

平成 27（2015）年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価

責任担当水研：増養殖研究所（鈴木重則、山本敏博、黒木洋明、鴨志田正晃）

中央水産研究所（市野川桃子）

参 画 機 関：静岡県水産技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所

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 1993～1998 年漁期にかけて約 400 トンから 150 トン程度へ漸減したが、1999 年漁期から上昇に転じ 2002 年漁期には 862 トンとピークに達した。その後は再び減少し 2005 年漁期には 200 トンを割り込んだ。2006～2009 年漁期は 300～400 トンで安定したが、2010 年漁期以降は減少傾向が続き 2014 年漁期の資源量は 178 トンとなった。

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する。毎年の加入尾数は数万から百万尾の範囲で大きく変動し、親魚量との再生産関係は不明瞭である。本種は栽培漁業対象系群で 1980 年代から大規模な人工種苗放流が行われている。2014 年漁期の放流尾数は 66 万尾、放流魚の混入率は 31%、添加効率は 0.046 であった。

2014 年漁期の資源量は過去最大となった 862 トンの 1/3 以下と少なく資源水準は低位で、最近 5 年間の資源量の推移から、資源動向は減少と判断した。

2016 年漁期 ABC の算定については規則 1-3)-(3)を用い、Flimit を F20%SPR ($\beta_2=1$) とし、最近 5 年間の平均的な加入（種苗放流を含む）が続くと仮定した場合の動向予測で得られた漁獲量 40 トンを ABC の上限値（ABClimit）とした。また、不確実性に配慮して安全率 0.8（標準値）を乗じた 33 トン（0.8F20%SPR）を ABC の目標値（ABCtarget）とした。

管理基準	Limit/ Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年漁期ABC (トン)
F20%SPR	Limit	0.34	32	40
	Target	0.27	27	33

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。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漁獲量である。Ftarget= α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

2016 年漁期は 2016 年 4 月～2017 年 3 月である。

F 値は各年齢の相加平均値、漁獲割合は 2016 年漁期の漁獲量／資源量（10 月時点）である。

漁期年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F 値	漁獲割合
2013	126	67	0.62	53%
2014	178	123	1.00	69%
2015	123	—	—	—

※漁期年は4月～翌年3月である。

※2015年の資源量は予測値である。

※F 値は各年齢の相加平均値で示す。

水準：低位 動向：減少

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	月別漁業種別漁獲量調査（静岡県、愛知県、三重県） 月別全長組成調査（静岡県、愛知県、三重県） ・市場測定 全長一年齢分解（静岡県、愛知県、三重県） ・市場測定
資源量指数 ・1歳魚資源量指標値	ふぐはえ縄漁業努力量調査（静岡県、愛知県、三重県）
人工種苗放流尾数、標識 放流魚漁獲回収尾数等	栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（水産庁、水研センター、 （公社）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） （三重県、愛知県、静岡県ほか 2006）
自然死亡係数（M）	年当たり $M=0.25$ を仮定 ※2013 年度評価より 0.4 から 0.25 へ修正

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 トンを超える大豊漁となり、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。

天然資源の加入量の不安定さを緩和するため、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 10～40 万尾程度であったが、1999 年以降は毎年 50～70 万尾が放流適地である伊勢湾を中心に放流されている。これらトラフグ人工種苗の放流による不安定な加入量の緩和効果については、関係各県と国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所が連携して、標識放流魚の漁獲回収尾数等を調査している。

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）。

(2) 年齢・成長

体サイズは 1 歳で全長 26cm、体重 0.3kg、2 歳で全長 40cm、体重 1.4kg、3 歳で全長 48cm、体重 2.5kg に達する（図 2）。寿命は 6 年程度と考えられている。

(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）。伊勢湾及び三河湾周辺の産卵場で漁獲されるトラフグ成熟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 2mm 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、伊勢湾口部の三重県安乗岬の沖合及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 1.2～1.4mm 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 3mm でふ化した仔魚は、潮流により伊勢湾及び三河湾内に輸送され、全長 10mm 前後にまで成長すると湾中央部から奥部の碎波帯に着底する（中島ほか 2008）。碎波帯において全長 30mm 前後に成長した稚魚は、生息域を干潟域や河口域へと移していく。干潟域や河口域で全長 60mm に達した稚魚は、伊勢湾及び三河湾内の水深 10m 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、幼魚、甲殻類で、成魚は甲殻類、魚類を好んで食する（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）及びまき網漁業（三重県）である。なお、小型機船底びき網漁業の操業海域は、伊勢湾、三河湾及び渥美半島の外海に3海域に大別される。

4～5月に産まれた0歳魚は、その年の秋季には伊勢湾及び三河湾で操業する愛知県及び三重県の小型機船底びき網により漁獲される（図3）。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で漁獲されるようになる。その後、1歳の秋季には遠州灘から熊野灘にかけての海域で静岡県、愛知県及び三重県のふぐはえ縄漁業の漁獲対象となる（図4）。

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25cm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、伊勢湾及び三河湾の操業海域については2002年度より、渥美半島外海の操業海域については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、魚体（700g未満採捕制限）等の制限措置が実施されている。

三重県安乗岬の沖合では春季のトラフグ繁殖期に、産卵場へ集群するトラフグ成熟親魚をまき網漁業により少量ではあるが漁獲していた。しかし、2006年漁期以降は成熟親魚の漁獲を自主規制している。

(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。1993年漁期の漁獲量は約300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500トンを上回る豊漁となった（図5右、6右）。2003年級群及び2004年級群の加入が少なかったため、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100トンを下回った。その後、2005年級群の加入がやや回復傾向を示すとともに2006年級群が中規模で加入したため資源状態は好転し、2006～2009年漁期の漁獲量は200トン前後の安定した状態で推移した。2011～2013年漁期は100トンを下回る不漁が続いたが、2014年漁期の漁獲量は123トンと100トンを上回った。

(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、三重県伊勢湾漁業協同組合有滝支所の 2001～2014 年漁期における延べ操業隻日、漁獲量及び CPUE（漁獲量/操業隻日）を表 1 に示す。当該漁業の延べ操業隻日（昼間操業と夜間操業の合計）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、当該漁業における漁獲量は、2001 年漁期には 8.7 トンであったが、資源回復計画の実施に伴い急減し、翌年の 2002 年漁期以降は 2 トン以下に軽減されている。なお、2014 年漁期における当該漁業の延べ操業隻日は 250 隻日、漁獲量は 451kg であった。

ふぐはえ縄漁業の漁獲努力量（延べ出漁隻日）は、2000 年漁期の 12 千隻日をピークに減少傾向が続いている（表 2）。特に近年続いている不漁を反映して、2011 年漁期以降は 4 千隻日を下回っており、2014 年漁期の漁獲努力量は 2,839 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 歳魚及び 3 歳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 1～3）。データとして 1993～2014 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（表 3～6）。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（表 7）。

本系群を漁獲対象とするふぐはえ縄漁業及び小型機船底びき網漁業の 2014 年漁期の漁獲努力量（延べ出漁隻日）は、それぞれピーク時の 1/4 及び 1/5 程度にまで減少していた（表 1、2）。近年の漁獲努力量の変化を考慮するため、本年度よりコホート解析に資源量指標値による調整を加えた。

適切な資源量指標値を得るために、ふぐはえ縄漁業の CPUE の標準化を試みた。その結果、ふぐはえ縄漁業の月別延べ出漁隻日及び 1 歳魚月別漁獲尾数を用いて DeLury 法により推定された 1 歳魚初期資源尾数が、単純な CPUE よりも資源量指標値として適していることが示された（補足資料 2）。

(2) 資源量指標値の推移

本系群は主に小型機船底びき網漁業及びふぐはえ縄漁業により漁獲される。小型機船底びき網漁業は多種多様な魚介類を漁獲対象としておりトラフグの漁獲は選択的ではない。愛知県水産試験場漁業生産研究所では、渥美半島の外海で操業する小型機船底びき網漁業による①0 歳魚の漁獲尾数を指標として、翌年の 1 歳魚の漁獲尾数を予測している。0 歳魚漁獲尾数と翌年 1 歳魚漁獲尾数及びコホート解析により推定された翌年 1 歳魚資源尾数の相関係数 (r) は、順に 0.80 及び 0.76 であった（表 2）。

ふぐはえ縄漁業はトラフグを選択的に漁獲し、その出漁動向はトラフグ消費需要の増減及び魚価の変動等の社会経済的要因にも強く影響を受ける。また、漁期末には他の漁業種類へ転向する着業船が増加することなどから、CPUE（釣獲尾数/隻日）が資源豊度を直接的

に反映していない。ふぐはえ縄漁業の県別CPUEの平均及び範囲は、②静岡県で8.6（2.7～19.6）、③愛知県で24.1（4.3～88.1）、④三重県で33.6（6.7～124.3）であり、いずれの県の値も大きな年変動を示した（表2）。静岡県のCPUEは愛知県の1/3、三重県の1/4程度と低かった。これは主要港から主漁場までの距離が静岡県では近く、愛知県及び三重県では遠いことから、静岡県は頻繁に出漁する傾向が強く、一方の愛知県及び三重県は出漁日数を控える傾向にあることが一因であった。CPUEの経年変化は、いずれの県においても2002年漁期及び2009年漁期に2度のピークがみられた。1歳魚以上の漁獲尾数及び資源尾数と各県CPUEの相関係数は、いずれも0.8～0.9程度であった。

ふぐはえ縄漁業の年齢別漁獲尾数の割合は、1歳魚が67%、2歳魚が19%、3歳魚以上が14%であり、1歳魚の割合が最大であった（1993～2014年漁期における年齢別漁獲尾数割合の平均）。実際、1歳魚以上の全年齢の合計漁獲尾数に基づくCPUEの推移は、1歳魚のCPUEの推移と非常によく似ていた。

ふぐはえ縄漁業のCPUEの推移を年齢別に調べたところ、1歳魚のCPUEは単調な減少を示したが、2歳魚以上のCPUEは漁期の途中にピークを示し、その後減少する傾向を示す漁期年も見られた。これは2歳魚以上の漁獲が、特に1歳魚の資源豊度に影響を受けるために、DeLury法によって初期資源量を推定するために必要な仮定が満たされていないことによるものと思われた。そこで、DeLury法による資源量指標値の算出には、1歳魚の漁獲尾数のみを用いることにした（補足資料2）。

DeLury法による1歳魚の資源量指標値は、単純なCPUEの変化とよく似た傾向を示し、2002年漁期にピークを迎えた後、増減を繰り返すパターンを示した。単純なCPUEとの大きな違いは、単純なCPUEで観測された最近年（2013～2014年漁期）の急激な値の上昇が、DeLury法では抑えられ、比較的緩やかな上昇にとどまっていたことである。このことは、最近年に漁具能率の急激な上昇があったことを示唆するものであり、その原因について調査が必要である。（補足資料2）。

（3）漁獲物の年齢組成

漁獲物の年齢組成の推移を図6～10、表3～4に示す。1999年漁期及び2001年漁期は卓越年級群の発生にともなって0歳魚の漁獲尾数が20万尾を超え、それぞれの翌年となる2000年漁期及び2002年漁期には1歳魚となった当該年級群の漁獲尾数が卓越した（図6左、表3）。2003年漁期以降では、2006年漁期に限って10万尾を超える0歳魚の漁獲があったものの、それ以外の漁期年では10万尾を超える0歳魚の漁獲は行われていない。

2014年漁期の漁獲物の年齢組成の特徴として、2010～2013年漁期では20～30%で推移した1歳魚の漁獲尾数割合が約2倍の61%に増加したことが挙げられる。これは2010～2012年級群の加入が約8万尾であったのに対して、2013年級群の加入が約18万尾と2倍以上に増加したためであった（図11、表5）。

（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求めた資源量及び親魚量の経年変化を図12、13及び表7.9に示す。1993～1998年漁期にかけて資源量は約400トンから150トン程度へ漸減したが、1999年漁期から上昇に転じ2002年漁期には862トンとピークに達した。

その後は再び減少し2005年漁期には200トン进行り込んだ。2006～2009年漁期は300～400トンで安定したが、2010年漁期以降は減少傾向が続き2014年漁期の資源量は178トンと推定された。親魚量は1993～2002年漁期にかけて40トン前後で推移したが、2003年漁期及び2004年漁期に約170トンへ急増した。2006年漁期には再び40トン程度にまで急減したが、2010年漁期にかけて110トンにまで回復した。近年の親魚量は2010年漁期からの減少傾向が進み、2014年漁期には41トンとなった。漁獲割合は変動しながらも経年的に減少する傾向にあり、近年は60%前後で推移している。

自然死亡係数(M)は2013年度評価より年当たり0.25を仮定している。Mを0.10、0.40及び0.55に変化させた場合のM=0.25に対する資源量の比を図14に示す。1993～2014年漁期の22年間における資源量のM=0.25に対する比の平均は、M=0.10では0.93倍、M=0.40では1.10倍、M=0.55では1.26倍となった。また、2014年漁期の資源量はM=0.25の178トンに対して、M=0.10では169トン(0.95倍)、M=0.40では189トン(1.06倍)、M=0.55では206トン(1.16倍)と推定された。全ての漁期年を通して、自然死亡係数(M)の変化が資源量の推定結果へ与える影響は小さかった。

(5) 再生産関係

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。本系群に対しては毎年50～70万尾の人工種苗が放流されていることから、合計加入尾数と放流魚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。

親魚量と加入尾数(10月の天然0歳魚資源尾数)との関係を図15に示す。過去22年間において親魚量は28～177トン、加入尾数は6～109万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関連性を見いだすことはできない。

(6) 再生産成功率と海洋環境との関係

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及び三河湾へ輸送され、全長10mm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碎波帯へ着底すると想定されており、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確定的となってい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推察されている(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(岡田ほか2015)。

(7) 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22年間において資源量が最大となった2002年漁期の862トンを基準に、0～862トンを三等分し、287トン以下を低位、575トン以上を高位、その間を中位とした。2014年漁期の資源量は178トンと推定され、低位の水準に区分された(図12)。また、動向は最近5年間(2010～2014年漁期)の資源量の推移から減

少と判断した。

(8) 資源と漁獲の関係

1993～2014 年漁期の各年齢の漁獲係数は、0 歳魚では 0.17～0.96、1 歳魚では 0.77～1.96、2 歳魚及び 3 歳魚以上では 0.58～1.43 の範囲で変化していた（表 8）。0 歳魚の漁獲係数は 1993～1999 年漁期では 0.5 以上の高い値で推移していたが、それ以降は減少し近年は 0.2～0.4 に抑制されていた。漁獲の主体となる 1 歳魚の漁獲係数は大きく変動しながらも徐々に減少する傾向にあり近年は 1.0 前後で推移していた。なお、2014 年漁期の漁獲係数は 0 歳魚では 0.41、1 歳魚では 1.35、2 歳魚及び 3 歳魚以上では 1.13 と推定され、全ての年齢の漁獲係数が前年漁期よりも増加した。

資源回復計画による漁獲圧削減措置以降の状況下における YPR 及び SPR を図 17 右に示す。なお、漁獲係数は 2002～2014 年漁期の F の平均値（F_{current}）を 1 とした場合の相対値（漁獲係数指数）で示した。YPR は F_{max}=0.46 となり、近年の F は F_{max} を上回っていることから成長乱獲状態にあると判断される。

(9) 種苗放流効果

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すことから、加入量の不安定さを緩和するためトラフグ人工種苗が大規模に放流されている。人工種苗の放流は 1985 年より漁業者の手により始められた。1987 年から三重県が、2005 年から静岡県及び愛知県がトラフグ放流用人工種苗の生産に着手した。取り組み開始当初の放流尾数は 10～40 万尾程度であったが、1999 年以降は毎年 50～70 万尾が放流適地である伊勢湾を中心に放流され、2014 年には伊勢・三河湾海域へ 38 万尾、遠州灘～駿河湾海域へ 11 万尾、熊野灘海域へ 17 万尾の合計 66 万尾が放流された。これら人工種苗放流の効果把握や適切な放流技術について、同 3 県の水産業関係試験研究機関及び国立研究開発法人水産総合研究センター増養殖研究所により精力的な研究開発が行われている。放流種苗の回収率ならびに添加効率を推定するために、2000 年からはイラストマー標識、2005 年からは ALC 耳石標識、2008 年からは胸鰭切除標識が種苗に施されている。なお、イラストマー標識及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及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～駿河湾及び熊野灘の 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。

放流海域別の平均添加効率は、伊勢・三河湾では 0.0868、遠州灘～駿河湾では 0.0535、及び熊野灘では 0.0090 と推定された。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ものの、以下の関係式が得られた。

$$Y = 0.0152X + 0.0250 \quad (n=64)$$

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

$$K = G \quad (0.0152X + 0.0250)$$

(G: 伊勢・三河湾: 0.0868、遠州灘～駿河湾: 0.0535、熊野灘: 0.0090)

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、年別に放流魚の加入尾数を集計した（表 9）。その結果、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 2001 年以降では 0.05 程度で推移し、年間 3 万尾前後が天然魚と共に漁獲加入していると推察された。放流魚の混入率は天然魚の加入量の多少によって 2～47%の範囲で大きく変動していた。特に天然魚の加入量が少ない 2011 年漁期及び 2012 年漁期には放流魚の混入率が 40%以上と、加入尾数の約半数が放流魚と推定された。なお、2014 年漁期の混入率は 31%、添加効率は 0.046 と推定された。

5. 2016 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

2014 年漁期の資源量は 178 トンと推定されたことから、資源の水準は低位、動向は減少と判断した。加入尾数は 2009 年級群以降、20 万尾以下の少ない状態が続いている。よって、現状の漁獲圧で漁業を続けた場合には、近い将来に資源が高い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

本系群は卓越年級群の発生の有無により資源の状態が大きく変化すること、繁殖期が 4～5 月であり年齢の加算を 4 月としていること、漁獲の中核となるふぐはえ縄漁業の漁期が 10 月～翌年 2 月と年を跨いでいることなどから、ABC の算定にあたっては年々の加入状況及び漁業実態を反映させるため、暦年ではなく漁期年（4 月～翌年 3 月）で表した。

本年度は資源水準を低位、動向を減少と判断したことから、ABC の算定については規則 1-3)-(3)を用い、Flimit を F20%SPR ($\beta_2=1$) とした。最近 5 年間（2010～2014 年漁期）の平均的な加入（種苗放流を含む）が続くと仮定した場合の動向予測で得られた漁獲量 40 トンを ABC の上限値（ABClimit）とし、不確実性に配慮して安全率 0.8（標準値）を乗じた 33 トン（0.8F20%SPR）を ABC の目標値（ABCtarget）とした。なお、大規模な種苗放流により一定量の加入が保証されていることから $\beta_2=1$ とした。

管理基準	Limit/ Target	F 値	漁獲割合 (%)	2016 年漁期ABC (トン)
F20%SPR	Limit	0.34	32	40
	Target	0.27	27	33

Limit は、管理基準の下で許容される最大レベルの漁獲量である。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漁獲量である。Ftarget= α Flimit とし、係数 α には標準値 0.8 を用いた。

2016 年漁期は 2016 年 4 月～2017 年 3 月である。

F 値は各年齢の相加平均値、漁獲割合は 2016 年漁期の漁獲量／資源量（10 月時点）である。

(3) ABC の評価

図 16 に $F_{current}$ ($F_{ave2012-2014}$, $F5\%SPR$ に相当)、 $0.8F_{current}$ ($F7\%SPR$ に相当)、 $0.6F_{current}$ ($F12\%SPR$ に相当)、 $F20\%SPR$ ($0.43F_{current}$ に相当)、 $0.8F20\%SPR$ ($0.34F_{current}$ に相当) 及び $F30\%SPR$ ($0.30F_{current}$ に相当) で管理した場合の親魚量の動向予測を示す。また、親魚量、漁獲量及び資源量の 5 年後までの将来予測値を下表に示す。5 年後となる 2020 年漁期の親魚量は $F20\%SPR$ では 140 トンと推定され、従来から採用している管理基準 ($F20\%SPR$) により 5 年後の親魚量を 100 トン以上へ回復させることができると予測された。

F	管理基準	$F_{current}$	%SPR	親魚量 (トン)						
				2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.80	$F_{current}$	1.00	4.7	41	38	40	36	36	36	36
0.64	$0.8 F_{current}$	0.80	7.4	41	38	40	43	51	56	57
0.48	$0.6 F_{current}$	0.60	12.4	41	38	40	53	73	86	92
0.34	$F20\%SPR$	0.43	20.0	41	38	40	62	99	126	140
0.27	$0.8F20\%SPR$	0.34	26.4	41	38	40	68	116	154	177
0.24	$F30\%SPR$	0.30	30.0	41	38	40	70	124	169	196

F	管理基準	$F_{current}$	%SPR	漁獲量 (トン)						
				2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.80	$F_{current}$	1.00	4.7	122	71	73	72	72	72	72
0.64	$0.8 F_{current}$	0.80	7.4	122	71	63	70	74	76	77
0.48	$0.6 F_{current}$	0.60	12.4	122	71	52	64	73	78	80
0.34	$F20\%SPR$	0.43	20.0	122	71	40	55	67	75	79
0.27	$0.8F20\%SPR$	0.34	26.4	122	71	33	48	61	70	75
0.24	$F30\%SPR$	0.30	30.0	122	71	30	44	57	67	72

F	管理基準	$F_{current}$	%SPR	資源量 (トン)						
				2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
0.80	$F_{current}$	1.00	4.7	230	183	186	187	187	187	187
0.64	$0.8 F_{current}$	0.80	7.4	230	183	186	196	199	200	201
0.48	$0.6 F_{current}$	0.60	12.4	230	183	186	206	215	219	221
0.34	$F20\%SPR$	0.43	20.0	230	183	186	217	232	240	245
0.27	$0.8F20\%SPR$	0.34	26.4	230	183	186	223	243	255	262
0.24	$F30\%SPR$	0.30	30.0	230	183	186	225	248	262	270

(4) ABC の再評価

データの更新により再評価された資源量及び ABC の値を以下の表に示す。過去の漁獲量については変更が無かったので2015年3月までの年齢別漁獲尾数のデータを基に再計算した。本年度より資源量指標値による調整を加えた。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
2014 年漁期の年齢別漁獲尾数	2014 年漁期までの年齢別資源尾数、漁獲係数
資源量指数 ・1 歳魚資源量指標値	1995～2014 年漁期のふぐはえ縄漁業努力量（静岡県、愛知県、三重県）

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)
2014 年漁期 (当初)	F20%SPR	0.34	146	65	54	
2014 年漁期 (2014 年再評価)	F20%SPR	0.35	141	48	40	
2014 年漁期 (2015 年再評価)	F20%SPR	0.43	178	72	60	123
2015 年漁期 (当初)	F20%SPR	0.35	128	41	35	
2015 年漁期 (2015 年再評価)	F20%SPR	0.34	123	39	32	

※F 値は ABClimit に対する値である。

※2015 年漁期の数値は 0 歳魚の加入尾数を仮定した値である。

※ 加入尾数の予測は困難であり、ABC の算定値は大きく変動する。

※2014 年度より加入尾数を最近 5 年間の平均に変更した。

※ 2015 年度より資源量指標値として DeLury 法により推定された 1 歳魚初期資源尾数を用いた。

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 25cm 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ており小型魚の保護が図られた(表 1)。

図 17 左に伊勢湾・三河湾小型機船底びき網漁業対象種資源回復計画が導入される以前の 1993～2001 年漁期の年齢別漁獲係数等により計算された YPR 及び SPR を示す。なお、漁獲係数指数は 1993～2001 年漁期の平均値を 1 とした場合の相対値で示した。各年齢の F を変化させた場合の YPR は、漁獲係数指数が 0.33 で 0.67kg/尾と最大となった。また、資源回復計画導入以前の F における SPR は 2%であり、加入資源の管理並びに親魚資源の管

理の両観点から極めて強い漁獲圧が加えられていた。

上記の値を 2002 年漁期以降（資源回復計画による漁獲圧削減措置以降の状況下）の値と比較すると、YPR は 0.67kg/尾から 0.71kg/尾へと 6%増加、SPR は 2%から 4%へと改善されていた。

漁獲努力量及び種苗放流尾数の調整を 2016 年漁期から組み合わせて実施した場合に、5 年後の 2020 年漁期に期待される漁獲量及び資源量の予測結果を図 18 に示す。漁獲係数は 0.1～1.5 の範囲（ $F_{\text{current}}=0.80$ 、最近 3 年間（2012～2014 年漁期）の平均）、放流尾数は 0～200 万尾の範囲で変化させた。2020 年漁期の漁獲量は、漁獲係数及び放流尾数を現状の組み合わせ（ $F=0.8$ 、放流 75 万尾）で維持した場合に 74 トンとなった。また、2020 年漁期の漁獲量が最大となるのは、 $F=0.5$ 、放流 200 万尾を組み合わせた場合（125 トン）であった。2020 年漁期の漁獲量が最低となるのは、 $F=0.1$ もしくは $F=1.5$ と放流なしを組み合わせた場合（40 トン以下）であった。一方、2020 年漁期の資源量は、現状の組み合わせ（ $F=0.8$ 、放流 75 万尾）を維持した場合に 127 トンとなった。また、2020 年漁期の資源量が最大となるのは、 $F=0.1$ と放流 200 万尾を組み合わせた場合の 637 トンであった。逆に 2020 年漁期の資源量が最低となるのは、 $F=1.5$ と放流なしを組み合わせた場合の 50 トンであった。放流尾数を現状の 75 万尾で維持し、漁獲係数のみを調整することでは、漁獲量を増大させることは難しいと予測された。資源量を回復させる効果については、放流尾数の増加は即効性が低く、漁獲努力量の削減がより効果的であった。

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すこと、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、再生産関係を利用した資源管理を目標とすることは難しい。しかし、現状の操業形態では 1 歳魚までの未成魚のうちに多くを漁獲してしまい、親資源となるまで生き残る個体はごく僅かである。若齢群に突出した年齢構成の歪みが、再生産成功率の不確実性を増大させているとも見受けられる。

加入量の少ない年級群が続いている現状においては、大規模な人工種苗放流により加入量の不安定さを緩和する措置を継続することに加えて、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。

7. 引用文献

- 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(2), 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, pp.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(2), 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 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**(2), 221-229.
- 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, pp.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)
- 白木谷卓哉・田中健二・岩田靖宏・家田喜一・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.
- 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.



図1. 分布域と主産卵場の模式図

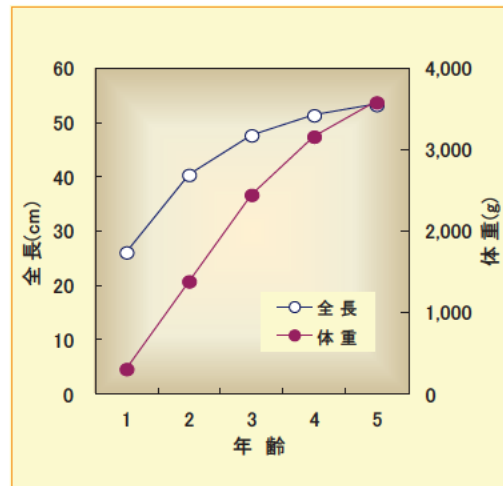


図2. 年齢と成長

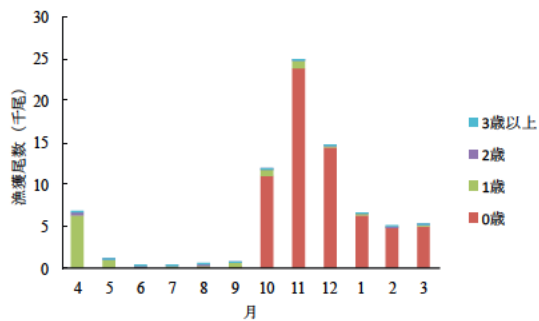


図3. 小型機船底びき網漁業 (伊勢・三河湾内) による月別年齢別漁獲尾数の推移 (1993～2014年漁期の平均値で示す)

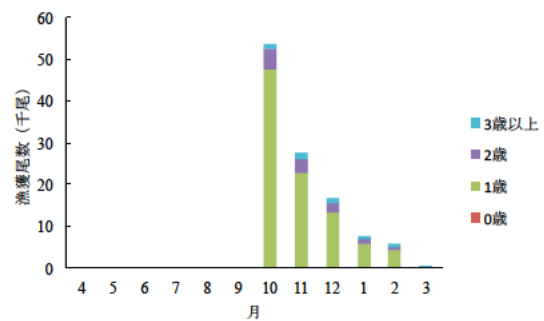


図4. ふぐはえ縄漁業による月別年齢別漁獲尾数の推移 (1993～2014年漁期の平均値で示す)

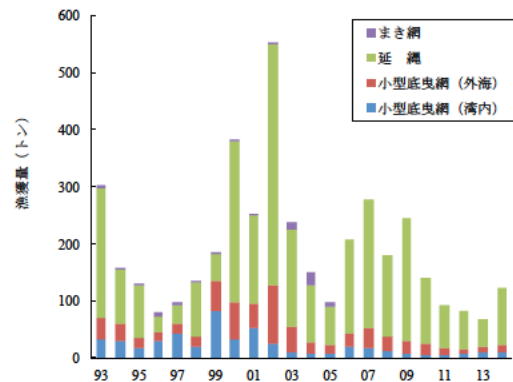
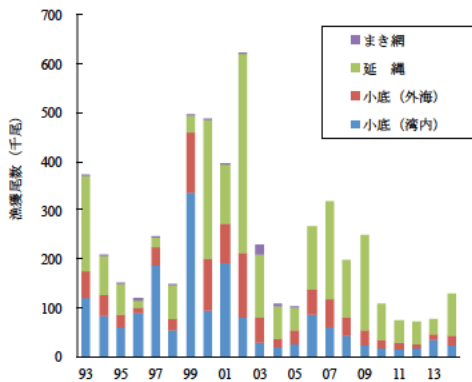


図5. 漁業種類別漁獲尾数 (左) 及び漁獲量 (右) の推移

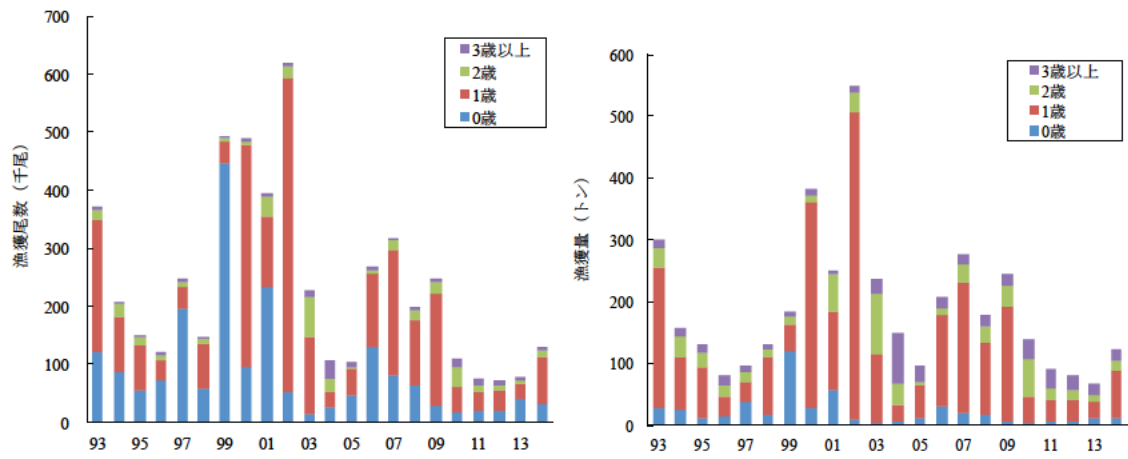


図6. 年齢別漁獲尾数 (左) 及び年齢別漁獲量 (右) の推移

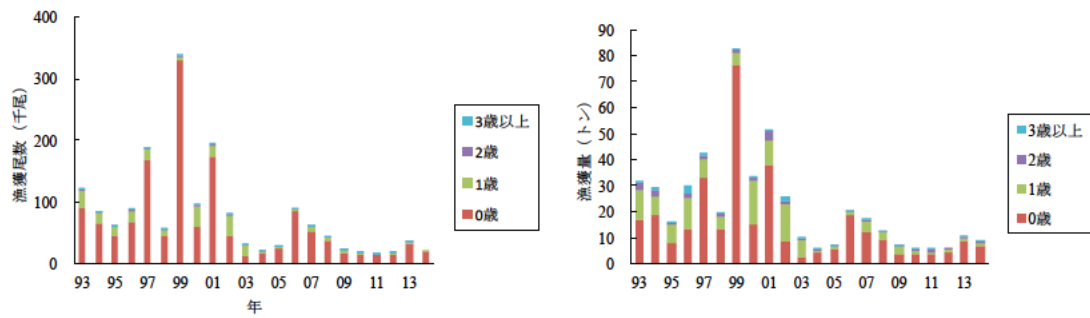


図7. 小型機船底びき網漁業 (伊勢・三河湾内) による年齢別漁獲尾数 (左) 及び年齢別漁獲量 (右) の推移

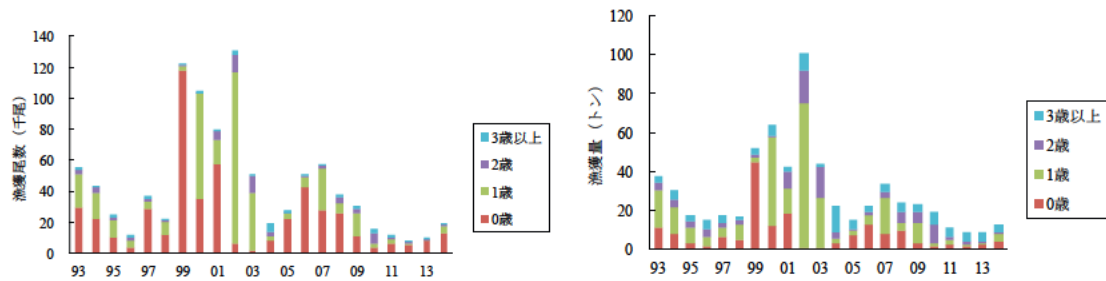


図8. 小型機船底びき網漁業 (渥美半島外海) による年齢別漁獲尾数 (左) 及び年齢別漁獲量 (右) の推移

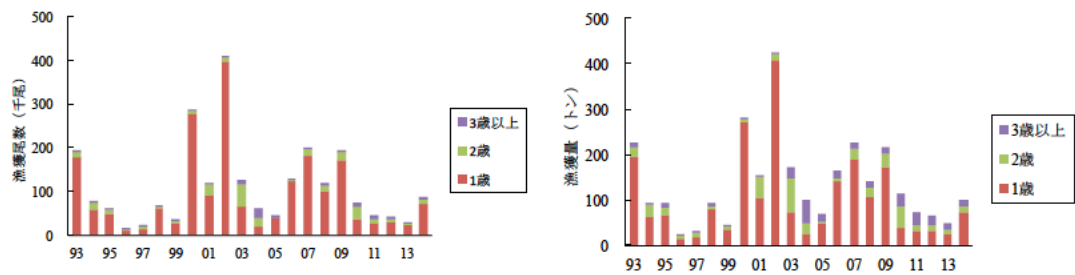


図9. ふぐはえ縄漁業による年齢別漁獲尾数（左）及び年齢別漁獲量（右）の推移

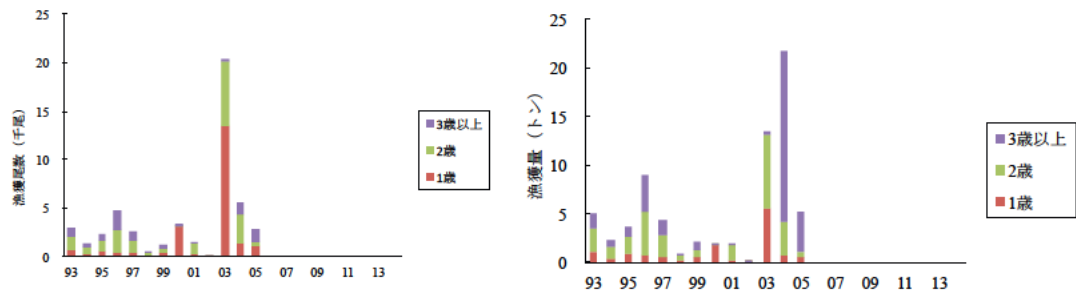


図10. まき網漁業による年齢別漁獲尾数（左）及び年齢別漁獲量（右）の推移
2006年漁期以降は産卵親魚の漁獲は自主規制されている。

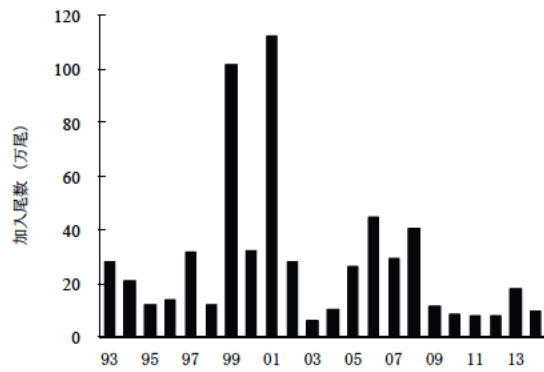


図11. 加入尾数の推移
(10月の0歳魚資源尾数で示す)

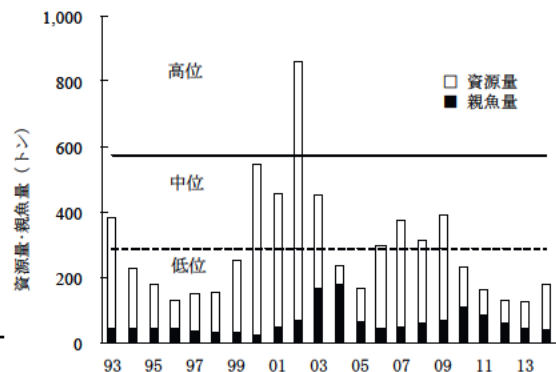


図12. 資源量及び親魚量の推移
(資源量は10月時点、親魚量は4月時点)

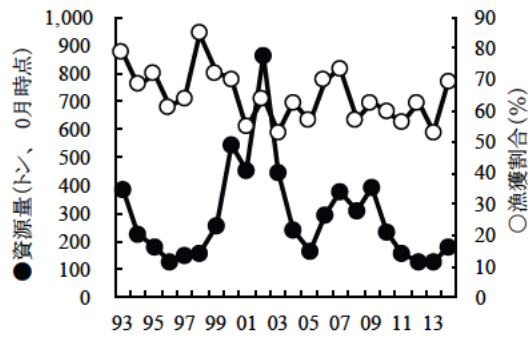


図13. 資源量と漁獲割合の推移

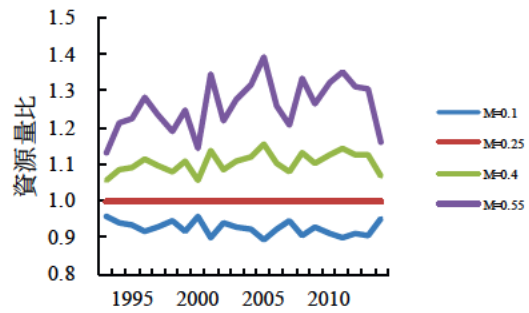


図14. Mの感度 M=0.25を1とした場合の資源量に対する比率の経年推移

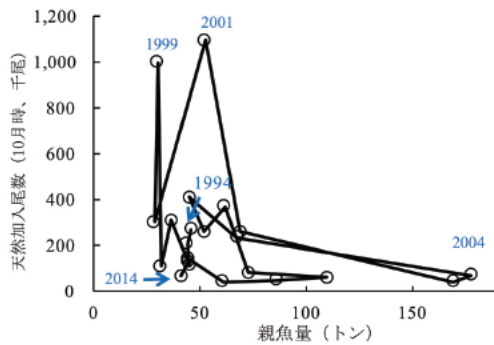


図15. 再生産関係 (1994～2014年漁期)

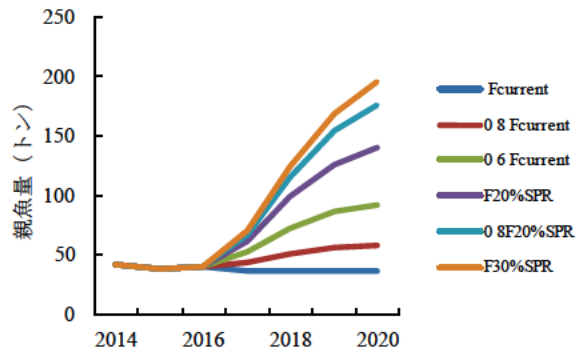


図16. 異なるFの条件下における親魚量の動向予測
加入量は2010～2014年漁期の5年間の平均値を仮定

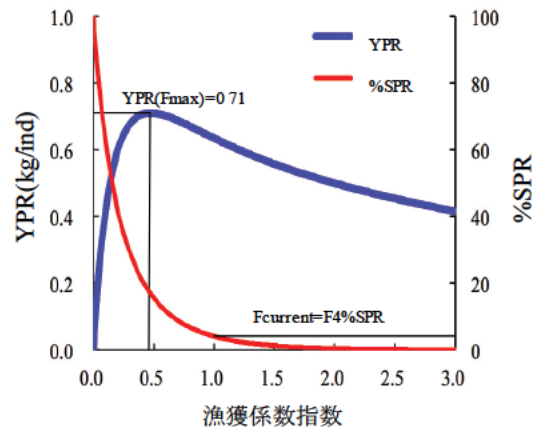
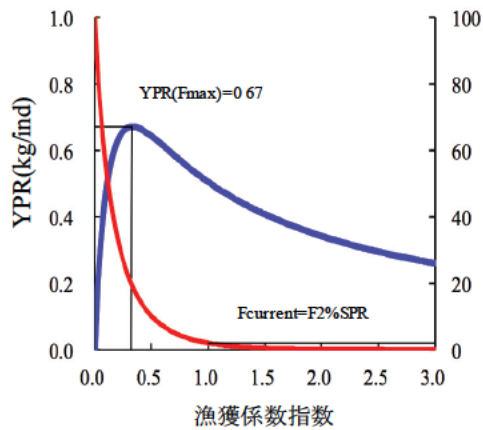


図17. 資源回復計画実施以前(左、1993～2001年漁期)及び以降(右、2002～2014年漁期)の漁獲係数を変化させた時のYPRとSPR (各漁期年のFを変化させ、それぞれの期間のFの平均値を1として相対値で示した)

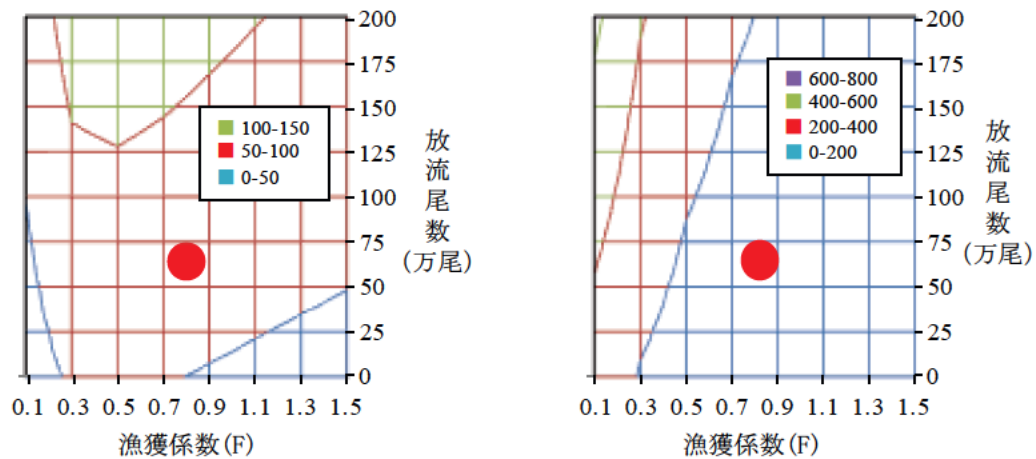


図18. 2016～2020年漁期にかけて漁獲係数と放流尾数を変化させたときの2020年漁期の漁獲量（左）及び資源量（右）の等量線図 赤丸は近年のFおよび放流尾数

表. 重県伊勢湾漁業協同組合有滝支所 小型機船底びき網の漁獲努力量および0歳魚漁獲量 (200～204漁期年)

漁期年	操業月	昼間操業			夜間操業			合 計		
		操業隻 (隻)	漁獲量 (kg)	CPUE (kg/隻)	操業隻 (隻)	漁獲量 (kg)	CPUE (kg/隻)	操業隻 (隻)	漁獲量 (kg)	CPUE (kg/隻)
2001	0～翌年2月	522	6,744	12.90	599	1,948	3.30	1,121	8,693	7.75
2002	～翌年 月	264	810	3.10	341	242	0.70	605	1,052	1.74
2003	～翌年2月	200	88	0.40	263	47	0.20	463	135	0.29
2004	～翌年3月	313	381	1.22	420	346	0.82	733	726	0.99
2005	0～翌年3月	322	397	1.23	340	85	0.25	662	482	0.73
2006	0～翌年3月	413	1,223	2.96	467	301	0.65	880	1,524	1.73
2007	0～翌年3月	160	300	1.88	236	1,255	5.32	396	1,555	3.93
2008	0～翌年3月	204	511	2.50	284	423	1.49	488	934	1.91
2009	0～翌年3月	130	137	1.05	254	184	0.72	384	321	0.84
2010	0～翌年3月	79	106	1.35	87	49	0.56	166	155	0.94
2011	0～翌年3月	86	108	1.26	109	81	0.74	195	189	0.97
2012	0～翌年3月	177	246	1.39	55	33	0.60	232	279	1.20
2013	0～翌年3月	221	424	1.92	88	106	1.20	309	530	1.72
2014	0～翌年3月	128	206	1.61	122	245	2.01	250	451	1.80

2 CPUE 漁獲努力量及び資源量指標値

指標	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
単位	漁獲尾数 (千尾)	CPUE (尾 隻)	CPUE (尾 隻)	CPUE (尾 隻)	CPUE (尾 隻)	CPUE (尾 隻)	CPUE (尾 隻)	DeLury法 (尾)	DeLury法 (尾)	DeLury法 (尾)	努力量 (隻)
漁 法	小底 (外海)	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄	ふぐはえ縄
対象年齢	0	1,2,3+	1,2,3+	1,2,3+	1	2,3+	1,2,3+	1	2,3+	1,2,3+	1,2,3+
漁期年 対象県	愛知県	静岡県	愛知県	三重県	3県	3県	3県	3県	3県	3県	3県
1993	29.9	10.2	28.8	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	22.1	8.6	12.9	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	10.3	5.8	9.0	11.2	6.3	1.6	7.9	66,486	24,514	87,886	8,000
1996	3.9	2.7	4.5	7.6	3.0	1.3	4.3	18,033	28,155	31,563	3,625
1997	28.3	3.4	4.3	7.3	3.0	1.5	4.6	33,037	8,633	39,577	4,651
1998	12.0	5.7	10.2	18.3	7.8	0.9	8.8	88,006	16,942	102,464	7,795
1999	118.1	5.0	5.2	6.7	4.5	0.9	5.4	41,457	17,193	54,715	6,188
2000	35.2	14.0	38.7	45.3	23.1	0.6	23.7	320,691	24,945	330,583	12,074
2001	57.8	8.6	22.0	21.1	9.8	3.2	13.0	105,897	52,742	149,577	9,122
2002	6.7	18.8	88.1	124.3	44.3	1.0	45.4	500,382	-10,859	521,290	8,985
2003	2.1	6.3	20.5	40.2	7.4	7.0	14.4	111,666	123,625	232,935	8,862
2004	8.1	7.7	9.6	18.5	3.5	6.8	10.2	58,381	-30,055	-136,680	6,220
2005	22.2	4.3	8.8	21.9	8.2	1.5	9.6	48,658	-8,079	65,758	4,735
2006	42.7	8.2	23.5	56.2	18.4	1.3	19.7	152,122	-102,430	168,851	6,648
2007	27.9	13.6	41.5	50.6	23.4	2.4	25.7	205,709	24,193	228,621	7,779
2008	25.6	11.2	30.0	37.0	17.1	2.9	20.0	114,997	22,688	136,495	5,943
2009	10.7	19.6	54.1	77.1	33.9	4.3	38.2	206,649	44,626	240,443	5,096
2010	3.3	9.2	24.8	36.1	8.2	9.0	17.2	67,773	57,854	123,909	4,350
2011	6.7	5.5	16.1	20.3	7.3	5.1	12.4	38,874	56,898	79,874	3,834
2012	5.2	4.9	29.9	24.0	9.8	6.8	16.6	42,278	-196,041	102,788	3,329
2013	7.9	4.5	13.4	20.2	7.8	3.3	11.1	30,132	1,287,792	54,810	2,854
2014	12.5	10.6	34.7	54.9	25.3	5.2	30.5	85,197	25,668	108,859	2,839
相関係数(r)											
対漁獲尾数	0.80	0.86	0.89	0.88	0.89	0.78	0.83	0.99	-0.05	0.91	0.65
対資源尾数	0.76	0.81	0.87	0.86	0.85	0.67	0.79	0.99	-0.05	0.92	0.66
比較データ											
漁期年	1993-2013	1993-2014	1993-2014	1995-2014	1995-2014	1995-2014	1995-2014	1995-2014	1995-2014	1995-2014	1995-2014
年齢	翌年1	1,2,3+	1,2,3+	1,2,3+	1	2,3+	1,2,3+	1	2,3+	1,2,3+	1,2,3+

表3. 年齢別漁獲尾数 (尾)

漁期年	年 齢				合 計
	0歳	歳	2歳	3歳以上	
1993	120,295	227,223	18,513	6,055	372,086
1994	86,732	95,049	21,326	4,281	207,389
1995	54,526	77,554	13,608	4,780	150,468
1996	71,179	34,449	9,320	5,970	120,918
1997	196,085	37,321	9,044	4,672	247,123
1998	56,886	79,029	7,109	3,828	146,852
1999	446,641	37,174	6,524	3,329	493,668
2000	95,918	382,089	5,993	4,381	488,382
2001	232,367	121,348	36,604	2,980	393,299
2002	51,391	542,826	19,775	4,801	618,793
2003	13,319	133,257	68,848	13,068	228,492
2004	25,733	26,993	23,438	31,835	108,000
2005	46,654	45,231	2,780	8,306	102,971
2006	128,367	131,054	5,171	5,349	269,941
2007	81,715	214,413	16,988	5,173	318,290
2008	63,333	112,558	16,198	7,144	199,233
2009	29,129	192,349	20,578	6,449	248,505
2010	18,449	40,954	36,558	12,473	108,433
2011	20,292	32,449	11,016	11,674	75,431
2012	21,010	32,472	9,168	8,070	70,719
2013	40,358	24,576	6,053	5,486	76,473
2014	32,922	79,347	11,140	5,749	129,157

表4. 年齢別漁獲重量 (kg)

漁期年	年 齢				合計
	0歳	歳	2歳	3歳以上	
1993	28,337	227,544	30,496	14,839	301,217
1994	26,421	84,218	34,420	11,777	156,836
1995	10,844	82,385	23,669	12,810	129,708
1996	14,388	33,271	17,487	14,959	80,104
1997	39,216	31,200	15,452	11,790	97,658
1998	18,349	91,583	12,080	10,109	132,121
1999	120,752	42,761	11,249	8,730	183,492
2000	26,974	333,754	9,953	11,079	381,760
2001	56,492	126,985	60,034	7,502	251,013
2002	9,140	495,850	32,290	12,381	549,661
2003	3,059	112,396	97,517	24,945	237,916
2004	6,926	27,464	34,177	81,620	150,188
2005	12,463	52,710	5,174	25,668	96,015
2006	31,094	147,207	9,839	18,445	206,585
2007	19,819	210,976	29,441	17,311	277,547
2008	17,881	115,454	26,254	19,595	179,184
2009	6,220	186,089	34,631	18,225	245,166
2010	4,856	41,952	59,081	33,141	139,030
2011	5,797	34,766	18,740	32,033	91,337
2012	5,847	35,003	15,785	24,956	81,591
2013	10,942	27,894	10,968	17,072	66,876
2014	10,812	77,313	16,836	18,294	123,254

トラフグ伊勢・三河湾系群－20－

5 年齢別資源尾数 (尾 10月時点)

漁期年	年 齢				合 計
	0歳	1歳	2歳	3歳以上	
1993	280,060	265,641	24,324	7,956	577,981
1994	211,423	124,425	29,920	6,006	371,774
1995	122,857	97,109	22,878	8,036	250,881
1996	139,249	53,216	15,230	9,755	217,451
1997	317,398	53,013	14,616	7,551	392,578
1998	119,219	94,479	12,221	6,581	232,500
1999	1,018,084	48,545	12,032	6,126	1,084,787
2000	322,598	445,041	8,856	6,473	782,968
2001	1,124,477	176,538	49,027	3,859	1,353,901
2002	278,161	694,776	42,982	10,436	1,026,356
2003	58,445	176,609	118,338	22,462	375,855
2004	101,467	35,144	33,763	45,860	216,234
2005	262,441	58,982	6,348	18,963	346,733
2006	448,597	168,055	10,709	11,078	638,439
2007	291,459	249,395	28,816	8,775	578,445
2008	403,511	163,349	27,244	12,016	606,120
2009	114,769	265,408	39,556	12,397	432,130
2010	87,251	66,696	56,899	19,412	230,259
2011	81,410	53,583	20,048	21,246	176,287
2012	79,734	47,598	16,459	14,489	158,281
2013	177,854	45,735	11,780	10,678	246,047
2014	98,024	107,082	16,479	8,504	230,088

6 年齢別資源尾数 (尾 月時点)

漁期年	年 齢				合 計
	0歳	1歳	2歳	3歳以上	
1993	317,350	301,011	27,563	9,015	654,938
1994	239,573	140,992	33,904	6,805	421,275
1995	139,216	110,039	25,924	9,106	284,285
1996	157,790	60,302	17,257	11,054	246,404
1997	359,659	60,072	16,562	8,556	444,849
1998	135,093	107,059	13,849	7,457	263,457
1999	1,153,641	55,009	13,634	6,941	1,229,225
2000	365,552	504,297	10,035	7,335	887,219
2001	1,274,200	200,044	55,554	4,373	1,534,171
2002	315,198	787,284	48,705	11,826	1,163,014
2003	66,227	200,124	134,095	25,453	425,899
2004	114,977	39,824	38,258	51,966	245,025
2005	297,384	66,835	7,193	21,488	392,900
2006	508,327	190,431	12,135	12,553	723,446
2007	330,266	282,602	32,653	9,943	655,464
2008	457,238	185,098	30,872	13,616	686,824
2009	130,050	300,747	44,823	14,048	489,668
2010	98,869	75,577	64,475	21,997	260,917
2011	92,249	60,718	22,718	24,075	199,760
2012	90,351	53,936	18,651	16,418	179,356
2013	201,535	51,824	13,349	12,100	278,808
2014	111,075	121,340	18,673	9,636	260,724

表7. 年齢別資源重量 (ン、0月時点)

漁期年	年 齢				合計
	0歳	1歳	2歳	3歳以上	
1993	46 0	273 7	39 8	22 8	382 4
1994	34 8	128 2	49 0	17 2	229 2
1995	20 2	100 1	37 5	23 1	180 8
1996	22 9	54 8	24 9	28 0	130 7
1997	52 2	54 6	23 9	21 7	152 4
1998	19 6	97 4	20 0	18 9	155 8
1999	167 3	50 0	19 7	17 6	254 6
2000	53 0	458 6	14 5	18 6	544 7
2001	184 8	181 9	80 3	11 1	458 1
2002	45 7	716 0	70 4	29 9	862 0
2003	9 6	182 0	193 8	64 4	449 8
2004	16 7	36 2	55 3	131 5	239 7
2005	43 1	60 8	10 4	54 4	168 7
2006	73 7	173 2	17 5	31 8	296 2
2007	47 9	257 0	47 2	25 2	377 3
2008	66 3	168 3	44 6	34 5	313 7
2009	18 9	273 5	64 8	35 6	392 7
2010	14 3	68 7	93 2	55 7	231 9
2011	13 4	55 2	32 8	60 9	162 4
2012	13 1	49 0	27 0	41 6	130 7
2013	29 2	47 1	19 3	30 6	126 3
2014	16 1	110 3	27 0	24 4	177 8

表8. 年齢別漁獲係数 (F)

漁期年	年 齢				平均
	0歳	1歳	2歳	3歳以上	
1993	0 561	1 934	1 432	1 432	1 340
1994	0 528	1 444	1 247	1 247	1 117
1995	0 587	1 603	0 903	0 903	0 999
1996	0 716	1 042	0 947	0 947	0 913
1997	0 962	1 217	0 964	0 964	1 027
1998	0 648	1 811	0 871	0 871	1 051
1999	0 578	1 451	0 781	0 781	0 898
2000	0 353	1 956	1 129	1 129	1 142
2001	0 231	1 163	1 373	1 373	1 035
2002	0 204	1 520	0 616	0 616	0 739
2003	0 259	1 405	0 872	0 872	0 852
2004	0 293	1 461	1 185	1 185	1 031
2005	0 196	1 456	0 576	0 576	0 701
2006	0 337	1 513	0 659	0 659	0 792
2007	0 329	1 964	0 890	0 890	1 019
2008	0 169	1 168	0 903	0 903	0 786
2009	0 293	1 290	0 734	0 734	0 763
2010	0 238	0 952	1 029	1 029	0 812
2011	0 287	0 930	0 797	0 797	0 703
2012	0 306	1 146	0 814	0 814	0 770
2013	0 257	0 771	0 721	0 721	0 618
2014	0 409	1 351	1 127	1 127	1 004

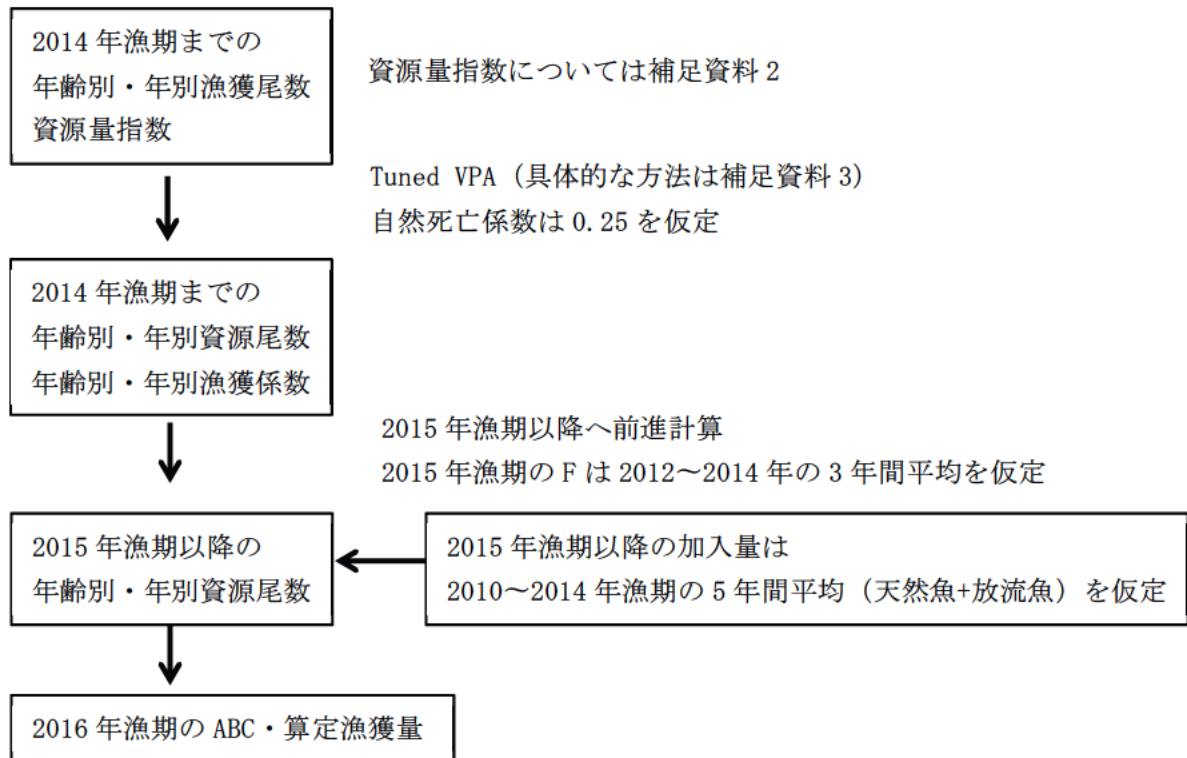
表9. 年級群別の親魚量、加入尾数、放流魚の添加効率、混入率およびRPSの推定結果（加入は0歳 0月とした）

年級群	親魚量 (トン)	放流尾数 (尾)	加入尾数 (尾)			放流魚 ※ 添加効率	放流魚 混入率	RPS ※2 (尾数トン)
			合計	天然魚	放流魚			
1993	45.7	218,913	280,060	271,607	8,454	0.039	3.0	5,943
1994	43.8	186,664	211,423	204,194	7,228	0.039	3.4	4,657
1995	44.8	260,280	122,857	113,412	9,446	0.036	7.7	2,531
1996	44.2	250,549	139,249	128,987	10,263	0.041	7.4	2,915
1997	36.5	219,480	317,398	308,222	9,176	0.042	2.9	8,437
1998	31.4	289,848	119,219	108,327	10,892	0.038	9.1	3,448
1999	29.8	555,284	1,018,084	999,570	18,514	0.033	1.8	33,566
2000	28.3	567,465	322,598	302,042	20,557	0.036	6.4	10,654
2001	52.3	637,042	1,124,477	1,094,665	29,812	0.047	2.7	20,947
2002	68.9	661,859	278,161	258,218	19,944	0.030	7.2	3,747
2003	169.2	411,206	58,445	41,683	16,762	0.041	28.7	246
2004	177.4	730,918	101,467	69,024	32,443	0.044	32.0	389
2005	67.2	621,782	262,441	232,923	29,518	0.047	11.2	3,466
2006	44.9	786,150	448,597	410,254	38,343	0.049	8.5	9,133
2007	52.0	658,025	291,459	259,347	32,112	0.049	11.0	4,986
2008	61.4	739,190	403,511	370,572	32,939	0.045	8.2	6,039
2009	72.6	690,870	114,769	82,273	32,496	0.047	28.3	1,134
2010	109.5	613,000	87,251	59,245	28,007	0.046	32.1	541
2011	85.8	685,300	81,410	47,166	34,243	0.050	42.1	550
2012	60.7	786,600	79,734	41,873	37,861	0.048	47.5	689
2013	44.5	721,200	177,854	142,715	35,139	0.049	19.8	3,209
2014	41.2	659,186	98,024	67,613	30,411	0.046	31.0	1,643

※ 放流魚添加効率：放流魚加入尾数 放流尾数

※2 RPS：天然魚加入尾数 親魚量

補足資料 1 資源評価の流れ



補足資料 2 資源量指標値の算出

CPUE は資源量の相対的な変化を知るための指標であり、VPA のチューニングにもしばしば利用される（市野川・岡村 2014）。しかし、CPUE の値は資源量だけでなく、さまざまな環境要因・生物的要因・人為的要因などによっても変化するため、これらの影響を除去するために CPUE の標準化を行うことが望ましい（庄野 2004）。しかし一般に、これらの要因に関するデータを取得することは難しい。

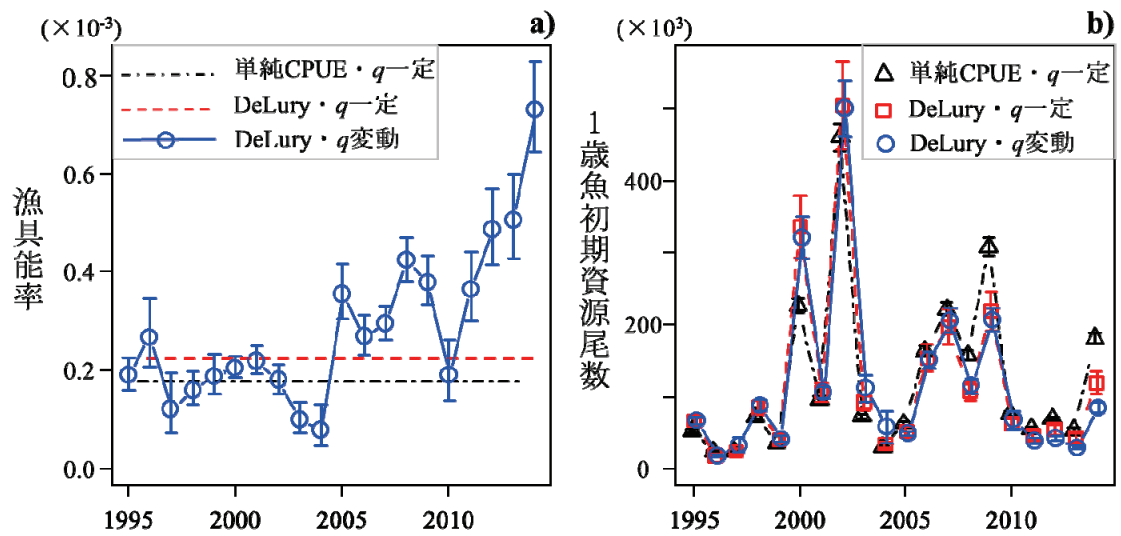
DeLury 法は漁期中の漁獲尾数や努力量の時系列データのみから、初期資源尾数と漁具能率を推定可能な手法であり、移出入のない閉じた個体群に対して比較的短期間に強い漁獲圧が働き、漁期中の CPUE の減少傾向が顕著に見られる場合に適用可能である（山川 2001）。ここでは、DeLury 法として第 2 モデルに自然死亡を組み込んだ式を利用して、トラフグ伊勢・三河湾系群に対する資源量指標値の算出を試みた。

トラフグ伊勢・三河湾系群を漁獲対象とするふぐはえ縄漁業の漁期は 10 月から翌年 2 月末までの 5 か月間に限られる。また、各月の CPUE は、2 歳魚以上では明瞭な減少傾向は認められなかったが、1 歳魚では顕著な減少傾向が認められた。そこで、静岡県、愛知県及び三重県（以下、3 県）の漁獲努力量データが揃っている 1995～2014 年漁期のふぐはえ縄漁業における 1 歳魚漁獲尾数と漁獲努力量（延べ出漁隻日）の月別データから資源量指標値を算出した。

統計的な検討の結果、トラフグ伊勢・三河湾系群を漁獲対象とするふぐはえ縄漁業においては、漁具能率の年変動が大きく、単純な CPUE よりも DeLury 法を用いて推定された 1 歳魚初期資源尾数の方が資源量指標値として適していることが示された（補足図 2-1）。また、近年漁具能率が上昇傾向にあり、2013 年漁期から 2014 年漁期にかけての資源量の増加の程度は、単純な CPUE の増加から期待されるよりは小さいことが示唆された。つまり、単純な CPUE を資源量指標値として扱うと、近年の資源量を過大評価する危険性が高いことが示唆された。漁具能率が上昇した原因として、出漁隻数が減少し、漁獲能力の高い船が不漁の続いた近年においても操業を続けたこと、及び漁海況の好ましくない日に出漁を見合わせる頻度が増したことなどが考えられる。今回、DeLury 法で推定された漁具能率の年変動の程度は非常に大きく、今後は、その要因や妥当性について調査・解析を行うことが必要である。

引用文献

- 市野川桃子・岡村 寛 (2014) VPA を用いた我が国水産資源評価の統計言語 R による統一
的検討. 水産海洋研究, 78, 104-113.
- 庄野宏(2004) CPUE 標準化に用いられる統計学的アプローチに関する総説. 水産海洋研究,
68, 106-120.
- 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). 社団法人日本水産資源保護協会, 東京. pp 73-90.



補足図 2-1. 各モデルにおける漁具能率 (a) と初期資源尾数 (b) の推定値の変化 (エラーバーは標準誤差) CPUE・ q 一定モデルとは初期資源尾数が3県のCPUEの幾何平均に比例すると仮定したものであり、DeLury・ q 一定モデル及びDeLury・ q 変動モデルはそれぞれ、DeLury法で漁具能率が一定と仮定した場合及び年変動すると仮定した場合のモデルである

補足資料3 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、自然死亡係数 M を 0.25 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。本種系群に対する近年の漁獲努力量の変化を考慮するため、ふぐはえ縄漁業の漁獲努力量及び漁獲尾数を用いて算出した資源量指標値によりチューニングを行った（補足資料2）。チューニングの期間は3県のデータが揃っている1995～2014年漁期とした。

チューニングでは、1歳魚の資源尾数が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、最近年の0歳魚及び1歳魚の選択率に最近年最高齢の F を乗じて最近年の0歳魚及び1歳魚の漁獲係数とした。最近年の2歳の漁獲係数は最高齢の値と等しいと仮定した。なお、最近年（2014年漁期）の選択率は過去3年間（2011～2013年漁期）の選択率の平均値とした。

具体的な計算は以下のとおりである。

(1) 資源量の推定

0歳魚及び1歳魚の資源尾数は

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

2歳魚の資源尾数は

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

3歳魚以上の資源尾数は

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

により求めた。

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

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

とした。

最近年最高齢の F は、次式を最小にする値を探索的に求めることにより決定した。

$$\sum_{y=1995}^{2014} \left(\ln(DELURY_{1,y}) - \ln(qN_{1,y}) \right)^2$$

ここで、 $DELURY_{1,y}$ は、ふぐはえ縄漁業による月別延べ出漁隻日及び月別1歳魚漁獲尾数からDeLury法第2モデルにより推定された1歳魚初期資源尾数（ $DELURY_{1,y}$ 、補足資料2）である。 $N_{1,y}$ はVPAにより推定された1歳魚資源尾数である。

q は比例係数であり、チューニングに使用した漁期の年数を n として

$$\hat{q} = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{y=1995}^{2014} \ln\left(\frac{DELURY_{1,y}}{N_{1,y}}\right)\right)$$

により求めた。

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、その選択率は2011～2013年漁期の3年間の選択率の平均値に等しいとし、

$$S_{a,2014} = 1/3(S_{a,2011} + S_{a,2012} + S_{a,2013})$$

とした。

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2014} = C_{a,2014} \exp(M/2) / (1 - \exp(-F_{a,2014}))$$

により求めた。

資源尾数から資源量への換算及び、親魚量（SSB）の推定には下表の値を用いた。

年 齢 月*	0歳		1歳		2歳		3歳以上	
	4月	10月	4月	10月	4月	10月	4月	10月
平均体重 (kg)	-	0.16	0.36	1.03	1.43	1.63	2.87	2.88
成熟率 (%)	♂	0	0	0	100	100	100	100
	♀	0	0	0	0	0	100	100
雌雄比	-	-	-	-	1:1	1:1	1:1	1:1

※4月：誕生月、10月：漁獲加入月

チューニングには下表の資源量指標値を用いた。

漁期年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1歳魚初期 資源尾数	66,486	18,033	33,037	88,006	41,457	320,691	105,897	500,382	111,666	58,381

漁期年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1歳魚初期 資源尾数	48,658	152,122	205,709	114,997	206,649	67,773	38,874	42,278	30,132	85,197

(2) 将来予測

2 (1) で得られた資源量をもとに将来予測を行った。各年齢の漁獲係数 F は、最近 3 年間 (2012～2014 年漁期) の平均値を仮定した。

0 歳魚の資源尾数は、毎年一定の加入があると仮定して、最近 5 年間 (2010～2014 年漁期) の 0 歳魚資源尾数の平均値 (4 月、118,816 尾) とした。

$$N_{0,z} = 1/5 \sum_{y=2010}^{2014} N_{0,y} \quad (z=2015 \sim 2020)$$

1 歳魚及び 2 歳魚の資源尾数は以下の式により前進法で求めた。

$$N_{a,z} = N_{a-1,z-1} \exp(-M) - C_{a-1,z-1} \exp(-M/2) \quad (a=1,2)$$

3 歳魚以上の資源尾数は以下の式により前進法で求めた。

$$N_{3+,z} = N_{2,z-1} \exp(-M) - C_{2,z-1} \exp(-M/2) + N_{3+,z-1} \exp(-M) - C_{3+,z-1} \exp(-M/2)$$

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

$$C_{a,z} = N_{a,z} (1 - \exp(-F_{a,z})) \exp(-M/2)$$