

福岡湾に放流したトラフグ人工種苗の放流効果

宮内 正幸^{1a}・的場 達人^{1b}・松村 靖治^{2c}・山本 健也³・山口 忠則⁴・大隈 斉^{4d}

(¹研究部・²長崎県総合水産試験場・³山口県水産研究センター・⁴佐賀県玄海水産振興センター)

玄界灘でのトラフグ漁獲量は近年極めて低水準にあり、その対策として種苗放流が積極的に行われている。そこで、2006年から2008年に尾鰭欠損の少ない健全種苗を福岡湾に放流し、山口県、福岡県、佐賀県、長崎県の4県で広域的に追跡調査を行うことで回収率や費用対効果等の放流効果について検討した。3歳から最大5歳までの4県全体での回収率は0.56～2.54、費用対効果は0.49～3.03と推定された。費用対効果が3を超すような高い効果が現れている放流群もあり、健全種苗の放流効果は高いことが示唆された。

キーワード：トラフグ、福岡湾、健全種苗、尾鰭欠損、放流効果

トラフグ (*Takifugu rubripes*) は北海道北部以南の日本周辺、日本海、黄海、東シナ海、渤海に広域に分布し、ふぐ延縄、定置網、底びき網、ひっかけ釣、まき網などで漁獲されている。¹⁾ 本県産のトラフグは日本海・東シナ海・瀬戸内海系群に属し、主漁場である玄界灘では、主に12～3月にふぐ延縄で漁獲され、冬季の重要な漁業対象資源となっている。

本系群の長期的な漁獲量変動の指標として用いられている下関唐戸魚市場(株)における日本海、東シナ海産トラフグの取扱量は、1975年に約1,000t あったものが、近年は100t 前後で推移し、最盛期の約1/10となっている。²⁾ 福岡県のふぐ延縄漁業によるトラフグ漁獲量も同様の傾向を示し、近年は50t 前後で推移し、極めて低水準にある。

福岡県では、種苗放流による資源の増大を目的にトラフグ放流技術に関する研究に着手し、放流適地や放流サイズ、適正放流尾数などについて検討してきた。³⁾ この知見に基づき、放流適正サイズを平均全長70mm、放流適地を福岡湾とした放流試験を実施し、費用対効果が1を超える効果を確認した。⁴⁾ しかし、海面で中間育成された当時の放流種苗は、給餌量や飼育密度等の飼育管理が不十分であったため、噛み合いによる尾鰭の欠損が著しく、尾鰭の欠損が軽微な陸上水槽で飼育された種苗と湾内での当歳魚の回収率を比較した結果では、陸上水槽で飼育された種苗のほうが、サイズが小さいにも関わら

ず回収率は高かった。⁵⁾ この結果から、海上で育成された種苗は健全性が低く、放流効果に大きな影響を及ぼしていると考えられた。

本報では尾鰭欠損の少ない適正サイズの健全種苗を用いて、適地とされた福岡湾で放流試験を実施し、関係県による広域の連携調査により効果を把握したので報告する。

方 法

1. 標識放流の概要

2006年から2008年に福岡湾でトラフグの標識放流を行った(図1, 表1)。放流には、民間の種苗生産機関にお

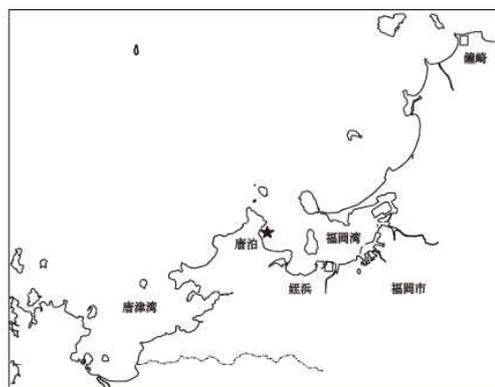


図1 放流場所 (★)

a 現所属：豊前海研究所

b 現所属：有明海研究所

c 現所属：長崎県資源管理課

d 現所属：佐賀県水産課

表1 標識放流の概要

放流群	放流年月日	全長 (mm)	放流尾数 (尾)	尾鰭欠損率 (%)	ALC標識	標識径 (μm)	外部標識
2006	2006/7/14	69.1 \pm 7.1	20,000	13.1	ALC1重	676 \pm 31	右胸鰭全切除
2007	2007/6/29	71.8 \pm 5.7	20,000	25.8	ALC1重	761 \pm 22	右胸鰭全切除
2008	2008/7/15	72.0 \pm 7.2	9,000	2.9	ALC3重	30.1 \pm 1.5 400 \pm 27.1 745 \pm 31.7	右胸鰭全切除

いて陸上水槽で生産された平均全長70mm 前後の種苗を使用した。この種苗は、2000年に福岡湾で放流したトラフグ⁴⁾に比べ、尾鰭欠損率⁶⁾が2.9%~25.8%と小さく、より健全な種苗と考えられた(表1)。種苗には内部標識としてアリザリンコンプレクソン(ALC)による耳石標識⁷⁾を、外部標識として右胸鰭全切除標識⁸⁾を全数に施した。

2. 追跡調査方法

(1) 福岡湾0歳魚

放流魚は、9~12月に福岡湾で小型底びき網で漁獲される。2006年から2008年の漁期中に福岡湾内で操業する福岡市漁協姪浜支所所属の小型底びき網で漁獲されたトラフグを全数購入し、右胸鰭切除標識及びALC標識により天然魚や他の放流群と区別した。なお、2007年9および10月の調査では全数購入できず、標本抽出率(調査尾数/全漁獲尾数)はそれぞれ25%、30%であった。

(2) 外海域

福岡湾で放流したトラフグは、12月以降外海域へ回遊後、主に翌年9月以降、五島灘、日本海南西部、玄界灘、対馬周辺などを漁場とする山口県、福岡県、佐賀県及び長崎県のふぐ延縄漁船によって漁獲される。そこで、外海産トラフグが水揚げされるこれら4県による広域の連携調査を実施した。

調査については、主要水揚げ地である福岡県鐘崎漁協、佐賀県鎮西町漁協のほか、これらの県から入荷がある南風泊市場、福岡魚市場において2007~2011年の10~3月に、右胸鰭切除標識を指標とした放流魚追跡調査を行った。調査時に全長を測定するとともに、右胸鰭切除が確認された個体は全て購入し、耳石標識の回数や標識径の大きさ、全長、生殖腺重量から放流群を特定した。

3. 放流効果の解析方法

(1) 福岡湾0歳魚

調査年別月別に得られた標識魚の尾数(y_{ij})に、漁協仕切書から求めた調査年別月別の姪浜支所の小型底びき網漁船の操業隻数と福岡湾内全体の操業隻数の比(r_{ij})を乗じて調査年別月別の回収尾数(Y_{ij})を求めるととも

に、放流尾数(N_i)で除して調査年別月別に回収率を求め、この値を集計して放流群別に0歳時の回収尾数(Y_i)と回収率(Y_{Si})を求めた。さらに調査年別月別回収尾数に調査年別月別放流魚の平均体重を乗じて調査年別月別の放流魚の回収重量を推定し、この値を集計して放流群別の回収重量(W_i)を求めた。さらに調査年別月別回収重量に、漁協仕切書から求めた調査年別月別単価(C_{ij})を乗じて調査年別月別の回収金額を推定し、この値を集計して放流群別の回収金額(E_i)を求めた。これを放流群別の経費で除して費用対効果(P_i)を求めた。放流経費については、2006~2008年の平均単価73.5円/尾にトラック運搬経費(約80,000円)を加算して、1尾あたりの経費を78円とし、それに放流尾数を乗じて放流群別の経費とした。

$$Y_{ij} = y_{ij} r_{ij}$$

$$Y_i = \sum_j Y_{ij}$$

$$Y_{Si} = \sum_j \frac{Y_{ij}}{N_i} \times 100$$

$$W_i = \sum_j Y_{ij} w_{ij}$$

$$E_i = \sum_j W_{ij} C_{ij}$$

$$P_i = \frac{E_i}{78 \times N_i}$$

i : 2006~2008年(調査年)

j : 9~12月(調査月)

y_{ij} : i 調査年 j 月の放流魚尾数

r_{ij} : i 調査年 j 月の姪浜支所の操業隻数と湾内全体の操業隻数の比

Y_{ij} : i 調査年 j 月の放流魚の推定回収尾数

Y_i : i 調査年の放流魚の推定回収尾数

N_i : i 調査年の放流尾数

Y_{Si} : i 調査年の放流魚の回収率

w_{ij} : i 調査年 j 月の放流魚の平均体重(kg)

W_i : i 調査年の放流魚の推定回収重量(kg)

E_{ij} : i 調査年 j 月の放流魚の推定回収金額(円)

C_{ij} : i 調査年 j 月の平均単価(円/kg)

E : i 調査年の放流魚の推定回収金額 (円)

P : i 調査年の費用対効果

(2) 外海域

4県の調査で得られた調査尾数と放流魚の尾数を県別月別に集計し、放流群毎に県別月別混入率 (R_{ij}) を求めた。それに各県の月別漁獲尾数 (X_{ij}) を乗じて月別回収尾数を求め、それを集計して放流群毎に推定回収尾数 (Y) と回収率 (YS) を求めた。その際、各県の月別漁獲尾数には水産庁九州漁業調整事務所が集計した2006年度から2011年度のトラフグ漁獲成績報告書の値を使用した。また、各県の月別回収尾数に放流魚の月別平均重量を乗じて県別月別回収重量 (W_{ij}) を求め、それを集計して放流群毎に回収重量 (W) を推定した。放流群毎の県別月別回収重量に南風泊市場の月別平均単価を乗じて放流群毎に県別月別回収金額 (E_{ij}) を算出し、これを集計して放流群毎に回収金額 (E) を求めた。南風泊市場の月別平均単価は、南風泊市場が毎月発行している魚種別取扱高表 (月報) により求めた。さらに回収金額を放流経費で除して放流群別費用対効果 (P) を求めた。放流経費については、2006~2008年の平均単価73.5円/尾にトラック運搬経費 (約80,000円) を加算して、1尾あたりの経費を78円とし、それに放流尾数を乗じて放流群別の放流経費とした。

これらにより、4県全体による放流効果を推定した。

$$R_{ij} = \frac{y_{ij}}{n_{ij}}$$

$$Y = \sum_i \sum_j R_{ij} X_{ij}$$

$$YS = \frac{Y}{N} \times 100$$

$$W = \sum_i \sum_j R_{ij} X_{ij} W_{ij}$$

$$E = \sum_i \sum_j R_{ij} X_{ij} W_{ij} C_{ij}$$

$$P = \frac{E}{78 \times N}$$

R_{ij} : i 県 j 月の混入率

i : 4 県 (山口,福岡,佐賀,長崎)

j : 10 ~ 3 月

y_{ij} : i 県 j 月の標識魚の尾数

n_{ij} : i 県 j 月の調査尾数

X_{ij} : i 県 j 月の漁獲尾数

Y : 標識魚の回収尾数

YS : 回収率

W_{ij} : i 県 j 月の標識魚の平均重量

W : 標識魚の回収重量

E : 標識魚の回収金額

C_{ij} : i 県 j 月の平均単価

N : 放流尾数

結 果

1. 追跡調査結果

(1) 福岡湾0歳魚

福岡湾内で漁獲されたトラフグ0歳魚を、2006年は412尾、2007年は1,749尾、2008年は301尾調査した (表2)。その結果、2006年は87尾、2007年は144尾、2008年は21尾の標識魚が検出された。

(2) 外海域

2007~2011年の漁獲尾数は28,630~67,009尾、調査尾数は8,017~16,694尾、標本抽出率は19.1~28.0%であった (表3)。各調査年において10~60尾、合計で187尾の放流魚が確認され、放流群別に見ると、2006年放流群は1~5歳までが4~38尾 (計114尾)、2007年放流群は1~4歳までが5~23尾 (計61尾)、2008年放流群は1~3歳までが1~8尾 (計12尾) 確認された。

2. 放流効果の解析結果

(1) 福岡湾0歳魚

検出された標識魚21~144尾から推定された回収尾数は147~1,027尾、回収率は1.64~5.14%であった (表4)。

表2 標識放流の概要

放流群	調査尾数	標識魚検出尾数	他放流群検出尾数	天然魚検出尾数
2006	412	87	265	60
2007	1,749	144	374	1,231
2008	301	21	132	148

また、各放流群の回収重量は32.4～146.2kg、回収金額は11～72千円、費用対効果は0.02～0.05と推定された。

(2) 外海域

2006年放流群は1～5歳で再捕され、推定された回収尾数は19～202尾（計508尾）、回収率は0.10～1.01%（計2.54%）であった（表5）。また、回収重量は71～251kg（計891kg）、回収金額は299～1,687千円（計4,717千円）、費用対効果は0.19～1.08（計3.03）と推定された。

2007年放流群は1～4歳で再捕され、推定された回収尾

数は24～84尾（計226尾）、回収率は0.12～0.42%（計1.13%）であった。また、回収重量は61～136kg（計408kg）、回収金額は277～682千円（計2,041千円）、費用対効果は0.18～0.44（計1.31）と推定された。

2008年放流群は1～3歳で再捕され、推定された回収尾数は7～33尾（計51尾）、回収率は0.07～0.36%（計0.56%）であった。また、回収重量は11～58kg（計83kg）、回収金額は52～228千円（計341千円）、費用対効果は0.07～0.33（計0.49）と推定された。

表3 外海域における調査結果の概要

調査年	漁獲尾数	調査尾数	標本抽出率 (%)	標識魚検出尾数			
				2006年放流群	2007年放流群	2008年放流群	計
2007	67,009	12,827	19.1	38			38
2008	28,630	8,017	28.0	37	23		60
2009	56,780	13,990	24.6	23	21	3	47
2010	63,212	16,694	26.4	12	12	8	32
2011	64,875	14,114	21.8	4	5	1	10
計	280,506	65,642	23.4	114	61	12	187

表4 福岡湾内における放流効果

放流群	年齢	回収尾数	回収率 (%)	回収重量 (kg)	回収金額 (千円)	費用対効果
2006	0	602	3.02	85.3	38	0.02
2007	0	1,027	5.14	146.2	72	0.05
2008	0	147	1.64	32.4	11	0.02

表5 外海域における放流効果

放流群	年齢	回収尾数	回収率 (%)	回収重量 (kg)	回収金額 (千円)	費用対効果
2006	1	202	1.01	223	1,233	0.79
	2	143	0.71	251	1,687	1.08
	3	98	0.49	213	1,020	0.65
	4	46	0.23	133	478	0.31
	5	19	0.10	71	299	0.19
計		508	2.54	891	4,717	3.03
2007	1	84	0.42	100	682	0.44
	2	69	0.35	136	673	0.43
	3	49	0.25	111	409	0.26
	4	24	0.12	61	277	0.18
計		226	1.13	408	2,041	1.31
2008	1	11	0.12	11	52	0.07
	2	33	0.36	58	228	0.33
	3	7	0.07	14	61	0.09
計		51	0.56	83	341	0.49

考 察

2006～2008年の福岡湾内での小型底びき網による回収率は1.64～5.14%と推定された。各放流群の平均全長は69.1～72.0mm とほとんどかわらない上に、回収率が最も良かった2007年放流群の尾鰭欠損率は、他の放流群より高いことから、今回の放流サイズや尾鰭欠損率の差は、湾内での回収率には特に影響していないと考えられた。一方、2007年は9,10月に全数購入ができないほど湾内での漁獲尾数が多かったことや天然魚の検出割合が70%と他の年より高かったことから、2007年の天然発生量が多く、湾内の環境条件が良好であったと推測された。有明海と同サイズで得られた回収率は5.1～22.2%と今回の結果より若干高く、福岡湾や伊勢湾での回収率との差の原因として松村⁹⁾は、種苗の質の他に成育場の環境条件や漁具の漁獲効率等の違いが考えられる、としている。福岡湾の場合も環境条件によって回収率に差が生じる可能性があるとともに、環境条件が良ければ、少なくとも25%程度の尾鰭欠損は、0歳魚の回収率には影響しないことが示唆された。また費用対効果は、各放流群とも0.02～0.05と非常に低く、湾内での放流効果はあまり見込めないことが分かった。

外海域での放流効果は、2006年放流群の5歳までの回収率は2.54%、2007年放流群の4歳までの回収率は1.13%、2008年放流群の3歳までの回収率は0.56%と推定された。また、2006年放流群の5歳までの費用対効果は3.03、2007年放流群の4歳までの費用対効果は1.31、2008年放

流群の3歳までの費用対効果は0.49と推定された。回収魚の年齢が上がるほど、回収率、費用対効果とも数値が上昇し、5歳まで調査ができた2006年放流群の費用対効果は、3.03と非常に高い経済効果を示した。また、4歳まで追跡できている2007年放流群の費用対効果は1.31と採算に見合う値を示し、福岡湾放流群の放流効果は高いことが示唆された。一方、3歳までの追跡ではあるが、2008年放流群のみ費用対効果が1に満たない結果となった。2008年放流群は、他放流群と比べ放流サイズや尾鰭欠損率など種苗性に特に問題はない。ただ2008年放流群のみ、湾内0歳での回収率が最も低く、さらに外海域では2歳での回収率が最も高い値を示し、外海域への加入状況が明らかに異なっている。しかし、湾内0歳での回収率とその後の外海域での回収率には相関が認められないことから、湾内での回収率が低かったことが、費用対効果が低くなった原因とは考えられない。むしろ、湾内から外海域の漁場への加入までの間に、回収率に大きな影響を与える要因が存在するのではないかと考えられた。

全国の天然トラフグ取引量の約1/2を扱っている南風泊市場では、尾鰭の欠損やゆがみのあるトラフグを放流銘柄として取り扱っており、放流銘柄の単価は天然銘柄の60～70%しかない。今回の放流種苗は尾鰭欠損率が2.9～25.8%と従来に比べ、より健全な種苗を使用している。外海域で再捕されたトラフグ各放流群の尾鰭欠損度¹⁰⁾は、過半数が1、約9割が1～2で、ほぼ天然魚に近い外見の尾鰭となっていた(表6)。これは市場で天然銘柄とし

表6 再捕個体の尾鰭欠損度別個体数割合

調査年	尾鰭欠損度	2006年放流群	2007年放流群	2008年放流群
2007	1	65.8	-	-
	2	28.9	-	-
	3	5.3	-	-
2008	1	63.2	57.7	-
	2	31.6	34.6	-
	3	5.3	7.7	-
2009	1	87.0	81.0	85.7
	2	13.0	14.3	-
	3	-	4.8	14.3
2010	1	76.9	91.7	76.5
	2	15.4	-	23.5
	3	7.7	8.3	-
2011	1	100.0	80.0	100.0
	2	-	20.0	-
	3	-	-	-

て取り扱われる可能性が高いことを意味しており、尾鰭欠損の多い種苗より尾鰭欠損の少ない健全種苗を放流することで、更なる所得向上につながるものと思われる。

今回の調査結果から、70mm サイズの尾鰭欠損の少ない健全種苗を福岡湾に放流すれば高い放流効果が得られることが示唆された。現在、山口、福岡、佐賀及び長崎の各県では、トラフグ資源の回復を目的に尾鰭欠損の少ない70mm サイズの健全種苗を、天然幼稚魚の生息場へ放流するという、トラフグ種苗放流の適正化に取り組んでいる。今後は、こうした放流の適正化と併せて、全年齢に渡る天然資源の保護等を行う必要があると考える。

謝 辞

本研究は農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（旧先端技術を活用した農林水産研究高度化事業）の一環として行われたものであり、本事業の関係各位に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 藤田矢郎. トラフグの生物学. さいばい 1996 ; 79 : 15-18.
- 2) 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター. 平成24年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価. 平成24年度我が国周辺水域の漁業資源評価第3分冊, 東京. 2013 ; 1589-1613.
- 3) 内田秀和. 放流技術開発. 「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 ; 110-121.
- 4) 的場達人, 宮内正幸, 片山貴士, 松村靖治. 福岡湾におけるトラフグ人工種苗の放流効果. 福岡県水産海洋技術センター研究報告 2006 ; 16 : 1-8.
- 5) 山口県他. 平成14年度資源増大技術開発事業報告書 回帰型回遊性種 (トラフグ). 2003 ; 福岡1-11.
- 6) 社団法人 全国豊かな海づくり推進協会. 瀬戸内海西部海域トラフグ. 平成18年度栽培漁業資源回復等対策事業報告書, 2007 ; 195-256.
- 7) 松村靖治. 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* 卵及び仔稚魚の耳石標識. 日本水産学会誌 2005 ; 71 (3) : 307-317.
- 8) 松村靖治. トラフグ *Takifugu rubripes* 人工種苗における胸鰭切除標識の有効性. 長崎県水産試験場研究報告 2001 ; 27 : 17-22.
- 9) 松村靖治. 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. 日本水産学会誌 2005 ; 71 (5) : 805-814.
- 10) 福岡県他 : 放流技術開発事業 (トラフグ) に関連する測定・解析マニュアル. 平成7~11年度放流技術開発事業報告書 (トラフグ). 2000 ; 137-139.