

平成 20 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、西海区水産研究所（片町太輔、塚本洋一、永井達樹）

参 画 機 関：秋田県農林水産技術センター水産振興センター、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合センター海洋技術センターおよび同センター但馬水産技術センター、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研究部および同センター豊前海研究所、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センター水産試験場および同浅海研究所、愛媛県農林水産研究所水産研究センターおよび同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、岡山県水産試験場、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所、和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場

要 約

トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の漁獲量は、1990 年付近を境に減少に転じ、1997 年以降、1990 年以前の約 10%で推移しており、資源水準は極めて低位である。資源量推定の結果、資源量は 1995~1997 年に 1,720 トンから 887 トンへ半減後、横ばいで推移し、2007 年は 889 トンであった。資源量の経年変化および将来予測から、資源動向は横ばいと判断した。人工種苗の添加効率は約 0.12 と推定され、毎年 0 歳時に約 20 万尾の人工種苗が資源に添加され、資源の底上げに貢献していると考えられる。資源水準が極めて低位であることから、人工種苗の放流尾数および添加効率が今後も継続することを条件に、ABC 算定のための基本規則の 1-3) - (3) を適用し、資源量の回復を目的として F30%SPR を管理基準として ABC を算定した。

	2009年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	172トン	0.8F30%SPR	0.27	23%
ABC _{target}	142トン	0.8・0.8F30%SPR	0.22	19%

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F値	漁獲割合
2006	910	387	0.60	43%
2007	756			
2008	751			

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・年別漁獲尾数	農林水産統計年報（中国四国農政局） 府県別漁獲量（秋田～鹿児島（11）府県） 主要港水揚量（水研セ、秋田～宮崎（20）府県） 取扱量（下関唐戸魚市場（株）） 全長組成調査（水研セ、山口～愛媛（6）県） 体重組成調査（宮崎県、徳島県） 全長・体重調査（水研セ、福岡県） 体長・年齢測定調査（水研セ、福岡県、山口県、長崎県）
資源量指標	漁獲成績報告書（九州漁業調整事務所） 主要港漁業成績（水研セ、愛媛県）
自然死亡係数（M）	年当たり $M=0.25$ を仮定
漁獲努力量指標	漁業成績報告書（九州漁業調整事務所） 主要港漁業成績（水研セ、愛媛県）
混入率	放流銘柄取扱量（下関唐戸魚市場（株））

1. まえがき

トラフグは、高級食材であるため魚価が高く、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において、漁獲量は激減しており、資源管理型漁業および栽培漁業の対象魚種として重要視されている。2005 年度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公表、実施されている。天然魚や人工種苗を用いた標識放流調査から、日本海、東シナ海および黄海における成魚が九州北～西岸、若狭湾および瀬戸内海などへ産卵来遊することや瀬戸内海における 0 歳魚が豊後水道および紀伊水道だけでなく、九州北～西岸へ移動することが明らかになっていたことから（田川・伊藤 1996 伊藤ら 1998 佐藤ら 1996）、トラフグが日本海、東シナ海および瀬戸内海との間で交流し、資源として一系群であると判断されている。しかし、詳細な資源構造、回遊および遺伝的集団構造は不明である。

2. 生態

(1) 分布・回遊

本系群のトラフグは秋田県以南の日本海、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）。日本海沿岸および九州北～西岸において発生したトラフグは、日本海、東シナ海および黄海へ移動する。瀬戸内海沿岸において発生したトラフグは、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放流の結果から、トラフグが産卵回帰する可能性が推測されている（佐藤ら 1999 松村 2006）。

(2) 年齢・成長

東シナ海、黄海および瀬戸内海におけるトラフグは同様な成長を示す。東シナ海および黄海において、全長は 1 歳で 29cm、2 歳で 38cm、3 歳で 45cm、4 歳で 50cm、5 歳で 54cm に達する（尾串 1987）

(図2)。瀬戸内海において、全長は1歳で26cm、2歳で37cm、3歳で44cm、4歳で48cm、5歳で52cmに達する(中村 2007) (図2)。体重は1歳で412g、2歳で1,129g、3歳で1,968g、4歳で2,692g、5歳で3,474gに達する(瀬戸内海区水産研究所 未発表)。

(3) 成熟・産卵

雄は2歳、雌は3歳で成熟を始める(藤田 1988 中村 2007) (図3)。本系群の日本沿岸における主な産卵場は、秋田県天王町沿岸、能登島、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る(藤田 1996) (図1)。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、関門海峡、布刈瀬戸および備讃瀬戸における産卵期は4~5月とされ、若狭湾、能登島および秋田県天王町沿岸では4~6月とされる(藤田 1996 伊藤 1998)。

(4) 被補食関係

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、未成魚はイワシ類その他の幼魚およびエビ・カニ類、成魚は魚類およびエビ・カニ類を捕食する(松浦 1997)。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

産卵場周辺においては、3~6月に2歳魚以上が定置網、釣りおよび敷網によって漁獲され、成育場周辺においては、7~1月に0歳魚が定置網、小型底曳網、釣りおよび延縄によって漁獲され、沖合や水道域においては、12~3月に0歳魚以上が延縄によって漁獲される(天野・檜山 1997 伊藤・多部田 2000 柴田ら 1997)。

(2) 漁獲量の推移

農林水産省統計部による漁獲統計では、トラフグはふぐ類の一部として扱われてきたため、本系群を扱った長期間の漁獲量のデータは存在しない。加えて、2007年より瀬戸内海の関係県におけるトラフグの漁獲統計はなくなった。2002~2006年の中四国農政局および関係各府県による漁獲量(暦年集計)は2002年の498トンから2003年の370トンに減少後、400トン未満で推移し、2006年は372トンであった(表1)。本系群の長期的な漁獲量の指標として、下関唐戸魚市場(株)における取扱量と瀬戸内海西部における標本漁協の漁獲量の経年変化を用いた。下関唐戸魚市場(株)では1971年から日本海および東シナ海産を外海産、瀬戸内海、三重県、愛知県および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。外海産の取扱量は1980年代までは400~900トンで推移していたが、1990年代になると急激に減少し、1998~2006年は1989年以前の約10%の100トン前後で推移し、2007年は120トンであった(図4)。瀬戸内海西部における広島県、愛媛県および大分県の標本漁協の漁獲量は、1984~1987年は500~700トンで推移していたが、1988年以降急激に減少し、1997~2006年は1987年以前の約7%の40トン前後で推移し、2007年は30トンであった(図5)。

また、我が国のEEZ内における韓国漁船によるトラフグの漁獲量は2005年より把握されており、2005年は0.3トン、2006年は41.2トン、2007年は0トンであった。

(3) 漁獲努力量

九州沿岸~日本海西部において、9~3月に延縄(浮延縄、底延縄)により0歳魚以上が漁獲される。漁

漁獲力量として、九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画で得られた2005~2006年漁期の総針数を代表させたところ、2005年と比較して2006年の漁獲努力量は、浮延縄は増加し、底延縄は減少した（表2，図7）。瀬戸内海において、沖合や水道域で9~3月に延縄により0~1歳魚が漁獲され、産卵場周辺で4~5月に定置網により2歳魚以上が漁獲される。漁獲努力量として、延縄について愛媛県における長浜町漁協の出漁隻数、定置網について広島県における走島漁協の統数を代表させたところ、延縄の漁獲努力量は、1995~2002年まで減少傾向で2003年に急増し、その後減少傾向であり、定置網の漁獲努力量は、1982~1989年まで増加傾向で1990年以降減少傾向であった（表2，図8）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1995~2006年の資源量は、日本海および東シナ海と瀬戸内海（太平洋南を含む）における年齢別漁獲尾数を合算し（表3，4，図6）、コホート解析（Popeの近似式）により推定した（平松2001）。自然死亡係数（M）は最高年齢を10歳として田内・田中の方法により求めた0.25を用いた（中村2007，田中1960）。

2007年の資源量は、2007年も各年齢の漁獲係数（F）が2006年と等しいと仮定し、2006年を起点にコホート解析の前進法により推定した。なお、コホート解析には最近年のFの信頼性が低い問題があるため、上記の方法による2007年の資源量推定に高い信頼性があるとは言えない。資源量推定の詳細は補足資料2、付表1，2に示す。

(2) 資源量指標値の推移

九州・山口北西海域において、CPUE（g/針数）は、2006年は2005年と比較して、浮延縄は増加し、底延縄は減少した（図9）。瀬戸内海において、愛媛県における長浜町漁協を延縄の代表とし、広島県における走島漁協を定置網の代表とした。瀬戸内海における延縄のCPUE（kg/隻数）は1995年以降、変動を繰り返しながら横ばいで推移し、定置網のCPUE（kg/統数）は1982~1986年に急増し、1987~1992年に激減し、その後横ばいで推移した（図10）。

(3) 漁獲物の年齢組成

1995~2006年の漁獲物の年齢組成は、0歳および1歳が大部分を占めた（表5，図11）。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源量は1995年の1,720トンから1997年の887トンに半減し、その後は平均887トン（823~1006トン）で推移しており、2007年は756トンであった（表7，8，図12）。1995~2006年において、漁獲割合は約46%（40~56%）で推移し（図12）、全ての年齢においてFが高かった（表6）。1995~2006年において、親魚量は1995年の506トンから1998年の261トンに半減し、その後260トン前後で推移し、加入量は1995年の309トンから変動を繰り返しながら減少傾向であり、2006年は83トンで最低で、2007年は237トンであった（表7）。下記の（7）に示す添加効率（放流後、加入までの生残率）に基づいて、0歳魚の天然魚と人工種苗を分離し、1995~2006年における再生産関係を検討したところ、1995~1998年は明瞭な関係が推測されたが、1999年以降、親魚量が260トン前後で推移してから変動が大きく（図13）、明瞭な関係は認められなかった。1995~2005年におけるRPS（尾/kg）は、約3.3で推移したが、2006年は0.6で、際立って低い値で、2007年は

2.3 であった (表 8, 図 18)。感度分析として M を ± 0.1 変化させた場合の資源量の推移を図 14 に示す。

(5) 資源の水準・動向

漁獲量の経年変化から本系群の資源水準は極めて低位であり、資源量の推移から資源動向は横ばいであると考えられる。

(6) 資源と漁獲の関係

1995~2006 年における全年齢における F の平均値は、緩やかな減少傾向にあった (図 15)。1995~2006 年における資源量と全年齢における F の平均値の推移を図 16 に示す。2007 年における F と YPR および $\%SPR$ の関係から、現状の F が資源管理基準である $F_{30\%SPR}$ および F_{max} を上回っていることが示された (図 17)。資源水準が極めて低位であることや 2006 年の RPS が際立って低いことを考慮すると、資源水準の回復のため F を低下させるべきである。

(7) 種苗放流効果

本系群の対象海域では、1993 年以降、平均で 163 万尾 (141~227 万尾) の人工種苗が毎年放流されている (表 8)。下関唐戸魚市場 (株) では、鰭の変形や欠損などの形態的特徴に基づいて天然魚と放流魚とで区別して取り扱っており、外海産については、取扱い対象である 1 歳魚以上の放流魚の重量割合を算出することができる。毎年の添加効率が一定かつ 0 歳魚時の混入率が年齢を重ねても一定と仮定し、本系群の漁獲量に占める放流魚の重量割合を推定し、下関唐戸魚市場 (株) における外海産取扱量に占める放流魚の重量割合の実数値との残差平方和が最小となる添加効率を検討したところ、0.12 と算定された (表 9, 図 19, 付表 3)。よって、毎年 0 歳時に約 20 万尾が資源へ加入していると推定される (表 8)。また、2007 年以降、現状の F が継続すると仮定すると、資源量は減少すると予測されたが、2009 年以降、人工種苗の放流を止めると仮定すると資源量がより減少すると予測されることから、人工種苗によって資源量が底上げされていると考えられる (図 20)。

5. 2009 年 ABC の算定

(1) 資源評価のまとめ

本系群の資源水準は極めて低位で、資源動向は横ばいと考えられる。資源回復のため、漁獲努力量および漁獲量を削減する必要がある。

(2) ABC の算定

本系群の資源水準は極めて低位であり、近年、再生産関係の変動が大きいことに加えて、高水準期での再生産関係が把握できなかったため、 B_{limit} は推定できなかった。2007 年以降の将来予測は、2007 年以降は 2006 年と同様な F で漁獲される、2007 年以降も毎年 160 万尾の放流があり、添加効率は 0.12、2008 年以降の RPS は 2002~2006 年の平均 2.3 (尾/kg) と仮定し、2013 年まで予測した (補足資料 2)。ABC 算定のための基本規則の 1-3) - (3) を適用して、2009 年以降の資源管理基準を $F_{30\%SPR}$ とした。 β_2 は不確実性を考慮して 0.8 とし、 α は標準値 0.8 とした。

	2009年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC _{limit}	172トン	0.8 $F_{30\%SPR}$	0.27	23%
ABC _{target}	142トン	0.8・0.8 $F_{30\%SPR}$	0.22	19%

漁獲シナリオ	管理基準	漁獲量(トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
資源量の回復	0.8F30%SPR (F =0.27)	318	325	172	225	301	411	541
現状の漁獲の継続	Fcurrent (F = 0.61)	318	325	333	311	305	306	299
		資源量(トン)						
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
資源量の回復	0.8F30%SPR (F =0.27)	756	751	753	1,008	1,358	1,834	2,422
現状の漁獲の継続	Fcurrent (F = 0.61)	756	751	753	718	705	701	687

(3) ABC の再評価

評価対象年 (当初・再評価)	系群名	管理基準	資源量 (トン)	ABClimit (トン)	ABCtarget (トン)	漁獲量 (トン)
2007年(当初)	日本海・東シナ海系群 瀬戸内海系群	0.7Fcurrent	410	72	59	
		0.8F30%SPR	425	92	75	
2007年(2007年再評価)	日本海・東シナ海・瀬戸内海系群	0.8F30%SPR	683	137	113	
2007年(2008年再評価)	日本海・東シナ海・瀬戸内海系群	0.8F30%SPR	756	164	135	
2008年(当初)	日本海・東シナ海・瀬戸内海系群	0.8F30%SPR	640	136	111	
2008年(2008年再評価)	日本海・東シナ海・瀬戸内海系群	0.8F30%SPR	751	168	138	

日本海・東シナ海系群はM = 0.36、瀬戸内海系群はM = 0.25を用いた。

(2008年再評価)は(当初)の将来予測に2007年の放流尾数の確定値を用い、切り捨てていた4歳魚以上を考慮した。

6. ABC 以外の管理方策の提言

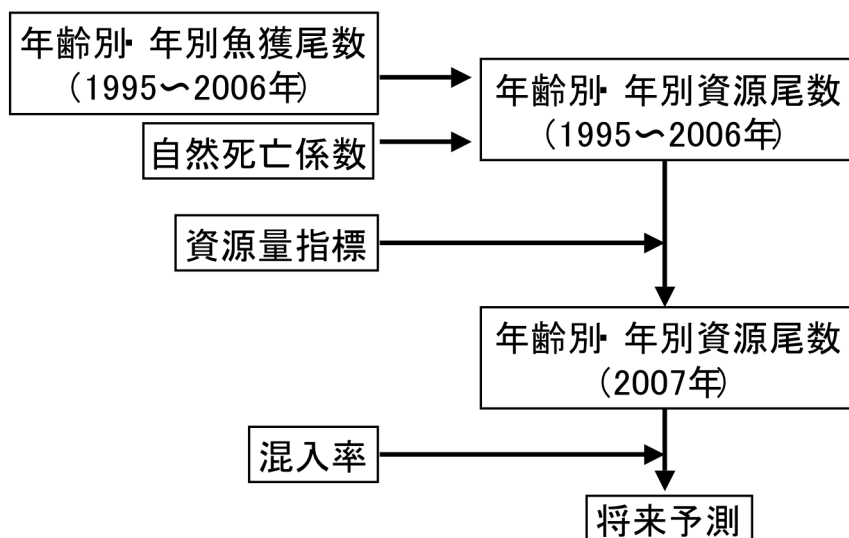
種苗放流は資源量の底上げに貢献し、資源量の維持および回復に重要な役割を果たしていると考えられる。トラフグの種苗放流量が増加したのは比較的新しいことから、今後の知見の蓄積により、資源添加効率や放流効果の更なる向上も期待できる。なお、放流量が増加し、資源に占める放流魚の割合が高くなることにともない、天然に与える遺伝的な影響など生態に関する基礎的な知見の収集に努めるとともに、多様性に配慮した種苗放流の基準づくりを行うことが重要である。また、一つの資源を広域で利用していること、全ての年齢が漁獲対象であること、および漁獲方法も多様であることから、広域の連携によって資源の管理を行う必要があると考えられる。

7. 引用文献

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

- 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.
- 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.
- 尾串好隆. (1987) 黄海・東シナ海産トラフグの年齢と成長. 山口外海水試研究報告;22:30-36.
- 中村圭佑. (2007) 資源減少時における瀬戸内海産トラフグ*Takifugu rubripes*の年齢と成長に関する研究. 広島大学大学院生物圏科学研究科修士論文.
- 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.
- 伊藤正木. (1998) 標識放流結果から推定した秋田沖漁場のトラフグ成魚の移動・回遊. 日水誌; 64:645-649.
- 松浦修平. (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.
- 天野千絵, 檜山節久. (1997) 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

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 資源計算方法

【1995~2006 年】

(1) 日本海および東シナ海における年齢別漁獲尾数の推定

1977~1983年において、東シナ海および黄海で漁獲されたトラフグ542個体の全長と年齢のセットデータ（尾串 1987）、2003年12月~2004年3月において、（独）水産総合センター開発調査部が東シナ海および玄界灘で採集した標本650個体、および福岡県水産海洋技術センターが鐘崎漁協より入手した東シナ海および玄界灘で漁獲されたトラフグ92個体の全長-年齢セットデータを用いてAge-Length Keyを作成した。年齢査定解析は、テトラサイクリンおよびアリザリン・コンプレクソンによって耳石標識され、再捕された放流魚の情報（ $n=49$ ）を参考に脊椎骨第17椎体に形成される年輪に基づいて実施した。1995~1998年においては、山口県水産研究センターが下関唐戸魚市場（株）において調査した入り数別全長組成とAge-Length Keyを用いて下関唐戸魚市場（株）における入り数別年齢組成を求めた。1995~2003年においては、下関唐戸魚市場（株）におけるトラフグの月別入り数別取扱箱数と月別入り数別年齢組成を用いて、2003~2006 年は山口県水産研究センターが実施した下関唐戸魚市場（株）における全長組成測定結果とAge-Length Keyを用いて、それぞれの年齢別漁獲尾数を求めた。さらに、長崎県総合水産試験場が有明海における0歳魚を取扱う主要市場において調査した、2001~2002年の全長組成と1999~2002年の月別取扱量をを用いて1999~2002年の年齢別漁獲尾数を求めた。下関唐戸魚市場（株）および有明海における0歳魚を取扱う主要市場の年級群別年齢別漁獲尾数を合わせて日本海および東シナ海における1995~2006年の年齢別漁獲尾数とした。資源計算に使用した漁獲量は下関唐戸魚市場（株）および有明海における0歳魚を取扱う主要市場の年級別取扱量を用いた。計算に用いた年別の年齢別体重は成長式（尾串 1987）と全長-体重関係式（尾串1980）に従い、漁獲の中心月となる1月時（0.7~5.7歳）の雌雄の平均体重を用いた。

(2) 瀬戸内海における年齢別漁獲尾数の推定

瀬戸内海西部の各県（愛媛県、広島県、大分県および山口県）において、灘別漁法別に対応した標本漁協における月別全長組成の相対度数分布を混合正規分布群に分解し（五利江 2002）、各年齢の混合比を求めた後、全長-体重関係および灘別漁法別の漁獲量を用いて県別に引き延ばし、合算することで1995~2006年の瀬戸内海西部における年齢別漁獲尾数を推定した。2002~2006年においては、瀬戸内海東部（香川県、岡山県、徳島県および和歌山県）および宮崎県の漁獲量を含めた瀬戸内海全体の漁獲量が把握されているため、瀬戸内海西部の漁獲量と瀬戸内海全体の漁獲量との比を用いて瀬戸内海西部の年齢別漁獲尾数を瀬戸内海全体に引き延ばすことで、瀬戸内海における年齢別漁獲尾数を推定した。1995~2001年は2002~2004年の引き延ばし係数の平均値を用いた。

(3) コホート解析

解析年を暦年、4月を誕生月、 $M=0.25$ として、Popeの近似式により資源尾数を推定した。

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

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

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。4歳魚以上をプラスグループとして3歳魚と4歳魚以上の F が等しいと仮定し、3歳魚と4歳魚以上の資源尾数は以下の式で計算した。

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

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

最近年の資源尾数は

$$N_{a,2006} = \frac{C_{a,2006}}{1 - e^{-F_{a,2006}}} e^{\frac{M}{2}}$$

で計算した。

0~3歳のターミナル F は各年齢の過去3年間の平均とした。4歳+のターミナル F は3歳のターミナル F と等しくなるように探索的に求めた。

【2007年】

2007年も各年齢の F が2006年と等しく、 $M=0.25$ と仮定し、2006年を起点にコホート解析の前進法を行い、1歳魚以上の資源量を推定した。

$$N_{a,2007} = N_{a-1,2006} e^{-M} - C_{a-1,2006} e^{-\frac{M}{2}} \quad (a = 0 \sim 4+)$$

年齢別平均体重は、2004~2006年の平均値を用いた。

年齢	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳+
平均体重 (g)	165	651	1,280	1,978	2,842

【SPR、YPRの解析】

SPRおよびYPRを以下の式で求めた。

$$SPR = \sum_{a=1}^4 f r_a S_a W_a$$

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

$$YPR = \sum_{a=0}^4 \frac{F_a}{F_a + M} (1 - e^{(-F_a - M)}) S_a W_a$$

fr_a 、 W_a は a 歳の雌の成熟率および漁獲物の平均体重
年齢別平均体重は、2004~2006年の平均値を用いた。

【将来予測】

各年齢の資源尾数は以下の式で求めた。

$$N_{0,y} = \sum_{a=3}^{4+} N_{a,y} fr_a W_a \times RPS + NJ_y \times EA_y$$

$$N_{a,y} = N_{a-1,y-1} e^{-M} - C_{a-1,y-1} e^{-\frac{M}{2}} \quad (a = 1 \sim 4+)$$

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

NJ_y は y 年の放流尾数、 EA_y は y 年の添加効率

各年齢の漁獲尾数は以下の式で求めた。

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

年齢別平均体重は、2004~2006年の平均値を用いた。

【引用文献】

尾串好隆(1980) トラフグの成長について. 第28回西水研ブロック底魚会議議事録, 8-9.

五利江重昭(2002) MS-Excelを用いた混合正規分布のパラメータ推定. 水産増殖, 50:243-249.

表1. 県別漁獲量（単位：トン）

年	秋田県	石川県	福井県	京都府	鳥取県	島根県	山口県 日本海	福岡県	佐賀県	長崎県	熊本県	鹿児島県	宮崎県	大分県	山口県 瀬戸内海	広島県	岡山県	兵庫県 瀬戸内海	和歌山県	徳島県	香川県	愛媛県	合計
1983																108							108
1984																150							150
1985																155							155
1986																270							270
1987																287							287
1988																250							250
1989																222							222
1990																164							164
1991										9						133							142
1992	13									18						63							94
1993	21									29						68							118
1994	10									23						86							119
1995	4									28				(64)	74	70						(229)	(469)
1996	4									20				(45)	63	55						(186)	(373)
1997	2	9			3	0	2	69		14		3	0		(17)	44	43					(88)	(295)
1998	2	4	5	3	0	2	38	42	11		7	0		(19)	40	43						(100)	(316)
1999	4	3	5	3	0	1	37	27	12		10	0		(27)	36	41						(73)	(279)
2000	7	6	10	2	5	4	39	42	10		3	2		(33)	48	43						(90)	(343)
2001	6	4	8	3	5	1	43	35	9	12	3	2		(43)	57	47						(103)	(382)
2002	3	7	7	7	5	2	47	47	8	12	4	3	7	39	47	32	21	(19)	4	25	14	139	498
2003	6	5	5	3	0	2	22	48	12	14	5	1	7	42	48	23	20	(7)	2	15	11	74	370
2004	5	7	5	3	4	1	27	47	10	18	4	0	6	20	46	38	16	(17)	1	8	14	97	394
2005	4	5	6	4	3	4	14	43	7	9	3	0	4	37	48	23	31	(13)	1	3	24	65	348
2006	4	8	4	3	2	4	21	41	10	12	6	0	8	52	39	23	19	(11)	1	4	27	72	372
2007	6	7	5	2	3	1	27	52	11	15	10	1	10										149

1) 広島県および山口県は農林水産統計に基づき、大分県、岡山県、和歌山県、徳島県、香川県および愛媛県は中四国農政局の内部資料に基づき、その他は各府県の調査に基づく。
2) 愛媛県および大分県の1995-2001年は、標本漁協からの推定漁獲量と確定漁獲量から得られる拡大係数のうち2002年および2003年の平均値を用いて推定した。
3) 兵庫県はふぐ類に占めるトラフグの割合を岡山県および徳島県の平均値で代用し推定した。
4) 2001年以前の合計は、確定、推定も含めた得られた漁獲量の合計。

表2. 漁獲努力量、CPUEの経年変化

年	九州・山口北西海域				長浜町漁協		走島漁協	
	浮延縄		底延縄		延縄		定置網	
	努力量	CPUE	努力量	CPUE	努力量	CPUE	努力量	CPUE
	(針数)	(kg / 針数)	(針数)	(kg / 針数)	(隻数)	(kg / 隻数)	(統数)	(kg / 統数)
1982							3,295	3.54
1983							3,825	10.10
1984							4,022	12.24
1985							4,925	11.67
1986							4,566	32.15
1987							4,655	20.01
1988							5,516	12.49
1989							6,307	16.80
1990							3,990	8.86
1991							2,069	7.02
1992							3,812	4.85
1993								
1994							3,492	6.85
1995					797	4.28	3,430	4.12
1996					746	4.03	2,906	3.95
1997					468	3.41	3,220	2.59
1998					559	4.04		
1999					327	4.59	2,326	1.44
2000					459	4.38	3,726	0.77
2001					458	4.71	1,912	2.45
2002					408	6.07	1,762	2.76
2003					942	4.71	1,773	2.56
2004					784	3.82	1,017	5.23
2005	8,329,398	0.00529	9,108,213	0.00477	763	4.39	1,936	1.98
2006	9,856,052	0.00548	8,207,315	0.00427	603	5.67	3,067	1.30
2007					451	4.56	1,251	1.23

1) 九州・山口北西海域における情報は、九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画で得られた漁業成績報告書に基づき、9～3月の漁期に得られた情報である。
2) 長浜町漁協における情報は、愛媛県による聞き取り調査の報告に基づき、9～3月の漁期に得られた情報である。
3) 走島漁協における情報は、瀬戸内海区水産研究所による聞き取り調査に基づき、4～6月の漁期に得られた情報である。

表3. 年齢別漁獲尾数の経年変化（単位：尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳+	合計
1995	721,334	650,483	124,575	70,820	42,249	1,609,461
1996	654,276	481,184	110,749	61,149	37,175	1,344,532
1997	495,554	216,074	65,346	47,805	24,060	848,838
1998	360,221	255,549	54,249	36,755	20,792	727,567
1999	402,901	209,313	55,398	30,411	15,794	713,816
2000	489,588	291,055	46,701	39,281	20,533	887,157
2001	491,809	323,463	78,105	30,174	15,379	938,930
2002	403,786	343,435	56,191	36,042	14,977	854,431
2003	232,167	253,536	66,897	31,105	16,825	600,529
2004	382,580	128,506	88,286	33,415	16,913	649,700
2005	352,680	167,159	52,401	24,659	23,104	620,003
2006	167,128	264,873	40,420	26,563	21,961	520,945

表4. 年齢別漁獲量の経年変化（単位：トン）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳+	合計
1995	125	340	163	147	125	900
1996	113	233	144	125	112	727
1997	69	101	82	101	70	423
1998	53	123	72	77	61	385
1999	57	105	75	65	46	349
2000	74	137	57	80	61	410
2001	75	147	104	63	46	435
2002	64	195	77	75	43	454
2003	31	139	78	62	49	358
2004	61	75	113	70	47	366
2005	54	110	68	47	64	343
2006	31	189	51	51	66	387

表5. 年齢別資源尾数の経年変化（単位：尾）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳+	合計
1995	1,787,045	1,043,035	275,458	131,387	78,381	3,315,305
1996	1,296,348	755,177	238,267	104,589	63,585	2,457,966
1997	1,186,861	432,201	163,489	87,827	44,204	1,914,582
1998	929,761	487,004	145,914	69,658	39,405	1,671,743
1999	1,188,354	406,205	153,758	65,763	34,153	1,848,232
2000	1,285,170	569,932	131,635	70,858	37,039	2,094,634
2001	1,372,030	568,831	187,008	61,304	31,245	2,220,419
2002	1,128,975	634,518	157,551	76,715	31,877	2,029,636
2003	691,067	522,907	191,083	73,113	39,548	1,517,716
2004	843,128	333,317	183,496	89,779	45,442	1,495,162
2005	1,125,237	319,003	146,182	64,994	60,895	1,716,312
2006	449,741	565,097	100,923	67,603	55,892	1,239,255
2007	747,370	202,769	206,348	42,929	53,355	1,252,770

表6. 年齢別Fの経年変化

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳+
1995	0.611	1.226	0.718	0.944	0.944
1996	0.848	1.280	0.748	1.086	1.086
1997	0.641	0.836	0.603	0.959	0.959
1998	0.578	0.903	0.547	0.911	0.911
1999	0.485	0.877	0.525	0.742	0.742
2000	0.565	0.864	0.514	0.989	0.989
2001	0.521	1.034	0.641	0.816	0.816
2002	0.520	0.950	0.518	0.760	0.760
2003	0.479	0.797	0.505	0.658	0.658
2004	0.722	0.574	0.788	0.548	0.548
2005	0.439	0.901	0.521	0.562	0.562
2006	0.547	0.757	0.605	0.589	0.589
2007	0.547	0.757	0.605	0.589	0.589

表7. 年齢別資源量の経年変化（単位：トン）

年	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳+	合計
1995	309	545	360	273	233	1,720
1996	225	365	309	214	191	1,304
1997	166	202	206	185	128	887
1998	137	235	192	145	116	825
1999	169	204	208	140	100	823
2000	195	268	162	145	109	879
2001	209	259	250	129	93	939
2002	180	360	216	160	91	1,006
2003	92	286	224	146	115	862
2004	134	194	235	188	126	877
2005	173	210	189	125	168	864
2006	83	403	127	129	168	910
2007	124	132	264	85	152	756

表8. 漁獲量、資源量、親魚量、放流尾数、添加効率、0歳魚資源尾数（天然魚、放流魚）およびRPSの経年変化

年	漁獲量 (トン)	資源量 (トン)	親魚量 (トン)	放流尾数	添加効率	0歳魚資源尾数 (天然魚)	0歳魚資源尾数 (放流魚)	RPS (尾 / kg)
1995	900	1,720	506	1,420,000	0.12	1,612,826	174,219	3.2
1996	727	1,304	405	1,588,000	0.12	1,101,518	194,831	2.7
1997	423	887	313	2,075,000	0.12	932,281	254,580	3.0
1998	385	825	261	1,411,000	0.12	756,647	173,115	2.9
1999	349	823	241	1,323,000	0.12	1,026,036	162,318	4.3
2000	410	879	254	1,423,000	0.12	1,110,583	174,587	4.4
2001	435	939	222	1,520,000	0.12	1,185,542	186,488	5.3
2002	454	1,006	251	1,720,000	0.12	917,949	211,026	3.7
2003	358	862	260	1,412,000	0.12	517,830	173,237	2.0
2004	366	877	314	1,722,000	0.12	631,857	211,271	2.0
2005	343	864	293	1,717,000	0.12	914,580	210,658	3.1
2006	387	910	297	2,268,000	0.12	171,482	278,259	0.6
2007		756	237	1,600,000	0.12	551,067	196,303	2.3

1) 2007年の放流尾数は1995～2006年の平均値で推定した。

2) 添加効率は1995～2007年で一定と仮定した。

表9. 本系群における1歳以上の漁獲量、1歳以上の放流魚の漁獲量、重量割合(推定値)および
下関唐戸魚市場(株)における外海産の取扱量、放流魚の取扱量、重量割合(実数値)

年	本系群			下関唐戸魚市場(株)における外海産		
	1歳以上の 漁獲量(トン)	1歳以上の放流魚の 漁獲量(トン)	重量割合(%) (推定値)	取扱量 (トン)	放流魚の 取扱量(トン)	重量割合(%) (実数値)
1995	775			255	8	3
1996	613			196	28	14
1997	353			124	23	19
1998	332			82	21	26
1999	292	49	17	83	18	22
2000	335	55	16	90	15	16
2001	361	55	15	73	12	16
2002	390	54	14	76	10	13
2003	328	51	16	101	11	11
2004	305	55	18	65	8	12
2005	289	61	21	67	15	22
2006	357	72	20	88	21	24



図1. 分布域、産卵場

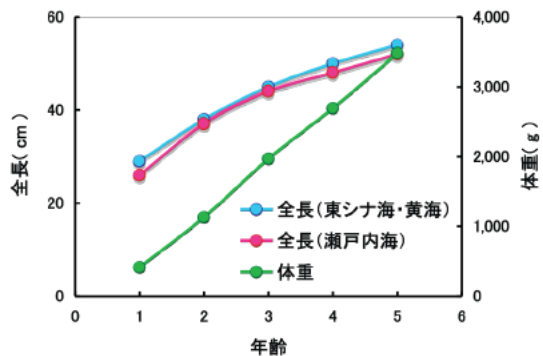


図2. 年齢と全長および体重の
関係

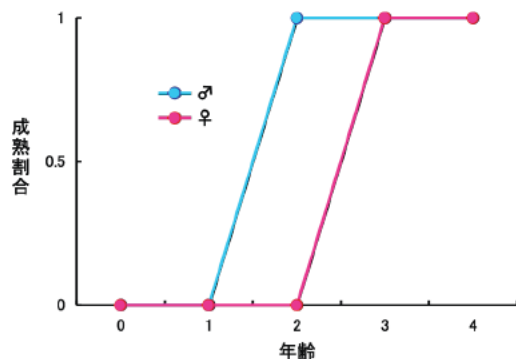


図3. 年齢と成熟

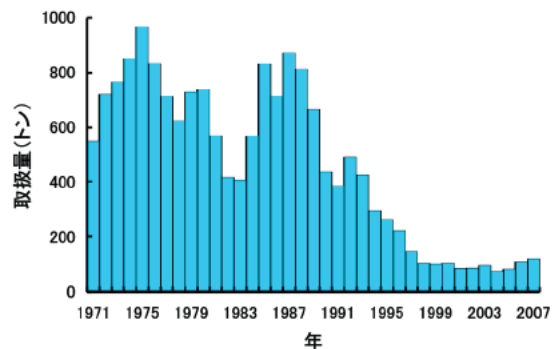


図4. 下関唐戸魚市場(株)における 外海産
トラフグの取扱量の経年変化

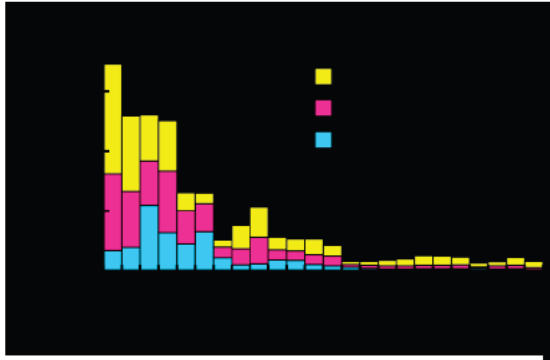


図5. 瀬戸内海西部におけるトラフグ漁獲量(標本漁協)の
経年変化

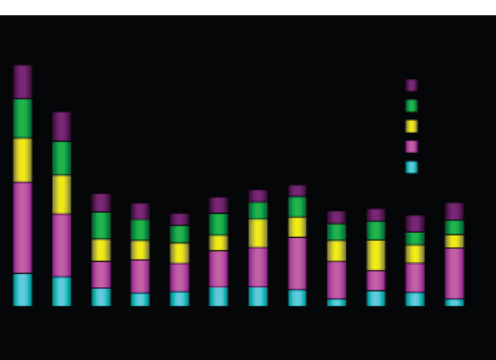


図6. 漁獲量の経年変化

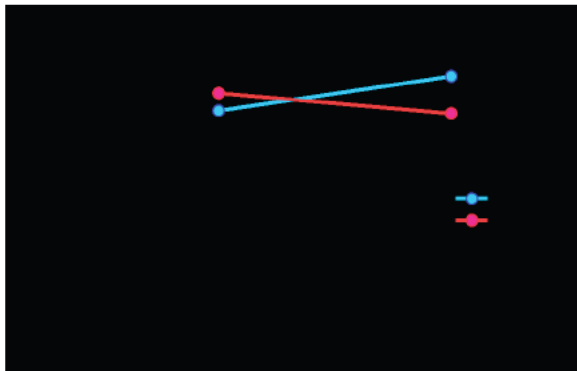


図7. 九州・山口北西海域における努力量の
経年変化

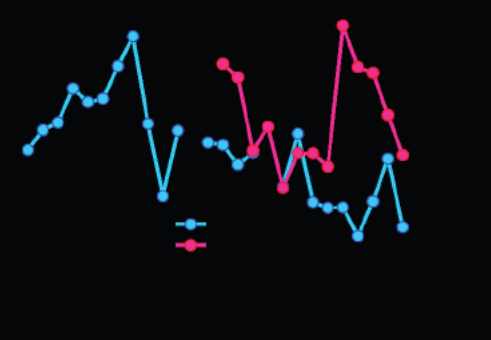


図8. 瀬戸内海における努力量の
経年変化

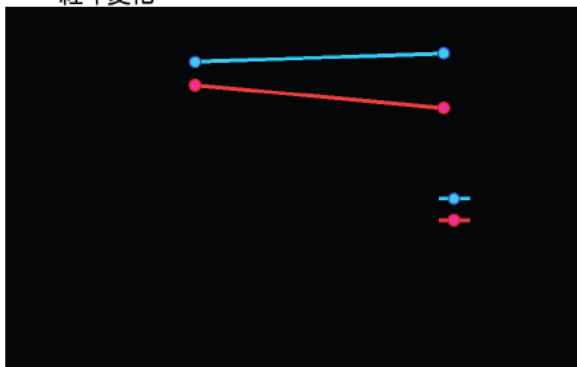


図9. 九州・山口北西海域におけるCPUEの
経年変化

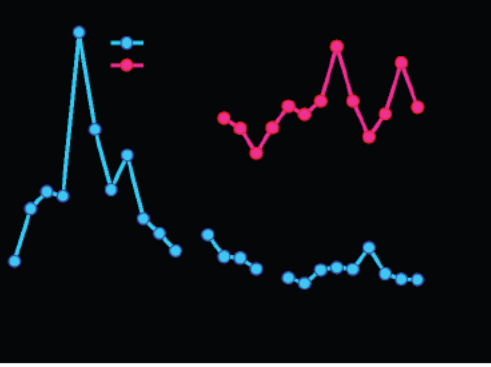


図10. 瀬戸内海におけるCPUEの経年変化

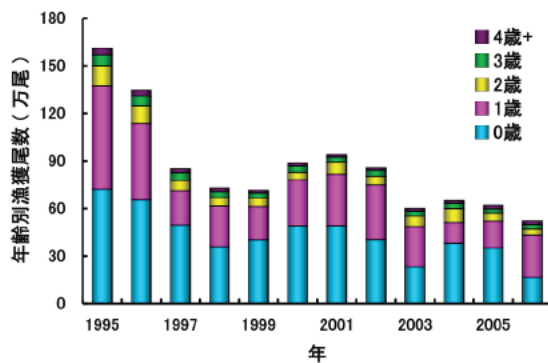


図11. 年齢別漁獲尾数の経年変化

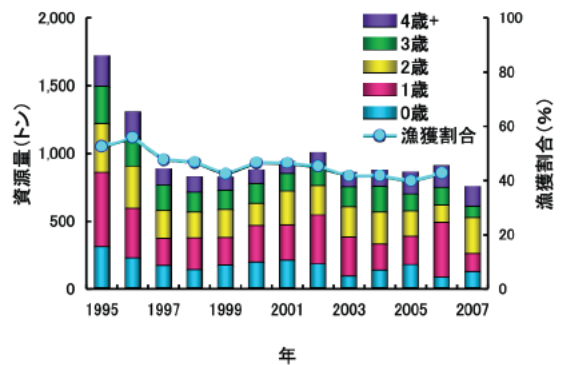


図12. 資源量と漁獲割合の経年変化

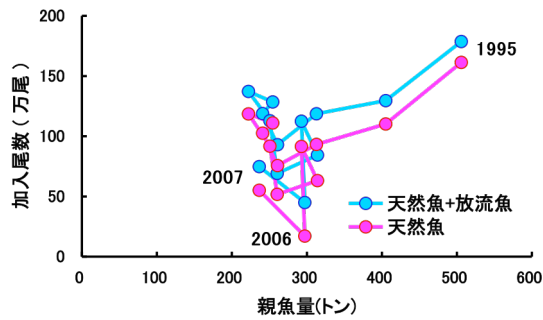


図13. 親魚量と加入尾数の関係

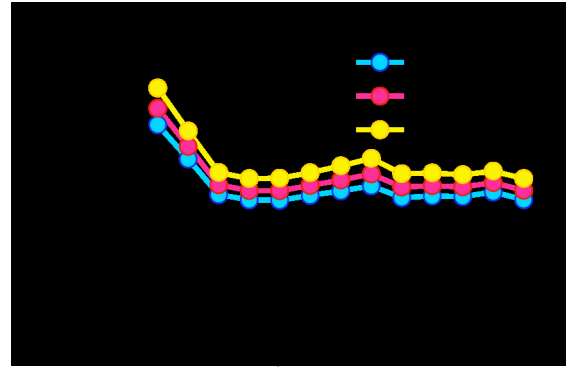


図14. Mと資源量の関係

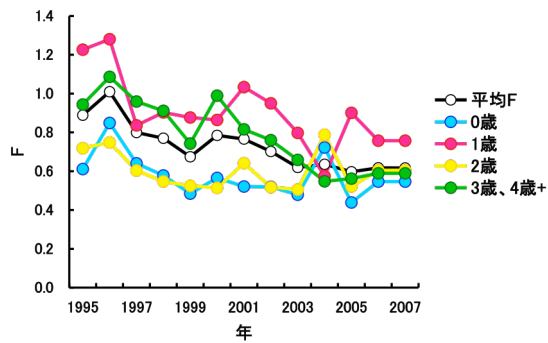


図15. Fの経年変化

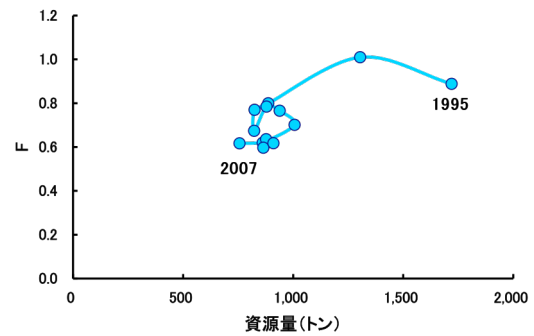


図16. 資源量とFの関係

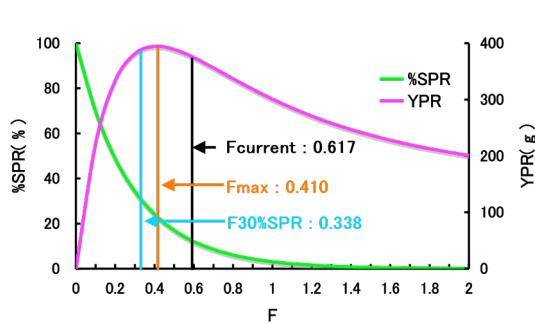


図17. Fと%SPR、YPRとの関係

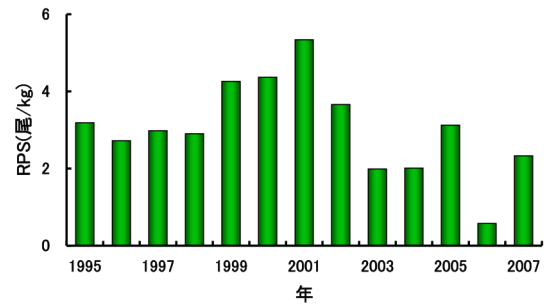


図18. RPSの経年変化

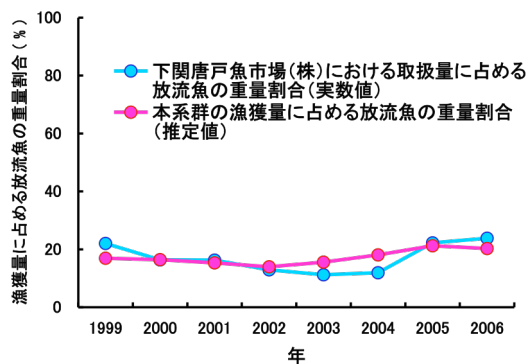


図19. 添加効率の検討

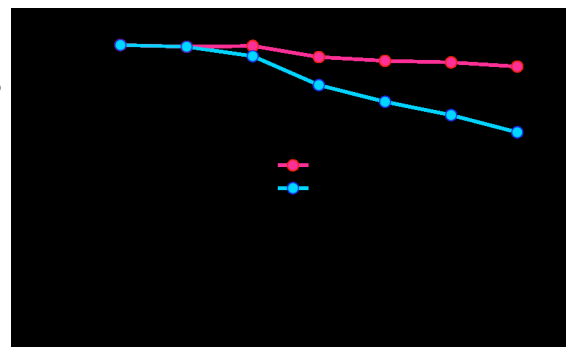


図20. 放流効果の検討

付表1. 1995～2006年におけるコホート解析の結果

M	漁獲尾数	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0.25	0歳	721,334	654,276	495,554	360,221	402,901	489,588	491,809	403,786	232,167	382,580	352,680	167,128
	1歳	650,483	481,184	216,074	255,549	209,313	291,055	323,463	343,435	253,536	128,506	167,159	264,873
	2歳	124,575	110,749	65,346	54,249	55,398	46,701	78,105	56,191	66,897	88,286	52,401	40,420
	3歳	70,820	61,149	47,805	36,755	30,411	39,281	30,174	36,042	31,105	33,415	24,659	26,563
	4歳+	42,249	37,175	24,060	20,792	15,794	20,533	15,379	14,977	16,825	16,913	23,104	21,961
	合計	1,609,461	1,344,532	848,838	727,567	713,816	887,157	938,930	854,431	600,529	649,700	620,003	520,945

F	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	0.611	0.848	0.641	0.578	0.485	0.565	0.521	0.520	0.479	0.722	0.439	0.547
1歳	1.226	1.280	0.836	0.903	0.877	0.864	1.034	0.950	0.797	0.574	0.901	0.757
2歳	0.718	0.748	0.603	0.547	0.525	0.514	0.641	0.518	0.505	0.788	0.521	0.605
3歳	0.944	1.086	0.959	0.911	0.742	0.989	0.816	0.760	0.658	0.548	0.562	0.589
4歳+	0.944	1.086	0.959	0.911	0.742	0.989	0.816	0.760	0.658	0.548	0.562	0.589
平均F	0.889	1.010	0.800	0.770	0.674	0.784	0.766	0.702	0.620	0.636	0.597	0.617

資源尾数	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	1,787,045	1,296,348	1,186,861	929,761	1,188,354	1,285,170	1,372,030	1,128,975	691,067	843,128	1,125,237	449,741
1歳	1,043,035	755,177	432,201	487,004	406,205	569,932	568,831	634,518	522,907	333,317	319,003	565,097
2歳	275,458	238,267	163,489	145,914	153,758	131,635	187,008	157,551	191,083	183,496	146,182	100,923
3歳	131,387	104,589	87,827	69,658	65,763	70,858	61,304	76,715	73,113	89,779	64,994	67,603
4歳+	78,381	63,585	44,204	39,405	34,153	37,039	31,245	31,877	39,548	45,442	60,895	55,892
合計	3,315,305	2,457,966	1,914,582	1,671,743	1,848,232	2,094,634	2,220,419	2,029,636	1,517,716	1,495,162	1,716,312	1,239,255

平均体重	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
0歳	173	173	140	147	142	152	152	159	133	159	153	184
1歳	522	484	467	482	503	470	455	567	547	582	657	713
2歳	1308	1298	1260	1319	1355	1227	1334	1371	1170	1283	1294	1262
3歳	2078	2045	2107	2082	2136	2049	2101	2085	1994	2096	1925	1914
4歳+	2970	3007	2889	2938	2942	2948	2985	2850	2899	2771	2753	3002

付表2. 2007年の資源量推定および将来予測の計算結果

		年									
			2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
M	0.25	資源尾数	0歳	449,741	747,370	876,079	711,519	687,507	736,735	712,772	684,669
RPS (尾 / kg)	2.3		1歳	565,097	202,769	336,957	394,987	320,793	309,968	332,162	321,359
放流尾数	1,600,000		2歳	100,923	206,348	74,042	123,042	144,231	117,139	113,186	121,291
添加効率	0.12		3歳	67,603	42,929	87,772	31,495	52,337	61,350	49,827	48,145
			4歳+	55,892	53,355	41,599	55,894	37,756	38,924	43,323	40,245
平均体重 (g)	2006年										
0歳	184	漁獲尾数	0歳	167,128	277,729	325,559	264,406	255,484	273,777	264,872	254,429
1歳	713		1歳	264,873	95,042	157,939	185,139	150,363	145,289	155,692	150,628
2歳	1262		2歳	40,420	82,642	29,654	49,278	57,765	46,914	45,331	48,577
3歳	1914		3歳	26,563	16,868	34,488	12,375	20,565	24,106	19,578	18,917
4歳+	3002		4歳+	21,961	20,965	16,345	21,962	14,835	15,294	17,023	15,813
平均体重 (g)	2004-2006年	F	0歳	0.547	0.547	0.547	0.547	0.547	0.547	0.547	0.547
0歳	165		1歳	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757	0.757
1歳	651		2歳	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605	0.605
2歳	1,280		3歳	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589
3歳	1,978		4歳+	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589	0.589
4歳+	2,842				1.00	1.00	1.00				
		資源量	0歳	82,826,760	123,676,663	144,975,911	117,743,962	113,770,507	121,916,777	117,951,419	113,300,813
		(g)	1歳	403,017,613	131,930,168	219,238,624	256,995,283	208,721,868	201,678,221	216,118,916	209,089,622
			2歳	127,359,127	264,035,833	94,741,844	157,439,892	184,553,748	149,887,588	144,829,396	155,199,564
			3歳	129,373,590	84,926,354	173,640,980	62,306,189	103,539,042	121,370,245	98,572,331	95,245,853
			4歳+	167,777,754	151,637,734	118,226,086	158,853,784	107,303,952	110,624,341	123,126,298	114,377,590
		資源量	0歳	82827	123677	144976	117744	113771	121917	117951	113301
		(kg)	1歳	403018	131930	219239	256995	208722	201678	216119	209090
			2歳	127359	264036	94742	157440	184554	149888	144829	155200
			3歳	129374	84926	173641	62306	103539	121370	98572	95246
			4歳+	167778	151638	118226	158854	107304	110624	123126	114378
		資源量	0歳	83	124	145	118	114	122	118	113
		(トン)	1歳	403	132	219	257	209	202	216	209
			2歳	127	264	95	157	185	150	145	155
			3歳	129	85	174	62	104	121	99	95
			4歳+	168	152	118	159	107	111	123	114
		合計		910	756	751	753	718	705	701	687
		漁獲量	0歳	31	51	60	49	47	50	49	47
		(トン)	1歳	189	68	113	132	107	104	111	107
			2歳	51	104	37	62	73	59	57	61
			3歳	51	32	66	24	39	46	37	36
			4歳+	66	63	49	66	45	46	51	47
		合計		387	318	325	333	311	305	306	299

付表3. 添加効率検討の計算結果

		年											
		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
本系群	放流尾数(尾)	1,420,000	1,588,000	2,075,000	1,411,000	1,323,000	1,423,000	1,520,000	1,720,000	1,412,000	1,722,000	1,717,000	2,268,000
	添加効率	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	0歳魚資源尾数	1,787,045	1,296,348	1,186,861	929,761	1,188,354	1,285,170	1,372,030	1,128,975	691,067	843,128	1,125,237	449,741
放流魚割合	0歳	0.10	0.15	0.21	0.18	0.13	0.13	0.13	0.18	0.25	0.25	0.18	0.61
	1歳		0.10	0.15	0.21	0.18	0.13	0.13	0.13	0.18	0.25	0.25	0.18
	2歳			0.10	0.15	0.21	0.18	0.13	0.13	0.13	0.18	0.25	0.25
	3歳				0.10	0.15	0.21	0.18	0.13	0.13	0.13	0.18	0.25
	4歳					0.10	0.15	0.21	0.18	0.13	0.13	0.13	0.18
年齢別漁獲量 (トン)	0歳	125	113	69	53	57	74	75	64	31	61	54	31
	1歳	340	233	101	123	105	137	147	195	139	75	110	189
	2歳	163	144	82	72	75	57	104	77	78	113	68	51
	3歳	147	125	101	77	65	80	63	75	62	70	47	51
	4歳+	125	112	70	61	46	61	46	43	49	47	64	66
	1歳以上の漁獲量(トン)	775	613	353	332	292	335	361	390	328	305	289	357
	1歳以上放流魚の漁獲量(トン)					49	55	55	54	51	55	61	72
	1歳以上放流魚の重量割合(%)P1					17	16	15	14	16	18	21	20
下関唐戸 魚市場(株) (外海産)	取扱量(トン)	255	196	124	82	83	90	73	76	101	65	67	88
	放流魚の取扱量(トン)	8	28	23	21	18	15	12	10	11	8	15	21
	放流魚の重量割合(%)P2	3	14	19	26	22	16	16	13	11	12	22	24
	残差平方(P1-P2)E2					25.92	0.00	0.98	1.09	18.81	38.00	0.99	12.69
	残差平方和	98.48											