

平成 18 年トラフグ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、永井達樹)

参画機関：山口県水産研究センター内海研究部、福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所、大分県農林水産研究センター水産試験場及び同浅海研究所、愛媛県中予水産試験場及び同東予分場、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、兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター、岡山県水産試験場、広島県立水産海洋技術センター

要 約

1995～2005 年についてコホート解析を行った結果、瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの資源量は減少傾向で、2005 年の資源量は 481 トンと推定され、1995 年の資源量と比較してほぼ半減した。一方、1983 年以降の漁獲量のデータから、資源量は 1994 年以前に大きく減少したと推定された。このことから、資源水準は低位と判断した。また、0 歳加入が資源量を回復させるほどの水準でないことから、動向を減少とした。

平成 18 年 ABC 算定のための基本規則の 1-3)-(3)に基づき、2007 年における瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの ABC_{limit} と ABC_{target} を下記のように求めた。

	2007年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	92トン	$0.8F_{30\%}$	0.33	22%
ABC_{target}	75トン	$0.8 \cdot 0.8F_{30\%}$	0.26	18%

注) 漁獲割合は $ABC / \text{資源量}$ 、F値は1歳の値

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F値	漁獲割合
2004	550	276	0.89	50%
2005	481	237	1.04	49%
2006	464	-	-	-

水準：低位 動向：減少

1. まえがき

トラフグの主要な漁場は東シナ海～日本海西部並びに瀬戸内海である。いずれの海域でも単一種として漁獲量を十分把握できていない。

瀬戸内海及び太平洋南におけるふぐ類の漁獲量は 2005 年には、1,335 トンと前年の 92% となった。

1982 年以降、年平均では東部（紀伊水道～備讃瀬戸）で約 6 万尾、西部（燧灘～伊予灘又は周防灘）で約 28 万尾程度の種苗放流が行われている（図 1）。

2. 生態

(1) 分布・回遊

トラフグは春に関門海峡、豊後水道、紀伊水道から瀬戸内海に産卵回遊する入り込み種である。産卵場は関門内海、備後・芸予瀬戸、備讃瀬戸などに形成される（図 2-1、図 2-2 及び図 3）。ふ化後仔魚は産卵場周辺で数ヶ月間を過ごし、夏から秋に幼魚が小型底曳網や定置網に漁獲され、秋～冬には伊予灘、豊後水道及び紀伊水道に移動する。

移動・回遊は成長とともに大きくなり、日本海西部或いは太平洋に出るほか、東シナ海、黄海に回遊する個体もある（国行・伊東 1982；伊東・山口 1987）。

(2) 年齢・成長

寿命は 10 歳程度（国行・伊東 1982）で、年齢別の全長は 0.3 歳で 10cm、1 歳で 30cm、2 歳で 40cm、3 歳で 48cm、4 歳で 52cm である（図 4；水産庁ほか 1996）。

田中（1960）によれば、寿命（X）と自然死亡係数（M）の間には、

$$M = 2.5/X$$

の関係が成り立つ。トラフグの場合、X を 10 とすれば、M は 0.25 となる。

(3) 成熟・産卵

産卵期は 4～5 月で、雄は 2 歳、雌は 3 歳から全部が成熟する（図 5；山口県 1990）。

(4) 被捕食関係

稚魚は底生性の小型甲殻類、未成魚はイワシ類や他の幼魚、エビ・カニ類、成魚はエビ・カニ類、魚類などを食べる。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

産卵場では親魚が定置網、吾智網、釣り、敷網などによって漁獲される。0 歳幼魚は夏から秋に産卵場周辺で小型底曳網や定置網に漁獲される。水道域では秋～冬に延縄や釣りによって漁獲される。

(2) 漁獲量の推移

山口県と広島県では農林統計でトラフグを地方魚種として設定している。この 2 県ではトラフグの漁獲量を把握できるが、その他の県では 1994 年まではその他の魚類に、また 1995 年以降はふぐ類として一括されている。

農林水産省では 2002 年から中四国農政局管内におけるトラフグの県別漁獲量を内部資料として集計し始めた。それを基に、兵庫県及び宮崎県（付図 1¹）分の漁獲量を推定して加え、2002～2005 年までの瀬戸内海及び太平洋南の漁獲量を推定した（図 6）。

¹ 宮崎県. (2005) 平成 16 年度 宮崎県資源評価調査報告書（沿岸資源動向調査）. 平成 17 年度 瀬戸内海ブロック資源評価会議配布資料:28-30.

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1995～2005年の水域、年、年齢別漁獲尾数を基に自然死亡係数を0.25として、瀬戸内海及び太平洋南についてPope(1972)の簡便法によるコホート解析を補足資料に記述したように行った(表1)。

(2) 資源量指標値の推移

標本漁協の位置を図3、漁法及び漁獲対象年齢を付表2、漁獲量を付表3～4に示した。

東部(備讃瀬戸以東)

・春の産卵親魚(2歳以上)

備讃瀬戸の庵治(敷網)での漁獲量は1986年以降急激に減少し、1990年以降は低水準で推移している。2005年の漁獲量は前年比0.7倍で3.7トンとなった(図7)。ここでの漁獲量を東部での産卵親魚量の指標にすれば、東部における2005年の産卵親魚量水準は、資源水準が高かった1989年以前の7年間の平均値(41.2トン)の9.0%となった。

・秋～冬の未成魚(0～1歳主体)

紀伊水道の印南や戸坂を含む椿泊(延縄)ほかでの漁獲量は1996年以降減少傾向にあるものの、2000年から2003年には前4年を上回った。しかし、2004年には前年比0.4倍の2.3トン、2005年には前年比0.2倍の0.4トンとなり、1996～1999年並みになった(図7)。

西部(燧灘以西)

・春の産卵親魚(2歳以上)

備後・芸予瀬戸の走島・田島・弓削島の3つの漁協(小型定置網)、吉和(一本釣り、吾智網)と因島(一本釣り)の計5つの漁協での漁獲量は1986年に319トンと最高であったが、1990年以降低水準で推移し、2005年には前年比1.1倍で13.5トンとなった(図7)。上述の漁獲量を西部における産卵親魚量の指標とすれば、西部における2005年の産卵親魚量水準は、資源水準が高かった1989年以前の7年間の平均値(172トン)の7.8%となった。

・秋～冬の未成魚(0～1歳主体)

伊予灘及び豊後水道域の姫島・佐賀関・保戸島・佐志生・三崎・長浜(延縄)の6つの漁協の合計漁獲量は2005年に前年比1.4倍で21トンとなり、1989年以前の7年間の平均値(272トン)の7.9%となった(図7)。

・夏～秋の0歳魚主体

備後・芸予瀬戸の田尻(小型定置網)では8～12月に0歳魚を漁獲するので、この期間の漁獲量をその年生まれの加入量の指標と見なせば、2005年生まれの加入量水準は1989年以前の7年間の平均値(1.59トン)の43.4%であった。一方、西条(小型定置網ほか)でも8～12月に0歳魚が漁獲されるが、2005年の漁獲は著しく増加した(付表2参照)。

このように標本漁協における産卵親魚、未成魚(0歳及び1歳主体)及び0歳魚を主体とする漁獲量の年変化から産卵親魚量と加入量の水準や動向を述べた。そのなかで、西部の備後・芸予瀬戸における5つの漁協の合計漁獲量をその年の産卵親魚量水準の指標と見なし、更に8～12月における田尻の漁獲量をその年生まれの加入量の指標とした。前者が

1990年から減少したのに対し、後者は1996年から減少した。まず親が減少し、次に仔が減少した。西部では1996年以降親も仔も少ない状態になったと考えられる。

なお国行・伊東(1982)の図5によれば、西部では1976~1978年及び1981年の吉和(一本釣りと吾智網)における産卵親魚は3歳以上が主体であり、高齢魚も多かった。この産卵場周辺では1987年から2歳魚が多くなったと指摘されている(柴田ほか 1997)。走島(小型定置網)では近年、高齢魚が減って2歳又は3歳の若い親魚が主体となり、親魚の年齢構成が単純化した(瀬戸内海区水産研究所 2004)。

東部で産卵親魚を対象とする備讃瀬戸の庵治の漁獲量は1990年以降減少傾向にあり、一方で秋~冬季に0歳と1歳を主に漁獲対象とする紀伊水道の椿泊ほかでの漁獲量が1996年以降低水準にあることから、東部でも西部同様親も仔も少ない状態と考えられる。

なお、努力量を把握できている調査地の操業日数、漁獲量、CPUE(1隻1日当たりの漁獲量)を図8-1~8-2に示した。

これらの図において、東部の高松・庵治・下津井(敷網;3~6月)は産卵親魚、寄島(小型底曳網;9~3月)、椿泊(延縄;9~3月)、橘町(釣り;9~3月)、沼島(小型底曳網;1~7月)は1歳主体の未成魚としたほか、沼島(小型底曳網;8~12月)は0歳主体の漁獲と想定した。一方、西部の弓削(小型定置網;4~7月)と西条(小型定置網;4~7月)は産卵親魚、上関(延縄;8~2月)、長浜(延縄;9~3月)、三崎(延縄7~3月)は1歳主体の未成魚、西条(小型定置網;8~12月)は0歳主体の漁獲とした。

図8-1~8-2から、未成魚のCPUEは東部の寄島と沼島(いずれも小型底曳網)を除いていずれも1997年を底に近年増加傾向にあるように見える。未成魚漁獲量の増加は、延縄漁法での底延縄から浮延縄への転換や操業が盛漁期のみ短縮化する傾向があることに影響しているのかも知れない。

(3) 漁獲物の年齢組成

トラフグの漁獲は尾数で0歳と1歳、また重量的には1歳が主体である(図9)。

(4) 資源量の推移

年・年齢別の漁獲尾数、資源尾数、漁獲係数、資源量を表1に、資源量と漁獲割合及び加入尾数の年変化を図10に示す。なお、これらは種苗放流分を含んだ値である。

これによると、資源量は1995年の1,056トンから2005年の481トンに減少した。この間漁獲割合は47~63%の範囲にあり、経年的には減少で推移している。

トラフグのRPS(親魚量当たり加入尾数)の推移を図11に示した。また、年齢別漁獲係数の推移を図12に、自然死亡係数を0.20から0.25と0.30に変化させた時の資源量と加入尾数の変化を図13に、親魚量と漁獲係数の関係を図14に、SPR(加入当たりの産卵親魚量)及びYPR(加入当たりの漁獲量)を図15に示した。

(5) 資源の水準・動向

1995年と比較して2005年の資源量は46%で、ほぼ半減している。一方、資源量指標値の推移のところで述べたように資源量の減少は1994年以前で大きく、2005年の親魚量水準は、資源水準が高かったと考えられる1989年以前の7年間平均の1/10程度に低下し

ていると考えられる。このような考察から、トラフグの資源水準を低位とする。また0歳加入が資源量を回復させるほどの水準でないことから動向を減少とする。

5. 資源管理の方策

(1) 資源と漁獲の関係

3歳以上の雌の成熟率を100%とし、再生産関係には原点を通る直線をあてはめた。こうして求めた瀬戸内海及び太平洋南の再生産関係を図16に示す。1995～1998年は直線に並ぶ関係であったが、1999～2001年及び2002年～2005年は1995～1998年の再生産関係から外れていると推察された。これは、図11のRPSの推移からも見てとれる。そこで、2003～2005年においても新たに再生産関係に原点を通る直線をあてはめた(図17)。一方、試験的に東シナ海と日本海を含め、西海区水産研究所と瀬戸内海区水産研究所のトラフグ解析グループが求めた再生産関係を付図2に示す。

資源量を計算した期間が1995～2005年の11年に限られており、その間に資源量がほぼ半減したことや資源量指標値の推移から資源量の減少は1995年以前で大きかったと考えられることから、瀬戸内海及び太平洋南の B_{limit} を明確には推定できない。そこで、最近11年で最も資源量が多かった1995年の資源量値である1,056トンがこの海域における資源回復の当面の目標とする。

(2) 資源と海洋環境の関係

瀬戸内海におけるトラフグ資源では親も仔も少なく、漁獲量も低水準かつ減少気味である。但し、0歳魚の加入は低水準ながら年により多寡がある。その要因は把握できていない。

(3) 種苗放流効果

トラフグの産卵親魚量は東西いずれも1990年から減少傾向にある。1970年代から種苗放流がなされ、東部に比べ西部で放流尾数が多い(図1)が、西部でも放流は産卵親魚量水準を回復させるほどではない(図6)。なお山口県が2001年7～8月に秋穂沖に放流した全長7cm群65,600尾の有標識率(焼印標識)は同年10月から翌年3月まで徳山、防府、宇部の市場計で5.9%であった(山口県水産研究センター 2002)。

6. 2007年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

1995年に比較して2005年の資源量は46%で、ほぼ半減している。また、1987年以降の資源量指標値のうち親魚量水準が大きく減少していること、0歳加入が資源量を回復させるほどの水準でないことを勘案し、資源水準を低位、また動向を減少とした。

(2) ABC の算定

ABC の算定には基準値として $F_{30\%}$ を使い、基本規則 1-3)-(3) を用いた。この場合、

$$F_{limit} = F_{30\%} \times \beta_2$$

$$F_{target} = F_{30\%} \times \beta_2 \times \alpha$$

である。 β_2 は 1 未満の係数で資源の回復能力などにより決定する。 α は安全率で資源の状況や特性を考慮して定める。トラフグでは資源水準が低位にあるので、 β_2 を 0.8 とし、 α に標準値の 0.8 を用いた。 F_{limit} と F_{target} を下表に示す。

M	0.20	0.25	0.30
F_{limit}	0.33	0.33	0.34
F_{target}	0.26	0.26	0.27

自然死亡係数 (M) を 0.25 としたほか、0.20 と 0.30 の 3 つの場合について、再生産関係を使用して、2006 年以降の資源予測を行った。自然死亡係数 (M) を 0.25 として資源予測した結果を表 2 に、この場合の瀬戸内海及び太平洋南における 2007 年の ABC の推定値を下表に示した。

	2007年ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	92トン	$0.8F_{30\%}$	0.33	22%
ABC_{target}	75トン	$0.8 \cdot 0.8F_{30\%}$	0.26	18%

注) 漁獲割合は ABC / 資源量、F値は1歳の値

年	資源量(トン)	漁獲量(トン)	F値	漁獲割合
2004	550	276	0.89	50%
2005	481	237	1.04	49%
2006	464	-	-	-

水準: 低位 動向: 減少

(3) 漁獲圧と資源動向

$F_{current}$ で漁獲を続けると、今後資源量は減少すると予測される (表 2、図 18、図 19)。 F_{limit} 及び F_{target} で漁獲を継続した場合、2009 年に 1995 年の水準に回復すると予測される (表 2、図 18、図 19)。

(4) ABC_{limit} の検証

自然死亡係数を 0.20 や 0.30 とした場合の 2007 年の ABC_{limit} と ABC_{target} を図 20 に示した。

(5) ABC の再評価

評価対象年 (当初・再評価)	管理基準 (F値)	資源量 (トン)	ABC _{limit} (トン)	ABC _{target} (トン)	漁獲量 (トン)
2005年(当初)	0.9C _{ave 2-yr}	-	244	195	-
2005年(再評価)	0.9C _{ave 2-yr}	-	238	190	-
2005年(2006年再評価)	0.8F _{30%}	468	128	105	237
2006年(当初)	0.8C _{ave 2-yr}	-	173	139	-
2006年(再評価)	0.8F _{30%}	464	105	86	-

注) 2006年の再評価値は、太平洋南を含む

7. ABC 以外の管理方策の提言

トラフグは幼魚から産卵親魚まで様々な漁法で漁獲される。産卵親魚量を嵩上げして加入水準を高めるには、特定の漁法に負担を強いるのではなく、各漁法で漁獲量の抑制や小型魚の再放流を行う一方、種苗放流を強化するなどの方策が考えられる。

また瀬戸内海で生まれたトラフグは一部が東シナ海・黄海及び日本海西部海域に移動し、そこで漁獲されることから、前記の海域を含め、資源管理を協調させる必要がある。

8. 引用文献

- 伊東 弘・山口義昭. (1987) 瀬戸内海中西部海域におけるトラフグの分布と移動. 漁業資源研究会議. 昭和 61 年度西日本底魚部会報:19-28.
- 国行一正・伊東 弘. (1982) 瀬戸内海中西部海域のトラフグについて. 漁業資源研究会議. 昭和 56 年度西日本底魚部会報:25-35.
- 佐藤良三・柴田玲奈. (1996) 架橋予定水域およびその周辺域におけるトラフグの資源生態調査. 本四架橋漁業影響調報. 67:33-54.
- 柴田玲奈・佐藤良三・東海 正. (1997) 瀬戸内海とその周辺水域. 多部田 修 (編). 「トラフグの漁業と資源管理」. 恒星社厚生閣:68-83.
- 水産庁ほか. (1996) 平成 7 年度我が国周辺漁業資源調査資源評価票 (下):1-778.
- 田中昌一. (1960). 水産生物の Population Dynamics と漁業資源管理. 東海研報. 28:1-200.
- 山口県水産研究センター. (2002) 山口県調査結果. 山口:1-14. 平成 13 年度広域資源増大緊急モデル事業報告書.
- 山口県ほか. (1990) 平成元年瀬戸内海西ブロック広域資源培養管理推進事業報告書:1-99.

1. 年齢別漁獲尾数の推定

付表1のように推定した。なお、年齢別漁獲尾数の推定は瀬戸内海西部について行い、瀬戸内海東部に代用することで瀬戸内海及び太平洋南における年齢別漁獲尾数を得た。

2. コホート解析の方法

年・年齢別漁獲尾数を基に、自然死亡係数(M)を仮定して、Pope(1972)の簡便法によるコホート解析を行った。コホート解析の計算方法は以下の通りである。

- ① ある年級群の最高齢の漁獲尾数が*i*年*j*歳に $C_{i,j}$ とする。 $C_{i,j}$ が複数の年齢群を含む+グループなら、資源尾数 $N_{i,j}$ は全減少係数 $Z_{i,j}$ と漁獲係数 $F_{i,j}$ を使って、

$$N_{i,j} = C_{i,j} \times Z_{i,j} / F_{i,j}$$

$C_{i,j}$ が単一の年齢で構成されていれば、

$$N_{i,j} = C_{i,j} \times Z_{i,j} / F_{i,j} \times (1 - \exp(-Z_{i,j}))$$

から $N_{i,j}$ を求める。

- ② 次に年と年齢を一つさかのぼり $N_{i-1,j-1}$ を下式から求める。

$$N_{i-1,j-1} = N_{i,j} \times \exp(M) + C_{i-1,j-1} \times \exp(M/2)$$

- ③ $F_{i-1,j-1}$ を下式から求める。

$$F_{i-1,j-1} = \ln(N_{i-1,j-1} / N_{i,j}) - M$$

- ④ ①～③を繰り返して順次若齢部分にさかのぼる。

なお年級群ごとにみて最高齢の $F_{i,j}$ をターミナルFと呼び F_t とする。その与え方は以下の通りとした。2005年の4歳+にFを与え、1年前の3歳のFを求める。求めた値を2004年の4歳+のFとする。同様に2003年以前の4歳+のFを求める。2005年の3歳より若いFには同一年齢における2002-2004年のFの平均値を入力する。このように各年級に F_t を入力するが、2005年の3歳のFと4歳+のFとが同値となる4歳+のFを F_t とした。

3. %SPRとYPRの計算

%SPRとYPRを下式に基づき0～5歳について計算し、 $F_{30\%SPR}$ を資源管理の基準値とした。

$$\%SPR = \sum W_a \times M_a \times S_a / \sum W_a \times M_a \times S_a^*$$

$$YPR = \sum S_a \times W_a \times F_a / (F_a + M)$$

ここで、 W_a と M_a は a 歳の体重と成熟率、また S_a は a 歳までの生残率（* は漁業がない場合）である。なお成熟率は 3 歳以上で 100% とした。なお体重には 2005 年の年齢別漁獲物平均体重を、また部分加入は 2005 年の年齢別 F を 1 歳を 1 とした相対値で表わして使用した。

4. 資源量予測

2006 年以降の 0 歳加入を予測するには前述した 2003～2005 年を対象として求めた再生産関係式を使用した。資源予測では 2005 年の漁獲圧が 1 年後（2006 年）に続いたとした上で、2 年後（2007 年）の ABC を求めた。

表1 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの漁獲尾数、資源尾数、漁獲係数、資源量、漁獲量及び漁獲物の平均体重
(M=0.25)

漁獲尾数

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	652,451	617,519	463,104	329,286	368,622	408,714	460,927	353,965	199,346	230,478	259,580
1歳	572,478	451,533	204,170	240,880	194,433	286,284	320,581	331,391	253,881	145,882	171,794
2歳	61,595	47,568	28,894	31,850	30,337	24,761	55,469	36,751	44,096	76,973	42,892
3歳	30,730	21,727	22,251	18,743	12,237	20,039	14,108	18,527	10,353	21,511	13,009
4歳+	16,287	14,979	5,938	8,018	4,447	6,835	6,156	4,044	6,348	7,923	10,863
合計	1,333,542	1,153,325	724,356	628,778	610,076	746,632	857,241	744,678	514,025	482,767	498,137

資源尾数

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	1,512,081	1,107,829	1,000,923	752,393	1,021,203	1,098,413	1,210,291	762,078	586,872	647,684	665,697
1歳	780,352	601,825	317,820	370,832	295,370	470,006	494,756	535,809	447,979	281,134	301,021
2歳	111,271	102,529	70,225	67,339	76,228	58,448	113,397	102,405	110,728	124,837	90,206
3歳	53,510	32,300	37,871	29,193	24,336	32,594	23,668	39,362	25,605	47,321	29,294
4歳+	28,361	22,268	10,106	12,488	8,844	11,117	10,327	8,593	15,698	17,428	24,451
合計	2,485,576	1,866,751	1,436,944	1,232,244	1,425,982	1,670,579	1,852,439	1,448,246	1,186,882	1,118,403	1,110,669

漁獲係数

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	0.671	0.999	0.743	0.685	0.526	0.548	0.565	0.747	0.486	0.516	0.583
1歳	1.780	1.898	1.302	1.332	1.370	1.172	1.325	1.207	1.028	0.887	1.040
2歳	0.987	0.746	0.628	0.768	0.600	0.654	0.808	0.522	0.600	1.200	0.774
3歳	1.052	1.436	1.096	1.300	0.843	1.193	1.125	0.762	0.613	0.724	0.700
4歳+	1.052	1.436	1.096	1.300	0.843	1.193	1.125	0.762	0.613	0.724	0.700
平均	1.108	1.303	0.973	1.077	0.837	0.952	0.990	0.800	0.668	0.810	0.759

資源量(トン)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	257	177	130	105	133	154	169	114	65	91	60
1歳	414	289	149	178	148	221	228	305	246	146	178
2歳	168	158	101	98	118	78	161	153	133	161	113
3歳	123	74	88	66	60	71	55	88	56	98	61
4歳+	94	75	33	40	30	37	34	27	49	54	70
合計	1,056	773	502	488	489	560	647	687	549	550	481

漁獲量(トン)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	111	101	61	45	49	58	67	53	23	32	24
1歳	303	219	95	116	98	134	146	189	140	75	102
2歳	93	73	42	47	47	33	79	55	53	100	53
3歳	71	50	52	42	30	44	33	41	22	45	27
4歳+	54	51	20	26	15	23	20	12	20	25	31
合計	631	493	269	276	240	292	345	351	258	276	237

漁獲物の平均体重(g)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0歳	170	160	130	140	130	140	140	150	110	140	90
1歳	530	480	470	480	500	470	460	570	550	520	590
2歳	1,510	1,540	1,440	1,460	1,550	1,330	1,420	1,490	1,200	1,290	1,250
3歳	2,300	2,290	2,330	2,250	2,470	2,180	2,320	2,240	2,170	2,070	2,080
4歳+	3,310	3,380	3,290	3,230	3,410	3,330	3,330	3,090	3,140	3,120	2,850

表2 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの漁獲と資源量の
将来予測(M = 0.25)

漁獲量(トン)

管理方策 / 年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
F_{current}	236	242	219	201	188	176	163
F_{sus}	236	242	203	205	206	205	218
F_{limit}	236	242	92	142	221	362	578
F_{target}	236	242	75	121	200	345	582

資源量(トン)

管理方策 / 年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
F_{current}	481	464	425	392	366	342	316
F_{sus}	481	464	425	425	425	425	425
F_{limit}	481	464	425	662	1,044	1,685	2,663
F_{target}	481	464	425	698	1,159	1,973	3,288

漁獲割合

管理方策 / 年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
F_{current}	0.49	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.52
F_{sus}	0.49	0.52	0.48	0.48	0.48	0.48	0.51
F_{limit}	0.49	0.52	0.22	0.21	0.21	0.21	0.22
F_{target}	0.49	0.52	0.18	0.17	0.17	0.17	0.18

F_{current} 、 F_{sus} 、 F_{limit} 、 F_{target} は、それぞれ漁獲圧力を現状維持する、資源量を維持する、 ABC_{limit} 及び ABC_{target} を実現する管理方策を示す

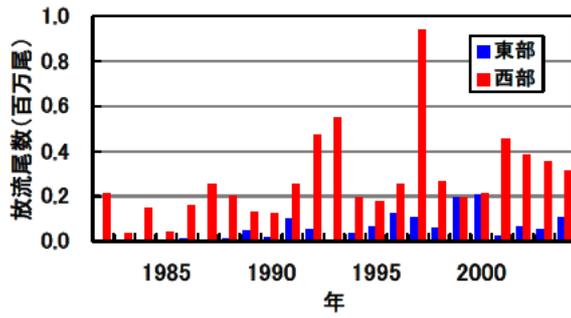


図1 瀬戸内海におけるトラフグの放流尾数

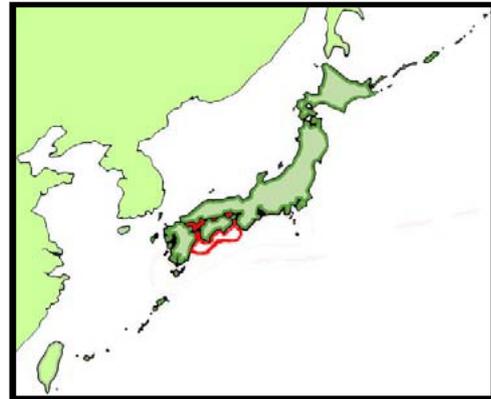


図2-1 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの分布図

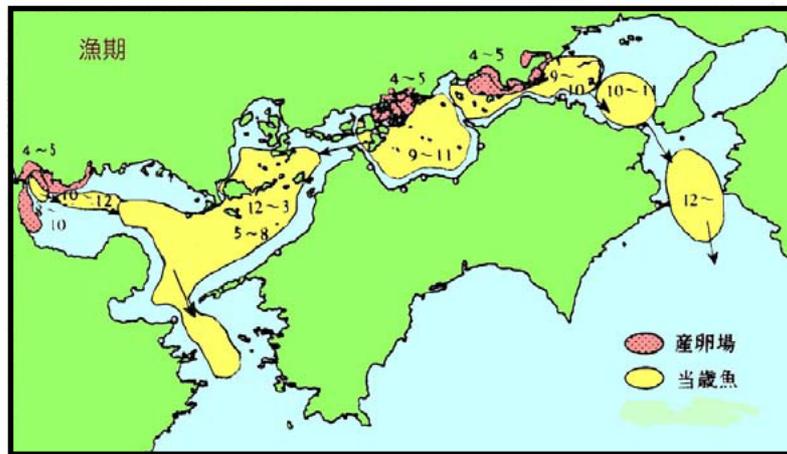


図2-2 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの産卵場及び当歳魚の分布回遊図 (柴田・佐藤・東海 1997)

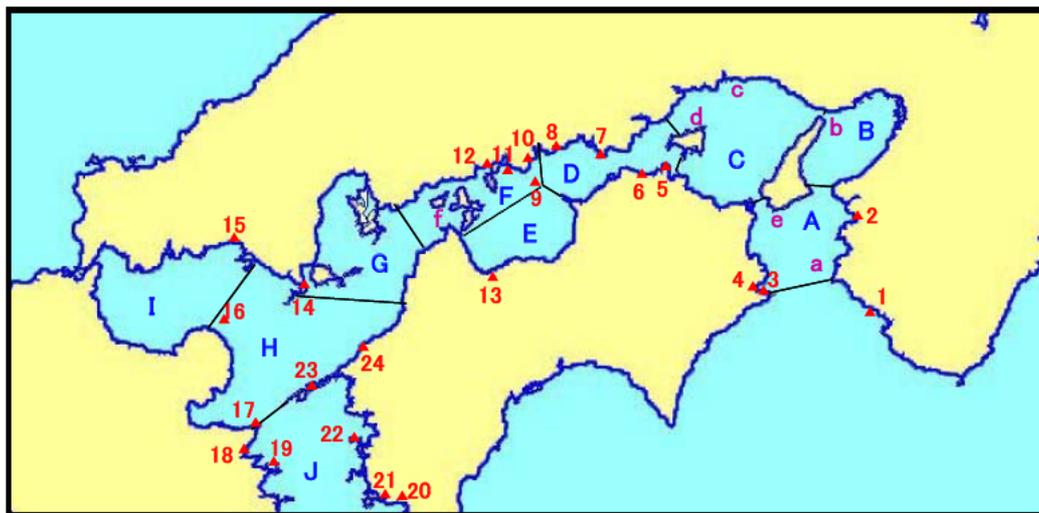


図3 灘区分及び調査地

- A: 紀伊水道 B: 大阪湾 C: 播磨灘 D: 備讃瀬戸 E: 燧灘 F: 備後・芸予瀬戸 G: 安芸灘 H: 伊予灘
- I: 周防灘 J: 豊後水道
- a: 日ノ岬 b: 淡路島 c: 家島諸島 d: 小豆島 e: 沼島 f: 岡村島
- 1: 印南 2: 戸坂 3: 椿泊 4: 橋町 5: 庵治 6: 高松 7: 下津井 8: 寄島 9: 走島 10: 田尻 11: 田島
- 12: 吉和 13: 西条 14: 上関 15: 周南 16: 姫島 17: 佐賀関 18: 佐志生 19: 保戸島 20: 深浦
- 21: 久良 22: 戸島 23: 三崎 24: 長浜

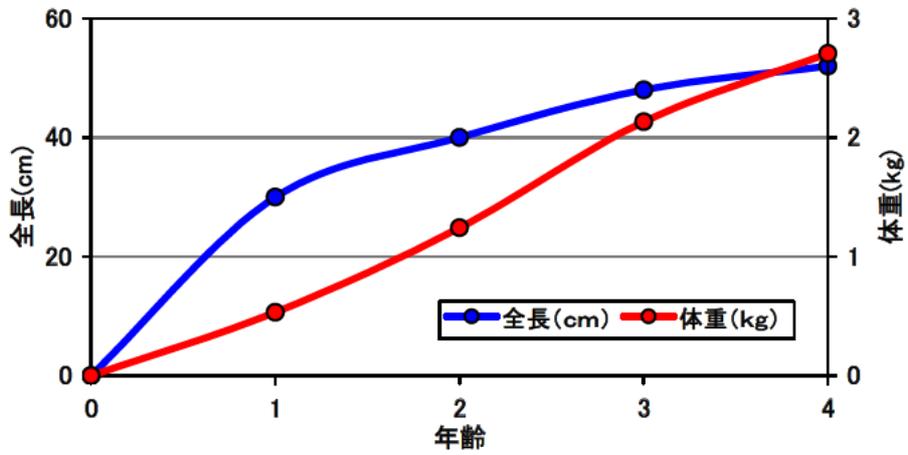


図4 トラフグの年齢別全長と体重(水産庁ほか 1996)

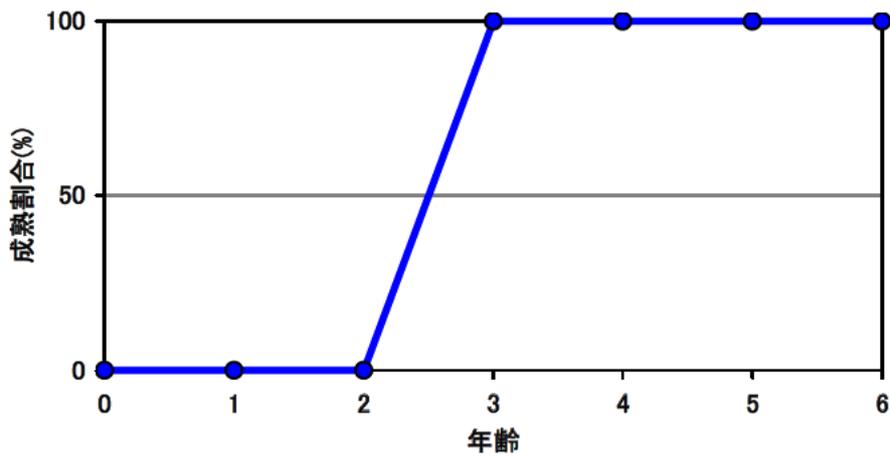


図5 瀬戸内海におけるトラフグ雌の年齢別成熟割合(山口県 1990)

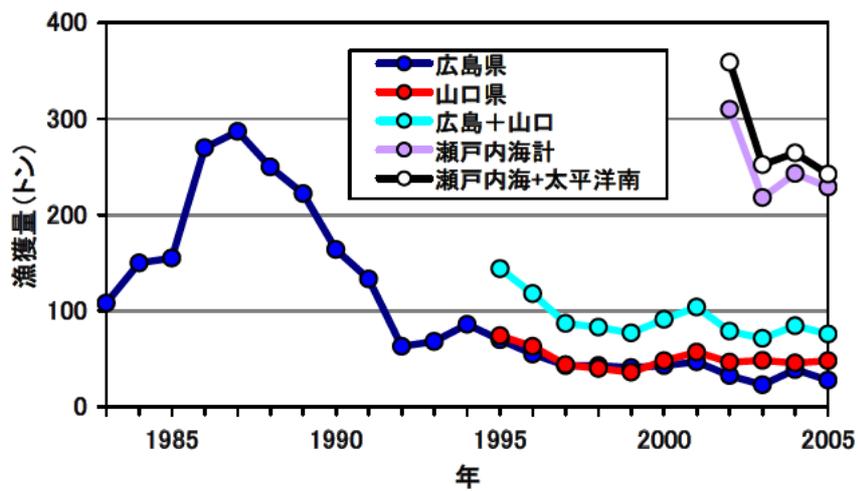


図6 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの漁獲量の推移

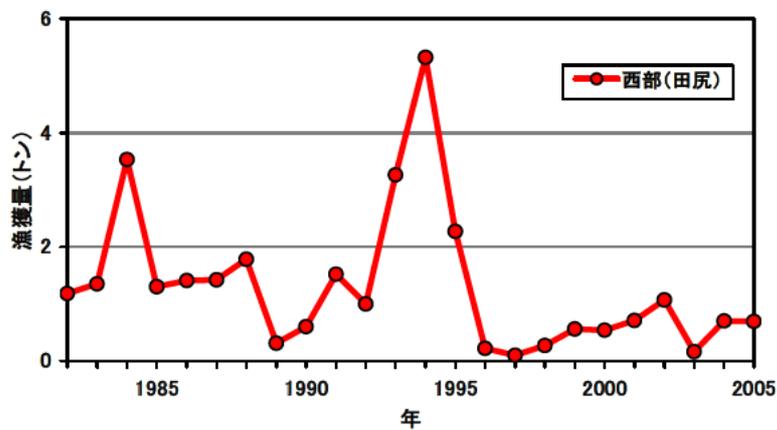
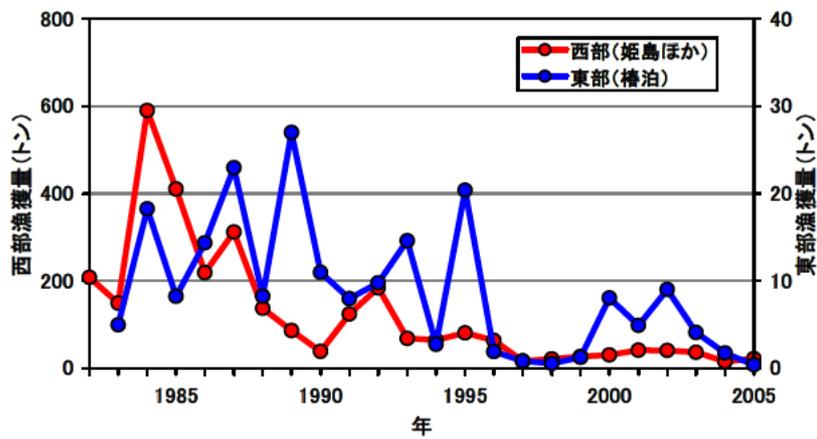
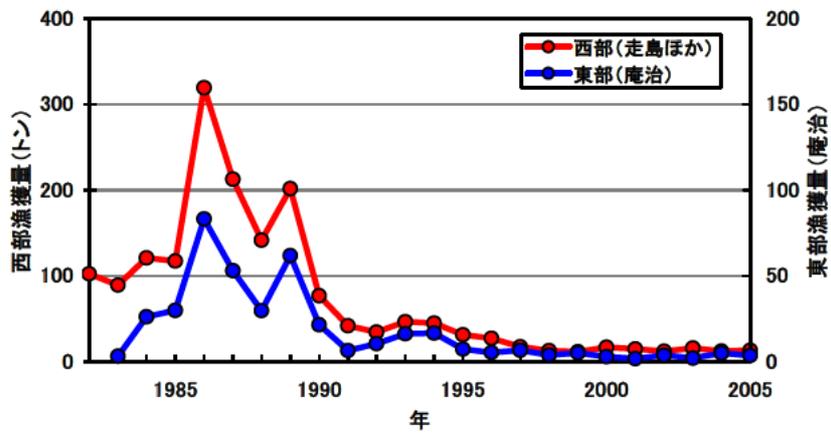


図7 主要漁協におけるトラフグ漁獲量の経年変化

上段: 春の産卵親魚(2歳魚以上)

中段: 秋～冬の0～1歳魚主体

下段: 0歳魚主体

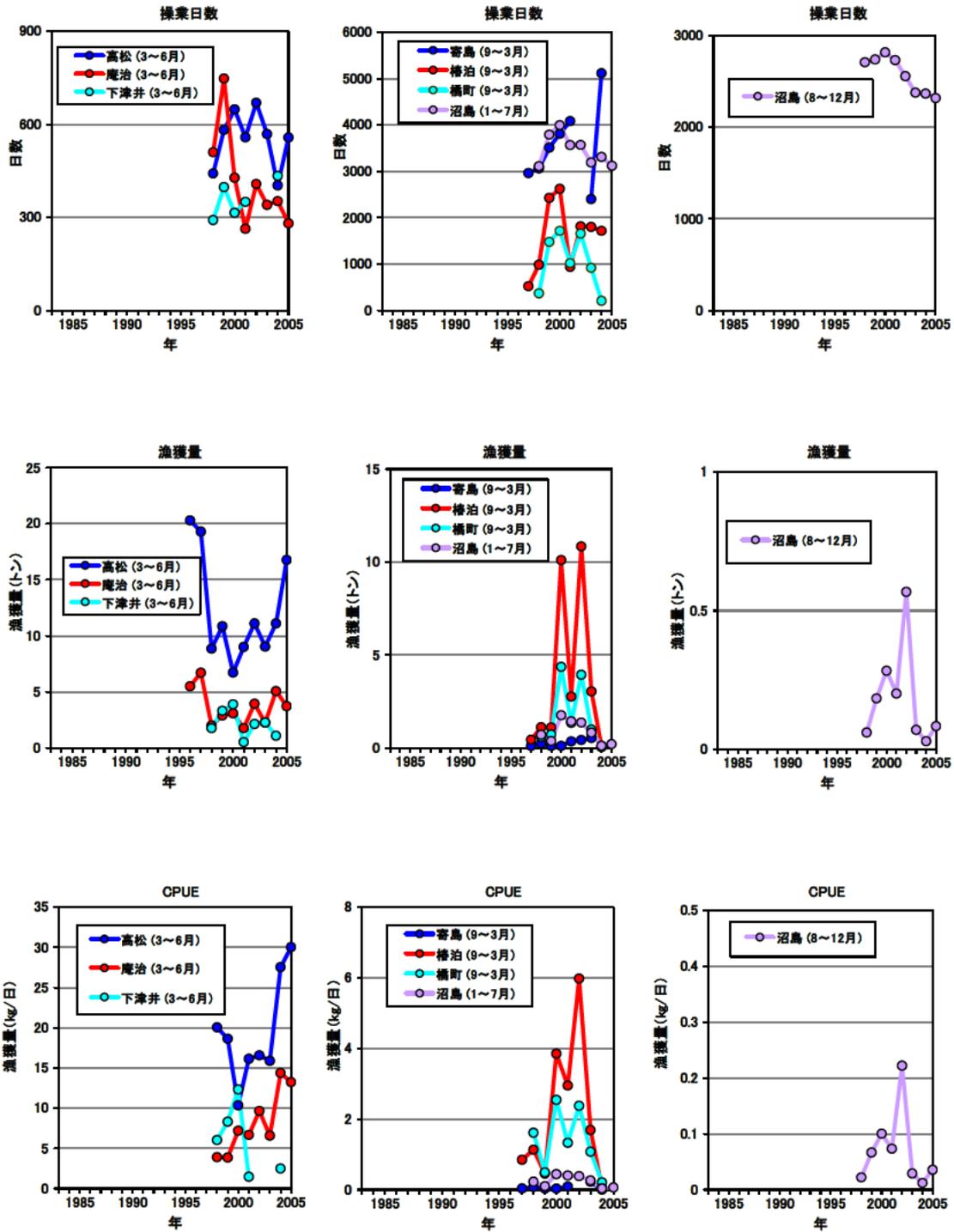


図8-1 瀬戸内海東部における漁協・漁法別のトラフグのCPUE
 (高松・庵治・下津井:敷網、椿泊・橘町:延縄、寄島・沼島:小型底曳網)
 左側:春の産卵親魚(2歳魚以上)
 中央:秋~冬の0~1歳主体
 右側:加入量(0歳魚)

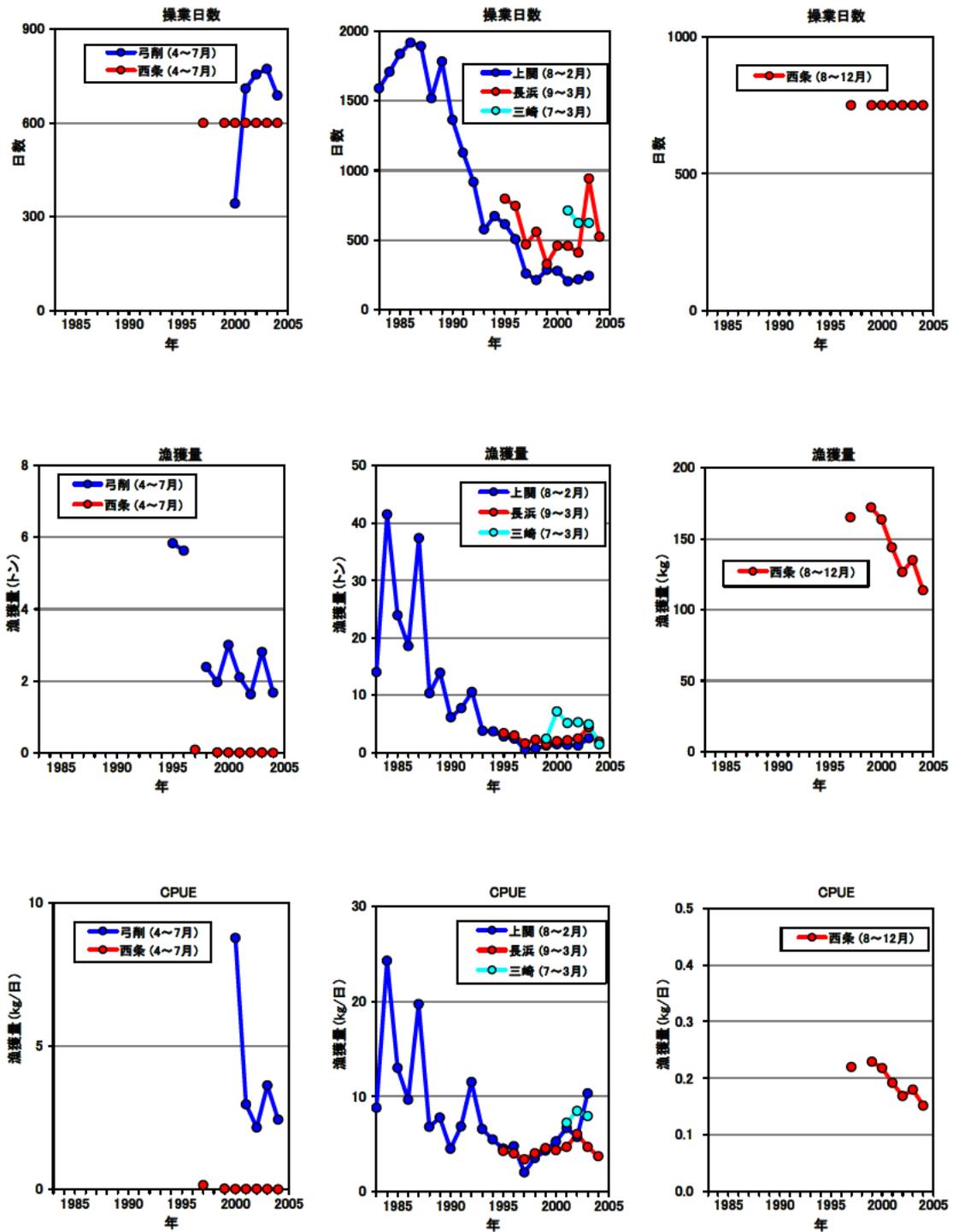


図8-2 瀬戸内海西部における漁協・漁法別のトラフグのCPUE
 (弓削・西条: 小型定置網、上関・長浜・三崎: 延縄)
 左側: 春の産卵親魚(2歳魚以上)
 中央: 秋~冬の0~1歳主体
 右側: 加入量(0歳魚)

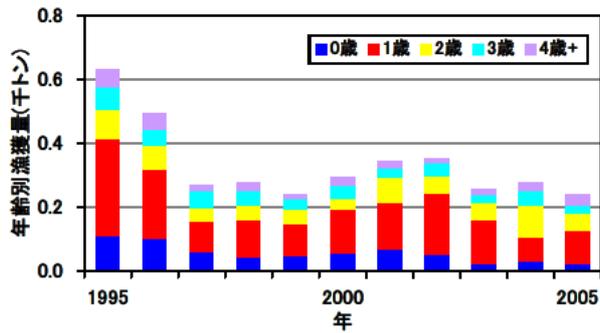
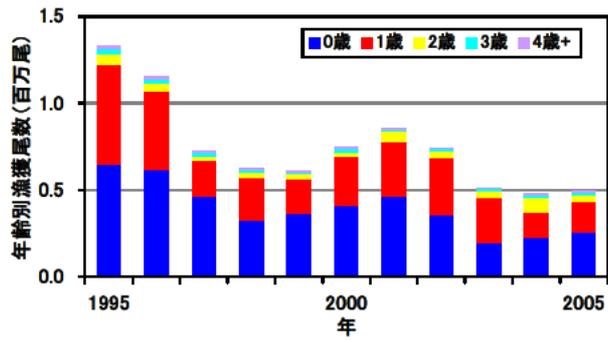


図9 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの年齢別漁獲尾数・漁獲量の推移

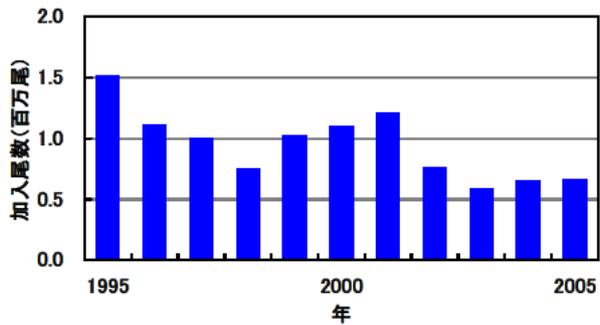
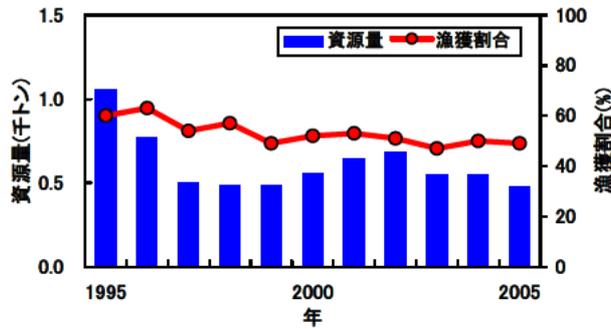


図10 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの資源量と加入尾数の推移

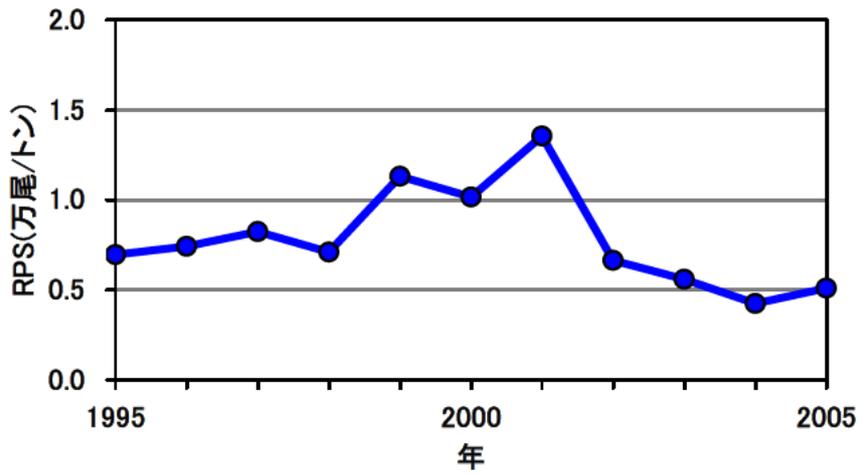


図11 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグのRPSの推移

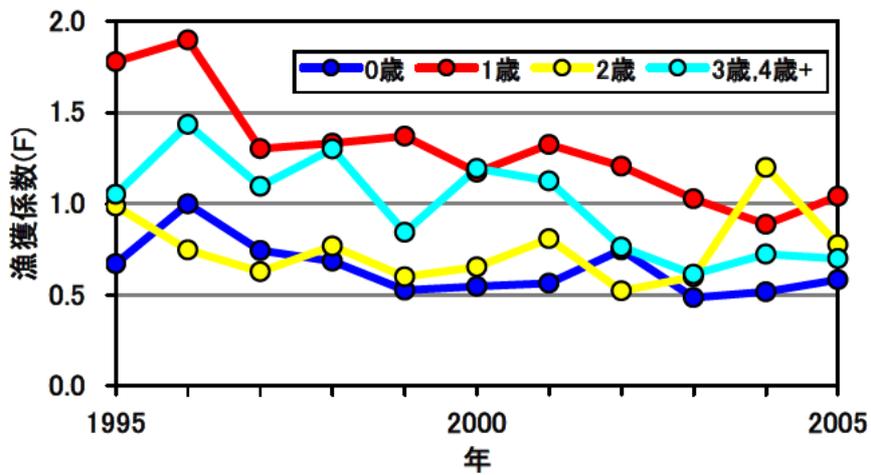


図12 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの年齢別漁獲係数の推移

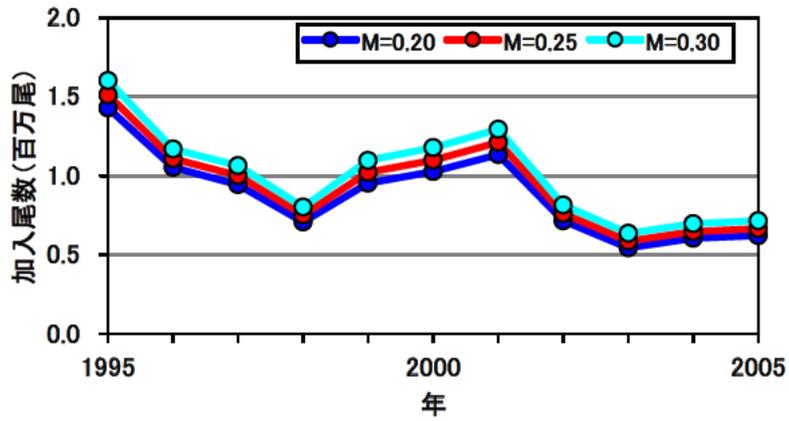
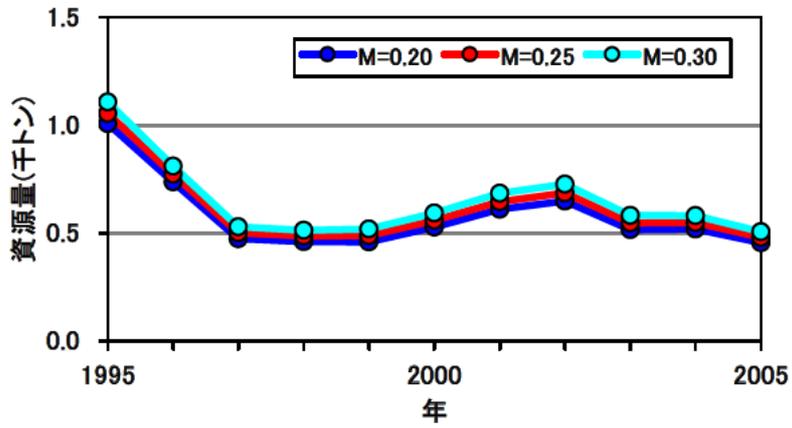


図13 自然死亡係数(M)の変化による瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの資源量及び加入尾数の推移

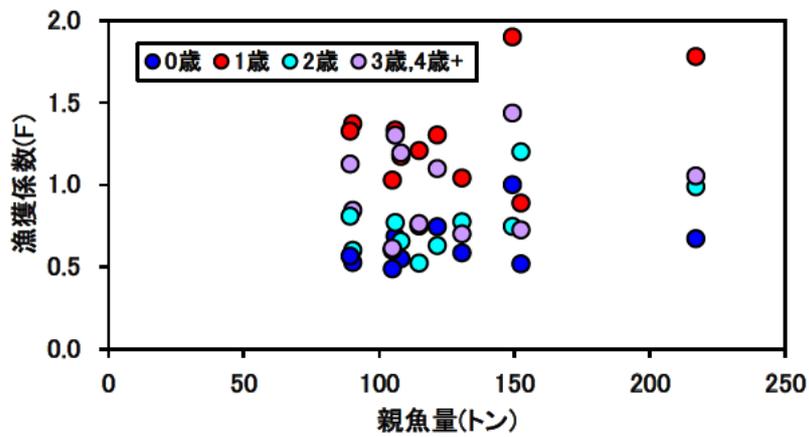


図14 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの親魚量と漁獲係数の関係

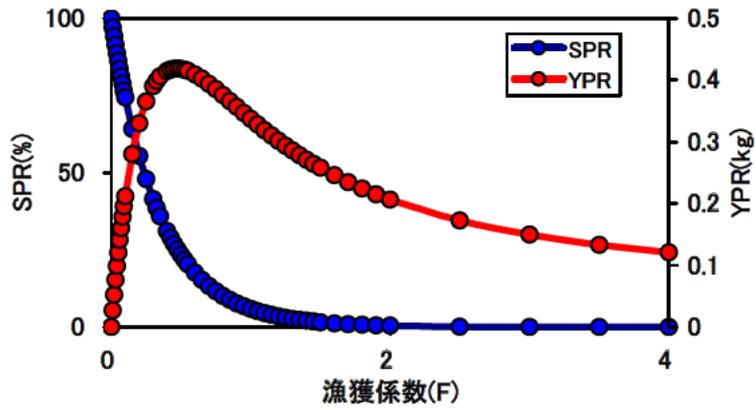


図15 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグのSPRとYPR(M=0.25)

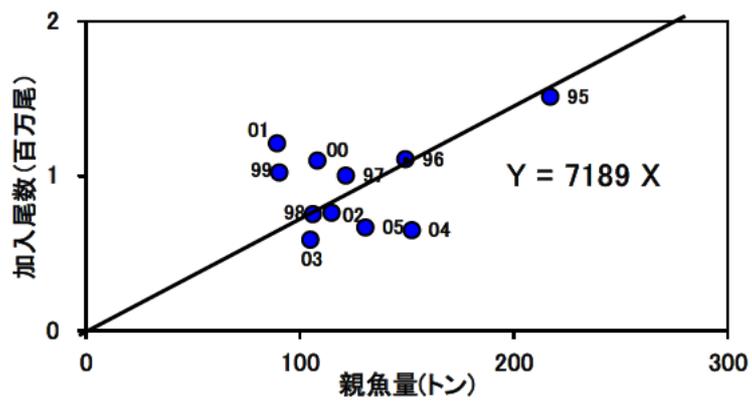


図16 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの親魚量と加入尾数との再生産関係(1995~2005年)

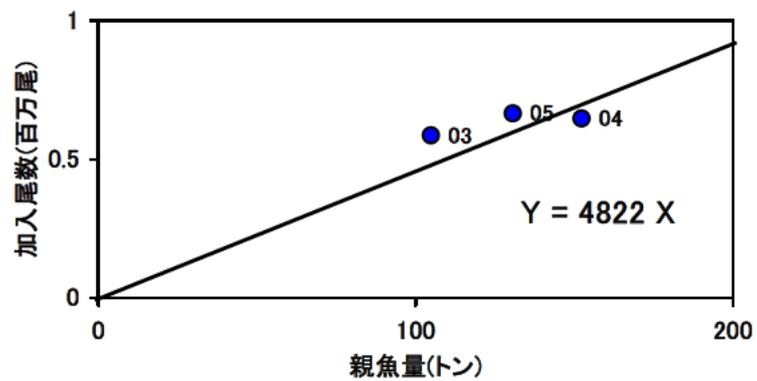


図17 瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの親魚量と加入尾数との再生産関係(2003~2005年)

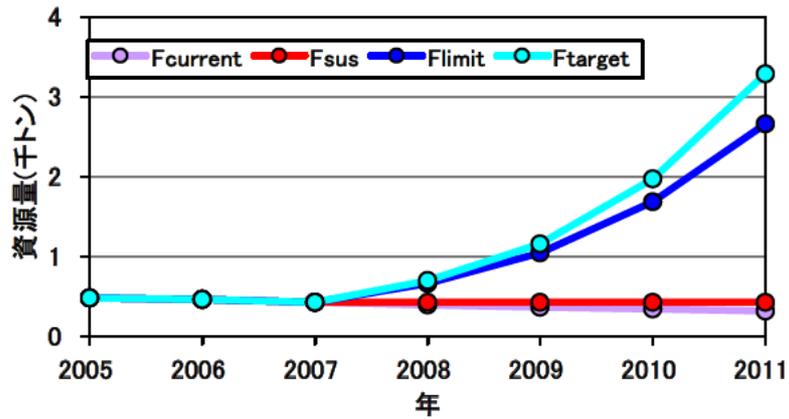


図18 漁獲係数(F)の値による瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの資源量の将来予測

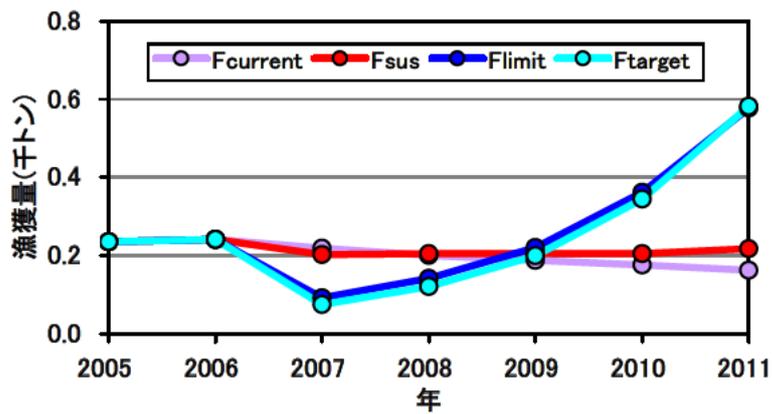


図19 漁獲係数(F)の値による瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの漁獲量の将来予測

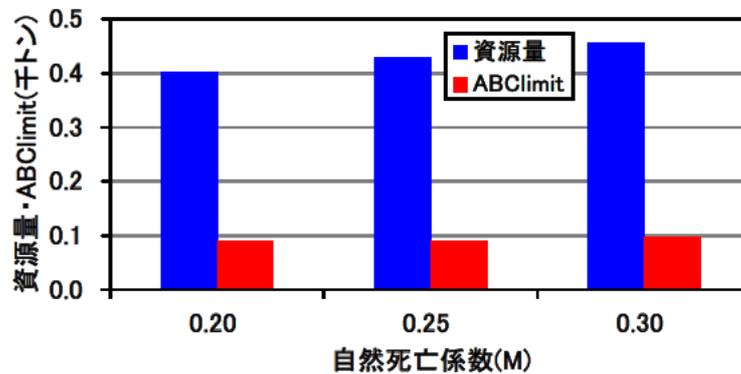


図20 自然死亡係数(M)の値による2007年の瀬戸内海及び太平洋南におけるトラフグの資源量とABC_{limit}

付表1 瀬戸内海西部4県及び宮崎県における漁獲量及び年齢組成の推定方法

年	宮崎県		大分県		山口県		広島県		愛媛県(燧灘)		愛媛県(豊後水道・伊予灘)	
	漁獲量	年齢組成の基礎資料	漁獲量	年齢組成の基礎資料	漁獲量	年齢組成の基礎資料	漁獲量	年齢組成の基礎資料	漁獲量	年齢組成の基礎資料	漁獲量	年齢組成の基礎資料
1995	年計あり。月別は1992年で代用した。	年計(10月)と冬(2月)の全長組成から年間の全長組成を作成した。	農林統計による年計あり。	市場調査による全長組成あり。	年計あり。月別組成は小型定置(走島)と小型定置(田尻)を使用した。	年計あり。月別は豊後水道では三崎・伊予灘では長浜の値を使用した。	年計は推定値。月別は弓削の値を使用した。	年計は推定値。月別は弓削の値を使用した。	年計は推定値。月別は豊後水道では三崎・伊予灘では長浜の値を使用した。	年計は推定値。月別は豊後水道では三崎・伊予灘では長浜の値を使用した。	年計は推定値。月別は豊後水道では三崎・伊予灘では長浜の値を使用した。	年計は推定値。月別は豊後水道では三崎・伊予灘では長浜の値を使用した。
1996	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
1997	年計あり。月別は2003年で代用した。	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
1998	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
1999	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
2000	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
2001	年計あり。月別あり。	市場調査による月別全長組成あり。	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
2002	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
2003	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
2004	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
2005	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
推定方法	海協別漁獲量を把握した。	伊予灘(姫島)と豊後水道(保戸島、佐志生、佐賀間)の主要地区別漁獲量から2002年と2003年の引き延ばし係数を求め、各年の推定値を算出した。伊予灘・豊後水道で切断した。	漁協別漁獲量を把握し、延縄と小型底曳グループに2分した。前者に周南、後者に広島県小型定置(田尻)の月別漁獲量割合を適用した。	月別全長組成をage-length keyで年齢変換した。山口県資料を全漁獲量に適用した。	①小型定置(走島型)：4～6月に親魚、②小型定置(田尻)：周年0歳と1歳、③小型底曳(夏～秋)：主に0歳)、④吾智網(4～6月主に親魚と未成魚)の4型に区分できるが、全長組成の制約から漁法別漁獲量を①と④、②と③の2型に一括した。なお②と③の比率は半々と仮定した。	燧灘(弓削)と伊予灘(長浜)の漁獲量を合計し、2002年と2003年の引き延ばし係数を求め、その平均値で各年の年間漁獲量を推定し、更に弓削と長浜の漁獲量比で燧灘と伊予灘の月別漁獲量を割り出した。	燧灘(弓削)と伊予灘(長浜)の漁獲量を合計し、2002年と2003年の引き延ばし係数を求め、その平均値で各年の年間漁獲量を推定し、更に弓削と長浜の漁獲量比で燧灘と伊予灘の月別漁獲量を割り出した。	月別又は四半期別全長組成に正規分布をあてはめ、年齢群に分解した。	燧灘(弓削)と伊予灘(長浜)の漁獲量を合計し、2002年と2003年の引き延ばし係数を求め、その平均値で各年の年間漁獲量を推定し、更に弓削と長浜の漁獲量比で燧灘と伊予灘の月別漁獲量を割り出した。	月別又は四半期別全長組成に正規分布をあてはめ、年齢群に分解した。	燧灘(弓削)と伊予灘(長浜)の漁獲量を合計し、2002年と2003年の引き延ばし係数を求め、その平均値で各年の年間漁獲量を推定し、更に弓削と長浜の漁獲量比で燧灘と伊予灘の月別漁獲量を割り出した。	月別又は四半期別全長組成に正規分布をあてはめ、年齢群に分解した。

付表2 主要漁協の漁法及び漁獲対象魚

漁業根拠地	漁法	漁獲対象
<u>紀伊水道</u>		
椿泊	延縄	0歳～3+歳
<u>備讃瀬戸</u>		
庵治	敷網	産卵親魚
高松	敷網	産卵親魚
<u>備後芸予瀬戸</u>		
吉和	一本釣り	産卵親魚
	吾智網	産卵親魚
因島	一本釣り	産卵親魚
弓削島	小型定置網	産卵親魚
田島	小型定置網	産卵親魚
走島	小型定置網	産卵親魚
田尻	小型定置網	0歳魚
<u>燧灘沿岸</u>		
今治	小型底びき網	0歳魚
西条	小型底びき網	0歳魚
	刺網	0歳魚
新居浜	小型底びき網	0歳魚
寒川	小型底びき網	0歳魚
	小型定置網	0歳魚
観音寺	小型底びき網	0歳魚
<u>伊予灘・豊後水道</u>		
徳山	延縄	主に0歳、1+歳
長浜	延縄	主に0歳、1+歳
姫島	延縄	主に0歳、1+歳
三崎	延縄	主に0歳、1+歳
佐賀関	延縄	0歳～3+歳魚
佐志生	延縄	0歳～3+歳魚
保戸島	延縄	0歳～3+歳魚
戸島	一本釣り	0歳～3+歳魚
深浦	一本釣り	0歳～3+歳魚
久良	一本釣り	0歳～3+歳魚

付表3 備後・芸予瀬戸における主要漁協のトラフグ漁獲量の年変化

年	漁業根拠地										計	田尻	田尻**	西条	西条**	
	吉和(釣)*	吉和(吾)*	走島*	田島*	弓削島*	因島*	田尻	田尻**	西条	西条**						
1976	15.38	—	11.07	2.95	3.80	19.89	—	—	—	—	53.09	2.44	—	—	—	—
1977	75.02	14.08	46.11	7.16	22.26	44.21	—	—	—	—	208.84	1.51	—	—	—	—
1978	4.42	4.42	7.08	2.34	4.32	2.23	—	—	—	—	24.81	0.70	—	—	—	—
1979	2.03	3.28	5.08	0.51	—	1.59	—	—	—	—	12.49	0.42	—	—	—	—
1980	1.49	5.31	—	—	5.44	1.78	—	—	—	—	14.02	2.29	—	—	—	—
1981	5.99	9.63	21.93	3.27	6.17	4.80	—	—	—	—	51.79	1.67	—	—	—	—
1982	15.50	15.79	42.35	7.50	13.64	8.11	—	—	—	—	102.89	1.64	1.18	—	—	—
1983	6.79	21.61	38.64	6.55	12.84	2.99	—	—	—	—	89.42	1.59	1.35	—	—	—
1984	5.28	16.04	49.21	13.68	34.99	1.93	—	—	—	—	121.13	4.07	3.53	—	—	—
1985	3.91	7.88	57.48	18.86	28.50	0.90	—	—	—	—	117.53	1.45	1.30	—	—	—
1986	7.27	9.79	187.59	30.19	82.60	2.00	—	—	—	—	319.44	1.50	1.41	—	—	—
1987	—	14.95	93.15	30.58	63.19	11.00	—	—	—	—	212.87	3.10	1.42	—	—	—
1988	—	10.36	68.88	17.56	36.04	9.07	—	—	—	—	141.91	1.92	1.78	—	—	—
1989	—	19.26	105.97	23.50	44.16	9.08	—	—	—	—	201.97	0.52	0.31	—	—	—
1990	—	5.00	35.34	7.47	21.22	8.00	—	—	—	—	77.03	0.67	0.60	—	—	—
1991	—	2.76	14.53	3.00	8.73	13.00	—	—	—	—	42.02	1.70	1.52	—	—	—
1992	—	1.59	18.51	2.70	7.04	5.00	—	—	—	—	34.84	1.44	1.00	—	—	—
1993	—	3.01	25.90	5.30	8.55	4.00	—	—	—	—	46.76	3.50	3.26	—	—	—
1994	—	3.95	23.92	3.99	8.39	5.00	—	—	—	—	45.25	5.57	5.32	—	—	—
1995	—	(3.41)	14.15	3.20	5.87	5.00	—	—	—	—	31.63	2.43	2.27	—	—	—
1996	—	3.15	11.47	3.39	5.60	4.00	—	—	—	—	27.61	0.50	0.22	—	—	—
1997	—	1.01	8.32	2.42	3.00	3.00	—	—	—	—	17.75	0.23	0.10	(0.25)	—	0.17
1998	—	0.79	6.01	1.17	2.39	3.00	—	—	—	—	13.36	0.34	0.27	—	—	—
1999	—	1.58	3.36	1.45	2.00	3.54	—	—	—	—	11.93	0.72	0.56	(0.17)	—	0.17
2000	—	5.51	2.87	1.77	3.00	(4.00)	—	—	—	—	17.15	0.66	0.54	0.17	—	0.16
2001	—	3.33	4.75	1.65	1.94	(3.53)	—	—	—	—	15.20	0.85	0.71	0.15	—	0.14
2002	—	1.91	4.87	1.15	1.63	(2.89)	—	—	—	—	12.45	1.19	1.07	0.14	—	0.13
2003	—	3.14	4.54	2.01	2.81	(3.78)	—	—	—	—	16.28	0.29	0.16	0.14	—	0.14
2004	—	1.31	5.32	1.40	1.69	(2.94)	—	—	—	—	12.66	0.82	0.70	0.12	—	0.11
2005	—	3.30	3.84	1.06	2.14	(3.13)	—	—	—	—	13.47	0.79	0.69	3.47	—	3.46

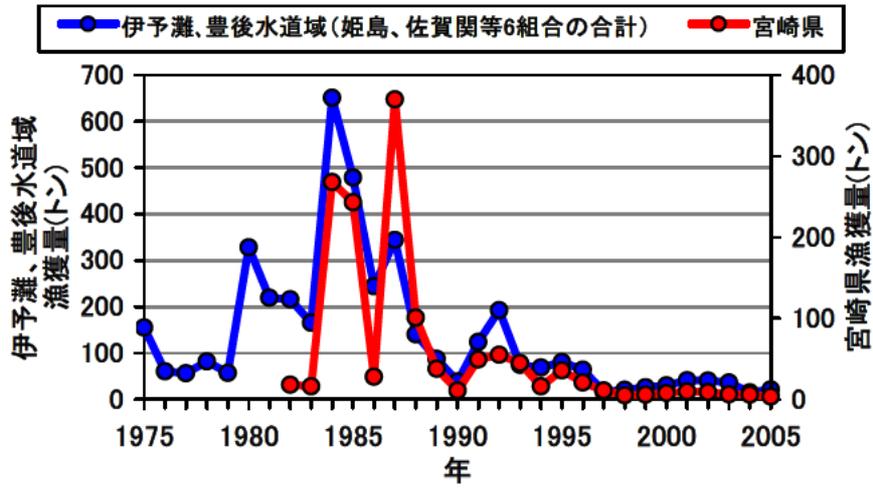
*: 春の産卵親魚を漁獲対象とする. **: 8~12月の漁獲量で主に当歳魚を対象とする.
 (): 推測値. —: 不明.

単位:トン

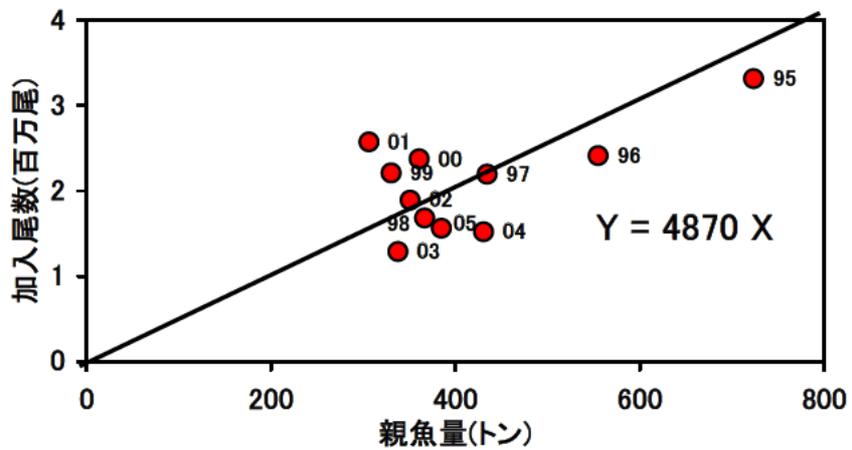
年	業 漁					根 拠 地			計		
	姫島	佐賀関	保戸島	佐志生	三崎	長浜	6漁協計*	戸島		久良	深浦
1975	97.14	58.03	—	—	—	—	—	—	—	—	155.17
1976	45.53	15.37	—	—	—	—	—	—	—	—	60.90
1977	32.79	17.40	—	—	6.39	—	—	—	—	—	56.58
1978	52.49	17.21	—	—	11.60	—	—	0.91	—	—	82.21
1979	35.00	8.23	—	—	13.72	—	—	—	—	—	56.95
1980	155.07	36.93	30.87	46.52	52.04	—	—	3.23	3.37	—	328.03
1981	81.41	34.35	34.95	23.70	40.86	—	—	3.30	0.93	—	219.50
1982	65.65	30.38	36.38	10.67	53.29	11.84	208.21	2.94	4.93	—	216.08
1983	37.14	20.33	34.86	4.38	42.02	10.29	149.02	2.36	5.84	8.47	165.69
1984	224.94	54.19	60.69	28.56	201.46	20.71	590.55	3.64	38.79	18.34	651.32
1985	127.24	17.94	56.18	49.27	141.28	18.53	410.44	0.93	37.72	29.43	478.52
1986	56.50	6.11	62.49	28.17	57.55	8.24	219.06	0.10	2.93	22.18	244.27
1987	106.03	16.96	37.42	8.45	129.86	13.05	311.77	0.62	7.10	24.94	344.43
1988	19.88	5.25	25.10	10.38	63.83	12.79	137.23	0.02	1.85	1.61	140.71
1989	16.30	1.91	15.01	2.68	37.50	12.98	86.38	0.00	1.06	0.08	87.52
1990	12.41	0.90	9.71	2.03	7.14	6.51	38.70	0.01	0.01	—	38.72
1991	37.58	14.80	19.48	7.65	36.56	8.09	124.16	—	—	—	124.16
1992	51.52	12.39	28.18	9.36	71.01	11.56	184.02	—	7.96	—	191.98
1993	17.50	1.71	20.34	2.91	21.12	4.92	68.50	—	5.90	—	74.40
1994	15.26	4.53	15.21	5.29	19.58	4.53	64.40	—	4.31	—	68.71
1995	15.77	7.77	21.67	6.87	24.41	3.97	80.46	—	0.00	—	80.46
1996	13.60	3.20	15.20	3.00	25.20	3.00	63.20	—	1.10	—	64.30
1997	7.70	0.21	1.40	0.91	4.70	1.30	16.22	—	0.01	—	16.23
1998	8.68	0.38	2.81	1.38	5.22	2.47	20.94	—	[0.02]	—	20.96
1999	11.90	0.40	4.71	1.67	6.27	1.41	26.36	—	—	—	(26.36)
2000	15.35	0.24	6.25	0.66	6.04	1.77	30.31	—	—	—	(30.31)
2001	21.39	0.52	9.27	1.47	6.42	2.30	41.37	—	—	—	(41.37)
2002	23.65	0.60	6.39	1.34	5.91	2.86	40.75	—	—	—	(40.75)
2003	18.15	0.19	7.85	1.15	5.16	4.02	36.52	—	—	—	(36.52)
2004	6.32	0.21	4.14	0.87	3.04	0.62	15.20	—	—	—	(15.20)
2005	7.95	0.14	4.91	0.51	4.03	3.87	21.41	—	—	0.03	(21.44)

*: 姫島, 佐賀関, 保戸島, 佐志生, 三崎及び長浜漁協の合計漁獲。
 []: 漁法込み, —: 不明, (): 推定。

単位: トン



付図1 宮崎県と伊予灘・豊後水道域における漁獲量の経年比較 (宮崎県 2005を改変)



付図2 瀬戸内海、太平洋南、日本海及び東シナ海におけるトラフグの親魚量と加入尾数との再生産関係