

アリザリン・コンプレクソンによる耳石標識を装着した トラフグ小型種苗の静岡県遠州灘海域への放流と その後の移動について

田中寿臣*¹・松浦玲子*²・町田雅春*³

Release in Shizuoka Enshu-nada sea area and migration of “small” juveniles of ocellate puffer *Takifugu rubripes* with otolith marking by alizarin complexone

Toshiomi Tanaka, Reiko Matsuura, Masaharu Machida

キーワード：トラフグ，耳石標識，アリザリン・コンプレクソン（ALC），
 イラストマー標識，小型種苗放流，浜名湖

はじめに

静岡県におけるトラフグ *Takifugu rubripes* の種苗放流は 1987 年から始められ¹⁾，これに伴って放流種苗の移動や回収を把握することを目的にアンカータグによる標識放流が実施されてきた。しかし，この標識は脱落が多いことや，装着にはある程度の魚体の大きさが必要等の短所があり，静岡県での過去の標識放流では，ほとんどが全長 70mm 以上の種苗で実施されている。

2000 年から始まった静岡県，愛知県，三重県（以下，東海三県）海域での共同放流調査では，放流群別の回収率を推定するため，米国の Northwest Marine Technology Inc. のイラストマー標識が新規に導入された²⁾。これにより，放流群別の回収率が明らかになってきている^{3, 4)}。しかし，田中ら²⁾は，イラストマー標識でも長期間追跡調査を行うためには，トラフグの場合，全長 50mm 前後が適用可能な最小の種苗の大きさとしており，これ以下の大きさではイラストマー標識を適用することは難しいとしている。一方，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）等の耳石標識は，耳石の形

成過程で蛍光物質を耳石に沈着させて放流魚を判別させる内部標識であり，標本を購入しないと標識が確認できないという短所があるが，小型魚に大量に装着できることや，群識別が可能などの長所があり⁵⁾，トラフグにおいては，長崎県，福岡県，山口県において放流効果調査に用いられている⁶⁾。

本稿では，従来の放流の大きさ（全長約 70mm：以下，70mm サイズ）でイラストマー標識を装着した種苗と，これより小型（全長約 40mm：以下，40mm サイズ）で ALC 標識を装着した種苗を，同じ静岡県遠州灘海域に放流した結果，放流した種苗の大きさによって異なった移動が見られたので報告する。なお，本研究は水産庁資源増大技術開発事業（帰国型回遊性種グループ）の一環として実施した。

材料及び方法

1 静岡県海域における種苗放流の概要

2002 年の静岡県におけるトラフグ種苗の中間育成場所，放流場所及び調査市場を第 1 図に，種苗放流の概要を第 1 表に示した。放流に供したトラフグ種苗は，静岡県遠州灘

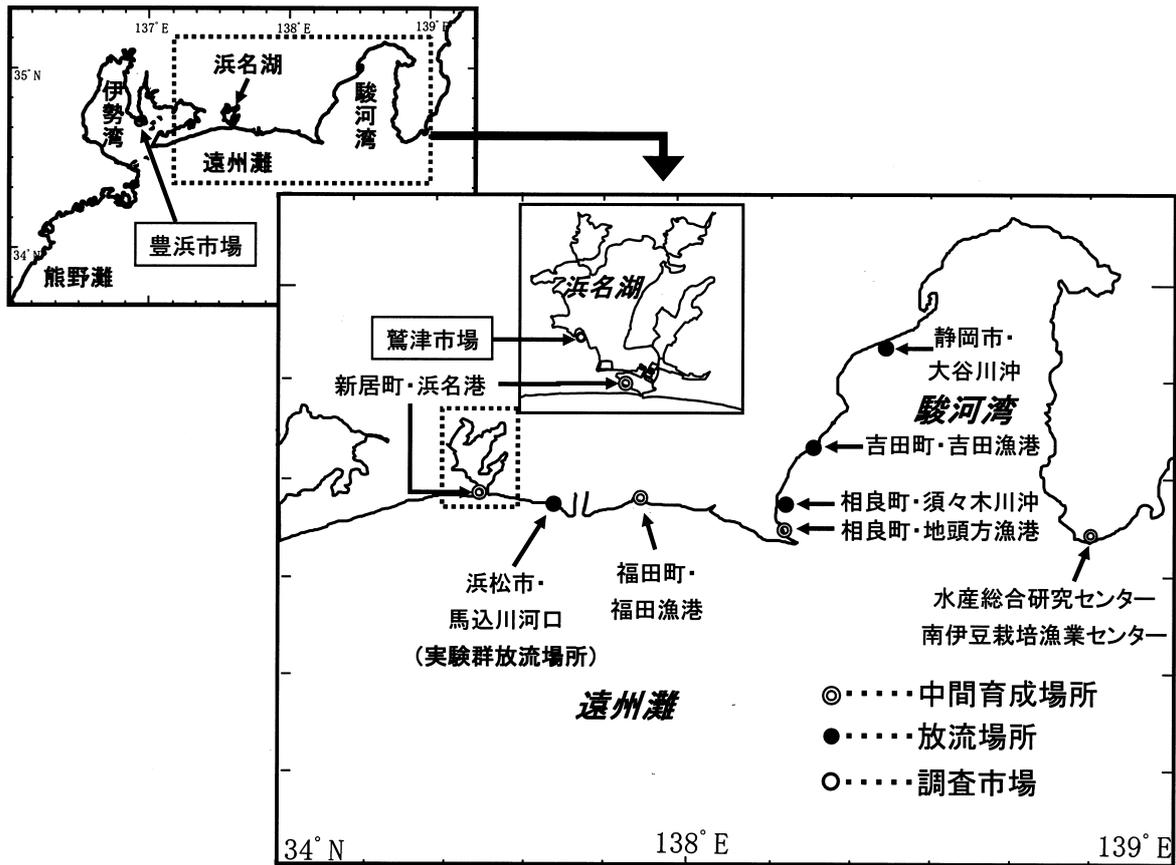
2008年1月21日受理

静岡県水産技術研究所浜名湖分場業績第 147 号

*¹静岡県水産技術研究所浜名湖分場，現漁業開発部

*²静岡県水産技術研究所浜名湖分場

*³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，現宮津栽培漁業センター



第1図 東海三県の海域とトラフグ種苗の中間育成，放流場所及び調査市場

第1表 2002年静岡県海域におけるトラフグ種苗放流の概要

放流群	実験群名	中間育成場所	放流日	放流場所	標識の概要			放流尾数	放流時の大きさ(平均)		
					標識の種類	色	装着部位		全長(mm)	体長(mm)	体重(g)
A	—	南伊豆栽セ	5月25日	浜松市・馬込川河口	無標識	—	—	210,000	16.9	13.8	0.14
B	—	南伊豆栽セ	6月22日	吉田町・吉田漁港	無標識	—	—	60,000	39.0	35.5	1.70
C	ALC小型	南伊豆栽セ	6月22日	浜松市・馬込川河口	ALC	—	耳石	30,000	40.3	36.1	1.75
D	—	福田漁港	7月4日	福田町・福田漁港	無標識	—	—	3,455	55.1	50.3	4.64
E	イラストマー通常	浜名港	7月24日	浜松市・馬込川河口	イラストマー	橙	右側胸鰭基部	16,510	73.1	70.1	13.6
F	—	浜名港	7月24日	浜松市・馬込川河口	無標識	—	—	7,171	73.1	70.1	13.6
G	—	地頭方漁港	8月7日	相良町・須々木川沖	無標識	—	—	8,535	90.5	84.5	22.0
H	—	地頭方漁港	8月9日	静岡市・大谷川沖	イラストマー	橙	左側胸鰭基部	7,068	91.4	85.8	21.3
I	—	福田漁港	8月10日	福田町・福田漁港	スパゲティー型アンカータグ	桃	背鰭付近	793	116.8	106.7	49.0
J	—	南伊豆栽セ	8月10日	福田町・福田漁港	TC	—	耳石	6,000	98.4	94.0	26.5
合計								349,532			

海域で漁獲された天然親魚を用い，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，南伊豆栽セ）で生産されたものである。このうち，南伊豆栽セで中間育成を行い，ALC 標識を耳石に装着して浜松市馬込川河口域に放流した放流群 C（以下，ALC 小型放流群）と，新居町浜名港地先（浜名湖内）で中間育成を行い，イラストマー標識を装着して ALC 小型放流群と同じ場所に放流した放流群 E（以下，イラストマー通常放流群）を実験群として設定した。

2 実験群における標識の装着と放流

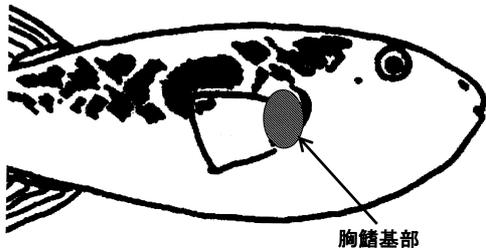
1) ALC 小型放流群

ALC 標識の装着は，南伊豆栽セで 2002 年 6 月 21～22 日に行った。装着には 50^m 容角形コンクリート水槽 1 面を使用し，水量は 8^m とした。ALC は 158g 使用し（浸漬濃度 19.8ppm）12 時間浸漬した後，無作為に数尾取り上げ，すべての種苗に ALC 標識が装着されていることを確認した。そして，活魚トラックで浜松市馬込川河口域（第1図）まで輸送して 6 月 22 日に 30,000 尾（平均全長 40.3mm）を放流した（第1表）。また，耳石の標識径の測

定を行った結果、 $541 \pm 24 \mu\text{m}$ (平均±標準偏差)であった。

2) イラストマー通常放流群

イラストマー標識の装着部位を第2図に示した。イラストマー通常放流群は、橙色のイラストマー標識を右側胸鰭基部に装着した。装着は、中間育成地である新居町浜名港にある浜名漁業協同組合種苗センターで2002年7月22～24日の3日間実施した。また、放流直前に標識装着種苗を無作為に取り上げ、標識が正常に装着されているかどうかを確認した結果、調査した234尾中、約95%にあたる222尾が、目視で容易に標識が確認でき、残りの12尾が、ライトとサングラス²⁾を使用すれば、容易に標識が確認できる状態であった。そして、ALC小型放流群と同じ放流場所である浜松市馬込川河口域(第1図)まで活魚トラックで輸送して、7月24日に16,510尾(平均全長73.1mm)を放流した(第1表)。



第2図 イラストマー標識の装着部位

3 標本魚の購入と標識の確認

1) 浜名湖内の小型定置網による漁獲物の購入

イラストマー通常放流群を放流した2002年7月下旬から、同年12月下旬まで、鷺津市場(第1図)に水揚げされるすべてのトラフグを購入した。なお、鷺津市場に水揚げされるトラフグは、すべて浜名湖内の小型定置網により漁獲されたものである。購入したトラフグは全長、体長、体重を測定し、尾鰭変形の有無、鼻孔隔皮欠損の有無を確認した。次にイラストマー標識の有無をライトとサングラスを使用して確認した。さらに、標識が埋没していないか

確認するため胸鰭付近を解剖した²⁾。次に頭部を解剖して耳石を摘出し、実体顕微鏡下で耳石変形の有無を確認した後、蛍光顕微鏡を用いて耳石標識の有無を確認した。第3図は、いずれも蛍光顕微鏡で観察したALC標識が装着されたトラフグ当歳魚の耳石(扁平石)であるが、耳石変形については、第3図の中央や右の耳石のように、明らかに形態異常と思われるもののみを「変形」とし、それ以外のものはすべて「正常」として扱った。

2) 伊勢湾海域における小型底曳網による漁獲物の購入

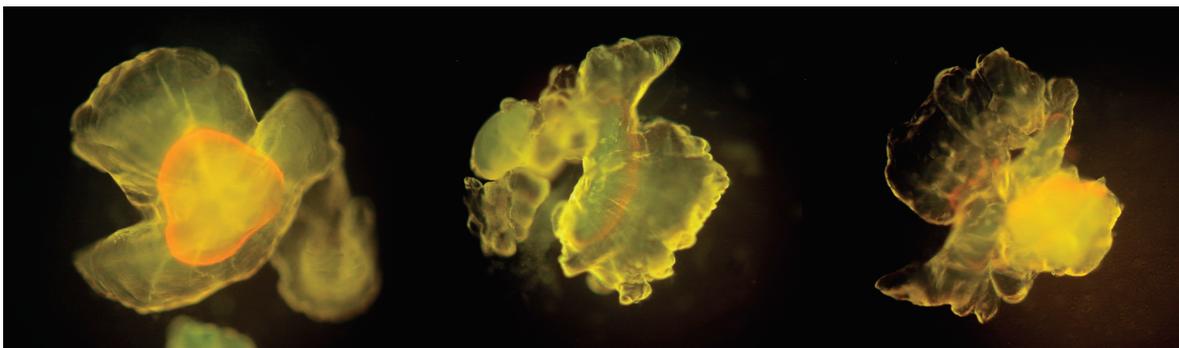
2002年12月12日と18日に、愛知県豊浜市場(第1図)に水揚げされた漁獲物の中から、伊勢湾海域において小型底曳網により漁獲されたトラフグを無作為に購入した。購入したトラフグは冷凍して水産技術研究所浜名湖分場へ輸送し、解凍後、浜名湖内の小型定置網による漁獲物と同様の調査を実施した。

なお、本稿では、ALC標識、イラストマー標識、TC標識、スパゲティー型アンカータグといった人為的に標識を付けたものを「標識魚」として扱い、それ以外のものを「無標識魚」として扱った。さらに「無標識魚」のうち、鼻孔隔皮欠損、尾鰭変形、耳石変形といった人工種苗特有の形態異常を「体部分標識」と定義し、体部分標識を一つでも有するものは「放流魚」と判断した。

結 果

1 浜名湖内の小型定置網による漁獲物

鷺津市場で購入したトラフグの概要を第2表に示した。2002年春季以降、トラフグは2002年7月29日に初めて水揚げされた。そして、2002年12月30日までに386尾が水揚げされ、そのうち、標識魚は145尾で全体の37.6%を占めた。月ごとの標識魚混獲率は11.1～56.6%で9月に最も高い値となった。また、月ごとの漁獲物の平均全長、平均体長及び平均体重はそれぞれ115.9～236.6mm、95.1～196.0mm、33.2～287.1gとなり、いずれも11月に最も高い値となった。標識魚145尾の内訳を見ると、ALC小型放流群が133尾で91.7%を占め、次にイラストマー通常放



第3図 トラフグ当歳魚の耳石(左:正常と判断, 中央・右:変形と判断)

第2表 鷺津市場で購入したトラフグの概要

月	購入尾数 (尾)	無標識魚 (尾)	標識魚 (尾)	放流群の内訳(尾)			標識魚 混獲率 (%)	購入魚の大きさ・平均(最大-最小)		
				ALC小型 放流群	イラストマー 通常放流群	その他 放流群		全長 (mm)	体長 (mm)	体重 (g)
7	9	8	1	0	1	0	11.1	115.9(136-73)	95.1(111-73)	33.2(52-11)
8	123	80	43	43	0	0	35.0	138.9(178-104)	114.2(144-87)	56.1(126-21)
9	83	36	47	45	0	2	56.6	172.7(217-134)	143.6(180-107)	111.3(203-49)
10	48	26	22	21	1	0	45.8	209.5(250-167)	173.8(210-141)	191.7(327-93)
11	81	63	18	16	2	0	22.2	236.6(275-154)	196.0(226-132)	287.1(472-68)
12	42	28	14	8	5	1	33.3	221.9(277-173)	186.9(228-161)	257.0(433-123)
合計	386	241	145	133	9	3	37.6			

第3表 鷺津市場で購入した無標識魚のうち、体部分標識を有していた尾数と放流魚と判断した尾数

月	無標識魚 (A)	体部分標識を有していた尾数				放流魚と判断 した尾数(B)	その他 (A-B)
		鼻孔隔皮 欠損	尾鰭変形	耳石変形			
7	8	6	3	7	8	0	
8	80	62	48	79	80	0	
9	36	26	19	28	30	6	
10	26	19	15	23	25	1	
11	63	46	30	43	55	8	
12	28	21	17	23	25	3	
合計(尾)	241	180	132	203	223	18	
割合(%)	100	74.7	54.8	84.2	92.5	7.5	

流群が9尾で6.2%であった。残り3尾の標識魚はすべて福田漁港に放流したTC標識魚である放流群J(第1表)であった。

次に、前述以外の無標識魚241尾のうち、体部分標識を有していた尾数と、放流魚と判断した尾数を第3表に示した。体部分標識の中で最も多く出現したのは耳石変形であり、次に多く出現したのは鼻孔隔皮欠損であった。最も少なかったのは尾鰭変形であった。体部分標識を一つでも有することにより放流魚と判断したものは223尾となり、無標識魚の92.5%を占めた。

2 伊勢湾海域における小型底曳網による漁獲物

豊浜市場で購入したトラフグの概要を第4表に示した。トラフグは2002年12月12日に90尾、2002年12月18日に107尾、計197尾を無作為に購入した。購入した197尾のうち、標識魚は36尾で、標識魚混獲率は18.3%であった。漁獲物の平均全長、平均体長及び平均体重はそれぞれ

第4表 豊浜市場で購入したトラフグの概要

月日	購入尾数 (尾)	無標識魚 (尾)	標識魚 (尾)	放流群の内訳(尾)			標識魚 混獲率 (%)	購入魚の大きさ・平均(最大-最小)		
				ALC小型 放流群	イラストマー 通常放流群	その他 放流群		全長 (mm)	体長 (mm)	体重 (g)
12月12日	90	78	12	0	2	10	13.3	238.1(289-193)	195.7(232-158)	318.3(490-150)
12月18日	107	83	24	0	1	23	22.4	239.4(274-180)	197.9(223-155)	342.8(517-174)
合計・平均	197	161	36	0	3	33	18.3	238.8(289-180)	196.9(232-155)	331.6(517-150)

第5表 豊浜市場で購入した無標識魚のうち、体部分標識を有していた尾数と放流魚と判断した尾数

月日	無標識魚 (A)	体部分標識を有していた尾数				放流魚と判断 した尾数(B)	その他 (A-B)
		鼻孔隔皮 欠損	尾鰭変形	耳石変形			
12月12日	78	8	5	9	12	66	
12月18日	83	8	10	15	21	62	
合計(尾)	161	16	15	24	33	128	
割合(%)	100	9.9	9.3	14.9	20.5	79.5	

238.8mm、196.9mm、331.6gであった。標識魚36尾の内訳を見ると、ALC小型放流群は発見されず、イラストマー通常放流群が3尾確認されただけであった。残りの33尾が標識魚全体の91.7%を占めたが、それらはすべて愛知県伊勢湾海域に放流されたイラストマー標識魚であった⁶⁾。

次に、前述以外の無標識魚161尾のうち、体部分標識を有していた尾数と、放流魚と判断した尾数を第5表に示した。体部分標識の中で最も多く出現したのは耳石変形であり、次に多く出現したのは鼻孔隔皮欠損であった。最も少なかったのは尾鰭変形であった。体部分標識を一つでも有することにより放流魚と判断したものは33尾となり、無標識魚の20.5%であった。

考 察

今回、ALC小型放流群とイラストマー通常放流群の両群とも浜名湖内での漁獲が確認されたが、放流尾数の比率はほぼ2:1であるのに対し、鷺津市場で水揚げされた比率は、約15:1と、大きく異なった。すなわち、40mmサイズの放流魚は浜名湖内で一定期間を過ごすか、70mmサイズの場合、40mmサイズほど浜名湖への移入は顕著に見られなかった。このことから、放流する種苗の大きさによって放流後の移動が異なることが明らかとなった。

次に、鷺津市場で購入したトラフグのほとんどが放流魚

と判断される結果を得たが(第3表)、放流種苗のすべてが体部分標識を有するわけではない⁷⁾。このことから残りの18尾の中にも放流魚が存在する可能性がある。また、尾鰭変形が無かったにもかかわらず、鼻孔隔皮欠損や耳石変形により放流魚と判断されたものが、無標識魚のうち

40.8%を占めた。トラフグの尾鰭変形は、中間育成中にトラフグが尾鰭を噛み合い欠損し、その後尾鰭が再生する際に生じるが、尾鰭の欠損は中間育成中の収容密度に大きく依存するため⁷⁾、中間育成施設に限りのあるところでは、基本的に放流までの種苗の成長とともに尾鰭の欠損が増大する傾向にある。愛知県や三重県で標識放流されたトラフグ当歳魚が浜名湖内で再捕された事例はほとんどないことや、平均全長 40.3mm で放流した ALC 小型放流群においてもほとんどの個体で尾鰭変形がみられたこと、さらに放流尾数や放流場所から考えると、これらのトラフグは、浜松市馬込川河口でより小型（平均全長 16.9mm）で 210,000 尾放流した放流群 A（第 1 表）が浜名湖まで移動した可能性が考えられる。

次に、伊勢湾海域で漁獲されたトラフグからは、イラストマー通常放流群が 3 尾確認され、浜名湖と共に伊勢湾への移動が見られた。この結果は、70mm サイズの種苗の移動についての従来⁷⁾の知見と同じであった。一方、ALC 小型放流群については伊勢湾で確認できなかったが、伊勢湾に向かって移動したものの、小型の種苗のため移動途中に減耗した可能性も考えられる。

東海三県の海域に分布するトラフグは、伊勢湾口を産卵場、伊勢湾を幼稚仔保育場とする同一系群とされている⁸⁾。春から夏にかけて伊勢湾で幼稚魚期を過ごしたトラフグは、秋から冬にかけて、伊勢湾内の水温低下と共に外海に移動していくとされる⁹⁾。今回放流した種苗は、共に干潟のある内湾域で生息する大きさであるが¹⁰⁾、今回の結果から 40mm サイズと 70mm サイズでは、同じ内湾域でもさらに生息環境の指向性に違いがある可能性が考えられる。

浜名湖で漁獲されたトラフグの平均全長は 11 月に最大となったが、豊浜市場での購入魚と比べて平均全長、平均体長ともほぼ等しく、成長に関しては伊勢湾海域と変わらないと思われた。田中ら³⁾は、浜名湖内で干潮時に放流した群（70mm サイズ）が、伊勢湾で放流した群には及ばないものの、静岡県内に放流した他の群より 1 歳魚で高い回収率を示し、今後も検討が必要であると指摘した。40mm サイズのトラフグ種苗の多くが浜名湖内へ移動したことも合わせて考えると、静岡県遠州灘海域へ放流する場合は、浜名湖内へ放流する方が浜名湖に移動するまでの減耗を小さくできる可能性がある。また、ALC 小型放流群が 70mm サイズ以上に成長して、12 月まで浜名湖で継続的に漁獲されたことを考えると、浜名湖に放流する場合 40mm サイズでも十分資源に添加する可能性が考えられる。このことから、今後浜名湖内にトラフグ種苗を放流する場合には、コストも含めた放流時の大きさ別での放流効果を比較する必要がある。しかし、鯉江ら¹¹⁾は東海三県の海域でトラフ

グが卓越年級群を形成した場合、密度効果により全長が小型化するとしている。浜名湖は伊勢湾に比べて海域面積が小さいため、浜名湖に放流する場合には密度効果を考慮した放流尾数についても検討が必要であろう。

謝 辞

本研究を行うにあたり、標識作業に御協力いただいた南伊豆栽培漁業センター及び浜名漁業協同組合の職員、臨時職員の皆様、標本魚の購入に御協力いただいた浜名漁業協同組合鷺津支所の漁業者と職員の皆様、愛知県水産試験場漁業生産研究所の和久光靖氏に感謝する。また、ALC 標識装着作業について貴重な助言をいただいた長崎県総合水産試験場の松村靖治氏、静岡県水産資源室の後藤裕康氏に深謝する。

要 約

静岡県浜松市馬込川河口の遠州灘海域へ、平均全長 40.3 mm のトラフグの ALC 標識魚 30,000 尾と、平均全長 73.1 mm のイラストマー標識魚 16,510 尾を放流し、静岡県浜名湖内の鷺津市場と、愛知県伊勢湾海域の豊浜市場でトラフグの買い取り調査を行い、次の結果を得た。

- 1) 鷺津市場では、2002 年 7 月 29 日～12 月 30 日までにトラフグ 386 尾が水揚げされ、すべて購入して調査した結果、標識魚は 145 尾であった。
- 2) その 145 尾の内訳は、ALC 小型放流が 133 尾と 91.7%を占め、イラストマー通常放流群が 9 尾で 6.2%、その他の 3 尾は福田漁港で放流した TC 標識魚であり、ALC 小型放流群とイラストマー通常放流群の漁獲尾数比率は、放流尾数比率と大きく異なり、放流後の移動に差がみられた。
- 3) 鷺津市場で購入した 386 尾のうち、無標識魚は 241 尾であったが、鼻孔隔皮欠損、尾鰭変形、耳石変形などの体部分標識を確認した結果、そのうちの 223 尾が放流魚と判断され、鷺津市場で購入したトラフグの 95.3%にあたる 368 尾が放流魚と判断された。
- 4) 豊浜市場で 2002 年 12 月 12 日に 90 尾、12 月 18 日に 107 尾、計 197 尾のトラフグを購入して調査した結果、標識魚は 36 尾であった。
- 5) その 36 尾の内訳は、イラストマー通常放流群が 3 尾確認されたが、ALC 小型放流群は確認されなかった。その他の 33 尾はすべて愛知県伊勢湾海域に放流されたイラストマー標識魚であった。

文 献

- 1) 影山佳之・中川征章・長谷川雅俊・上村信夫・伊藤 円(1992)：遠州灘栽培漁業推進研究事業，平成3年度静岡県水産試験場事業報告，75～84.
- 2) 田中寿臣・中西尚文・阿知波英明・町田雅春・大河内裕之(2006)：トラフグ放流効果調査におけるイラストマー標識の適用，栽培漁業技術開発研究，34(1)，43～51.
- 3) 田中寿臣・後藤裕康・森 訓由・平井一行(2007)：東海三県海域に放流したトラフグイラストマー標識魚の静岡県海域における回収率の推定，静岡県水産試験場研究報告，42，1～7.
- 4) 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(2006)：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，愛知県水産試験場研究報告，12，19～33.
- 5) 大河内裕之(2006)：栽培漁業技術開発の最前線－Ⅱ放流効果の調査手法と標識技術，日本水産学会誌，72(3)，450～453.
- 6) 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型回遊性種(トラフグ)，79pp.
- 7) 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.
- 8) 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)，水産学シリーズ，111，恒星社厚生閣，東京，28～40.
- 9) 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(3)，246～251.
- 10) 松浦修平(1997)：生物学的特性，トラフグの漁業と資源管理(多部田 修編)，水産学シリーズ，111，恒星社厚生閣，東京，16～27.
- 11) 鯉江秀亮・大沢 博・福嶋万寿夫・長尾成人(1998)：伊勢湾・遠州灘におけるトラフグの資源変動について－Ⅱ一年級群別の資源尾数及び成長と密度の関係－，愛知県水産試験場研究報告，5，25～33.