

河口域におけるトラフグ小型種苗の順化について

吉田 彰^{*1}・鈴木重則^{*2}・今中園実^{*1}・山内 悟^{*3}

トラフグ小型種苗の放流後の順化を明らかにするため、太田川河口域において、2011～2015年の毎年6月上旬に平均全長36.5～44.4mmの人工種苗20,000～61,000尾/年を放流し、ひき網による採捕調査により順化を検討した。トラフグの採捕尾数は28～155尾/年、合計541尾であった。放流3日後には採捕魚の過半数で天然餌料の摂餌が見られたこと、日間成長量は天然魚と同等で肥満度にも減少傾向がみられなかったことから、放流直後の摂餌開始により放流魚は順調に成長し、栄養状態も安定していたと考えられた。また、尾鰭欠損の回復や放流直後に潜砂行動が確認されたことから、逃避・潜砂能力の獲得が示唆され、適地放流により小型種苗でも順調に順化すると推察された。

キーワード：河口域、トラフグ、順化、摂餌能力、成長、栄養状態、逃避能力、潜砂能力

静岡県、愛知県、三重県の漁業が利用する、トラフグ *Takifugu rubripes* 伊勢・三河湾系群では、資源加入量底上げのための種苗放流が行われている。放流サイズは、2000年頃まで全長70mm前後が中心であったが、費用・労力等の理由で次第に小型化した¹⁾。現在、全長45mm前後の小型種苗の放流が行われているが、回収率が不安定となる可能性が示唆されている²⁾。

人工種苗の順化は、その生残、回収率を左右する要因と考えられる³⁾。トラフグ種苗の順化については、平均全長90mm以上の大型種苗について、広範な海域での漁業の採捕による研究⁴⁾、天然海域を模した実験池での研究⁵⁾があるが、放流後の摂餌開始までの時間が長く、栄養状態にも課題が残る結果となっている。また、天然水域での順化については、放流箇所周辺で複数年の同時期に放流魚を追跡した例はない。トラフグ小型種苗の順化を明らかにするため、2011～2015年の5か年にわたり、太田川河口域（静岡県磐田市）で人工種苗の放流・採捕調査を行ない、良好な順化を確認したので報告する。

なお、本研究は2011～2013年度の「トラフグ人工種苗

の放流海域への順化過程の解明に関する共同研究」（独立行政法人水産総合研究センター増養殖研究所⁴⁾、神奈川県水産技術センター、静岡県水産技術研究所、三重県水産研究所）、2014～2015年度の「トラフグ人工種苗の潜砂を主体とした放流後の生態に関する共同研究」（前記4機関及び国立大学法人長崎大学）の2つの共同研究（以下、共同研究）の一環で行った。

材料及び方法

放流と採捕調査

各年とも6月上旬に、増養殖研究所南伊豆庁舎で生産した平均全長36.5～44.4mmのトラフグ小型種苗20,000～61,000尾を太田川河口域に放流した（図1、表1）。その後、放流1日、3日、8日、15日及び、22日後の5回にわたり採捕を行った。放流箇所は、2011～2013年は「太田川東岸」であったが、当該3か年の採捕調査で太田川・仿僧川合流点の南東側の「採捕域」でトラフグが連続して採捕され、放流魚の滞留域と判断されたため、2014～2015年は「採捕域」直近上流の「仿僧川西岸」

2017年3月22日受理

静岡県水産技術研究所浜名湖分場業績第158号

^{*1}静岡県水産技術研究所浜名湖分場

^{*2}国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所 ウナギ種苗量産研究センター(南伊豆庁舎)

^{*3}静岡県水産技術研究所浜名湖分場,現 環境衛生科学研究所大気水質部

^{*4}現 国立研究開発法人 水産研究・教育機構 増養殖研究所(以下、増養殖研究所)

^{*5}津本欣吾・鈴木重則(2011): 伊勢湾西部沿岸(伊勢市有滝漁港内)に放流したトラフグ種苗の短期追跡調査,平成22年度太平洋中区栽培漁業検討会発表資料.

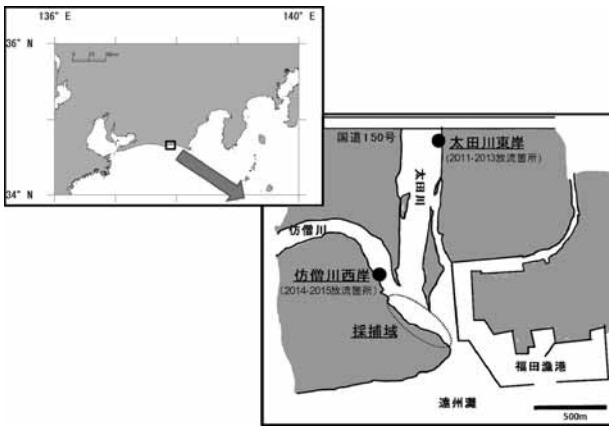


図1 放流箇所及び採捕域

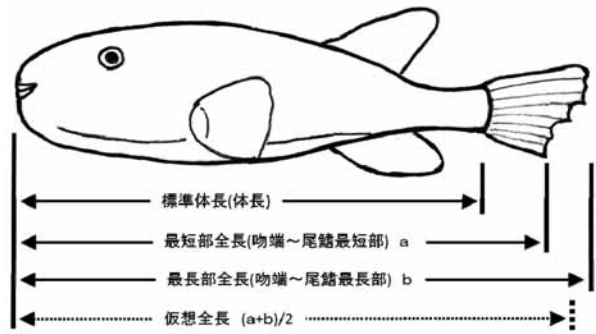


図2 計測部位

に変更した(図1)。

種苗の採捕は、ひき網(長さ30m, 網丈0.5~2.5m, 目合い6.7mm)を船外機船(0.4t)でかけ回し、川岸から人力で両袖を曳いて行った。2015年には、放流直後のトラフグ種苗についてシュノーケリングによる潜水観察を行った。また、2014年は15採捕箇所全てで採水とサリノメーター(株式会社鶴見精機:MODEL 3-G)により、2015年は放流3日後以降の14採捕箇所ですべて携帯型水質計(株式会社堀場製作所:U-10)により、表層塩分を測定し、放流魚の順化環境を考察した。

採捕したトラフグの測定

採捕したトラフグは静岡県水産技術研究所浜名湖分場に持ち帰り、標準体長(mm)(以下、体長)、全長(mm)をデジタルノギスにより0.01mm単位で、体重(g)を電子天秤により0.1g単位で測定した。トラフグの人工種苗には、かみ合いによる尾鳍欠損が見られるため、全長は、最短部全長(mm)と最長部全長(mm)の平均値^{*5}(以下、仮想全長)を充てた(図2)。

2011~2013年には、測定後に採捕魚の一部の消化管内容物を調査した。

順化の判定

放流用種苗の健苗性や種苗性を判断する要件として、摂餌能力、順調な成長、飢餓や環境変動への耐性、逃避行動があげられる⁶⁾⁷⁾。本研究では、トラフグ種苗の順化の要件として、摂餌能力の獲得、成長、栄養状態、逃避・潜砂能力の獲得の4つを設定した。また、各要件の指標として、摂餌能力については摂餌個体率と食性を、成長については体長を、栄養状態についてはその簡便な指標である肥満度⁸⁾を、逃避・潜砂能力については尾鳍欠損指標と放流直後の潜砂行動を用い、それぞれの推移や天然魚と同等か否かを基準に放流魚の順化を判定した。各指標のうち、摂餌個体率は採捕日ごとに、肥満度、尾鳍欠損指標は個体ごとに次式により算出した。

$$\text{摂餌個体率(\%)} = \text{摂餌個体数} / \text{消化管調査個体数} \times 100$$

$$\text{肥満度} = \text{体重} / \text{体長}^3 \times 10^6$$

$$\text{尾鳍欠損指標(\%)} = (\text{仮想全長} - \text{体長}) / \text{体長} \times 100$$

なお、尾鳍欠損指標は、トラフグ天然稚魚で20~25%を示すことが知られ^{*5}、共同研究の尾鳍再生の指標となっている。

また、食性は消化管内容物の調査により、次式により各餌生物種類の出現頻度を求めた⁹⁾。

表1 太田川河口域におけるトラフグ種苗放流及び採捕の状況

年	種苗放流						採捕回数(回)						トラフグ採捕尾数(尾)					
	月日	放流箇所	平均全長(mm)	標識	尾数(尾)	生産機関	放流1日後	放流3日後	放流8日後	放流15日後	放流22日後	計	放流1日後	放流3日後	放流8日後	放流15日後	放流22日後	計
2011	6/7	太田川東岸	44.4	-	29,000	増養殖研南伊豆	4	4	6	6	6	26	36	39	5	4	29	113
2012	6/5	太田川東岸	43.1	ALC耳石	41,000	増養殖研南伊豆	5	5	5	-	5	20	11	5	10	-	2	28
2013	6/4	太田川東岸	42.3	ALC耳石	55,000	増養殖研南伊豆	3	2	-	2	3	10	89	51	-	7	8	155
2014	6/3	仿僧川西岸	36.5	ALC耳石	20,000	増養殖研南伊豆	3	3	3	3	3	15	19	37	12	18	18	104
2015	6/2	仿僧川西岸	40.6	ALC耳石	61,000	増養殖研南伊豆	5	3	3	4	4	19	8	52	40	28	13	141
計	-	-	-	-	206,000	-	-	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	541

餌生物種類の出現頻度(%) =
 餌生物種類を摂餌していた個体数/消化管調査個体数×100

結果及び考察

2012年は放流15日後が台風で、2013年は同8日後が大雨で欠測となり、各年の採捕回数は10~26回、トラフグ採捕尾数は28~155尾、5か年計で541尾であった(表

1)。図3に摂餌個体率(左上)、平均体長(左下)、平均肥満度(右上)、平均尾鰭欠損指標(右下)の推移を示した。採捕個体の平均体長は30mm以上であり(図3)、放流時期である6月前半のトラフグ天然稚魚の平均全長は25mmを下回ることから⁹⁾¹⁰⁾、採捕魚に天然魚の混入はないと見なした。また、図4に、トラフグの体長区間別に見た餌生物の出現頻度を示した。

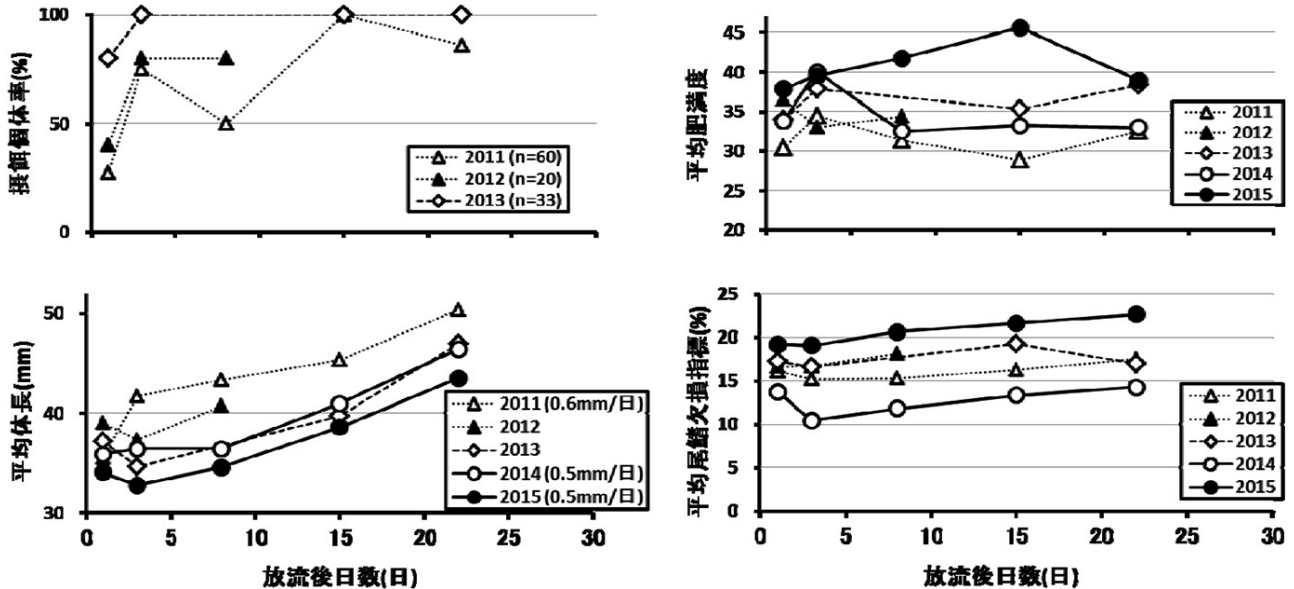


図3 採捕したトラフグの摂餌個体率(左上)、平均体長(左下)、平均肥満度(右上)、平均尾鰭欠損指標(右下)の推移各項目とも、個体数≥3の採捕日について図示した
 平均体長については、年ごとに平均体長値を基にした回帰分析を行い、回帰係数が有意(p < 0.05)であった2011、2014、2015年のそれを日間成長量(mm/日)とし、枠内の()に付記した

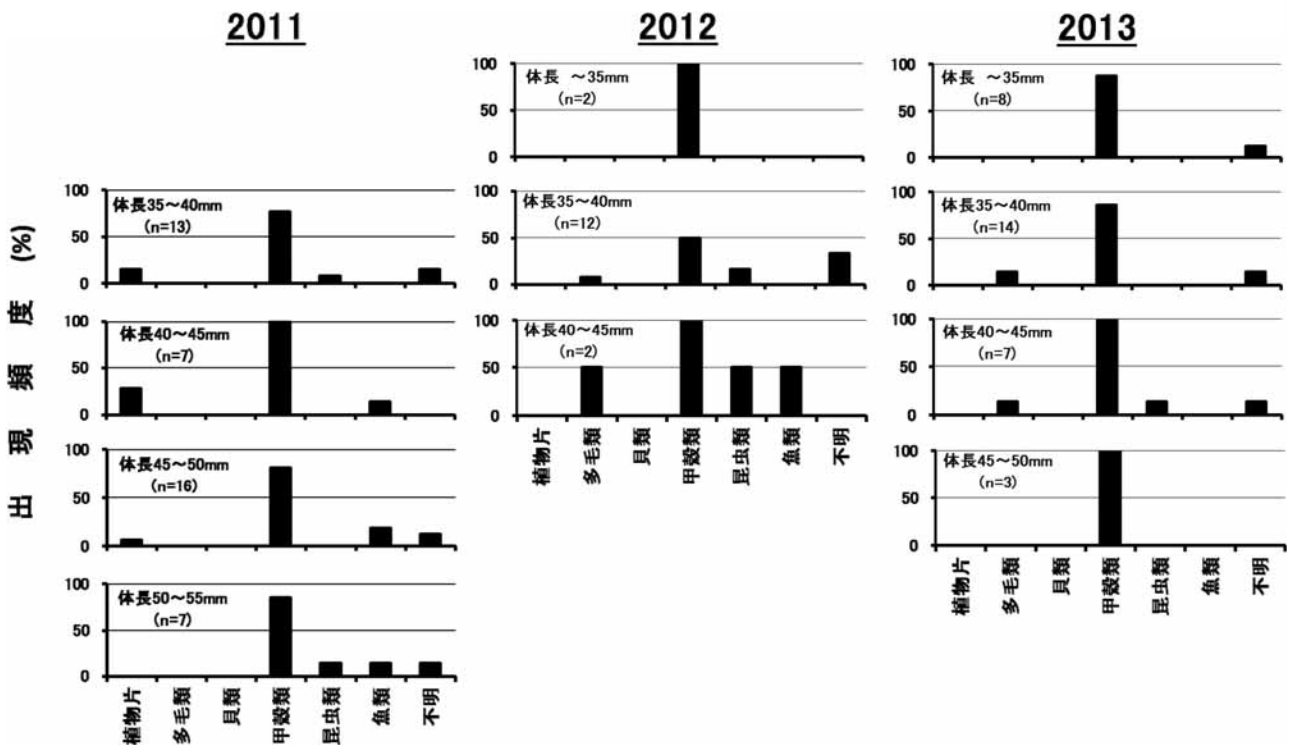


図4 採捕したトラフグの体長区間別に見た餌生物種類の出現頻度

摂餌能力の獲得

摂餌個体率は、放流3日後以降50%以上で、2011、2013年では、それぞれ80%以上、100%と高率で推移し(図3)、放流3日後には放流魚の過半数が天然餌料の摂餌を開始したことが示唆された。先行研究では、ほとんどの個体が摂餌したのが放流後15日後とされており⁹⁾、本研究の摂餌開始時期はより早かったと考えられた。餌生物は、甲殻類が各体長区間で卓越したこと、次いで昆虫類、魚類、多毛類が多かったこと、魚類は比較的大型のトラフグに特有であったことが(図4)、天然稚魚の食性の傾向⁹⁾¹¹⁾と一致し、天然魚同等の摂餌能力の獲得がうかがわれた。

成長

平均体長は、2014年は放流後8日後以降、他の年は同3日後以降に漸増した。日間成長量は0.5~0.6 mm/日で(図3)、天然稚魚の平均全長の推移⁹⁾¹⁰⁾から求めた0.70、0.67mm/日とほぼ同等であった。

栄養状態

平均肥満度は、天然魚の肥満度33~40⁴⁾とほぼ同等で推移した。また、先行研究でみられた放流直後の30未満への急減⁴⁾や、放流10日後以降の30未満での一貫した減少⁵⁾等は認められなかった(図3)。

逃避・潜砂能力の獲得

平均尾鰭欠損指標は、放流8、15日後以降の採捕尾数が少なかった2012、2013年を除く2011、2014、2015年で、放流3日後以降に漸増した。特に2015年は当初から高く、放流8日後以降には天然魚と同等の20~25%^{*5)}で推移した(図3)。また、2015年の放流直後、潜水観察により放流箇所付近で約10個体の潜砂を確認した(図5)。水槽観察によれば、トラフグ稚魚の逃避・潜砂には欠損の少ない尾鰭が不可欠であることから³⁾、各年とも放流魚の逃避・潜砂能力の獲得が示唆され、特に2015年の放流魚の逃避・潜砂能力は高かったと考えられた。なお、放流直後の潜砂行動の確認は、神奈川での共同研究³⁾に次いで2例目である。



図5 放流直後の潜砂個体
2015年6月2日(放流直後)に放流箇所付近で撮影

太田川河口域の環境とトラフグ小型種苗の順化

図6に、採捕箇所の表層塩分とトラフグ採捕尾数の関係を示した。表層塩分は1.7~33.2psuと変動したが、両年とも10psu未満の箇所で過半数のトラフグが採捕され、放流魚の多くは低塩分となる環境で順化したと推察された。また、目視によれば、採捕域付近の底質は比較的流動性がある粒径が均一な砂で、トラフグ小型個体の潜砂も容易と推察された(図5)。

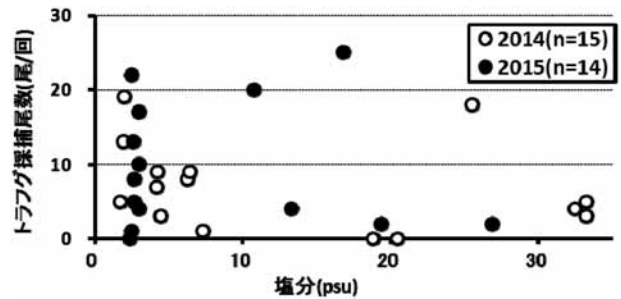


図6 採捕箇所の表層塩分とトラフグ採捕尾数の関係

近年のトラフグ人工種苗を用いた飼育実験で、低塩分、水底の湧水(砂の攪拌等)が潜砂などの着底行動を促進することが示され、小型種苗の放流の効率化には、これら着底行動の促進要因を備えた河口域等への放流が望ましいとされている¹²⁾。太田川河口域は、「三重県有滝地先(外城田川河口)」、「愛知県矢作川河口」とともに太平洋南海域における放流適地とされるが¹³⁾、本研究により、低塩分、砂の流動性のほか、好適な餌料環境(図3、図4)など、トラフグ小型種苗の放流に適した条件を備えていることが確認された。

本研究で設定した4つの順化要件は、たとえば、成長が摂餌能力の向上に繋がるなど、相互に関連していると考えられるが、今回は便宜上、個々の要件の推移や天然魚と同等であるか否かによって順化を判定した。その結果、摂餌能力、成長、栄養状態は、天然魚とほぼ同等であり、尾鰭欠損指標の推移から逃避・潜砂能力の獲得が示唆され、放流直後の潜砂行動も確認できた。以上のことから、今回の太田川河口域における小型種苗の放流事例では、順調な順化が行われたと考えられた。

これらのことから、低塩分、流動性のある底砂など、好適な環境条件を備えた適地に放流すれば、小型種苗でも順調に順化することが推察された。

採捕調査に御協力いただいた、福田ふぐ組合、遠州漁業協同組合、静岡県ふぐ漁組合連合会各位に深謝する。

文献

- 1) 鈴木重則(2011)：第3章 種苗生産と放流，栽培漁業資源回復等対策事業（平成18～22年度）総括報告書 太平洋中海域トラフグ，223～231.
- 2) 花井孝之(2011)：第4章 放流効果，栽培漁業資源回復等対策事業（平成18～22年度）総括報告書 太平洋中海域トラフグ，232～242.
- 3) 鈴木重則(2014)：トラフグ人工種苗の沿岸域への順化について，豊かな海（公益財団法人全国豊かな海づくり推進協会），**34**，13～16.
- 4) 町田雅春・武部孝之(1997)：資源添加技術開発の概要，トラフグ，平成7年度日本栽培漁業協会事業年報，286～291.
- 5) 清水ら(2007)：トラフグ人工種苗の減耗要因の検討；天然魚と人工種苗の比較，日本水産学会誌，**73**(3)，461～469.
- 6) 福原 修(1986)：種苗の健全性，マダイの資源培養技術（田中 克・松宮義春編），恒星社厚生閣，東京，26～26.
- 7) 中野 広(1993)：種苗の評価基準，放流魚の健全性と育成技術（北島 力編），恒星社厚生閣，東京，9～18.
- 8) 木村 量(1994)：飢餓，魚類の初期減耗研究（田中克・渡邊良朗 編），恒星社厚生閣，東京，47～59.
- 9) 津本欣吾（2013）：伊勢湾西部砂浜海岸に出現したトラフグ稚魚の食性，黒潮の資源海洋研究，**14**，105～108.
- 10) 中島ら(2008)：伊勢湾の砂浜海岸砕波帯に出現したトラフグ稚魚について，水産増殖，**56**(2)，221～229.
- 11) 津本欣吾(2011)：第2章 生物的知見，栽培漁業資源回復等対策事業（平成18～22年度）総括報告書 太平洋中海域トラフグ，217～222.
- 12) 山根ら(2015)：トラフグ人工種苗の成長に伴う行動と食性の変化，水産増殖，**63**(2)，141～149.
- 13) 太平洋南海域栽培漁業推進協議会(2015)：太平洋南海域トラフグ栽培漁業広域プラン，各海域魚種別栽培漁業広域プラン 効率的かつ効果的な種苗生産及び種苗放流に関する計画，公益社団法人 全国豊かな海づくり推進協会，14～19.

Acclimatization of hatchery-reared small tiger puffer *Takifugu rubripes* juveniles released in the estuary area

Akira Yoshida, Shigenori Suzuki, Sonomi Imanaka, and Satoru Yamauchi

Abstract In order to clarify the post-release acclimatization of hatchery-reared small tiger puffer *Takifugu rubripes* juveniles, we released 20,000-61,000 tails / year (average total length 36.5-44.4 mm) of hatchery-reared fish during 2011-2015, in early June every year, in the Ota River estuary (Iwata City, Shizuoka Prefecture). Subsequently, we examined acclimatization using the beach seine. The number of captured fish was 28-155 tails / year, totaling 541 tails. Feeding on natural food was observed in majority of the captured fish three days after release. Estimated daily growth amount was equivalent to that of natural fish, and the condition factor also showed no decreasing trend. These findings suggested that the released fish grew steadily with the initiation of feeding just after release, and that their nutritional status was stable. In addition, their burrowing behavior just after release, and the recovery of a missing caudal fin confirmed that they had acquired the escape / burrowing ability. Consequently, it was inferred that even hatchery-reared small tiger puffer juveniles acclimatize smoothly due to release at suitable sites.

Key words: estuary area, tiger puffer, acclimatization, feeding ability, growth, nutritional status, escape ability, burrowing ability