

平成 26（2014）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

コホート解析により推定した本系群の資源量は、2002 年の 968 トンから 2004 年の 878 トンに減少した後、2006 年には 1,045 トンに増加したが、その後は減少に転じ、2013 年は 829 トンであった。漁獲量の指標値および資源量の推移から、資源水準は低位、動向は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。2019 年に 2006 年の 1,045 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、2013 年は 169 万尾の人工種苗が放流された。2013 年の放流魚の混入率は 22%、添加効率は 0.06 と推定された。

	2015年漁期ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABClimit	101トン	$0.45F_{\text{current}}$	0.19	15%
ABCtarget	83トン	$0.8 \cdot 0.45F_{\text{current}}$	0.15	12%

F値は全年齢の平均値、漁獲割合はABC/資源量。

2015年漁期は2015年4月～2016年3月である。

年	資源量（トン）	漁獲量（トン）	F値	漁獲割合
2012	854	230	0.36	27%
2013	829	250	0.41	30%
2014	756	—	—	—

資源量、漁獲量、F、漁獲割合は、漁期年度（4月～翌年3月）の値である。

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	九州・山口北西海域におけるふぐ延縄の漁獲成績報告書（水産庁） 下関唐戸魚市場取扱量（下関唐戸魚市場（株）、山口県） 有明海における釣りの CPUE（長崎県） 愛媛県及び広島県の標本漁協における小型定置網の CPUE（中国四国農政局、水研セ） 香川県の標本漁協における袋待網の CPUE（香川県） 山口県の瀬戸内海側におけるふぐ延縄の CPUE（中国四国農政局）
自然死亡係数(M)	年当たり $M = 0.25$ を仮定
漁獲努力量指標	九州・山口北西海域におけるふぐ延縄の漁獲成績報告書（水産庁） 広島県及び愛媛県の標本漁協における小型定置網の努力量（中国四国農政局） 香川県の標本漁協における袋待網の努力量（香川県） 山口県の瀬戸内海側におけるふぐ延縄の努力量（中国四国農政局）
放流魚の混入率	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、平成 25 年度全国トラフグ全国協議会資料） 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 年度全国トラフグ全国協議会資料） 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）、種苗放流による資源造成支援事業（広域種資源造成支援事業）（平成 23～25 年度）中間報告書、愛媛県、山口県）

1. まえがき

トラフグは、沿岸漁業の重要な対象種である。天然魚や人工種苗を用いた標識放流・再捕調査から、日本海、東シナ海及び黄海に分布する成魚が九州北西岸、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）が報告されており、日本海、東シナ海及び瀬戸内海に分布するトラフグは同一系群であるとされている。本系群の主な漁場である日本海、東シナ海及び瀬戸内海では、漁獲量の減少が続いており、2005 年より九州・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資源管理措置は 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。また、本種は栽培漁業の対象種となっており、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、黄海及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、東シナ海及び黄海へ移動し、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、東シナ海及び黄海へ移動する（伊藤 1997）。また、天然魚や人工種苗を用いた標識放流・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 (mm)の von Bertalanffy 成長式（上田ら 2010）および全長 L(cm)と体重 W(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、雌雄いずれも最大で全長 60cm 以上となる大型種である（尾串 1987、岩政 1988）。

(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、布刈瀬戸及び備讃瀬戸とされ、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

産卵場である七尾湾、若狭湾、福岡湾、有明海、八代海、関門海峡周辺、布刈瀬戸及び備讃瀬戸では、3～6月に2歳魚以上の親魚が定置網、釣り、敷網によって漁獲され、7～1月にはそこで発生した0歳魚が定置網、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、豊後水道及び紀伊水道では、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 1996、柴田ら 1997、伊藤・多部田 2000）。本種を主対象として漁獲する日本海及び東シナ海におけ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海域が主漁場となった。新日韓漁業協定（1999）、新日中漁業協定（2000）以降は九州・山口北西海域が主漁場となっている。

（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ため、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（漁期年：4～3月）を用いた。下関唐戸魚市場（株）では1971年から日本海、東シナ海産を外海産、瀬戸内海産を内海産として区別して取扱い、統計を整備している。なお、2005年から三重県、愛知県、静岡県産も内海産に含まれる。取扱量は1971～1993年に590～1,891トンで推移後、1994年から急激に減少し、1997年以降109～336トンと低水準で推移しており、2013年は124トンであった（表2、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トンから減少傾向で、2013年は250トンであった（表3、図5）。海域別では、日本海・東シナ海ではほぼ横ばいであったが、瀬戸内海では減少傾向であった（表3、図5）。

（3）漁獲努力量

広島県と愛媛県に挟まれた備後芸予瀬戸では、小型定置網により4～6月に主に2歳魚以上の産卵親魚が漁獲される。漁獲努力量として、愛媛県の弓削島漁協と広島県の走島漁協及び田島漁協の1983～2001年の小型定置網統数を使用した。統数は1991年に最大（398統）となり、その後、減少傾向で2001年は329統であった（表4、図6）。また、この海域の東部に位置する広島県芦田川河口域では、小型定置網により8～12月に主に0歳魚が漁獲される。漁獲努力量として、広島県の田尻漁協（現 田尻あんずの里漁協）の1983～2001年の小型

定置網統数を使用した。統数は1983年の19統から1986年の84統に急増した後、減少傾向で、2001年は62統であった（表4、図7）。なお、備後芸予瀬戸では2002年以降漁獲努力量に関する統計情報は得られなくなった。

岡山県と香川県に挟まれた備讃瀬戸では、袋待網により4～6月に主に2歳魚以上の産卵親魚が漁獲される。漁獲努力量として、香川県の瀬戸内漁協及び庵治漁協の1999～2013年の有漁隻数を使用した。有漁隻数は2006年に最大（806隻）となった後は減少傾向で、2011年は354隻であったが、2012年から再び増加に転じ、2013年は706隻であった（表4、図8）。

山口県の瀬戸内海側では、延縄により周年0歳魚以上のふぐ類が漁獲される。当該海域における1995～2006年のふぐ類漁獲量に占めるトラフグの割合は61～99%であったことから、ふぐ延縄は主にトラフグを漁獲対象としていたと考えられる。漁獲努力量として、山口県の瀬戸内海側の1981～2006年の出漁日数を使用した。出漁日数は1991年に最大（15,761日）となった後は減少傾向で、2006年は5,571日であった（表4、図9）。なお、山口県瀬戸内海側では2007年以降漁獲努力量に関する統計情報は得られなくなった。

九州・山口北西海域では、延縄により9～3月に主に1歳魚以上が漁獲される。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に基づいて調査された2005～2013年漁期の総針数を使用した。総針数は、資源回復計画が開始された2005年には18百万針であったが、2007年以降は減少して2013年は11百万針であった（表4、図10）。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

本系群の資源量は、日本海、東シナ海及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5）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。年齢の起算日は4月1日とし、全長階級値別雌雄比とAge-length key（補足表1、2）を用いて年齢別漁獲尾数を算出した。年齢-全長および全長-体重の関係式は2. (2) に記述した通りである。

(2) 資源量指標値の推移

備後芸予瀬戸における産卵親魚を対象とした小型定置網の1983～2001年漁期のCPUE（トン/統）は、1983年の0.24トン/統数から1986年の0.89トン/統に増加した後、急激に減少し、1991年に0.06トン/統となり、2001年の0.03トン/統まで低位で推移した（表4、図6）。

芦田川河口域における0歳魚を対象とした小型定置網の1983～2001年漁期のCPUE（トン/統）は、大きく変動し、1983～1984年と1993～1995年は0.03～0.09トン/統と高く推移し、その他の年は0.00～0.02トン/統と低く推移した（表4、図7）。

備讃瀬戸における産卵親魚を対象とした袋待網の1999～2013年漁期のCPUE（トン/隻）は、1999年の0.02トン/隻から2008年に最大（0.07トン/隻）となり、その後も変動を繰り返す、2013年は0.02トン/隻であった（表4、図8）。

山口県の瀬戸内海側における0歳魚以上のふぐ類を対象とした延縄の1981～2006年漁期

の CPUE (トン/日) は、1981 年の 0.019 トン/日から 1984 年の 0.049 トン/日に増加した後、急激に減少し、1990 年に 0.007 トン/日となり、2006 年の 0.008 トン/日まで低位で推移した (表 4、図 9)。

比較的長期のデータが得られている瀬戸内海における CPUE の推移は、下関唐戸魚市場 (株) の内海産の取扱量の推移と概ね一致した。

九州・山口北西海域における 1 歳魚以上を主対象とした延縄の 2005～2013 年漁期の CPUE (kg/千針) は、2005 年の 5.0kg/千針から増加傾向で、2013 年は 8.7kg/千針で 2005 年以降最高値であった (表 4、図 10)。

有明海では、釣りにより 3～5 月に 2 歳魚以上の産卵親魚 (主に雄)、9～12 月に 0 歳魚が漁獲される。有明海における産卵親魚を対象とした釣りの 1999～2013 年漁期の CPUE (kg/隻) は、1999 年の 4.7kg/隻から増加傾向で、2013 年は 7.3kg/隻であった (表 4、図 11)。0 歳を対象とした釣りの 1999～2013 年漁期の CPUE (kg/隻) は、1999 年の 11.4kg/隻から増加傾向で、2013 年は 26.8kg/隻であった (表 4、図 10)。一方、天然 0 歳の 2000～2013 年漁期の CPUE (kg/隻) は、2000 年の 15.9kg/隻から減少傾向であったが、2013 年は増加に転じ 15.1kg/隻であった (表 4、図 11)。

本系群は広域に分布するトラフグを同一系群として評価しているが、CPUE の推移は、海域間で異なった。

(3) 漁獲物の年齢組成

漁獲物の半分以上は 0 歳魚(37～66%)と 1 歳魚(10～34%)で占められており、未成魚に漁獲が偏っている (表 5、図 12)。また、漁獲物の年齢組成は海域により異なり、有明海では 0 歳魚が、瀬戸内海は 0・1 歳魚が、日本海、東シナ海では 1・2 歳魚が漁獲の中心になっている (図 13)。0 歳魚の漁獲尾数は有明海および瀬戸内海どちらの海域においても減少傾向であった (図 14)。

(4) 資源量と漁獲割合の推移

資源量は、2002 年の 968 トンから 2004 年の 878 トンに減少した後、2006 年には 1,045 トンに増加したが、その後は減少に転じ、2013 年は 829 トンであった (表 6、7、図 15)。一方、九州・山口北西海域及び有明海では CPUE が増加傾向で、系群全体の資源量の推移とは同調せず、備讃瀬戸における袋待網の CPUE も系群全体の資源量の推移とは同調しなかった。漁獲割合は 27～40% (平均 32%) で推移した (表 7、図 15)。感度分析として M を 0.1 増加させた場合、2013 年の資源量は 29%、産卵親魚量 (SSB) は 27%、加入量は 30% 増加した (図 16、図 17、図 18)。M を 0.1 減少させた場合、2013 年の資源量は 19%、SSB は 18%、加入量は 18%減少した (図 16、図 17、図 18)。

(5) 再生産関係

0 歳魚の資源尾数と放流魚の混入率に基づいて 0 歳魚を天然魚と放流魚に分離し、再生産関係を検討した。SSB は年齢と成熟の関係から 3 歳魚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、SSB と加入量との間に明瞭な関係は認められなかった (表 8、図 19)。RPS(尾/kg)は 2005 年から 2007 年にかけて大きく低下し、その後も低

下傾向にある（表 8、図 20）。

本系群は複数の産卵場および成育場を有していることから、備後芸予瀬戸と有明海についてそれぞれの再生産関係を検討した。

備後芸予瀬戸については、1983～2001 年の備後芸予瀬戸における産卵親魚の CPUE と隣接する芦田川河口域における 0 歳魚の CPUE を用いて再生産関係を検討した。その結果、明瞭な再生産関係は認められなかったが、1994 年以降、産卵親魚と 0 歳の CPUE はいずれも減少傾向であった（表 4、図 21）。

有明海については、2000～2013 年の産卵親魚と天然 0 歳魚の CPUE を用いて再生産関係を検討した。その結果、産卵親魚の CPUE は近年増加傾向であるが天然 0 歳魚の CPUE は必ずしも増加しておらず、明瞭な関係は認められなかった（図 22）。

（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、630 トン未満を低位、630～1,260 トンを中位、1,151 トン以上を高位と区分して資源水準を決定した。2013 年の漁獲量指標は 111 トンであることから、資源水準は低位と判断した（表 2、図 4）。資源量は 2009 年の 920 トンから 2013 年には 829 トンに低下しており、資源動向は減少と判断した（表 6、7、図 15）。

（7）資源と漁獲の関係

表 9 および図 23 に年齢別 F の経年変化を示す。0 歳の F は低下傾向にあった。現状の F（全年齢の平均値）は $F_{30\%SPR}$ を上回っており、加入乱獲であることが示唆された（図 24）。さらに、漁獲開始年齢と各年齢の 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 28% 増大すると予測された（図 25）。

（8）種苗放流効果

本種は、放流魚のサイズ、放流場所および尾鰭の欠損状況によって資源への添加効率が異なることが明らかになっている（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、各種放流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。九州及び山口県沿岸で得られた放流魚の放流場所、サイズ及び尾鰭の欠損状況別の回収率（漁獲された放流魚の尾数/放流尾数）及び回収重量（漁獲された放流魚の重量）に基づいて有効放流尾数を推定した。有効放流尾数の算出の詳細は補足資料 3 に示す。本系群全体における 0 歳魚での放流魚の混入率は、標識（胸鰭切除標識、アリザリン・コンプレクソン(ALC)による耳石標識及び焼印標識）によって識別された放流魚の漁獲尾数を調査率で引き延ばし、系群全体の 0 歳魚の漁獲尾数で除することによって算出した。その結果、2002～2013 年の混入率は 3.9～54.8%（平均 22.4%）で推移した（表 10、図 26）。また、大規模な放流が実施されている有明海及び瀬戸内海のそれぞれについて 0 歳魚の放流魚の混入率を算出した結果、有明海における 2000～2013 年の混入率は 9.0～80.5%（平均 36.0%）で推移し、瀬戸内海における 2002～2013 年の混入率は 0.1～37.9%（平均 7.5%）で推移した（表 10）。有効放流尾数に対する添加効率は 0.05～0.19（平均 0.11）で推移した

(表 10)。他の栽培対象種に比べて放流魚の混入率が高い原因は放流尾数に対して 0 歳魚の資源尾数が少ないためと考えられる。有明海では長崎県が放流した放流群については重量ベースでの産卵親魚における放流魚の混入率が算出されており、2001～2013 年の混入率は 0～23.8%で推移し、2006 年以降増加傾向である(図 27)。有明海では上記の放流群以外にも多数の放流群が放流されており、産卵親魚における放流魚の混入率は更に高いと推測されるがその実態は明らかになっていない。

2015 年から各年齢の F 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 2019 年の資源量を推定し、等量線図を作成した。天然 0 歳魚の資源尾数は 2006 年以降 RPS が減少傾向であることから(表 8)、2011～2013 年の RPS の平均値と SSB の積を用いて推定した。放流による 0 歳の資源尾数は有効放流尾数が 2002 年以降増加傾向であることから(表 8)、2011～2013 年の有効放流尾数の平均値と 2002～2013 年の添加効率の平均値の積を用いた。その結果、各年齢の F を 10%減少させることは有効放流尾数を 27 万尾(24%)増加させることと同等の効果があると推定された(図 28)。

5. 2015 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、資源動向は減少であり、RPS も低迷していることから、現状の漁獲および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 29)。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 30)。本系群の資源の回復のためには、漁獲圧の緊急な削減に加えて、放流種苗を効率的に資源に追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 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 12 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、管理基準は $F_{current}$ とした。 β_2 は 2019 年の資源量が資源管理指針・計画の下で中長期的な回復目標とされている 1,045 トン(2006 年の資源量)を達成する値である 0.45 とし、 ABC_{limit} は 101 トンとなった。 F_{target} の安全率 α は標準値 0.8 とし、 ABC_{target} は 83 トンとなった。

	2015年漁期ABC	資源管理基準	F値	漁獲割合
ABC_{limit}	101 トン	$0.45F_{current}$	0.19	15%
ABC_{target}	83 トン	$0.8 \cdot 0.45F_{current}$	0.15	12%

F値は全年齢の平均値、漁獲割合はABC/資源量。

2015年漁期は2015年4月～2016年3月である。

2014 年以降の天然 0 歳魚の資源尾数は、2006 年以降、RPS が低下傾向であることから(表 8)、近年 3 年間(2011～2013 年)の RPS の平均値と SSB との積と仮定した。放流による 0 歳魚の資源尾数は、有効放流尾数が 2002 年以降増加傾向であることから(表 8)、

近年 3 年間 2011～2013 年) の有効放流尾数の平均値とデータが得られた 2002～2013 年の添加効率の平均値の積を用いた。1 歳魚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)。

(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。 $F_{current}$ を継続した場合、資源量は 2019 年に 554 トンに減少すると予測され、2019 年に 2013 年の資源量を上回るためには $0.6F_{current}$ とする必要があると予測された。 F_{limit} である $0.45F_{current}$ とすることで 2019 年に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	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.04	0.1Fcurrent	250	218	24	31	40	50	62
0.08	0.2Fcurrent	250	218	47	59	73	88	106
0.12	0.3Fcurrent	250	218	69	84	100	117	136
0.17	0.4Fcurrent	250	218	90	106	122	137	155
0.19	0.45Fcurrent	250	218	101	116	132	146	162
0.21	0.5Fcurrent	250	218	111	125	139	152	166
0.25	0.6Fcurrent	250	218	130	142	153	161	171
0.30	0.7Fcurrent	250	218	149	156	163	167	172
0.33	0.8Fcurrent	250	218	167	169	170	169	170
0.37	0.9Fcurrent	250	218	184	180	175	169	166
0.42	1.0Fcurrent	250	218	201	189	178	167	160
0.46	1.1Fcurrent	250	218	217	196	179	164	153
0.50	1.2Fcurrent	250	218	232	203	179	159	146

資源量 (トン)								
F	基準値	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
0.04	0.1Fcurrent	829	756	663	865	1,104	1,357	1,669
0.08	0.2Fcurrent	829	756	663	834	1,029	1,224	1,459
0.12	0.3Fcurrent	829	756	663	805	960	1,105	1,278
0.17	0.4Fcurrent	829	756	663	776	895	999	1,121
0.19	0.45Fcurrent	829	756	663	761	862	946	1,045
0.21	0.5Fcurrent	829	756	663	749	835	904	986
0.25	0.6Fcurrent	829	756	663	722	780	818	868
0.30	0.7Fcurrent	829	756	663	697	728	742	767
0.33	0.8Fcurrent	829	756	663	672	680	673	678
0.37	0.9Fcurrent	829	756	663	649	636	612	602
0.42	1.0Fcurrent	829	756	663	626	594	557	535
0.46	1.1Fcurrent	829	756	663	604	556	507	477
0.50	1.2Fcurrent	829	756	663	583	520	463	426

(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
2012年の漁獲量の確定値	2012年の漁獲量および2006～2012年の資源量

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)
2013年 (当初)	0.6Fcurrent	0.26	727	147	121	
2013年 (2013年再評価)	0.53Fcurrent	0.24	639	115	95	
2013年 (2014年再評価)	0.59Fcurrent	0.24	829	151	124	250
2014年 (当初)	0.54Fcurrent	0.24	584	112	92	
2014年 (2014年再評価)	0.56Fcurrent	0.23	758	133	109	

F値は全年齢の平均値。

管理基準でFcurrentにかかる係数が再評価で変化しているのは、2013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、2014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年漁獲量を概数値から確定値に更新し、2013年のデータを加えてコホート解析を行ったところ、2014年再評価で2013および2014年の資源量は上方修正された。2013年漁獲量は、提案したABC値より大きかった。資源量を回復させるためには、漁獲を抑える必要がある。

6. ABC 以外の管理方策の提言

近年、RPSが低水準で推移し、天然魚の加入が低水準かつ減少傾向にあるにもかかわらず漁獲物に占める未成魚の割合が高いことから(表5、図11)、未成魚の漁獲圧の削減、特に0歳魚の保護や再放流が資源回復のために重要と考えられる。本種は栽培漁業の対象種であり、人為的に加入量を増加させることが可能で、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一定の効果(100万尾の放流により5万～19万尾の資源への添加、現状の漁獲圧の下で放流後4年間で約34トンの漁獲量の増加：表10、補足資料3)が得られている。しかし、種苗放流だけで急速に資源を回復させることは困難と予測されることから(図29、30)、資源管理との適切な組み合わせが必要である。また、本種の成育場は沿岸の限られた海域であることから、種苗放流尾数の決定に際しては環境収容力に注意を払う必要がある。さらに、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り、各海域のCPUEの推移が系群全体と必ずしも同調していない。このことから、ABCに基づく管理方策に加えて、各産卵場及び成育場においてそれぞれの海域における漁獲実態や資源状況に応じた漁獲規制や保護を行うことが必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.
- 岩政陽夫 (1988)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, 23, 30-35.
- 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. 海洋と生物, 201, 400-405.
- 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.
- 昭和58～平成13年愛媛農林水産統計年報(1983～2001)中国四国農政局統計部, 農林水産省.

- 昭和58～平成13年広島農林水産統計年報 (1983～2001)中国四国農政局統計部, 農林水産省.
昭和56～平成18年山口農林水産統計年報 (1981～2006)中国四国農政局統計部, 農林水産省.
種苗放流による資源造成支援事業 (広域種資源造成支援事業) (平成23～25年度) 中間報告書 (2014) (社) 全国豊かな海づくり推進協会、海域栽培漁業推進協議会.
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.



図1. 分布域と産卵場

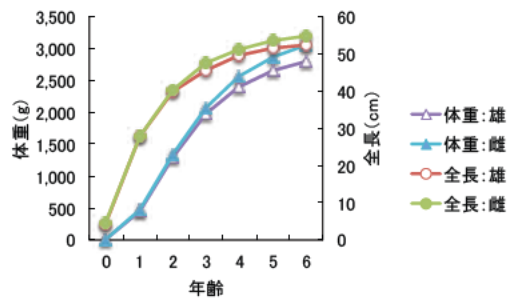


図2. 年齢と成長

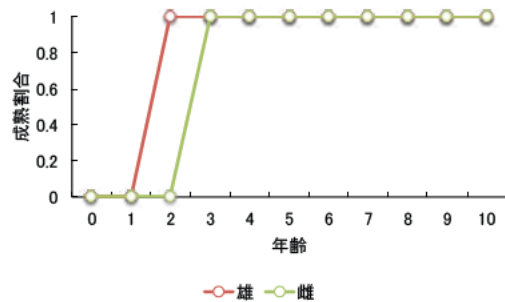


図3. 年齢と成熟

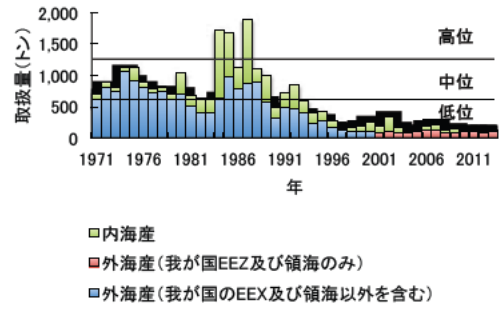


図4. 下関唐戸魚市場における取捕量の推移

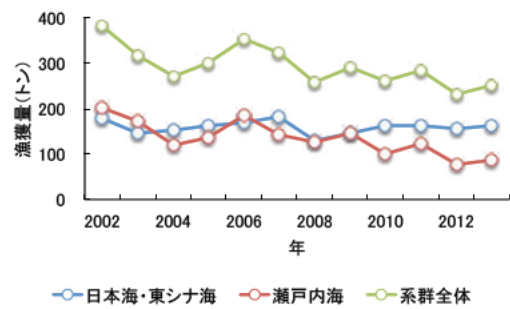


図5. 漁獲量の推移

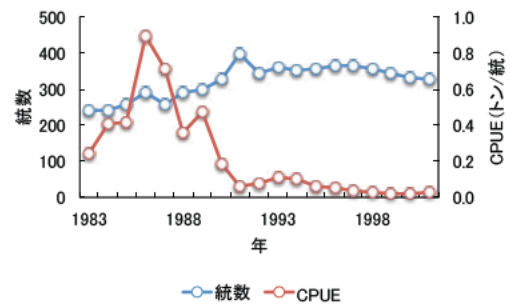


図6. 備後芸予瀬戸における産卵親魚を対象とした小型定置網の努力量とCPUEの推移

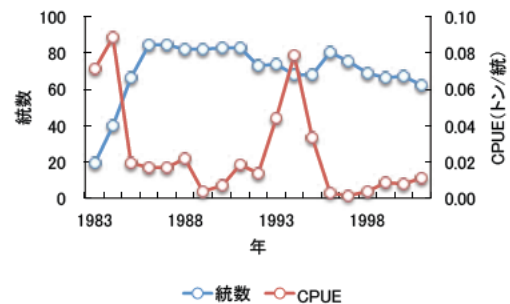


図7. 芦田川河口域における0歳魚を対象とした小型定置網の努力量とCPUEの推移

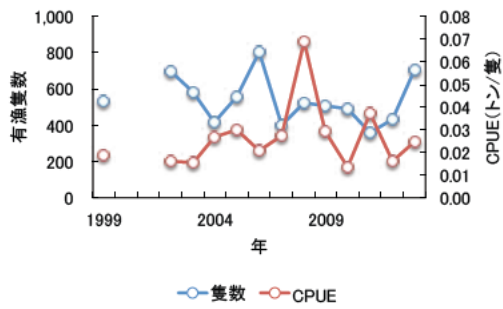


図8. 備讃瀬戸における産卵親魚を対象とした袋待網の努力量とCPUEの推移

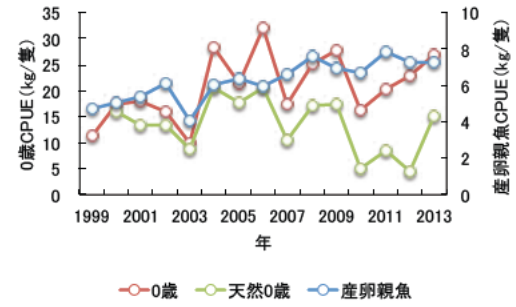


図11. 有明海における0歳魚、天然0歳魚および産卵親魚のCPUEの推移

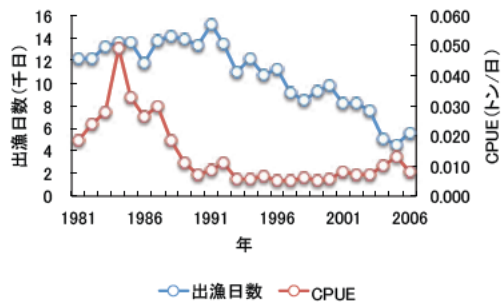


図9. 山口県の瀬戸内海側における0歳魚以上を対象とした延縄の努力量とCPUEの推移

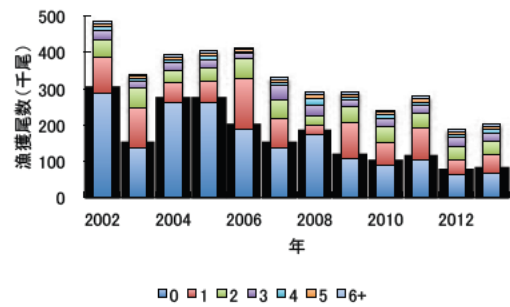


図12. 年齢別漁獲尾数の推移

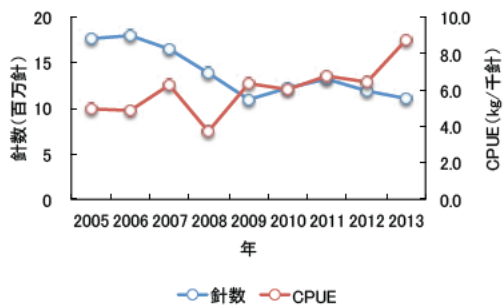


図10. 九州・山口北西海域における1歳魚以上を対象とした延縄の努力量とCPUEの推移

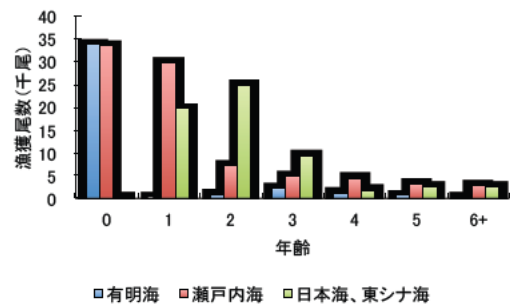


図13. 2013年度の海域別年齢別漁獲尾数

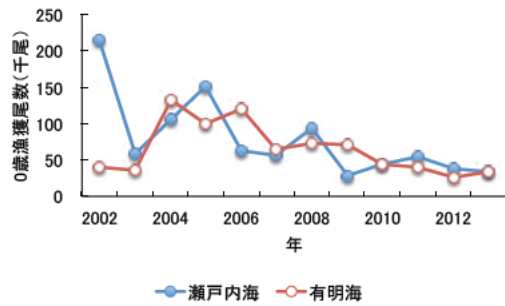


図14. 有明海および瀬戸内海における0歳魚の漁獲尾数の推移

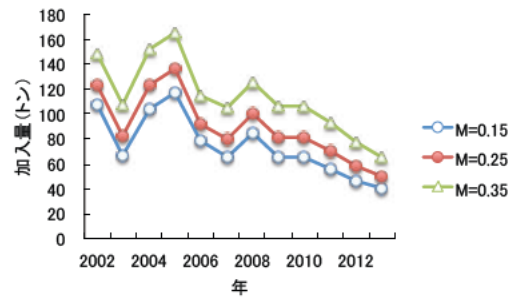


図18. 加入量に対するMの感度分析

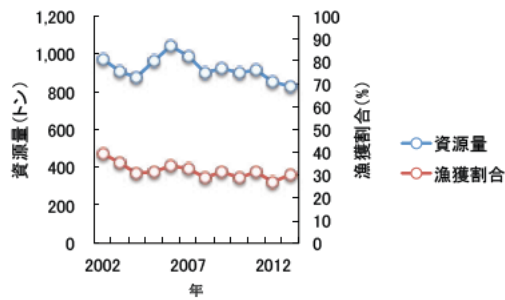


図15. 資源量と漁獲割合の推移

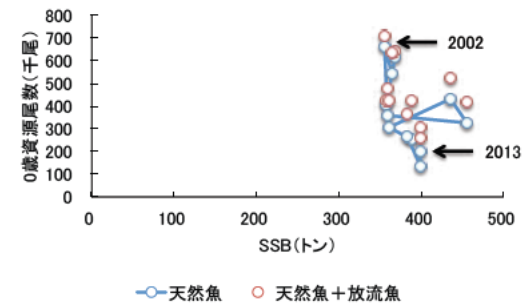


図19. 再生産関係の推移

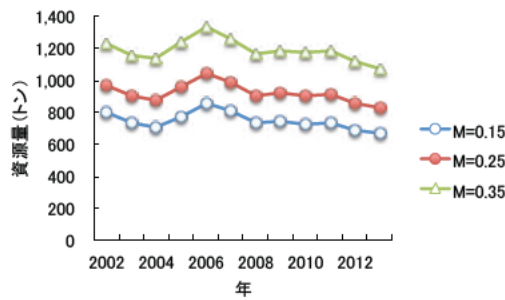


図16. 資源量に対するMの感度分析

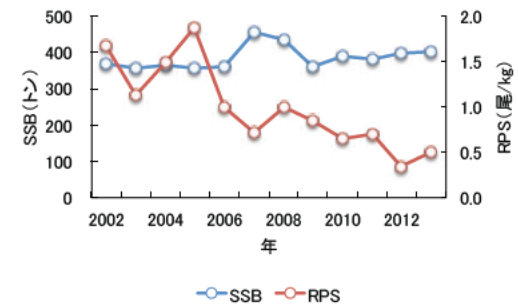


図20. SSBとRPSの推移

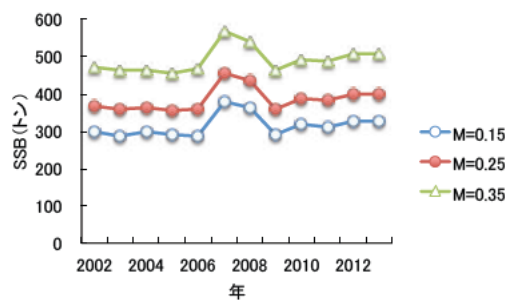


図17. SSBに対するMの感度分析

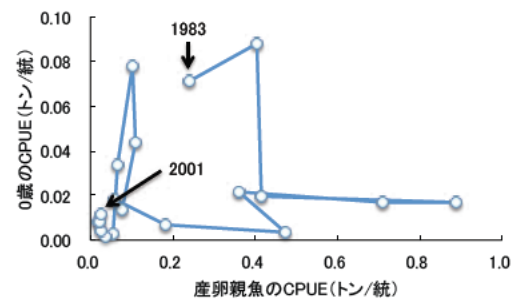


図21. 備後芸予瀬戸における再生産関係の推移

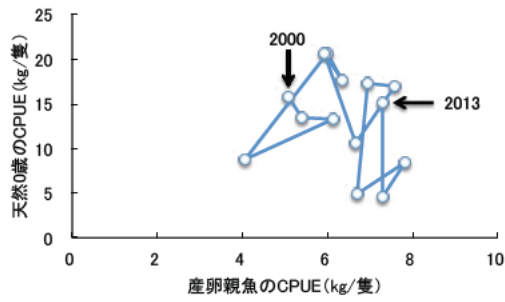


図22. 有明海における再生産関係の推移

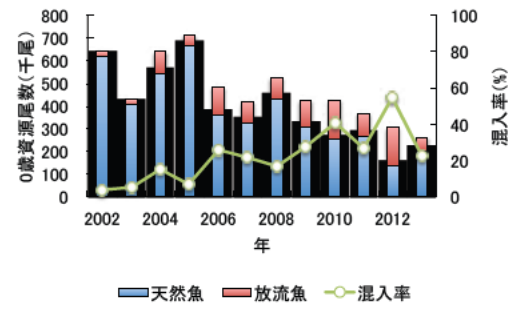


図26. 0歳魚資源尾数と0歳時の放流魚の混入率の推移

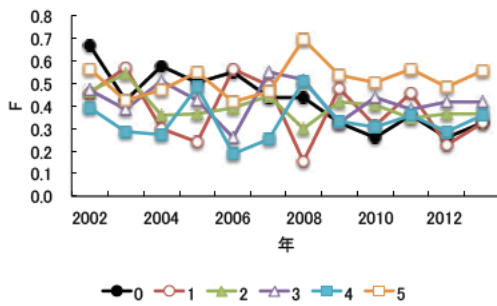


図23. 年齢別のFの推移

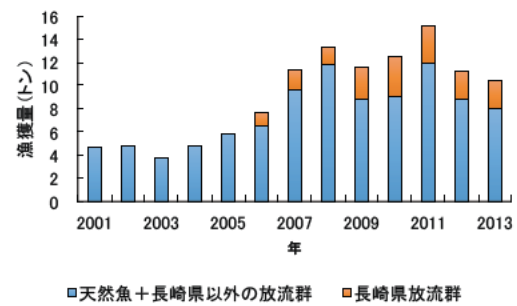


図27. 有明海における産卵親魚の漁獲量の推移

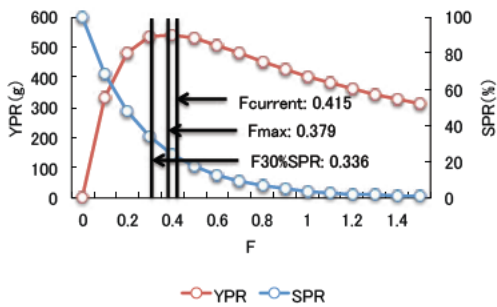


図24. FとYPR、SPRの関係

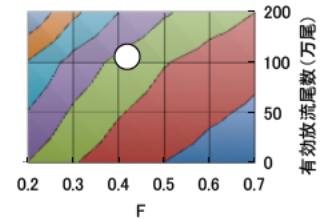


図28. 2019年の資源量 (トン) の等量線図 (ポイントは現状のFと有効放流尾数)

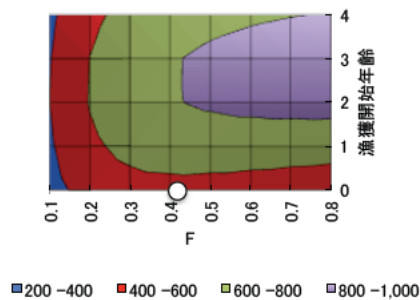


図25. YPR (g) の等量線図 (ポイントは現状のFと漁獲開始年齢)

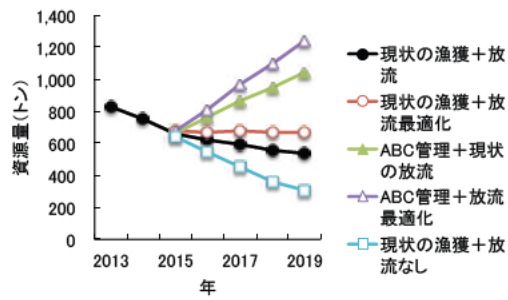


図29. 各種条件における資源量の将来予測（放流の最適化は、全長70mmで尾鰭の正常度が0.8以上の種苗を成育場に放流する）

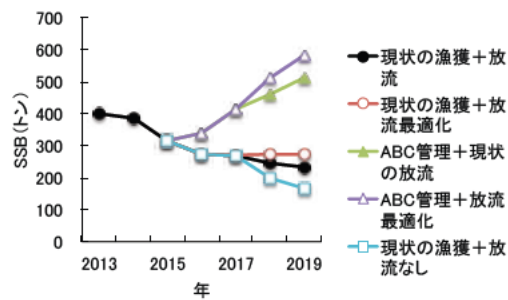


図30. 各種条件におけるSSBの将来予測（放流の最適化は、全長70mmで尾鰭の正常度が0.8以上の種苗を成育場に放流することを意味する）

表1. 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

年	2013
放流尾数	1,686

表2. 下関唐戸魚市場の取扱量の推移（トン）

年	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
外海産	615	809	736	1,068	909	810	730	745	611	707
内海産	90	74	63	57	218	69	51	66	82	325
合計	704	883	799	1,125	1,127	879	781	811	693	1,032

年	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
外海産	513	397	395	637	973	786	865	881	577	315
内海産	172	229	247	1,079	709	336	1,025	225	428	176
合計	684	626	642	1,716	1,681	1,123	1,891	1,106	1,005	490

年	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
外海産	485	471	392	234	279	164	114	95	103	94
内海産	244	369	198	168	152	105	35	65	85	165
合計	729	840	590	402	430	269	148	160	188	258

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
外海産	87	101	73	83	100	122	124	91	81	100
内海産	92	234	95	27	29	75	89	38	70	25
合計	179	336	168	111	129	197	212	129	151	125

年	2011	2012	2013
外海産	92	86	98
内海産	35	23	26
合計	127	109	124

漁期年（4～3月）集計。

表3. 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
2013	4	6	2	2	4	49	55	7	19	6	1	6	162

年	瀬戸内海											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	計	
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	2	17	21	18	3	2	6	7	0.2	0	76	230
2013	3*	24*	15*	16	3*	6*	4*	17	0.1	0.3*	89*	250*

漁期年（4～3月）集計。

*概数値。

表4. 九州・山口北西海域における延縄の努力量とCPUE、備後芸予瀬戸における小型定置網の努力量とCPUE、芦田川河口域における小型定置網の努力量とCPUE、備讃瀬戸における袋待網の努力量とCPUE、有明海における釣りのCPUE、山口県瀬戸内海側における延縄の努力量とCPUE

年	九州・山口北西海域 延縄 (1歳以上)		備後芸予瀬戸 小型定置網 (2歳以上)		芦田川河口域 小型定置網 (0歳)		備讃瀬戸 袋待網 (2歳以上)		有明海 釣り (2歳以上) (0歳)		山口県瀬戸内海側 延縄 (0歳以上)			
	針数	CPUE	統数	CPUE	統数	CPUE	有漁 隻数	CPUE	CPUE (kg/隻)	CPUE	CPUE (kg/隻)	CPUE	出漁 日数	CPUE
		(kg/千針)		(トン/統)		(トン/統)		(トン/隻)		(kg/隻)		(kg/隻)		(トン/日)
1981													12,214	0 019
1982													12,241	0 024
1983			241	0 24	19	0 07							13,187	0 028
1984			241	0 41	40	0 09							13,571	0 049
1985			257	0 42	66	0 02							13,687	0 033
1986			292	0 89	84	0 02							11,806	0 027
1987			258	0 71	84	0 02							13,800	0 030
1988			291	0 36	82	0 02							14,151	0 019
1989			298	0 47	82	0 00							13,911	0 011
1990			328	0 18	83	0 01							13,374	0 007
1991			398	0 06	83	0 02							15,170	0 009
1992			343	0 08	73	0 01							13,542	0 011
1993			362	0 11	74	0 04							10,970	0 005
1994			353	0 10	68	0 08							12,172	0 006
1995			355	0 07	68	0 03							10,727	0 007
1996			364	0 06	80	0 00							11,279	0 005
1997			366	0 04	75	0 00							9,141	0 005
1998			354	0 03	69	0 00							8,494	0 006
1999			344	0 02	66	0 01	531	0 02	4 7	11 4			9,319	0 005
2000			331	0 02	67	0 01			5 1	17 4	15 9		9,827	0 006
2001			329	0 03	62	0 01			5 4	18 0	13 5		8,229	0 008
2002							698	0 02	6 1	16 0	13 3		8,234	0 007
2003							578	0 02	4 1	9 9	8 8		7,505	0 007
2004							412	0 03	6 0	28 5	20 6		5,039	0 010
2005	17,647,521	5 0					558	0 03	6 4	21 3	17 7		4,597	0 013
2006	18,063,367	4 9					806	0 02	5 9	32 0	20 7		5,571	0 008
2007	16,554,741	6 3					398	0 03	6 7	17 5	10 5			
2008	13,972,456	3 7					525	0 07	7 6	25 1	17 0			
2009	10,988,266	6 4					510	0 03	6 9	27 7	17 3			
2010	12,257,017	6 0					493	0 01	6 7	16 3	4 9			
2011	13,167,825	6 8					354	0 04	7 8	20 4	8 4			
2012	11,975,289	6 5					431	0 02	7 3	23 0	4 5			
2013	11,037,943	8 7					706	0 02	7 3	26 8	15 1			

表5. 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	64,608	39,009	37,353	24,848	8,446	7,366	5,996	187,624
2013	67,671	49,623	37,021	22,686	11,237	8,527	7,125	203,891

表6. 年齢別資源尾数の推移

年	年齢							合計
	0	1	2	3	4	5	6+	
2002	639,639	303,475	148,018	71,008	35,923	21,242	18,768	1,238,074
2003	427,619	283,665	149,720	72,414	34,518	18,855	17,743	1,004,534
2004	638,173	241,630	125,072	67,927	38,262	20,250	18,684	1,149,998
2005	709,304	309,191	139,760	68,114	31,757	22,714	18,980	1,299,820
2006	478,934	369,414	189,166	75,773	34,801	15,271	18,755	1,182,115
2007	417,189	238,622	164,330	99,787	45,501	22,466	17,480	1,005,375
2008	521,148	232,576	114,101	82,186	44,773	27,449	19,534	1,041,767
2009	421,794	290,225	155,584	66,043	38,121	20,940	18,273	1,010,980
2010	423,034	264,059	140,225	79,605	37,257	21,319	17,890	983,389
2011	365,129	281,644	150,018	72,977	39,972	21,388	18,495	949,623
2012	304,154	219,956	139,267	82,530	38,693	21,761	17,714	824,075
2013	259,844	202,816	136,877	75,498	42,346	22,680	18,952	759,013

表7. 年齢別資源量（トン）と漁獲割合の推移

年	年齢							合計	漁獲割合 (%)
	0	1	2	3	4	5	6+		
2002	123	239	237	157	93	60	57	968	40
2003	83	223	240	160	90	53	54	903	35
2004	123	190	201	151	100	57	57	878	31
2005	137	243	224	151	83	64	58	960	31
2006	92	291	303	168	91	43	57	1,045	34
2007	81	188	264	221	118	64	53	988	33
2008	101	183	183	182	116	78	59	902	28
2009	81	228	250	146	99	59	56	920	32
2010	82	208	225	176	97	60	54	902	29
2011	70	222	241	162	104	60	56	915	31
2012	59	173	223	183	101	62	54	854	27
2013	50	160	220	167	110	64	58	829	30

表8. SSB、0歳魚資源尾数、放流尾数、有効放流尾数、RPSの推移

年	SSB (トン)	0歳資源尾数		放流尾数	有効放流尾数	RPS (尾/kg)
		天然魚	放流魚			
2002	368	615,415	24,662	1,653,000	457,300	1.7
2003	358	404,504	23,967	1,384,000	384,900	1.1
2004	365	542,145	97,330	1,712,000	569,300	1.5
2005	357	663,868	47,698	1,625,000	727,900	1.9
2006	361	358,799	123,883	2,228,000	867,600	1.0
2007	459	326,096	92,189	2,165,000	977,100	0.7
2008	441	432,834	90,168	2,209,000	852,400	1.0
2009	369	306,088	117,783	2,531,000	858,400	0.8
2010	397	251,821	173,336	2,285,000	906,400	0.6
2011	392	268,290	98,938	2,970,000	1,053,100	0.7
2012	405	138,051	167,619	1,630,000	1,074,300	0.3
2013	407	203,083	58,004	1,686,075	1,030,401	0.5

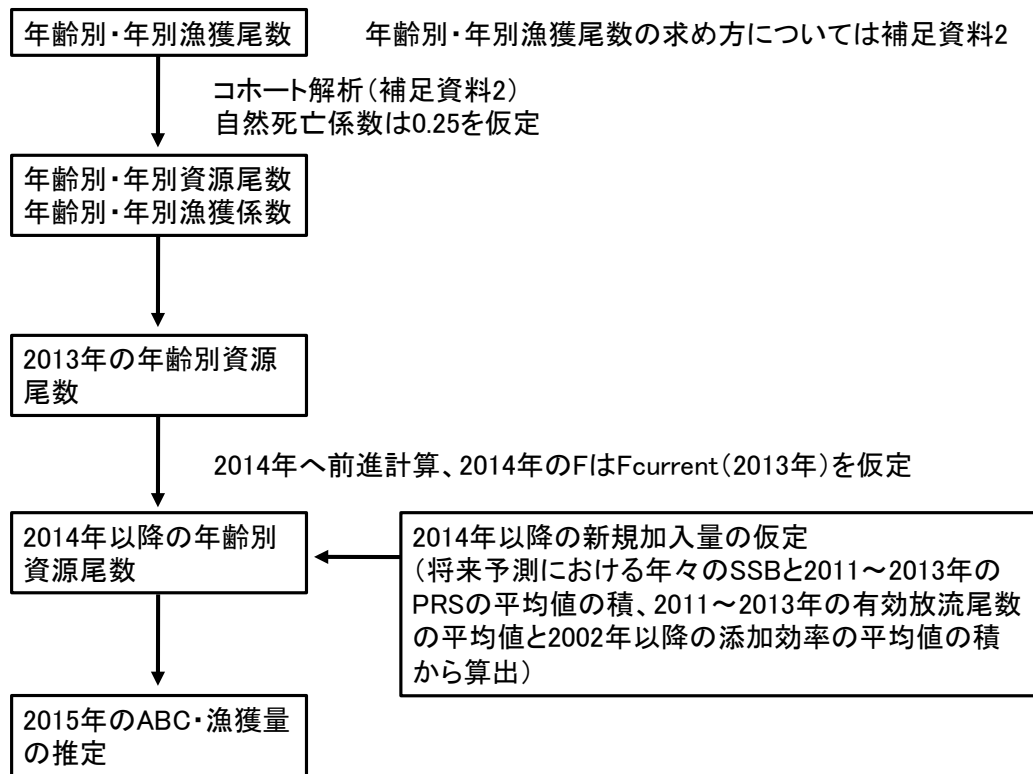
表9. 年齢別のFの推移

年	年齢							平均
	0	1	2	3	4	5	6+	
2002	0.67	0.46	0.46	0.47	0.39	0.56	0.56	0.51
2003	0.42	0.57	0.54	0.39	0.28	0.42	0.42	0.44
2004	0.58	0.30	0.36	0.51	0.27	0.47	0.47	0.42
2005	0.51	0.24	0.36	0.42	0.48	0.55	0.55	0.44
2006	0.55	0.56	0.39	0.26	0.19	0.42	0.42	0.40
2007	0.44	0.49	0.44	0.55	0.26	0.47	0.47	0.44
2008	0.44	0.15	0.30	0.52	0.51	0.69	0.69	0.47
2009	0.32	0.48	0.42	0.32	0.33	0.53	0.53	0.42
2010	0.26	0.32	0.40	0.44	0.30	0.50	0.50	0.39
2011	0.36	0.45	0.35	0.38	0.36	0.56	0.56	0.43
2012	0.26	0.22	0.36	0.42	0.28	0.48	0.48	0.36
2013	0.33	0.32	0.37	0.42	0.36	0.56	0.56	0.41

表10. 0歳時点の系群全体、海域別（有明海、瀬戸内海）の0歳時における放流魚の混入率と有効放流尾数に対する添加効率の推移

年	混入率（％）			添加効率
	系群全体	有明海	瀬戸内海	
2000		9.0		
2001		24.8		
2002	3.9	17.1	2.0	0.05
2003	5.6	11.3	6.2	0.06
2004	15.2	27.5	3.2	0.17
2005	6.7	17.2	0.1	0.07
2006	25.7	35.4	9.1	0.14
2007	22.0	40.0	7.5	0.09
2008	17.2	32.2	6.3	0.11
2009	27.8	37.4	7.4	0.14
2010	40.8	69.6	7.4	0.19
2011	26.9	58.9	2.3	0.09
2012	54.8	80.5	37.9	0.16
2013	22.2	43.7	0.6	0.06

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、

$$N_{a,2013} = \frac{C_{a,2013}}{1 - e^{-F_{a,2013}}} e^{\frac{M}{2}}$$

で計算した。2013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。

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

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

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

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。

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

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

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

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 有効放流尾数の算出方法

本種は、放流種苗のサイズ、放流場所および尾鰭の欠損状況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。放流種苗のサイズは70mm、放流場所は天然稚魚の成育場、尾鰭の欠損状況は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の欠損状況については、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

尾鰭の欠損状況別の回収率と基準に対する比

尾鰭の欠損状況	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

補足表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

補足表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