

トラフグ *Takifugu rubripes* 人工種苗における 胸鰭切除標識の有効性

松村 靖治

Merit of Pectoral Fin-clipping Marking Method in Mark-recapture
Experiment for Ocellate Puffer, *Takifugu rubripes*

Yasuharu Matsumura

Merit of the pectoral fin-clipping marking method for ocellate puffer, *Takifugu rubripes* was examined. Three groups of fishes were reared together in a tank for 300 days: (1) 60 juveniles marked with the half-clipped right pectoral fin, (2) 60 juveniles marked with the whole-clipped left pectoral fin, and (3) 60 juveniles without fin-clipping (control). After 300 days, the half- and whole-clipped pectoral fins were irregularly regenerated or unregenerated, and could be distinguished easily from non-clipped ones. Growth and survival rates did not differ statistically among three groups. The mark-recapture experiment with this method in Ariake Bay during Oct. 31 to Dec. 15, 2000 revealed that it gave the more accurate estimation for mark rate and a fewer costs than the otolith-marking with tetracycline. Thus, the pectoral fin-clipping marking method considered to be a suitable technique for ocellate puffer.

トラフグ *Takifugu rubripes* は有明海において主に延縄や釣りによって漁獲される重要魚種である。著者らはアリザリンコンプレクソン（以下ALC）やテトラサイクリン（以下TC）による本種の耳石標識放流を実施し、有明海における当歳魚の放流効果について解明してきた。¹⁻⁵⁾

一方で、有明海は東シナ海におけるトラフグ資源の補給源と考えられ、^{6,7)}当水産試験場が実施した有明海当歳魚の外部標識放流結果から1才魚以降は九州北西海域を中心とした外海域で再捕例がみられ、広域的に移動・回遊することが明らかになっている。⁵⁾ このように広範囲で受益が予想される有明海トラフグの栽培漁業を事業化する上で、外海域も含めて放流効果を成長段階別に明らかにすることが重要である。耳石標識は小型サイズに装着可能であり、標識

の保有期間が長く、ALCとTCを併用することで標識の組み合わせが豊富になるという利点がある⁸⁾ 反面、外部から標識の識別が不可能であるために、標本を大量に購入しなければならず、その経費がかかるという欠点があった。従って、成長に伴い検体費用がより高額となる1才魚以上での効果を推定するためには、外見から識別可能な外部標識を開発し、より効率的な調査を行う必要がある。

トラフグの尾鰭は種苗生産中の共食いにより欠損し、成長に伴い鰭条が乱れることが知られている。^{5,9)} ここでは、トラフグ人工種苗の胸鰭をハサミで切除し、再生の過程で生じた鰭条の乱れや変形を標識に用い、その識別性や成長・生残への影響を飼育試験により検討した。また、2万尾について胸鰭切除による標識放流を有明海で実施し、現場での作業性や市場調

査での実用性について検討したのでその結果を報告する。

方 法

標識の識別性と成長・生残への影響 標識の識別性や成長・生残への影響を明らかにするため、民間の種苗生産機関から購入したトラフグ人工種苗（平均全長 68.5 ± 6.5 mm）を用いて長崎県総合水産試験場の室内水槽で飼育試験を行った。胸鰭切除の方法として右胸鰭の半分程度を直線的に切除する方法（Fig. 1 A）と、左胸鰭の根元付近をやや弧を描くように切除する方法（Fig. 1 B）の2通りを設定した。それぞれ60尾ずつ施し、半切除群と全切除群とした。これら2標識群の計120尾と無処理の対照群60尾を同一の飼育水槽に収容して飼育した。飼育試験は2000年4月7日に開始し、飼育開始後30日までは1.6 t 容量の角形水槽で、それ以降は12 t 容量の巡流式水槽で行った。飼育中は配合飼料を給餌し、へい死個体については胸鰭の形状から群の識別を行った。標識後15, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300日目に胸鰭の形状から全個体を3群のいずれかに識別して

計数し、この値をへい死数を差し引いた各群毎の生残数と比較することにより標識の識別性を検討した。また、各群20~30個体の全長及び体重を測定し、3群間で成長を比較した。成長差の検定には一元配置による分散分析¹⁰⁾を用いた。

標識の作業性と混獲率調査の実用性 2000年7月5日と6日に、右胸鰭の半分切除により2万尾の標識作業を長崎県内の民間種苗生産場で実施し、胸鰭切除標識の作業性について検討した。これら胸鰭切除標識魚にさらにTCの経口投与による耳石標識を7月7日に同種苗生産場で行い、7月10日と11日に有明海に放流し、これら標識魚が当歳魚として漁獲される10月31日~12月15日の間に、島原半島の主要水揚げ漁協で標識魚の混獲率に関する調査を6回実施した。調査は、水揚げされた個体の中から無作為に抽出・買い取りを行い耳石標識の有無から標識魚の混獲率を算出する方法（以下耳石標識方法という）と、水揚げされた残りの個体の中から右胸鰭の形状により標識魚と判断された全個体を計数し、買い取る方法（以下胸鰭切除標識方法という）の2通りを同じ日に実施し、調査可能尾数、放流魚の混獲率の精度推定及び経費について両方法を比較した。

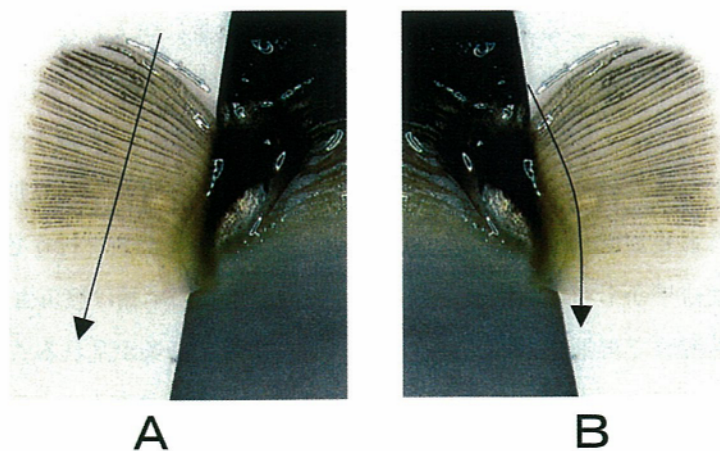


Fig. 1. Clipping method of pectoral fin of juvenile puffer
A)Half-clipping of right pectoral fin, B)Whole-clipping of left pectoral fin. Arrows indicate the clipping directions.

結 果

標識の識別性 Fig. 2に両標識群とコントロール群の30日後及び300日後における胸鰭の形状を示した。これによると両標識群で胸鰭の再生状況が異なった。半切除群は30日後の形状に示すように全個体とも切除部分から一様に再生し、再生部分から腹側へ‘へ’の字状に折れ曲がるような鰭条の乱れを生じた。乱れの位置（赤色矢印）は30日後においては胸鰭の中ほどであったが、再生部分の伸長が著しいため、300日後は胸鰭基部付近となるのが特徴であった（Fig. 2 B）。一方全切除群は半切除と同様に再生し鰭条の乱れが生じるパターン（Fig. 2 B）と、再生が行われず胸鰭がいびつに変形するパターン（Fig. 2 C）があり、両パターンの出現頻度はそれぞれ22%と78%であった。両標識群にみられる胸鰭の変形は飼育日数が300日経過しても明瞭で、対照群における正常な鰭との区別は容易に出来た。また、いずれの標識群とも各測定日において、胸鰭の形状から3群に識別し

て得られた群毎の出現尾数と、へい死数を差し引いた各群毎の生残数は一致した。

成長・生残への影響調査 Table 1に標識後15～300日目の平均全長と平均体重を対照群、半切除群、全切除群の3群別に示した。分散分析の結果、何れの測定日においても5%の危険率で2標識群と対照群の3群間に有意な差は認められなかった。またへい死は飼育開始後300日までに各群で2尾ずつ認められたのみで3群とも同一の生残率であった。

胸鰭半切除標識の作業能率 胸鰭半切除標識の作業能率をTable 2に示した。7月5日と6日に6人の作業員で標識作業を実施した結果、1日目が4時間6分で10,190尾、2日目が3時間12分で9,900個体が処理出来た。作業時間から算出した1人・1時間あたりの標識数は1日目：414尾、2日目：516尾となり、作業の馴れにより2日目の作業能率が向上した。

混獲率調査の実用性 Table 3に市場調査結果について示した。調査尾数は耳石標識方法の293尾に対し、胸鰭切除標識方法は1,658尾であった。耳石標識方法

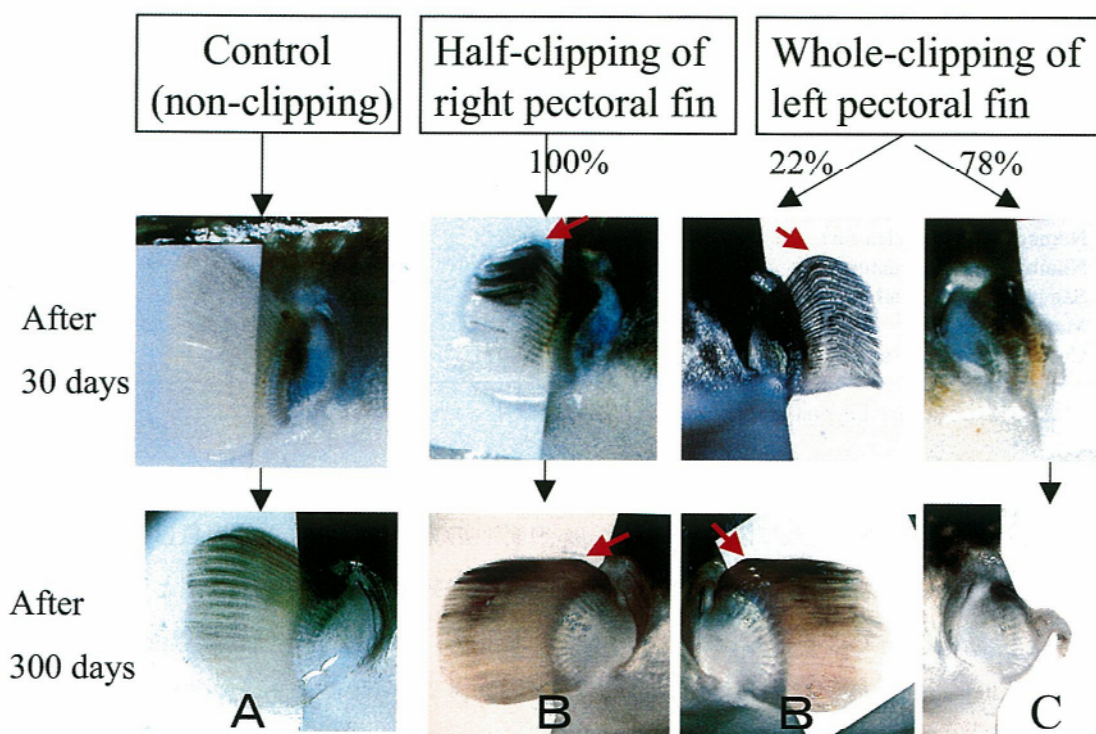


Fig. 2. Results of the pectoral fin clipping experiment. A)Control (non-clipping), B)Regenerated pectoral fin, C)Unregenerated pectoral fin.

Table 1. Average length and weight of juvenile puffer at each time after fin-clipping.

Days after marking	Total length(mm) ^{*1}			Body weight(g) ^{*1}		
	Control	Fin-clipped (half)	Fin-clipped (whole)	Control	Fin-clipped (half)	Fin-clipped (whole)
15	73.3 ± 3.5	72.7 ± 4.2	73.4 ± 3.8	10.0 ± 1.7	9.9 ± 1.9	10.2 ± 1.9
30	82.1 ± 4.7	81.2 ± 4.3	80.8 ± 4.3	14.4 ± 3.0	14.2 ± 2.3	13.8 ± 2.6
50	90.1 ± 5.2	89.7 ± 5.0	91.3 ± 5.4	18.4 ± 3.3	17.7 ± 3.6	19.1 ± 3.7
75	110.5 ± 7.5	110.6 ± 5.9	109.8 ± 6.1	34.8 ± 6.7	33.3 ± 5.1	33.4 ± 5.9
100	133.9 ± 9.4	128.8 ± 7.4	132.9 ± 9.5	60.8 ± 13.2	52.5 ± 7.8	58.6 ± 13.6
150	188.9 ± 10.7	189.8 ± 10.1	188.3 ± 8.6	188.8 ± 35.6	192.7 ± 26.6	185.3 ± 21.9
200	237.2 ± 13.7	236.9 ± 14.3	232.1 ± 11.0	356.5 ± 57.4	372.5 ± 69.3	346.0 ± 44.5
250	270.6 ± 13.5	272.9 ± 13.8	273.8 ± 11.8	526.5 ± 94.8	533.3 ± 88.9	552.5 ± 88.3
300	288.6 ± 15.2	287.3 ± 13.4	284.3 ± 11.0	672.4 ± 104.7	671.6 ± 133.7	631.8 ± 90.6

*1 Mean ± standard deviation.

Table 2. Work efficiency for half-clipping of right pectoral fin of juvenile puffer.

Date of clipping	Number of engaged persons	Time(hour) spent for clipping	Number of juvenile clipped	Work efficiency of clipping (number of juveniles clipped / person · hour)
July 5, 2000	6	4.1	10,190	414
July 6, 2000	6	3.2	9,900	516
Total or average	6	7.3	20,090	459

Table 3. Results of the survey on the sampling fraction, mark rate, and cost of fish samples during Oct.31 to Dec.15, 2000 at the fish market around Ariake Bay.

	Marking method	
	Tetracycline on otolith	Pectral fin-clipping
Number of fish sampled (a)	293	1,658
Number of fish landed (b)	17,076	17,076
Number of fish recaptured	12	62
Sampling fraction(a/b,%)	1.7	9.7
Mark rate(%)	4.1 ± 2.2 ^{*1}	3.7 ± 0.9 ^{*1}
Cost (yen) of fish samples	175,800	37,200

*1 95% confidence interval

では予算の関係上1回あたりの購入尾数に限度があったが、胸鰭切除標識方法では水揚げされる全尾数の調査が可能のため、今回の調査では5倍以上の調査尾数が得られた。期間中の水揚げ総尾数は17,076尾であったことから標本抽出率はそれぞれ耳石標識方法：1.7%、胸鰭切除標識方法：9.7%であった。そ

れぞれの方法で得られた放流魚は、耳石標識方法：12尾、胸鰭切除標識方法：62尾となり、混獲率は耳石標識方法：4.1%、胸鰭切除標識方法：3.7%となり耳石標識方法が若干高めに評価された。混獲率の区間推定は大きさNの母集団からnの標本をとった場合の母集団比率pの95%信頼区間(次式)で示される。¹¹⁾

$$\bar{p} \pm 1.96 \sqrt{\frac{\bar{p}q}{n} \cdot \frac{N-n}{N-1}} \quad \text{ここで } \bar{p} \text{ は混獲率, } \bar{q} = 1 - \bar{p}$$

これによると、混獲率の95%信頼区間は耳石標識方法1.9~6.3%に対し、胸鰭切除標識方法が2.8~4.6%と大幅に狭まり、精度の高い推定が出来た。調査の経費は耳石標識方法が175,800円に対し、胸鰭切除標識方法では胸鰭標識魚と判断された62尾のみの購入であったため2割程度の37,200円であった。なお、胸鰭切除標識魚と判断された62尾中4尾については耳石標識が確認されなかった。これら4尾は放流魚由来と考えられる尾鰭に鰭条の乱れが認められた。

考 察

300日間の飼育試験の結果、胸鰭切除標識は半切除・全切除共に魚体への影響がなく、再生により生じた胸鰭の乱れや正常に再生されなかった胸鰭の変形から非切除群との識別性が高いことが明らかになった。標識の均一性という点からは半切除群において鰭条の乱れかたが一樣であったものの、全切除群については再生に伴い一部鰭条が乱れた他に鰭が正常に再生されずに変形するパターンも見られ、均一性を欠いた。全切除標識では胸鰭基部における切除位置の微妙なずれが再生状況に影響したと考えられる。識別性の点では半切除にみられる鰭条の乱れに比べ、全切除群の鰭の変形の方がより高い。調査員が市場調査を行う体制では半切除標識で対応可能であるが、漁業者や市場関係者からの再捕報告型の調査では識別性がより高い全切除標識の利用が有効であろう。

宮木らは外部標識方法としてイラストマー標識を検討した。¹²⁾ 本方法はシリコン樹脂を色分けすることで組み合わせが豊富である反面、作業性（時間あ

たりの処理能力）が200~300個体程度*と胸鰭切除方法に比べると低く、単価もシリコン樹脂代を含めるとやや割高になるという欠点がある。胸鰭切除標識の組み合わせは左右2通りと少ないため、この標識方法を用いた放流群毎の識別（例えば他県との区別や放流年ごとの区別）は不可能である。また、今回の調査では4個体について胸鰭切除標識魚と判断されたが耳石標識が確認されなかった。TCによる耳石標識率は100%であること、有明海では今回の試験放流以外に25万尾の放流実績があったことから、これら4個体は今回の試験放流魚以外の放流魚と考えられた。このように他の放流での胸鰭異常魚との識別が確実に出来ないという欠点も明らかになった。従って、本方法は単独で用いるのではなく、今回の放流試験のように耳石標識方法と組み合わせることで、複数の標識群の判別や他の放流由来と考えられる胸鰭異常魚とを区別し、混獲率を補正することが必要であろう。胸鰭切除による標識単価は1日1人で3,000尾処理できれば、作業労賃が2円/尾程度となり、これに耳石標識代⁴⁾を加えても6~9円/尾程度と安価でできる。また、市場調査では無作為にサンプルを抽出し、購入していた従来の耳石標識に比べ、調査精度が高まり、経費の削減が可能となった。今回は有明海当歳魚の混獲率調査においてこれらの有効性が実証された。飼育300日後の全長は天然魚では満1歳魚以上に相当すること、飼育試験において200日以降は胸鰭の乱れや変形の形状にほとんど変化が無いことから、標識の識別は1歳以降も可能と考えられる。従って、試験放流群が1歳魚として外海域に加入後も同様な胸鰭切除標識を指標とした混獲率の調査により、外海域における回収率や再捕金額等の放流効果の推定が可能と考えられる。

* 日本栽培漁業協会。平成12年度栽培漁業技術開発推進九州・南西諸島ブロック協議会資料。

謝 辞

本稿をとりまとめるにあたり御校閲を賜りました鹿児島大学水産学部助教授増田育司博士に心から感謝いたします。本研究は水産庁資源増大技術開発事業（回帰型回遊性種グループ）の一環として実施した。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 山口県，福岡県，長崎県．平成3年度放流技術開発事業報告書トラフグ，1991；長1-19.
- 2) 山口県，福岡県，長崎県．平成4年度放流技術開発事業報告書トラフグ，1992；長1-22.
- 3) 山口県，福岡県，長崎県．平成5年度放流技術開発事業報告書トラフグ，1993；長1-22.
- 4) 山口県，福岡県，長崎県．平成6年度放流技術開発事業報告書トラフグ，1994；長1-22.
- 5) 長崎県水産試験場．平成7～11年度放流技術開発事業報告書トラフグ，1999；長1-22.
- 6) 藤田矢郎．日本近海のフグ類．水産研究叢書，1988；39：83-85.
- 7) 伊藤正木．[移動と回遊から見た系群]「トラフグの漁業と資源管理」(多部田 修編)恒星社厚生閣，東京，1997；28-40.
- 8) 松村靖治．アリス[®]リンコンプ[®]レクソン及びテトラサイクリンによるトラフグ稚魚の耳石標識．平成5年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，1993；57.
- 9) 岩本明雄，藤本宏．[種苗生産技術の現状]「トラフグの漁業と資源管理」(多部田 修編)恒星社厚生閣，東京，1997；97-109.
- 10) 川端幸蔵．「応用統計ハンドブック」養賢堂，東京，1986；54-59.
- 11) 藤沢偉作．「楽しく学べる統計教室」現代数学社，京都，1987；153-155.
- 12) 宮木廉夫，新山洋，安元進，池田義弘，多部田修．トラフグ幼魚のイラストマー蛍光標識．長崎水試研報，1999；23：27-29.