

イラストマー蛍光標識を付けて伊勢湾湾央東部で放流したトラフグ人工種苗の成長と回収

阿知波英明・和久光靖・高須雄二・坂東正夫・白木谷卓哉・町田雅春

Recapture rates and growth of hatchery-reared ocellate puffer *Takifugu rubripes* marked with fluorescent visible implants, Elastomer tags, released in the eastern area of Ise Bay

ACHIHA Hideaki*¹, WAKU Mitsuyasu*², TAKASU Yuuji*³, BANDO Masao*⁴,
SHIROKIYA Takuya*⁵, and MACHIDA Masaharu*⁶

Abstract : Using sampling surveys of commercial landings taken at three fish markets, we estimated the recapture rates and growth of hatchery-reared juveniles of ocellate puffer released in Ise Bay. A total of 103,483 fish with a mean TL between 6.2 and 10.1cm were marked with visible fluorescent implants, Elastomer tags, and released in the eastern area of Ise Bay in July and August from 2000 to 2002. We surveyed 12,692 fish of 0+, 13,555 fish of 1+, and 722 fish of 2+ of ocellate puffer caught by small bottom trawling and bottom longline fishing in Ise Bay, Mikawa Bay, and the western Enshu Nada between October 2000 and March 2003. Of these we confirmed 1,589, 35, and 5 marked fish, respectively, with respective mark rates of 12.5%, 0.3%, and 0.7%. The estimated recapture rates for the fish released at a mean TL of 6.2cm in 2000 and at a mean TL of 6.8cm in 2001 were 26.5% and 12.4%, respectively. In 2002, two groups of hatchery-reared ocellate puffer of different sizes were released—one with a mean TL of 7.1cm in July and the other with a mean TL of 10.1cm in early August. For the smaller group, the recapture rate at 0+ and the mean TL of the fish recaptured in November were 10.0% and 22.2cm, respectively. By contrast, comparable figures for the larger group were 10.2% and 20.9cm. These results indicate that the eastern area of Ise Bay is the optimal site for the release of hatchery-reared ocellate puffer and that releasing juveniles under 6.2cm TL is most effective for enhancing the stock of ocellate puffer in Ise Bay, Mikawa Bay, and the western Enshu Nada.

キーワード: トラフグ, 人工種苗, 体外マーキング, 回収率

愛知県, 三重県, 静岡県 (以下東海三県とする) の沿岸・沖合となる伊勢湾, 三河湾と熊野灘から遠州灘, 駿河湾の海域 (以下東海海域とする) では, 延縄や小型底曳網などによりトラフグ *Takifugu rubripes* が漁獲されている (Fig. 1)。トラフグは, 冬季に多く漁獲できるうえに単価も高いことから, 重要な漁業対象種となっている。

漁獲対象となるトラフグは, 当歳魚の豊度の指標となる伊勢湾・三河湾と遠州灘の愛知県沖 (以下遠州灘西部海域とする) の小型底曳網による漁獲量と, 1歳魚の豊度の指標となる翌年の東海海域における延縄の漁獲量には正の相関関係が認められている。¹⁻⁴⁾ また, 標識放流の結果から主として東海海域内を移動・回遊していること

*¹ 愛知県企業庁衣浦港工事事務所常滑建設事務所 (Airport Island Reclamation Office, Kinuura Port Construction Office, Aichi Public Enterprise Bureau, Tokoname, Aichi 479-0837, Japan)

*² 愛知県水産振興基金栽培漁業部 (Department of sea-farming, Aichi Prefectural Foundation of Fisheries Promotion, Tahara, Aichi441-3615, Japan)

*³ 愛知県新城設楽農林水産事務所 (Shinsiro-Shidara Agriculture, Forestry and Fisheries Regional Office, Aichi Prefectural Government, Shidara, Aichi 441-2301, Japan)

*⁴ 愛知県水産試験場漁業生産研究所 (Marine Resources Research Center, Aichi Fisheries Research Institute, Minamichita, Aichi 470-3412, Japan)

*⁵ 愛知県農林水産部水産課 (Fisheries Division, Aichi Prefectural Government, Nagoya, Aichi 460-8501, Japan)

*⁶ (独) 水産総合研究センター宮津栽培漁業センター (Miyazu Station, National Center for Stock Enhancement, Fisheries Research Agency, Miyazu, Kyoto626-0052, Japan)

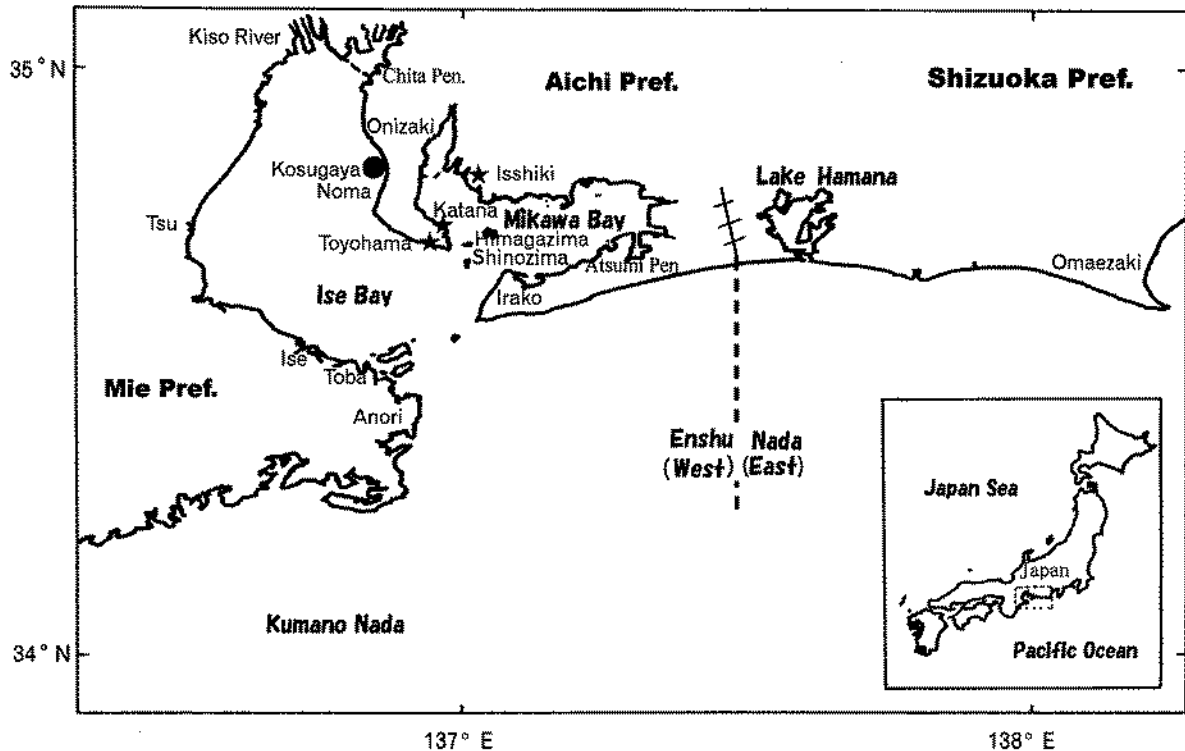


Fig.1 The study areas and release site of marked hatchery-reared ocellate puffer during the period from 2000 to 2002. Closed circle (●) show the released site of marked ocellate puffer. Stars (★) show the fish markets surveyed.

が明らかとなっており、^{2), 5-7)} 集団遺伝学的解析結果から、東シナ海や日本海、瀬戸内海に分布するものとは異なる独立性の高い個体群であると考えられている。⁷⁻⁹⁾

東海海域のトラフグ漁獲量は変動が大きいため、資源量の増大と安定的な漁業生産を目指して人工種苗の放流が行われている。種苗放流は、愛知県では1985年に三河湾で開始され、現在では東海海域で60~80万個体の放流が実施されており (Fig. 2)、放流開始後に漁獲量の増加が認められている。⁴⁾ 種苗放流による資源の増大をより効率的に行うためには、放流群を分離して放流海域やサイズ、時期などによる添加効率を把握することが重要である。その方法の一つの方法として、標識放流による種苗の追跡がある。愛知県水産試験場 (以下愛知水試とする) では、体外型標識である T-bar 型や円盤形の標識を背骨型ピンで留める標識方法で人工種苗を放流してきたが、放流群の移動・分布状況は把握されたものの、小型魚への生態への影響や放流個体数の少なさなどから回収率の推定はできなかった。そこで、尾鰭の変形と鼻孔隔皮欠損の自然標識¹⁰⁾ を放流魚の指標として、市場調査により調査個体数に対する標識魚個体数の割合、すなわち混獲率の調査を行い、人工種苗の回収率を調査してきた。しかし、これらの自然標識は全ての放流魚に現れな

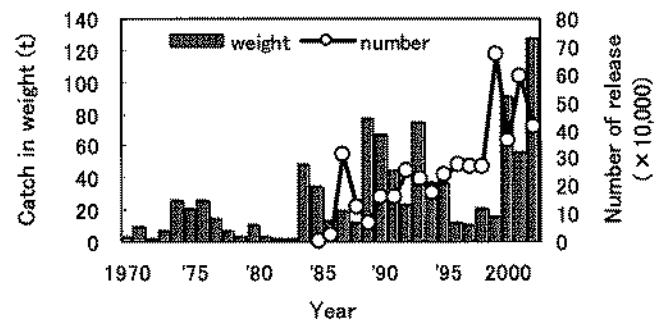


Fig.2 Annual changes in the commercial catch by bottom longline fishing in Aichi Prefecture and the number of released juveniles of ocellate puffer in Ise Bay, Mikawa Bay, Enshu Nada, Kumano Nada, and Suruga Bay. Juvenile release started in 1985.

いこと、尾鰭変形は明確な判断基準が確立されていないこと、¹¹⁾ 放流群が識別できないことから、放流群毎の回収率を推定するまでには至らなかった。

体外マーキング¹⁰⁾ である Visible fluorescent implant, Elastomer tag (可視蛍光イラストマー標識、以下イラストマー蛍光標識とする。Northwest Marine Technology 製、以下 NMT 製とする) は、放流群を色で区分することができ、行動生態への影響が少なく、短時間に装着でき安全性も高いことなどの長所を持っている。トラフグ種苗については、胸鰭基部と眼上部に装着した場合、60日間は

標識が保持され識別できており、¹²⁾ 幼魚の眼球に装着しても成長と生残等に影響がないこと¹³⁾ が示されている。更に、サクラマス幼稚魚では、イラストマー蛍光標識が長期間保持され、識別が可能であった。¹⁴⁾ そこで、東海海域で色や注入部位を変えたトラフグ種苗を放流し放流海域などの違いによる添加効率を把握することとした。本研究では、イラストマー蛍光標識を装着した人工トラフグ4群を2000～2002年に伊勢湾湾央東部の干潟域で放流し、2003年3月までに小型底曳網及び底延縄により愛知県の市場に水揚げされた主に当歳魚と1歳魚について調査を行い、回収率及び成長について推定した。

材料及び方法

標識放流の概要 標識放流に用いた種苗は、日本栽培漁業協会南伊豆事業場（現独立行政法人水産総合研究センター南伊豆栽培漁業センター、以下南伊豆センターとする）で生産し、南伊豆センター、または日間賀島、篠島、豊浜の漁業協同組合で中間育成したものである。標識は赤色または黄色のイラストマー蛍光標識を、可食部とならない左または右胸鰭の基部（Fig. 3）に装着することとし、空気駆動埋込システム（NMT製）または注射器（テルモ製、予防接種用1ml, 26G×1/2", 0.45×13mm）を用いて、麻酔をかけずに注入した。標識付け作業は南伊豆センターまたは各漁業協同組合で行った。

左胸鰭基部に赤色のイラストマー蛍光標識を付けた平均全長6.2cmの10,000個体を2000年7月25日に（以下2000放流群とする）、平均全長6.8cmの計19,206個体を2001年7月28日と8月11日に（以下2001放流群とする）放流した。また、平均全長7.1cmの計36,277個体を2002年7月19日、20日、27日に（以下2002A放流群とする）、左胸鰭基部に黄色または右胸鰭基部に赤色のイラストマー蛍光標識を付けた平均全長10.1cmのそれぞれ17,000個体、21,000個体、計38,000個体を2002年8月7日に（以下2002B放流群とする）放流した（Table 1）。

なお、無標識魚の放流も同時に行っている。

放流は伊勢湾湾央東部の小鈴谷地先で行った（Fig. 1）。2001放流群については、荒天のためその51%を南部の野間地先に放流した。小鈴谷から野間地先は、過去の調査でトラフグ幼魚が小型定置網に入網しており稚仔魚の生息域であることから、放流適地として選定した。この海域は、アマモ場が大きく広がる前浜干潟域であり、トラフグ稚仔魚の生息域¹⁵⁻¹⁷⁾と一致している。なお、本試験と同時期に伊勢湾以外の東海海域でもイラストマー標識を用いた放流が実施されているが、年毎の放流群は標識の色と位置により区別されており、本研究で用いた標識魚は明確に識別可能である。

解析に当たり、東海海域での産卵は、4～5月であること¹⁸⁻²⁰⁾から、年齢については便宜上4月1日に1齢加齢することとし、漁獲の状況等は4月から翌年3月までの年度で整理することとした。

市場調査 愛知県の漁業者は、本種を伊勢湾、三河湾（以下両湾を併せて内湾とする）及び遠州灘西部海域で小型底曳網により、伊勢湾と遠州灘西部海域で底延縄により漁獲している（Fig. 1）。小型底曳網は、漁船毎に伊勢湾、三河湾または遠州灘西部海域で操業海域が許可され、漁獲されたトラフグは豊浜、片名、一色、幡豆、東幡豆、西浦、形原、三谷及び伊良湖にある9つの産地市場等（以下市場とする）に水揚げされている。このうち三谷と伊良湖市場を除いた主要7市場について、水揚げ

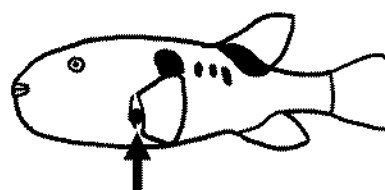


Fig.3 Marking point for visible fluorescent implant, Elastomer tag, inserted in the base tissue of the pectoral fin.

Table 1. Statistics on externally marked (visible fluorescent implant, Elastomer) hatchery-reared ocellate puffer released in the eastern area of Ise Bay from 2000 to 2002

Group name	Date of released	Total length (cm)*	Body length (cm)*	Number of fishes	Marking point** (Fluorescent color)
2000	Jul. 25, 2000	6.2 ± 0.5	5.7 ± 0.4	10,000	Left (Red)
2001	Jul. 28, Aug. 11, 2001	6.8 ± 0.5	6.3 ± 0.4	19,206	" (")
2002A	Jul. 19, 20, 27, 2002	7.1 ± 0.9	6.7 ± 0.6	36,277	" (")
2002B	Aug. 7, 2002	10.1 ± 0.6	9.5 ± -	38,000	Right(Red),Left(Yellow)

*mean ± SD

**base tissue of pectoral fin(See Fig.3)

Table 2. Average catch (t) of ocellate puffer in each fish markets and by each fish method from 1995 to 2002. Values in parenthesis designate the percentage of the catch weight of ocellate puffer. An asterisk (*) shows surveyed fish markets and methods

Fish market	Trawl			Total
	Ise, Mikawa Bay	Enshu Nada	Longline	
Toyohama	15.1(45.7%) *	3.1(7.5%) *	0.4(0.8%)	18.7(15.2%)
katana	5.5(16.6%) *	3.0(7.2%) *	23.3(49.1%) *	31.9(26.1%)
Isshiki	8.0(24.0%)	19.7(47.3%) *	-	27.7(22.6%)
Hazu	2.7(8.3%)	4.4(10.7%)	-	7.2(5.9%)
Higashihazu	0.2(0.6%)	4.8(11.4%)	-	4.9(4.0%)
Nishiura	1.1(3.3%)	4.5(10.7%)	-	5.5(4.5%)
katahara	0.5(1.5%)	2.2(5.2%)	-	2.6(2.2%)
Shinozima	-	-	21.2(44.6%)	21.2(17.3%)
Morozaki	-	-	2.6(5.5%)	2.6(2.1%)
Total	33.1(100%)	41.7(100%)	47.6(100%)	122.3(100%)

量が内湾と遠州灘西部海域に分けて1995年から推定されている(愛知県未発表)。*7この7市場へは遠州灘西部海域と、豊浜市場へは伊勢湾、形原市場へは三河湾、他5市場へは両内湾からの漁獲物が水揚げされている。底延縄により漁獲されたトラフグは、豊浜、篠島、師崎、片名と近年水揚げされていない赤羽根にある5つの市場に水揚げされ、漁獲量が1987年から毎月把握されている(愛知県未発表)。*7

市場調査は、Table 2に示した漁法別漁場別の各市場の水揚げ量及び各市場の割合を参考に、漁法毎に水揚げ量が多い市場を対象に行った。つまり、小型底曳網漁獲物の調査は、1995～2002年度の平均漁獲量で、県全体の内湾漁獲量の45.7%、遠州灘西部海域漁獲量の7.5%が水揚げされる豊浜市場で行った。2002年度は、三河湾からの回収状況も把握するため、三河湾の操業船も水揚げし、県全体の内湾漁獲量の16.6%、遠州灘西部海域漁獲量の7.2%が水揚げされる片名市場と、産卵群への加入状況を把握するため、4～5月の産卵時期に産卵場近傍で多く操業し、県全体の遠州灘西部海域漁獲量の47.3%が水揚げされる一色市場の調査も併せて行った。延縄漁獲物の調査は、県全体の延縄漁獲量の49.1%が水揚げされる片名市場で行った(Fig. 1)。

小型底曳網による当歳魚の水揚げは、2001年以前は10月1日に解禁され、2002年以降は三河湾を除き11月1日解禁となった。そこで、2000年級が小型底曳網の漁獲対象となる2000年10月から調査を開始した。豊浜市場では、2000年10月から2003年3月まで毎月1～9日、計103日

間、片名市場では、2002年10月から2003年3月まで毎月2～7日、計26日間、一色市場では2002年4月に5日間調査を実施した(Table 3)。なお、豊浜市場では2001年4月、2002年7、8月の調査は実施できなかった。

底延縄は、700g未満となる主に当歳魚の水揚げが禁止され、漁期は10月から2月となっている。そこで、2000年級の延縄による水揚げが解禁される2001年10月から調査を開始した。2003年2月までの調査漁期中に、片名市場で毎月1～6日、計36日間調査を実施した(Table 3)。なお、2002年1月は、出漁した日が1日しかなかったため調査を実施できなかった。

市場では、できるかぎり多くの個体についてイラストマー蛍光標識及び自然標識の確認と全長の測定を行った。小型底曳網市場の調査時には、操業海域を把握するため聞き取りや船名の確認も併せて行った。イラストマー蛍光標識の有無は、水揚げされた個体に4-または7-Blue LED(light emitting diode) Flashlight (NMT製、以下ライトとする)を照射して確認し、2001年10月からはAmber glasses (NMT製、以下サングラスとする)も併用した。標識が確認された個体は、サングラスを外し、なるべく2名で標識の色を再確認した。尾鰭の形状と長さに異常が無いと判断され、鼻孔隔皮が欠損していない個体を天然魚とした。なお、当歳と1歳は全長が明らかに異なるが、1歳以上は調査現場で明確に区分できないため、標識が確認された個体は後日全長から年級分離を行い年級推定した。

回収個体数の推定 回収個体数の推定は、市場調査結果から「比推定法」(例えば北田(2001)²¹⁾)により以下

*7 愛知県(2002)平成13年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書、愛知水試、愛知、87pp.

の方法で漁法別、操業海域別に月毎に行った。

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \times \hat{X}$$

\hat{Y} : その月の放流魚の推定回収個体数

\hat{X} : その月の市場毎または県全体の推定総漁獲個体数

y_i : イラストマー蛍光標識が確認できた個体数

x_i : 調査個体数

n : 月毎の調査日数

小型底曳網による内湾操業船の混獲率をみると、三河湾は伊勢湾と比較し低いことから両湾は区分して回収個体数を推定する必要があると考えられたが、漁獲量は両湾併せて集計され区分できない。そこで、内湾操業の小型底曳網による回収個体数は、調査した豊浜市場と片名市場にそれぞれ水揚げされたもののみを推定した。一方、遠州灘西部海域を操業する小型底曳網（以下遠州灘操業船とする）と底延縄は、それぞれ全漁業者が操業する海域が同じであることから、両漁法については調査した市場の結果から県全体の回収個体数に拡大して推定した。

月毎の推定総漁獲個体数 (\hat{X}) は、Yamakawa and Matsumiya (1997)²²⁾を改良した方法（愛知県未発表）^{*8}を用いて、漁法別、操業海域別に求めた。つまり、小型底曳網では内湾操業船及び遠州灘操業船により水揚げされた個体、底延縄では片名市場に水揚げされた個体の月毎の全長頻度分布を作成した。この頻度分布から年齢別の平均全長と個体数割合を推定した。小型底曳網では、年齢別の推定平均全長から全長と体重の関係式（愛知県未発表）^{*9}を用いてそれぞれの平均体重を求めた。この平均体重と推定された年齢別の個体数割合を用いて年齢別の漁獲量比を求め、漁獲量から年齢毎の漁獲個体数を推定した。ただし、片名市場においては、伊勢湾・三河湾操業船毎に測定したそれぞれの月毎の漁獲個体数を用いて推定漁獲個体数を更に案分し、操業海域別の漁獲個体数とした。一方、底延縄では月毎の漁獲個体数が把握されていることから、年齢毎の個体数割合を用いて県全体での月別年齢別漁獲個体数を推定した。

なお、愛知県における年齢別の水揚げ個体数割合は、1995～2002年度平均で当歳魚が57.6%、1歳魚が37.7%であること（未発表）から、1歳までを調査することで回収

のほとんどが把握される。

2002A及び2002B放流群の成長 2002年に放流した2群の放流直後の尾鰭の状況と成長を比較するため、小型定置網漁獲物調査を行った。同年7、8月に、放流海域周辺となる鬼崎、小鈴谷及び野間地先（Fig. 1）の水深4～8m程度に設置された小型定置網の操業者に、入網したトラフグ個体数の記帳とホルマリン固定を依頼した。固定されたトラフグは、愛知水試に持ち帰り、個体数の計数、全長・体長の測定、イラストマー蛍光標識と自然標識の有無を確認した。また、2002年11月から2003年3月に小型底曳網により豊浜市場に水揚げされた標識魚は、尾鰭の状況を把握するため体長測定も併せて行った。

測定した全長と体長の値を用いて、天然魚の尾鰭の長さを100%とした場合の尾鰭長の欠損度を相対的に示した指標となる尾鰭欠損率（山口県未発表）^{*10}を下記式に基づき月毎に算出した。なお、天然魚の尾鰭長は、福岡湾の幼魚と筑前海の未成魚の測定結果から導かれたものである。また、尾鰭が全くない、つまり全長と体長が等しい個体については、尾鰭の再生が見込めないことから今回の集計には入れなかった。

$$\text{尾鰭欠損率 (\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A: 尾鰭長 (cm) = 測定全長 (cm) - 測定体長 (cm)

B: 測定体長から推定された天然魚の尾鰭長 (cm) = C - 測定体長 (cm)

C: 測定体長での天然魚の推定全長 (cm) = 1.1806 × 測定体長 (cm) + 0.60142

統計解析 2002A、2002B放流群と天然魚の全長について、月毎にTukey-Kramerの方法により3群の多重比較を行い、統計的な差を確認した。両放流群の体長、尾鰭欠損率など2群間の比較は、t検定で月毎に差を確認した。また、両放流群の回収の違いを比較するため、放流時の放流群別組成比率と11～3月の積算及び月毎の確認個体数比率を、二項検定により差を確認した。なお、全ての検定について、 $p < 0.05$ を統計的に有意とした。

結 果

標識魚の混獲率 小型底曳網水揚げ物市場調査における調査個体数は、当歳魚12,692個体、1歳魚1,832個体、2歳魚665個体の計15,189個体であった（Table 3）。標識魚は、当歳で計1,589個体、1歳で計3個体、2歳で計5

*8 愛知県（2001）平成12年度複合的資源管理型漁業促進対策事業報告書。愛知水試、愛知、86pp.

*9 愛知県（1998）愛知県広域資源管理推進指針、愛知水試、愛知、21pp.

*10 山口県・福岡県・長崎県・三重県・愛知県・静岡県・秋田県（2000）平成7～11年度放流技術開発事業報告書（トラフグ）、139pp.

Table 3. Number and contribution rate (%) of marked fish taken in commercial landings by small bottom trawling and bottom longline fishing at fish markets from Oct. 2000 to Mar. 2003. Visible fluorescent implants, Elastomer tags, were detected in fish at the fish market by using a combination of a blue LED (light emitting diode) flashlight and amber glasses. The amber glasses were not worn in the period between Oct. 2000 and Sep. 2001

Fishing method	Fish market	Operating areas	Date	Days	Number of surveyed fish in each age (A)				Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
					0+	1+	2+	2000	2001	2002A	2002B	
Trawl	Ise Bay	Ise Bay	2000 Oct.- '01 Mar.	21	1,722	-	-	126(7.3%)	-	-	-	-
			2001 Apr.- '02 Mar.	52	5,684	306	-	-	146(2.6%)	-	-	-
			2002 Apr.- '03 Mar.	30	3,082	407	-	-	10(0.2%)	556(18.0%)	591(19.2%)	-
	Toyohama	Enshu Nada	2000 Oct.- '01 Mar.	17	44	-	-	1(2.3%)	-	-	-	-
			2001 Apr.- '02 Mar.	52	464	213	-	-	1(0.5%)	2(0.4%)	-	-
Longline	Katana	Ise Bay	2002 Apr.- '03 Mar.	30	169	695	-	-	0(0%)	1(0.6%)	3(1.8%)	-
			(Subtotal)	202	11,165	1,621	-	129	149	557	594	-
	Enshu Nada	2002 Nov.- '03 Mar.	26	718	7	-	-	0(0%)	86(12.0%)	57(7.9%)	-	
		2002 Oct.- "	20	613	5	-	-	0(0%)	4(0.7%)	5(0.8%)	-	
Ishiki (Subtotal)	Enshu Nada	2002 Oct.- "	26	196	73	-	-	0(0%)	5(2.5%)	6(3.0%)	-	
		2002 Apr. 2002 Apr.	72	1,527	85	-	-	0	95	68	-	
Longline and Ise Bay (Subtotal)	Enshu Nada	2001 Oct.- '02 Feb.	17	-	2,064	-	-	14(0.7%)	-	-	-	
		2002 Oct.- '03 Feb.	19	-	9,659	57	-	18(0.2%)	-	-	-	
Total			36	-	11,723	57	14	18	-	-	-	
			315	12,692	13,555	722	148	167	652	662	-	

*The dotted zone shows the number and contribution rate of marked fishes at 0+

Table 4. Number of recaptures and recapture rate estimated from landings of ocellate puffer at certain fish markets in Aichi Prefecture. The fish were released in the eastern area of Ise Bay

Year class	1+												2+																																		
	0+						Trawl						Longline			Trawl			Longline			Total																									
Fishing method	Trawl			Longline			Trawl			Longline			Trawl			Longline			Trawl			Longline			Total																						
	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN	IB	MB	EN											
Operating areas*	Ise Bay						Enshu Nada						Ishiki						Enshu Nada			Ishiki			Enshu Nada			Ishiki			Enshu Nada			Ishiki			Enshu Nada			Ishiki			Enshu Nada				
	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A	T	K	A											
Landing markets**	N.D.						N.D.						N.D.						N.D.			N.D.			N.D.			N.D.			N.D.			N.D.			N.D.			N.D.							
	1,222	(12.2%)		1,070	(10.7%)		1	(0.01%)		6	(0.03%)		11	(0.1%)		287	(2.9%)		0	(0%)		0	(0%)		54	(0.5%)		0	(0%)		0	(0%)		0	(0%)		54	(0.5%)		0	(0%)		0	(0%)		2,645	(26.5%)
Group of release	1,567	(8.2%)		514	(2.7%)		68	(0.03%)		0	(0%)		300	(1.6%)		300	(2.9%)		0	(0%)		0	(0%)		0	(0%)		0	(0%)		0	(0%)		0	(0%)		0	(0%)		0	(0%)		2,387	(12.4%)			
	2,784	(7.7%)		47	(0.1%)		731	(2.0%)		68	(0.03%)		47	(0.1%)		731	(2.0%)		68	(0.03%)		47	(0.1%)		68	(0.03%)		47	(0.1%)		68	(0.03%)		47	(0.1%)		68	(0.03%)		68	(0.03%)		68	(0.03%)		3,630	(10.0%)
2002B	3,166	(8.3%)		498	(1.3%)		56	(0.2%)		161	(0.4%)		56	(0.2%)		161	(0.4%)		56	(0.2%)		161	(0.4%)		56	(0.2%)		161	(0.4%)		56	(0.2%)		161	(0.4%)		161	(0.4%)		161	(0.4%)		3,881	(10.2%)			

* : IB;Ise Bay, MB;Mikawa Bay, EN;Enshu Nada

** : T;Toyohama, K;Katana, A;All fish markets in Aichi Prefecture(Trawl);Toyohama, Katana, Isshiki, Hazu, Higashihazu, Nishiura, and Katahara, Longline;Toyohama, Shinozima, Morozaki, and Katana)

N.D.: No data

個体が確認され、年齢毎に集計した混獲率は12.5%、0.2%、0.8%となった。豊浜市場では、当歳魚11,165個体、1歳魚1,621個体の調査を行い、それぞれ計1,426個体、3個体の標識魚が確認された。片名市場では、当歳魚1,527個体、1歳魚85個体の調査を行い、当歳で計163個体の標識魚が、一色市場では1歳魚126個体、2歳魚665個体の調査を行い、2歳で5個体の標識魚が確認された。

放流群別の標識魚の混獲率を見ると、豊浜市場に水揚げされた当歳魚では、伊勢湾操業船で2000放流群7.3%、2001放流群2.6%、2002A放流群18.0%、2002B放流群19.2%であった。また、同市場の遠州灘操業船からの水揚げ個体では、2000放流群2.3%、2001放流群0.2%、2002A放流群0.6%、2002B放流群1.8%であった。片名市場に水揚げされた当歳魚の混獲率は、伊勢湾操業船で2002A放流群12.0%、2002B放流群7.9%、三河湾操業船でそれぞれ0.7%、0.8%、遠州灘操業船でそれぞれ2.5%、3.0%であった。当歳魚での放流群毎の混獲率は、豊浜・片名市場とも伊勢湾操業船が遠州灘操業船より高く、片名市場の調査では遠州灘操業船より更に三河湾操業船が低かった。

2000、2001放流群の1歳魚での混獲率は、豊浜市場の伊勢湾操業船が0.3%、0.2%、同遠州灘操業船が0.5%、0%と当歳魚での値より小さく、片名・一色市場では確認できなかった。2歳魚での混獲率は、一色市場の調査で2000放流群が0.8%となり、成熟年齢以降の人工放流魚が産卵場で漁獲された。

底延縄水揚げ物市場調査における調査個体数は、1歳魚11,723個体、2歳魚57個体であり（Table 3）、1歳で計32個体の標識魚が確認された。1歳魚の混獲率は、2000放流群が0.7%、2001放流群が0.2%であり、2歳魚では確認できなかった。

2002A及び2002B放流群の成長、尾鱗欠損と組成比率

2002年7、8月に鬼崎地先で9個体、小鈴谷地先で191個体、野間地先で106個体、計306個体のトラフグが小型定置網に入網し、それぞれ1個体、167個体、45個体、計213個体の固定サンプルを回収した。固定サンプルの内訳は、天然魚87個体、2002A放流群118個体、2002B放流群8個体であった。天然魚は7月12日から小鈴谷地先で、2002A放流群は放流直後の7月21日から小鈴谷地先で、2002B放流群は8月23日から野間地先で入網した。7月下旬に入網した個体の平均全長は、天然魚が10.6cm、2002A放流群が7.9cmであり（Fig. 4）、天然魚が有意に大きかった。2002B放流群の放流時の大きさは2002A放流群より大きく、前後の時期に入網した天然魚の大きさから天然魚より小さいと推定された。8月下旬に入網した個体の平均全長は、天然魚が14.3cm、2002A放流群が11.6cm、

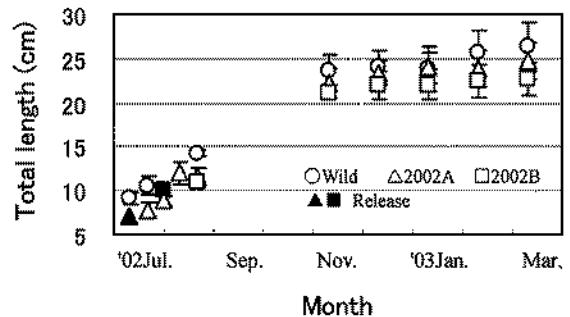


Fig.4 Average total length of wild and marked ocellate puffer caught by set net (July-August) and small bottom trawling (November-March). Vertical bars show ranges of standard deviation.

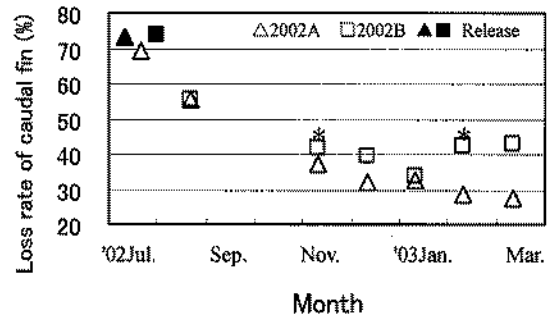


Fig.5 Changes in average loss rate of caudal fin for marked fish. An asterisk (*) shows significant differences ($p < 0.05$; t -test).

2002B放流群が10.9cmであり、両放流群が天然魚より有意に小さかった。しかし、放流2群の比較並びに体長での天然魚と放流群の3群比較では差は認められなかった。

2002年11月から翌年3月まで豊浜市場に水揚げされた天然魚809個体、2002A放流群341個体及び2002B放流群312個体の月毎の平均全長をFig. 4に示した。2002A放流群の大きさは2002B放流群より大きく、平均全長では1月まで、ここでは図示していないが、平均体長では2月まで有意に2002A放流群が大きかった。また、天然魚の平均全長は全ての調査月で両放流群より大きく、2002B放流群との比較では有意に天然魚が大きかったが、2002A放流群との比較では11月と2月のみが有意に天然魚が大きかった。

2002A、2002B放流群の尾鱗欠損率（Fig. 5）は、放流時点でそれぞれ73.4%、73.6%、8月下旬でそれぞれ55.5%、55.2%とほぼ同じであった。しかし、11月以降は2002A放流群が小さくなり、11月と2月は有意に小さかった。また、2002A放流群は経月的な低下傾向が認められたものの2002B放流群は低下せずに1月を除き40%以上と高かった。2002B放流群の尾鱗は市場調査時の観察でも変形が明らかで、天然魚との区別が容易な個体が多く認められた。

2002A、2002B放流群の放流個体数と割合（Table 1）は、それぞれ36,277個体、38,000個体、48.8%、51.2%であっ

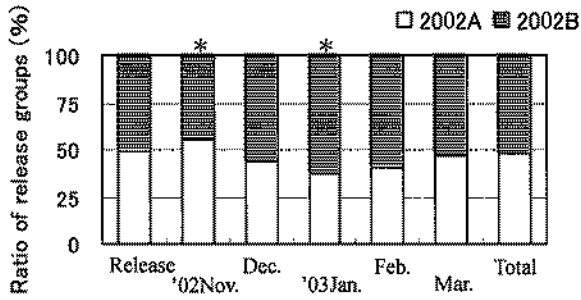


Fig.6 Changes in the ratio of marked fish for release groups 2002A and 2002B. An asterisk (*) indicate significant differences ($p < 0.05$; binomial test).

た。月毎に漁獲された放流個体数の組成比率 (Fig. 6) を見ると、12月、2月、3月は放流時と比較し偏っていなかったが、11月と1月はそれぞれ2002A放流群が55.7%、2002B放流群が63.0%と有意に多く確認された。調査期間中の11月から3月までに再捕された放流個体の積算個体数とその割合は、2002A放流群が557個体、48.4%、2002B放流群が594個体、51.6%と割合は放流時とほぼ同じとなった。

つまり、放流時の大きさが異なる2002Aと2002B放流群の11月以降の漁獲時の状況を比較すると、小型で放流した2002A放流群は大きさが2002B放流群より有意に大きくなり、大きさ、尾鰭形状とも経月的に天然魚に近づいた。また、放流個体の総再捕個体数の比率は、放流時と差が認められなかった。

回収率 推定された月毎の回収個体数を用いて放流個体数に対する割合、すなわち回収率を年度毎に集計してTable 4に示した。2000放流群の回収率は、当歳で小型底曳網の伊勢湾操業船から豊浜市場への水揚げで12.2%、遠州灘操業船による県全体の市場への水揚げで10.7%、計22.9%と推定された。1歳では、小型底曳網の伊勢湾操業船から豊浜市場への水揚げで0.01%、遠州灘操業船による県全体への水揚げで0.1%、底延縄による県全体への水揚げで2.9%、計3.0%と推定された。2歳では、小型底曳網の遠州灘操業船による県全体への水揚げで0.5%と推定された。これらをまとめると、2000放流群は2歳までに26.5%が回収された。2001放流群の回収率は、当歳で小型底曳網の伊勢湾操業船から豊浜市場への水揚げで8.2%、遠州灘操業船による県全体への水揚げで2.7%、計10.9%と推定された。1歳では、小型底曳網の伊勢湾操業船から豊浜市場への水揚げで0.03%、底延縄による県全体への水揚げで1.6%、計1.6%と推定された。これらをまとめると、2001放流群は1歳までに12.4%が回収された。2002A放流群の回収率は、当歳で小型底曳網の伊勢湾操業船から豊浜市場への水揚げで7.7%、片名市場への水揚げで2.0%、

三河湾操業船から片名市場への水揚げで0.1%、遠州灘操業船による県全体への水揚げで0.2%、計10.0%と推定された。2002B放流群の回収率は、当歳で小型底曳網の伊勢湾操業船から豊浜市場への水揚げで8.3%、片名市場への水揚げで1.3%、三河湾操業船から片名市場への水揚げで0.2%、遠州灘操業船による県全体への水揚げで0.4%、計10.2%が回収された。

考 察

混獲率 小型底曳網と底延縄により水揚げされた当歳魚12,692個体、1歳魚13,555個体、2歳魚722個体の計26,969個体の調査を行い (Table 3)、当歳で計1,589個体、1歳で計35個体、2歳で計5個体の標識魚が確認され、年齢毎に集計した混獲率は、それぞれ12.5%、0.3%、0.7%となる。漁法漁場毎にみても、当歳での混獲率は、伊勢湾を操業する小型底曳網が2.6~19.2%と高く、遠州灘操業船は0.4~3.0%と低かった。合計で約7.4万個体を放流した2002年の伊勢湾操業船における当歳の混獲率は、豊浜市場で37.2%、片名市場で19.9%と高い値となった。1歳での混獲率は、小型底曳網で0~0.5%、底延縄で0.2%、0.7%であった。2歳での混獲率は、小型底曳網で0.8%、底延縄の調査では標識魚は確認できなかった。このように、当歳の混獲率は1、2歳魚より1~2桁高く、また放流海域となる伊勢湾操業船の調査で高くなった。低下した理由は、標識装着後の時間経過に伴う調査現場での標識視認率の低下や、ヒラメと同じく²¹⁾ 県外への逸散、死亡あるいは天然魚の県外からの移入が考えられた。また、伊勢湾湾央東部で体外型標識を付けて放流したトラフグ種苗は、三河湾へほとんど分布・移動せず、11月頃から徐々に遠州灘へ分布を広げることがわかっている。²³⁾ 今回放流した標識魚は、当歳では伊勢湾に主に分布していたと考えられることから、伊勢湾操業船の混獲率が高くなったものと考えられた。

大きさが異なる放流群の成長と回収 2002年には、平均全長7.1cmで36,277個体 (2002A放流群) と11~19日後に平均全長10.1cmで38,000個体 (2002B放流群) の大きさが3cm異なる2群を放流した。2002B放流群の放流時点での全長は、小型定置網漁獲物調査結果から天然魚と2002A放流群の中間と考えられた (Fig. 4)。しかし、8月下旬以降小型サイズで放流した2002A放流群の平均全長は2002B放流群より大きくなり、11月から1月までは有意に2002A放流群が大きくなった (Fig. 4)。一方、両放流群の小型底曳網による当歳魚での回収率は約10%とほぼ同じであった (Table 4)。また、両放流群の発見個体数の比率は、放流時と比較して11~3月の調査期間の積算

及び12月、2月、3月は有意な偏りはみられなかった (Fig. 6)。偏りのみられた11月は、2002B放流群の平均全長が2002A放流群に比べ小さいため、漁場への移動が遅れた可能性が考えられる。また、1月は2002B放流群の尾鰭欠損率が前後の月と比較して著しく低く (Fig. 5)、放流海域付近で操業するかご網に例年より数ヵ月遅い1月頃まで尾鰭の変形したトラフグが入網したと報告されたことから、沖合への移動が遅れた2002B放流群の一部が1月に漁場へ移動した可能性が考えられる。このように、今回の試験では放流時で全長3cmの差は回収率に影響を与えず、平均全長は、放流後1ヵ月経過以降冬季まで小型放流群が大きいという結果が得られた。トラフグは種苗生産や中間育成時にかみ合いにより尾鰭などが欠損する。2002A、2002B放流群の尾鰭欠損率は、放流時点から8月下旬まではほぼ同じであったが、その後前者は経月的に低下が認められたのに対し、後者は低下が認められなかった (Fig. 5)。平均全長7.1cmの個体は、10.1cmの個体と比較して尾鰭が順調に再生するものと考えられた。このような2002A放流群の良好な尾鰭の再生が生態的に有利に働いたことが、2002B放流群より早い成長をもたらした理由と考えられた。東海海域では全長3cm以上の放流個体数と小型底曳網漁獲量、全長1.7cm以上の放流個体数と延縄漁獲量との間に相関が認められている。⁴⁾ この報告や今回の4群の放流試験結果から考え、平均全長6.2cmより更に小型個体の放流でも高い資源添加効果が得られる可能性を示しており、イラストマー蛍光標識や焼き印、²⁴⁾ 安全性の再検討も必要と考えるが耳石標識²⁵⁾ などを用いた全長6cm以下の小型個体の放流試験を行い、回収率や尾鰭の回復、成長などを比較することで最適な放流サイズなどが求められるものと考えられた。

回収率 今回伊勢湾湾央東部放流群の回収率が、愛知県下の限られた市場への水揚げについて推定された。その結果、2000放流群は当歳で22.9%、1歳で3.0%、2歳で0.5%、計26.5%、2001放流群は当歳で10.9%、1歳で1.6%、計12.4%、2002A放流群は当歳で10.0%、2002B放流群は当歳で10.2%が回収されたと推定された (Table 4)。3年間の結果を併せると、当歳で小型底曳網により年毎の放流個体数の7.7~12.2% (平均8.4%) が伊勢湾から豊浜市場へ水揚げされ、0.2~10.7% (平均1.8%) が遠州灘から愛知県全体に水揚げされたと見積もられる。また、1歳で底延縄により年毎の放流個体数の1.6%、2.9% (平均2.0%) が愛知県全体で回収されたと見積もられた。東海海域では、2000年以降伊勢湾以外の海域でも本種のイラストマー蛍光標識放流が実施され、延縄により東海三県へ水揚げ

された1歳魚までの回収率が見積もられている (山口県他)。*¹⁾ 漁獲個体数と回収個体数の推定方法などが県により、また本報とも異なるため単純な比較とはならないが、駿河湾、遠州灘沿岸及び熊野灘沿岸の伊勢湾以外で放流された7群の1歳までの回収率は0~3.5%、平均で0.7%と推定され、本報より1桁低い。筆者らが放流を行った伊勢湾湾央東部海域は、トラフグ稚仔魚の生息域であり、アマモ場が数km²に渡り広がる前浜干潟域でトラフグ稚仔魚の生息に適している海域¹⁵⁻¹⁷⁾である。更に、水深が10~20mとなる1,500~4,000m以上沖合まで魚類を漁獲対象とする小型底曳網の操業が禁止されており、トラフグは小型定置網の漁獲対象とされていないため、不合理な小型魚の乱獲が少ないものと考えられる。一方、伊勢湾以外の放流海域は太平洋に面した小河口域、汽水湖や小さな湾であり、幼魚が小型定置網の漁獲対象種となる海域もあり、面積は伊勢・三河湾と比較して著しく狭いことから、放流個体数が過剰となった可能性もある。このような放流場所の条件の違いが回収率の大きな差をもたらしたものと考えられ、東海海域の中で伊勢湾湾央東部海域は特に大量の種苗放流に適した場所であると考えられた。有明海で行われたトラフグの耳石標識放流試験における回収率では、稚仔魚の生息域となる干潟域が広い有明海湾奥部や諫早湾での放流群の方が、干潟の狭い島原地先放流群より高いことが示されている。²⁶⁾ 広い干潟域の存在は、トラフグ種苗の大量放流に適する場所となる重要な要因と考えられる。

今回用いたイラストマー蛍光標識は、平均全長6.2cmの小型個体にもあまりダメージを与えずに装着できた上に、放流群別の混獲率や回収率を推定することができた。従って、イラストマー蛍光標識はトラフグ人工種苗の回収率の推定などに有効な標識であることが示された。

ところで、平均全長8.2cmの99個体を用いて、胸鰭基部にイラストマー蛍光標識を付けば1歳となる平均全長21.2cmまで飼育した。また、漁獲された平均全長20.4cmの2000放流群4個体と平均全長19.2cmの2001放流群3個体のそれぞれ当歳を、平均全長37.9cmの約3歳、平均全長33.8cmの約2歳まで成長させ、放流初期から約3歳までの標識の視認状況を確認した。その結果、標識がライトとサングラスの併用により容易に確認できる割合は、標識を装着した当初の100%から脱落により飼育18日後に94.8%まで急減したものの、その後低下は鈍りほぼ1歳時には88.4%となった。また、漁獲された平均全長約20cmの個体の標識は、実験終了の2、3歳まで徐々に見づらくはなったものの視認可能であった。今回推定した回収率の計算には、水槽飼育実験で認められた標識装着初期の脱落

*¹⁾ 山口県・福岡県・長崎県・三重県・愛知県・静岡県・秋田県 (2003) 平成14年度資源増大技術開発事業報告書 回帰性回遊種 (トラフグ)、静岡1-11、愛知1-12、三重1-13。

が考慮されていない。また、調査対象とする漁業や市場は、愛知県のみならず更に小型底曳網の内湾操業の場合は一部の市場へ水揚げされた値であり、範囲が限られている。このように、今回の回収率は過小推定になっている。

マダイなどの場合、放流種苗は放流直後にまとまった死亡が起きている可能性が指摘され、その原因として環境の変化、害敵による食害、摂餌能力の不足による飢餓と不合理な小型魚の混獲が推定されている。^{27, 28)}しかし、トラフグは、防御と関係があるとされる膨腹習性とその効果を増すとされる小棘状突起を持ち、¹⁵⁾更に生体防御物質として働くと考えられるフグ毒が有ること^{29, 30)}から、害敵による食害は他の放流種苗と比較しないと考えられる。また、稚魚は飢餓に対して強く(天野・檜山未発表)、*¹²⁾今回の放流場所は前述したように放流直後の不合理な小型魚の乱獲が少ない場所である。このようなトラフグの持つ生態的特性と適正な放流場所が、今回の高い回収率をもたらした要因と考えられた。

今後、より精度の良い回収率を把握するためには、視認率の低下に伴う放流個体数等の補正方法の検討が必要である。また、東海海域全体の回収を把握するため、小型底曳網については三重県の市場も含めた伊勢湾と三河湾の回収率をそれぞれ求めること、東海三県の漁獲個体数と回収個体数の推定方法などを統一することが必要である。これらを行うことで、東海海域のトラフグ放流による経済効果まで含めた放流効果を明確にすることができ、受益者負担まで含めた放流のあり方が検討できるものと考えられる。

本研究により、トラフグの人工種苗放流が、漁業資源の付加に大きな影響を与えていることが明らかとなった。今後は、放流種苗の海域生態系への影響の解明、遺伝的多様性³¹⁾への影響の少ない種苗生産方法の確立などの試験研究を早急に進めるとともに、天然資源の動態などの把握も併せて進めていく必要があると考えられた。これらを一体として進めることで、トラフグの種苗放流を含めた包括的な資源管理である資源計画²¹⁾が推進され、その結果トラフグの効率的な漁獲と漁業所得の向上が図られ、東海海域における持続的なトラフグ漁業の実現が可能になるものと期待される。

要 約

伊勢湾で放流したトラフグ人工種苗の成長と回収率について、3つの水揚げ市場でのサンプリング調査により推定した。平均全長6.2~10.1cmの人工種苗、計103,483個体にイラストマー蛍光標識を付け、2000年から2002年の

7月と8月に伊勢湾湾央東部海域で放流を行った。小型底曳網及び底延縄により伊勢湾、三河湾及び遠州灘西部海域で2000年10月から2003年3月までに漁獲された当歳魚12,692個体、1歳魚13,555個体、2歳魚722個体の計26,969個体の調査を行い、それぞれ1,589個体、35個体、5個体の標識魚が確認され、混獲率はそれぞれ12.5%、0.3%、0.7%であった。2000年に放流した群は2歳魚までに26.5%、2001年に放流した群は1歳魚までに12.4%が愛知県下の市場で回収したと推定された。2002年には、大きさの異なる2群、つまり平均全長7.1cmの群を7月に、平均全長10.1cmの群を8月上旬に放流した。当歳での回収率と11月時点での平均全長は、小型放流群が10.0%、22.2cm、大型放流群が10.2%、20.9cmと推定された。以上のことから、今回放流した伊勢湾湾央東部海域はトラフグ人工種苗の放流に適した場所であり、平均全長6.2cmより小型個体の放流でも伊勢湾、三河湾及び遠州灘のより高い資源添加効果が得られる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究を行うに当たり、関係漁協の職員、市場関係者、漁業者等のご協力を頂いた。東京海洋大学北田修一教授には、回収率の推定と論文内容について多くの助言を頂いた。また、(独)水産総合研究センター東北水産研究所八戸支所の伊藤正木博士と愛知県水産課長尾茂人主査には親切丁寧なご高閣を頂いた。厚くお礼を申し上げる。なお、本研究の一部は資源増大技術開発事業(水産庁)により行われた。水産庁を始め本事業の関係者各位に、ここに記して謝意を表す。

文 献

- 1)安井港・田中健二・中島博司(1997)伊勢湾と遠州灘。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. 84-96。
- 2)中島博司(1997)熊野灘・遠州灘に生息するトラフグ資源について。南西外海の資源・海洋研究, 13, 41-46。
- 3)長尾成人・鯉江秀亮・大澤博・福嶋万寿夫(1998)伊勢湾・遠州灘におけるトラフグの資源動向について-I。愛知水試研報, 5, 11-23。
- 4)阿知波英明(2003)伊勢湾、三河湾および遠州灘のトラフグ漁獲量と種苗放流との関係。水産増殖, 51, 367-374。
- 5)中島博司(1991)熊野灘、遠州灘海域のトラフグ資源について。水産海洋研究, 55, 246-251。
- 6)安井港・濱田貴史(1996)遠州灘・駿河湾海域における

*¹²⁾天野千絵・檜山節久(1997)放流技術開発事業(中回遊種:トラフグ)、山口県外海水試事業報告平成8年度、山口県外海水試、山口、22-38

- 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.
- 7)伊藤正木・安井港・津久井文夫・多部田修 (1999) 標識放流結果から推定した遠州灘におけるトラフグ成魚の移動・回遊. 日水誌, 65, 175-181.
- 8)佐藤良三 (1997) 集団遺伝学的手法による系群解析. 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.
- 9)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. 28-40.
- 10)早乙女浩一 (1996) 標識技術の現状. 月刊海洋, 28, 610-616.
- 11)阿知波英明 (2002) 東海系群のトラフグ放流効果を調べています. さいばい, 100&101, 68-75.
- 12)町田雅春 (1999) N 標識手法の開発 4 トラフグ. 日本栽培漁業協会事業年報・平成 9 年度, 日裁協, 336-339.
- 13)宮木廉夫・新山洋・安元進・池田義弘・多部田修 (1997) トラフグ *Takifugu rubripes* 幼魚におけるイラストマー蛍光標識の有効性について. 長崎水研報, 23, 27-29.
- 14)崔美敬・山崎文雄 (1996) イラストマー蛍光タグによるサクラマス幼稚魚の標識法について. 水産育種, 23, 41-50.
- 15)藤田矢郎 (1962) 日本産主要フグ類の生活史と養殖に関する研究. 長崎水試論文集第 2 集, 長崎水試, 長崎, 1-121.
- 16)日高健・高橋実・伊藤正博 (1988) トラフグの資源生態に関する研究 I. 福岡水試研報, 14, 1-11.
- 17)田北徹・Sumonta Intong (1991) 有明海におけるトラフグとシマフグの幼期の生態. 日水誌, 57, 1883-1889.
- 18)神谷直明・辻ヶ堂諄・岡田一宏 (1992) 伊勢湾口部安乗沖におけるトラフグ産卵場. 栽培技研, 20, 109-115.
- 19)中島博司 (2001) 伊勢湾口部トラフグ産卵場の規模と産着卵の分布について. 三重水技研報, 9, 1-8.
- 20)白木谷卓哉・田中健二・岩田靖宏・家田喜一・石川雅章 (2002) 伊勢湾口部におけるトラフグの産卵場および産卵時期. 愛知水試研報, 9, 27-31.
- 21)北田修一 (2001) 栽培漁業と統計モデル分析. 共立出版, 東京, 335pp.
- 22)Yamakawa, T. and Y. Matsumiya (1997) Simultaneous analysis of multiple length frequency data sets when the growth rates fluctuate between years. *Fisheries Science*, 63, 708-714.
- 23)阿知波英明 (2004) 伊勢湾, 三河湾で標識放流したトラフグ人工種苗の分布・移動. 日水誌, 70, 304-312.
- 24)阿知波英明 (2002) 焼き印によるトラフグ未成魚への標識方法. 日水誌, 68, 92-93.
- 25)松村靖治 (2005a) アリザリンコンプレクソン並びにテトラサイクリンによるトラフグ *Takifugu rubripes* 卵および仔稚魚の耳石標識. 日水誌, 71, 307-317.
- 26)松村靖治 (2005b) 有明海におけるトラフグ *Takifugu rubripes* 人工種苗の当歳時の放流効果と最適放流方法. 日水誌, 71, 805-814.
- 27)北田修一・須田明 (1988) 放流魚の混獲状況からみた放流効果評価の諸問題. 水産増殖, 36, 107-112.
- 28)須田明 (1988) 種苗の放流効果を追って (上). 水産の研究, 7, 50-55.
- 29)藤田矢郎 (1988) 日本近海のフグ類. 水産研究叢書 39, 日本水産資源保護協会, 東京, 1-131.
- 30)野口玉雄 (1996) フグはなぜ毒を持つのか. 日本放送出版協会, 東京, 221pp.
- 31)松石隆・岸野洋久・沼知健一 (1995) 種苗放流による遺伝子のおきかわりに関する数理モデル. 日水誌, 61, 326-330.

Appended table 1. Number and contribution rate (%) of marked fishes taken in commercial landings by small bottom trawling and fish taken by bottom longline fishing at several fish markets from Oct. 2000 to Mar. 2003. A,landing at Toyohama fish market by small bottom trawling;A-1,operating in Ise Bay;A-2,operating in the western Enshu Nada;B,landing at Katana fish market by small bottom trawling;B-1,operating in Ise Bay;B-2,operating in Mikawa Bay;B-3,operating in the western Enshu Nada;C,landing at Isshiki fish market by small bottom trawling operating in the western Enshu Nada;D,landing at Katana fish market by bottom longline fishing operating in the western Enshu Nada and Ise Bay

A-1:Landing at Toyohama fish market by small bottom trawl operating in Ise Bay

Survey		Number of surveyed fish in each age (A)		Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
Date	Days	0+	1+	2000	2001	2002A	2002B
2000	Oct.	5	730	78(12.6%)			
	Nov.	6	443	32(7.4%)			
	Dec.	4	271	6(2.2%)			
2001	Jan.	2	147	7(4.8%)			
	Feb.	2	58	2(3.4%)			
	Mar.	2	73	1(1.4%)			
(Sub total)		21	1,722	126(7.3%)			
2001	Apr.	0	Prohibition of fishing	— (—)			
	May	5	"	51	0(0%)		
	Jun.	8	"	55	1(1.8%)		
	Jul.	6	"	121	0(0%)		
	Aug.	3	"	31	0(0%)		
	Sep.	2	"	6	0(0%)		
	Oct.	9	1,798	35	26(1.4%)	0(0%)	
	Nov.	5	1,033	—	25(2.4%)	0(—)	
	Dec.	6	1,649	7	55(3.3%)	0(0%)	
2002	Jan.	2	533	—	27(5.1%)	0(—)	
	Feb.	2	223	—	3(1.3%)	0(—)	
	Mar.	4	448	—	10(2.2%)	0(—)	
(Sub total)		52	5,684	306	146(2.6%)	1(0.3%)	
2002	Apr.	1	Prohibition of fishing	127	0(0%)		
	May	2	"	118	1(0.8%)		
	Jun.	2	"	7	0(0%)		
	Jul.	0	"	—	—(—)		
	Aug.	0	"	—	—(—)		
	Sep.	2	"	8	0(0%)		
	Oct.	3	"	113	0(0%)		
	Nov.	7	1,446	15	302(20.9%)	240(16.6%)	
	Dec.	4	788	1	122(15.5%)	157(19.9%)	
2003	Jan.	2	268	8	50(18.7%)	85(31.7%)	
	Feb.	4	348	7	56(16.1%)	81(23.3%)	
	Mar.	3	232	3	26(11.2%)	28(12.1%)	
(Sub total)		30	3,082	407	556(18.0%)	591(19.2%)	
Total		103	10,488	713	127	147	556
							591

Numbers in parenthesis are percentage

A-2: Landing at Toyohama fish market by small bottom trawl operating in the western Enshu Nada

Survey		Number of surveyed fish in each age (A)		Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
Date	Days	0+	1+	2000	2001	2002A	2002 B
2000	Oct.	2	—	0(—)			
	Nov.	5	5	1(20.0%)			
	Dec.	4	13	0(0%)			
2001	Jan.	2	24	0(0%)			
	Feb.	2	2	0(0%)			
	Mar.	2	0	—(—)			
(Sub total)		17	44	1(2.3%)			
2001	Apr.	0	Prohibition of fishing	—(—)			
	May	5	"	51	0(0%)		
	Jun.	8	"	—	0(—)		
	Jul.	6	"	—	0(—)		
	Aug.	3	"	31	0(0%)		
	Sep.	2	"	5	0(0%)		
	Oct.	9	24	35	0(0%)	0(0%)	
	Nov.	5	1	84	1(1.2%)	0(0%)	
	Dec.	6	109	7	0(0%)	0(0%)	
2002	Jan.	2	231	—	0(—)	1(0.4%)	
	Feb.	2	74	—	0(—)	0(0%)	
	Mar.	4	25	—	0(—)	1(4.0%)	
(Sub total)		52	464	213	1(0.5%)	2(0.4%)	
2002	Apr.	1	Prohibition of fishing	17		0(0%)	
	May	2	"	56		0(0%)	
	Jun.	2	"	41		0(0%)	
	Jul.	0	"	—		—(—)	
	Aug.	0	"	—		—(—)	
	Sep.	2	"	211		0(0%)	
	Oct.	3	"	266		0(0%)	
	Nov.	7	24	37		0(0%)	0(0%)
	Dec.	4	81	7		0(0%)	1(1.2%)
2003	Jan.	2	6	14		0(0%)	0(0%)
	Feb.	4	23	28		0(0%)	0(0%)
	Mar.	3	35	18		0(0%)	0(0%)
(Sub total)		30	169	695		0(0%)	1(0.6%)
Total		99	677	908	2	4	1
							3

Numbers in parenthesis are percentage

B-1:Landing at Katana fish market by small bottom trawl operating in Ise Bay

Survey		Number of surveyed fish in each age (A)		Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
Date	Days	0+	1+	2000	2001	2002A	2002B
2002	Oct.	7	Prohibition of fishing	1	0(0%)		
	Nov.	7	261	0	0(-)	22(8.4%)	12(4.6%)
	Dec.	4	299	1	0(0%)	37(12.4%)	19(6.4%)
2003	Jan.	3	50	-	-(-)	9(18.0%)	5(10.0%)
	Feb.	3	89	3	0(0%)	16(18.0%)	17(19.1%)
	Mar.	2	19	2	0(0%)	2(10.5%)	4(21.1%)
Total		26	718	7	0(0%)	86(12.0%)	57(7.9%)

Numbers in parenthesis are percentage

B-2:Landing at Katana fish market by small bottom trawl operating in Mikawa Bay

Survey		Number of surveyed fish in each age (A)		Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
Date	Days	0+	1+	2000	2001	2002A	2002B
2002	Oct.	7	374	2	0(0%)	0(0%)	0(0%)
	Nov.	7	218	3	0(0%)	1(0.5%)	2(0.9%)
	Dec.	4	21	-	-(-)	3(14.3%)	3(14.3%)
2003	Jan.	Prohibition of fishing					
	Feb.	"					
	Mar.	2	-	-	-(-)	-(-)	-(-)
Total		20	613	5	0(0%)	4(0.7%)	5(0.8%)

Numbers in parenthesis are percentage

B-3:Landing at Katana fish market by small bottom trawl operating in the western Enshu Nada

Survey		Number of surveyed fish in each age (A)		Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
Date	Days	0+	1+	2000	2001	2002A	2002B
2002	Oct.	7	0	25	0(0%)	0(0%)	0(0%)
	Nov.	7	35	0	0(-)	0(0%)	1(2.9%)
	Dec.	4	18	1	0(0%)	1(5.6%)	1(5.6%)
2003	Jan.	3	67	24	0(0%)	3(4.5%)	2(3.0%)
	Feb.	3	45	7	0(0%)	1(2.1%)	2(4.2%)
	Mar.	2	31	16	0(0%)	0(0%)	0(0%)
Total		26	196	73	0(0%)	5(2.5%)	6(3.0%)

Numbers in parenthesis are percentage

C:Landing at Isshiki fish market by small bottom trawl operating in the western Enshu Nada

Survey		Number of surveyed fish in each age (A)		Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
Date	Days	1+	2+	2000	2001	2002A	2002B
2002	Apr.	5	126	665	5(0.8%)	0(0%)	

Numbers in parenthesis are percentage

D, Landing at Katana fish market by bottom longline operating in the western Enshu Nada and Ise Bay

Survey		Number of surveyed fish in each age (A)		Number of marked fishes in each group of release (B) (B/A%)			
Date	Days	1+	2+	2000	2001	2002A	2002B
2001	Oct.	4	1,062	5(0.5%)			
	Nov.	5	468	7(1.5%)			
	Dec.	4	348	2(0.6%)			
2002	Jan.	0	—	—(—)			
	Feb.	4	186	0(0%)			
(Sub total)		17	2,064	14(0.7%)			
2002	Oct.	6	6,021	0(—)	4(0.1%)		
	Nov.	4	1,205	2(0%)	7(0.6%)		
	Dec.	3	641	7(0%)	4(0.6%)		
2003	Jan.	1	652	25(0%)	2(0.3%)		
	Feb.	5	1,140	23(0%)	1(0.1%)		
(Sub total)		19	9,659	57(0%)	18(0.2%)		
Total		36	11,723	57	14	18	

Numbers in parenthesis are percentage