

平成 22 年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価

責任担当水研：中央水産研究所（片山知史、黒木洋明）

参画機関：静岡県水産技術研究所、愛知県水産試験場漁業生産研究所、三重県水産研究所、南伊豆栽培漁業センター

要 約

トラフグ伊勢・三河湾系群は、平成 14 年に資源回復計画が作成されるとともに、TAE（漁獲努力可能量）制度による管理が行われることとなり、資源評価対象魚種系群に加えられた。

本系群は延縄、小型底びき網により漁獲され、漁獲量は不定期に発生する卓越年級群の影響によって大きな変動を示す。近年では 1988、1992、1999 および 2001 年級群が比較的卓越していた。2002～2005 年級群の加入量が低水準であったが、2006 年級群以降は比較的大きい規模で安定して加入したものの、2009 年級群は非常に低い加入水準である。

産卵期は春で、発生年の秋には漁獲加入するが、資源量はその後強い漁獲圧を受けて急速に減少し、親資源になるまで生き残る個体の割合は低い。再生産関係は不明瞭であるが安定した加入量を確保するために、親資源量の維持・増大を図ってゆく必要がある。

ABC の算定にあたっては Flimit を F20%SPR とし、2011 年の加入尾数を卓越年級群である 1999 および 2001 年級群を除いた 1993～2009 年の平均値と仮定した場合の動向予測で得られる漁獲量 238 トンを ABC の上限値 (ABClimit) とした。また不確実性に配慮し、0.8F20%SPR を Ftarget として、同様の計算によって算定された値 193 トンを ABC の目標値 (ABCtarget) とした (ABC 算定のための基本規則 1-3)-(2))。

	2011 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABClimit	238 トン	F20%SPR	0.51	46%
ABCtarget	193 トン	0.8F20%SPR	0.41	37%

※ABC の各値は 2011 年 4 月～2012 年 3 月の値で示す。

※F 値は各年齢の平均値で示す (0 歳は 10～3 月、1 歳以上は 4～3 月)。

※漁期内の成長量が大きいため、漁獲割合は資源重量が最大となる 10 月の資源重量 (漁期単位の中央) と年間漁獲量 (4～3 月) との割合で示す。

年	資源量 (トン)	漁獲量 (トン)	F 値	漁獲割合
2008	581	179	0.40	31%
2009	636	245	0.50	39%
2010	539	-	-	-

※漁獲量は 4 月～翌年 3 月の値で示す。

※2010 年資源量は予測値である。

水準：中位 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	月別漁業種別漁獲量調査（静岡県、愛知県、三重県） 月別体長組成調査（静岡県、愛知県、三重県） ・市場測定 体長－体重調査・体長－年齢測定調査（静岡県、愛知県、三重県） ・市場測定
人工種苗放流尾数、標識放流魚漁獲回収尾数等	栽培漁業種苗生産、入手・放流実績（水産庁、水研センター、(社)豊かな海づくり推進協会） 資源増大技術開発事業報告書－回帰型回遊性種－（トラフグ）報告書（参画の各県による共同報告書）
自然死亡係数（M）	月当たり $M=0.033$ （年当たり $M=0.4$ ）を仮定

1. まえがき

伊勢・三河湾系群は、主に延縄、小型底びき網、まき網により漁獲され、漁獲量は不定期に発生する卓越年級群の影響により大きな変動を示す。近年では1988、1992、1999および2001年級群が卓越して発生し、このうち1988、1999および2001年級群は大規模であった。2002～2005年級群の加入量が低水準であったが、2006年級群以降は比較的大きい規模で安定して加入したものの、2009年級群は非常に低い加入水準である。

延縄漁業については操業秩序の維持と資源管理を目的とした自主管理協定があり、操業期間（10～2月）、漁法、魚体等の制限措置が採られている。また平成14年度に伊勢・三河湾内で操業する小型底びき網漁業が資源回復計画の対象となったことに伴い、漁獲努力量削減措置の一環として、三河湾では9月30日まで、伊勢湾では10月31日までは小型底びき網で漁獲される当歳魚を再放流するという資源管理措置が実施されてきている。さらに、三重県安乗沿岸で操業するまき網漁業については、2006年以降は産卵親魚の漁獲を自主規制しているなど、多くの漁業管理措置が講じられてきている。

また、より積極的に資源の増大を図るために人工種苗の放流事業が実施されており、近年の放流尾数はおおよそ70万尾で安定している。これらの放流効果については、標識放流魚の漁獲回収効果調査が関係各県と南伊豆栽培漁業センターの共同調査によって実施されている。

本系群については卓越年級群の加入により資源水準が大きく変動すること、また漁獲の中心である延縄漁業の漁期が10～2月であることから、ABCの算定にあたっては年々の加入水準および漁業実態を反映させるため、暦年ではなく4～3月の漁期単位で示すこととしている。

2. 生態

(1) 分布・回遊

伊勢・三河湾系群は紀伊半島東岸から駿河湾沿岸域を主な生息海域とし（図1）、標識放流実験の結果等（安井・濱田1996）から、他の海域の資源とは独立した一つの系群と考えられている（伊藤1997）。

(2) 年齢・成長

成長は早く、当歳魚で約 300g、1 歳魚で約 1,400g のサイズで漁獲され、2 歳での漁獲時には 2kg を超える（三重県ほか 1998）（図 2）。寿命は 6 年程度である。

(3) 成熟・産卵

産卵期は 4～5 月とみられ、成熟年齢は雄で 2 歳、雌で 3 歳である（三重県ほか 1998）。伊勢・三河湾周辺の産卵場では性比が著しく雄に偏るが、これは雌が産卵後速やかに産卵場から離れるのに対して雄が長くとどまるといふ本種に特有の産卵生態（藤田 1996）によるものと考えられる。産卵場としては底質の粒径が 2mm 以上の礫混じりの荒砂を選択的に利用しており、このような条件を備えた産卵場として、三重県安乗沖および愛知県渥美外海の出山周辺水域が知られている。卵は径 1.2～1.4mm の沈性粘着卵で海底の表面に産み付けられ、孵化までには 7～12 日間を要する。伊勢・三河湾内の干潟域が幼稚魚の良好な成育場となっていると考えられるが、仔魚期の輸送過程や湾内における生育場の分布についてはよく解っていない。

(4) 被捕食関係

食性は、仔魚後期までは専ら動物プランクトン、稚魚は小型甲殻類、未成魚はイワシ類その他の幼魚およびエビ・カニ類で、成魚はエビ・カニ類、魚類を好んで食する（落合・田中 1986）。

3. 漁業の状況

(1) 漁業の概要

4 月頃に生まれた当歳魚は、その年の秋には伊勢・三河湾内で操業する愛知県および三重県の小型底びき網で漁獲される（図 3～6）。両湾内では 9 月までは当歳魚の水揚げ自粛が申し合わされており、10 月から三河湾で当歳魚が漁獲され始める。伊勢湾では引き続き 10 月一杯は規制が継続されて、11 月からの水揚げとなる。さらに当歳の冬季～春季にかけて湾外に移動して湾外で操業する愛知県の小型底びき網で漁獲され、その後 1 歳以上で静岡県、愛知県、三重県が操業する延縄漁業の漁獲対象となるが、延縄の漁期は 10～2 月の 5 ヶ月間に規制されている（図 7～9）。なお 2005 年までは三重県安乗沖の産卵場周辺で春の産卵期にまき網で大型の成熟個体が少量であるものの漁獲されていたが、2006 年以降は産卵親魚の漁獲を自主規制している。漁業種類の構成は、延縄による漁獲量が最も多く、次いで底びき網である。小型底びき網で漁獲される当歳魚の再放流や、湾内に生息する小型の当歳魚に対する漁獲圧を削減する資源管理取り組みが始まった 2002 年以降、主に 10 月から漁獲を開始する小型底びき網の漁獲量は減少し、延縄の漁獲量が大幅に増加した。さらに伊勢・三河湾内で操業する漁船の漁獲量は湾外操業と同程度であったが、近年では春～夏季の湾外操業の割合が高くなっている（図 7～9）。

(2) 漁獲量の推移

伊勢・三河湾系群の漁獲量は、不定期に発生する卓越年級群の影響により大きな変動を示す（図 3～6、表 1、2）。近年では 2001 年級群が卓越年級群であったことに伴って、2002 年の漁獲量は 500 トンを上回る豊漁となった。2003 年および 2004 年級群の加入は低い水

準であったため、2005年の漁獲量は100トンを下回った。その後2005年級群がやや回復傾向を示すとともに2006年級群が比較的大きい規模で加入したため資源状態は好転し、2006年から2009年の漁獲量は200トン前後の水準で推移している。

(3) 漁獲努力量

資源回復計画の対象とされている小型底びき網漁業について、三重県伊勢市漁業協同組合有滝支所の2001年から2009年における有漁操業隻数、当歳魚漁獲量の推移を図10に示す。卓越年級群が漁獲対象となった2001年は操業隻数、漁獲量およびCPUEが高く、同年級群を標的とした漁獲努力量が大きかったことがうかがわれる。当歳魚の加入量が少なかった2002～2003年では低い水準で推移して2004～2006年でやや増加に転じたが、最近年は再び低い水準で推移している。

4. 資源の状態

(1) 資源評価の方法

1993～2009年の月別漁業種類別年齢別漁獲尾数(附表1)および漁獲重量の各値を用い、誕生月を4月とし、加入を10月(月齢6)としてPope近似式を用いた月齢単位でのチューニングVPAによって満4歳を迎えるまでの月齢別初期資源尾数、資源重量および漁獲係数を推定した。なおプラスグループは設定していない。

なお月齢別平均体重については、1993年以降で観察された月別年齢別平均体重から季節変動を考慮したvon Bertalanffyの体重成長式を決定して計算に用いた(附表3)。成長式は満2歳前後で変化する2つの成長曲線が最もよく適合したが、満2歳で変化する理由については、成熟によって雌雄に成長差が生じたためである可能性がある(鈴木私信)。なお雌雄の成熟による成長差については明らかとなっておらず、今後の課題である。

自然死亡係数は0.033/月とし、ターミナルF(TF)は1～3歳魚では延縄による漁獲が安定的に行われている2月期とし、3月期については前進法により推定した。また当歳魚については3月期(月齢11)の漁獲係数をTFとした。各TFの決定方法を以下に記す。

3歳2月期(月齢46)の最高齢TFの設定

1993～2008年漁期の3歳2月期(月齢46)のTFについては、昨年度報告書では同年同月の2歳および1歳の漁獲係数の中間値として設定していたが、本年度は延縄漁業の努力量に関する情報が得られたことから資源量指数(CPUE)を用いた以下のチューニングにより設定した(附表2)。

延縄漁業は静岡県、愛知県、三重県の漁業者により操業されており、漁期である10～2月の各月の年齢別漁獲尾数が推定されるとともに、努力量の指標として月毎の延操業隻数が調べられている。ここで3県をそれぞれp(p=1;静岡県、p=2;愛知県、p=3;三重県)とし、t漁期年における暦月m(m=10,11,12,1,2)のa歳魚の漁獲尾数を $C_{t,p,m,a}$ とする。努力量は年齢別には示されていないことからここでは $X_{t,p,m}$ とする。単位努力量あたり漁獲尾数は以下の式で表される。

$$CPUE_{t,p,m,a} = C_{t,p,m,a} / X_{t,p,m}$$

ここで各県の同時期におけるCPUEには県による相違が認められ、年や月による多少のばらつきはあるものの概して静岡県<愛知県<三重県という関係にある(附表2)。このことは県によって延縄漁業の漁具能率が異なることを示しており、努力量指数として延操業

隻数の単純な合計値を用いることは適切でないと思われる。そこで、地理的に3県の中央に位置し CPUE も他の2県の間の値を示している愛知県の努力量を標準努力量として、年齢別に延縄漁業の努力量指数を以下の式によって得られる値とした。

$$X_{t,p,m,a} = X_{t,p,m}(\text{CPUE}_{t,p,m,a}/\text{CPUE}_{t,2,m,a})$$

ここで t 年 m 月における a 歳魚の資源量指数 I (I_{t,m,a}) を

$$I_{t,m,a} = C_{t,m,a} / \sum_{p=1}^{p=3} X_{t,p,m,a}$$

とする。

また、延縄を含めた全ての漁業種類による漁獲量を C'_{t,m,a} とし、t 年 m 月における全漁業種類の年齢 a に対する努力量指数 (X') を以下の式により求めた値とする。

$$X'_{t,m,a} = \sum_{p=1}^{p=3} X_{t,p,m,a} (C'_{t,m,a}/C_{t,m,a})$$

3 歳 2 月期 (月齢 46) の個体に対する延縄漁業の漁具能率を一定の値 q とすれば、t 年の 3 歳 2 月期 (月齢 46) の漁獲係数 F (F_{t,2,3})、すなわち最高齢の TF は以下の式で表される。

$$F_{t,2,3} = pX'_{t,2,3}$$

定数 q を決めることで全ての年の最高齢 TF が決定され、各年各月の年齢別資源尾数が算定される。

q については、延縄漁業漁期における 2 歳および 3 歳の資源量指数 I とコホート解析によって計算される資源量とがもっとも良く比例するように、以下の目的関数 Y(q) が最小となる q を決定した。

$$Y(q) = \sum (I_{t,m,a} - pN_{t,m,a})^2 \quad (t=1993, \dots, 2008; m=10,11,12,1,2; a=2,3)$$

ここで p は比例定数で、以下の式で表される。

$$p = \sum I_{t,m,a} N_{t,m,a} / \sum N_{t,m,a}^2$$

1 歳魚の資源量指数をチューニングに用いなかったのは、漁業者の間では 1 歳魚と 2、3 歳魚とでは分布や漁場形成条件が幾分異なると言われているためである。Y(q) を最小とする q は 1.0856*10⁻⁶ と計算され、この値を用いて各年の最高齢 TF を決定した。

直近 2009 年の 1 歳 2 月期(月齢 22)および 2 歳 2 月期(月齢 34)の TF の設定

直近年の TF については、昨年度報告書では前年の同月齢の漁獲係数と同値と仮定して設定したが、本年度は延縄漁業の努力量に関する情報を基に設定した。

すなわち、1 歳 2 月期 (月齢 22) の漁獲係数については、直近 3 年 (2006~2008 年) の 10~2 月における努力量指数の平均値と 2009 年 10~2 月の努力量指数との比が漁獲係数の比率と一致するような TF を探索的に求めて設定した。TF である F_{2008,2,1} を決定すれば、コホート解析によって 2009 年における 1 歳魚の各月の値は決まることから、以下の式を満たす TF を探索的に求めて設定した。

$$\sum (F_{2008,m,1}) = \sum \sum (F_{t,m,1})/3 (\sum (X'_{2008,m,1}) / (\sum \sum (X'_{t,m,1})/3))$$

$$(t = 2005, 2006, 2007; m = 10, 11, 12, 1, 2)$$

当該月だけではなく10～2月の全漁期の努力量と漁獲係数の比を用いた理由は、漁業者によれば年によって好漁場の形成場所や形成時期も異なるとされることから、ごく短期間の漁獲量－努力量関係のみで計算するよりも全漁期を用いた方が偏りが小さいと判断したためである。

2歳2月期(月齢34)の漁獲係数も同様の方法によって設定したが、2009年2月は努力量標準化の指標とした愛知県で2歳の漁獲が無くゼロデータとなったことから、本年については10～1月を計算対象として以下の式を満たすTF($F_{2009,2,1}$)を探索的に求めて設定した。

$$\sum (F_{2009,m,2}) = \sum \sum (F_{t,m,2})/3 (\sum (X'_{2009,m,2}) / (\sum \sum (X'_{t,m,2})/3))$$

$$(t = 2006, 2007, 2008; m = 10, 11, 12, 1)$$

直近2009年の当歳3月期(月齢11)のTFの設定

当歳魚の直近年TFについては、昨年度報告書では前年の同月齢の漁獲係数と同値と仮定して設定したが、当歳魚を漁獲する漁業は小型底びき網漁業であり、当歳魚の伊勢・三河湾内から湾外への移動・分散時期や漁場形成は環境変動の影響を受けており、必ずしも安定していないと思われる。本年度については、2009年3月期の漁獲係数のみが前年と同値であると仮定するよりも、全漁期を通じた漁獲係数が直近3年間の平均値と同値と仮定する方が特異値の影響が小さくなると判断し、2009年10～3月期の漁獲係数の合計値が2006～2008年同期の合計値の平均と一致するようにTFを設定した。すなわち、以下の式を満たすTF($F_{2009,3,0}$)を探索的に求め設定した。

$$\sum (F_{2009,m,0}) = \sum \sum (F_{t,m,0})/3 \quad (t = 2006, 2007, 2008; m = 10, 11, 12, 1, 2, 3)$$

(2) 漁獲物の年齢組成

漁獲物年齢組成の推移を図5～6に示した。1999年および2001年は卓越年級群の加入にともなって当歳魚の漁獲尾数が増加し、さらに翌年の2000年および2002年は当該年級群である1歳魚の漁獲尾数が卓越した。当歳魚は2003～2004年は非常に低い水準で推移したものの、2005年ではやや増加し、2006年以降は比較的高い水準で漁獲されていた。しかしその後は当歳魚の漁獲尾数は継続して減少し、2009年は2003～2004年のレベルまで減少している。

(3) 資源量と漁獲割合の推移

コホート解析によって得られた当歳魚が漁獲加入する10月時点での年齢別資源尾数(表3)をみると、新規加入尾数は13万尾(2003年)～156万尾(2001年)の大きな変動を示している。また初期資源重量(図11、表4)は、123トン(1997年)～1222トン(2003年)と約10倍におよぶ変動を示しているが、近年は300トン以上で比較的安定している。

再生産関係を検討するために、親魚量(3月)に対する当年10月の0歳魚資源尾数を図12に示した。放流魚の混入率を用いて、天然加入尾数を算出した。親魚量は各年齢群の資源量を基に、雌が2歳(1歳11月)では未成熟であるため、雌雄比を1対1と仮定し、2歳の成熟率は50%、3歳(2歳11月)は100%として求めた。親魚量と天然加入尾数の間

に明瞭な親子関係が認められない。これらの値を用いて再生産成功率を求めたところ、卓越年級を生み出した1999年と2001年が突出しているのに対し、2003年、2004年、そして2009年の値が非常に低いことがわかる（図13）。

漁獲割合は、資源水準の高い年に高くなる傾向があり、2000年までは50%以上という高い値であったと推定された。近年は比較的落ち着いており、2009年は39%であった（図14）。

(4) 資源の水準・動向（水準＝中位、動向＝横ばい）

本系群は上記のように大きく変動する再生産成功率や不定期に発生する卓越年級群の動向により資源水準が大きく変動する。漁期単位の開始月とした4月時点での初期資源量の推移（図11）をみると、1999年および2001年級群が卓越したことによって2002年および2003年漁期には資源量は極めて高い資源水準にあった。その後減少したものの、2006年以降徐々に増加している状態である。しかし、加入尾数（図15）および漁獲量（図4）に明瞭な増加傾向は認められず、直近の2009年の加入水準も非常に低い水準であるため、資源動向は「横ばい」と判断される。これまで17年間のデータにおいて、資源量は上位5番目漁獲量は上位6番目であるため、資源水準は「中位」と判断される。

(5) 資源と漁獲の関係

トラフグ伊勢・三河湾系群においては、明瞭な再生産関係が認められないことから、加入管理の観点から資源変動と漁獲との関係を推し量るのは困難である。

コホート計算によって得られた年齢別漁獲係数 F は、特に1歳と2歳に対する漁獲係数が変動幅が大きく、資源豊度が高い年に漁獲係数が高い傾向がある（表5）。0歳の漁獲係数は、年々減少している。1997年は0.7に近い値となったが、近年はほぼ0.2前後で横ばいの傾向である。0～3歳の漁獲係数の平均値も年々減少している傾向が認められる（図16）。現状の漁獲係数 F_{current} （2009年の0～3歳の漁獲係数の平均値）は0.50と推定された。

F の一括管理下による加入量当たりの漁獲量（YPR）について、YPRが最大となる F_{max} は0.79で（図17）、 F_{current} （0.50）より大きく上回っており、成長乱獲の状態であるとはいえない。加入管理の観点からは、再生産成功率が増減を繰り返す、再生産関係も明瞭ではないことから一概に加入乱獲の状態であるかどうかは判断できない。しかし20%SPRは0.51、30%SPRは0.38であるのに対し、現在の F は $F_{21\%SPR}$ であり、親魚量が十分確保されているとはいいがたい（図17）。加入量の高位安定のためには、漁業管理によって親魚資源の増大を図ることは重要であると思われる。

(6) 種苗放流効果

静岡県、愛知県および三重県では、本系群の資源増殖を図るため、近年では毎年およそ70万尾の人工種苗放流を実施しており、その効果の把握や適切な放流技術開発について、同3県の水産業関係試験研究機関および(独)水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センターにより精力的な調査研究が行われている。調査では、放流した種苗が資源にどのように添加されたかを検証するために、2000年より外部から確認できるイラストマー標識を用いた標識放流調査が行われ、市場調査で天然魚と放流魚を識別して標識放流魚の漁獲尾数、回収率を算定している（附表3）。

ここでは、標識装着技術が安定してきた 2001 年以降の放流群の中から静岡県、愛知県および三重県の担当者の意見を基に計算対象とする放流群を抽出し、まず添加効率（放流個体の漁獲加入時までの生残率）の推定を試みた。なお漁獲加入月齢は既述の資源量推定と同様に当歳 10 月期（月齢 6）として計算している。

標識としてはイラストマー標識（蛍光染料）が用いられており、市場調査で目視による発見が可能である。イラストマーの色や装着部位が放流群毎に異なるよう設定されており、どの標識放流群に由来しているかの識別が可能となっている。

添加効率の推定方法について、標識放流群のうち 2002 年浜松市馬込川河口放流群（放流尾数 16,510 尾、放流時の平均全長 73mm）を例にとり、以下に述べる。

関係各県の市場調査により当該放流群の年齢別漁獲（回収）尾数は推定されており、その数は 2002 漁期年（当歳時）、2003 漁期年（1 歳時）、2004 漁期年（2 歳時）および 2005 漁期年（3 歳時）においてそれぞれ 482 尾、411 尾、92 尾および 30 尾であった。また先に示したコホート解析に用いた同年級群の漁獲尾数（天然魚と放流魚の総計）は、それぞれ 51,391 尾、133,257 尾、23,438 尾および 8,306 尾である。

まず 2002 年級群全体に占める当該標識放流群の割合（混入率 L ）を推定する。ここで、当歳魚の漁獲は伊勢・三河湾周辺の小型底びき網漁業に限られており、一方で放流は広い範囲で行われていることから、当歳魚の放流群の比率は偏りが生じていると思われる。そこで、混入率（ L ）については 1 歳以上の年齢群の加重平均値で推定することとする。すなわち、

$$L = (411+92+30) / (133,257+23,438+8306) = 0.00323$$

である。

先のコホート解析により 2002 年級群の満 1 歳時（2003 年 4 月）における資源尾数は 254,839 尾と推定されているので、この時点で生き残っていた放流魚の数（ R_1 ）は

$$R_1 = 254,839 * 0.00323 = 822 \text{ (尾)}$$

と計算される。さらに当歳時の漁獲尾数（ C_0 ）は 482 尾であったことから、2002 年 10 月時点（加入時点）の放流魚の生き残り尾数（ S ）について Pope の近似式を用いて推定する。すなわち自然死亡係数 M をコホート解析と同様に 0.033/月とし、漁獲期間は 6 ヶ月間であることから

$$\begin{aligned} S &= R_1 \exp(M) + C_0 \exp(M/2) \\ &= 822 \exp(0.033 \times 6) + 482 \exp(0.033 \times 6/2) \\ &= 1,537 \text{ (尾)} \end{aligned}$$

となる。放流尾数は 16,510 尾であるから、この放流群の添加効率 K は

$$K = 1,537 / 16,510 = 0.0931$$

と計算される。なお放流群の漁獲尾数と放流数の比を回収率と呼ぶが、この放流群の回収率は、 $(482+411+92+30)/16,510 = 0.0615$ と推定される。

上述のような方法により、附表 11 に示した全ての標識放流群についてその添加効率を計算した。結果によれば、計算対象とした標識放流群の添加効率は 1%未満～34%の広い範囲であった。また放流海域による差異が認められ、伊勢・三河湾内放流群は平均 15%程度の添加効率であったのに対して、熊野灘放流群ではおよそ 1%程度にとどまり、遠州灘～駿河湾放流群はその中間程度であった。

また添加効率に影響を及ぼす要因の一つとして放流サイズが考えられており、一般には大きいサイズで放流した群ほど生残率が高い傾向にある。ここでは、放流海域と放流サイ

ズの2つをパラメータとし、放流群毎に添加効率を推定するための計算式について検討した。

放流海域毎の平均添加効率は、伊勢・三河湾、遠州灘～駿河湾および熊野灘でそれぞれ0.123、0.0667および0.0136である。各放流群毎に、その群の添加効率と放流海域別の平均値との比を計算し、その比と放流時平均全長との関係を検討したところ、高い相関は認められなかったものの、以下の関係式が得られた。

$$Y = 0.0157X + 0.0243 \quad (n=51, R^2=0.135)$$

X; 放流時平均全長(mm) Y; 添加効率比 (添加効率/海域別平均添加効率)

これをもとに

$$K^{\wedge} = G (0.157X + 0.0243)$$

(G: 伊勢・三河湾:0.123、遠州灘～駿河湾:0.0667、熊野灘:0.0136)

とする推定式をたてた。各標識放流群の添加効率について、実測値と予測値を附図に示したが、R自乗の値は34%程度であった(附表3の図)。トラフグの場合、放流後の生き残りに放流時の尾鳍損傷状況など種苗としての健全性が大きな影響を及ぼしていることが知られており、また海洋の生物・物理環境条件も年々異なる。放流技術開発の観点のみならず、生態系生態の観点からも添加効率決定要因の解明は極めて重要な課題であると思われる。

試算として、前記の推定式を適用して過去の無標識放流群(標識装着が不安定で先の計算対象から除外した一部の標識放流群を含む)の添加効率を推定し、年級群別に放流魚の加入量推定値等を取りまとめ、天然群の加入量と併せて表7に示した。添加効率は、放流技術が安定してきたと思われ、放流尾数も70万尾程度となった2001年以降では平均7%程度で推移し、およそ5万尾の加入量で推移している。また混入率は天然群の発生状況によって大きな変動を示し、加入量が多かった2001年の約3%から、加入量の少なかった直近の2009年の約26%の範囲で大きく変動している(表7)。

5. 2011年ABCの算定

(1) 資源評価のまとめ

資源状態は2006年級群が比較的大きい規模で加入して以来好転し、その後も安定的な水準で加入量が推移している。また近年では放流魚の添加効率も7%程度で安定しており、加入量の安定化に貢献している。

本系群については産卵親魚量と加入量との間に明確な相関関係は認められず、少ない親からでも時として卓越年級群が発生する場合がある。また放流魚がおおよそ5万尾の水準で安定的に加入しているが、加入量の多寡は天然の再生産関係で決まることから、過剰な漁獲によって産卵親魚量がある水準を下回れば急速な資源減少を招く可能性も有る。

資源量および漁獲量が安定的に推移している現段階のうちに親資源管理に関する意識を高めるとともに、各種の生物学的知見や漁業に関する情報の蓄積によって資源変動要因を解明して親魚資源管理を目指す必要がある。

(2) ABC並びに推定漁獲量の算定

資源量と生物特性値は利用できるものの再生産関係に相関関係は認められず、また資源状態は中位で横ばい傾向にあることからABC算定規則1-3)・(2)を適用し、親資源量の維持による加入管理を目標とする。現在は資源水準が安定していること、また種苗放流により

一定量の加入量が保障されていることから、加入管理の一般的な基準である F30%SPR をやや緩和した F20%SPR を適用する。

資源水準・動向が中位・横ばい傾向にあることから、目標とする漁獲係数を $\beta 1 \cdot F20\%SPR$ とした。計算にあたっては、まず 2010 年（10 月）の資源量については、コホート解析によってもとめられた 2010 年 4 月における年齢別資源尾数に対して、自然死亡係数を 0.033/月、漁獲死亡係数を $F_{current}$ として推定した。2011 年以降については、加入尾数を 1999 および 2001 年級群を除いた 1993～2009 年の平均値とした。また 2011 年の漁獲係数を F20%SPR として動向を予測し、それによって得られた 2011 年の推定漁獲量 238 トンを ABC の上限値（ABC_{limit}）とした。ここで F の基準値に乘じる $\beta 1$ （1 以下の係数）については資源の回復能力の程度により決定することとされているが、現在は資源水準が安定していること、また種苗放流により一定量の加入量が保障されていることから $\beta 1=1$ とした。また不確実性に配慮し、 $0.8F20\%SPR$ を F_{target} とし、同様の計算によって算定された値 193 トンを ABC の目標値（ABC_{target}）とした。

図 18 に $F_{current}$ 、 F_{limit} および F_{target} で管理した場合の親魚資源量の動向予測結果を示す。上記の ABC 算定同様に、加入尾数を 1999 および 2001 年級群を除いた 1993～2009 年の平均値とした。2010 年における親資源量と比較すると、2010 年の親魚量が高い水準にあるため（図 11）、 $F_{current}$ 、 F_{limit} では減少となるが、 F_{target} では高い水準での維持となる。

	2011 年 ABC	資源管理基準	F 値	漁獲割合
ABC _{limit}	238 トン	F20%SPR	0.51	46%
ABC _{target}	193 トン	0.8F20%SPR	0.41	37%

※ABC の各値は 2011 年 4 月～2012 年 3 月の値で示す。

※F 値は各年齢の平均値で示す。

※漁期内の成長量が大きいいため、漁獲割合は資源重量が最大となる 10 月の資源重量（漁期単位の中央）と年間漁獲量（4～3 月）との割合で示す。

(3) ABC の再評価

データの更新により再評価された資源量および ABC の値を以下の表に示す。漁獲量については変更が無かったため、最新の 2010 年 3 月までの年齢別漁獲尾数のデータを基に、コホート解析を再計算した。管理基準に変更はない。

昨年度評価以降追加されたデータセット	修正・更新された数値
2009 年 4 月～2010 年 3 月の年齢別漁獲尾数	2009 年までの年齢別資源尾数、漁獲係数

評価対象年 (当初・再評価)	管理 基準	F 値	資源量 (千ト ン)	ABClimit (千トン)	ABCtarget (千トン)	漁獲量 (千ト ン)
2009年(当初)	Fmax	0.48	378	131	113	
2009年(2009年再評価)	F20%SPR	0.57	488	204	172	
2009年(2010年再評価)	F20%SPR	0.51	636	311	283	245
2010年(当初)	F20%SPR	0.42	407	171	113	
2010年(2010年再評価)	F20%SPR	0.51	559	217	182	

※F 値は ABClimit に対する値。

※2010年の数値は当歳魚加入量(10月時点)を仮定した値である。

※加入量の予想は困難であり、ABCの算定値は大きく変動する。

6. ABC 意外の管理方策への提言

トラフグ伊勢・三河湾系群は、水産庁が進める資源回復計画の対象魚種に指定されており、同計画では、2011年度までの取組により、取組終了後のトラフグ、マアナゴ、シヤコの漁獲量を2001年度と比較して25%程度増加させることを目標としている。

資源回復計画の一環として、2002年から、10月における伊勢湾小型底びき網に入網した当歳魚が再放流されることとなったが、これは資源の有効利用を図る上で極めて重要な第一歩である。10月に伊勢湾側での再放流が実施されたことにより、2002年以降の10月期漁獲尾数(卓越年級群を除く)はそれまでと比較して22%の水準にまで大幅に減少しており、小型魚保護が図られている。

図19に、資源回復計画が導入される以前(1993~2001年)の月齢別漁獲係数により計算されたYPRおよびSPRを示す。漁獲係数は1993~2001年の平均値を1として、相対値で示してある。それによると、2001年以前のFはF一括管理によって計算されるFmaxよりも高い水準にあった。またFcurrent=F6%SPRと加入管理の観点からも極めて高い水準にあったことから、2002年以降の漁獲圧は以前よりも改善されたといえる。YPRは2001年以前で503gであったが、2002年以降では580gと15%増加している。

伊勢三河湾のトラフグの再生産に関しては、産卵場や産卵期はほぼ把握できている。しかし、産卵期に漁獲される雌の割合は数%である。産卵期の雌は単価も安く、雌親魚の再放流といった方策も考えられる。また産卵に至るまでの雌雄の分布や行動には不明な点が多く残されており、雌雄の行動を考慮した漁業管理も検討が必要であろう。

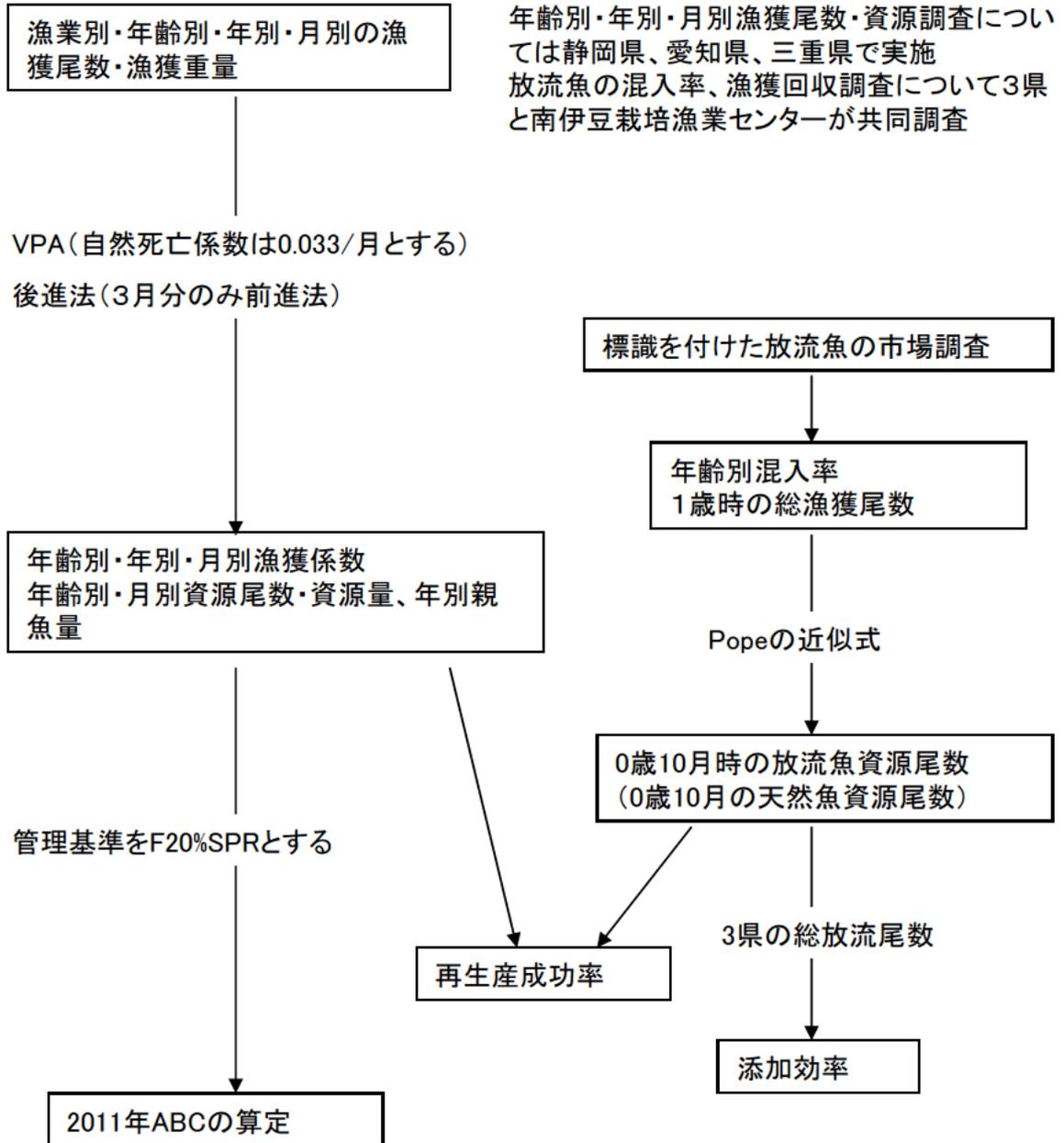
経済的な側面からは、トラフグの季節的な需要の変動に伴って価格も大きく変動し、特に11月以前の単価が低いという特徴がある。魚価の変動に併せたはえ縄漁業の操業によって、水揚額の増加を見込めるものと推察される。

本系群は、現在のところ予測不可能な不定期に発生する卓越年級群により大きな資源変動を示すことから、Fmsyなどの再生産関係を利用した加入管理を目標とすることは困難である。しかし、SPRが一般的な基準よりも低い状態が継続しており、親魚の取り残し量は十分であるとは言えない状況である。2009年級のような加入量の低い時こそ、漁獲圧を管理して、効果的な親資源の維持増大を目指す検討が求められる。

7. 引用文献

- 藤田矢郎(1996) トラフグの生物学. さいばい, 日本栽培漁業協会, 79, 15-18.
- 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, pp.41-52.
- 三重県・愛知県・静岡県(1998) トラフグ資源管理推進指針. 太平洋中区資源管理推進指針, トラフグ 1-20.
- 落合明・田中克(1986) トラフグ, カラス, 新版魚類学 (下). 恒星社厚生閣, 東京, pp.1024-1026.
- 安井港・濱田貴史(1996) 遠州灘・駿河湾海域におけるトラフグの標識放流結果からみた移動. 静岡水試研報, 31, 1-6.

補足資料1 使用したデータと、資源評価の関係



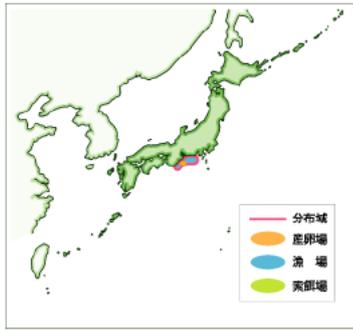


図1. 分布と主産卵場

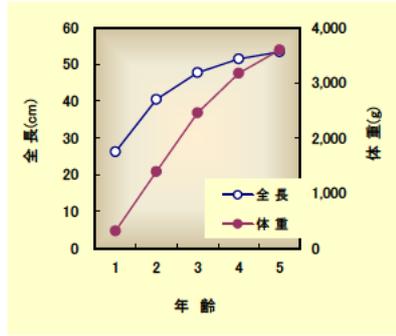


図2. 年齢と成長

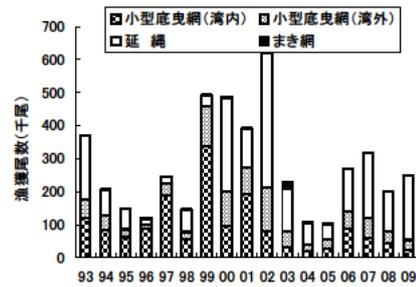


図3. 漁業種類別漁獲尾数の推移 (1993～2008年、4～3月集計で示す)

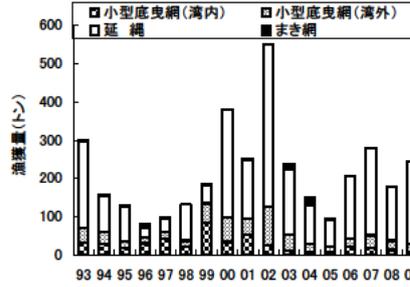


図4. 漁業種類別漁獲量の推移 (1993～2008年、4～3月集計で示す)

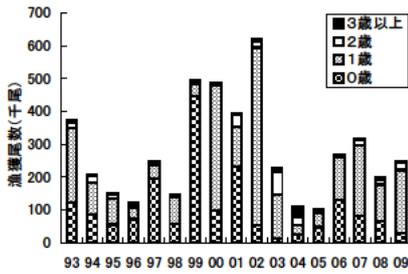


図5. 年齢別漁獲尾数の推移 (1993～2008年、4～3月集計で示す)

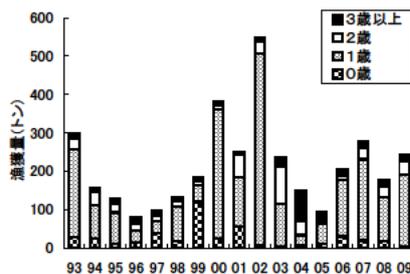


図6. 年齢別漁獲量の推移 (1993～2008年、4～3月集計で示す)

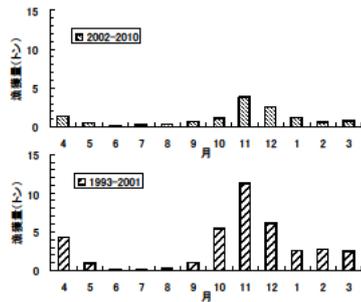


図7. 小型底曳網(湾内)による月別年齢別漁獲量

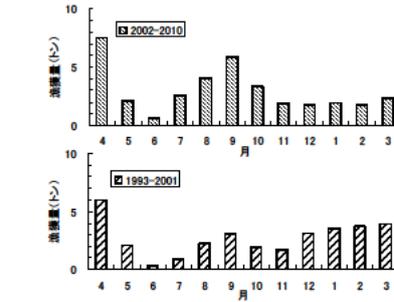


図8. 小型底曳網(湾外)による月別年齢別漁獲量

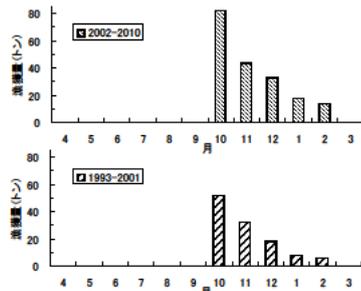


図9. 延縄による月別年齢別漁獲量

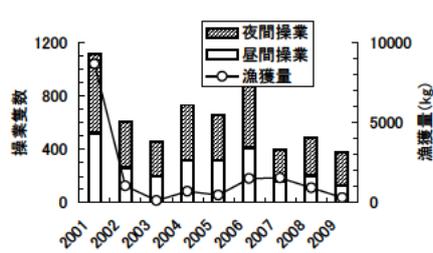


図10 三重県伊勢市漁協有滝支所小型底びき網の操業隻数、および当歳魚の漁獲量(kg)

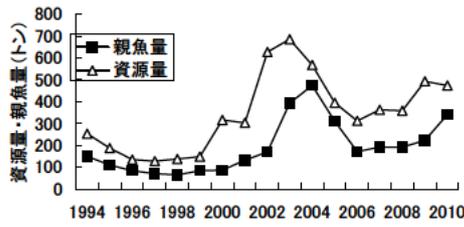


図11. 初期資源量（3月時点の資源重量）と親魚量の推移

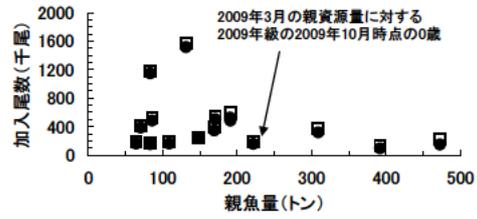


図12. 再生産関係（1994～2009年） 黒丸が天然加入尾数を示す成熟率は2歳0.5、3歳1.0とした

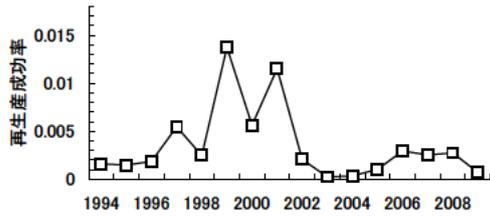


図13. 再生産成功率の推移（1993～2009年）

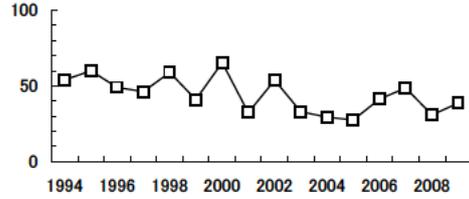


図14. 漁獲割合（10月の資源重量に対する漁獲量の割合）の経年変化

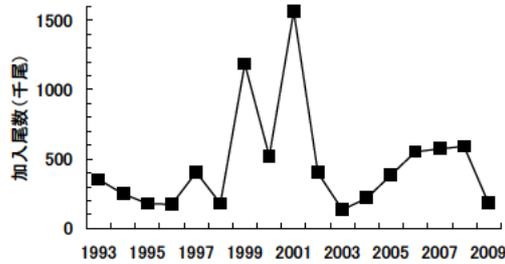


図15. 加入尾数（10月の当歳魚資源尾数）の経年変化

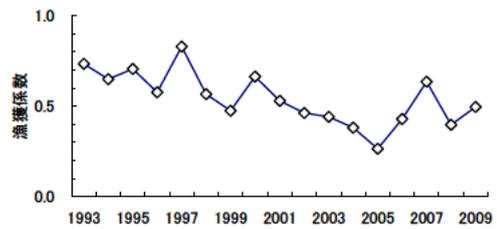


図16. 漁獲係数（全年齢の平均値）の推移

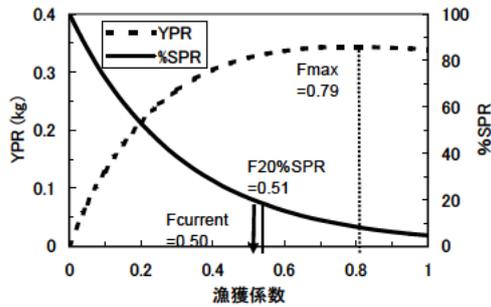


図17. 漁獲係数を変化させた時のYPRとSPR (Fは一括管理)

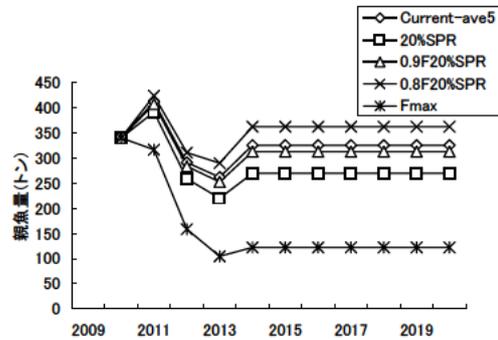


図18. $F_{current}$ 、 F_{limit} および F_{target} の条件下における親魚資源量の推移（加入尾数は1999および2001年級群を除いた1993～2009年の平均値とした）

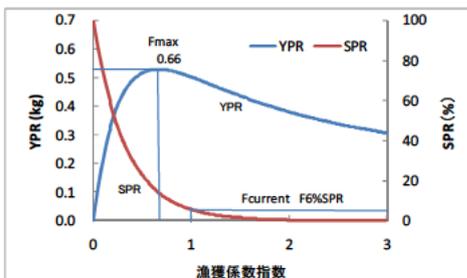


図19. 2001年以前の漁獲係数とYPRとSPRとの関係 (Fは一括管理、2001年以前のFを1として相対値で示した)

トラフグ伊勢・三河湾系群-16-

表1. 漁獲尾数 (0歳魚は10~3月、以外は4~3月) (単位: 尾)

年	年 齢				合計
	0歳	1歳	2歳	3歳	
1993	120,295	227,223	18,513	6,055	372,086
1994	86,732	95,049	21,326	4,281	207,389
1995	54,526	77,554	13,608	4,780	150,468
1996	71,179	34,449	9,320	5,970	120,918
1997	196,085	37,321	9,044	4,672	247,123
1998	56,886	79,029	7,109	3,828	146,852
1999	446,641	37,174	6,524	3,329	493,668
2000	95,918	382,089	5,993	4,381	488,382
2001	232,367	121,348	36,604	2,980	393,299
2002	51,391	542,826	19,775	4,801	618,793
2003	13,319	133,257	68,848	13,068	228,492
2004	25,733	26,993	23,438	31,835	108,000
2005	46,654	45,231	2,780	8,306	102,971
2006	128,367	131,054	5,171	5,349	269,941
2007	81,715	214,413	16,988	5,173	318,290
2008	63,333	112,558	16,198	7,144	199,233
2009	29,129	192,349	20,578	6,449	248,505

表4. 初期資源尾数推定値 (4月時点) (単位: 尾)

年	年 齢				合計
	1歳	2歳	3歳		
1993	360,013	52,881	33,237		446,131
1994	179,568	51,737	20,581		251,886
1995	126,456	42,263	17,262		185,982
1996	98,590	21,593	17,341		137,524
1997	77,510	38,289	7,250		123,049
1998	156,996	22,555	18,554		198,104
1999	96,186	38,970	9,365		144,521
2000	576,858	33,832	20,910		631,600
2001	339,889	72,685	17,672		430,246
2002	1,075,435	128,176	18,696	1,222,307	
2003	283,064	267,999	70,622	621,684	
2004	97,372	83,339	123,322	304,033	
2005	155,291	42,476	36,257	234,024	
2006	272,415	66,508	26,276	365,198	
2007	336,125	71,007	40,345	447,477	
2008	396,800	45,380	33,442	475,622	
2009	427,114	171,739	17,123	313,526	

表2. 漁獲重量 (0歳魚は10~3月、以外は4~3月) (単位: kg)

年	年 齢				合計
	0歳	1歳	2歳	3歳	
1993	28,337	227,544	30,496	14,839	301,217
1994	26,421	84,218	34,420	11,777	156,836
1995	10,844	82,385	23,669	12,810	129,708
1996	14,388	33,271	17,487	14,959	80,104
1997	39,216	31,200	15,452	11,790	97,658
1998	18,349	91,583	12,080	10,109	132,121
1999	120,752	42,761	11,249	8,730	183,492
2000	26,974	333,754	9,953	11,079	381,760
2001	56,492	126,985	60,034	7,502	251,013
2002	9,140	495,850	32,290	12,381	549,661
2003	3,059	112,396	97,517	24,945	237,916
2004	6,926	27,464	34,177	81,620	150,188
2005	12,463	52,710	5,174	25,668	96,015
2006	31,094	147,207	9,839	18,445	206,585
2007	19,819	210,976	29,441	17,311	277,547
2008	17,881	115,454	26,254	19,595	179,184
2009	6,220	186,089	34,631	18,225	245,166

表5. 漁獲係数 (0歳魚は10~3月合計、1歳以上は4~3月合計)

年	年 齢			
	0歳	1歳	2歳	3歳
1993	0.472	1.544	0.548	0.247
1994	0.481	1.051	0.702	0.281
1995	0.401	1.372	0.495	0.404
1996	0.599	0.550	0.695	0.480
1997	0.746	0.838	0.328	1.366
1998	0.424	0.997	0.483	0.290
1999	0.521	0.649	0.227	0.528
2000	0.227	1.675	0.253	0.283
2001	0.177	0.579	0.962	0.226
2002	0.151	0.993	0.200	0.349
2003	0.115	0.827	0.380	0.283
2004	0.142	0.434	0.436	0.396
2005	0.143	0.452	0.084	0.322
2006	0.298	0.949	0.104	0.299
2007	0.170	1.606	0.357	0.178
2008	0.126	0.441	0.579	0.311
2009	0.198	0.842	0.163	0.637

表3. 初期資源尾数推定値 (10月時点) (単位: 尾)

年	年 齢				合計
	0歳	1歳	2歳	3歳	
1993	350,878	266,985	38,553	25,456	681,872
1994	249,284	125,544	38,167	15,216	428,210
1995	179,389	84,958	31,706	12,588	308,640
1996	172,039	70,362	13,690	10,455	266,547
1997	403,604	48,732	28,574	3,820	484,731
1998	179,220	117,508	16,667	14,381	327,775
1999	1,183,792	72,908	30,343	6,257	1,293,300
2000	519,971	389,639	26,959	15,318	951,887
2001	1,564,004	256,304	52,397	13,983	1,886,687
2002	401,127	777,500	96,007	12,715	1,287,350
2003	133,152	178,928	204,485	57,340	573,904
2004	218,250	76,331	64,030	95,352	453,964
2005	383,252	122,375	34,234	27,004	566,866
2006	551,939	219,153	53,859	20,938	845,889
2007	573,215	252,098	56,488	32,391	914,192
2008	590,534	318,236	34,162	26,309	590,742
2009	180,899	338,768	138,068	12,778	670,513

表6. 初期資源重量推定値 (10月時点) (単位: トン)

年	年 齢					合計
	0歳	1歳	2歳	3歳		
1993	92	245	68	72	477	
1994	65	115	67	43	291	
1995	47	78	56	36	216	
1996	45	64	24	30	163	
1997	106	45	50	11	212	
1998	47	108	29	41	225	
1999	311	67	53	18	449	
2000	137	357	47	44	584	
2001	411	235	92	40	777	
2002	105	712	168	36	1,022	
2003	35	164	359	163	721	
2004	57	70	112	271	511	
2005	101	112	60	77	350	
2006	145	201	95	59	500	
2007	151	231	99	92	573	
2008	155	292	60	75	385	
2009	48	310	242	36	636	

表7. 天然魚および放流魚の加入量推定値 (加入は0歳時の10月 (月齢6月) とした)

年級群	親資源量 (トン)	加入尾数	天然魚 加入尾数	放流魚 加入尾数	添加効率	放流魚 添加尾数	推定混入率
1993	-	350,878	337,748	218,913	0.060	13,130	0.037
1994	148	249,284	238,691	186,664	0.057	10,593	0.042
1995	109	179,389	165,121	260,280	0.055	14,268	0.080
1996	83	172,039	156,850	250,549	0.061	15,189	0.088
1997	71	403,604	389,806	219,480	0.063	13,799	0.034
1998	64	179,220	162,667	289,848	0.057	16,554	0.092
1999	84	1,183,792	1,155,056	555,284	0.052	28,736	0.024
2000	86	519,971	489,390	587,465	0.052	30,580	0.059
2001	131	1,564,004	1,514,135	705,315	0.071	49,869	0.032
2002	170	401,127	355,696	742,470	0.061	45,431	0.113
2003	392	133,152	101,075	530,718	0.060	32,077	0.241
2004	473	218,250	164,798	752,418	0.071	53,453	0.245
2005	309	383,252	325,609	621,782	0.093	57,643	0.150
2006	171	551,939	499,670	786,150	0.066	52,269	0.095
2007	191	573,215	511,794	658,025	0.093	61,421	0.107
2008	191	590,534	550,476	739,190	0.054	40,058	0.068
2009	222	180,899	133,959	690,870	0.068	46,940	0.259

附表2. 延縄漁業の努力量と年齢別CPUE

年	1歳魚CPUE (尾/隻・日)		2歳魚CPUE (尾/隻・日)		3歳魚CPUE (尾/隻・日)															
	11月	12月	11月	12月	11月	12月														
1995	1,399	770	904	519	332	814	4,30	3,28	2,74	2,19	1,08	0,57	0,43	0,36	0,29	0,23				
1996	599	413	375	235	85	1,81	1,27	1,08	0,97	0,74	1,64	1,15	0,97	0,87	0,67	0,14	0,11			
1997	753	544	426	290	191	4,36	2,48	2,15	2,58	1,92	2,48	0,24	0,21	0,25	0,19	0,08	0,07			
1998	1,538	1,107	1,197	503	572	7,85	4,66	3,91	3,25	3,55	3,55	0,50	0,25	0,21	0,23	0,15	0,13			
1999	1,024	972	821	425	134	6,82	3,45	2,78	2,87	2,54	1,07	0,54	0,44	0,45	0,32	0,26	0,13			
2000	2,039	2,024	1,962	922	888	26,39	13,50	8,96	7,20	3,51	0,25	0,13	0,09	0,07	0,03	0,08	0,04			
2001	1,784	1,735	1,393	531	572	10,86	5,50	4,21	2,71	2,08	4,02	2,04	1,56	1,00	0,77	0,08	0,04			
2002	1,435	1,407	1,662	921	777	31,69	19,31	14,74	9,33	8,57	1,19	0,73	0,55	0,35	0,30	0,00	0,00			
2003	1,510	1,149	1,332	1,017	772	5,80	3,60	3,53	3,04	2,80	2,75	1,70	1,67	1,44	1,33	0,73	0,45			
2004	714	1,082	762	577	276	1,41	1,71	2,76	2,40	3,51	2,47	2,99	4,83	4,20	6,14	1,16	1,41			
2005	655	743	464	290	194	7,54	2,41	1,46	1,39	1,44	0,21	0,19	0,21	0,20	0,21	0,48	0,99			
2006	1,059	884	888	737	468	11,90	6,19	5,83	4,88	4,97	0,71	0,29	0,41	0,44	0,42	0,69	0,48			
2007	1,208	1,014	1,290	724	558	22,21	12,30	8,09	5,13	4,10	3,38	1,73	1,08	0,64	0,36	0,71	0,37			
2008	927	822	981	549	266	16,08	7,59	7,95	2,66	1,80	4,19	2,14	1,17	1,15	0,52	0,28	0,38			
2009	709	805	757	420	246	31,97	16,79	17,46	4,53	4,87	1,79	0,90	1,01	0,21	0,37	0,46	1,06			
愛知県	月別漁獲努力量(隻・日)		1歳魚CPUE(尾/隻・日)		2歳魚CPUE(尾/隻・日)		3歳魚CPUE(尾/隻・日)		11月		12月		11月		12月		11月		12月	
1995	524	772	529	303	282	13,47	7,50	4,46	2,25	2,09	4,16	1,03	0,95	1,17	0,41	0,34	0,37	0,99	0,68	
1996	394	380	262	116	16	4,48	4,21	2,18	1,82	1,63	1,82	0,54	0,39	0,78	0,19	0,14	0,23	0,31	0,46	
1997	559	359	287	96	67	3,78	1,79	1,15	0,89	1,64	1,71	2,26	0,83	0,26	0,13	0,15	0,64	0,75	0,19	
1998	286	470	411	181	181	15,19	13,74	4,92	2,38	2,91	2,07	0,44	0,34	0,46	0,32	1,13	0,27	0,26	0,34	
1999	535	438	394	84	62	6,17	4,63	2,36	1,44	0,50	1,21	0,25	0,53	0,15	0,24	0,42	0,18	0,18	0,29	
2000	698	595	649	192	342	81,42	37,40	14,58	12,56	6,03	1,00	1,33	0,27	0,96	0,51	0,35	0,23	0,29	0,54	
2001	420	602	356	136	269	44,40	13,30	5,51	5,01	4,61	9,17	1,89	3,72	3,41	3,13	1,43	0,13	0,35	0,63	
2002	520	380	247	77	278	169,08	54,10	27,84	67,77	32,53	0,83	1,03	0,27	3,79	2,02	0,00	0,22	0,55	0,04	
2003	493	199	423	159	378	20,29	8,21	11,26	8,92	4,41	12,81	8,21	7,18	6,44	0,85	0,00	0,26	2,00	1,48	
2004	323	476	326	263	237	5,83	6,58	2,48	2,66	2,19	1,54	0,57	1,44	1,71	0,69	4,48	5,17	3,00	3,92	
2005	419	408	185	120	152	12,71	6,56	5,18	3,29	2,75	0,36	0,34	0,39	0,46	0,34	0,67	0,70	1,07	1,12	
2006	385	314	324	243	222	45,09	21,92	13,96	10,01	8,79	0,79	0,41	0,28	0,84	1,02	0,56	0,44	0,44	0,72	
2007	525	442	388	149	279	79,75	30,59	19,60	22,74	9,61	3,95	1,61	1,14	1,24	1,09	0,34	0,72	0,44	0,87	
2008	402	267	335	133	210	56,48	27,18	14,34	4,10	3,99	2,87	1,06	2,53	0,25	0,00	2,30	2,06	0,69	0,47	
2009	361	303	230	221	154	99,74	41,58	29,93	17,52	6,87	6,56	7,15	5,46	4,01	1,02	0,62	0,36	3,74	0,73	
三重県	月別漁獲努力量(隻・日)		1歳魚CPUE(尾/隻・日)		2歳魚CPUE(尾/隻・日)		3歳魚CPUE(尾/隻・日)		11月		12月		11月		12月		11月		12月	
1995	479	578	379	137	93	11,83	9,48	4,04	3,99	10,44	3,65	1,30	0,86	2,06	2,06	0,29	0,46	0,90	1,21	
1996	154	309	237	47	3	9,06	5,43	4,19	7,29	22,25	1,76	0,69	0,74	3,14	2,57	0,28	0,30	0,59	1,83	
1997	497	339	211	18	14	4,25	2,03	5,23	5,53	10,17	1,92	2,57	3,79	1,63	0,83	0,17	0,72	3,39	1,17	
1998	325	533	306	106	79	20,37	16,80	12,98	12,75	9,78	2,77	0,54	0,89	2,49	1,08	1,51	0,34	0,67	1,80	
1999	468	413	353	44	21	6,76	5,43	3,45	5,87	7,52	1,33	0,29	0,77	0,63	3,64	0,46	0,21	0,26	1,16	
2000	487	398	563	132	183	77,79	49,61	26,89	22,12	8,27	0,96	1,76	0,49	1,70	0,70	0,33	0,30	0,53	0,94	
2001	279	527	369	58	101	36,35	16,05	8,89	10,97	12,18	7,51	2,28	2,63	7,46	8,28	1,17	0,16	0,25	1,37	
2002	425	348	198	58	242	165,04	126,99	76,94	229,73	48,79	0,32	2,42	0,22	12,86	3,03	0,00	0,51	1,51	0,13	
2003	428	214	418	111	259	17,42	18,25	23,11	8,02	18,25	22,59	27,82	18,19	26,62	2,59	0,00	1,91	7,30	9,60	
2004	248	359	263	183	131	10,91	7,24	3,67	2,92	3,45	3,84	1,00	3,81	3,37	2,08	0,00	1,90	11,49	12,04	
2005	410	363	148	74	110	26,48	17,15	10,84	18,61	7,02	0,75	0,89	0,81	2,59	0,86	1,40	1,83	2,24	6,31	
2006	343	264	257	130	130	82,38	67,19	35,00	23,90	16,22	1,44	1,26	0,70	2,01	1,88	1,02	1,34	1,11	1,72	
2007	363	327	262	87	163	95,47	33,68	29,33	33,68	9,26	4,73	1,78	1,71	1,30	1,05	0,40	0,80	0,66	0,91	
2008	333	243	259	73	143	51,84	37,53	20,23	21,44	8,97	2,64	1,46	3,56	1,31	0,00	2,11	2,85	0,98	2,44	
2009	265	259	167	149	50	122,81	52,29	28,37	42,86	56,81	8,08	8,99	5,17	9,80	8,40	0,77	0,45	3,54	1,78	

附表3. 標識放流魚の追加効率推定結果

放流年(年度)	放流場所	放流区分(3河川に区分)	放流尾数(尾)	平均全長(mm)	放流魚の生体別個体数			1-3歳(合計)			1歳時資源尾数	1歳時資源尾数(1-3歳)	P=CI/D	追加効率率 H/A	回収率 (H+C)/A		
					0歳	1歳	2歳	0歳	1歳	2歳						3歳	
2000	静岡県石浜海岸	遠州灘～駿河湾	10,000	67	16	44	0	44	95,918	121,348	13,068	154,191	117	0.0117	0.0060		
2000	新居町浜名港	遠州灘～駿河湾	10,000	64	0	4	0	4	95,918	121,348	13,068	154,191	9	0.0009	0.0004		
2001	新居町浜名港	遠州灘～駿河湾	6,562	81	0	26	13	18	232,367	542,826	68,848	31,835	643,510	87	0.0163	0.0087	
2001	浜松市浜名川河口	遠州灘～駿河湾	7,638	81	4	289	17	4	232,367	542,826	68,848	31,835	643,510	442	0.0706	0.0378	
2001	浜松市浜名川河口	遠州灘～駿河湾	19,000	70	0	38	9	22	232,367	542,826	68,848	31,835	643,510	106	0.0071	0.0039	
2001	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	35,073	56	0	0	5	5	232,367	542,826	68,848	31,835	643,510	8	0.0003	0.0001	
2002	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	7,068	91	16	182	43	0	225	51,391	133,257	23,438	8,306	165,001	347	0.0028	0.0015
2002	浜松市浜名川河口	遠州灘～駿河湾	16,510	73	0	0	0	0	50,533	131,257	23,438	8,306	165,001	822	0.0931	0.0615	
2002	浜松市浜名川河口	遠州灘～駿河湾	36,277	67	0	0	0	0	51,391	133,257	23,438	8,306	165,001	6,200	0.3270	0.2177	
2002	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	20,556	65	0	134	70	21	224	11,319	26,993	2,780	3,338	32,904	0.0204	0.0108	
2003	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	9,200	82	192	47	0	47	13,319	26,993	2,780	3,338	32,904	0.0001	0.0001		
2003	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	18,800	78	0	153	18	153	13,319	26,993	2,780	3,338	32,904	0.0004	0.0004		
2003	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	42,512	67	870	1068	171	52	1,311	13,319	26,993	2,780	3,338	66,378	0.037	0.0263	
2003	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	29,000	64	0	247	14	0	261	13,319	26,993	2,780	3,338	76,378	0.007	0.0044	
2003	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	20,000	68	0	0	0	0	13,319	26,993	2,780	3,338	32,904	0.002	0.0012		
2004	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	21,500	70	0	0	0	0	13,319	26,993	2,780	3,338	32,904	0.013	0.0080		
2004	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	16,400	70	0	0	0	0	13,319	26,993	2,780	3,338	32,904	0.002	0.0012		
2004	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	38,139	77	728	1,031	144	0	1,175	25,733	45,231	5,171	51,73	55,575	118,842	0.021	0.0169
2004	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	22,000	116	0	299	38	0	337	25,733	45,231	5,171	51,73	55,575	118,842	0.006	0.0046
2004	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	20,000	90	0	60	7	7	1,412	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	118,842	0.025	0.0154
2004	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	3,985	102	39	793	120	13	926	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	3,020	0.2627	0.1414
2005	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	21,750	65	0	951	110	7	1,069	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	1,468	0.1978	0.1040
2005	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	30,000	33	0	7,705	0	0	1,705	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	1,694	0.1001	0.0536
2005	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	13,000	66	0	1,459	317	28	1,894	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	2,703	0.0677	0.0356
2005	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	13,000	66	0	726	88	22	836	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	2,860	0.0864	0.0433
2005	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	30,000	25	0	926	704	0	1,610	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	1,235	0.1349	0.0738
2005	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	80,000	39	0	327	0	0	337	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	2,599	0.0401	0.0209
2005	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	30,000	44	0	4,812	282	0	5,094	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	354	0.0721	0.0369
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	13,000	67	0	60	7	7	1,412	46,654	131,054	16,988	7,144	155,187	118	0.0072	0.0037
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	30,000	67	0	276	62	0	338	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	319	0.0084	0.0045
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	19,750	71	0	1,565	123	0	1,689	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	1,651	0.0086	0.0045
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	35,000	51	0	0	0	0	1,835	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	364,472	0.008	0.0100
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	35,000	55	0	0	0	0	1,624	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	2,852	0.0942	0.0528
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	14,000	70	0	303	28	0	330	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	364,472	0.007	0.0092
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	28,000	61	0	45	0	0	45	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	364,472	0.000	0.0016
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	30,000	80	0	0	0	0	1,638	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	69	0.0030	0.0016
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	80,000	36	0	1,472	0	0	1,472	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	364,472	0.006	0.1692
2006	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	90,000	58	0	1,629	0	0	1,629	128,367	24,413	16,198	6,449	237,060	4,329	0.0941	0.0361
2007	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	13,000	61	0	82	11	0	33	81,715	12,598	20,578	-	133,136	168	0.0021	0.0016
2007	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	17,000	51	0	32	4	0	36	81,715	12,598	20,578	-	133,136	239,965	0.001	0.0176
2007	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	16,000	58	0	264	0	0	264	81,715	12,598	20,578	-	133,136	239,965	0.002	0.0089
2007	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	20,000	78	0	116	25	0	141	81,715	12,598	20,578	-	133,136	239,965	0.001	0.0307
2007	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	21,000	77	0	1,412	75	0	1,487	81,715	12,598	20,578	-	133,136	239,965	0.011	0.0959
2007	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	88,000	35	0	4,374	194	0	4,568	81,715	12,598	20,578	-	133,136	239,965	0.034	0.1316
2008	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	82,000	45	0	1,533	4,902	16	4,518	81,715	12,598	20,578	-	133,136	239,965	0.034	0.1316
2008	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	11,460	64	0	281	0	0	281	63,333	192,349	-	-	192,349	217,375	0.001	0.0392
2008	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	16,300	64	0	236	0	0	236	63,333	192,349	-	-	192,349	267	0.0029	0.0234
2008	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	27,000	66	0	1,187	0	0	1,187	63,333	192,349	-	-	192,349	487	0.0259	0.0234
2008	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	100,000	33	0	1,130	0	0	1,130	63,333	192,349	-	-	192,349	2,039	0.0755	0.0574
2008	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	90,000	42	0	3,132	0	0	3,132	63,333	192,349	-	-	192,349	1,913	0.0191	0.0145
2008	静岡県浜名川河口	遠州灘～駿河湾	14,630	68	0	241	1,983	0	1,983	63,333	192,349	-	-	192,349	3,540	0.0536	0.0398

*1 標識方法: EFS (イラストレーター)、ALC (アリサンコンプレックス)
 *2 Popeの近似式により推定する。0歳魚の10-3月の自然死亡係数(M)を0.2として、 $H = G \cdot \exp(0.2) + B \cdot (0.22)$

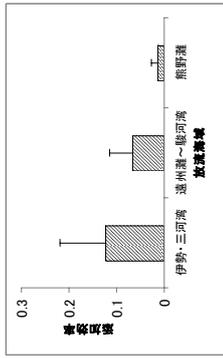


図1. 追加効率計算式の感度

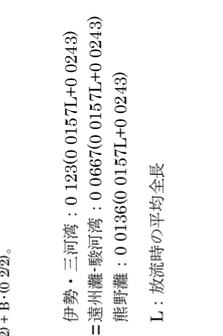


図2. 放流地域別の平均追加効率率 (Barは標準偏差)