

平成 18 年トラフグ日本海・東シナ海系群の資源評価

責任担当水研：西海区水産研究所（塚本洋一、檜山義明）

参画機関：瀬戸内海区水産研究所、日本海区水産研究所、石川県水産総合センター、福井県水産試験場、京都府海洋センター、兵庫県立農林水産技術総合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、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

要 約

コホート計算の結果、トラフグ日本海・東シナ海系群の資源量は 1991 年以降減少に転じ、1990 年代後半には極めて低水準となり、近年まで同水準のまま推移している。同様に 1996～2005 年は親魚量が少なく加入水準が低い状態が続いている。2004 年および 2005 年は近年に比べ 3 歳以上の漁獲量が増加しているが、2005 年の新規加入資源量が低く見積もられることから、2006 年も引き続き資源水準は低位に推移するものと考えられる。2007 年は現在の漁獲努力量を削減することにより、資源の回復に努める必要があると判断した。

	2007 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	72 トン	0.7F _{current}	0.25	18%
ABC _{target}	59 トン	0.8・0.7F _{current}	0.20	15%

漁獲割合は ABC/資源量、F 値は各年齢の単純平均である。F_{current} は 2005 年の F。

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F 値	漁獲割合
2004	447	95	0.32	21%
2005	445	117	0.36	26%
2006	410			

漁獲量は下関唐戸魚市場（株）と福岡中央市場（株）のトラフグ取扱量の合計値

水準：低位

動向：横ばい

1. まえがき

トラフグは食用フグ類の中では最も高価な魚種で、秋～春季に操業されるふぐ延縄漁業の重要対象種である。かつて我が国のトラフグ漁は東シナ海・黄海域まで広く漁場を形成していたが、各国EEZの策定などにより、現在は冬～春季の日本海西部海域が主な漁場となっている。我が国のトラフグは 1970～1980 年代には 800 トンを越える漁獲量を記録することもあったが、現在の漁獲量は 100 トン前後まで減少している。2005

年度より本資源を対象とした「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。

2. 生 態

(1) 分布・回遊

本種は東シナ海・黄海及び我が国沿岸のほぼ全域に分布する（図 1）。成魚の標識放流の結果では、標識魚は産卵期とその前後の 3～6 月には瀬戸内海を含む西日本の沿岸域で、夏～冬の索餌期には東シナ海・黄海で再捕された（内田ほか 1990、長崎県 1990、田川・伊藤 1996）。以上のことから、東シナ海・黄海のトラフグ成魚は索餌期を東シナ海・黄海で過ごし、産卵のために瀬戸内海を含む西日本の沿岸に来遊すると考えられる。産卵場に来遊した産卵群の標識放流から、トラフグが複数年同じ産卵場に産卵回遊することが推測されており（中島 1991、伊藤ほか 1998、佐藤ほか 1999）、放流種苗についても成熟後に放流場所近傍の産卵場に産卵回帰した例が報告されている。

(2) 年齢・成長

トラフグの年齢と全長の関係については、全長組成や年齢形質に基づいて推定されているが、調査海域や研究者により、その値が大きく異なる（尾串 1980、尾串 1987、小谷ほか 1987、岩政 1988）。本調査では、黄海・東シナ海産のトラフグの脊椎骨の輪紋に基づいて推定された年齢と全長の関係を用いた（尾串 1987）。黄海・東シナ海産のトラフグは 1 歳で全長 29cm（♂30cm、♀29cm）、2 歳で 38cm（♂♀38cm）、3 歳で 45 cm（♂44cm、♀46cm）、4 歳で 50 cm（♂49cm、♀51cm）に成長し、5 歳で全長 54cm（♂52cm、♀56cm）に達する（図 2）。

(3) 成熟・産卵生態

雄は 2 歳、雌は 3 歳（図 3、藤田 1988、松浦 1997）で成熟を始める。本系群の日本国内における主要産卵場は、長島海峡、有明海、福岡湾、関門海峡、瀬戸内海及び若狭湾にあり、一部は七尾湾へも来遊すると推測される。産卵は 3～6 月に水深 10～50m 程度の潮流が速く、粗い砂や小石が卓越する海底で行われる。幼魚期までは産卵場近くの内湾などで生育し、成長に伴って徐々に分散して他の海域へ移動していくものと考えられる（浦田 1965、内田ほか 1990、田北・Sumonta 1991、高場・加藤 1994、佐藤ほか 1996 等）。

(4) 被捕食関係

仔魚後期までは動物プランクトン、稚魚は底生性の小型甲殻類、未成魚以降はエビ・カニ、魚類等を中心に捕食する（松浦 1997）。卵巣、肝臓は強毒、腸は弱毒を有し、筋肉、皮膚及び精巣は無毒である（藤田 1988）。

3. 漁業の状況

(1) 主要漁業の概要

本種を主対象として漁獲するふぐ延縄の操業は、1965 年以前には日本の沿岸域に限られていたが、1965 年の日韓漁業協定以後東シナ海・黄海へと漁場が拡大した。1977 年以降は、北朝鮮の 200 カイリ宣言によって北緯 38 度以北の海域に出漁ができなくなり、北緯 38 度以南の黄海、東シナ海及び対馬海峡から山陰に至る日本海が主漁場となった。さらに、1988 年以降、漁獲の減少による転業・廃業なども含め、東シナ海・黄海漁場へ出漁するふぐ延縄船は減少しており（図 4, 5）、特に、新日韓漁業協定（1999）、新日中漁業協定（2000）以降、対馬海峡東水道から山陰に至る日本海のみが主漁場となっている。

トラフグの漁獲量が多かったのは東シナ海・黄海と西日本の沿岸域であった（藤田 1988、伊藤・多部田 2000）。現在も日本海西部海域沖合のトラフグは主にふぐ延縄漁業（浮延縄及び底延縄）により、わが国沿岸域においては産卵親魚や若齢魚が定置網、底びき網、釣り及び刺網等で漁獲される。

EEZ の設定前まで、東シナ海・黄海のふぐ延縄漁場は、漁期開始の 9 月頃、まず黄海で形成されていた。中心漁場は同海域の水温の低下と共に次第に南下し、12 月、1 月頃になると徐々に九州沿岸に近づき、産卵期である 3～6 月頃には九州沿岸及び日本海沿岸へと移動し、終漁となっていた（図 1、花淵 1988）。現在は冬～春季の日本海西部海域が主な漁場となっている（天野・桧山 1997、藤田 1988、伊藤・多部田 2000）。

(2) 漁獲量の推移

漁獲統計ではトラフグはふぐ類の一部として扱われており、本種を扱った長期間にわたる漁獲データは存在しない。2001 年以降の関係各県による本資源の水揚げ量（暦年集計）は 100 トン台前半を推移していたが、2005 年は 89.7 トンと最低となった（表 1）。

西日本で漁獲されたトラフグの大半は下関唐戸魚市場（株）が取り扱っており、同市場の取扱量の変遷は、長期的なトラフグ日本海・東シナ海系群の漁獲量の推移を表していると考えられる（補足資料 1）。唐戸魚市場の取扱量（暦年集計）は、1980 年代までの取扱量は 400～900 トンの間を推移していたが、1990 年代になると急激に減少し、1998～2000 年は盛時（1975 年、約 1,000 トン）の 1/10 の 100 トン、そして 2004 年は過去最低の 73 トンに減少し、2005 年は 82 トンとなった（図 6、表 2）。

2000 年以降の我が国 EEZ 内での韓国漁船によるフグ類の水揚げは、2001 年の 263 トンをピークに減少している。特に 2004 年以降は激減し、2004 年は 51 トン、2005 年は 12.3 トン（トラフグ 0.3 トンを含む）であった（水産庁調べ）。また、韓国の漁獲量集計（韓国海洋水産部 HP ; <http://fs.fips.go.kr/main.jsp>）では 2000 年以降 2,000～4,000 トンのフグ類の漁獲があるが、2005 年に 2,226 トンのフグ類（トラフグ含む）と、前年の 3,971 トンに比べ大幅に減少した（図 7）。

(3) 漁獲努力量

我が国沿岸のトラフグ漁場では 1980 年代後半から、好景気によりトラフグの価格が高騰したことや、漁獲効率の良い筋縄（浮延縄）の導入により、小型延縄漁船が急増した。正確な数値は明らかではないが、その数は 800 隻を越えていたといわれる。また、冷凍技術の発達により、これまで漁獲対象とならなかった地域でも、需要が低くなる春以降の漁獲物の冷凍保存が可能となったことなどから、産卵のため沿岸に来遊したトラフグ親魚群への漁獲圧も高まった。1990 年代に入り漁獲が減少したこともあり、沿岸で操業する小型の延縄船の場合、その多くは漁期初めのトラフグの漁獲状況により、他の魚種をねらった操業に切り替えるというように操業状況が変化している。

東シナ海・黄海に出漁を計画するふぐ延縄漁船の 2000 年の隻数は 29 隻で、200 隻以上あった盛期の約 15%に減少した（図 4）。1996 年以前のデータしか得られていないが、山口県主要漁協の資料によれば、全海域の総努力量（針数）に対する済州島以西の海域における努力量は減少した（図 5）。また、漁業者からの情報では、新漁業協定発効以後は韓国及び中国水域では、漁具被害が激増し操業が困難な状態であり、出漁を見合わせる人が多いという。このように近年では、東シナ海・黄海漁場の利用が低下しており、我が国 EEZ 内が主漁場となっている。

4. 資源の状態

(1) 資源評価方法

1987～2006 年（3 月）の下関唐戸魚市場（株）及び福岡中央魚市場（株）の取扱量を合わせて作成した年齢別漁獲尾数をもとに、コホート計算を実施した（補足資料 2、本系群のコホート計算に使用した漁獲量は、下関唐戸魚市場（株）及び福岡中央魚市場（株）の取扱量の合計値である）。解析年は誕生月を 5 月とした年級で行った。M は過去の研究事例に従い、最高年齢を 7 歳として田内・田中の方法（田中 1960）により求めた 0.36 を用いた（桧山 1981, 内田 1991）。

(2) CPUE・資源量指数

本資源を対象とした漁場の変遷が激しいことや、近年の漁獲努力量に関する情報が整備されていないため、現時点では長期にわたっての CPUE・資源量指数の標準化は不可能であった。近年 5 年の各県水揚げ量の合計は平年比の 77～120%内に入っており比較的安定している（表 1）。平成 17 年漁期より「九州・山口北西海域トラフグ資源回復計画」に伴い九州漁業調整事務所により漁獲成績報告書がとりまとめられている。

(3) 漁獲物の年齢組成

1987 年の総漁獲尾数は 74 万尾であったが、1997 年以降は 10 万尾を下回り、2004 年は過去最低の 5 万尾まで落ち込んだが、2005 年は 75 千尾となり、2000～2004 年の平均（68 千尾）を上回った。1987～2005 年の年齢組成をみると、1 歳魚の割合が 26～72%で最も多く、次いで 2 歳魚が 17～38%、3 歳魚以上が 5～17%で、0 歳魚の割合は

比較的少なく 1～11%であった。近年の年齢別漁獲尾数割合は 2003 年が 2 歳以下の比率が高く、2004 年で逆に 3 歳以上の比率が高くなっていたが、2005 年の年齢別漁獲尾数割合は 0～5+歳魚がそれぞれ、2%、47%、30%、11%、5%、5%となり、ほぼ平年並みであった(図 8、表 3)。

(4) 資源量の推移

計算された資源量と漁獲割合および F の経年変化を図 9、図 10 及び表 3、表 4 に示した。1987 年には 2,300 トン以上であった資源量は 1991 年級以降急激に減少し、1997 年以降は 500 トンを割り込み 400～500 トンの間で推移しており、2005 年は 445 トンであった。

図 11 及び表 4 に親魚量と加入量との関係を示した。親魚量は 1987 年の 861 トンをピークに減少傾向を示し、1997 年以降は 200 トン以下となり、2001 年に 152 トンと最低値を示した。2005 年の親魚量は 166 トンとなり、2000 年以降の平均値をやや上回っている。加入量は 1987 年では 97 万尾であったが、減少傾向を示し、1997 年以降 20 万尾前後で推移した。2005 年は 12 万尾と過去最低となった。2005 年の再生産成功率(加入量÷親魚量)は 738 尾/トンで、過去最低となった(図 12)。

上記の親魚量と加入量の関係とは別に、1995 年以降については、0 歳魚の放流魚の漁獲尾数尾数を除いた天然魚のみの加入尾数と産卵親魚重量と関係と比較した(図 13、図 14、表 4)。0 歳魚の放流魚の資源尾数は、放流個体数に添加率 2%を乗じて推定した。添加率は下関唐戸魚市場(株)の放流魚混獲率(11～21%)を 2、3 歳魚のそれと仮定して行ったチューニング VPA の試算結果(添加効率 1.8%)を参考に決定した。天然魚の再生産成功率は概ね 800～1,100 尾/トンの間を推移していたが、2003 年と 2005 年は極端に低い値(それぞれ 745 尾/トン、588 尾/トン)となっている。

図 15 に M をそれぞれ 0.2、0.3、0.36、0.4 にしたときの資源量の変化を示した。M が大きいほど資源量は大きく推定された。

(5) 資源水準・動向の判断

コホート計算による 1987 年以降の資源量推定から、現在の資源水準は極めて低位と判断される。資源の動向は、2005 年の本系群の資源量は 445 トンと、2000～2004 年の平均 454 トンとほとんど差がないことから、水準は低位、動向は横ばいと判断する。

5. 資源管理の方策

(1) 資源と漁獲の関係

1980 年代以降の本資源の漁獲量の低下は、過剰な漁獲圧により引き起こされたと考えられる。1990 年代後半以降漁獲努力量はやや減少している(図 10)。しかし、環境の影響等による加入量の大きな好転などがなければ、現状の漁獲圧のままでは本資源は現状維持もしくは漸減するものと考えられる。よって漁獲圧を下げることで資源の回復を目指すことが妥当であると判断する。

(2) 種苗放流効果

トラフグについては 1980 年代後半から種苗放流が行われ、資源への添加も確認されている。放流魚の集計がある 1996～2005 年の 10 年間の下関唐戸魚市場（株）の取扱量には、放流魚が約 8～26 トン/年含まれており、その混獲率は 10～20%の間を推移している（図 17）。

6. 2007 年 ABC の設定

(1) 資源評価のまとめ

本系群の資源量は 1991

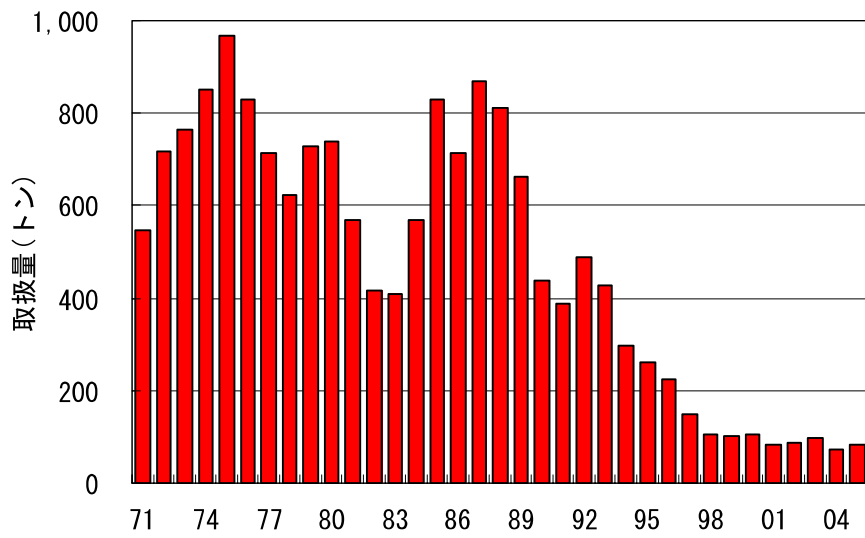


図6 下関唐戸魚市場(株)における外海産トラフグ取扱量

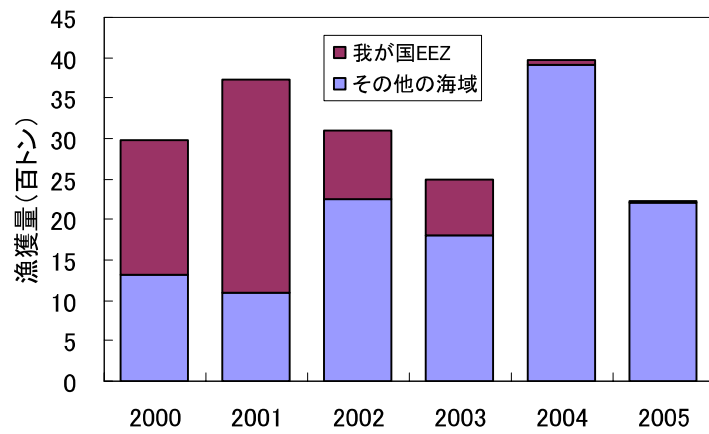


図7. 韓国によるフグ類の漁獲量

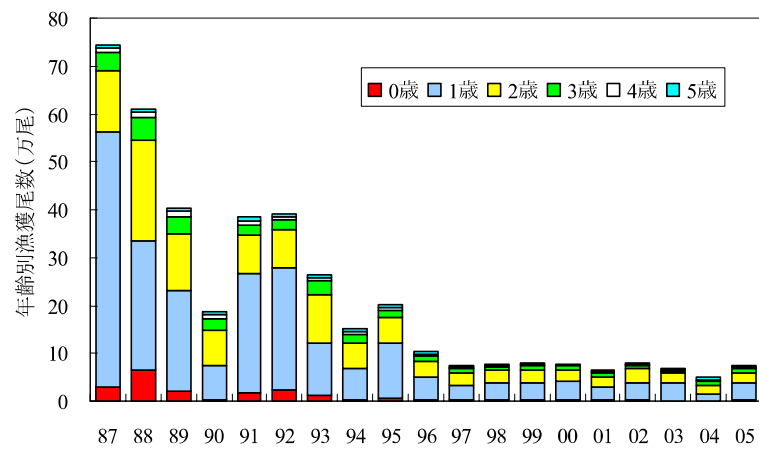


図8. 下関唐戸魚市場(株)及び福岡中央魚市場(株)における外海産トラフグの取扱量に基づいて推定された外海産トラフグの年齢別漁獲尾数

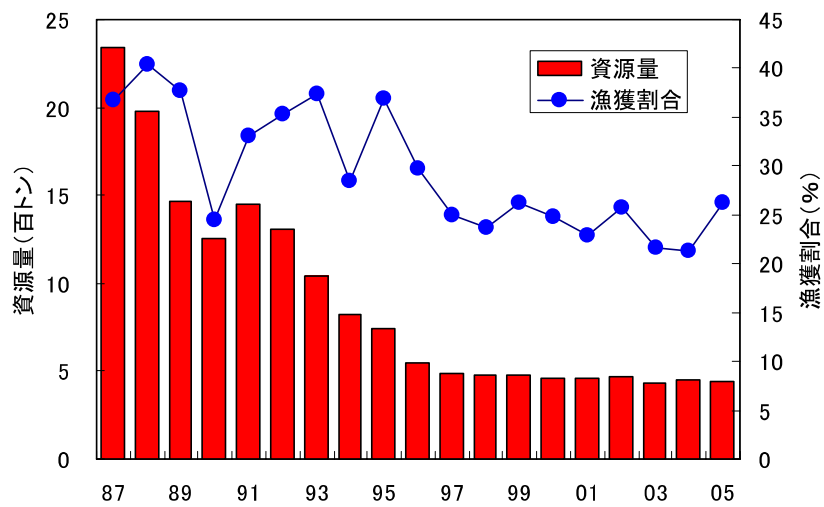


図9 トラフグの資源量(棒)と漁獲割合(折れ線)

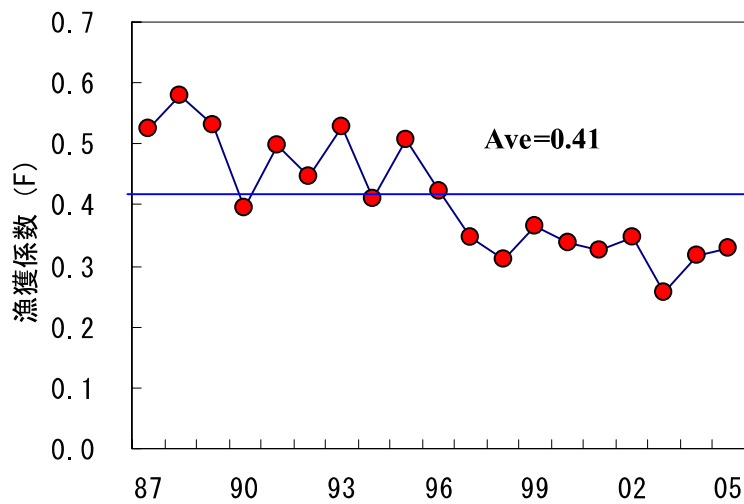


図10 トラフグの漁獲係数(F)の経年変化

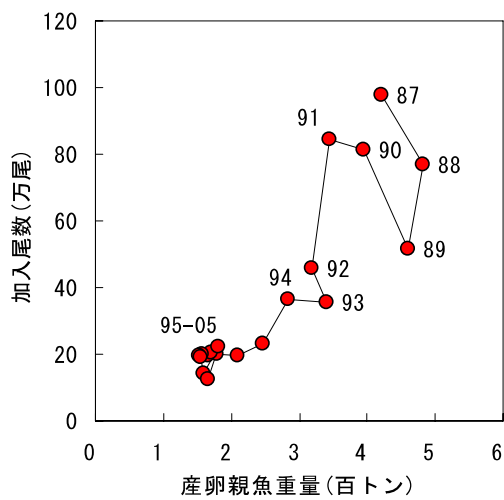


図11 トラフグの再生産関係。図中の数字は解析年級群を示す。

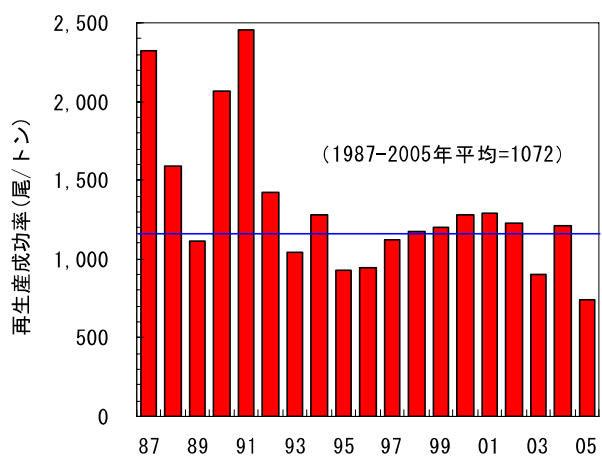


図12 トラフグの再生産成功率の経年変化。

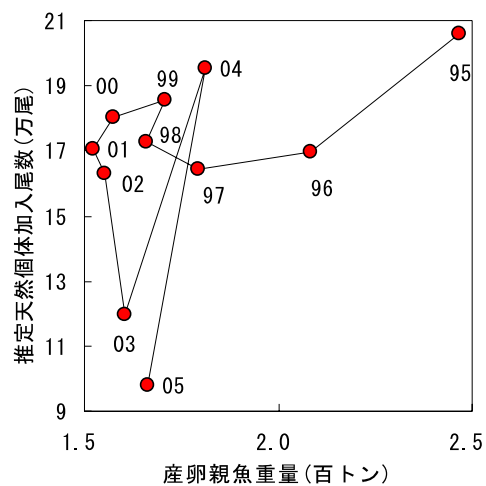


図13 1995～2005年における放流魚を考慮したトラフグの再生産関係。図中の数字は解析年級群を示す。

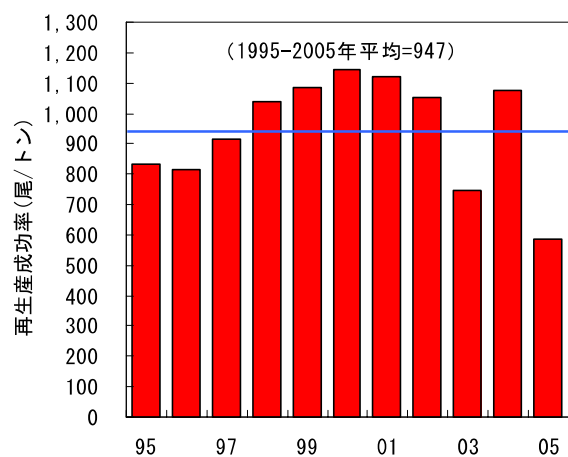


図14 1995～2005年における放流魚を考慮したトラフグの再生産成功率の経年変化。

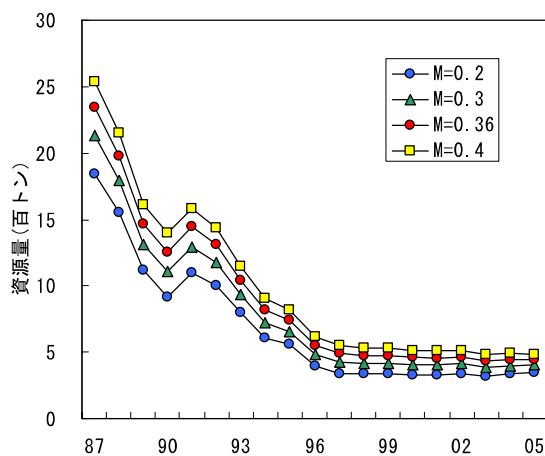


図15 自然死亡(M)の感度解析

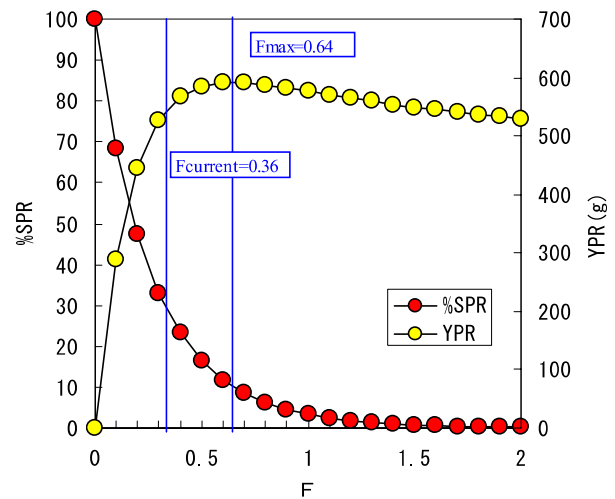


図16 トラフグの%SPR及びYPRとFの関係

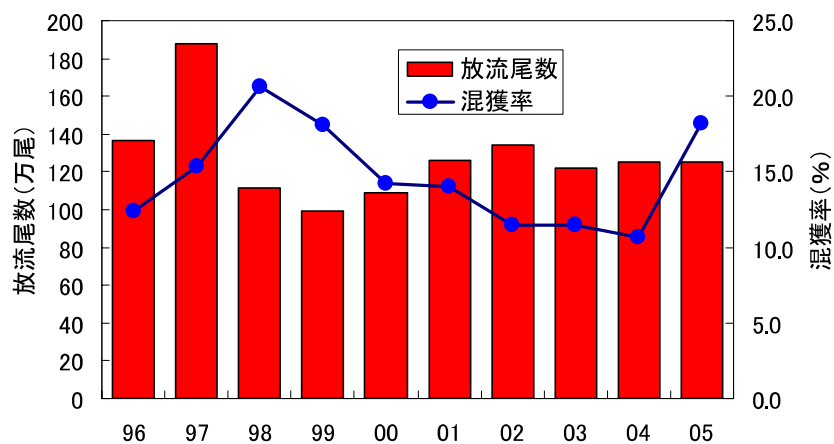


図17. トラフグ種苗放流尾数(棒)および下関唐戸市場(株)における放流魚の割合(折れ線)

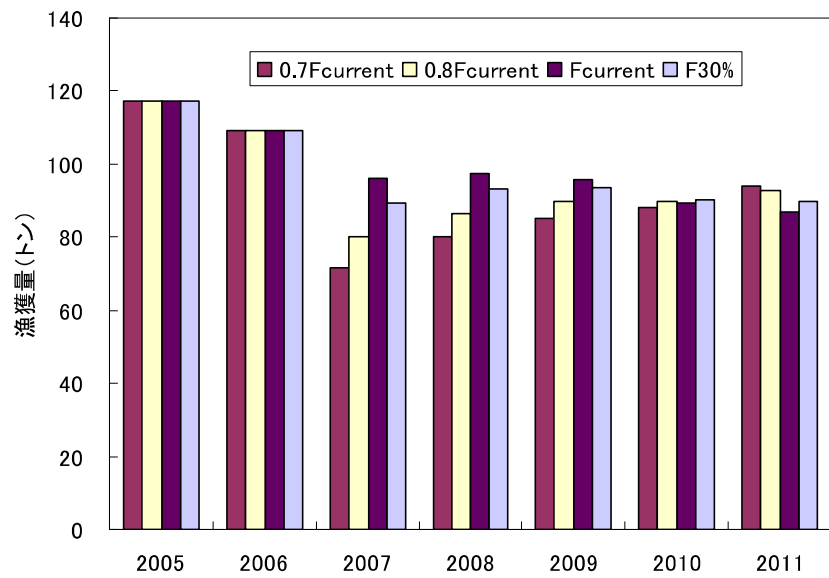


図18. Fによる漁獲量の変化

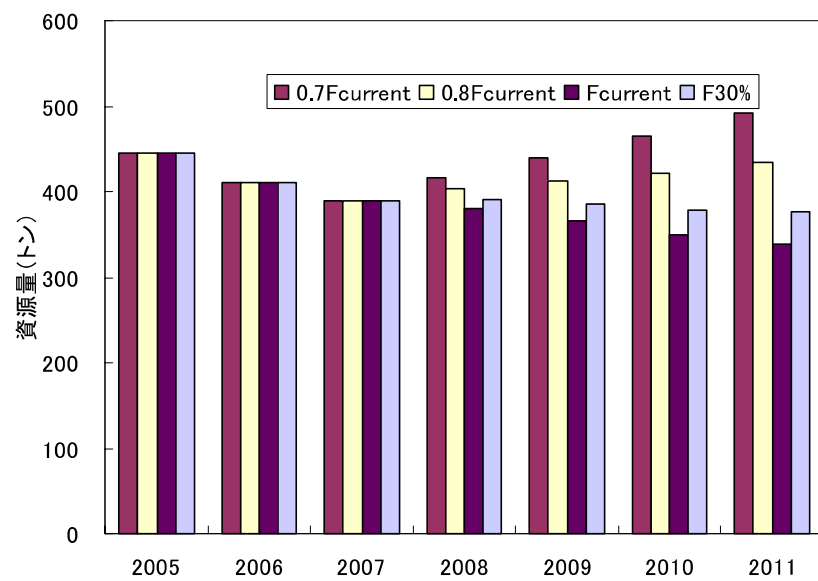


図19. Fによる資源量の変化

補足資料 1

トラフグ日本海・東シナ海系群の漁獲量

漁獲統計ではトラフグはふぐ類の一部として扱われており、本種を扱った長期間にわたる漁獲データは存在しない。現在、関係各県の協力によりトラフグ水揚げ量の漁獲データの収集をしており、2001 年以降についてはデータが整備されてきた（表 1）。今後、これらの漁獲量データを資源評価へ組み込む必要があるが、現時点では下記に述べる理由により、長期間にわたり集計が行われている下関唐戸魚市場（株）の取扱量をコホート計算の主漁獲量として扱った。

西日本各地で水揚げされたトラフグは、その多くはフグ類の主要取扱市場である下関唐戸魚市場（株）に産地市場を経由して集荷される。また、下関唐戸魚市場（株）へは、漁船が産地市場を通さずに、直接最寄りの漁港から活魚トラック輸送で、あるいは直接水揚するなどして集荷されることもある。よって同市場の取扱量の変遷は、長期的なトラフグの漁獲量の推移を表していると考えられる（図 6）。下関唐戸魚市場（株）では 1971 年から東シナ海及び日本海産のものを外海産、瀬戸内海、三重、愛知、及び静岡県産のものを内海産と呼び、区別して取扱統計を整備している。

ここでは下関唐戸魚市場（株）で外海産として扱われるトラフグの取扱量をトラフグ日本海・東シナ海系群の漁獲量とみなした。また、近年、トラフグの小型魚を中心に福岡中央魚市場（株）に出荷される量が増加していることから、1998 年以降、同市場の取扱量も加えて実施した（表 2）。

一方、韓国も日本海・東シナ海系群トラフグを漁獲していると考えられるが、我が国と同様に統計ではフグ類として取り扱われており、漁業の実態は知ることが出来ない。しかし、韓国漁船による我が国 EEZ 内でのフグ類の漁獲が激減した 2004 年、2005 年（図 7）には、我が国において本系群の産卵親魚の漁獲量が増えていることなど、韓国船による漁獲の影響を示唆する事象も存在する。韓国の漁獲に対しては、今後も可能な限り注視が必要であると考えられる。

表 1. 各県によるトラフグ水揚げ量 (単位:トン)

暦年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	平年値(1997 ～2005 年平 均)	平年比% (2005 年 ／平年値)
石川県	8.6	4.0	3.3	6.3	4.3	7.5	4.7	7.2	4.5	5.6	80
福井県		4.9	5.0	9.5	7.6	7.3	5.0	5.2	5.9	6.3	94
(産卵期:上記の4-6月分を抽出)		(4.5)	(4.4)	(6.9)	(6.0)	(5.8)	(4.0)	(4.4)	(4.9)	(5.1)	(96)
京都府	3.3	2.7	2.8	1.7	3.2	7.3	3.1	2.9	3.5	3.4	103
鳥取県	0.1	0.0	0.0	5.0	4.8	4.5	0.0	4.4	2.9	2.4	120
島根県	2.1	1.6	1.2	4.3	1.5	2.1	1.8	1.2	4.1	2.2	185
山口県日本海域	69.0	38.0	37.0	39.0	43.0	47.0	22.0	27.0	14.0	37.3	38
福岡鐘崎(南風泊出荷)		37.7	24.7	37.7	29.3	39.7	42.0	40.1	34.6	35.7	97
福岡鐘崎(福岡市場出荷)		1.7	0.9	2.2	3.6	5.3	3.8	6.0	7.1	3.8	186
福岡姫島	0.9	2.8	1.2	2.4	2.3	1.9	2.3	0.9	0.9	1.7	54
佐賀県玄海	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.00	0.0	19
長崎県外海若齢魚					8.1	7.8	11.4	7.0	3.7	7.6	49
長崎県有明海親魚					1.2	1.3	1.1	1.2	1.6	1.3	126
長崎県有明海当歳魚					3.1	2.5	1.7	10.0	3.8	4.2	90
熊本県	3.0	6.6	9.8	2.9	2.7	3.8	4.5	3.6	2.8	4.4	63
鹿児島県	0.4	0.4	0.1	1.7	2.1	2.6	1.3	0.3	0.2	1.0	17
合計	87.4	100.5	86.1	112.8	116.7	140.6	104.8	117.1	89.7	117.1	88.0

※¹ 山口県日本海域の水揚げ量は農林水産統計年報(暦年)に基づくものであり、その他は各県が調べたもの。

※² 長崎県のデータは代表5漁協の水揚げを示す。

表 2. 下関唐戸魚市場(株)及び福岡中央魚市場(株)におけるトラフグの取扱量の推移 (単位:トン)

暦年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
唐戸市場外海	548	719	765	851	967	831	712	624	728
唐戸市場内海	78	109	118	58	187	105	49	65	70
唐戸市場合計	626	828	883	909	1,154	936	761	689	798
年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
唐戸市場外海	739	569	417	408	568	830	712	871	812
唐戸市場内海	309	166	192	202	973	811	357	856	258
唐戸市場合計	1,048	735	609	610	1,541	1,641	1,069	1,727	1,070
年	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
唐戸市場外海	664	437	386	490	426	296	262	224	147
唐戸市場内海	222	180	242	358	213	162	186	107	42
唐戸市場合計	886	617	628	848	639	458	448	331	189
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
唐戸市場外海	104	102	104	85	86	98	73	82	
唐戸市場内海	61	75	162	100	227	102	32	29	
唐戸市場合計	164	177	265	185	313	200	105	111	
福岡中央魚市場		19	21	19	18	20	13	15	

補足資料 2

表3. トラフグ日本海・東シナ海系群のコホート計算

	年齢	年																		
		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
(雌) 繁殖個体	0	29.5	64.3	22.1	4.4	18.9	22.6	10.4	2.3	5.9	2.5	1.8	4.0	3.0	3.8	1.9	4.0	0.7	1.3	1.8
	1	532.3	271.4	208.1	70.3	247.4	256.2	111.9	66.9	114.1	46.6	30.3	35.8	34.7	36.4	26.3	34.0	36.6	13.1	35.5
	2	127.5	208.6	118.6	72.0	81.5	81.1	100.8	51.9	55.2	33.2	26.7	24.2	27.5	25.7	23.3	28.7	20.7	18.8	22.9
	3	38.8	47.9	37.7	25.8	20.4	19.7	28.1	18.1	15.4	12.2	9.6	7.6	9.0	7.2	7.9	8.2	5.0	8.2	8.4
	4	11.0	11.0	10.7	8.2	7.0	4.7	6.5	5.2	4.4	3.8	2.9	2.4	2.9	2.5	2.6	2.3	2.0	4.5	3.4
	5+	5.5	6.3	7.0	7.2	9.0	5.5	6.4	5.5	5.3	5.5	3.7	2.7	3.4	2.7	3.2	2.9	1.8	3.9	3.4
(雄) 繁殖個体	0	10.0	21.9	7.5	1.5	6.4	7.7	3.5	0.8	2.0	0.8	0.6	1.4	1.0	1.3	0.6	1.3	0.2	0.4	0.6
	1	482.5	246.0	188.7	63.7	224.3	232.2	101.4	60.6	103.4	42.3	27.5	32.5	31.4	33.0	23.8	30.8	33.2	11.8	32.2
	2	212.2	347.1	197.4	119.8	135.5	134.9	167.8	86.4	91.8	55.2	44.5	40.2	45.8	42.8	38.8	47.8	34.5	31.4	38.1
	3	97.2	119.9	94.4	64.7	51.0	49.2	70.4	45.2	38.6	30.6	24.1	19.1	22.4	17.9	19.7	20.5	12.4	20.6	20.9
	4	36.8	36.6	35.8	27.4	23.2	15.8	21.8	17.2	14.7	12.6	9.6	8.0	9.5	8.4	8.6	7.6	6.8	14.9	11.2
	5+	22.5	26.0	28.9	29.5	37.1	22.7	26.3	22.7	22.0	22.7	15.2	11.2	13.9	11.1	13.1	12.0	7.3	16.1	14.0
L 繁殖個体	0	0.04	0.11	0.05	0.01	0.03	0.06	0.04	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02
	1	0.77	0.68	0.72	0.28	0.74	0.76	0.59	0.41	0.77	0.44	0.31	0.37	0.37	0.37	0.26	0.36	0.41	0.17	0.32
	2	0.67	1.06	0.93	0.74	0.78	0.72	1.02	0.76	0.89	0.67	0.61	0.54	0.66	0.65	0.52	0.62	0.47	0.47	0.62
	3	0.65	0.72	0.67	0.65	0.59	0.52	0.74	0.61	0.66	0.61	0.50	0.42	0.47	0.43	0.51	0.43	0.24	0.41	0.48
	4	0.51	0.46	0.41	0.35	0.43	0.31	0.39	0.34	0.34	0.40	0.33	0.26	0.33	0.28	0.33	0.33	0.21	0.42	0.36
	5+	0.51	0.46	0.41	0.35	0.43	0.31	0.39	0.34	0.34	0.40	0.33	0.26	0.33	0.28	0.33	0.33	0.21	0.42	0.36
(雌) 繁殖個体	0	97.8	76.8	51.5	81.3	84.5	45.6	35.5	36.4	22.9	19.7	20.2	19.5	20.5	20.2	19.6	19.0	14.4	22.0	12.3
	1	118.2	66.0	48.4	34.2	56.5	57.6	30.0	24.0	25.3	15.5	13.6	14.0	13.3	14.1	13.8	13.5	13.0	10.0	15.3
	2	31.2	38.2	23.5	16.5	18.1	18.9	18.9	11.6	11.2	8.2	7.0	7.0	6.8	6.4	6.8	7.5	6.6	6.0	5.9
	3	9.7	11.2	9.3	6.5	5.5	5.8	6.4	4.8	3.8	3.2	2.9	2.6	2.9	2.4	2.3	2.8	2.8	2.9	2.6
	4	3.3	3.6	3.8	3.3	2.4	2.1	2.4	2.1	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.3	1.6	1.3
	5+	1.6	2.1	2.5	2.9	3.1	2.5	2.4	2.3	2.2	2.0	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.1	1.4	1.4
(雄) 繁殖個体	0	332.6	261.4	175.2	276.6	287.5	155.0	120.8	123.9	77.9	67.0	68.6	66.4	69.8	68.7	66.6	64.6	48.9	74.9	41.7
	1	1,071.3	597.9	438.7	310.0	512.5	521.8	271.9	217.4	229.4	140.9	123.0	126.7	120.7	127.9	125.3	122.7	117.4	90.7	138.7
	2	519.0	635.3	390.4	273.8	300.4	313.9	313.7	193.6	186.2	135.8	116.1	115.9	112.8	106.8	113.6	124.4	110.3	99.9	98.4
	3	243.8	279.3	232.1	162.6	137.6	145.7	160.7	119.1	95.1	80.5	73.5	66.2	71.4	61.2	58.6	70.8	70.7	72.6	65.7
	4	109.5	119.1	126.9	111.3	79.5	71.5	81.1	71.4	60.7	45.7	41.0	41.7	40.5	41.6	37.1	32.8	43.2	52.2	44.8
	5+	67.0	84.5	102.3	120.0	127.0	102.4	98.0	94.0	90.7	82.2	64.9	58.1	59.1	54.8	56.3	51.6	46.4	56.5	55.7

表4. 漁獲量とコホート計算結果

年	漁獲量(トン)*1			資源量 (トン)	漁獲割合 (%)	親魚量 (トン)	加入量*2 (千尾)	再生産成功 率(尾/g)*2	放流尾数 (千尾)	推定天然 加入量*3	再生産成功 率(尾/g)*3
	下関唐戸	福岡中央	計								
1987	861.4	—	861.4	2,343.3	36.8	420.3	978	2,327			
1988	797.5	—	797.5	1,977.5	40.3	482.9	768	1,591			
1989	552.6	—	552.6	1,465.6	37.7	461.3	515	1,117			
1990	306.7	—	306.7	1,254.3	24.5	393.9	813	2,065			
1991	477.6	—	477.6	1,444.4	33.1	344.1	845	2,457			
1992	462.6	—	462.6	1,310.3	35.3	319.6	456	1,426			
1993	391.2	—	391.2	1,046.2	37.4	339.8	355	1,046			
1994	233.0	—	233.0	819.5	28.4	284.6	364	1,281			
1995	272.6	—	272.6	740.0	36.8	246.5	229	929	1,164	206	835
1996	164.2	—	164.2	552.1	29.8	208.4	197	945	1,366	170	814
1997	121.5	—	121.5	487.2	24.9	179.4	202	1,125	1,875	164	916
1998	94.7	17.6	112.3	475.0	23.6	166.1	195	1,175	1,116	173	1,040
1999	106.6	17.5	124.1	474.3	26.2	171.0	205	1,201	990	185	1,085
2000	91.0	23.5	114.5	461.0	24.8	157.6	202	1,282	1,086	180	1,144
2001	86.2	18.4	104.7	457.5	22.9	152.1	196	1,287	1,259	171	1,121
2002	100.7	19.5	120.2	466.8	25.7	155.1	190	1,224	1,342	163	1,051
2003	72.2	22.3	94.5	437.0	21.6	160.3	144	898	1,222	119	745
2004	81.3	14.0	95.2	446.9	21.3	181.4	220	1,215	1,248	195	1,077
2005	102.0	15.1	117.1	445.1	26.3	166.3	123	738	1,248	98	588

*1 コホート計算に使用した漁獲量は下関唐戸魚市場(株)と福岡中央魚市場(株)のトラフグ取扱量を年級(5月～翌年4月)ごとに集計した値を使用した。

*2 コホート計算により算出された天然魚と放流魚を含んだ0歳魚の資源尾数、および再生産成功率

*3 放流魚による0歳魚の添加効率を2%として見積もった個体数を除いて推定した天然魚の資源尾数、および再生産成功率

補足資料 3

コホート計算

年齢別漁獲尾数を推定するために、①尾串（1987）が解析した 1977～1983 年に漁獲された黄海・東シナ海産トラフグ 542 個体の全長と年齢のセットデータ、②2003 年 12 月から 2004 年 3 月に独立行政法人水産総合センター開発調査部が東シナ海及び玄界灘で採集した標本 650 個体、及び③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及び玄界灘産トラフグ 92 個体の全長－年齢セットデータを用いて全長－年齢組成換算表を作成した。②、③の年齢解析については①に準拠し、TC 及び ALC による耳石標識により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年齢査定解析を実施した。

1995～1998 年に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全長－年齢組成換算表を用いて下関唐戸魚市場（株）の入り数別年齢組成を求めた。1987～2003 年は下関唐戸魚市場（株）のトラフグの月別入り数別取扱箱数データと月別入り数別年齢組成を用いて、2003～2005 年は山口県水産センターが実施した南風泊市場の全長組成測定結果を全長－年齢組成換算表を用いて、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福岡中央魚市場（株）において調べた 2001～2002 年の全長組成データと福岡中央魚市場（株）の 1999～2002 年の月別取扱量データを用いて 1999～2002 年の年齢別漁獲尾数を求めた。

下関唐戸魚市場（株）及び福岡中央魚市場（株）の年級群別年齢別漁獲尾数を合わせてトラフグ日本海・東シナ海系群の 1987～2005 年の年齢別漁獲尾数（表 3）、資源計算に使用した漁獲量は下関唐戸魚市場（株）及び福岡中央魚市場（株）の年級別取扱量を用いた（表 4）。M は過去の田内・田中（田中 1960）に従い、0.36 を用いた（桧山 1981、内田 1991）。計算に用いた年別の年齢別体重は尾串（1987）の成長式と全長－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（表 5）。年齢別の成熟率については藤田（1988）及び松浦（1997）に従い、3 歳以上を 1.0 とした（表 6）。

表 5 計算に用いた年別の年齢別体重（単位 g、尾串 1987、1980 より作成）

年	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5+歳
体重	340	906	1,664	2,504	3,339	4,116

表 6 計算に用いた年別の年齢別成熟率（藤田 1988、松浦 1997）

年	0 歳	1 歳	2 歳	3 歳	4 歳	5+歳
0 歳	0	0	0	1.0	1.0	1.0

最高齢魚（5+歳魚）の y 年の資源尾数と漁獲尾数を、それぞれ $N_{5+,y}$ および $C_{5+,y}$ としたときに、5+歳魚の資源尾数を漁獲係数（ $F_{5+,y}$ ）と自然死亡係数（ M ）から次の式を用いて計算した。

$$N_{5+,y} = \frac{C_{5+,y} \times \exp(M/2)}{(1 - \exp(-F_{5+,y}))}$$

0～4 歳魚の資源尾数の計算には次の式を用いた。

$$N_{age,y} = N_{age+1,y+1} \times \exp(M) + C_{age,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

この時の漁獲係数 F は次の式で計算できる。

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

プラスグループを考慮して、最高年齢（5+歳魚）と 4 歳魚の資源尾数の計算については次の計算式を用いた。

$$N_{5+,y} = C_{5+,y} \times \frac{N_{4,y}}{C_{4,y}}$$

$$N_{4,y} = \frac{C_{4,y} \times N_{5+,y+1} \times \exp(M)}{(C_{5+,y} + C_{4,y})} + C_{4,y} \times \exp\left(\frac{M}{2}\right)$$

2005 年の F は以下の手順で求めた。

1. $F_{5+,y} = F_{4,y}$ とする。
2. 0～4 歳魚については 2001 年、2002 年、2004 年の各年齢の F の平均値を求め、この 4 歳魚の値と同じ値となるように F_{5+} の値を求めた。
3. F_4 （= F_{5+} ）を基準値として、1999～2002 年と 2004 年の 5 年間の選択率の平均値から 0～3 歳の F を決定した。

補注

直近年の F の算定の計算から 2003 年を除いた理由は、2003 年の年齢別漁獲尾数の割合が平年に比べていびつであった事による。特に高齢魚の漁獲が少ない傾向が見られた。

これは、2003 年は我が国 EEZ 内海域において、韓国漁船による違反操業の頻度が非常に高く、そのためトラブルが多発し、大型魚を対象とした山口県底はえ縄漁船の操業が非常に困難な年であったためによる（山口県水産研究センター、天野氏 私信）。

以上の理由により F の値も 2003 年は不規則値であると判断した。

参考資料

トラフグ日本海・東シナ海系群と瀬戸内海系群の統合解析の試行

西海区水産研究所（塚本洋一）・瀬戸内海区水産研究所（片町大輔・永井達樹）

背景

瀬戸内海にはトラフグの大きな産卵場が存在している。過去の標識放流実験の結果などから、瀬戸内海で生まれたトラフグは成長すると太平洋や日本海・東シナ海（外界域）へ回遊する事例、また、外界域に分布する個体が産卵期には瀬戸内海へ加入（回帰）する事例など成長や成熟に伴い両海域を回遊する個体の存在が明らかとなっている。特に日本海・東シナ海と瀬戸内海は生活史全般を通して生息域として結びつきが強いと考えられる。一方、漁獲物の年齢組成をみると日本海・東シナ海系群では若齢魚の比率が低く、逆に瀬戸内海系群や有明海などの内海域では若齢魚が中心で、一部産卵場に来遊した成魚が漁獲されている。これらの理由により、両系群を統合することにより、生活史全般を網羅した漁獲情報が得られ、より質の高い資源の評価および管理が可能であると考えた。

平成 18 年度の試行方法

1. 瀬戸内海系群の年齢別漁獲量を日本海・東シナ海系群のコホート計算に組み込む。
2. これまで、日本海・東シナ海系群に入れていなかった有明海当歳魚の漁獲データを組み込む。
3. コホート計算の方法はトラフグ日本海・東シナ海系群に準じているが、瀬戸内海系群の年齢別漁獲尾数が暦年であるので、日本海・東シナ海系群の年齢別漁獲尾数を暦年に変更した。自然死亡係数 M は、瀬戸内海系群のコホート計算で使用している 0.25 を暫定的に採用した。2005 年の F は 2002～2004 年の F の平均値より求めた。また同様に最高年齢群も瀬戸内海系群に合わせて 4 歳以上とした。

表 9. 一元化統合コホート計算結果

資源尾数	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0	1,798,972	1,301,983	1,191,392	929,511	1,185,551	1,273,028	1,359,128	1,127,168	700,446	871,549	895,296
1	1,054,066	759,913	433,901	488,950	404,620	567,094	557,485	622,591	530,160	337,808	358,871
2	276,502	238,738	163,856	146,059	153,257	130,223	181,703	146,401	187,570	184,606	132,587
3	131,622	104,697	87,963	69,702	65,562	70,403	59,986	72,241	65,321	86,272	59,897
4+	78,480	63,657	44,213	39,386	34,050	36,758	30,561	30,218	35,331	35,840	48,187

(尾)

F	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0	0.612	0.849	0.641	0.582	0.487	0.576	0.531	0.504	0.479	0.637	0.540
1	1.235	1.284	0.839	0.910	0.884	0.888	1.087	0.950	0.805	0.685	0.813
2	0.721	0.748	0.605	0.551	0.528	0.525	0.672	0.557	0.527	0.876	0.653
3	0.944	1.087	0.961	0.914	0.747	1.005	0.847	0.815	0.783	0.680	0.759
4+	0.944	1.087	0.961	0.914	0.747	1.005	0.847	0.815	0.783	0.680	0.759
平均 F	0.891	1.011	0.801	0.774	0.679	0.800	0.797	0.728	0.675	0.712	0.705

資源重量	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0	312	226	167	137	169	193	207	180	93	142	108
1	552	368	203	236	204	266	254	354	291	174	211
2	362	310	206	193	208	160	243	200	220	233	161
3	274	214	185	145	140	144	126	150	130	173	119
4+	233	191	128	116	100	108	91	86	102	105	135
合計	1733	1309	889	826	820	872	921	971	836	828	735

(トン)

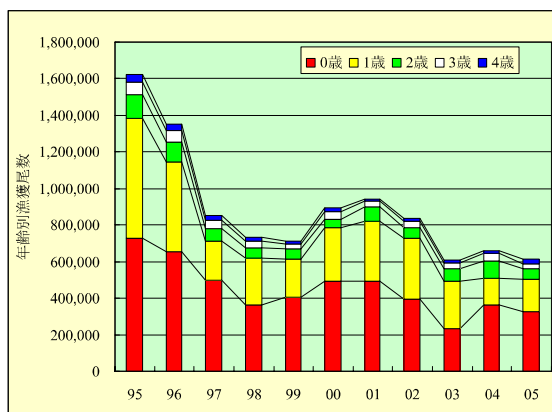


図 20 瀬戸内海、東シナ海及び日本海におけるトラフグの年齢別漁獲尾数

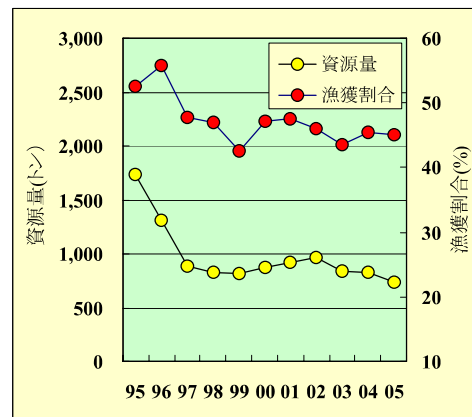


図 21 トラフグの資源量と漁獲割合

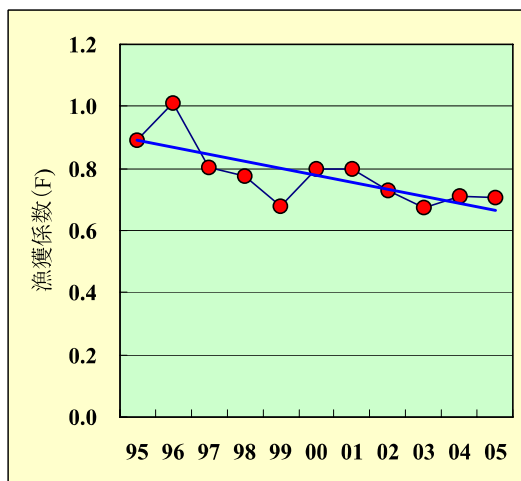


図 22 トラフグの漁獲係数(F)の経年変化

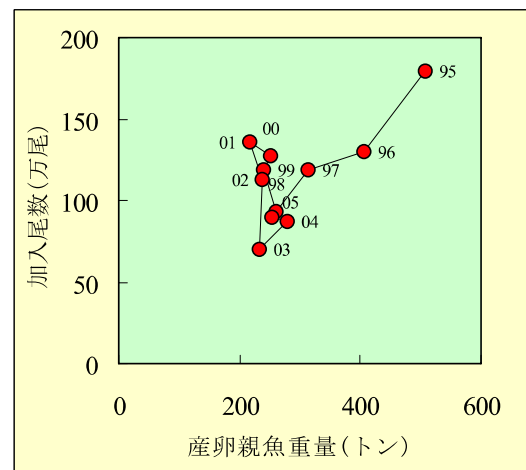


図 23 トラフグの再生産関係。図中の数字は解析年級群を示す。

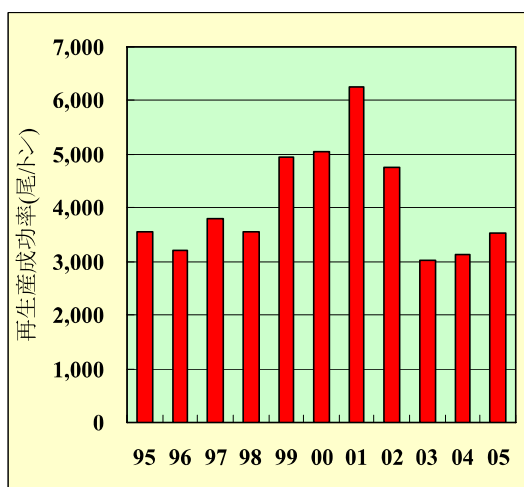


図 24 トラフグの再生産成功率の経年変化。

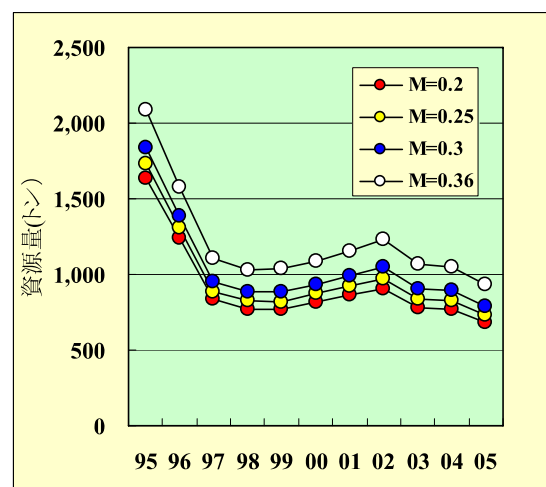


図 25 自然死亡(M)の感度解析

表 11. $F_{current}$ を基準として F を変えた場合の漁獲量と資源量の推移

		漁獲量(トン)						資源量(トン)					
基準値	F	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0.4Fcurrent	0.282	326	161	237	361	556	834	724	728	1,085	1,649	2,525	3,802
0.7Fcurrent	0.493	326	254	306	380	474	580	724	728	885	1,095	1,363	1,671
0.8Fcurrent	0.564	326	281	317	366	426	487	724	728	826	954	1,107	1,268
Fcurrent	0.705	326	329	324	327	331	330	724	728	721	726	734	733
1.2Fcurrent	0.846	326	371	320	281	247	215	724	728	630	553	486	424
1.4Fcurrent	0.987	326	407	307	235	180	137	724	728	551	421	322	245
Fsus	0.704	326	329	324	327	331	331	724	728	722	727	735	735
F30%	0.359	326	197	270	382	544	758	724	728	1,007	1,420	2,016	2,816
F40%	0.272	326	156	232	357	555	840	724	728	1,096	1,681	2,600	3,953
Fmax	0.400	326	215	284	385	527	706	724	728	968	1,311	1,788	2,401

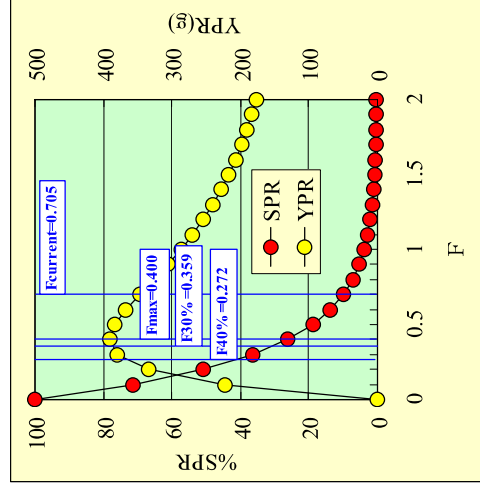


図 26 トラフグの%SPR及びYPRと F の関係

トラフグ日本海・東シナ海系群と瀬戸内海系群の統合解析による漁獲方策の検討(試行)

「漁獲圧と資源動向」の計算には、以下の仮定を置いた。2006年は、2005年と同じ F で漁獲される。2007年以降の年齢別選択率は2005年と同じ（4歳以上の F を1とすると、0歳＝0.71、1歳＝1.07、2歳＝0.86、3歳＝1）。2006年以降の再生産成功率は過去5年平均（2000～2004年）で一定。現状の F を2005年の F とした。

2005年の漁獲圧での漁獲が継続すれば、2011年までの漁獲量、資源量はほぼ横ばいと推定される。トラフグ統合系群の漁獲方策としては、まずは F_{max} を基準値とすべきと考えられるが、 $0.7F_{current}$ でも現状の漁獲量を維持しながら資源量の増大が見込まれるので、この値を暫定的な管理基準値として2007年の漁獲量を試算した。その結果、上記管理基準でのトラフグ統合系群の2007年の漁獲量は254トンと試算された。