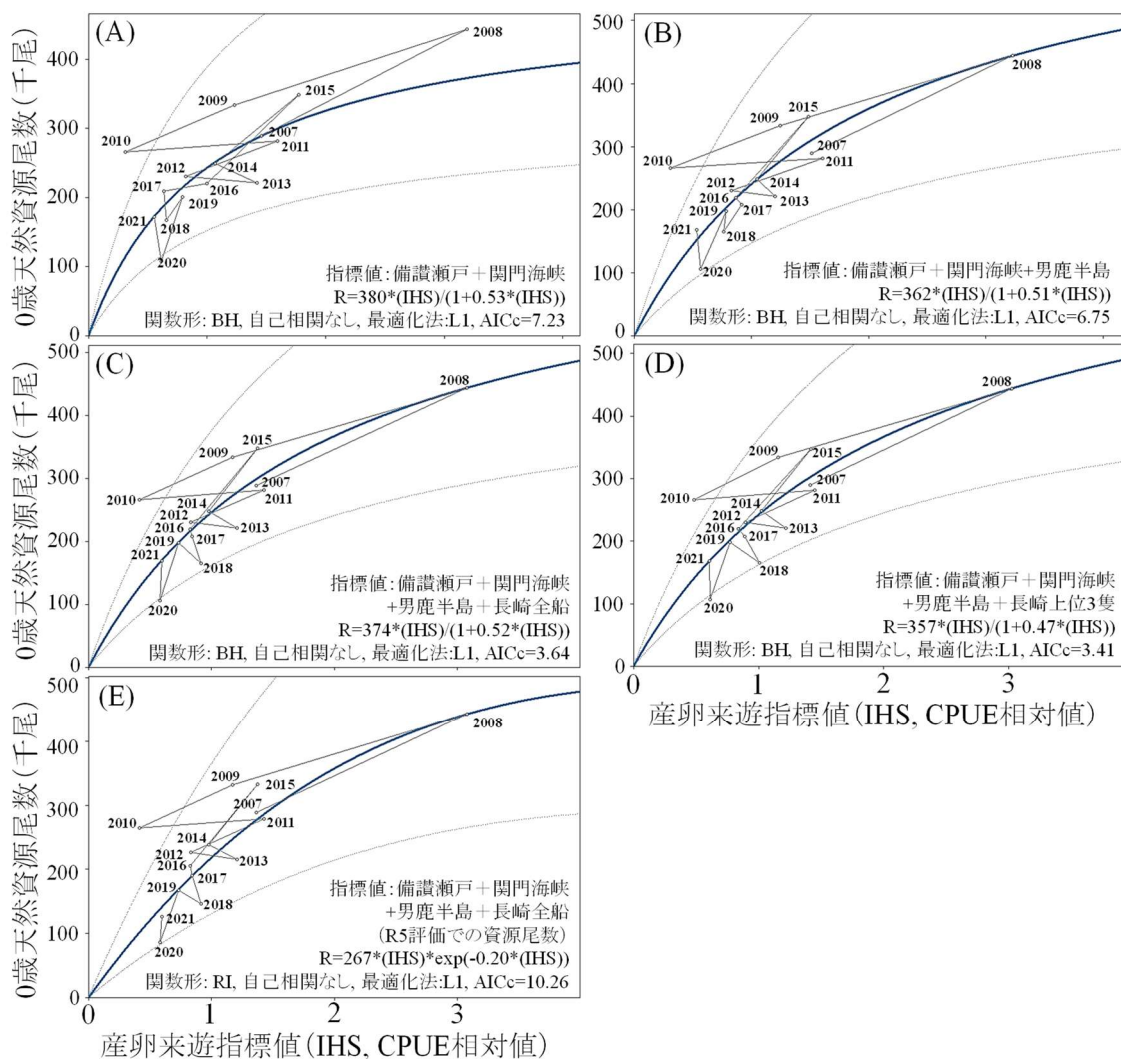
各色分け線は使用した指標値を示す。(外：九州山口北西海域、瀬：瀬戸内海（備讃瀬戸、豊予南北、関門海峡)、男：男鹿半島、長：有明海長崎県海域全船、長3：有明海長崎県海域代表3隻)、破線はR5年度評価結果。



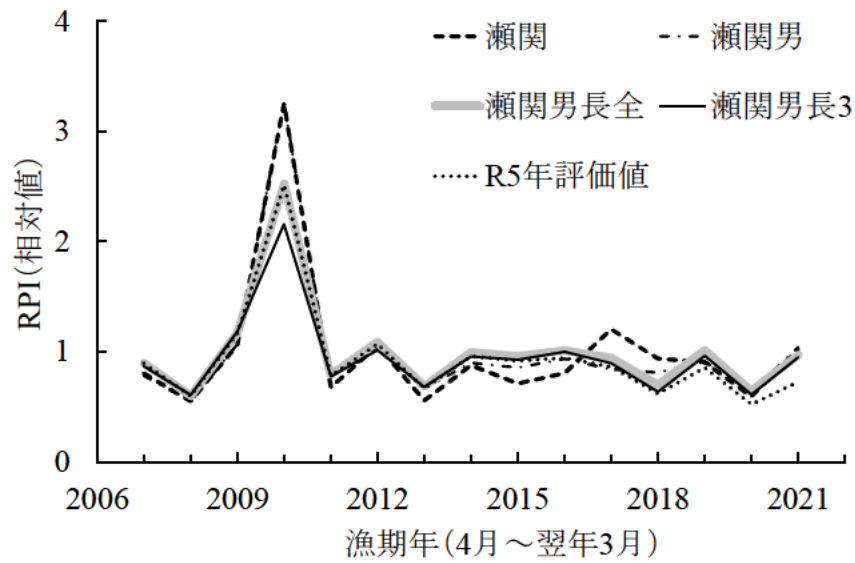
補足図 10-7. チューニング VPA に伴う各年齢別 CPUE の対数残差 (A) 外海+瀬戸内海 (備讃瀬戸+豊予南北、関門海峡) を指標値、(B) (A) + 男鹿半島を指標値、(C) (B) + 有明海長崎県海域全船を指標値、(D) (B) + 有明海長崎県海域代表 3 隻を指標値、(E) R5 年度評価での指標値 (1 歳魚のみ指標値)。



補足図 10-8. 使用データの違いによる資源量、親魚量、RPS の違い (外：九州山口北西海域、瀬：瀬戸内海 (備讃瀬戸、豊予南北、関門海峡)、男：男鹿半島、長全：有明海長崎県海域全船、長 3：有明海長崎県海域代表 3 隻)



補足図 10-9. 産卵来遊指標値を用いた再生産関係式に基づく0歳天然資源尾数との関係
 (A) 備讃瀬戸、関門海峡による産卵来遊指標値に基づく0歳天然資源尾数との関係、
 (B) 備讃瀬戸、関門海峡、男鹿半島による産卵来遊指標値に基づく0歳天然資源尾数との関係、(C) 備讃瀬戸、関門海峡、男鹿半島、有明海長崎県海域全船による産卵来遊指標値に基づく0歳天然資源尾数との関係、(D) 備讃瀬戸、関門海峡、男鹿半島、有明海長崎県海域代表3隻による産卵来遊指標値に基づく0歳天然資源尾数との関係、(E) 備讃瀬戸、関門海峡、男鹿半島、有明海長崎全船による産卵来遊指標値に基づく、R5年度評価結果(1歳資源量指標値に基づく)における0歳天然資源尾数との関係。黒色実線は再生産曲線、灰色点線は90%予測区間。R:0歳天然資源尾数(千尾)、IHS:産卵来遊指標値。産卵来遊指標値は各海域の産卵親魚(産卵期:3歳以上)CPUEの相対値。図中の各数値は漁期年。



補足図 10-10. 産卵親魚来遊指標値を用いた天然資源尾数の加入指標の算出

RPI : Recruit per index of homing spawner と定義し、 $RPI = \frac{\text{天然資源尾数}}{\{(\text{産卵親魚来遊指標値}) \times (\text{親魚平均体重})\}}$ として、相対値として算出。瀬：瀬戸内海産卵場（備讃瀬戸+関門海峡）、男：男鹿半島、長全：有明海長崎県海域全船、長3：有明海長崎県海域代表3隻、それぞれに基づく産卵親魚来遊指標値による推定。