

平成 25 年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価

責任担当水研：瀬戸内海区水産研究所（片町太輔、石田 実）

参画機関：石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府農林水産技術センター海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、鳥取県水産試験場、島根県水産技術センター、山口県水産研究センター、福岡県水産海洋技術センター、佐賀県玄海水産振興センター、長崎県総合水産試験場、熊本県水産研究センター、鹿児島県水産技術開発センター、宮崎県水産試験場、大分県農林水産研究指導センター水産研究部、愛媛県農林水産研究所水産研究センター栽培資源研究所、広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター、岡山県農林水産総合センター水産研究所、香川県水産試験場、徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課、和歌山県水産試験場

要 約

トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源量は、2002 年の 967 トンから 2004 年の 876 トンに減少した後、2006 年には 1,039 トンに増加したが、その後は減少に転じ、2012 年は 717 トンであった。漁獲量の指標値および資源量の推移から、資源状態は低位、減少であると判断した。近年、RPS が低水準で推移していることから、現状の漁獲を継続した場合、資源量は減少すると予測される。2018 年に 2006 年の 1,039 トン（資源量を推定した期間中で最大の資源量）に資源水準を回復させることを管理目標とし、ABC 算定のための基本規則 1-3)-(3)に基づいて ABC を算定した。本種は栽培対象種であり、2012 年は 163 万尾の人工種苗が放流された。2011 年の人工種苗の混入率は 27%、添加効率は 0.07 と推定された。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	112トン	0.54F _{current}	0.24	19%
ABC _{target}	92トン	0.8・0.54F _{current}	0.19	16%

F値は全年齢の平均値。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2011	841	286	0.46	34%
2012	717	234	0.45	33%
2013	639			

F値は全年齢の平均値。

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	府県別漁獲量（石川～和歌山(20)府県） 全長組成（水研セ、兵庫～香川(9)県） 全長-体重関係（松村 2006） 年齢-全長関係（上田ら 2010） Age-length key（上田ら 2010、広島大学、水研セ）
資源量指標	漁獲成績報告書（九州漁業調整事務所） 取扱量（下関唐戸魚市場（株）） 有明海の CPUE（長崎県） 標本漁協の CPUE（香川県） 標本漁協の資源量指標（水研セ）
自然死亡係数(M)	年当たり $M = 0.25$ を仮定
漁獲努力量指標	ふぐ延縄漁獲成績報告書（九州漁業調整事務所） 標本漁協の努力量（香川県）
混入率	人工種苗放流尾数（栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（全国）、九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画に係る行政・研究担当者会議資料） 有明海での 0 歳の放流効果調査（長崎県） 八代海、福岡湾での 0 歳の放流効果調査（新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「最適放流手法を用いた東シナ海トラフグ資源への添加技術の高度化」推進会議資料） 七尾湾での 0 歳の放流効果調査（平成 24 年度全国トラフグ栽培漁業技術開発検討会会議資料） 瀬戸内海での 0 歳の放流効果調査（平成 17 年度都道府県連携促進事業報告書（瀬戸内海海域トラフグ共同放流調査）平成 13～17 年度の総括（愛媛県、大分県、山口県）、栽培漁業資源回復等対策事業（平成 18～22 年度）総括報告書（愛媛県、福岡県、大分県、山口県）、愛媛県、山口県、水研セ）

1. まえがき

トラフグは、魚価が高く、重要な漁業対象種である。主な漁場である日本海、東シナ海および瀬戸内海では、漁獲量が減少しており、資源管理型漁業および栽培漁業の対象魚種となっている。2005 年より本系群を対象とした九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画が実施されてきた。資源回復計画は 2011 年度で終了したが、同計画で実施されていた措置は 2012 年度以降、新たな枠組みである資源管理指針・計画の下、継続して実施されている。天然魚や人工種苗を用いた標識再捕調査から、日本海、東シナ海および黄海の成魚が九州北西岸、若狭湾および瀬戸内海へ産卵のために来遊すること（田川・伊藤 1996、伊藤ら 1998）や瀬戸内海で発生した 0 歳魚が豊後水道、紀伊水道だけでなく、九州北西岸へ移動するこ

と（佐藤ら 1996）が報告されていたことから、日本海、東シナ海および瀬戸内海における本種は、資源として一系群と判断されている。本系群の分布海域では、1993 年以降、128～297 万尾の人工種苗が毎年放流されている（表 1）。

2. 生態

（1）分布・回遊

本系群は日本海、東シナ海、黄海および瀬戸内海に分布する（図 1）。春に発生した仔稚魚は産卵場周辺を成育場とし、成長に伴って広域に移動する（伊藤 1997）。日本海沿岸や九州北西岸での発生群は、日本海、東シナ海および黄海へ移動し、瀬戸内海沿岸での発生群は、豊後水道以南、紀伊水道以南、日本海、東シナ海および黄海へ移動する（伊藤 1997）。また、天然魚や人工種苗を用いた標識再捕調査から、本種が産卵回帰している可能性があることが報告されている（佐藤ら 1999、松村 2006）。また、最近の研究では、有明海では放流魚が高い割合で産卵回帰していることが報告されている（松村 2012）。

（2）年齢・成長

本系群における雌雄別の年齢(t)と全長 $L_t(\text{mm})$ の von Bertalanffy 成長式（上田ら 2010）および全長 $L(\text{cm})$ と体重 $W(\text{g})$ の関係式（松村 2006）を以下に示す。

年齢-全長関係式

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

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

全長-体重関係式

$$\text{雄} : W = 0.0000395L^{2.82}$$

$$\text{雌} : W = 0.0000530L^{2.74}$$

成長式および全長-体重関係式から求めた雌雄別年齢別の全長と体重を図 2 に示す。寿命は約 10 年と推定される。資源評価では 6 歳以上をプラスグループとしているが、本種は 10 歳で雌雄いずれも全長 600mm 以上となる大型種である（尾串 1987）。

（3）成熟・産卵

雄は 2 歳、雌は 3 歳で成熟する（図 3、藤田 1988）。本系群の主な産卵場は、七尾湾、若狭湾、福岡湾、有明海、八代海、関門海峡周辺、布刈瀬戸および備讃瀬戸とされ、朝鮮半島、中国沿岸にも存在するとされる（図 1、藤田 1996）。産卵期は 3 月下旬に九州南部から始まり、水温の上昇とともに北上し、瀬戸内海での産卵期は 4～5 月とされ、若狭湾、七尾湾では 4～6 月とされる（藤田 1996、伊藤ら 1998）。

（4）被捕食関係

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

3. 漁業の状況

（1）漁業の概要

七尾湾、若狭湾、福岡湾、有明海、八代海、関門海峡周辺、布刈瀬戸および備讃瀬戸では、3～6月に2歳以上が定置網、釣り、敷網によって漁獲され、7～1月に0歳が定置網、小型底曳網、釣り、延縄によって漁獲される。日本海、東シナ海の沖合、豊後水道および紀伊水道では、12～3月に0歳以上が延縄によって漁獲される（天野・檜山 1996、伊藤・多部田 2000、柴田ら 1997）。

(2) 漁獲量の推移

本系群の長期の漁獲量データは存在しない。長期的な漁獲量の指標として、下関唐戸魚市場（株）における取扱量（暦年）を用いた（下関唐戸魚市場（株）では1970年から日本海、東シナ海産を外海産、瀬戸内海、三重県、愛知県、静岡県産を内海産として区別して取扱い、統計を整備している）。取扱量は1971～1993年に610～1,727トンで推移後、1994年から急激に減少し、1997年以降106～313トンと低水準で推移しており、2012年は114トンであった（図4）。年齢別漁獲尾数の推定には本系群分布範囲の各府県の調査体制が充実した2002年以降の府県別漁獲量（漁期年：4～3月）を用いた。漁獲量は2002年の383トンから変動しながらも減少傾向で、2012年は234トンであった（表2、図5）。

(3) 漁獲努力量

九州・山口北西海域では、9～3月に延縄により0歳以上が漁獲される。漁獲努力量として、九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画およびトラフグ広域資源管理方針で得られた2005～2011年漁期の総針数を使用した。総針数は、2005～2006年は18百万針で推移し、2007年以降は減少傾向で、2009年は11百万針であったが、2010年から増加に転じ、2011年は13百万針であった（表3、図6）。

瀬戸内海中央部の備讃瀬戸では、4～6月に袋待網により2歳以上の産卵親魚が漁獲される。漁獲努力量として、香川県の標本漁協の1999～2012年の操業隻数を使用した。操業隻数は変動しながらも2006年に最大（806隻）となり、その後、経年的に減少傾向で、2012年は431隻であった（表3、図7）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

2002～2012年の資源量は、日本海、東シナ海および瀬戸内海における0～5歳と6歳以上をプラスグループとした年齢別漁獲尾数（表4）を用い、コホート解析（平松 2001）により推定した。Mは最高年齢を10歳として、田中の方法（田中 1960）により求めた0.25を用いた。全長階級値別雌雄比とAge-length key（付表1、2）を用いて年齢別漁獲尾数を算出した。また、年齢-全長および全長-体重の関係式は2.（2）の通りである。

(2) 資源量指標値の推移

九州・山口北西海域における延縄漁業の2005～2011年漁期のCPUE（kg/千針）は、2005年の5.0kg/千針から2007年の6.3kg/千針に増加し、2008年は3.7kg/千針に大きく減少した。2009年以降は経年的に増加傾向で、2011年は6.8kg/千針であった（表3、図6）。

瀬戸内海中央部の備讃瀬戸における産卵親魚を対象とした袋待網漁業の香川県における

標本漁協の1999～2012年漁期のCPUE(kg/隻)は、1999年の18.7kg/隻から変動しながらも2008年に最大(69.1kg/隻)となり、その後も変動を繰り返し、2012年は15.9kg/隻であった(表3、図7)。

瀬戸内海中央部の愛媛県および広島県沿岸では、4～6月に定置網により1歳を含む産卵親魚が漁獲される。広島県の標本漁協の1982～2012年漁期の有漁網数当たりの漁獲量(kg/有漁網数)は、1986年に最大(32.2kg/有漁網数)となり、その後、経年的に減少傾向で、2012年は1.2kg/有漁網数であった(表3、図8)。

有明海では、4～6月に2歳以上の産卵親魚(主に雄)が釣りで、9～12月に0歳が釣りで漁獲される。有明海における産卵親魚を対象とした1999～2012年漁期のCPUE(kg/隻)は、1999年の4.7kg/隻から経年的に増加傾向で、2012年は7.3kg/隻であった(表3、図9)。有明海における0歳を対象とした1999～2012年漁期のCPUE(kg/隻)は、1999年の11.4kg/隻から変動しながらも2006年に最大(32.0kg/隻)となり、その後も変動を繰り返し、2012年は23.0kg/隻であった(表3、図9)。

本系群は広域を1系群として評価されているが、産卵親魚を対象としたCPUEおよび資源量指標値の推移は、瀬戸内海中央部と有明海のように地理的に離れた海域間で異なる。また、CPUEおよび資源量指標値の推移は、下記の(4)に示す系群全体の資源量の推移と必ずしも同調しない。瀬戸内海中央部と有明海とでCPUEおよび資源量指標値の推移が異なる要因は様々なことが考えられるが、その一つとして、2004年から長崎県が独自に取り組んでいる適サイズ50万尾の放流の可能性が考えられる(図10)。

(3) 漁獲物の年齢組成

漁獲物の大部分は0歳(37～66%)と1歳(10～34%)で占められており、若齢魚に漁獲が偏っている(表4)。また、海域によっても漁獲物の年齢組成は異なり、有明海では0歳が、瀬戸内海は0～1歳が、日本海、東シナ海では1～2歳が漁獲の中心になっている(図11)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は、2002年の967トンから2004年の876トンに減少した後、2006年の1,039トンに増加したが、その後は減少に転じ、2012年は717トンであった(表6、図12)。漁獲割合は29～40%(平均33%)で推移した(表7、図12)。感度分析としてMを0.1増加させた場合、2012年の資源量は27%、SSBは25%、加入量は26%増加した(図13)。Mを0.1減少させた場合、2012年の資源量は21%、産卵親魚量(SSB)は17%、加入量は17%減少した(図13)。

(5) 再生産関係

下記の(8)に示す混入率と0歳の資源尾数に基づいて0歳の天然魚と人工種苗を分離し、再生産関係を検討した。SSBは年齢と成熟の関係から3歳以上の資源量とした。SSBが同程度であっても加入尾数は大きく変動し、明瞭な関係は認められなかった(図15)。2006年以降、RPS(尾/kg)は減少傾向にある(図16)。

(6) 資源の水準・動向

資源水準は長期の漁獲量の指標である下関唐戸魚市場（株）の取扱量を 0～最大値で 3 等分し、575 トン未満を低位、576～1,150 トンを中位、1,151 トン以上を高位と区分して決定した。2012 年の漁獲量指標は 114 トンであることから、資源水準は低位と判断した（図 4）。資源量の推移から資源動向は減少と判断した（図 12）。

(7) 資源と漁獲の関係

表 7 および図 14 に年齢別 F の経年変化を示す。現状の F （全年齢の平均値）は経験的資源管理基準である $F_{30\%SPR}$ を上回っており、加入乱獲であることが示唆された（図 17）。さらに、漁獲開始年齢と F を変化させた場合の YPR の等量線図を作成したところ、現状の F で漁獲開始年齢を現状の 0 歳から 1 歳へ遅らせると YPR が約 33% 増大することが予測された（図 18）。

(8) 種苗放流効果

本種は、人工種苗のサイズ、放流場所および尾鰭の正常度によって資源への添加効率は異なると考えられる（松村 2005）。放流効果を正確に把握するため、本系群では、放流尾数ではなく、各種条件下での添加効率を考慮した有効放流尾数を評価に用いた。九州および山口県沿岸で得られた人工種苗の放流場所、サイズおよび尾鰭の正常度別の回収率（漁獲された人工種苗の尾数／放流尾数）および回収重量（漁獲された人工種苗の重量）に基づいて有効放流尾数を推定した。有効放流尾数の推定の詳細は補足資料 3 に示す。本系群全体における 0 歳時点での人工種苗の混入率は、標識（胸鰭切除標識、アリザリン・コンプレクソン(ABC)による耳石標識および焼印標識）によって識別された人工種苗を調査率で引き延ばした回収尾数を系群全体の 0 歳の漁獲尾数で除することによって算出した。その結果、混入率は 4～52%（平均 22%）で推移した。2012 年の混入率が高いことは瀬戸内海における回収尾数が高いことに起因する。2012 年の瀬戸内海での回収尾数は誤差が大きい可能性があるため、参考値とした（表 8）。この数値は 2012 年の添加効率ならびに RPS に影響を及ぼすので、 ABC 算定や将来予測には 2011 年までのデータを用いた。有効放流尾数に対する添加効率は 0.05～0.18（平均 0.11）で推移した（表 9）。添加効率は他の栽培対象種と同等であるにも関わらず（サワラ瀬戸内海系群平成 24 年度評価：0.16）、混入率が高い（サワラ瀬戸内海系群平成 24 年度評価：4.1%）要因は 0 歳の資源量が少ないことと考えられる。2014 年から全年齢の F の平均値と有効放流尾数をそれぞれ変化させた場合に期待される 2018 年の資源量を推定し、等量線図を作成した。天然 0 歳の資源尾数は 2006 年以降、 RPS が減少傾向であることと上記の理由から、2006～2011 年の RPS の平均値と SSB の積を用いて推定し、添加効率は 2002～2011 年の平均値を用いた。その結果、 F を 16% 減少させることは有効放流尾数を 49 万尾(52%)増加させることと同等の効果があると予測された（図 19）。

5. 2014 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群の資源水準は低位、資源動向は減少と考えられる。将来予測からも現状の漁獲お

よび人工種苗の放流が継続された場合、資源量は減少を続けると推定される（図 20）。また、これまで横ばいで推移してきた SSB も 2014 年以降減少すると予測される（図 21）。本系群の資源はすでに危機的な状態であり、漁獲圧の緊急な削減が必要である。加えて、人工種苗を効率的に資源に添加することによって加入量を増やすことが求められる。

(2) ABC 並びに推定漁獲量の算定

本系群は、再生産関係が不明瞭であることに加えて、資源解析を実施した 11 年間、資源水準が低位で推移し続けたため、再生産関係のプロットから B_{limit} を推定することはできなかった。ABC の算定は、ABC 算定のための基本規則の 1-3)-(3) ($F_{limit} = (\text{基準値か } F_{current}) \times \beta_2$, $F_{target} = F_{limit} \times \alpha$) を適用し、2014 年以降の管理基準は $F_{current}$ とした。 β_2 は 2018 年に資源量が九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画で回復目標とされ、新たな資源管理指針・計画の下でも継続して回復目標とされている 2006 年の資源量 1,039 トンを達成する値である 0.54 とし、 $ABClimit$ は 112 トンとなった。 F_{target} の安全率 α は標準値 0.8 とし、 $ABCtarget$ は 92 トンとなった。

	2014年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
$ABClimit$	112トン	$0.54F_{current}$	0.24	19%
$ABCtarget$	92トン	$0.8 \cdot 0.54F_{current}$	0.19	16%

F値は全年齢の平均値。

2013 年以降の天然の 0 歳資源尾数は、2006 年以降、RPS が減少傾向で低い水準で推移していることと 2012 年の混入率データの誤差が大きい可能性があることから、2006～2011 年の RPS の平均値と SSB との積と仮定した。人工種苗の 0 歳資源尾数は、有効放流尾数と添加効率の積と仮定した。有効放流尾数は、2007 年以降、比較的横ばいで推移していることから、2007～2012 年の有効放流尾数の平均値（表 9）を用い、添加効率は、2002～2011 年の添加効率の平均値（表 9）を用いた。1 歳以降はコホート解析の前進法で推定した（補足資料 3 参照）。

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量（トン）						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
資源の回復	$0.54F_{current} (0.24)$	234	198	112	133	154	173	199
現状の漁獲の継続	$F_{current} (0.45)$	234	198	189	187	182	175	173
		資源量（トン）						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
資源の回復	$0.54F_{current} (0.24)$	717	639	584	707	817	907	1,039
現状の漁獲の継続	$F_{current} (0.45)$	717	639	584	588	573	545	543

F値は2012年の全年齢の平均値。

漁獲量は年齢別漁獲尾数に年齢別の平均体重を乗じて算出した。

(3) $ABClimit$ の評価

管理基準である $F_{current}$ に各係数を乗じた場合の漁獲量および資源量の 5 年後の将来予測を下表に示す。 $F_{current}$ を維持した場合、資源量は 2018 年に 543 トンに減少すると予測

され、2018 年に 2012 年の資源量を上回るためには 0.7Fcurrent とする必要があると予測された。ABClimit である 0.54Fcurrent とすることで回復目標を達成することが可能と予測された。将来予測の詳細は補足資料 2 を参照。

漁獲量 (トン)								
F	基準値	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.05	0.1Fcurrent	234	198	23	32	45	59	79
0.09	0.2Fcurrent	234	198	45	61	81	102	132
0.14	0.3Fcurrent	234	198	66	86	109	134	166
0.18	0.4Fcurrent	234	198	86	108	132	155	187
0.23	0.5Fcurrent	234	198	105	127	149	169	197
0.27	0.6Fcurrent	234	198	123	143	162	178	200
0.32	0.7Fcurrent	234	198	141	157	171	181	197
0.36	0.8Fcurrent	234	198	158	169	177	182	191
0.40	0.9Fcurrent	234	198	174	179	181	179	183
0.45	1.0Fcurrent	234	198	189	187	182	175	173
0.49	1.1Fcurrent	234	198	204	193	182	169	163
0.54	1.2Fcurrent	234	198	218	199	180	163	153

資源量 (トン)								
F	基準値	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
0.05	0.1Fcurrent	717	639	584	843	1,152	1,499	2,002
0.09	0.2Fcurrent	717	639	584	810	1,065	1,335	1,719
0.14	0.3Fcurrent	717	639	584	778	984	1,189	1,478
0.18	0.4Fcurrent	717	639	584	747	910	1,061	1,273
0.23	0.5Fcurrent	717	639	584	718	842	947	1,098
0.27	0.6Fcurrent	717	639	584	690	779	846	950
0.32	0.7Fcurrent	717	639	584	662	721	757	823
0.36	0.8Fcurrent	717	639	584	636	667	678	714
0.40	0.9Fcurrent	717	639	584	612	618	608	622
0.45	1.0Fcurrent	717	639	584	588	573	545	543
0.49	1.1Fcurrent	717	639	584	565	531	490	475
0.54	1.2Fcurrent	717	639	584	543	493	441	417

(4) ABC の再評価

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
2009～2011年の漁獲量の確定値 および2012年の漁獲量	2009～2011年の漁獲量および2002～2012年の資源量
2012年の年齢別漁獲尾数	2012年の資源量
2002～2012年の有効放流尾数	2002～2012年の添加効率

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)
2012年（当初）	0.5F _{current}	0.20	826	131	107	
2012年（2012年再評価）	0.6F _{current}	0.26	830	173	129	
2012年（2013年再評価）	0.55F _{current}	0.25	717	134	110	234
2013年（当初）	0.6F _{current}	0.26	727	147	121	
2013年（2013年再評価）	0.53F _{current}	0.24	639	115	95	

F値は全年齢の平均値。

2012年再評価および2013年再評価は年齢別漁獲尾数および年齢別平均体重を更新した。

管理基準でF_{current}にかかる係数が再評価で変化しているのは、2012年は管理目標である2006年の資源水準に2017年までに回復させるため、2013年は2006年の資源水準に2018年までに回復させるためである。

2012年の漁獲量、年齢別漁獲尾数が追加された結果、2013年再評価で2012および2013年の資源量は大きく下方修正された。

6. ABC 以外の管理方策の提言

近年、RPS が低い水準で推移していることから、人為的に加入量を増加させるためには、最適サイズかつ尾鰭の欠損のない人工種苗を好適な成育場に放流することにより、添加効率の向上をはかる必要がある（図 19）。加えて、天然魚の加入が減少傾向にありながらも漁獲が0歳を主体とすることから、0歳の保護もしくは再放流も資源回復に重要と考えられる。一方、高い混入率を考慮すると、人工種苗の放流が天然集団に与える遺伝的な影響などに関する基礎的な知見の収集に努め、集団構造や遺伝的多様性に配慮した種苗放流を行うことも重要と考えられる。また、本系群は複数の産卵場および成育場を有し、それらを由来とする個体が日本海、東シナ海で混合して漁獲対象となった後、産卵回帰している可能性がある。さらに、各海域のCPUEおよび資源量指標値の推移が系群全体と必ずしも同調せず、各海域の資源動向が異なるとも考えられる。これらのことから、ABCに基づく管理方策に加えて、各産卵場における産卵親魚および成育場における0歳を対象に漁獲規制や保護を行うことが系群全体にとって重要であると考えられる。

7. 引用文献

天野千絵、檜山節久（1996）東シナ海，黄海，日本海．「トラフグの漁業と資源管理」（多部田 修編） 恒星社厚生閣，東京，53-67.

- 藤田矢郎 (1988) 日本近海のフグ類. (社) 日本水産資源保護協会, 128.
- 藤田矢郎 (1996) さいばい, 79, 15-18.
- 平成 5～21 年度栽培漁業種苗生産、入手・放流実績 (全国) (1995～2012)水産庁, (独) 水産総合研究センター, (社) 全国豊かな海づくり推進協会.
- 平成 17 年度都道府県連携促進事業報告書 (瀬戸内海海域トラフグ共同放流調査) 平成 13～17 年度の総括(2008)山口県水産研究センター、大分県農林水産研究センター水産試験場、愛媛県中予水産試験場, 1-135.
- 平成24年度全国トラフグ栽培漁業技術開発検討会会議資料.
- 平松一彦 (2001)VPA(Virtual Population Analysis). 「平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書 - 資源解析手法教科書 - 」 社団法人日本水産資源保護協会, 103-128.
- 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.
- 伊藤正木, 小嶋喜久雄, 田川 勝 (1998)若狭湾で実施した標識放流実験から推定したトラフグ成魚の回遊. 日水誌, 64, 435-439.
- 伊藤正木, 多部田 修 (2000)漁業協同組合へのアンケート調査結果から推定した日本周辺のトラフグの分布. 水産増殖, 48, 17-24.
- 松村靖治 (2005)有明海におけるトラフグ人工種苗の当歳時における放流効果と最適放流方法. 日水誌, 71, 805-814.
- 松村靖治 (2006)有明海におけるトラフグ*Takifugu rubripes*の人工種苗の産卵回帰時の放流効果. 日水誌, 72, 1029-1038.
- 松村靖治 (2012)有明海におけるトラフグの放流技術と放流効果について. 豊かな海, 26, 1-5.
- 松浦修平 (1997)生物学的特性. 「トラフグの漁業と資源管理」(多部田 修編) 恒星社厚生閣, 東京, 16-27.
- 尾串好隆 (1987) 黄海・東シナ海産トラフグの年齢と成長. 山口県外海水産試験場研究報告, 22, 30-36.
- 栽培漁業資源回復等対策事業 (平成18～22年度) 総括報告書 (2011)山口県、愛媛県、福岡県、大分県、(社) 全国豊かな海づくり推進協会, 411-444.
- 佐藤良三, 鈴木伸洋, 柴田玲奈, 山本正直 (1999)トラフグ*Takifugu rubripes*親魚の瀬戸内海・布刈瀬戸の産卵場への回帰性. 日水誌, 65, 689-694.
- 佐藤良三, 東海 正, 柴田玲奈, 小川泰樹, 阪地英男 (1996)布刈瀬戸周辺海域からのトラフグ当歳魚の移動. 南西水研研報, 29, 27-38.
- 柴田玲奈, 佐藤良三, 東海 正 (1997)瀬戸内海とその周辺水域. 「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, 68-83.
- 田川 勝, 伊藤正木 (1996)東シナ海・黄海で実施した標識放流結果からみたトラフグの回遊生態. 西水研研報, 74, 73-83.
- 田中昌一 (1960)水産生物のPopulation Dynamics と漁業資源管理. 東海水研報, 28, 1-200.
- 上田幸男, 佐野二郎, 内田秀和, 天野千絵, 松村靖治, 片山貴士 (2010) 東シナ海, 日本海および瀬戸内海産トラフグの成長とAge-length key. 日水誌, 76, 803-811.

付表 1. Age-length key、雌雄割合（4～6 月）

全長 (cm)	雄						雌						雄の割合	雌の割合
	1	2	3	4	5	6+	1	2	3	4	5	6+		
10-	1.00						1.00						0.50	0.50
12-	1.00						1.00						0.50	0.50
14-	1.00						1.00						0.50	0.50
16-	1.00						1.00						0.50	0.50
18-	1.00						1.00						0.50	0.50
20-	1.00						1.00						0.00	1.00
22-	1.00						1.00						0.20	0.80
24-	1.00						1.00						0.25	0.75
26-	1.00						1.00						0.40	0.60
28-	1.00						1.00						0.60	0.40
30-	0.50	0.50											1.00	0.00
32-		1.00						1.00					0.50	0.50
34-		1.00						1.00					0.00	1.00
36-		1.00						0.96	0.04				1.00	0.00
38-		1.00						0.82	0.18				1.00	0.00
40-		0.26	0.74						1.00				0.95	0.05
42-			1.00						1.00				0.86	0.14
44-			0.91	0.09				0.14	0.43	0.14	0.29		0.61	0.39
46-			0.27	0.45	0.27				0.50	0.43	0.07		0.44	0.56
48-			0.10	0.70	0.20				0.13	0.48	0.30	0.09	0.30	0.70
50-			0.00	0.20	0.80				0.09	0.36	0.36	0.18	0.13	0.87
52-			0.11	0.44	0.11	0.33			0.10	0.05	0.45	0.40	0.31	0.69
54-				0.50		0.50				0.23	0.14	0.64	0.08	0.92
56-						1.00				0.08	0.17	0.75	0.08	0.92
58-						1.00						1.00	0.13	0.88
60-						1.00						1.00	0.00	1.00
62-						1.00						1.00	0.00	1.00
64-						1.00						1.00	0.00	1.00
66-						1.00						1.00	0.00	1.00
68-						1.00						1.00	0.00	1.00
70-						1.00						1.00	0.00	1.00
72-						1.00						1.00	0.00	1.00
74-						1.00						1.00	0.00	1.00
76-						1.00						1.00	0.00	1.00
78-						1.00						1.00	0.00	1.00
80-						1.00						1.00	0.00	1.00

付表 2. Age-length key、雌雄割合（7～3 月）

全長(cm)	雄							雌							雄の割合	雌の割合
	0	1	2	3	4	5	6+	0	1	2	3	4	5	6+		
10-	1.00							1.00							0.50	0.50
12-	1.00							1.00							0.50	0.50
14-	1.00							1.00							0.50	0.50
16-	1.00							1.00							0.50	0.50
18-	1.00							1.00							0.50	0.50
20-	1.00							1.00							0.50	0.50
22-	1.00							1.00							0.50	0.50
24-	1.00							1.00							0.50	0.50
26-	1.00							1.00							0.33	0.67
28-	1.00							1.00							0.50	0.50
30-		1.00							1.00						0.50	0.50
32-		1.00							1.00						0.20	0.80
34-		1.00							0.92	0.08					0.25	0.75
36-		0.93	0.07						0.96	0.04					0.55	0.45
38-		0.80	0.20						0.82	0.18					0.53	0.47
40-		0.46	0.54						0.54	0.45	0.01				0.61	0.39
42-		0.19	0.77	0.04					0.25	0.75					0.56	0.44
44-		0.03	0.75	0.22					0.04	0.89	0.07				0.42	0.58
46-			0.50	0.50					0.04	0.40	0.56				0.42	0.58
48-			0.09	0.73	0.18					0.18	0.71	0.12			0.39	0.61
50-				0.17	0.17	0.50	0.17			0.11	0.44	0.22	0.22		0.40	0.60
52-					0.22	0.44	0.33				0.23	0.23	0.15	0.38	0.41	0.59
54-					1.00									1.00	0.50	0.50
56-							1.00					0.25	0.50	0.25	0.00	1.00
58-							1.00						1.00		0.00	1.00
60-							1.00							1.00	0.00	1.00
62-							1.00							1.00	0.00	1.00
64-							1.00							1.00	0.00	1.00
66-							1.00							1.00	0.00	1.00
68-							1.00							1.00	0.00	1.00
70-							1.00							1.00	0.00	1.00
72-							1.00							1.00	0.00	1.00
74-							1.00							1.00	0.00	1.00
76-							1.00							1.00	0.00	1.00
78-							1.00							1.00	0.00	1.00
80-							1.00							1.00	0.00	1.00

表1. 人工種苗の放流尾数の推移（千尾）

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
放流尾数	1,481	1,493	1,392	1,501	2,010	1,390	1,283	1,392	1,502	1,653

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
放流尾数	1,384	1,712	1,625	2,228	2,165	2,207	2,531	2,285	2,970	1,630

表2. 府県別および有明海0歳の漁獲量の推移（トン）

年	日本海、東シナ海												計
	石川	福井	京都	鳥取	島根	山口 (日本海)	福岡	佐賀	長崎	熊本	鹿児島	有明海 0歳	
2002	6	8	7	4	2	56	55	10	16	3	4	10	180
2003	5	5	3	3	1	32	51	13	18	5	1	8	145
2004	7	0.5	3	3	1	43	46	7	10	4	0.4	28	152
2005	6	0.4	1	3	4	51	47	9	24	3	0.2	16	164
2006	8	4	1	2	1	40	57	12	18	5	0.2	21	170
2007	6	5	2	3	1	44	64	9	26	10	1	12	182
2008	5	9	4	3	2	38	26	3	20	9	1	11	130
2009	4	1	2	3	4	34	49	9	22	8	1	10	146
2010	4	4	2	3	5	33	62	14	21	7	1	7	162
2011	6	9	3	4	4	35	59	9	18	10	1	6	164
2012	7	5	2	3	3	39	58	6	19	7	1	4	155

年	瀬戸内海										計	合計
	宮崎	大分	愛媛	山口 (瀬戸内海)	広島	岡山	兵庫	香川	徳島	和歌山		
2002	8	41	20	39	10	16	31	15	18	4	202	383
2003	7	36	22	39	10	9	32	11	5	1	172	317
2004	2	19	21	22	9	3	26	16	1	0.4	120	272
2005	4	22	19	33	9	12	16	20	3	0.4	138	302
2006	12	43	24	49	7	10	19	17	2	1	184	355
2007	8	28	22	33	4	7	23	13	3	1	143	325
2008	2	13	20	17	2	10	17	45	1	1	127	257
2009	4	33	29	26	5	6	21	18	3	1	145	292
2010	5	22	25	19	6	6	10	7	1	0	101	262
2011	4	25	22	20	5	9	17	17	1	1	122	286
2012	1	20*	22*	18	3	2	6*	7	0.2	0.4*	80	234

漁期年（4～3月）集計。

*概数値。

表3. 九州・山口北西海域における延縄の努力量（針数）とCPUE（kg/千針）、香川県における標本漁協の袋待網の努力量（操業隻数）、広島県における標本漁協の定置網の資源量指標値（kg/有漁網数）、有明海における釣りのCPUE（kg/隻）

年	九州・山口北西海域 (0歳以上)		広島県標本漁協 (1歳以上)		香川県標本漁協 (2歳以上)		有明海 (2歳以上)	有明海 (0歳)
	針数	CPUE	水揚げ統数	CPUE	操業隻数	CPUE	CPUE	CPUE
1982			3,295	12.9				
1983			3,825	10.1				
1984			4,022	12.2				
1985			4,925	12.2				
1986			4,560	32.2				
1987			4,658	20.0				
1988			4,137	12.5				
1989			3,775	22.5				
1990			3,596	8.9				
1991			1,792	6.8				
1992			3,445	4.9				
1993			4,003	6.5				
1994			3,492	6.8				
1995			3,434	4.1				
1996			2,906	3.9				
1997			3,281	2.5				
1998			2,469	2.4				
1999			2,326	1.4	531	18.7	4.7	11.4
2000			2,309	1.2			5.1	17.4
2001			1,912	2.4			5.4	18.0
2002			1,762	2.8	698	15.9	6.1	16.0
2003			1,773	2.6	578	15.6	4.1	9.9
2004			1,017	5.2	412	27.0	6.0	28.5
2005	17,647,521	5.0	1,996	1.9	558	30.0	6.4	21.3
2006	18,063,367	4.9	1,295	3.1	806	20.7	5.9	32.0
2007	16,554,741	6.3	1,251	1.2	398	27.1	6.7	17.5
2008	13,972,456	3.7	1,254	2.6	525	69.1	7.6	25.1
2009	10,988,266	6.4	836	2.0	510	29.4	6.9	27.7
2010	12,257,017	6.0	794	2.9	493	13.4	6.7	16.3
2011	13,167,825	6.8	1,200	2.2	354	37.5	7.8	20.4
2012			984	1.2	431	15.9	7.3	23.0

表4. 年齢別漁獲尾数の推移

年	年齢							合計
	0	1	2	3	4	5	6+	
2002	289,537	98,161	48,570	23,551	10,336	8,072	7,131	485,358
2003	137,641	108,609	55,156	20,548	7,516	5,732	5,394	340,595
2004	260,718	54,869	33,192	23,960	8,028	6,685	6,168	393,618
2005	262,067	58,506	37,476	20,676	10,721	8,467	7,075	404,989
2006	188,583	139,796	53,866	15,309	5,255	4,587	5,633	413,030
2007	137,683	81,289	51,892	37,327	9,052	7,377	5,740	330,360
2008	172,322	28,948	25,858	29,332	15,784	12,126	8,630	293,000
2009	108,101	97,227	47,098	16,065	9,484	7,654	6,679	292,308
2010	90,338	63,039	41,054	24,957	8,643	7,418	6,225	241,674
2011	102,859	90,740	38,872	20,558	10,617	8,111	7,014	278,769
2012	67,685	40,351	37,779	24,949	8,469	7,383	6,026	192,642

表5. 年齢別資源尾数の推移

年	年齢							合計
	0	1	2	3	4	5	6+	
2002	639,164	303,291	147,895	70,955	35,898	21,230	18,756	1,237,188
2003	426,694	283,254	149,576	72,318	34,476	18,836	17,725	1,002,879
2004	636,761	240,831	124,752	67,815	38,188	20,217	18,654	1,147,218
2005	706,849	307,970	139,138	67,865	31,670	22,656	18,931	1,295,079
2006	474,868	367,292	188,216	75,288	34,607	15,204	18,672	1,174,147
2007	409,777	235,108	162,678	99,046	45,124	22,315	17,363	991,411
2008	503,770	226,170	111,365	80,899	44,196	27,155	19,325	1,012,880
2009	409,937	275,206	150,595	63,911	37,119	20,491	17,881	975,140
2010	409,879	253,810	128,528	75,720	35,597	20,538	17,235	941,307
2011	274,874	270,274	142,036	63,867	36,946	20,096	17,377	825,470
2012	218,491	141,949	130,412	76,314	31,598	19,404	15,837	634,004

表6. 年齢別資源量の推移（トン）

年	年齢							合計
	0	1	2	3	4	5	6+	
2002	123	239	237	157	93	60	57	967
2003	82	223	240	160	90	53	54	902
2004	123	190	200	150	99	57	57	876
2005	136	242	223	150	82	64	58	956
2006	92	289	302	167	90	43	57	1,039
2007	79	185	261	219	117	63	53	978
2008	97	178	179	179	115	77	59	884
2009	79	217	242	142	97	58	54	888
2010	79	200	206	168	93	58	52	856
2011	53	213	228	142	96	57	53	841
2012	42	112	209	169	82	55	48	717

表7. 年齢別のFと漁獲割合（％）の推移

年	年齢							平均	漁獲割合
	0	1	2	3	4	5	6+		
2002	0.67	0.46	0.47	0.47	0.39	0.56	0.56	0.51	40
2003	0.43	0.57	0.54	0.39	0.28	0.42	0.42	0.44	35
2004	0.58	0.30	0.36	0.51	0.27	0.47	0.47	0.42	31
2005	0.51	0.24	0.36	0.42	0.48	0.55	0.55	0.45	32
2006	0.56	0.56	0.39	0.26	0.19	0.42	0.42	0.40	34
2007	0.45	0.50	0.45	0.56	0.26	0.47	0.47	0.45	33
2008	0.46	0.16	0.31	0.53	0.52	0.71	0.71	0.48	29
2009	0.33	0.51	0.44	0.34	0.34	0.55	0.55	0.44	33
2010	0.27	0.33	0.45	0.47	0.32	0.53	0.53	0.41	31
2011	0.52	0.45	0.35	0.42	0.37	0.57	0.57	0.46	34
2012	0.41	0.39	0.40	0.46	0.36	0.56	0.56	0.45	33

表8. 七尾湾、有明海、八代海、福岡湾、瀬戸内海における放流魚の0歳での回収尾数、系群全体の0歳の漁獲尾数、混入率 (%)

年	回収尾数						系群全体の 0歳漁獲尾数	混入率
	七尾湾	有明海	八代海	福岡湾	瀬戸内海	合計		
2002		6,794			4,362	11,156	289,537	4
2003		4,120			3,579	7,699	137,641	6
2004		36,322			3,360	39,682	260,718	15
2005		17,370			197	17,567	262,067	7
2006		42,610	13	99	5,679	48,401	188,583	26
2007		25,596	392	120	4,237	30,345	137,683	22
2008		23,334	253	172	5,950	29,709	172,322	17
2009	974	26,128	821	4	2,112	30,039	108,101	28
2010	2,454	31,060			3,317	36,831	90,338	41
2011	2,359	24,097			1,254	27,710	102,859	27
2012	8	20,906			14,509	35,423	67,685	52

表9. SSB (トン)、0歳資源尾数、放流尾数、有効放流尾数、添加効率、RPS (尾/kg) の推移

年	SSB	0歳資源尾数		放流尾数	有効放流尾数	添加効率	RPS
		天然魚	放流魚				
2002	368	614,537	24,627	1,653,000	457,300	0.05	1.7
2003	357	402,827	23,867	1,384,000	384,900	0.06	1.1
2004	364	539,844	96,917	1,712,000	569,300	0.17	1.5
2005	354	659,467	47,382	1,625,000	727,900	0.07	1.9
2006	357	352,991	121,878	2,228,000	867,600	0.14	1.0
2007	453	319,463	90,314	2,165,000	977,100	0.09	0.7
2008	430	416,918	86,852	2,209,000	852,400	0.10	1.0
2009	351	296,025	113,911	2,531,000	858,400	0.13	0.8
2010	371	242,772	167,107	2,285,000	906,400	0.18	0.7
2011	347	200,823	74,051	2,970,000	1,053,100	0.07	0.6
2012	354	104,144	114,347	1,630,000	1,074,300	0.11	0.3



図1. 分布域と産卵場

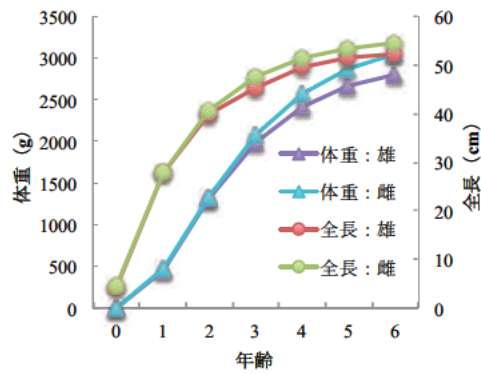


図2. 年齢と成長

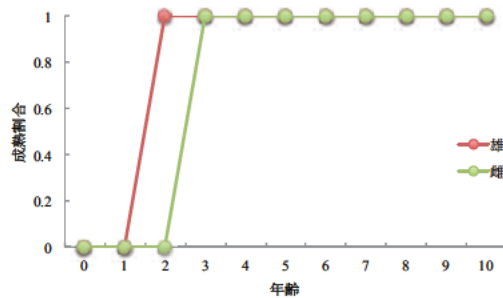


図3. 年齢と成熟

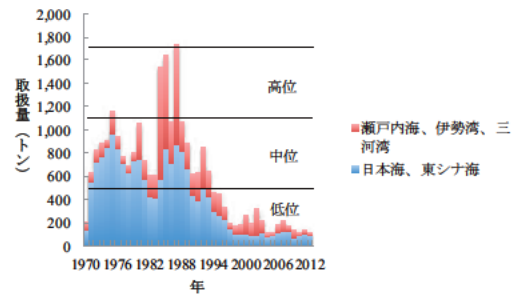


図4. 下関唐戸魚市場における取扱量の推移

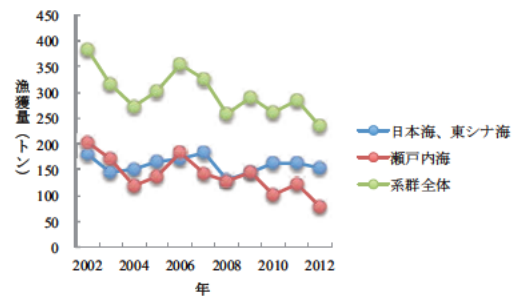


図5. 漁獲量の推移

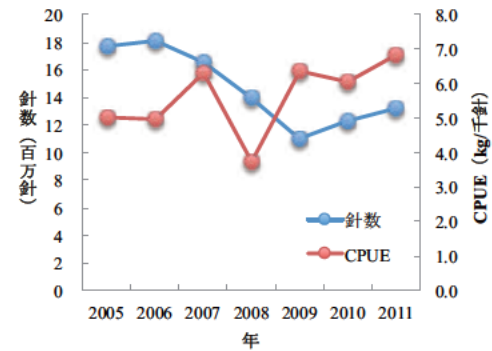


図6. 九州・山口北西海域における0歳以上を対象とした延縄の努力量とCPUEの推移

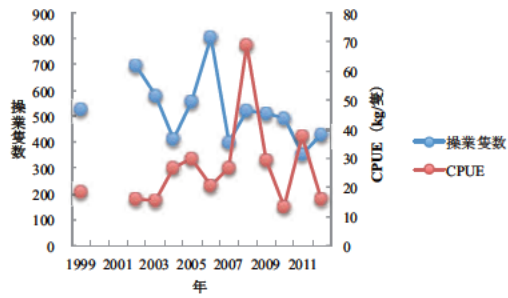


図7. 香川県の標本漁協における産卵親魚を対象とした袋待網の努力量とCPUEの推移

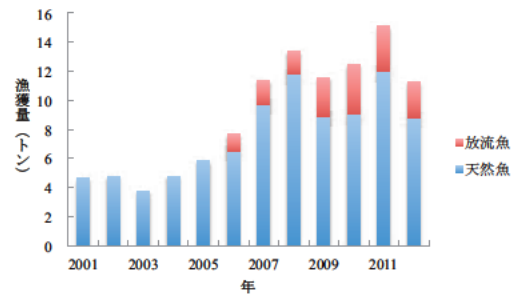


図10. 有明海における産卵親魚の漁獲量の推移

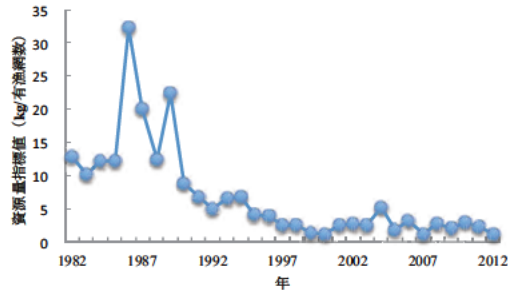


図8. 広島県の標本漁協における1歳を含む産卵親魚を対象とした定置網の資源量指標値の推移

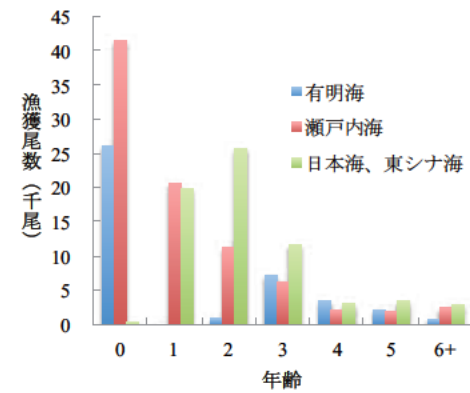


図11. 2012年度の海域別年齢別漁獲尾数

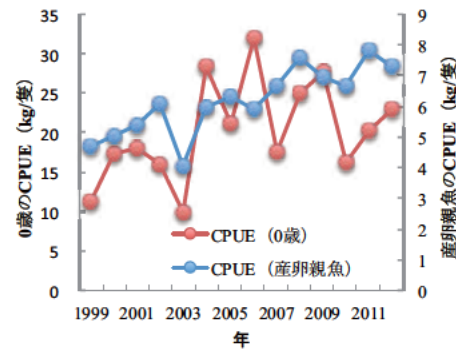


図9. 有明海における0歳および産卵親魚のCPUEの推移

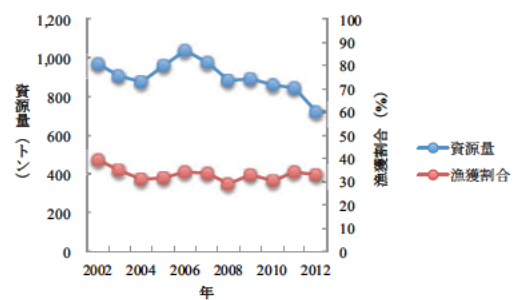


図12. 資源量と漁獲割合の推移

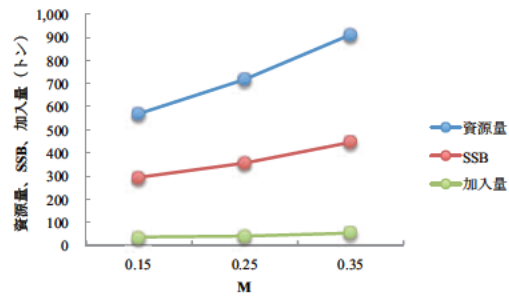


図13. 資源量、SSB、加入量に対するMの感度分析（2012年の推定量）

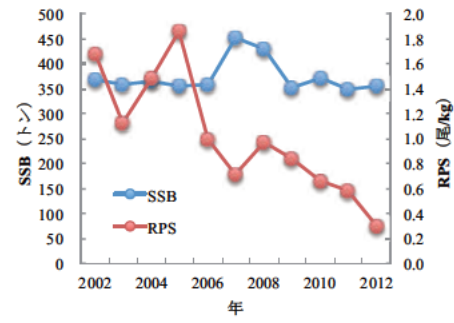


図16. SSBとRPSの推移

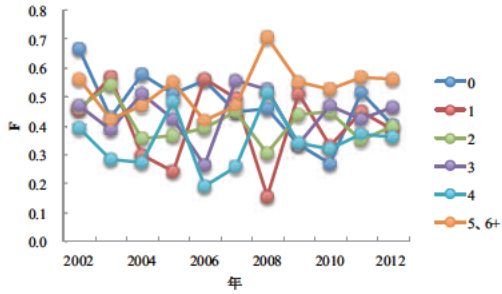


図14. 年齢別のFの推移

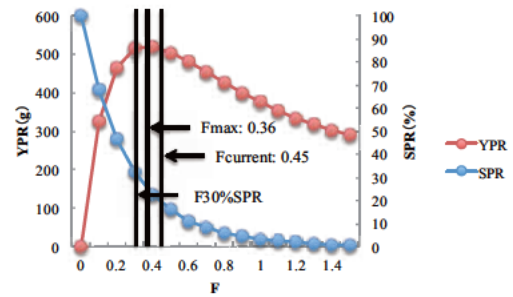


図17. FとYPR、SPRの関係

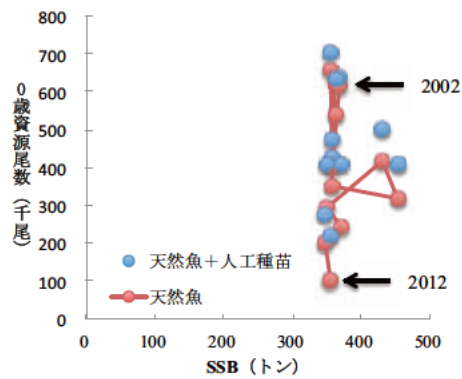


図15. 再生産関係の推移

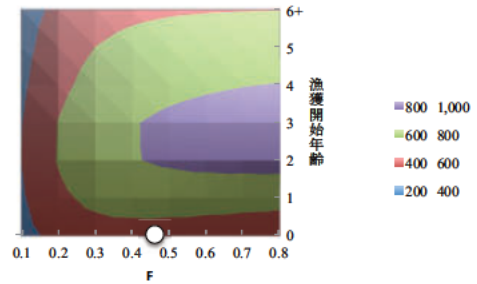


図18. YPR (g) の等量線図（ポイントは現状のFと漁獲開始年齢）

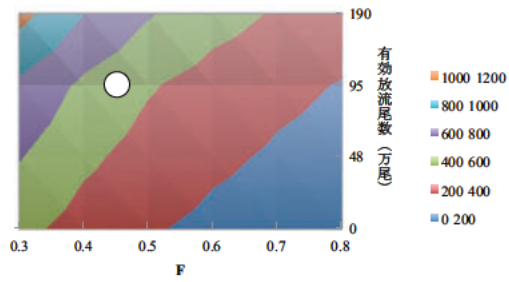


図19. 2018年の資源量（トン）の等量線図（ポイントは現状のFと有効放流尾数）

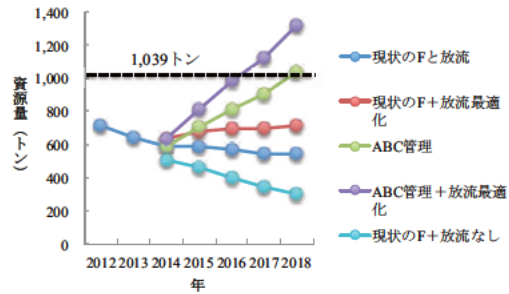


図20. 各種条件における資源量の将来予測

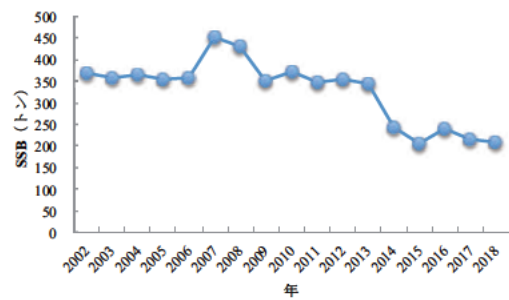
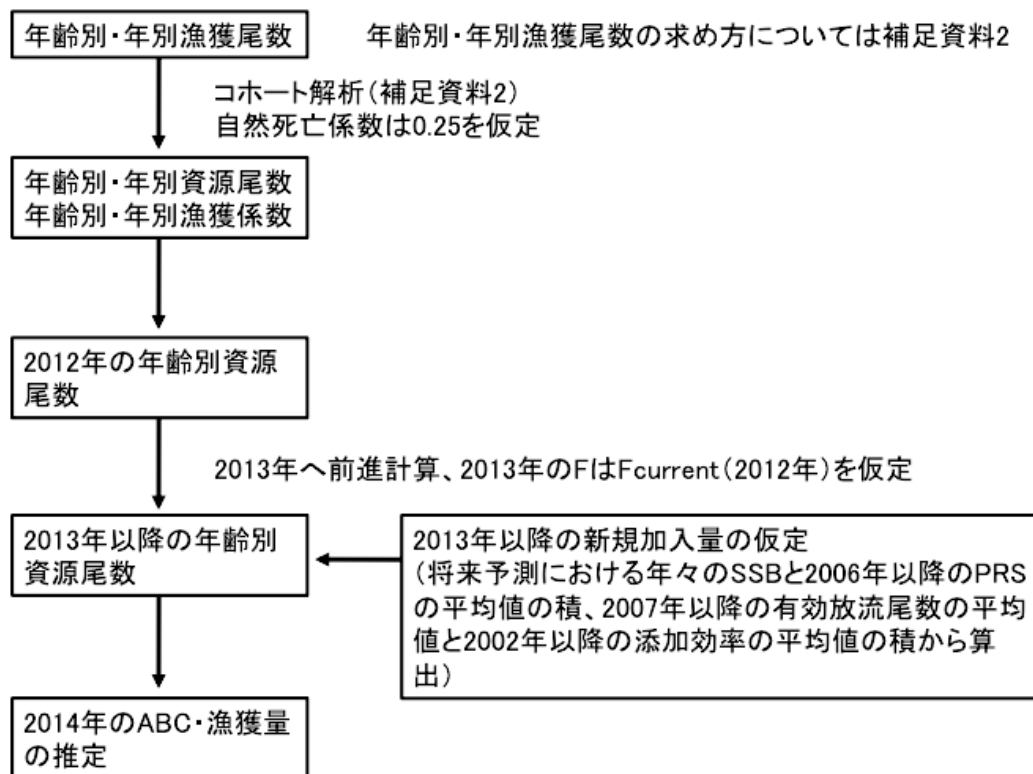


図21. SSBの推移と2013年以降の将来予測

補足資料1 データと資源評価の関係を示すフロー



補足資料2 資源量の推定方法

(1) 年齢別漁獲尾数の算出

年齢別漁獲尾数は漁期年(4～3月)で算出した。日本海、東シナ海における全長組成は、山口県、福岡県、佐賀県、長崎県および熊本県で得られた月別全長組成データを各県各月の漁獲量を用いて加重平均し、4～6月および7～3月で集積した。瀬戸内海における全長組成は大分県、愛媛県、山口県、広島県、兵庫県および香川県で得られた月別全長組成データを日本海、東シナ海と同様な方法で集積した。得られた全長組成は、①全長階級値別雌雄割合(付表1、2)を用いて雌雄別全長組成に分解、②Age-length key(付表1、2)を用いて雌雄別全長階級毎の年齢組成に変換、③全長-体重関係式によって算出した雌雄別全長組成を重量化、④漁獲量と③の比を用いて、②の年齢組成を引き延す、の手順によって年齢別漁獲尾数に変換した。有明海における4～6月の漁獲物は性比が雄に偏るため(松村 2006)、全長階級値別雌雄割合を雄：雌=9：1とした。全長階級値別雌雄割合とAge-length keyは、上田ら(2010)のデータに2004～2006年の4～5月に瀬戸内海でサンプリングされた本種から得られたデータ(広島大学、水研セ：未発表データ)を加えた後、全長階級を2cm刻みとして作成した(付表1、2)。また、成育場である有明海、八代海、福岡湾、瀬戸内海西部および瀬戸内海中央部における0歳については、9～12月の月別漁獲量を月別平均体重で除す方法と調査尾数を調査率で引き延ばす方法で0歳の漁獲尾数を算出した。

(2) コホート解析

解析年を漁期年、4月を誕生日、 $M=0.25$ として、Popeの近似式により資源尾数を推定した。0歳は9月加入とし、 M に7/12を乗じた。

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

$N_{a,y}$ は y 年における a 歳の資源尾数で、 $C_{a,y}$ は y 年における a 歳の漁獲尾数。

a 歳、 y 年の F は、

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

で計算した。

6歳以上をプラスグループとして5歳と6歳以上の F が等しいと仮定し、5歳と6歳以上の資源尾数は以下の式で計算した。

$$N_{5,y} = \frac{C_{5,y}}{C_{6+,y} + C_{5,y}} N_{6+,y+1}e^M + C_{5,y}e^{\frac{M}{2}}$$

$$N_{6+,y} = \frac{C_{6+,y}}{C_{5,y}} N_{5,y}$$

最近年の資源尾数は、

$$N_{a,2012} = \frac{C_{a,2012}}{1 - e^{-F_{a,2012}}} e^{\frac{M}{2}}$$

で計算した。2012年の0～5歳の F は各年齢の過去5年間の平均とし、6歳+の F は5歳の F と等しくなるように探索的に求めた。

【SPR、YPRの解析】

SPR、YPRを以下の式で求めた。

$$SPR = \sum_{a=1}^{6+} fr_a S_a W_a$$

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

$$YPR = \sum_{a=0}^{6+} \frac{F_a}{F_a + M} \left(1 - e^{(-F_a - M)}\right) S_a W_a$$

fr_a 、 W_a は a 歳の成熟率および漁獲物の平均体重。

【将来予測】

各年齢の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{0,y} = \sum_{a=3}^{6+} N_{a,y} f r_a W_a \times RPS + R_y \times A_y$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} e^{-M} - C_{a-1,y-1} e^{-\frac{M}{2}} \quad (a=1 \sim 5)$$

$$N_{6+,y} = N_{5,y-1} e^{-M} - C_{5,y-1} e^{-\frac{M}{2}} + N_{6+,y-1} e^{-M} - C_{6+,y-1} e^{-\frac{M}{2}}$$

R_y は y 年の有効放流尾数、 A_y は y 年における添加効率。1歳の資源尾数推定は M に7/12を乗じた。

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

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

資源量および将来の漁獲量を算出するために用いる年齢別平均体重は、成長式（上田ら 2010）および全長-体重関係式（松村 2006）から求めた各月の雌雄別年齢別の体重の平均値を用いた。0歳は9～3月、1歳以上は4～3月の平均体重を用いた。6歳以上は寿命とされる10歳までの平均体重を用いた。

年齢	0	1	2	3	4	5	6+
平均体重(g)	193	787	1,604	2,216	2,602	2,827	3,041

補足資料3 有効放流尾数の推定方法

本種は、人工種苗のサイズ、放流場所および尾鰭の正常度によって資源への添加効率が異なると考えられる（松村 2005）。2012年12月に九州・山口北西海域におけるトラフグ広域資源管理方針の関係県（熊本県、佐賀県、長崎県、福岡県、山口県）、九州漁業調整事務所、水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所が参集して開催したワーキンググループにおいて、これまで九州沿岸や山口県沿岸で蓄積された放流魚の各種条件別の回収率もしくは回収重量に基づいて有効放流尾数の算出方法を決定した。人工種苗のサイズは70mm、放流場所は天然稚魚の成育場、尾鰭の正常度は0.8以上（全長-体長関係式から算出された値を1とした場合）を基準とし、それ以外の条件下での放流は、サイズ、放流場所および尾鰭の正常度のそれぞれについて上記の基準に対する回収率もしくは回収重量の比を求め、各条件下の放流尾数を乗じ、合算し、有効放流尾数とした。放流サイズおよび尾鰭正常度については、0歳時（9～12月）の回収率を用い、放流場所については、0～3歳までの回収重量を用いた。

放流サイズ別の回収率と基準に対する比

放流サイズ (mm)	回収率 (%)	基準に対する比
30	0.8	0.04
40	2.4	0.12
50	6.5	0.33
60	13.3	0.68
70	19.5	1.00

放流場所別の回収重量と基準に対する比

放流場所	回収重量 (kg)	基準に対する比
1. 成育場 (有明海湾奥、八代海湾奥、福岡湾奥、関門海峡内海、広島県福山市芦田川河口域、愛媛県西条市沿岸、七尾湾)	343.7	1.00
2. 成育場ではないが、その近傍 (関門内海以外の山口県瀬戸内海沿岸、有明海島原半島周辺、有明海湾口、福岡湾湾口)	249.5	0.73
3. 成育場と外海域の中間水域 (橘湾、関門海峡外海、萩市沿岸)	39.6	0.12
4. その他の海域	39.5	0.11

尾鰭正常度別の回収率と基準に対する比

尾鰭正常度	回収率 (%)	基準に対する比
0.8以上	3.4以上	1.00
0.7	2.6	0.76
0.6	1.8	0.53
0.5	1.1	0.32