

## 令和 3（2021）年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価

水産研究・教育機構 水産資源研究所 水産資源研究センター

参画機関：静岡県水産・海洋技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所、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、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した。資源量は 1993 年漁期から 1998 年漁期にかけて 382 トンから 150 トン程度へ減少したが、1999 年漁期から増加に転じ 2002 年漁期には 806 トンとピークに達した。しかし、2004 年漁期以降は、2007～2009 年漁期に限っては 300 トンを超えたが、それ以外の漁期年は 300 トンに満たなかった。

資源水準は資源量が推定されている過去 28 年間に於いて最大となった 2002 年漁期の 806 トンを基準に、0～806 トンを三等分し、上位から高位、中位、低位とした。2020 年漁期の資源量は 140 トンと推定され、低位の水準に区分された。動向は最近 5 年間（2016～2020 年漁期）の資源量の推移から横ばいと判断した。

本系群の資源量は、不定期に発生する卓越年級群の影響により大きく変動し、親魚量と加入量との再生産関係は不明瞭である。本種は栽培漁業対象種であり、本系群に対しては 1980 年代から大規模な人工種苗放流が行われている。2020 年漁期の放流尾数は 48 万尾、放流魚の混入率は 58%、添加効率は 0.048 であった。

本年度は資源水準を低位と判断したことから、親魚量を増加させることを管理目標として F20%SPR を適用した。本系群は栽培漁業の対象であり、大規模な種苗放流により一定量の加入が親魚量によらず保障されている。また、提案する管理基準による漁獲圧削減によって親魚量の十分な回復が期待できることから、令和 3（2021）年度 ABC 算定のための基本規則 1-3)-(2)（FRA-SA2021-ABCWG02-02）を適用し、係数  $\beta_1$  には 1.0 を用いて 2022 年漁期 ABC を算定した。

管理基準	Target/ Limit	2022 年漁期 ABC(トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
F20%SPR	Target	30	28	0.27 (-43%)
	Limit	36	30	0.34 (-28%)

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。Ftarget= $\alpha$ Flimit とし、係数  $\alpha$  には標準値 0.8 を用いた。漁期年は 4 月～翌年 3 月、現状の F 値 (Fcurrent) は 2018～2020 年漁期の F の単純平均値であり、0.47 である。漁獲割合は 2022 年漁期 ABC/資源量 (2022 年 10 月時点)、F 値は各年齢の単純平均値である。2022 年漁期は 2022 年 4 月～2023 年 3 月である。

漁期年	資源量 (トン、10月)	親魚量 (トン、4月)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合 (%)
2017	156	45	95	0.67	61
2018	131	62	63	0.49	48
2019	147	80	66	0.51	45
2020	140	65	58	0.42	41
2021	122	73	47	0.47	38
2022	119	75	—	—	—

漁期年は4月～翌年3月である。

2021年漁期および2022年漁期の値は将来予測に基づく予測値である。

F値は各年齢の単純平均値、漁獲割合は各漁期年の漁獲量/資源量で示す。

水準：低位 動向：横ばい

本件資源評価に使用したデータセットは以下のとおり

データセット	基礎情報、関係調査等
年齢別・漁期年別漁獲尾数	漁場別漁獲状況調査(周年、静岡県、愛知県、三重県) 生物情報収集調査(周年、静岡県、愛知県、三重県) ・主要市場での魚体測定 漁業種別月別全長組成調査(周年、静岡県、愛知県、三重県) ・0歳から3+歳に相当する混合正規分布の当てはめによる年齢別漁獲尾数の推定
資源量指数 0歳天然魚資源量指標値 1歳魚資源量指標値	新規加入量調査(5～7月、三重県) ・サーフネット調査の曳網あたり天然稚魚採集尾数* 漁場別漁獲状況調査(10月～翌年2月、静岡県、愛知県、三重県) ・ふぐはえ縄漁業による努力量* 生物情報収集調査(10月～翌年2月、静岡県、愛知県、三重県) ・ふぐはえ縄漁業による1歳魚漁獲尾数*
人工種苗放流尾数、標識放流魚漁獲尾数等	栽培漁業用種苗等の生産・入手・放流実績(水産庁増殖推進部、国立研究開発法人水産研究・教育機構、公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会) 資源増大技術開発事業報告書一回帰型回遊性種—(トラフグ)(佐賀県ほか 2006)
自然死亡係数(M)	年当たり $M=0.25$ を仮定(田中 1960)

\*はコホート解析におけるチューニング指数である。

## 1. まえがき

トラフグ伊勢・三河湾系群は、1975年頃から漁業対象となった比較的新しい資源であり、1989年漁期に漁獲量が400トンを超える豊漁となり、これを契機として水産資源としての重要性が高まった（船越 1990）。2002年度に伊勢湾・三河湾小型機船底びき網漁業対象種資源回復計画が作成され、TAE（漁獲努力可能量）制度による管理が開始されたことに伴い、同年度に資源評価対象魚種系群に加えられた。資源回復計画は2011年度で終了したが、同計画で実施されてきた管理措置は、2012年度以降も新たな枠組みである資源管理指針・計画のもとで継続して実施されている。

加入が不安定である中、資源の安定的な維持・造成を目的として、1980年代からトラフグ人工種苗が放流されている。取り組み開始当初の放流尾数は年間10万～40万尾程度であったが、1999年漁期以降は毎年40万～70万尾が放流適地である伊勢湾を中心に放流されている。トラフグ標識放流魚については、参画各県と国立研究開発法人水産研究・教育機構が連携して混入率、添加効率等を調査している。

## 2. 生態

### (1) 分布・回遊

トラフグ伊勢・三河湾系群は紀伊半島東岸から駿河湾沿岸域を主な生息海域とし（図1）、標識放流実験の結果等（安井・濱田 1996）から、他の海域の資源とは独立した一つの系群と考えられている（伊藤 1997）。ただし、近年は主な生息海域の外側東方に位置する東京湾周辺海域での漁獲が急増している（櫻井ほか 2013、高草木 2020）。

### (2) 年齢・成長

体サイズは1歳で全長26 cm、体重0.4 kg、2歳で全長40 cm、体重1.4 kg、3歳で全長48 cm、体重2.9 kgに達する（図2）。寿命は10年以上と考えられている。

### (3) 成熟・産卵

産卵期は4～5月とみられ、成熟年齢は雄で2歳、雌で3歳である（三重県ほか 1998）。伊勢湾口部の産卵場で漁獲されるトラフグ成熟親魚は性比が著しく雄に偏るが、これは雌が産卵後速やかに産卵場から離れるのに対して、雄は繁殖期を通して長く産卵場にとどまるという本種の産卵生態によるものと考えられる（藤田 1996）。産卵場としては底質の粒径が2 mm以上の礫混じりの粗砂を選択的に利用しており、このような条件を備えた産卵場として、三重県安乗岬の沖合および愛知県渥美半島の外海に位置する通称「出山」の周辺水域が知られている（神谷ほか 1992、中島 2001、白木谷ほか 2002）。卵は直径1.2～1.4 mmの球形で乳白色不透明の沈性粘着卵である。海底の表面に産み付けられ、孵化までには7～12日間を要する。

### (4) 仔稚魚

全長約3 mmでふ化した仔魚は、潮流により伊勢湾内および三河湾内に輸送され、全長10 mm前後にまで成長すると湾中央部から奥部に広がる砂浜海岸の砕波帯に着底する（中島ほか 2008、津本 2013）。干潟域や河口域で全長60 mm前後に達した稚魚は、伊勢湾内

および三河湾内の水深 10 m 以浅の海域へと生息場所を徐々に広げていくものと推察されている。

#### (5) 被捕食関係

食性は、仔魚後期までは専ら動物プランクトン、稚魚期は端脚類、十脚類、多毛類、昆虫類を捕食する（津本 2013）。未成魚期はイワシ類、その他の幼魚や甲殻類を、成魚期は甲殻類や魚類を好んで捕食する（落合・田中 1986）。

### 3. 漁業の状況

#### (1) 漁業の概要

本系群を対象とした漁業には、ふぐはえ縄漁業（静岡県、愛知県、三重県）、小型機船底びき網漁業（愛知県、三重県）およびまき網漁業（三重県）がある（図 3-1、3-2）。小型機船底びき網漁業の操業海域は、伊勢湾、三河湾および渥美半島外海の 3 海域に大別される。

4～5 月に産まれた 0 歳魚は、その年の秋季には全長 25 cm、体重 0.3 kg 程度に成長して伊勢湾および三河湾で操業する愛知県および三重県の小型機船底びき網漁業により漁獲される。0 歳の冬季以降には渥美半島の外海で操業する愛知県の小型機船底びき網漁業により漁獲されるようになる。その後、1 歳の秋季には全長 35 cm、体重 1.0 kg 程度に成長して伊勢湾口沖を中心とした遠州灘から熊野灘にかけての海域で静岡県、愛知県および三重県のふぐはえ縄漁業の漁獲対象となる。

小型機船底びき網漁業については、資源回復計画の対象となった 2002 年度から当該漁業で漁獲される 25 cm 以下の小型魚を再放流するという資源管理措置が導入され、伊勢湾および三河湾の操業海域においては 2002 年度より、渥美半島外海の操業海域においては 2007 年度より水揚げ制限が実施された。資源回復計画は 2011 年度で終了したが、同計画で実施されてきた管理措置は、2012 年度以降も新たな枠組みである資源管理指針・計画のもとで継続して実施されている。

ふぐはえ縄漁業については操業秩序の維持と資源管理を目的とした自主管理協定があり、操業期間の制限（10 月～翌年 2 月末）、漁法（松葉漁具、灯火の制限）、魚体（700 g 未満採捕制限）等の制限措置が実施されている。近年は解禁当初の漁獲努力量を重点的に抑制し、5 ヶ月間の漁期を通じた水揚げの安定化並びに漁獲金額の最大化に向けた操業スタイルの転換が進められている。

三重県安乗岬の沖合では春季のトラフグ産卵期に、産卵場へ集群するトラフグ成熟親魚が、少量ながらまき網漁業により漁獲されていた。しかし、2006 年漁期以降は成熟親魚の漁獲は自主規制されている。

#### (2) 漁獲量の推移

トラフグ伊勢・三河湾系群の漁獲量は、不定期に発生する卓越年級群の影響により大きな変動を示す（図 4-1、4-2）。1993 年漁期の漁獲量は 302 トンであったが、2001 年級群が卓越年級群であったことに伴って、2002 年漁期の漁獲量は 560 トンの豊漁となった。しかし、2003～2004 年級群の加入尾数が 10 万尾以下と非常に少なかったため、それらの年級群が漁獲の主体となった 2005 年漁期の漁獲量は 78 トンへ減少した。2006 年漁期からは資

源量が増加し、2007～2009年漁期には資源量が中位水準で推移したことから、2006～2009年漁期の漁獲量は200トン前後で安定した。しかし、2010年漁期以降は200トン以下の漁獲量が続き、2020年漁期の漁獲量は1993年漁期以降で最も少ない58トンとなった。2020年漁期の漁獲量の漁業種類別の内訳は、小型機船底びき網漁業（伊勢湾・三河湾）が5.6トン（10%）、小型機船底びき網漁業（渥美外海）が6.0トン（10%）、ふぐはえ縄漁業が46.3トン（80%）であり、全体の8割がふぐはえ縄漁業によるものであった（補足表2-5）。

### （3）漁獲努力量

資源回復計画の対象であった小型機船底びき網漁業について、三重県および愛知県における漁期年別の延べ操業隻数、0歳魚漁獲尾数、0歳魚漁獲量およびCPUE（漁獲量/隻・日）を表1-1、1-2に示す。三重県における小型機船底びき網漁業の延べ操業隻数は2001年漁期には1,000隻・日を超えていたが、資源回復計画がスタートした2002年漁期以降は漸減し、2007年漁期以降は500隻・日以下に抑制されている。また、三重県の当該漁業における0歳魚漁獲量は、2001年漁期には9トンであったが、資源回復計画の実施に伴い急減し、2002年漁期以降は2トン以下に減少している。2020年漁期の三重県における小型機船底びき網漁業の延べ操業隻数は83隻・日、0歳魚漁獲量は0.1トンであった。

東海3県におけるふぐはえ縄漁業の漁獲努力量（延べ操業隻数）は、2000年漁期の12,074隻・日をピークとして徐々に削減される傾向にあり、2011年漁期以降は4,000隻・日以下で推移している（表2）。近年における漁獲量の減少並びに魚価安傾向を勘案して、漁業者による自主的な努力量の抑制がさらに進められており、2020年漁期の延べ操業隻数は1,450隻・日であった。

## 4. 資源の状態

### （1）資源評価の方法

資源尾数は0歳魚、1歳魚、2歳魚および3歳魚以上をプラスグループとした年齢別漁獲尾数をもとに、資源量指標値を考慮したコホート解析により計算した（補足資料1、2）。データとして1993～2020年漁期の年齢別漁獲尾数を用い、誕生月を4月、年当たりの自然死亡係数（M）を0.25と仮定して、Popeの近似式により年齢別資源尾数を推定した。さらに、年齢別資源尾数に年齢別平均体重を乗じて年齢別資源量を求め、各年齢の資源量の合計を資源量とした。資源量指標値には2004年漁期以降のサーフネット調査の曳網あたりトラフグ天然稚魚採集尾数を標準化したCPUEを0歳天然魚資源量指標値として（FRA-SA2021-RC02-401）、1995年漁期以降のふぐはえ縄漁業の月別延べ操業隻数および1歳魚月別漁獲尾数からDeLury法により推定した1歳魚初期資源尾数を1歳魚資源量指標値として用いた（Nishijima et al. 2019）。将来予測における各年齢の漁獲係数には直近3年間の平均値（Fave2018-2020）、2021年漁期の加入尾数には、2021年漁期の0歳天然魚資源量指標値等から推定した天然由来加入尾数と放流由来加入尾数の直近5年間（2016～2020年漁期）の平均値の合計を仮定した。2022年漁期以降の加入尾数は2017～2021年漁期（天然由来+放流由来）の5年間の単純平均値が毎年一定して続くことを仮定した。

## (2) 資源量指標値の推移

コホート解析のチューニングに利用した0歳天然魚資源量指標値および1歳魚資源量指標値を図5、6、補足表2-1に示す。

加入量の指標となる0歳天然魚資源量指標値は2006年漁期の151.51を最大として2004～2011年漁期、および2011～2017年漁期にかけて増減を繰り返したが、2017年漁期以降は低い値で推移した。2020年漁期および2021年漁期の指標値は順に4.63および7.73であり、指標値が得られている18年間において順に1番目および3番目に低い値であった。

1歳魚資源量指標値は、2002年漁期の549,009を最大、1996年漁期の17,626を最小として1995～2004年漁期、2004～2013年漁期、2013～2018年漁期にかけて増減を繰り返し、2018年漁期以降は横ばいで推移した。2020年漁期の1歳魚資源量指標値（2019年級群に対応）は50,120であり、指標値が得られている26年間の平均値（100,637）の約半分と低い水準であった。なお、指標値の算出で得られる1歳魚に対するふぐはえ縄漁業の漁具能率は、2000年漁期を最低として年々向上する傾向が続いている（図7）。

## (3) 漁獲物の年齢組成

漁期年別の漁獲物の年齢組成を図4-1、4-2、補足表2-2、2-3、2-4に示す。2020年漁期の年齢組成は、0歳魚が18%（0.84万尾）、1歳魚が59%（2.79万尾）、2歳魚が11%（0.52万尾）、3+歳魚が12%（0.56万尾）であった。2020年級群の加入量の多寡の指標となる0歳魚の漁獲尾数は過去最低であった。

2020年漁期の漁業種類別の年齢組成は、小型機船底びき網漁業では0歳魚が57%（0.84万尾）、1歳魚が30%（0.43万尾）、2歳魚が8%（0.11万尾）、3+歳魚が5%（0.08万尾）であり、ふぐはえ縄漁業では1歳魚が73%（2.36万尾）、2歳魚が12%（0.41万尾）、3+歳魚が15%（0.48万尾）であった（補足表2-5、2-6）。

## (4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した資源量を図8、補足表2-2、2-3、2-4に示す。資源量は1993年漁期から1998年漁期にかけて382トンから150トン程度へ減少したが、1999年漁期から増加に転じ2002年漁期には806トンとピークに達した。しかし、2004年漁期以降は、2007～2009年漁期に限っては300トンを超えたが、それ以外の漁期年は300トンに満たなかった。2020年漁期の資源量は140トンと推定された。

親魚量は1993～2002年漁期までは40トン前後で推移したが、2001年級群が卓越年級群であったことに伴って2003～2004年漁期には100トンを上回った。2005年漁期以降は42～111トンの範囲で増減を繰り返し、2020年漁期の親魚量は65トンと推定された。

漁獲割合は1998年漁期の85%をピークとして、それ以降は変動しながらも減少する傾向にあった（図8）。2020年漁期の漁獲割合は41%と推定され、2018年漁期以降は50%以下に抑制されていた。

年齢別漁獲係数の推移を図9、補足表2-2、2-3、2-4に示す。0歳魚に対する漁獲係数は1990年代には0.5を超える高い値であったが、資源回復計画がスタートした2002年漁期以降では2017年漁期に限っては0.4を超える高い値であったが、それ以外の漁期年では0.2前後の低い値で安定していた。1歳魚および2歳魚以上に対する漁獲係数は、変動しな

がらも低下する傾向にあった。

本評価では自然死亡係数 (M) を 0.25 と仮定したが、M を 0.1、0.4、0.55 に変更した場合の 2020 年漁期の資源量、親魚量、加入量 (0 歳魚資源尾数) を推定した (図 10)。M を大きくするといずれの値も増加し、M が 0.1 変化すると、資源量は 6%程度、親魚量は 14%程度、加入量は 22%程度変化した。

#### (5) 再生産関係

本種の成熟年齢は雄で 2 歳、雌で 3 歳であることから、成熟率を 2 歳で 50%、3 歳以上で 100%、雌雄比を 1 対 1 と仮定して親魚量を推定した (鈴木ほか 1996)。本系群に対しては毎年人工種苗が放流されていることから、全体の加入尾数と放流魚の加入尾数の差から天然魚のみの加入尾数を推定し再生産関係を検討した (図 11、補足表 3-1)。過去 28 年間において親魚量 (4 月) は 29~131 トン、天然魚の加入尾数 (10 月) は 2 万尾~106 万尾の範囲で大きく変動しており、親魚量と加入尾数との間に明瞭な再生産関係を見いだすことはできない。なお、2009 年級群以降の加入尾数は少ない状態が連続していた。

#### (6) 再生産成功率と海洋環境との関係

再生産成功率の推移を図 12、補足表 3-1 に示す。本種の再生産成功率には親魚量よりも海洋環境の条件が強く影響を与えていると推察され、その背景として以下の知見が得られている。

本系群の初期生活史として、伊勢湾口部のトラフグ産卵場の海底付近でふ化した仔魚が潮流により伊勢湾内および三河湾内へ輸送され、全長 10 mm 前後にまで成長すると湾中央部から湾奥部に位置する砂浜海岸の砕波帯へ着底するものと想定されており (岡田ほか 2015)、加入量は産卵から着底までの生活史のごく初期の段階ではほぼ確定することが示唆されている (鈴木ほか 2015)。また、仔魚の成長に伴う比重変化から、摂餌開始前の 0~5 日齢の仔魚は近底層に分布し、摂餌開始後の 6~12 日齢では近底層から中層に分布を広げ、14 日齢以降は浮遊仔魚として過ごすと考えられている (黒木ほか 2015)。さらに、外洋水あるいは混合水の伊勢湾への進入状況が浮遊期仔魚の伊勢湾内への移送に影響していることも解明されつつある (青木ほか 2016、岡田ほか 2015)。

#### (7) Blimit の設定

本系群は、少ない親魚量からでも時として卓越年級群が発生し、親魚量と加入尾数との間に明瞭な再生産関係を見いだすことはできない (図 11)。よって、既存の情報から Blimit を設定した場合には、誤った資源管理措置を導き出す可能性が高いと判断し、Blimit は設定しなかった。

#### (8) 資源の水準・動向

資源水準は資源量が推定されている過去 28 年間において最大となった 2002 年漁期の 806 トンを基準に 0~806 トンを三等分し、537 トン以上を高位、269 トン以上 537 トン未満を中位、269 トン未満を低位とした。2020 年漁期の資源量は 140 トンと推定され、低位の水準に区分された (図 8)。また、動向は最近 5 年間 (2016~2020 年漁期) の資源量の推

移から横ばいと判断した。

#### (9) 今後の加入量の見積もり

本系群は、少ない親魚量からでも時として卓越年級群が発生することなどから、再生産関係は不明瞭である（図 11）。そこで、三重県水産研究所が 5～7 月にかけて鈴鹿市白子海岸で実施する新規加入量調査（サーフネット調査）によるトラフグ天然稚魚の採集結果を評価当年度の資源計算に取り入れて、評価当年度の年級群の加入量を予測する手法を 2021 年度より導入した（FRA-SA2021-RC02-401）。なお、2022 年級群以降の加入量を予測するための情報は得られていないことから、2022 年級群以降の加入量は 2021 年級群の加入量の予測値を含めた直近 5 年間（2017～2021 年級群）の加入量を単純平均した値が毎年一定して続くことを仮定した。

0 歳天然魚資源量指標値を用いた方法および、0 歳天然魚資源量指標値を用いない昨年度までの方法により評価当年度の予測を含めた加入量データセットについてレトロスペクティブ解析を行った。その結果、0 歳天然魚資源量指標値を用いない方法では加入量の推定値に過大評価のバイアスが見られた一方で、0 歳天然魚資源量指標値を用いた場合には加入量のバイアスは大幅に改善された（FRA-SA2021-RC02-401）。

本系群に対しては大規模な人工種苗放流が行われていることから、今後の加入量を見積る際には、参画各県における放流事業の今後の動向にも注視し、放流規模等の変更が計画されている場合には、その情報を反映させる必要がある。

#### (10) 生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係

生物学的管理基準（漁獲係数）と現状の漁獲圧の関係を図 13 に示す。現状の漁獲係数（ $F_{\text{current}}=F_{\text{ave2018-2020}}$ ）は 0.47 であり、管理基準として提案する  $F_{20\%SPR}$ （ $F=0.34$ ）および  $0.8F_{20\%SPR}$ （ $F=0.27$ ）を超過しており、算定された ABC に則した漁獲努力量の削減が早急に必要である。

#### (11) 資源と漁獲の関係

図 14-1 に資源回復計画が導入される以前（1993～2001 年漁期）の年齢別漁獲係数等により計算された YPR および SPR を示す。F を変化させた場合の YPR は、漁獲係数が 0.36 で 676 g/尾と最大となった。また、資源回復計画導入以前の漁獲係数（ $F_{\text{ave1993-2001}}=1.08$ ）における SPR は 1.9%であり、加入資源の管理ならびに親魚資源の管理の両観点から極めて強い漁獲圧が加えられていた。

資源回復計画による漁獲圧削減措置以降（2002～2020 年漁期）の年齢別漁獲係数等により計算された YPR および SPR を図 14-2 に示す。YPR および SPR を資源回復計画導入以前の値と比較すると、YPR は 676 g/尾から 710 g/尾へと 29%増加、SPR は 1.1%から 5.5%へと改善されていた。しかし、資源回復計画以降の漁獲係数の平均値（ $F_{\text{ave2002-2020}}=0.73$ ）でも YPR が最大となる漁獲係数（ $F=0.36$ ）を大きく超えていることから成長乱獲状態にあると判断された。

## (12) 種苗放流効果

加入が不安定である中、資源の安定的な維持・造成を目的として、1980年代からトラフグ人工種苗が大規模に放流されている。種苗放流の効果、すなわち、放流魚の添加効率は、放流技術が安定してきたと思われる2003年漁期以降ではおおよそ0.04~0.05で推移し、年間2~3万尾が天然魚と共に漁獲加入していると推察された(補足資料3)。放流魚の混入率は天然魚の加入量の多寡によって2~58%の範囲で大きく変動した。2020年漁期の放流尾数は48万尾であり、混入率は58%、添加効率は0.048と推定された。

## 5. 2022年漁期ABCの算定

## (1) 資源評価のまとめ

2020年漁期の資源量は140トンと推定されたことから、資源の水準は低位、動向は横ばいと判断した。2022年漁期に漁獲の主体となる1歳魚(2021年級群)の加入(0歳魚資源尾数)は6.1万尾と極めて低い水準と推定された。また、2022年漁期に1歳魚に次いで漁獲の主体となる2歳魚(2020年級群)についても0歳魚での漁獲量は過去最低であり、コホート解析により推定された加入量の水準は極めて低かった。よって、現状の漁獲圧で漁業を続けた場合には、近い将来に資源量が中位水準へと回復する可能性は低く、算定されたABCに則した漁獲努力量の削減が早急に必要である。

## (2) ABCの算定

本年度は資源水準を低位と判断したことから、親魚量を増加させることを管理目標としてF20%SPRを適用した。本系群は栽培漁業の対象であり、大規模な種苗放流により一定量の加入が親魚量によらず保障されていること、提案する管理基準による漁獲圧削減によって親魚量の十分な回復が期待できることから、令和3(2021)年度ABC算定のための基本規則1-3)-(2)を適用し、係数 $\beta_1$ には1.0を用いた。係数 $\alpha$ には標準値0.8を用い、以下の式により2022年漁期のABCを算定した。

$$F_{\text{limit}} = F20\%SPR \times \beta_2$$

$$F_{\text{target}} = F_{\text{limit}} \times \alpha$$

ABC管理基準の下での親魚量は、F30%SPR、0.8F20%SPRおよびF20%SPRでは2023年漁期まで減少するが、その後は増加に転じ2027年漁期にはF30%SPRでは139トン、0.8F20%SPRでは124トン、F20%SPRでは97トンに増加すると予測された(図15上)。

管理基準	Target/ Limit	2022 年漁期 ABC(トン)	漁獲割合 (%)	F 値 (現状の F 値から の増減%)
F20%SPR	Target	30	28	0.27 (-43%)
	Limit	36	30	0.34 (-28%)

Target は、資源変動の可能性やデータ誤差に起因する評価の不確実性を考慮し、管理基準の下でより安定的な資源の増大または維持が期待される F 値による漁獲量である。Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの F 値による漁獲量である。F<sub>target</sub>=α F<sub>limit</sub> とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。漁期年は 4 月～翌年 3 月である。F 値は各年齢の単純平均値、漁獲割合は 2022 年漁期 ABC/資源量 (2022 年 10 月時点) である。2022 年漁期は 2022 年 4 月～2023 年 3 月である。

(3) ABC の評価

図 15 および下表に F<sub>target</sub> (0.8F<sub>20%SPR</sub>、0.57F<sub>current</sub> に相当)、F<sub>limit</sub> (F<sub>20%SPR</sub>、0.72F<sub>current</sub> に相当)、F<sub>30%SPR</sub> (0.51F<sub>current</sub> に相当)、および F<sub>current</sub> (F<sub>ave2018-2020</sub>、F<sub>12%SPR</sub> に相当) で管理した場合の漁獲量、資源量および親魚量の動向予測を示す。5 年後となる 2027 年漁期の親魚量は、F<sub>target</sub> では 124 トン、F<sub>limit</sub> では 97 トンと推定され、従来から採用している管理基準 (F<sub>20%SPR</sub>) により親魚量は増加すると予測された。

管理基準	F 値	漁獲量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
F30%SPR	0.24	58	47	27	33	38	42	45	46
0.8F20%SPR	0.27	58	47	30	36	40	44	46	48
F20%SPR	0.34	58	47	36	41	44	47	49	50
F <sub>current</sub>	0.47	58	47	47	48	48	49	49	50
		資源量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
F30%SPR	0.24	140	122	119	141	164	184	197	205
0.8F20%SPR	0.27	140	122	119	137	157	173	183	189
F20%SPR	0.34	140	122	119	130	142	152	158	161
F <sub>current</sub>	0.47	140	122	119	116	117	120	121	122
		親魚量(トン)							
		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
F30%SPR	0.24	65	73	75	74	93	116	130	139
0.8F20%SPR	0.27	65	73	75	72	87	106	117	124
F20%SPR	0.34	65	73	75	67	75	87	94	97
F <sub>current</sub>	0.47	65	73	75	58	56	59	60	61

## (4) ABC の再評価

データの更新により再評価された資源量および ABC の値を以下の表に示す。過去に遡及して修正した資源量指標値を用いて最新の方法により計算した。管理基準に変更はない。

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
1995～2019 年漁期 1 歳魚資源量指標値、 2020 年漁期 1 歳魚資源量指標値	1995～2019 年漁期 1 歳魚資源量指標値の更新
2004～2021 年漁期 0 歳天然魚資源量指標値	

本年度より新たに 0 歳天然魚資源量指標値によるチューニングおよび、0 歳天然魚資源量指標値を用いて評価年漁期の加入量を予測する変更を加えた。

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準	F 値	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン) (実際の F 値)
2020 年漁期 (当初)	F20%SPR	0.35	113	33	28	
2020 年漁期 (2020 年再評価)	F20%SPR	0.34	100	30	25	
2020 年漁期 (2021 年再評価)	F20%SPR	0.34	140	47	39	58 (0.42)
2021 年漁期 (当初)	F20%SPR	0.34	106	33	27	
2021 年漁期 (2021 年再評価)	F20%SPR	0.34	122	36	30	

2020 年漁期の ABClimit は当初評価の 33 トンから 47 トンへ、資源量は当初評価の 113 トンから 140 トンへ上方修正された。ABC の主体を占める 1 歳魚（2019 年級群）の漁獲量算定値が 8～27 トンの範囲で安定しなかったことに伴い ABClimit は 30～47 トンの範囲で修正された。原因として 2019 年級群の加入尾数（0 歳資源尾数）を、2019 年度当初評価で 9.5 万尾、2020 年度再評価で 4.7 万尾、2021 年度再評価で 10.4 万尾と推定し、2020 年度再評価において過小に推定した影響が大きかった。なお、本年度に導入した資源計算方法により 2020 年漁期 ABC を算定した場合、ABClimit は当初評価で 26 トン、2020 年再評価で 33 トンと算定され、2019 年級群の加入尾数は当初評価で 7.5 万尾、2020 年再評価で 7.2 万尾と安定した。

2021 年漁期の ABClimit は当初評価の 33 トンから 36 トンへ、資源量は当初評価の 106 トンから 122 トンへ上方修正された。2020 年級群（1 歳魚）の漁獲量算定値が 16 トンから 11 トンへ下方修正された一方で、2019 年級群（2 歳魚）の漁獲量算定値が 4 トンから 11 トンへ上方修正されたため、ABC 全体としての修正は軽微にとどまった。なお、本年度に導入した資源計算方法により推定された当初評価年度における ABClimit は 28 トン、資源量は 93 トン、2020 年級群（1 歳魚）の漁獲量は 10 トン、2020 年級群（2 歳魚）の漁獲量は

6 トンと算定された。

## 6. ABC 以外の管理方策の提言

水産庁が進めた資源回復計画の対象となった小型機船底びき網漁業では、2002 年漁期から当該漁業で漁獲される 25 cm 以下の小型魚を再放流するという資源管理措置が導入された。資源回復計画が推進されたことにより、2002 年漁期以降の当該漁業による漁獲量は、それまでと比較して 1/10 以下にまで大幅に抑制され、小型魚の保護が図られた（表 1-1）。

本系群は栽培漁業の対象であることから漁獲管理と種苗放流の連携を図りながら、資源の持続的利用を効果的に推進していく必要がある（鈴木ほか 2017）。そこで、漁獲努力量および種苗放流尾数の調整を 2022 年漁期から組み合わせて実施した場合に、5 年後の 2027 年漁期に期待される漁獲量および資源量を試算した（補足資料 4）。その結果、2027 年漁期の漁獲量は、 $F=0.45$  としたときに増減幅が最大となり、種苗放流尾数を増加させることによる漁獲量の増加効果が大きかった。なお、漁獲努力量を本評価で提案する  $F_{limit}$  ( $F_{20\%SPR}$ ) とした場合でも  $F=0.45$  と遜色ない漁獲量の増加効果が得られると試算された。一方、5 年後の資源量は、種苗放流尾数の調整よりも漁獲努力量の調整に対して増減幅が大きかった。資源量を速やかに増加させるためには、種苗放流のみでは効果が現れにくく、漁獲係努力量の調整と連携して取り組むことが有効であった。トラフグの安定的な漁獲を実現するためには、現在の種苗放流規模を維持することで漁業生産量の安定に努めると同時に、漁獲努力量を本評価で提案する適切な水準にまで削減することで資源量を増加させることが、現実的な管理方策の一案として検討に値すると考えられた。

本系群は不定期に発生する卓越年級群の影響により大きな資源変動を示し、少ない親魚量からでも時として卓越年級群が発生する。親魚量と加入量との再生産関係が不明瞭であることから将来予測に不確実性をもたらし、資源管理の目標設定を困難としている。その背景として本系群の再生産成功率には親魚量よりも海洋環境の条件が強く影響していることが示唆されている（青木ほか 2016）。しかし、現状の資源評価手法には海洋環境の影響が考慮されていないことから、再生産に影響を与える海洋環境要因、生物学的要因の解明に向けた科学的知見の集積を進め、それらの影響を考慮した資源評価手法を開発する必要がある。また、2009 年漁期以降の再生産成功率は、それ以前と比較して極めて低い水準で推移している。1990 年代後半から 2000 年代の前半にかけての高水準の再生産成功率および資源状態を含めて将来の管理目標を算定することの妥当性についても早急に検討する必要がある。

低位水準にある本系群の資源状態を早急に回復させるためには、資源管理指針・計画の下で実施されている未成魚の獲り控えをさらに徹底するなどの堅実な資源管理に取り組む必要がある。加えて、再生産成功率が好転し親魚量および資源量が適切な水準へ回復するまでは、現在の種苗放流規模を維持することにより、加入量の不安定さを緩和する措置を継続する必要がある。

## 7. 引用文献

青木一弘・児玉真史・黒木洋明・鈴木重則・津本欣吾・岡田 誠・久野正博・横山文彬・加藤毅士 (2016) トラフグ伊勢三河湾系群の再生産に関わる海洋環境変動. 水産海洋

- 研究, **80**, 20-26.
- 藤田矢郎 (1996) トラフグの生物学. さいばい, 日本栽培漁業協会, **79**, 15-18.
- 船越茂雄 (1990) 平成元年の太平洋岸におけるトラフグの特異豊漁現象について —遠州灘から伊勢湾口を中心として—. 水産海洋研究, **54**, 322-323.
- 伊藤正木 (1997) 移動と回遊からみた系群. 「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, 41-52.
- 神谷直明・辻ヶ堂諦・岡田一宏 (1992) 伊勢湾口部安乗沖におけるトラフグ産卵場. 栽培漁業技術開発研究, **20**, 109-115.
- 黒木洋明・鈴木重則・青木一弘・児玉真史・津本欣吾・岡田 誠 (2015) 人工生産トラフグ仔魚の成長に伴う比重変化から推測される初期生態. 黒潮の資源海洋研究, **16**, 137-141.
- 三重県・愛知県・静岡県 (1998) トラフグ資源管理推進指針. 太平洋中区資源管理推進指針, トラフグ, 太平洋中区資源管理型漁業推進協議会, 1-20.
- 中島博司 (2001) 伊勢湾口部トラフグ産卵場の規模と産着卵の分布について. 三重県水産技術センター研究報告, **9**, 1-8.
- 中島博司・津本欣吾・沖 大樹 (2008) 伊勢湾の砂浜海岸砕波帯に出現したトラフグ稚魚について. 水産増殖, **56**, 221-229.
- Nishijima S., S. Suzuki, M. Ichinokawa, and H. Okamura. (2019) Integrated multi-timescale modeling untangles anthropogenic, environmental, and biological effects on catchability. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **76**, 2045-2056.
- 落合 明・田中 克 (1986) トラフグ, カラス. 「新版魚類学 (下)」, 恒星社厚生閣, 東京, 1024-1026.
- 岡田 誠・津本欣吾・黒木洋明・鈴木重則 (2015) 伊勢湾で採集されたトラフグ浮遊期仔魚. 黒潮の資源海洋研究, **16**, 143-148.
- 佐賀県・山口県・三重県・愛知県・静岡県・秋田県 (2006) 平成 17 年度資源増大技術開発事業報告書 回帰性回遊性種 (トラフグ).
- 櫻井 繁・一色竜也・鈴木重則 (2013) 神奈川県におけるトラフグ水揚量と種苗放流の関係. 神水セ研究報告, **6**, 9-15.
- 白木谷卓哉・田中健二・岩田靖宏・冢田喜一・石川雅章 (2002) 伊勢湾口部におけるトラフグの産卵場および産卵時期. 愛知県水産試験場研究報告, **9**, 27-31.
- 鈴木伸洋・岡田一宏・神谷直明 (1996) トラフグ生殖腺の性分化過程と性比. 南西海区水産研究所研究報告, **29**, 39-48.
- 鈴木重則・山内 悟・横山文彬・岡田誠 (2015) トラフグ伊勢・三河湾系群の生活史および資源変動の特徴. 黒潮の資源海洋研究, **16**, 131-135.
- 鈴木重則・吉田 彰・横山文彬・岡田 誠・山本敏博・黒木洋明・市野川桃子 (2017) 種苗放流と漁獲管理の連携による漁業生産の安定を目指した事例解析 —トラフグ伊勢・三河湾系群をモデルとして—. 月刊海洋, **49**, 536-546.
- 高草木将人 (2020) 千葉県沿岸におけるトラフグの漁獲状況と放流効果調査について. 東京湾の漁業と環境, **11**, 25.
- 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.
- 津本欣吾 (2013) 伊勢湾西部砂浜海岸に出現したトラフグ稚魚の食性. 黒潮の資源海洋研

究, **14**, 105-108.

安井 港・濱田貴史 (1996) 遠州灘・駿河湾海域におけるトラフグの標識放流結果からみた移動. 静岡水試研報, **31**, 1-6.

(執筆者：鈴木重則、山下夕帆、平井慈恵、西嶋翔太、山本敏博、澤山周平、青木一弘)

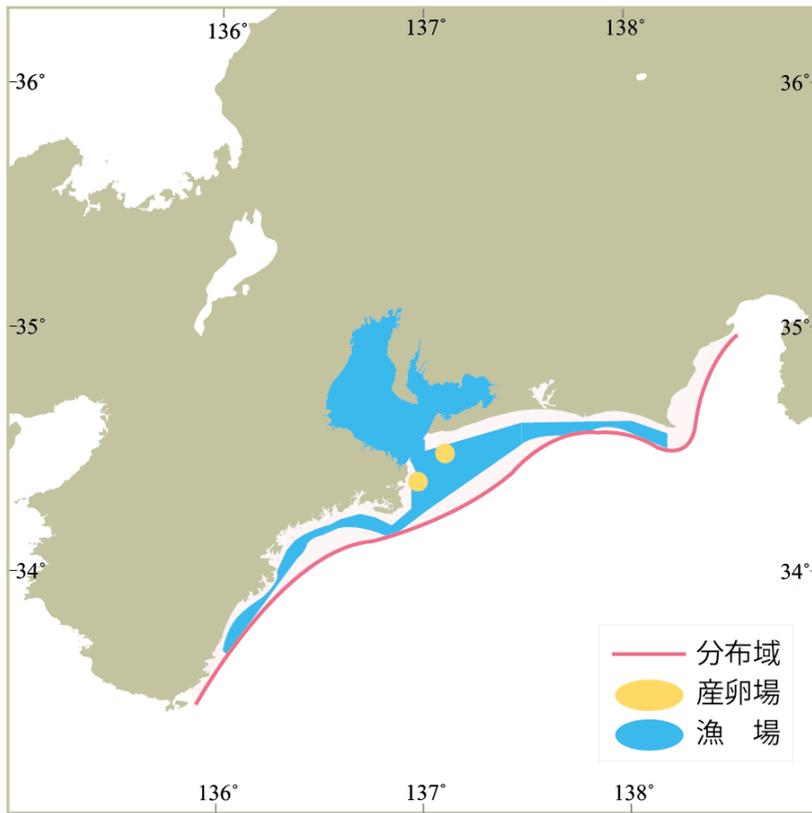


図1. 分布域と主産卵場の模式図

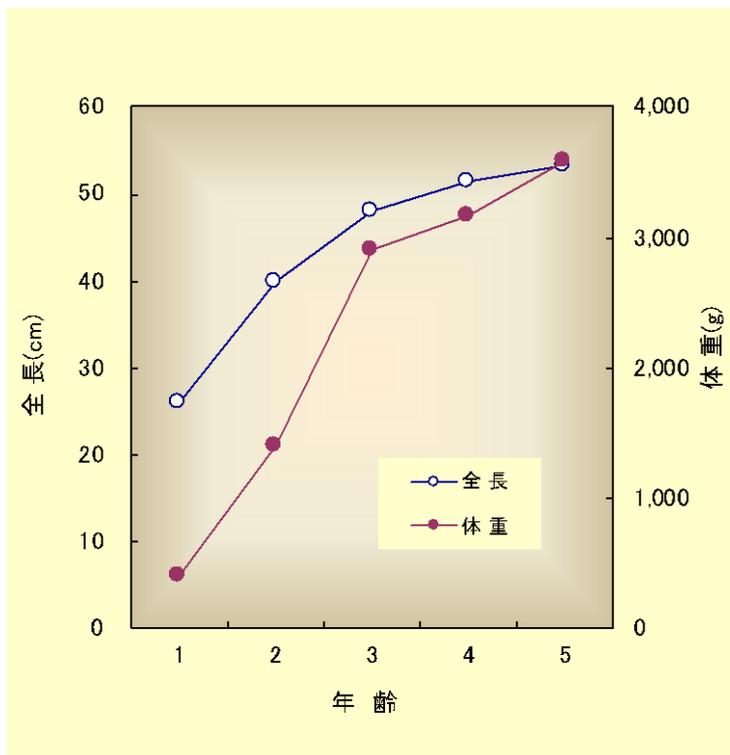


図2. 年齢と成長 (4月時点)

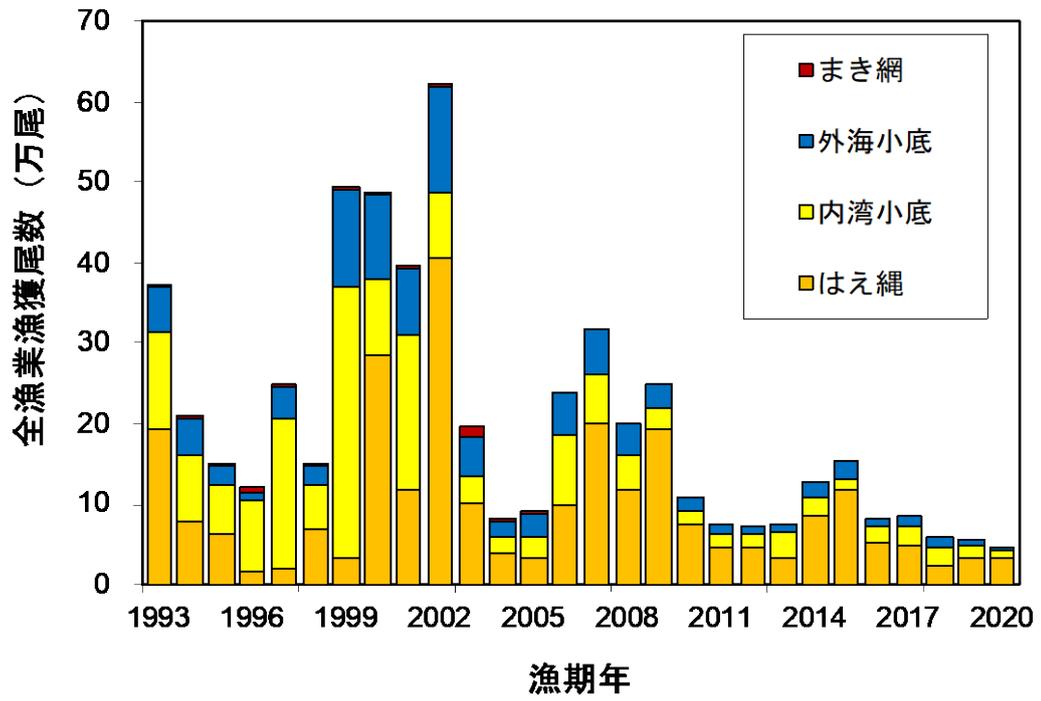


図 3-1. 漁業種類別漁獲尾数の推移

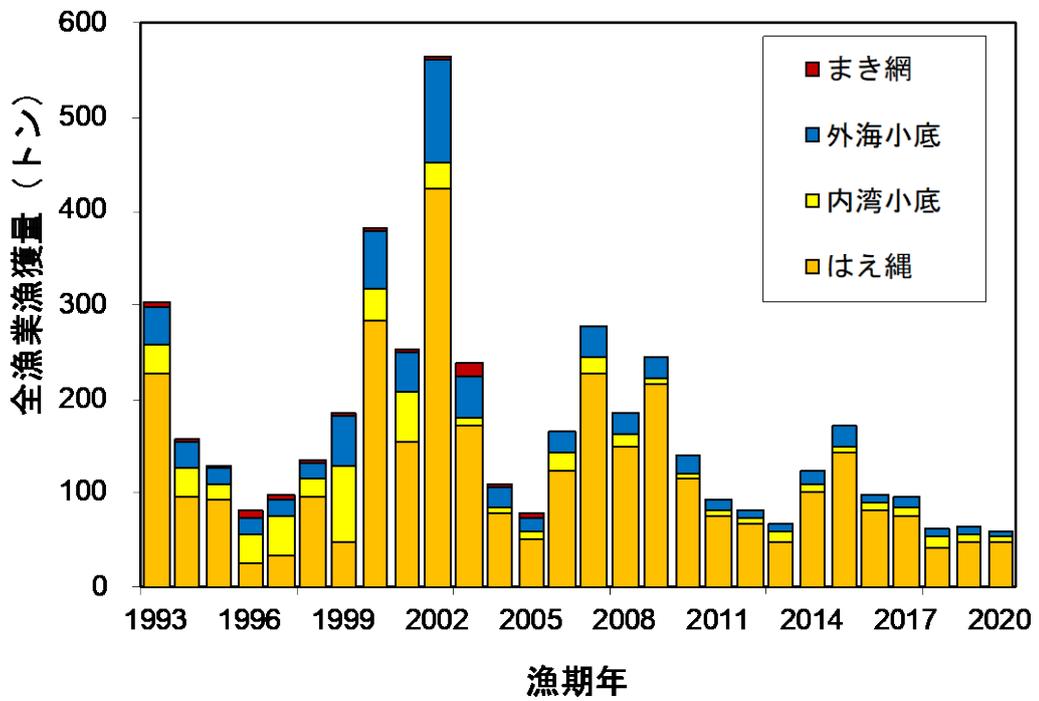


図 3-2. 漁業種類別漁獲量の推移

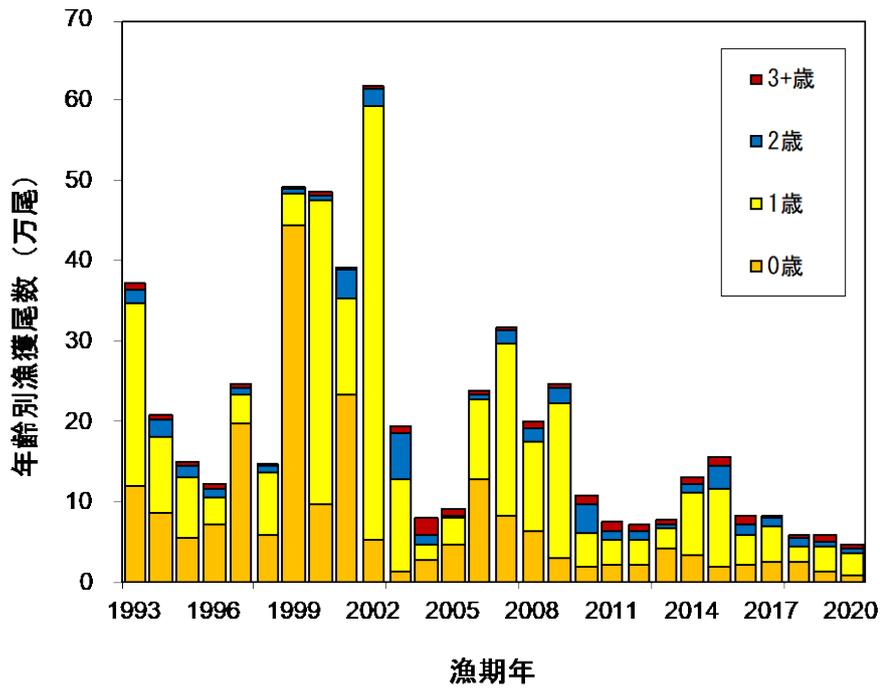


図 4-1. 年齢別漁獲尾数の推移

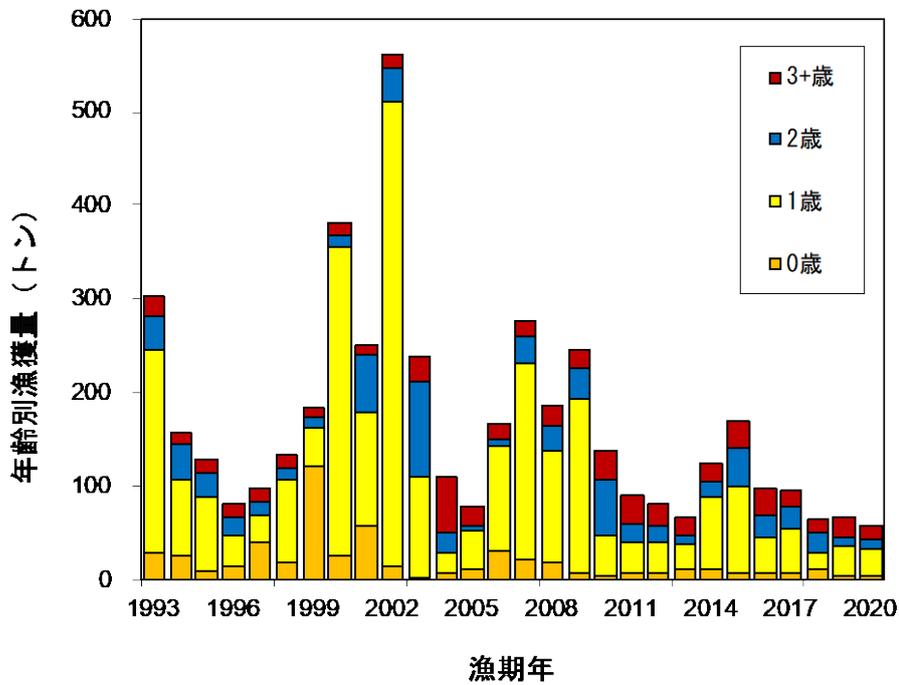


図 4-2. 年齢別漁獲量の推移

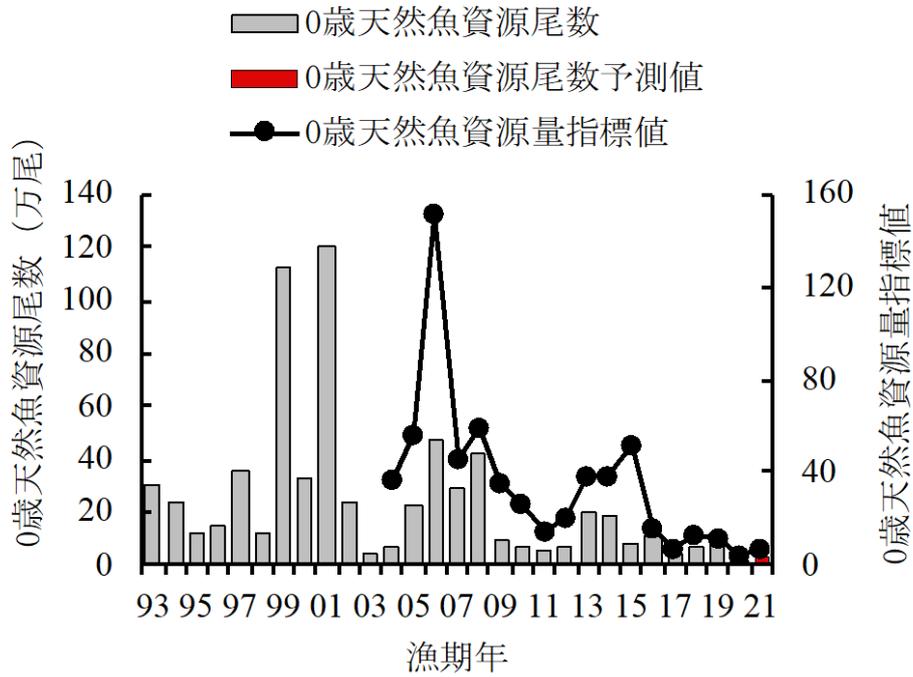


図 5. 資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した 0 歳天然魚資源尾数（4 月時点）と 0 歳天然魚資源量指標値の経年推移  
 2021 年漁期の 0 歳天然魚資源尾数はチューニングパラメータ ( $q_0$ ) と 2021 年漁期の 0 歳天然魚資源量指標値に基づく予測値である。

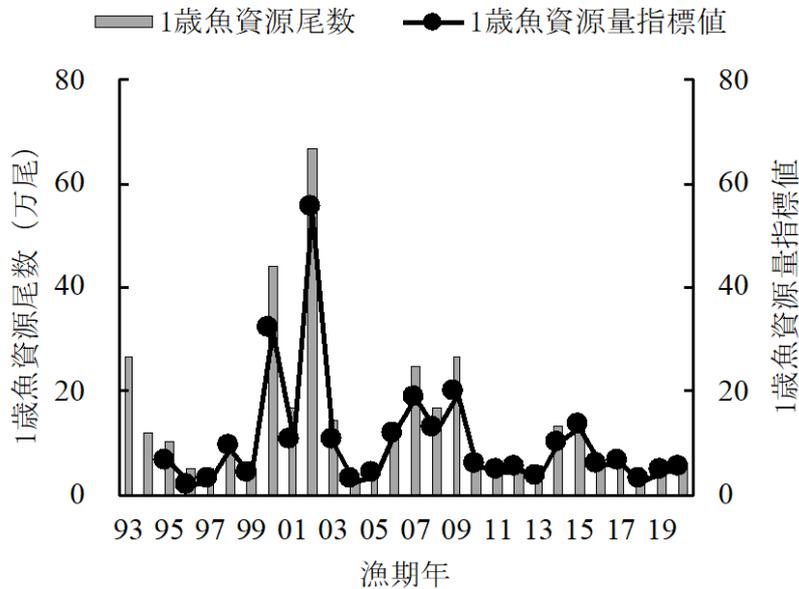


図 6. 資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した 1 歳魚資源尾数（10 月時点）と 1 歳魚資源量指標値の経年推移

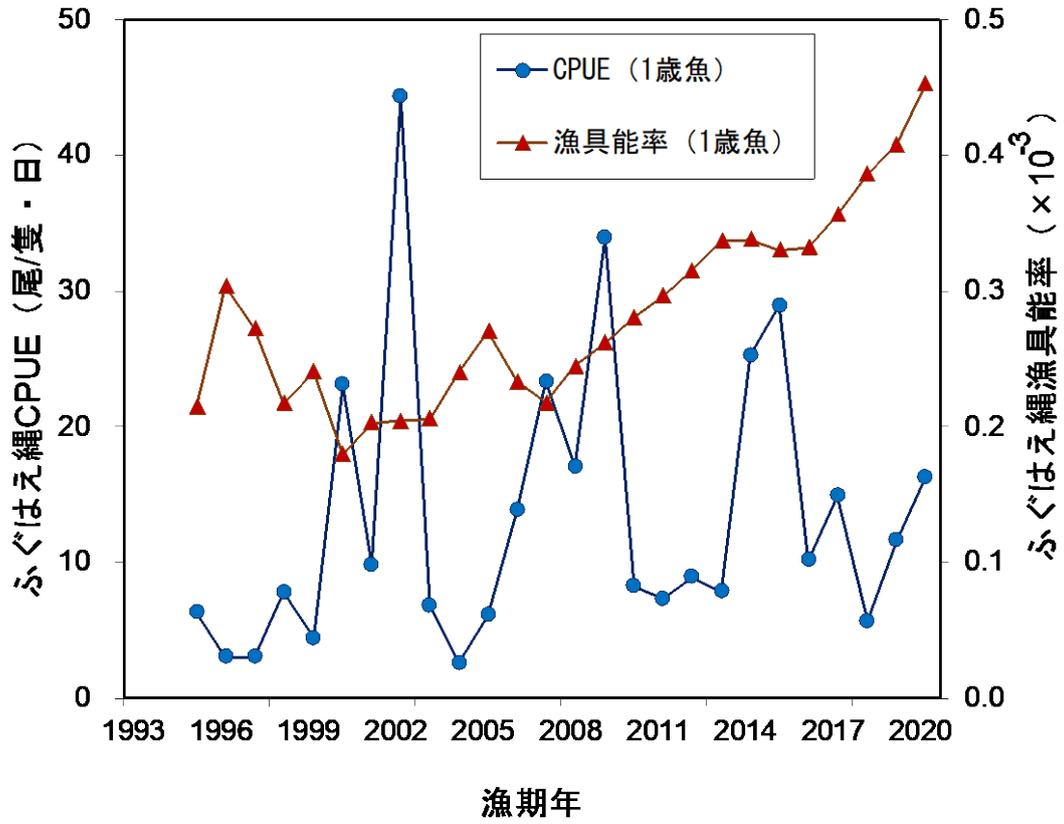


図7. ふぐはえ縄漁業の1歳魚に対するCPUEおよび漁具能率(1995~2020年漁期)

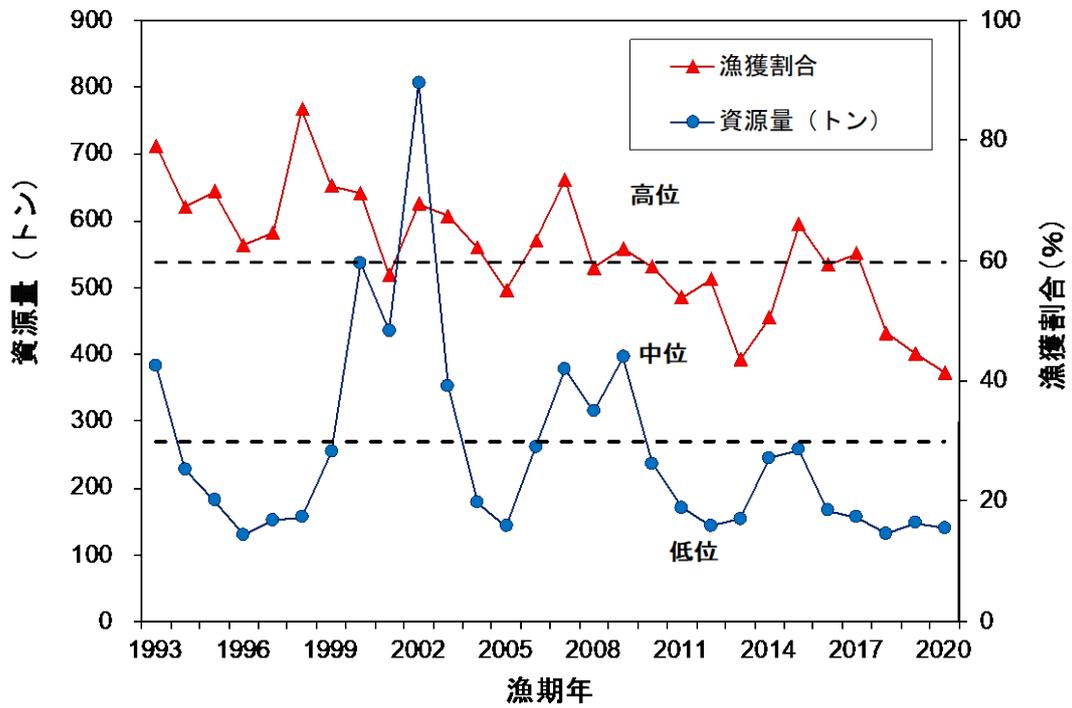


図 8. 資源量および漁獲割合の推移 (図中の破線は資源量による資源水準の判断区分)

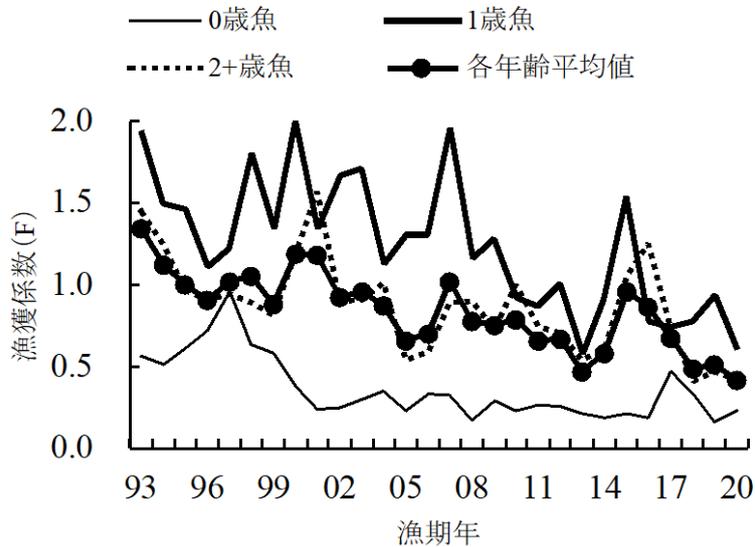


図 9. 年齢別漁獲係数

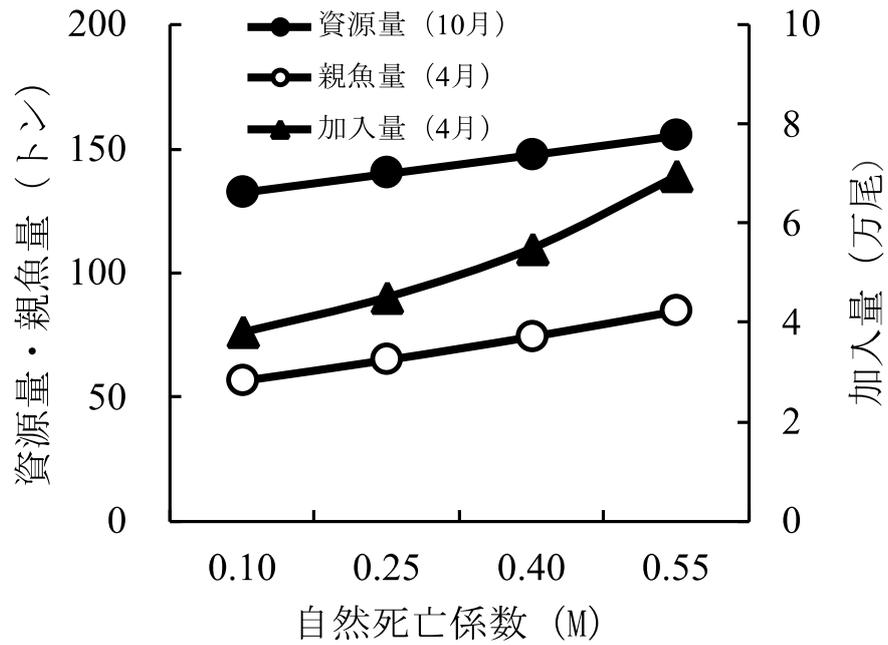


図 10. 自然死亡係数 (M) と 2020 年漁期の資源量、親魚量、加入量の関係  
本評価では M=0.25 を用いた。

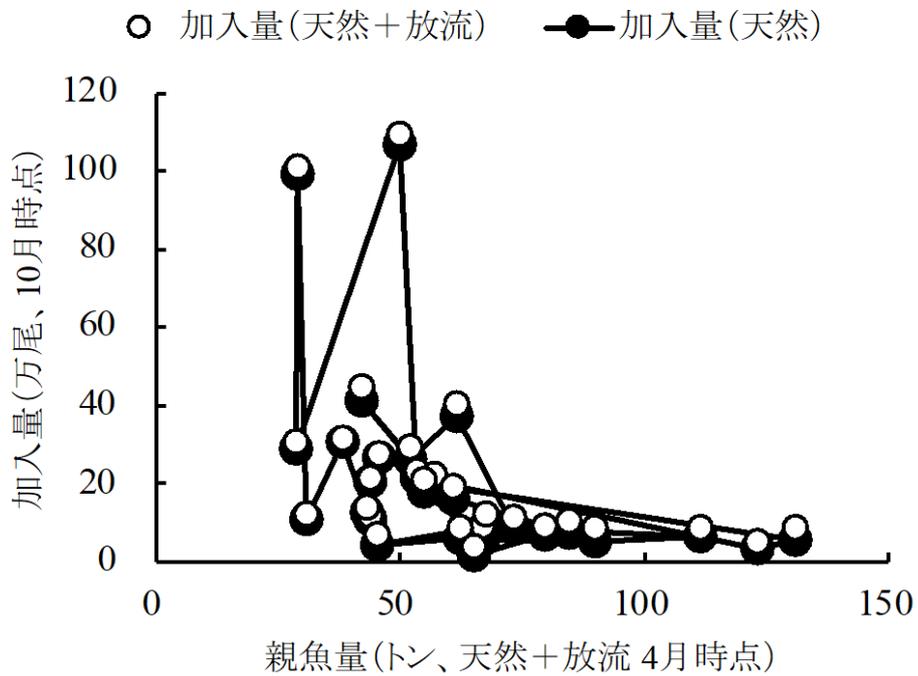


図 11. 再生産関係 (1993~2020 年漁期)

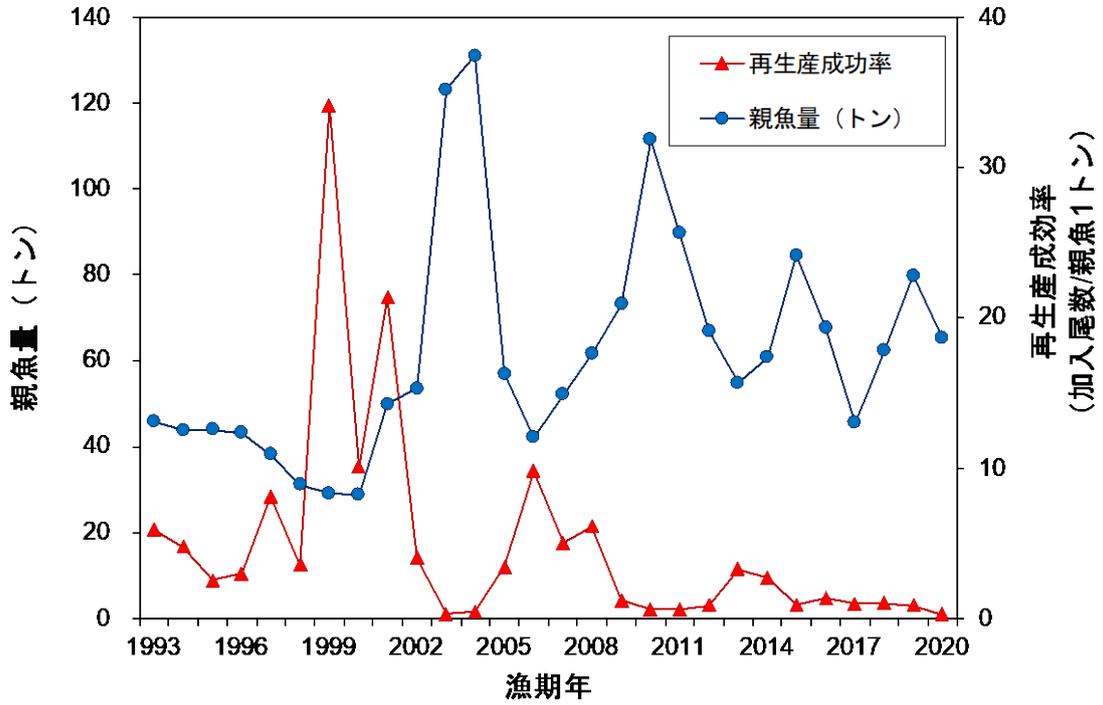


図 12. 親魚量および再生産成功率 (RPS) の推移

RPS=天然魚加入尾数 (10月時点) /親魚量 (天然+放流、4月時点)。

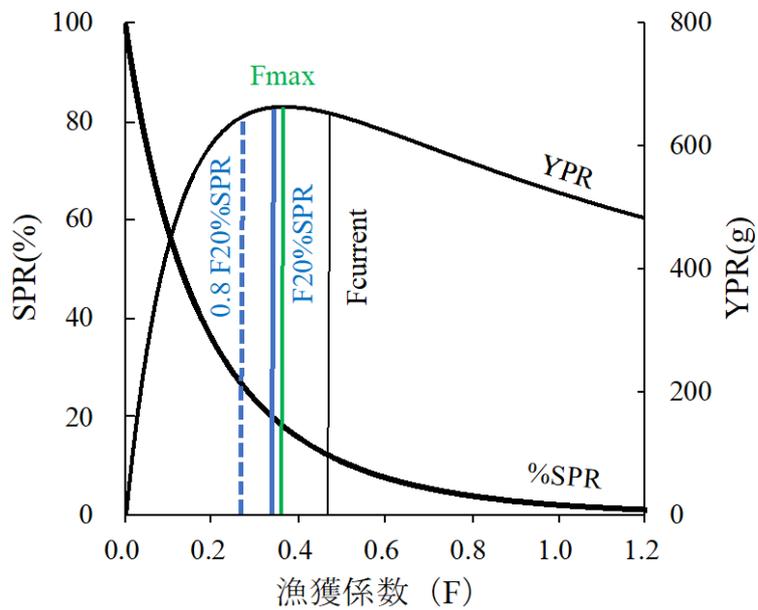


図 13. 生物学的管理基準 (漁獲係数) と現状の漁獲圧の関係

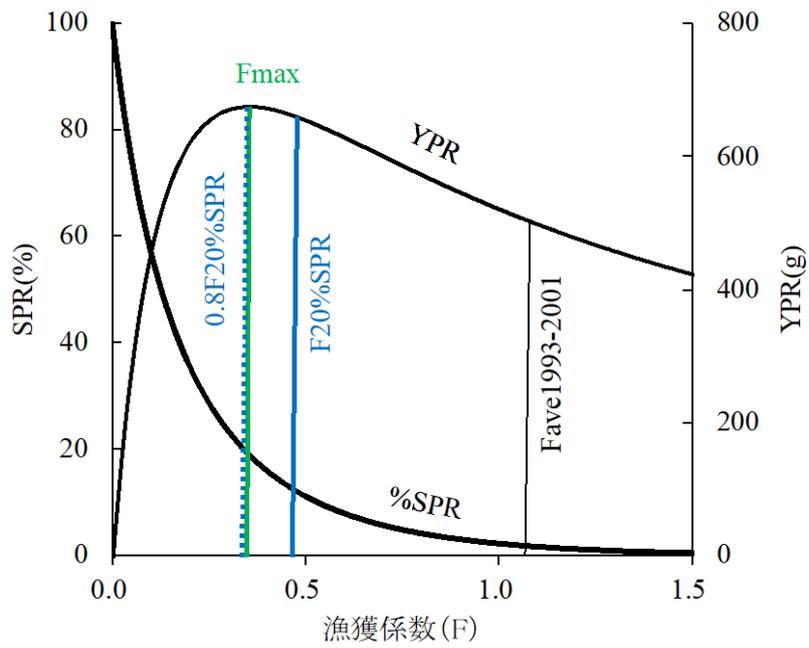


図 14-1. 資源回復計画実施以前（1993～2001 年漁期）の YPR と SPR

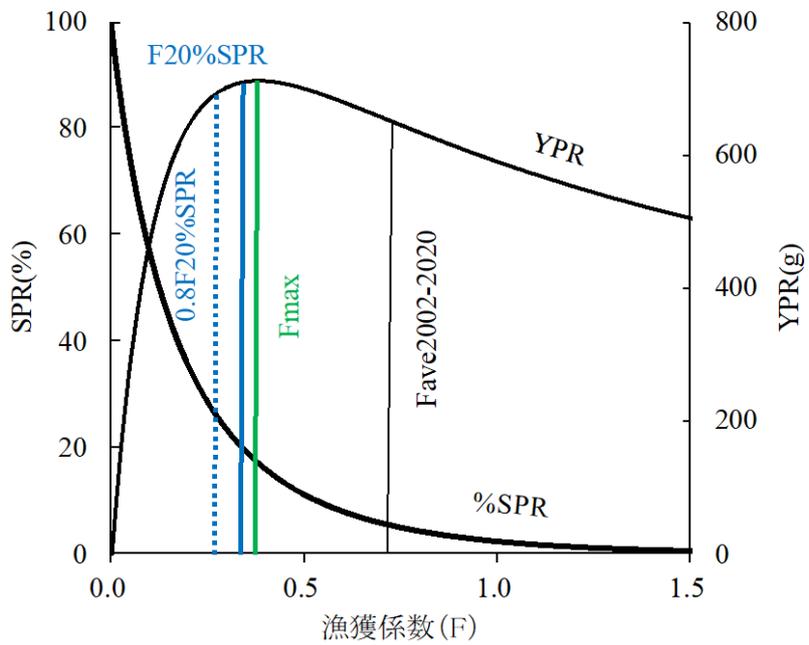


図 14-2. 資源回復計画実施以降（2002～2020 年漁期）の YPR と SPR

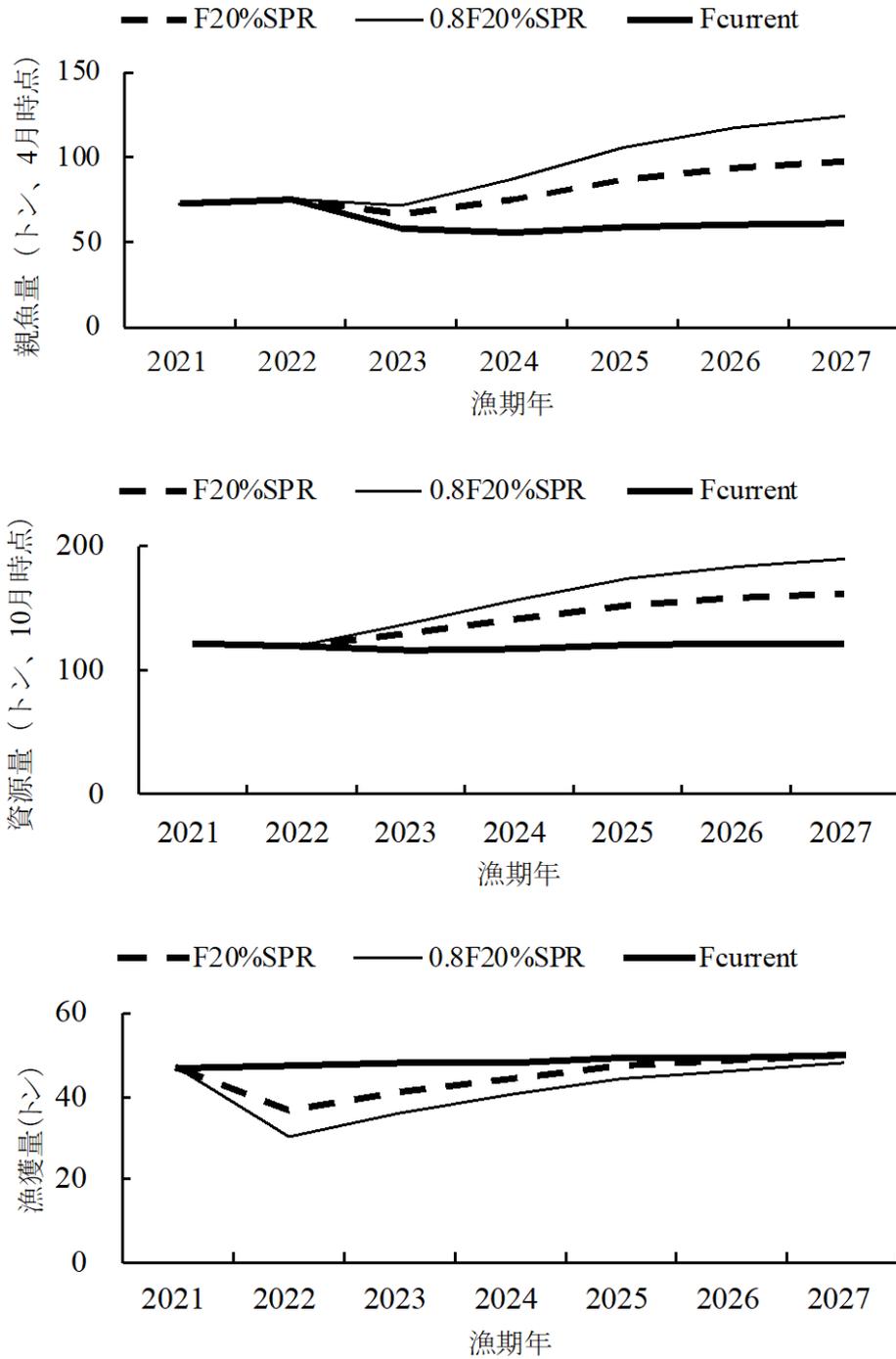


図 15. 異なる F の条件下における親魚量（上）、資源量（中）、漁獲量（下）の動向予測  
 2021 年漁期の加入量は 0 歳天然魚資源量指標値から推定した 0 歳天然魚資源尾数と 2016～2020 年漁期の 5 年間の放流由来加入尾数平均値の合計を仮定。2022 年漁期以降の加入量は一定とし、2017～2021 年漁期（天然＋放流）の 5 年間の加入尾数の単純平均値を仮定。

表 1-1. 三重県における小型機船底びき網漁業の延べ操業隻数、0歳魚漁獲尾数、0歳魚漁獲量およびCPUE

漁期年	延べ操業隻数 (隻・日)	0歳魚 漁獲尾数 (尾)	0歳魚 漁獲量 (kg)	CPUE (kg/隻・日)
1993	—	14,832	3,492	—
1994	—	7,631	2,583	—
1995	—	5,316	643	—
1996	—	6,310	2,109	—
1997	—	19,466	4,201	—
1998	—	8,276	2,823	—
1999	—	54,721	13,284	—
2000	—	8,238	2,414	—
2001	1,121	36,027	9,030	8.1
2002	605	3,680	1,119	1.8
2003	463	418	135	0.3
2004	733	2,971	741	1.0
2005	662	1,828	482	0.7
2006	880	5,957	1,508	1.7
2007	396	5,313	1,555	3.9
2008	488	3,108	934	1.9
2009	384	1,278	321	0.8
2010	166	588	154	0.9
2011	195	641	164	0.8
2012	246	1,066	248	1.0
2013	377	1,943	437	1.2
2014	331	1,686	471	1.4
2015	291	725	233	0.8
2016	253	1,046	386	1.5
2017	191	864	231	1.2
2018	192	1,042	347	1.8
2019	175	487	169	1.0
2020	83	150	51	0.6

表 1-2. 愛知県における小型機船底びき網漁業（渥美外海）の延べ操業隻数、0 歳魚漁獲尾数、0 歳魚漁獲量および CPUE

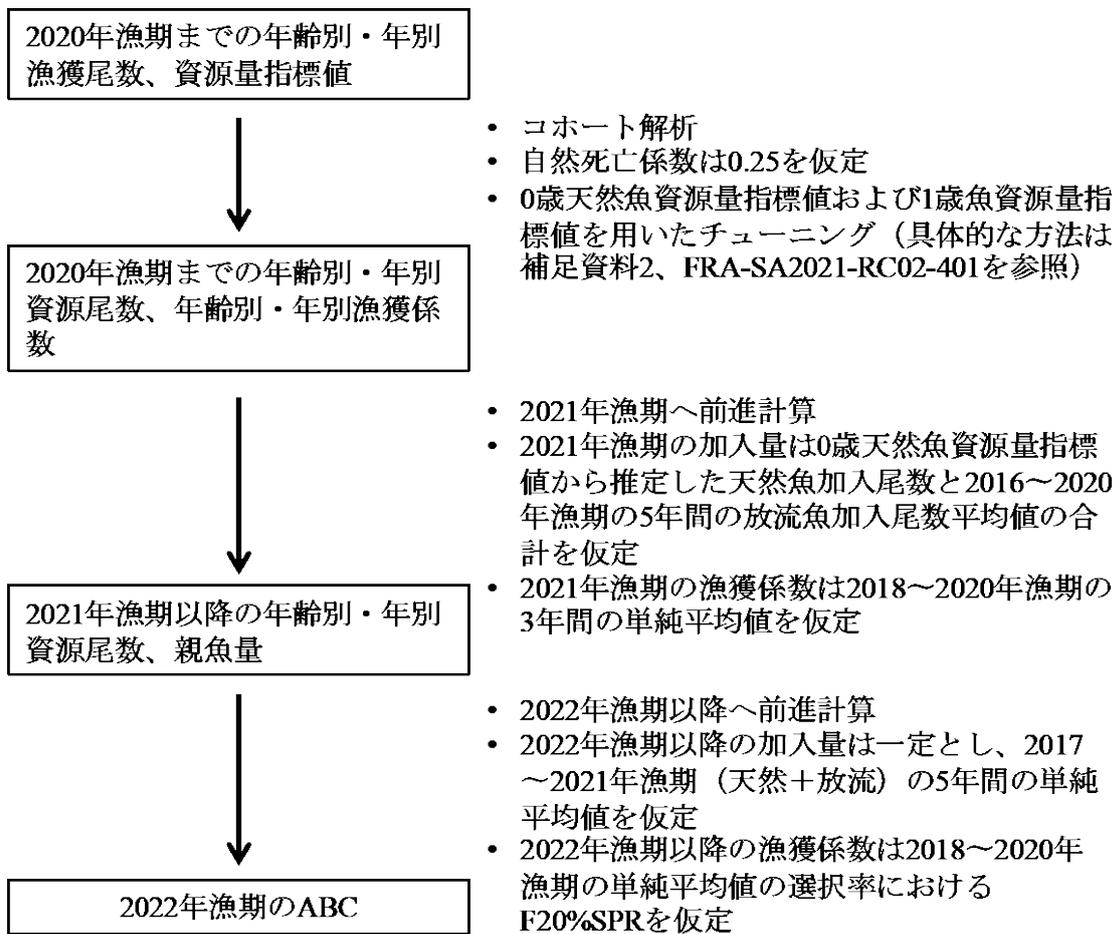
漁期年	延べ操業隻数 (隻・日)	0歳魚 漁獲尾数 (尾)	0歳魚 漁獲量 (kg)	CPUE (kg/隻・日)
1993	—	29,879	11,190	—
1994	—	22,073	7,727	—
1995	712	10,301	3,237	4.5
1996	844	3,859	1,357	1.6
1997	938	28,319	6,241	6.7
1998	925	11,962	4,760	5.1
1999	948	118,141	44,746	47.2
2000	992	35,196	11,618	11.7
2001	1,067	57,847	18,458	17.3
2002	1,079	6,738	2,404	2.2
2003	1,102	2,105	637	0.6
2004	1,110	8,052	2,564	2.3
2005	1,078	22,209	6,793	6.3
2006	1,125	42,747	12,523	11.1
2007	1,289	27,945	7,485	5.8
2008	1,350	25,559	8,946	6.6
2009	1,242	10,677	2,557	2.1
2010	1,323	3,317	1,181	0.9
2011	1,260	6,706	2,361	1.9
2012	1,304	5,173	1,530	1.2
2013	1,261	7,865	2,291	1.8
2014	1,321	12,524	4,022	3.0
2015	1,279	7,837	2,784	2.2
2016	1,136	5,678	1,778	1.6
2017	1,139	5,915	1,876	1.6
2018	1,341	4,447	2,128	1.6
2019	1,286	1,325	593	0.5
2020	1,116	659	219	0.2

表2. ふぐはえ縄漁業の県別延べ操業隻数（隻・日）

漁期年	静岡県	愛知県	三重県※	合計
1993	6,712	2,228	1,691	10,631
1994	4,455	1,858	1,411	7,724
1995	3,924	2,410	1,666	8,000
1996	1,707	1,168	750	3,625
1997	2,204	1,368	1,079	4,651
1998	4,917	1,529	1,349	7,795
1999	3,376	1,513	1,299	6,188
2000	7,835	2,476	1,763	12,074
2001	6,015	1,783	1,324	9,122
2002	6,202	1,512	1,271	8,985
2003	5,780	1,652	1,430	8,862
2004	3,411	1,625	1,184	6,220
2005	2,346	1,284	1,105	4,735
2006	4,036	1,488	1,124	6,648
2007	4,794	1,783	1,202	7,779
2008	3,545	1,347	1,051	5,943
2009	2,937	1,269	890	5,096
2010	2,615	1,047	688	4,350
2011	1,694	1,226	914	3,834
2012	1,589	981	759	3,329
2013	1,249	929	676	2,854
2014	1,126	963	750	2,839
2015	1,545	817	631	2,993
2016	1,483	817	656	2,956
2017	1,154	837	519	2,510
2018	1,004	643	442	2,089
2019	760	675	410	1,845
2020	518	531	401	1,450
平均	3,176	1,349	1,016	5,540

※ 伊勢湾口地区ふぐ延縄連絡協議会所属船の操業隻日。

補足資料 1 資源評価の流れ



## 補足資料 2 資源計算方法

年齢別資源尾数、資源量、親魚量、漁獲係数は、資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した。誕生月を4月、漁期年を4月～翌年3月として、0歳～3+歳の各年齢についてPopeの近似式により資源尾数を推定した(Pope 1972)。自然死亡係数Mはトラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群と同じく寿命を10歳と仮定して、田内・田中の式(田中 1960)により0.25とした。漁業の対象となる加入のタイミングは0歳の10月として、10月の資源尾数は4月の資源尾数に半年当たり自然死亡係数(M=-0.125)を乗じて減耗させることにより推定した。

チューニング指数には0歳天然魚資源量指標値と1歳魚資源量指標値の2系列を用いた(補足表 2-1)。0歳天然魚資源量指標値として、2004～2020年漁期の三重県白子海岸におけるサーフネット調査の曳網あたりトラフグ天然稚魚採集数の標準化CPUEを用い、1歳魚資源量指標値として、1995～2020年漁期のふぐはえ縄漁業による月別延べ操業隻数および月別1歳魚漁獲尾数からDeLury法(山川 2001)により推定した1歳魚初期資源尾数を用いた(Nishijima et al. 2019)。

チューニングでは、0歳天然魚資源尾数が0歳天然魚資源量指標値の変化と最も近くなるように最近年0歳魚の漁獲係数を変化させると同時に、1歳魚資源尾数が1歳魚資源量指標値の変化と最も近くなるように最近年最高齢の漁獲係数Fを変化させ、最もよく適合するターミナルFを探索的に求めた。なお、最近年(2020年漁期)の年齢別選択率は2017～2019年漁期の3年間の選択率の平均値と等しいと仮定し、最近年の2歳魚漁獲係数は最高齢(3+歳魚)の漁獲係数と等しいと仮定した。また、最近年の1歳魚漁獲係数は、最近年最高齢の漁獲係数に最近年1歳魚の選択率を乗じて推定した。資源尾数から資源量および親魚量(SSB)への換算、ABC算定、将来予測における年齢別平均体重、成熟率、雌雄比には次表の値を用いた。なお、親魚量の換算には4月の平均体重を用い、4月時点の2歳魚資源尾数の50%と3+歳魚資源尾数の100%を親魚と仮定した。資源量の換算には10月の平均体重を用いた。

年齢	月※	平均体重 (g)	成熟率 (%)		雌雄比
			♂	♀	
0歳	4月	-	0	0	-
	10月	164	0	0	-
1歳	4月	355	0	0	-
	10月	1,030	0	0	-
2歳	4月	1,427	100	0	1:1
	10月	1,638	100	0	1:1
3+歳	4月	2,868	100	100	1:1
	10月	2,889	100	100	1:1

※ 4月：誕生月、10月：漁獲加入月。

具体的な計算は以下のとおりである。

(1) 資源量の推定

0 歳魚および 1 歳魚の資源尾数は

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

2 歳魚の資源尾数は

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

3+歳魚の資源尾数は

$$N_{3+,y} = N_{2,y}C_{3+,y}/C_{2,y}$$

により求めた。

ここで、 $N_{a,y}$  は  $y$  年漁期における  $a$  歳魚の資源尾数、 $C_{a,y}$  は  $y$  年漁期における  $a$  歳魚の漁獲尾数とし、 $a$  歳、 $y$  年漁期の  $F$  は

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

とした。

最近年（2020 年漁期）の 0 歳および最高齢（3+歳）の漁獲係数はチューニングによって求めた。0 歳天然魚資源量指標値および 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  $F_{0,2020}$  および  $F_{3+,2020}$  を探索的に求めることで推定した。

$$\log L = \sum_{y=2004}^{2020} \left[ \frac{\{\log(I_{0,y}) - \log(q_0 \times (N_{0,y} - R_y))\}^2}{2\sigma_0^2} + \frac{1}{2} \times \log(2\pi\sigma_0^2) \right] + \sum_{y=1995}^{2020} \left[ \frac{\{\log(I_{1,y}) - \log(q_1 \times N_{1,y})\}^2}{2\sigma_1^2} + \frac{1}{2} \times \log(2\pi\sigma_1^2) \right]$$

ここで、 $F_{0,2020}$  は 2020 年漁期の 0 歳の漁獲係数、 $F_{3+,2020}$  は 2020 年漁期の 3+歳の漁獲係数、 $I_{0,y}$  は  $y$  年漁期のサーフネット調査による 0 歳天然魚資源量指標値、 $N_{0,y}$  はコホート解析により推定された  $y$  年漁期の 0 歳魚資源尾数、 $q_0$  はチューニングパラメーター、 $R_y$  は  $y$  年漁期の放流由来加入尾数である（補足表 2-1）。また、 $I_{1,y}$  は DeLury 法により推定した  $y$  年漁期の 1 歳魚初期資源尾数、 $q_1$  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。 $\sigma_0$ 、 $\sigma_1$  はそれぞれ 0

歳天然魚資源量指標値、1歳魚初期資源尾数の観測誤差を表す標準偏差であり、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った (Hashimoto et al. 2018)。

資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した資源尾数および資源量指標値の関係を図5、6、補足図2-1、2-2、2-3、2-4に示した。

上記探索の際、3歳魚以上をプラスグループとして、

$$F_{3+,y} = F_{2,y}$$

を仮定した。

さらに、1歳魚以上の選択率は2017～2019年漁期の3年間の選択率の平均値に等しいとし、

$$S_{a,2020} = (S_{a,2017} + S_{a,2018} + S_{a,2019})/3$$

とした。

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2020} = C_{a,2020} e^{M/2} / (1 - e^{-F_{a,2020}})$$

により求めた。

## (2) 将来予測

(1) で得られた各年齢の資源尾数をもとに将来予測を行った。各年齢の漁獲係数 F には、2018～2020年漁期の3年間の平均値を用いた。

2021年漁期の天然由来加入尾数(0歳天然魚資源尾数)は、チューニングの際に算出されたパラメーター( $q_0$ , 0.000245)と2021年漁期の0歳天然魚資源量指標値から予測した。2021年漁期の放流由来加入尾数は直近5年間の放流由来加入尾数の平均値とした。2021年漁期の加入尾数は天然由来と放流由来の加入尾数の合計として次式により求めた。

$$\hat{N}_{0,2021} = \frac{I_{0,2021}}{q_0} + \frac{1}{5} \times \sum_{y=2016}^{2020} R_y$$

2022年漁期以降の加入尾数(0歳魚資源尾数)は、2017～2021年漁期(天然+放流)の5年間の加入尾数の単純平均値(77,667尾)が毎年一定して続くことを仮定し次式により求めた。

$$\hat{N}_{0,y} = \frac{1}{5} \times \sum_{y=2016}^{2020} \hat{N}_{0,y} \quad (y=2022 \sim 2027)$$

1歳魚および2歳魚の資源尾数は以下の式により前進法で求めた。

$$N_{a,z} = N_{a-1,z-1} e^{-M} - C_{a-1,z-1} e^{-\frac{M}{2}} \quad (a=1,2)$$

3+歳魚の資源尾数は以下の式により前進法で求めた。

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

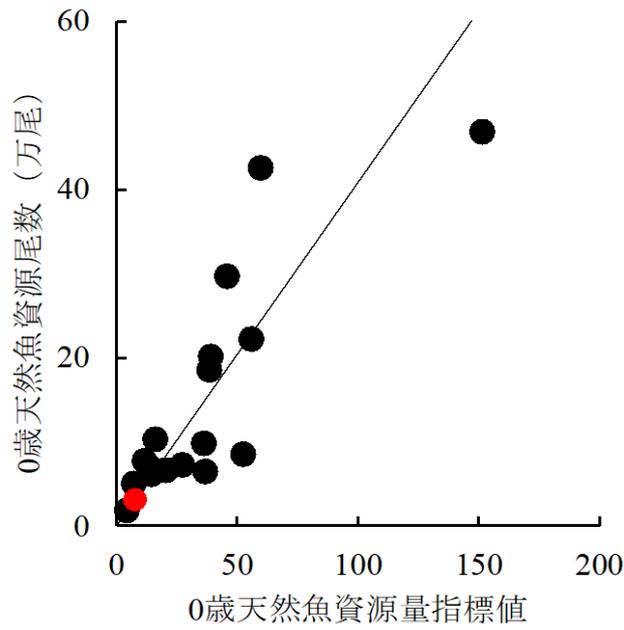
各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,z} = N_{a,z}(1 - e^{-F_{a,z}})e^{-\frac{M}{2}}$$

「資源評価のモデル診断手順と情報提供指針(令和3年度)FRA-SA2021-ABCWG02-03」に従って、本系群の評価に用いた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。レトロスペクティブ解析の結果を補足図 2-5~2-8 に示す。加入量(0歳魚資源尾数)は0歳天然魚資源量指標値を使用することにより過大推定の傾向が改善された(補足図 2-5、2-6)。資源量はデータの追加・更新が行われることで推定値に大きな変化が生じることはなかった(補足図 2-7、2-8)。

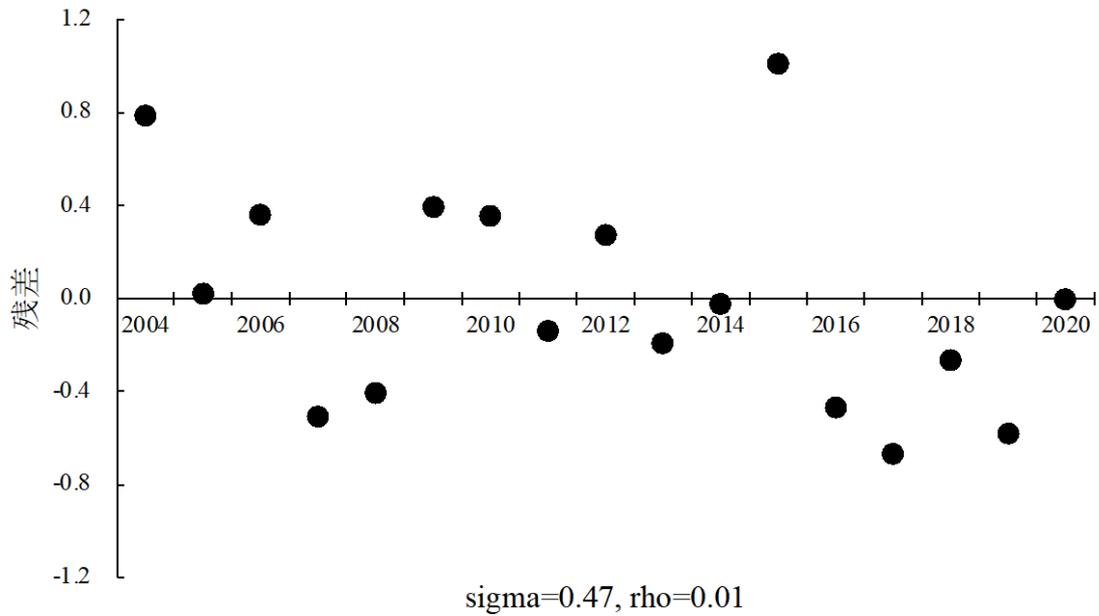
## 引用文献

- 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**(2), 335-347.
- Nishijima S., S. Suzuki, M. Ichinokawa and H. Okamura (2019) Integrated multi-timescale modeling untangles anthropogenic, environmental, and biological effects on catchability. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **76**, 2045-2056.
- Pope, H.G. (1972) An investigation of the accuracy of virtual population using cohort analysis. *Res. Bull. Inst. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, **9**, 65-74.
- 田中昌一 (1960) 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, **28**, 1-200.
- 山川 卓 (2001) DeLury 法. 「資源評価体制確立推進事業報告書 -資源解析手法教科書-」  
田中昌一・青木一郎・赤嶺達郎・一丸俊雄・岸田 達・高場 稔・田中栄次・福田雅明・谷津明彦・由木雄一・和田時夫編, 日本水産資源保護協会, 東京, 73-90.

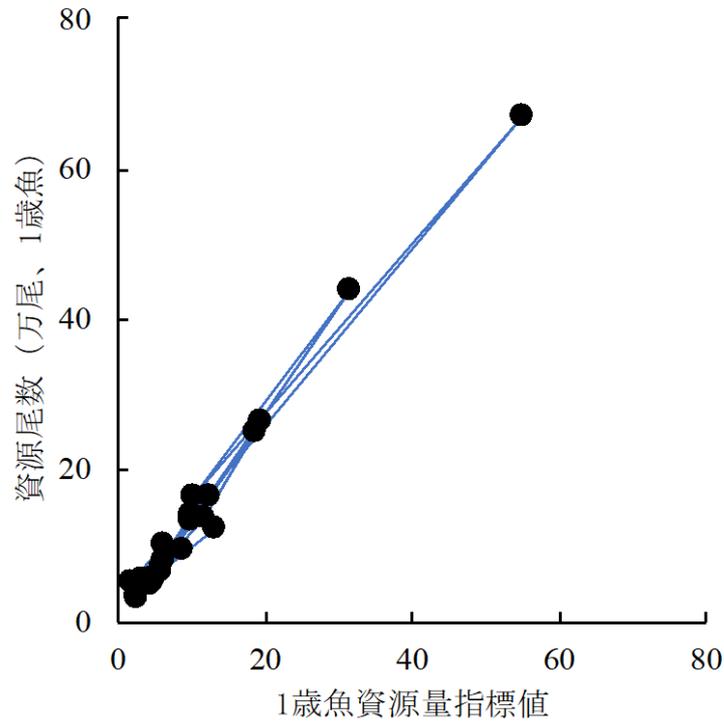


補足図 2-1. 資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した 0 歳天然魚資源尾数 (4 月時点) と 0 歳天然魚資源量指標値の関係

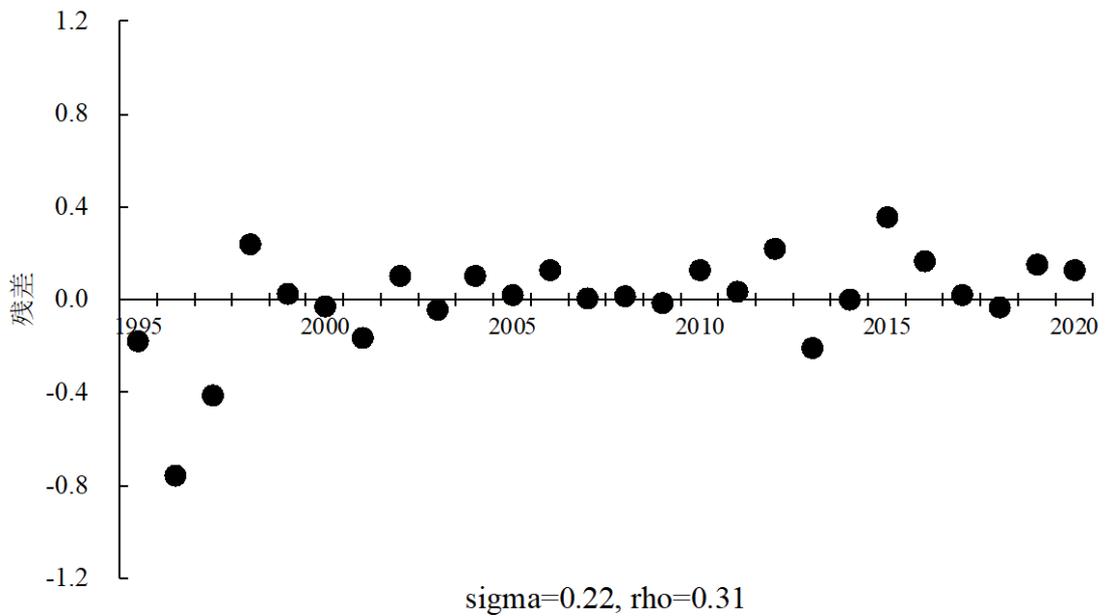
図中の原点を通る直線の傾きはチューニングの際に算出されたパラメーター ( $q_0$ ) を表す。図中の赤丸は 2021 年漁期の 0 歳天然魚資源尾数の予測値を示す。



補足図 2-2. 0 歳天然魚資源量指標値の対数残差プロット (2004~2020 年漁期)

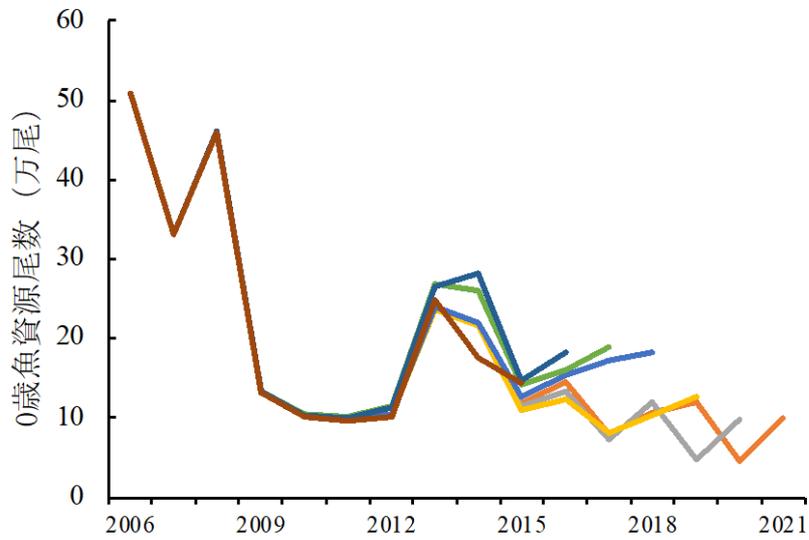


補足図 2-3. 資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した 1 歳魚資源尾数（10 月時点）と 1 歳魚資源量指標値の関係



補足図 2-4. 1 歳魚資源量指標値の対数残差プロット（1995～2020 年漁期）

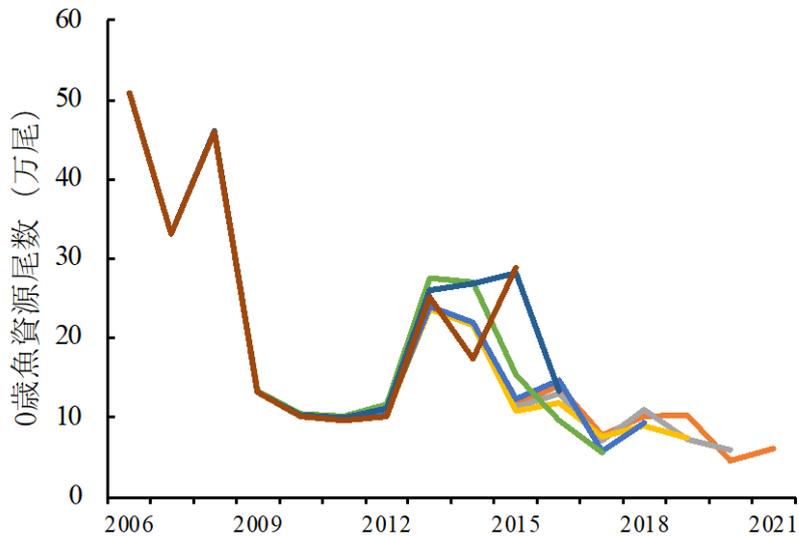
0歳天然魚資源量指標値 不使用



補足図 2-5. 加入量（0歳魚資源尾数）のレトロスペクティブ解析

0歳天然魚資源量指標値を使用しない昨年度までのコホート解析による推定値に加えて、評価当年度の将来予測値を含めた加入量データセットを用いた。

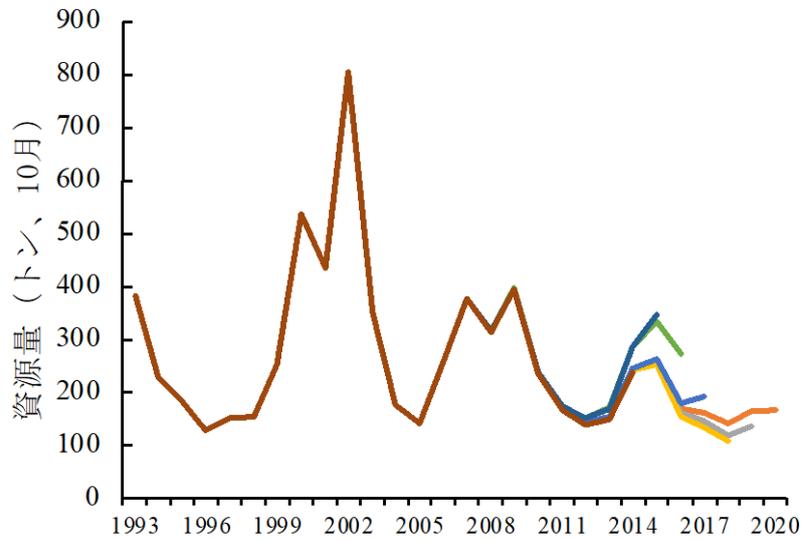
0歳天然魚資源量指標値 使用



補足図 2-6. 加入量（0歳魚資源尾数）のレトロスペクティブ解析

0歳天然魚資源量指標値を考慮したコホート解析による推定値に加えて、評価当年度の0歳天然魚資源量指標値による将来予測値を含めた加入量データセットを用いた。

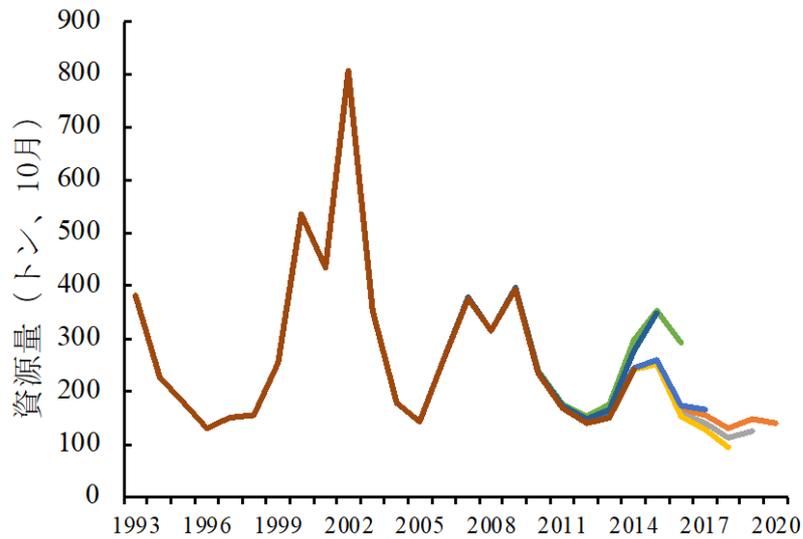
0歳天然魚資源量指標値 不使用



補足図 2-7. 資源量のレトロスペクティブ解析

0歳天然魚資源量指標値を使用しない昨年度までのコホート解析により推定した資源量データセットを用いた。

0歳天然魚資源量指標値 使用



補足図 2-8. 資源量のレトロスペクティブ解析

0歳天然魚資源量指標値を考慮したコホート解析により推定した資源量データセットを用いた。

補足表 2-1. 0歳天然魚資源量指標値、サーフネット調査による天然稚魚平均採集尾数、天然由来加入尾数、放流由来加入尾数、および1歳魚資源量指標値

漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998
0歳天然魚資源量指標値	—	—	—	—	—	—
天然稚魚平均採集尾数(尾)※ <sup>1</sup>	—	—	—	—	—	—
天然由来加入尾数(尾)※ <sup>2</sup>	304,719	236,193	125,623	145,960	349,949	125,025
放流由来加入尾数(尾)※ <sup>3</sup>	9,352	7,696	10,101	10,885	9,724	11,960
1歳魚資源量指標値	—	—	61,724	17,626	25,630	88,735

漁期年	1999	2000	2001	2002	2003	2004
0歳天然魚資源量指標値	—	—	—	—	—	36.99
天然稚魚平均採集尾数(尾)	—	—	—	—	—	0.40
天然由来加入尾数(尾)	1,123,410	326,562	1,206,576	243,243	40,525	64,104
放流由来加入尾数(尾)	20,248	20,786	31,274	19,001	17,990	33,463
1歳魚資源量指標値	37,681	314,944	102,592	549,009	99,389	24,387

漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳天然魚資源量指標値	55.78	151.51	45.99	59.70	36.21	27.10
天然稚魚平均採集尾数(尾)	6.60	11.00	1.80	10.00	1.40	0.80
天然由来加入尾数(尾)	221,944	467,247	296,309	425,052	97,638	72,474
放流由来加入尾数(尾)	30,848	41,243	34,543	34,636	34,143	29,548
1歳魚資源量指標値	35,453	115,374	185,290	123,079	194,090	56,856

漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0歳天然魚資源量指標値	14.65	20.55	39.08	38.48	52.39	15.95
天然稚魚平均採集尾数(尾)	0.40	3.50	2.30	5.70	2.33	2.14
天然由来加入尾数(尾)	61,154	65,687	201,709	185,651	85,305	102,986
放流由来加入尾数(尾)	36,189	39,319	36,878	31,994	32,112	38,115
1歳魚資源量指標値	42,565	47,094	33,433	97,885	130,687	56,662

漁期年	2017	2018	2019	2020	2021
0歳天然魚資源量指標値	7.30	13.45	11.48	4.63	7.73
天然稚魚平均採集尾数(尾)	0.00	1.29	1.00	0.17	0.33
天然由来加入尾数(尾)	49,701	70,511	77,269	18,892	31,541※ <sup>4</sup>
放流由来加入尾数(尾)	27,572	30,660	26,265	26,171	29,756※ <sup>5</sup>
1歳魚資源量指標値	60,226	23,600	42,425	50,120	—

※<sup>1</sup> サーフネット調査による最多採集調査日における曳網あたり天然稚魚採集数。

※<sup>2</sup> 天然由来加入尾数(4月時点)は0歳資源尾数から放流由来加入尾数(4月時点)を差し引いた値とした。

※<sup>3</sup> 放流由来加入尾数(4月時点)は10月時点の放流由来加入尾数に半年当たりの自然死亡係数の(M=0.125)を乗じて求めた

※<sup>4</sup> 2021年漁期の天然由来加入尾数はチューニングパラメーター(q0)と2021年漁期0歳天然魚資源量指標値から予測した。

※<sup>5</sup> 2021年漁期の放流由来加入尾数は最近5年間(2016～2020年漁期)の放流由来加入尾数の平均値とした。

補足表 2-2. 資源解析結果 (1993~2001 年漁期)

年齢別漁獲尾数 (尾)									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	120,295	86,732	54,526	71,179	196,085	56,886	446,641	95,918	232,367
1歳	226,600	94,770	76,950	34,019	36,970	78,907	36,801	378,988	121,116
2歳	18,557	21,572	13,225	10,721	7,993	7,089	6,738	7,088	36,503
3歳以上	6,114	4,195	5,050	5,199	5,151	3,853	3,271	4,355	3,057
計	371,567	207,269	149,751	121,118	246,199	146,736	493,451	486,350	393,044
年齢別漁獲量 (kg)									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	28,337	26,421	10,247	14,388	39,216	18,349	120,752	26,974	56,492
1歳	217,870	80,642	78,181	32,037	28,709	88,105	40,870	328,463	122,797
2歳	34,920	37,088	24,599	19,494	14,464	13,052	12,231	13,077	62,647
3歳以上	20,745	13,059	16,458	15,212	15,768	13,046	10,210	13,556	8,970
計	301,872	157,211	129,484	81,131	98,158	132,552	184,063	382,070	250,905
年齢別漁獲係数									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	0.57	0.52	0.61	0.72	0.96	0.64	0.58	0.38	0.24
1歳	1.92	1.49	1.46	1.11	1.22	1.80	1.34	2.00	1.34
2歳	1.45	1.24	0.97	0.90	0.94	0.89	0.81	1.20	1.57
3歳以上	1.45	1.24	0.97	0.90	0.94	0.89	0.81	1.20	1.57
単純平均	1.35	1.12	1.00	0.91	1.02	1.06	0.89	1.19	1.18
年齢別資源尾数 (尾、4月)									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	314,071	243,890	135,723	156,845	359,673	136,985	1,143,658	347,349	1,237,850
1歳	300,903	138,438	113,400	57,582	59,336	107,069	56,482	496,523	185,868
2歳	27,483	34,370	24,182	20,408	14,824	13,585	13,750	11,512	52,237
3歳以上	9,055	6,684	9,233	9,896	9,552	7,384	6,674	7,073	4,375
計	651,512	423,382	282,539	244,733	443,384	265,023	1,220,565	862,456	1,480,329
年齢別資源尾数 (尾、10月)									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	277,167	215,232	119,776	138,416	317,410	120,889	1,009,275	306,534	1,092,398
1歳	265,546	122,171	100,076	50,816	52,364	94,488	49,846	438,180	164,028
2歳	24,254	30,331	21,340	18,010	13,082	11,989	12,134	10,159	46,099
3歳以上	7,991	5,898	8,148	8,734	8,430	6,516	5,890	6,242	3,861
計	574,958	373,633	249,340	215,976	391,285	233,882	1,077,145	761,115	1,306,385
年齢別資源量 (kg、4月)									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1歳	106,824	49,147	40,259	20,442	21,065	38,011	20,052	176,272	65,985
2歳	39,207	49,032	34,498	29,114	21,147	19,380	19,616	16,422	74,520
3歳以上	26,162	19,310	26,675	28,591	27,596	21,333	19,281	20,435	12,640
計	172,193	117,489	101,431	78,148	69,808	78,724	58,949	213,129	153,145
年齢別資源量 (kg、10月)									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	45,559	35,378	19,688	22,752	52,174	19,871	165,897	50,386	179,560
1歳	273,640	125,895	103,126	52,365	53,960	97,368	51,365	451,537	169,027
2歳	39,722	49,676	34,951	29,497	21,425	19,635	19,873	16,638	75,499
3歳以上	22,923	16,919	23,373	25,052	24,180	18,692	16,894	17,905	11,075
計	381,844	227,868	181,137	129,665	151,738	155,566	254,029	536,466	435,161
年齢別親魚量 (kg、4月)									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2歳	19,604	24,516	17,249	14,557	10,573	9,690	9,808	8,211	37,260
3歳以上	26,162	19,310	26,675	28,591	27,596	21,333	19,281	20,435	12,640
計	45,765	43,825	43,924	43,149	38,170	31,023	29,089	28,646	49,900
漁獲割合 (漁獲量/資源量 (10月))									
漁期年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
0歳	0.62	0.75	0.52	0.63	0.75	0.92	0.73	0.54	0.31
1歳	0.80	0.64	0.76	0.61	0.53	0.90	0.80	0.73	0.73
2歳	0.88	0.75	0.70	0.66	0.68	0.66	0.62	0.79	0.83
3歳以上	0.90	0.77	0.70	0.61	0.65	0.70	0.60	0.76	0.81
計	0.79	0.69	0.71	0.63	0.65	0.85	0.72	0.71	0.58

補足表 2-3. 資源解析結果 (続き: 2002~2010 年漁期)

年齢別漁獲尾数 (尾)									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	51,391	13,319	25,733	46,654	128,367	81,715	63,333	29,129	18,449
1歳	542,806	114,825	20,149	34,307	100,358	214,413	112,558	192,349	40,954
2歳	19,792	59,093	12,602	3,166	4,404	16,988	16,198	20,578	36,558
3歳以上	4,796	7,878	22,392	6,504	4,639	5,173	7,144	6,449	12,473
計	618,785	195,115	80,877	90,631	237,767	318,290	199,233	248,505	108,433
年齢別漁獲量 (kg)									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	12,727	3,059	6,926	12,463	31,094	19,819	17,881	6,220	4,856
1歳	498,179	106,824	22,362	39,288	110,759	210,976	119,984	186,089	41,952
2歳	35,235	103,088	21,054	6,126	8,155	29,441	26,809	34,631	59,081
3歳以上	13,993	24,944	60,267	20,394	15,572	17,311	20,622	18,225	33,141
計	560,134	237,915	110,609	78,271	165,580	277,547	185,296	245,166	139,030
年齢別漁獲係数									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	0.25	0.30	0.36	0.23	0.34	0.33	0.17	0.29	0.23
1歳	1.66	1.71	1.12	1.31	1.31	1.96	1.16	1.28	0.92
2歳	0.90	0.91	1.01	0.54	0.59	0.89	0.90	0.73	1.00
3歳以上	0.90	0.91	1.01	0.54	0.59	0.89	0.90	0.73	1.00
単純平均	0.93	0.96	0.88	0.66	0.71	1.02	0.78	0.75	0.79
年齢別資源尾数 (尾、4月)									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	262,244	58,515	97,567	252,792	508,491	330,852	459,688	131,781	102,022
1歳	758,975	158,883	33,817	53,276	155,703	282,729	185,554	302,114	76,924
2歳	37,869	112,066	22,406	8,555	11,216	32,696	30,971	45,178	65,540
3歳以上	9,177	14,941	39,811	17,572	11,814	9,956	13,660	14,159	22,360
計	1,068,265	344,405	193,601	332,196	687,223	656,233	689,873	493,232	266,846
年齢別資源尾数 (尾、10月)									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	231,430	51,639	86,102	223,088	448,741	291,976	405,673	116,296	90,034
1歳	669,793	140,214	29,844	47,016	137,407	249,508	163,751	266,615	67,885
2歳	33,419	98,898	19,773	7,550	9,898	28,854	27,332	39,869	57,838
3歳以上	8,099	13,185	35,133	15,507	10,426	8,786	12,055	12,496	19,733
計	942,741	303,936	170,852	293,162	606,472	579,124	608,811	435,276	235,491
年齢別資源量 (kg、4月)									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1歳	269,446	56,406	12,006	18,914	55,276	100,372	65,874	107,254	27,309
2歳	54,023	159,871	31,964	12,205	16,000	46,644	44,183	64,450	93,498
3歳以上	26,514	43,165	115,017	50,768	34,133	28,764	39,465	40,907	64,601
計	349,983	259,442	158,987	81,886	105,409	175,780	149,522	212,612	185,408
年齢別資源量 (kg、10月)									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	38,041	8,488	14,153	36,670	73,761	47,993	66,682	19,116	14,799
1歳	690,210	144,488	30,753	48,449	141,596	257,113	168,743	274,742	69,955
2歳	54,733	161,971	32,384	12,365	16,210	47,257	44,763	65,296	94,726
3歳以上	23,231	37,821	100,778	44,482	29,907	25,203	34,579	35,843	56,603
計	806,215	352,768	178,068	141,966	261,474	377,565	314,766	394,997	236,083
年齢別親魚量 (kg、4月)									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2歳	27,012	79,936	15,982	6,103	8,000	23,322	22,091	32,225	46,749
3歳以上	26,514	43,165	115,017	50,768	34,133	28,764	39,465	40,907	64,601
計	53,526	123,100	130,999	56,870	42,133	52,086	61,557	73,132	111,350
漁獲割合 (漁獲量/資源量 (10月))									
漁期年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
0歳	0.33	0.36	0.49	0.34	0.42	0.41	0.27	0.33	0.33
1歳	0.72	0.74	0.73	0.81	0.78	0.82	0.71	0.68	0.60
2歳	0.64	0.64	0.65	0.50	0.50	0.62	0.60	0.53	0.62
3歳以上	0.60	0.66	0.60	0.46	0.52	0.69	0.60	0.51	0.59
計	0.69	0.67	0.62	0.55	0.63	0.74	0.59	0.62	0.59

補足表 2-4. 資源解析結果（続き：2011～2020 年漁期）

年齢別漁獲尾数 (尾)										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	20,292	21,010	40,440	32,789	19,899	21,338	25,562	25,600	13,718	8,350
1歳	32,449	32,472	24,577	79,262	97,402	35,145	42,041	17,896	30,187	27,919
2歳	11,016	9,168	6,053	11,139	26,973	14,792	12,244	10,102	4,496	5,191
3歳以上	11,674	8,070	5,486	5,749	10,129	11,054	4,243	3,963	8,073	5,551
計	75,431	70,719	76,556	128,938	154,403	82,328	84,090	57,562	56,474	47,011
年齢別漁獲量 (kg)										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	5,797	5,847	10,958	10,785	6,150	5,673	7,031	10,296	4,436	3,257
1歳	34,766	35,003	25,878	77,294	92,738	39,963	47,473	18,980	31,981	30,840
2歳	18,740	15,785	10,945	16,834	42,001	23,655	24,605	19,606	8,151	8,840
3歳以上	32,033	24,956	19,112	18,294	29,083	29,204	16,162	14,120	21,064	14,968
計	91,337	81,591	66,893	123,207	169,971	98,496	95,271	63,003	65,631	57,905
年齢別漁獲係数										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.27	0.26	0.21	0.19	0.21	0.19	0.47	0.34	0.16	0.24
1歳	0.87	1.01	0.58	0.91	1.54	0.77	0.74	0.77	0.94	0.62
2歳	0.74	0.70	0.54	0.61	1.05	1.25	0.74	0.41	0.47	0.42
3歳以上	0.74	0.70	0.54	0.61	1.05	1.25	0.74	0.41	0.47	0.42
単純平均	0.66	0.67	0.47	0.58	0.96	0.86	0.67	0.48	0.51	0.42
年齢別資源尾数 (尾、4月)										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	97,344	105,006	238,587	217,645	117,417	141,100	77,272	101,171	103,534	45,063
1歳	63,174	57,904	63,238	150,124	140,567	73,884	91,058	37,622	56,200	68,526
2歳	23,767	20,564	16,439	27,561	46,968	23,517	26,525	33,815	13,506	17,128
3歳以上	25,187	18,102	14,900	14,224	17,639	17,574	9,193	13,267	24,255	18,317
計	209,472	201,575	333,164	409,554	322,591	256,075	204,049	185,875	197,495	149,035
年齢別資源尾数 (尾、10月)										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	85,905	92,667	210,552	192,071	103,621	124,521	68,193	89,283	91,368	39,768
1歳	55,751	51,100	55,807	132,484	124,050	65,202	80,359	33,201	49,596	60,474
2歳	20,975	18,147	14,507	24,322	41,449	20,753	23,409	29,842	11,919	15,116
3歳以上	22,228	15,975	13,150	12,552	15,566	15,509	8,113	11,708	21,405	16,165
計	184,858	177,889	294,016	361,430	284,686	225,985	180,073	164,034	174,289	131,523
年齢別資源量 (kg、4月)										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1歳	22,427	20,557	22,450	53,296	49,903	26,230	32,327	13,356	19,952	24,328
2歳	33,906	29,336	23,452	39,318	67,004	33,549	37,841	48,241	19,268	24,435
3歳以上	72,768	52,297	43,048	41,093	50,960	50,771	26,559	38,331	70,076	52,919
計	129,102	102,189	88,950	133,707	167,867	110,550	96,726	99,927	109,296	101,682
年齢別資源量 (kg、10月)										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	14,121	15,232	34,609	31,571	17,032	20,468	11,209	14,676	15,018	6,537
1歳	57,450	52,657	57,508	136,522	127,831	67,190	82,808	34,213	51,108	62,318
2歳	34,351	29,721	23,760	39,834	67,884	33,989	38,338	48,874	19,521	24,756
3歳以上	63,759	45,822	37,719	36,006	44,651	44,486	23,271	33,585	61,400	46,368
計	169,681	143,433	153,596	243,933	257,398	166,133	155,626	131,348	147,048	139,978
年齢別親魚量 (kg、4月)										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1歳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2歳	16,953	14,668	11,726	19,659	33,502	16,774	18,920	24,120	9,634	12,218
3歳以上	72,768	52,297	43,048	41,093	50,960	50,771	26,559	38,331	70,076	52,919
計	89,721	66,965	54,774	60,752	84,462	67,546	45,479	62,451	79,710	65,137
漁獲割合 (漁獲量/資源量 (10月))										
漁期年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0歳	0.41	0.38	0.32	0.34	0.36	0.28	0.63	0.70	0.30	0.50
1歳	0.61	0.66	0.45	0.57	0.73	0.59	0.57	0.55	0.63	0.49
2歳	0.55	0.53	0.46	0.42	0.62	0.70	0.64	0.40	0.42	0.36
3歳以上	0.50	0.54	0.51	0.51	0.65	0.66	0.69	0.42	0.34	0.32
計	0.54	0.57	0.44	0.51	0.66	0.59	0.61	0.48	0.45	0.41

補足表 2-5. 漁期年別漁業種類別漁獲量 (kg)

漁期年	小型機船底びき網漁業 (伊勢湾・三河湾)					小型機船底びき網漁業 (渥美外海)				
	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(kg)	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(kg)
1993	17,147	11,458	3,028	522	32,155	11,190	18,688	4,237	3,331	37,446
1994	18,694	7,279	2,926	806	29,706	7,727	13,235	4,675	4,331	29,968
1995	7,010	7,932	390	779	16,111	3,237	7,584	3,438	3,301	17,560
1996	13,031	13,080	1,983	3,170	31,265	1,357	4,353	4,032	5,472	15,214
1997	32,975	7,837	976	1,276	43,065	6,241	4,526	2,175	4,235	17,177
1998	13,589	5,093	1,260	495	20,438	4,760	7,537	2,455	2,086	16,838
1999	76,006	5,201	1,388	500	83,096	44,746	2,157	1,518	3,599	52,020
2000	15,356	16,624	1,115	277	33,372	11,618	46,001	848	5,265	63,732
2001	38,034	9,173	3,887	249	51,342	18,458	12,207	9,352	2,402	42,419
2002	10,323	15,520	1,482	1,351	28,675	2,404	80,524	16,256	8,839	108,023
2003	2,421	6,425	1,143	71	10,061	637	25,775	15,454	1,663	43,529
2004	4,362	625	483	798	6,268	2,564	2,424	3,271	13,917	22,176
2005	5,661	1,009	109	165	6,944	6,793	2,764	656	4,797	15,010
2006	18,571	1,580	28	172	20,351	12,523	4,852	1,335	3,414	22,124
2007	12,334	4,005	444	766	17,548	7,485	18,482	3,440	4,338	33,746
2008	8,935	2,916	469	303	12,622	8,946	4,161	5,500	5,268	23,874
2009	3,664	3,012	51	97	6,824	2,557	10,903	5,324	3,988	22,771
2010	3,675	1,376	531	362	5,943	1,181	1,919	9,528	6,101	18,728
2011	3,436	1,075	881	79	5,472	2,361	2,347	1,683	4,559	10,951
2012	4,317	1,200	489	0	6,006	1,530	626	1,226	5,031	8,413
2013	8,667	1,123	313	222	10,325	2,291	208	788	5,137	8,424
2014	6,763	1,154	447	151	8,515	4,022	3,356	1,045	4,386	12,809
2015	3,366	2,123	913	386	6,788	2,784	4,863	6,246	6,510	20,403
2016	3,895	1,270	910	401	6,476	1,778	1,438	3,126	3,267	9,609
2017	5,155	1,104	1,680	249	8,187	1,876	2,066	3,426	4,117	11,486
2018	8,168	2,426	774	57	11,426	2,128	2,518	1,884	3,622	10,153
2019	3,842	2,849	489	111	7,291	593	4,127	2,316	3,467	10,503
2020	3,037	1,110	1,023	463	5,633	219	2,630	1,009	2,125	5,984

漁期年	ふぐはえ縄漁業					まき網漁業				
	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(kg)	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(kg)
1993	0	187,724	25,470	14,109	227,302	0	0	2,186	2,783	4,969
1994	0	60,128	28,182	6,998	95,308	0	0	1,305	925	2,229
1995	0	62,664	19,754	9,707	92,126	0	0	1,017	2,670	3,687
1996	0	14,603	7,788	3,263	25,654	0	0	5,691	3,307	8,997
1997	0	16,346	11,001	6,280	33,626	0	0	313	3,978	4,290
1998	0	75,475	8,948	9,878	94,300	0	0	389	587	975
1999	0	33,511	8,479	4,882	46,872	0	0	845	1,230	2,075
2000	0	265,838	9,597	7,572	283,007	0	0	1,517	442	1,959
2001	0	101,417	47,958	5,806	155,181	0	0	1,450	513	1,963
2002	0	402,135	17,444	3,793	423,371	0	0	53	11	64
2003	0	74,624	73,417	22,743	170,784	0	0	13,074	468	13,542
2004	0	19,313	16,489	42,158	77,960	0	0	811	3,394	4,205
2005	9	35,515	4,284	11,362	51,170	0	0	1,077	4,070	5,147
2006	0	104,327	6,792	11,986	123,105	0	0	0	0	0
2007	0	188,489	25,557	12,207	226,253	0	0	0	0	0
2008	0	112,907	20,841	15,051	148,799	0	0	0	0	0
2009	0	172,174	29,256	14,141	215,571	0	0	0	0	0
2010	0	38,657	49,022	26,679	114,358	0	0	0	0	0
2011	0	31,343	16,176	27,395	74,914	0	0	0	0	0
2012	0	33,177	14,070	19,924	67,172	0	0	0	0	0
2013	0	24,548	9,844	13,753	48,145	0	0	0	0	0
2014	0	72,784	15,342	13,757	101,883	0	0	0	0	0
2015	0	85,752	34,842	22,187	142,781	0	0	0	0	0
2016	0	37,255	19,619	25,537	82,411	0	0	0	0	0
2017	0	44,303	19,499	11,796	75,598	0	0	0	0	0
2018	0	14,036	16,948	10,441	41,425	0	0	0	0	0
2019	0	25,004	5,347	17,486	47,837	0	0	0	0	0
2020	0	27,100	6,808	12,380	46,288	0	0	0	0	0

補足表 2-6. 漁期年別漁業種類別漁獲尾数（尾）

漁期年	小型機船底びき網漁業（伊勢湾・三河湾）					小型機船底びき網漁業（渥美外海）				
	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(尾)	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(尾)
1993	90,416	26,754	2,270	183	119,623	29,879	21,500	2,607	1,155	55,141
1994	64,659	16,860	1,979	255	83,753	22,073	17,205	3,072	1,502	43,852
1995	44,225	15,795	286	245	60,551	10,301	10,666	2,353	1,144	24,464
1996	67,320	19,045	980	1,027	88,373	3,859	4,024	2,432	1,993	12,308
1997	167,766	17,665	587	435	186,452	28,319	5,217	1,791	1,450	36,777
1998	44,924	9,803	771	149	55,648	11,962	8,075	1,523	724	22,284
1999	328,500	6,817	854	149	336,320	118,141	2,425	972	1,210	122,748
2000	60,722	32,746	639	107	94,215	35,196	67,546	466	1,990	105,198
2001	174,520	16,386	2,504	89	193,499	57,847	14,970	5,997	754	79,568
2002	44,653	33,766	840	506	79,765	6,738	110,635	10,585	3,228	131,186
2003	11,214	17,675	984	26	29,900	2,105	36,315	11,267	683	50,370
2004	17,681	882	324	358	19,244	8,052	3,119	2,337	5,931	19,439
2005	24,431	1,969	66	69	26,536	22,209	3,430	414	1,780	27,833
2006	85,620	1,782	16	68	87,486	42,747	6,742	796	963	51,248
2007	53,770	6,307	262	170	60,509	27,945	26,360	2,087	1,275	57,667
2008	37,774	4,560	298	88	42,720	25,559	6,497	3,784	1,792	37,632
2009	18,453	4,589	32	38	23,111	10,677	14,779	3,559	1,501	30,516
2010	15,133	2,496	308	119	18,056	3,317	2,678	7,202	2,259	15,456
2011	13,586	1,597	507	31	15,721	6,706	2,803	998	1,644	12,150
2012	15,837	1,794	288	0	17,920	5,173	914	750	1,553	8,390
2013	32,575	1,804	188	70	34,637	7,865	398	519	1,354	10,136
2014	20,264	2,076	312	66	22,719	12,524	5,380	658	1,102	19,665
2015	12,062	2,704	547	142	15,455	7,837	8,027	4,153	1,932	21,949
2016	15,660	2,755	613	136	19,164	5,678	2,344	2,214	968	11,203
2017	19,647	1,950	1,078	70	22,745	5,915	2,708	2,061	1,105	11,788
2018	21,153	2,614	351	18	24,136	4,447	3,453	1,227	846	9,974
2019	12,393	4,231	367	34	17,025	1,325	4,512	1,232	939	8,008
2020	7,691	1,714	530	206	10,141	659	2,571	594	562	4,386

漁期年	みぐはえ網漁業					まき網漁業				
	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(尾)	0歳	1歳	2歳	3+歳	合計(尾)
1993	0	178,346	12,157	3,811	194,314	0	0	1,523	965	2,488
1994	0	60,705	15,612	2,117	78,434	0	0	909	321	1,230
1995	0	50,488	9,879	2,735	63,103	0	0	707	925	1,633
1996	0	10,950	3,639	914	15,503	0	0	3,670	1,264	4,934
1997	0	14,088	5,352	1,852	21,292	0	0	264	1,414	1,678
1998	0	61,029	4,524	2,776	68,330	0	0	271	204	475
1999	0	27,559	4,325	1,472	33,356	0	0	587	440	1,027
2000	0	278,696	4,859	2,077	285,632	0	0	1,125	181	1,306
2001	0	89,760	26,930	2,044	118,734	0	0	1,072	170	1,242
2002	0	398,405	8,325	1,059	407,788	0	0	42	3	46
2003	0	60,835	35,479	6,936	103,250	0	0	11,363	233	11,596
2004	0	16,148	9,271	14,980	40,399	0	0	671	1,124	1,794
2005	14	28,908	1,972	3,203	34,098	0	0	714	1,451	2,165
2006	0	91,834	3,592	3,608	99,033	0	0	0	0	0
2007	0	181,747	14,640	3,727	200,114	0	0	0	0	0
2008	0	101,501	12,116	5,264	118,881	0	0	0	0	0
2009	0	172,981	16,987	4,911	194,879	0	0	0	0	0
2010	0	35,779	29,048	10,095	74,921	0	0	0	0	0
2011	0	28,049	9,511	10,000	47,560	0	0	0	0	0
2012	0	29,763	8,129	6,517	44,409	0	0	0	0	0
2013	0	22,375	5,346	4,063	31,783	0	0	0	0	0
2014	0	71,805	10,168	4,580	86,554	0	0	0	0	0
2015	0	86,670	22,273	8,055	116,999	0	0	0	0	0
2016	0	30,047	11,965	9,949	51,961	0	0	0	0	0
2017	0	37,383	9,105	3,069	49,557	0	0	0	0	0
2018	0	11,829	8,523	3,099	23,452	0	0	0	0	0
2019	0	21,444	2,897	7,100	31,441	0	0	0	0	0
2020	0	23,634	4,067	4,783	32,484	0	0	0	0	0

### 補足資料 3 種苗放流効果の計算方法

加入が不安定である中、資源の安定的な維持・造成を目的として、1980年代からトラフグ人工種苗が大規模に放流されている。放流種苗の混入率ならびに添加効率を推定するために、2000年漁期からはイラストマー標識、2005年漁期からはALC耳石標識、2007年漁期からは胸鰭切除標識が種苗に施されている。なお、イラストマー標識および胸鰭切除標識は市場調査法により、ALC耳石標識は漁獲物の買取り調査および耳石のみを加工場や旅館から回収する方法により確認している。

添加効率の推定方法は、放流海域を伊勢・三河湾、遠州灘～駿河湾および熊野灘の3海域に大別し、それぞれについて放流サイズと添加効率の関係式を標識放流群の調査結果から求め、無標識放流群を含めた全ての放流群についてこの関係式を適用し添加効率を計算した(補足表3-1)。放流海域別の平均添加効率は、伊勢・三河湾では0.0832と高く、遠州灘～駿河湾では0.0400、熊野灘では0.0084と低く推定された。放流群別に添加効率と放流海域別の平均値との比を計算し、その比と放流時平均全長との関係を検討したところ、高い相関は認められなかったが、以下の関係式が得られた。

$$Y = 0.0206X - 0.251 \quad (n=83)$$

X:放流時平均全長 (mm)    Y: 添加効率比 (添加効率/放流海域別平均添加効率)

これをもとに

$$K = G (0.0206X - 0.251) \quad K: 添加効率$$

(G: 伊勢・三河湾: 0.0832、遠州灘～駿河湾: 0.0400、熊野灘: 0.0084)

とする推定式をたてた。

前記の推定式を適用して過去の無標識放流群(標識装着が不安定で先の計算対象から除外した一部の標識放流群を含む)の添加効率を推定し、さらに、漁期年別に放流魚の加入尾数を集計した(補足表3-1)。

補足表 3-1. 漁期年別の親魚量、放流尾数、加入尾数、添加効率、混入率および再生産成功率 (RPS)

漁期年	親魚量 (トン)	放流尾数 (尾)	加入尾数(尾) ※1			添加効率※2	放流魚 混入率 (%)	RPS※3 (尾/トン)
			天然魚	放流魚	全 体			
1993	45.8	218,913	268,914	8,253	277,167	0.038	3.0	5.876
1994	43.8	186,664	208,440	6,792	215,232	0.036	3.2	4.756
1995	43.9	260,280	110,862	8,914	119,776	0.034	7.4	2,524
1996	43.1	250,549	128,810	9,606	138,416	0.038	6.9	2,985
1997	38.2	219,480	308,829	8,581	317,410	0.039	2.7	8,091
1998	31.0	289,848	110,334	10,555	120,889	0.036	8.7	3,556
1999	29.1	555,284	991,406	17,869	1,009,275	0.032	1.8	34,082
2000	28.6	567,465	288,190	18,344	306,534	0.032	6.0	10,060
2001	49.9	637,042	1,064,799	27,599	1,092,398	0.043	2.5	21,339
2002	53.5	661,859	214,662	16,768	231,430	0.025	7.2	4,010
2003	123.1	411,206	35,763	15,876	51,639	0.039	30.7	291
2004	131.0	730,918	56,571	29,531	86,102	0.040	34.3	432
2005	56.9	621,782	195,865	27,223	223,088	0.044	12.2	3,444
2006	42.1	786,150	412,344	36,397	448,741	0.046	8.1	9,787
2007	52.1	658,025	261,492	30,484	291,976	0.046	10.4	5,020
2008	61.6	739,190	375,107	30,566	405,673	0.041	7.5	6,094
2009	73.1	690,870	86,165	30,131	116,296	0.044	25.9	1,178
2010	111.3	613,000	63,958	26,076	90,034	0.043	29.0	574
2011	89.7	685,300	53,968	31,937	85,905	0.047	37.2	602
2012	67.0	786,600	57,968	34,699	92,667	0.044	37.4	866
2013	54.8	721,200	178,007	32,545	210,552	0.045	15.5	3,250
2014	60.8	659,186	163,836	28,235	192,071	0.043	14.7	2,697
2015	84.5	710,000	75,282	28,339	103,621	0.040	27.3	891
2016	67.5	622,200	90,885	33,636	124,521	0.054	27.0	1,346
2017	45.5	547,900	43,861	24,332	68,193	0.044	35.7	964
2018	62.5	544,300	62,226	27,057	89,283	0.050	30.3	996
2019	79.7	526,870	68,189	23,179	91,368	0.044	25.4	855
2020	65.1	480,080	16,672	23,096	39,768	0.048	58.1	256

※1 加入尾数：漁獲開始時（10月）資源尾数。

※2 添加効率：放流魚加入尾数（10月）/放流尾数。

※3 RPS：天然魚加入尾数（10月）/親魚量（天然+放流、4月）。

#### 補足資料4 漁獲係数および種苗放流による管理効果の比較

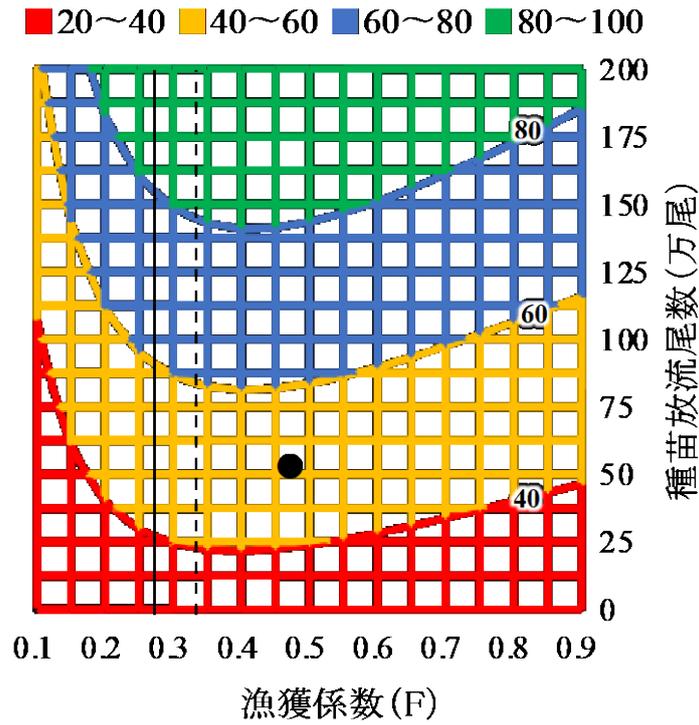
提案する管理基準への漁獲圧の引き下げによって減少する漁獲量に対し、種苗放流によって現状の漁獲量（60トン程度）を維持するために必要な種苗放流数を試算した。

計算方法として、漁獲係数および種苗放流数の調整を2022年漁期から組み合わせて実施した場合に、5年後の2027年漁期に期待される漁獲量および資源量を亘（2014）に準じて試算した。漁獲係数は0.1～0.9の範囲、種苗放流数は0～200万尾の範囲で変化させた（補足図4-1、4-2、補足表4-1、4-2）。2021年漁期の天然由来の加入尾数（4月時点）は31,541尾、放流由来の加入尾数は29,756尾と仮定した（補足資料2参照）。2022年漁期以降の天然魚の加入尾数は直近5年（2017～2021年漁期）の平均値（49,583尾）が一定して続くことを仮定した。また、放流魚の加入尾数は種苗放流数に添加効率を乗じて求めた。添加効率は種苗放流数に依存せず一定とし、直近5年間（2016～2020年漁期）の平均値（0.048）とした。

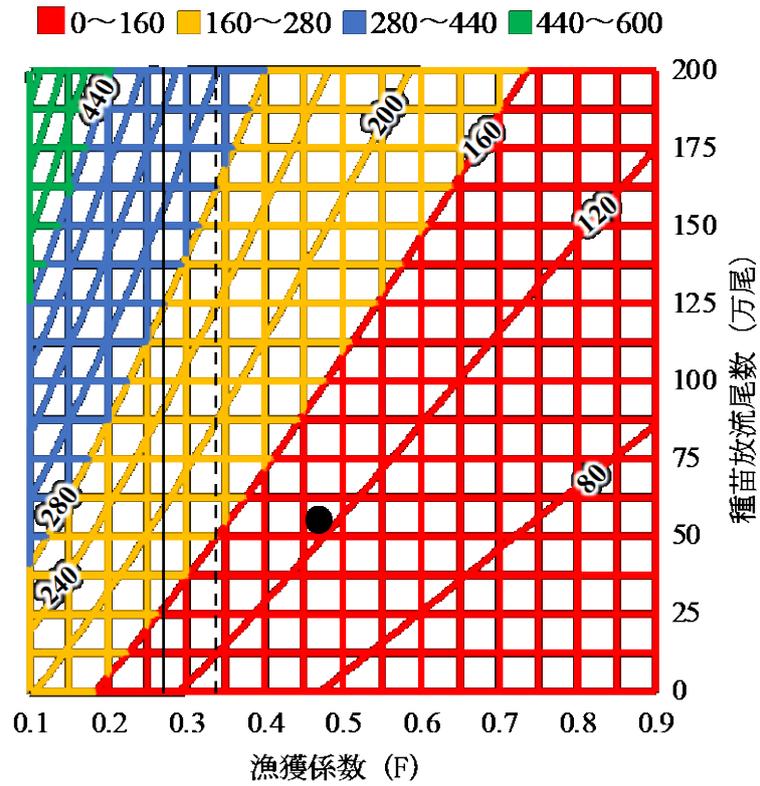
現状の漁獲係数（ $F=0.47$ ）および種苗放流数（54万尾）を続けた場合、2027年漁期の漁獲量は50トンへ減少し、資源量は122トンから増加しなかった。提案する管理基準（ $F20\%SPR$   $F=0.34$ ）に漁獲圧を引き下げた場合には、2027年漁期の漁獲量は50トンに減少するものの、資源量は161トンへ増加した。現状の漁獲圧と $F20\%SPR$ のいずれの場合においても、種苗放流数を100万尾程度に増加させた場合に2027年漁期に期待される漁獲量は現状の漁獲量（60トン程度）を維持することが可能と推定された。ただし、現状の漁獲圧で漁獲した場合においては資源量の増加が見込めないことから、十分な管理効果を得るためには種苗放流数の増加と併せて提案する管理基準への漁獲圧の引き下げが必要である。

#### 引用文献

亘 真吾 (2014) 等量線図による種苗放流が資源に与える影響評価と表計算ソフトを用いた計算方法. 水産技術, 6, 129-137.



補足図 4-1. 2022~2027 年漁期にかけて漁獲係数と種苗放流数を変化させたときの 2027 年漁期の漁獲量 (トン) の等量線図  
 図中の黒丸は近年 (2018~2020 年漁期) の漁獲係数および種苗放流数の平均値。点線は  $F20\%SPR$ 、実線は  $0.8F20\%SPR$ 。



補足図 4-2. 2022~2027 年漁期にかけて漁獲係数と種苗放流数を変化させたときの 2027 年漁期の資源量 (トン) の等量線図  
 図中の黒丸は近年 (2018~2020 年漁期) の漁獲係数および種苗放流数の平均値。点線は  $F_{20\%SPR}$ 、実線は  $0.8F_{20\%SPR}$ 。

補足表 4-1. 2022～2027 年漁期にかけて漁獲係数と種苗放流数を変化させたときの 2027 年漁期の漁獲量

漁獲係数 (F)	種苗放流尾数 (万尾)										管理基準
	0	25	50	54 <sup>*</sup>	75	100	125	150	175	200	
0.10	20	25	29	30	34	39	43	48	53	57	
0.15	25	31	37	38	43	49	55	62	68	74	
0.20	29	36	43	43	50	57	64	71	78	85	
0.27	32	39	47	48	55	63	71	79	86	94	0.8F20%SPR
0.30	32	40	48	49	56	64	72	80	88	97	
0.34	33	41	49	50	57	66	74	82	90	99	F20%SPR
0.35	33	41	49	50	57	66	74	82	91	99	
0.40	33	41	50	50	58	66	75	83	91	100	
0.45	32	41	49	50	58	66	75	83	91	100	
0.47	32	41	49	50	57	66	74	83	91	99	Fcurrent
0.50	32	40	49	49	57	65	74	82	91	99	
0.55	31	40	48	49	56	65	73	81	89	98	
0.60	31	39	47	48	55	63	72	80	88	96	
0.65	30	38	46	47	54	62	70	78	86	94	
0.70	29	37	45	46	53	61	69	76	84	92	
0.75	29	36	44	45	52	59	67	75	83	90	
0.80	28	35	43	43	51	58	66	73	81	88	
0.85	27	35	42	42	49	57	64	71	79	86	
0.90	27	34	41	41	48	55	63	70	77	84	

※ 現状の放流尾数。

補足表 4-2. 2022～2027 年漁期にかけて漁獲係数と種苗放流数を変化させたときの 2027 年漁期の資源量

漁獲係数 (F)	種苗放流尾数 (万尾)										管理基準
	0	25	50	54 <sup>※</sup>	75	100	125	150	175	200	
0.10	203	250	297	300	345	392	439	486	533	581	
0.15	175	217	258	261	300	341	383	424	466	507	
0.20	152	189	226	228	262	299	335	372	409	445	
0.27	126	157	188	189	218	249	280	311	342	373	0.8F20%SPR
0.30	117	146	175	177	204	233	262	291	320	349	
0.34	106	133	160	161	186	213	239	266	293	319	F20%SPR
0.35	104	130	156	158	182	208	234	260	286	312	
0.40	93	116	140	141	163	187	210	234	257	281	
0.45	83	105	126	127	147	169	190	212	233	254	
0.47	79	100	120	122	141	161	182	202	223	243	Fcurrent
0.50	75	95	114	116	134	153	173	192	212	232	
0.55	69	87	105	106	122	140	158	176	194	212	
0.60	63	79	96	97	112	129	146	162	179	195	
0.65	58	73	89	90	104	119	135	150	165	181	
0.70	54	68	82	83	96	111	125	139	154	168	
0.75	50	63	77	78	90	103	117	130	144	157	
0.80	47	59	72	73	84	97	110	122	135	147	
0.85	44	56	68	68	79	91	103	115	127	139	
0.90	41	53	64	65	75	86	97	109	120	131	

※ 現状の放流尾数。