標識放流試験から見たトラフグ親魚の 伊勢湾口部産卵場への回帰

中島博司,^{1*} 新田 朗²

(2004年6月11日受付, 2005年2月10日受理)

¹三重県科学技術振興センター水産研究部, ²日本エヌ・ユー・エス株式会社

Homing behavior of adult ocellate puffer *Takifugu rubripes* to the natal spawning ground at the mouth of Ise Bay based on tagging experiments

HIROSHI NAKAJIMA^{1*} AND AKIRA NITTA²

¹Mie Prefectural Science and Technology Promotion Center, Fisheries Research Division, Shima, Mie 517-0404, ²Japan NUS Co., Ltd., Minato, Tokyo 108-0022, Japan

In order to clarify the homing behavior of ocellate puffer *Takifugu rubripes* to the natal spawning ground, adult ocellate puffers of total length 37–60 cm caught by purse seine net at the spawning ground off Anori, Mie Prefecture, were released at a location 3 miles south of the spawning ground with disk tags attached in 1996, 1997 and archival tags attached in 1998. The numbers of individuals released in 1996, 1997 and 1998 were 217, 69 and 5, and respectively 58, 14 and 3 fish were recaptured within the area of Ise Bay, Kumano Nada and Enshu Nada. Four individuals released in 1996 and one in 1998 apparently returned to the same spawning ground in the next spawning season after being released. One individual released in 1997 was recaptured very close to the spawning ground off Anori in April 1998. These results imply that adult ocellate puffer return to the same spawning ground and strongly support that this species shows homing behavior to the natal spawning ground. The fish with archival tags implanted were distributed almost within a $\pm 2^\circ$ longitudinal area around the release and recapture location. It is concluded that adult ocellate puffer seldom migrate in and out between the Kumano and Enshu Nada area and other areas.

キーワード：アーカイバルタグ, 産卵回帰, 産卵場, トラフグ, 標識放流

熊野灘・遠州灘に生息するトラフグ *Takifugu rubripes* は、一部の地区でタイ延縄漁業の副産物として漁閑期に漁獲される程度であったが、1975年頃から漁業資源としての価値が高まった。その後、三重県安乗、愛知県日間賀、静岡県浜名地区の延縄漁業者によって、1978年には漁期（10月から2月）、漁法（底延縄に限る）の制限、1989年には体重600g以下は再放流とする漁獲サイズの制限等の自主的な資源管理が設けられてきた。ところが、1989年漁期には三重、愛知、静岡県三県の漁獲量は約400トンと史上かつてない大豊漁となり、これを契機に三県の新規延縄漁業者数は数倍に激増し、漁獲圧も一気に高まった。一方で、本種の当海域における生態が全く把握されていない中でこの豊漁現象の解明が始まり、船越¹⁾は紀伊半島沿岸から志摩半島沿岸

を産卵場とするローカル資源の存在の可能性を示唆した。中島²⁾も、伊勢湾で混獲される当歳魚の漁獲量と翌年に熊野灘・遠州灘において延縄で漁獲される1才魚の漁獲量に正の相関が見られることから、豊漁は他海域に生息するトラフグの回遊によるものではなく伊勢湾に由来する資源によるものと推察した。トラフグ資源への関心が高まる中で、熊野灘・遠州灘海域に生息する本種の資源生態調査研究が本格的に着手され、未成魚、成魚等の分布移動、²⁻⁴⁾ 伊勢湾口部安乗沖産卵場の存在⁵⁾が次々に明らかにされた。これらの知見から、熊野灘・遠州灘海域に生息するトラフグは、伊勢湾口部に産卵場を有し、他海域とは独立した系群であると推定されるようになった。⁶⁾ 熊野灘・遠州灘海域のトラフグ漁獲量は1989年以降大きな年変動を繰り返しており、漁獲量の安定化

* Tel : 81-599-53-0130. Fax : 81-599-53-2225. Email : nakajh01@pref.mie.jp

や資源の維持増大を図るためには適正な資源管理や栽培漁業の推進が求められている。そして、トラフグの資源管理や栽培漁業を推進するためには、熊野灘・遠州灘海域のトラフグが1つの独立した個体群であることを明確にしておく必要がある。

佐藤ら⁷⁾は、トラフグは「生まれ故郷の産卵場へ回帰して産卵する」という仮説を立て、瀬戸内海の産卵場においてトラフグ親魚を用いた標識放流試験を行い、標識魚が翌年同じ産卵場に回帰することを証明した。本研究では、熊野灘・遠州灘海域の中央部に位置する伊勢湾口部安乗沖産卵場において初めてディスクタグを用いた産卵親魚の標識放流試験を1996年、1997年の2カ年間行うとともに、1998年には位置推定が可能なアーカイバルタグを併用して、従来の標識手法では把握できない連続的な移動回遊を追跡することにより、熊野灘・遠州灘海域に生息するトラフグ親魚の産卵場への回帰性を検討した。

材料および方法

標識放流の方法 本研究では、伊勢湾湾口に位置する鳥羽市離島から大王町波切に至る三重県沖合海域を伊勢湾口部と呼ぶ (Fig. 1)。供試魚は伊勢湾口部安乗沖の産卵場で操業するまき網で漁獲されたトラフグ親魚である。漁獲されたトラフグは、噛み合いを防止するため直ちに歯切りされることから、筆者は船上で噛み合い傷が少なく活力の良好な個体を選別し、それらを仕切り板のついた塩ビ製の活魚輸送用籠に収容した。その後、さらにこれらのトラフグを運搬船で船上輸送し、安乗魚市場の活魚水槽に収容した。標識放流試験の概要は次のとおりである。1996年4月22日から5月7日にかけては

全長 37~60 cm (平均全長 42.7 cm) のトラフグ 217 個体に、1997年4月29日には全長 37~44.1 cm (平均全長 40.3 cm) のトラフグ 69 個体の背鰭基部にディスクタグを装着し、放流直後の再捕をさけるため、産卵場より約3マイル南の地点に放流した (Fig. 1, Table 1)。さらに、1998年4月11日には、全長 41~53 cm、体重 1,145~3,580 g の5個体にアーカイバルタグ (NMT社製)⁸⁾を腹腔内に挿入するとともにディスクタグとの二重標識を行い、ディスクタグ装着魚と同様に産卵場より約3マイル南の地点 (北緯 34 度 20 分、東経 136 度 59 分) に放流した。放流魚は全長組成 (Fig. 2) および年齢に関する過去の知見^{9,10)}から、満2才魚主体に3歳以上魚が混じる年齢構成であったことが推察される。

アーカイバルタグの設定および取得データの解析方法 アーカイバルタグは、外部水温、腹腔内温度、水圧、照度の4項目を計測し、計測時刻とともにタイムシリーズログファイルとしてタグ内部に記録、保存する。これら4項目のデータは、128秒の整数倍の間隔で記録するように設定できる。このファイルはデータ取得開始後と取得終了前の2領域に分割されており、メモリー容量に制限があるために、放流から回収までの期間が長い場

Table 1 The outline of tagging experiments using adult ocellate puffer caught at the spawning ground

Date of release	Number of fish	Average total length (range)	Tagging method
1996 22 April–7 May	217	42.7 cm (37–60 cm)	Disk tag
1997 29 April	69	40.3 cm (37–44 cm)	Disk tag
1998 11 April	5	46.0 cm (41–53 cm)	Archival tag and disk tag

Fig. 1 Locations where tagged adult ocellate puffer were released (□), and daily water temperature was monitored (○). The mouth of Ise Bay is the open ocean from Toba to Nakiri off Mie Prefecture.

Fig. 2 Frequency distribution in total length of adult ocellate puffer released during 1996–1998.

合には途中のデータが上書き保存によって消去されている。本研究では、データの記録は 256 秒間隔とし、2 つの領域に放流後 80 日間と再捕（タグ回収）前 80 日間の合計 160 日間のデータが保存されるように設定した。また、タイムシ리즈ログファイルとは別に、照度の計測値から推定した毎日の日出、日没の時刻、日出、日没の時刻から計算される緯度経度、並びに設定した 3 層（本研究では 0 m, 30 m, 60 m に設定した）の遊泳時の外部水温がデイログファイルとして記録、保存された。

このアーカイバルタグを用いた位置推定には、前述したとおり日出時刻と日没時刻が使われる。したがって、推定精度は標識魚が遊泳する場所における日出および日没時刻が正確に計測できたかどうかによって左右される。トラフグの場合、養殖魚が養殖場の泥などに体を埋める埋没行動を行うことが良く知られている。¹¹⁾ アーカイバルタグを装着した標識魚の遊泳行動からも埋没と推測される行動が頻繁に出現し、⁸⁾ 本来記録されるべき日出および日没時刻が正確に計測されないことがあると考えられた。¹²⁾ そこで、位置推定値から埋没行動によると考えられる異常な推定値を取り除いた。

位置推定は水温情報を用いることにより補正が可能と考えられている。¹³⁾ 今回再捕されたアーカイバルタグ標識魚は後述するように水深 10 m 以浅の表層を遊泳していることが多かったため、タグに記録された水温と推定された位置付近における表面水温の観測値が明らかに異なる場合も異常な位置推定値として処理した。水温情報は、三重県科学技術振興センター水産研究部が発行している人工衛星海況速報、東京都、千葉県、神奈川県、静岡県の水産試験場が発行している一都三県漁海況速報

および和歌山県、高知県の海況観測結果（漁況海況予報事業結果報告書）を用いた。さらに、タイムシ리즈ログファイルに記録された任意の時刻の水温データと人工衛星海況速報（水産研究部発行）および Fig. 1 に示した伊勢湾湾奥部に位置する鈴鹿市白子地先表面水温（水産研究部鈴鹿水産研究室観測、午前 9 時頃観測）、伊勢湾湾口部に近い三河湾吉良の水深 3.5 m における定地水温（愛知県水産試験場発行三河湾海況観測旬報、日平均値）を用いて、推定位置の精度を検証した。なお、ここでは三河湾吉良の定地水温の日平均値は概ね午前 10 時の観測値で代表されるとした。¹⁴⁾ 一方、タイムシ리즈ログファイルの外部水温は、トラフグが必ずしも午前 9 時から 10 時頃において水深 10 m 以浅の表層を遊泳していない場合があったため、午前 8 時から 11 時の時間帯を適用した。また、外部水温の鉛直変化で水深 0 m から 5 m までの水温はほぼ等しいと考えられたことから、タイムシ리즈ログファイルの外部水温として、この時間帯における水深 5 m 以浅の水温データの平均値を用いた。

結 果

ディスクタグ標識の再捕結果 1996 年放流のディスクタグ標識群は 58 個体が再捕され、再捕率は 26.7% であった。放流直後の放流場所周辺での再捕（11 個体）を除き、季節別に再捕日数、再捕位置および漁法を Table 2 および Fig. 3 に示した。春季・夏季（5～9 月）は遠州灘および伊勢湾で小型底曳網主体に 18 個体、熊野灘、相模湾でそれぞれ 2 個体、1 個体が定置網で再捕された。秋季（10, 11 月）は遠州灘、伊勢湾で延縄主体に 19 個体再捕されたが、冬季（12～3 月）の再捕は

Table 2 Detailed records of the recaptured ocellate puffer

Year of release	Month of recapture	Number of fish recaptured	TL (cm)* (Sex)	Days at liberty	Location	Fishing method
1996	May–September	18	39.3–60.3	9–157	Enshu Nada, Ise Bay	Trawl
	May–September	2	40.3, 44.5	10–25	Kumano Nada	Set net
	May–September	1	45.6	51	Sagami Bay	Set net
	October, November	19	38.1–43.5	156–209	Enshu Nada, Ise Bay	Long line, Trawl
	April, May	4	38.7–49.9	357–369	Mouth of Ise Bay	Purse seine
	October–December	3	40.8–45.8	533–581	Enshu Nada	Long line
1997	May–September	4	36.5–41.8	134–136	Enshu Nada, Ise Bay	Boat seine, Trawl
	May–September	1	38.9	105	Suruga Bay	Boat seine
	October, November	7	39.9–44.2	160–210	Enshu Nada, Ise Bay	Long line, Trawl
	April, May	1	39.5	365	Mouth of Ise Bay	Trawl
1998	June–September	1	40 (♂)	12	Enshu Nada	Trawl
	October, November	1	51.1 (♀)	183	Kumano Nada	Long line
	April, May	1	43 (♂)	371	Mouth of Ise Bay	Purse seine

* Total length (TL) indicates the size at the time of release.

Fig. 3 Recapture points of tagged ocellate puffer. Symbols represent the year that the puffer were released: ○: 1996; ●: 1997; ■: 1998. C-1, C-2 and C-3 show the locations of recaptured fish with the archival tag. (A), (B); recapture in the year of release, (C), (D); recapture in the next year of release.

なかった。しかし、放流後1年を経過した翌年の産卵期には、同じ伊勢湾口部安乗沖産卵場で4月29日から5月5日(357~369日目)にかけて再びまき網で4個体が再捕された。さらに、放流後533日から581日を経過した秋季(10~12月)には遠州灘で延縄により3個体が再捕された。

1997年放流のディスクタグ標識群は14個体が再捕され、再捕率は20.3%であった。放流直後の再捕(1個体)を除くと、春季・夏季には遠州灘、伊勢湾、駿河湾で船曳網、小型底曳網により合計5個体、秋季には主に遠州灘で延縄主体に7個体が再捕されたが、その後冬季の再捕はなかった(Table 2, Fig. 3)。しかし、放流後1年を経過した4月29日(365日目)に、標識魚1個体が伊勢湾口部安乗沖産卵場に近接し、産卵場からやや北東方向に位置する遠州灘の西部海域で小型底曳網により再捕された。このように、1996年と1997年の標識放流試験で再捕された標識魚は、産卵後主として遠州灘方面に移動分散するが、産卵期になると再び産卵場に戻ってくる移動回遊パターンを示し、放流年ごとの差異は見られなかった。

アーカイバル標識の再捕結果およびタグデータから推定した推定位置 1998年放流のアーカイバルタグ標識

群は3個体が再捕され、再捕率は60%であった。C-1は12日後に伊勢湾口部に近接する遠州灘の西部海域で小型底曳網により、C-2は約6ヵ月後の10月11日に熊野灘遊木浦沖2マイルで延縄により、さらにC-3は約1年後の1999年4月16日に伊勢湾口部の安乗沖産卵場でまき網により再捕された(Table 2, Fig. 3)。放流時の大きさおよび再捕後に判別した性別は、それぞれ全長40 cmの雄、全長51.1 cmの雌、全長43 cmの雄であった。

デイトログファイルのデータから推定された3個体の推定位置(経度)をFig. 4に示す。C-1, C-2, C-3の推定位置の経度範囲はそれぞれ東経136°~141°, 東経133°~139°, 東経134°~140°であった。推定範囲は約6°と広く、日々の推定位置も東西にばらつくことがあったが、それらのデータの85.6~90.9%は東経137°(放流場所付近)から東西に経度2°の範囲内に分布した。さらに、C-2の推定位置は、放流後から再捕場所に近い東経136°付近に多く、一方、C-3のそれは、再捕までの1年間東経137°付近に多く分布した。

C-3の放流後から翌年3月までの遊泳水深の記録は、埋没時を除くと水深10 m以浅の表層を主体に遊泳していることを示した(Fig. 5)。特に、4月から6月は

Fig. 4 Estimated daily longitudinal positions of C-1, C-2 and C-3 released on April 11, 1998 in the archival tags. The central broken lines in the graphs indicate 137°E. Open squares and solid squares show the release and recapture positions, respectively.

5 m 以浅と浅かった。また、時折 50 m から 80 m 層まで一気に潜水浮上する鉛直移動を示し、その最大水深は 80 m (3 月 19 日) であった。しかし、1 年後の 4 月に入って水深 5~10 m 層を小刻みに遊泳するようになり、4 月 11 日頃からは水深 10 m 以深と遊泳層はさらに深くなる一方、水深 35~40 m 層への潜水が顕著になった (Figs. 5, 6)。さらに 4 月 15 日には水深 33 m 層を主体に頻繁に水深 10 m 辺りまでの浮上を繰り返す遊泳行動に大きく変化した後、翌日の朝 9 時頃にまき網で漁獲された。

このような C-3 の表層遊泳行動を利用して、タイムシリーズログファイルの得られた期間について、前述し

Fig. 5 Frequency distribution of the swimming depth of C-3 during the period from April-June, January-March and April. Vertical axes show the deepest swimming depth.

Fig. 6 Vertical swimming depth of C-3 recorded by archival tag from 28 March 1999 to 16 April 1999. The gray shaded zones indicate the time when the tag sensor could not sense light intensity.

たC-3の推定された位置を定地水温観測結果を用いて検証した。まず、人工衛星画像が得られた同時刻またはその時刻に近い時刻に記録されたタグの外部水温は、例えば、4月28日6時11分は18.9℃、6月4日2時23分は19.9℃、5時56分は20.1℃、6月29日18時04分は22.5℃であり（Table 3）、これらの水温を人工衛星画像の等温線分布に合わせると、おおそ伊勢湾内の水温分布と一致した（Fig. 7）。そこで、タグが記録した表層水温と4月26日から6月30日までの伊勢湾白子および三河湾吉良の定地水温を併せて図示すると、タグの記録した表層の水温変化は比較的吉良の水温変化に良く一致し、標識トラフグはこの時期には三河湾周辺海域（東経137°付近）に移動分布していることがうかがえた

（Fig. 8）。同様に、翌年1月以降の外部水温については、1月28日15時15分、29日7時15分はそれぞれ14.7℃、14.9℃を、2月28日14時30分、3月1日7時30分はそれぞれ16.6℃、16.8℃を、3月28日14時15分、29日7時15分はそれぞれ15.1℃、14.7℃を記録した（Table 3）。この結果から、標識トラフグは1月下旬から2月にかけては伊勢湾口部から遠州灘海域内に、3月中旬頃以降は伊勢湾口部およびその周辺海域（東経137°からやや東）に分布したと考えられた（Fig. 9）。ここで、人工衛星画像が得られた日のタグの推定経度をTable 3に併せて示した。なお、4月28日、6月4日、6月29日のデータは得られなかったため、その前後の日に得られた推定値を見た。この結果、推定位置は東経

Table 3 Ambient water temperature and estimated longitude of C-3.

Date	Time	Ambient temperature (°C)	Estimated longitude (°E)
24 Apr.	—	—	137.1*
25 Apr.	—	—	137.1*
28 Apr.	6:11	18.9	—
29 Apr.	—	—	135.6*
2 June	—	—	135.9*
4 June	2:23, 5:56	19.9, 20.1	—
28 June	—	—	137.9*
29 June	18:04	22.5	—
1 July	—	—	136.4*

Date and time corresponded closely with those of obtained satellite NOAA images

* Estimated longitudes are given for dates around Apr. 28, June 4 and June 29, 1998, because longitude data were not available on these days.

135.6°から137.9°とやや東西にバラツキがあったが、おおよそ東経137°付近を示した。また、翌年1月28日29日、2月28日3月1日、3月28日29日の推定位置は東経136.7°から137.6°で、東経137°からやや東を示した。このように、タグが推定した位置は定地水温を用いて推定した海域と概ね一致した。

考 察

熊野灘・遠州灘海域におけるトラフグの移動と分布
2カ年間のディスクタグ標識放流試験の結果からトラフグ親魚の時空間的な移動分布は次のように考えられた。親魚は産卵後夏季にかけては主に産卵場である伊勢湾口部から東進して遠州灘に移動する傾向が強く見られたが、一部は伊勢湾内への進入も認められた。この時期には熊野灘で2個体の再捕があり、熊野灘を南下する移動も認められた。秋季の再捕位置は遠州灘、伊勢湾であり、産卵後に分散したトラフグはその後に大きな移動をしないことがうかがえた。1996年放流のディスクタグ標識群はさらに約1.5年後の秋季にも遠州灘で再捕され、前年と同様に東進して遠州灘に移動した可能性がうかがえた。安井、濱田³⁾が遠州灘および駿河湾において、延縄漁期(10~2月)前から漁期中に実施した標識放流試験によると、漁期中のトラフグの移動は比較的狭い範囲に限られていた。伊藤⁴⁾は、遠州灘に分布するトラフグには、余り大きく移動せず舞阪町沖や御前崎周

Fig. 7 Sea surface temperature images obtained by the satellite NOAA (April-June). Striped line zones show the estimated distribution areas of C-3.

Fig. 8 Relationship between ambient temperature shallower than 5 m depth recorded by the tag (C-3) and the daily surface water temperature at Shiroko and Kira stations.

辺で索餌する個体が存在すると考えている。これらのことから、トラフグは産卵後遠州灘、熊野灘へ索餌回遊すると考えられるとともに、遠州灘海域内では翌年の産卵期まで大きな移動をすることはないと推察された。

アーカイバルタグ標識魚 C-1 は放流直後に伊勢湾口

Fig. 9 Sea surface temperature images obtained by the satellite NOAA (January-March). Striped line zones show the estimated distribution areas of C-3.

部産卵場からやや北東方向に移動した (Fig. 3)。C-2 は 10 月に熊野灘の南部海域 (東経約 136°) で再捕された。C-2 のタイムシリーズログファイルに記録された日々の推定位置は、放流地点である東経 137° から放流後西方へ変化する傾向を示し (Fig. 4), C-2 が熊野灘を南下して再捕位置まで移動したことがうかがえた。また、C-3 は 1 年後に安乗沖産卵場で再捕されたが、C-3 の推定位置を水温情報によって検証した結果、放流後 6 月にかけては伊勢湾への移動が示され、冬季は伊勢湾口部から遠州灘海域内に分布したと考えられた。このように、アーカイバルタグ標識魚の移動は 2 カ年のディスクタグ標識放流試験結果とも良く一致し、標識魚は周年にわたり放流地点から経度で東西に約 2° おおよそ熊野灘・遠州灘海域内で移動していたと判断された。トラフグの遊泳速度に関して、安井ら¹⁵⁾は、遠州灘でピンガーを装着し放流したトラフグの平均移動速度は 17.5 km/日と推定し、過去の標識放流魚の短期再捕事例から求めた 14.2 km/日と類似した結果を得ている。濱田¹⁶⁾

によると、豊前海福岡県地先に放流された標識魚は放流 4 日後に最大 7.25 km/日の移動速度を記録した。また、放流 22 日以降の再捕魚の移動速度は最大 1.32 km/日と推定された。遊泳速度は行動様式の相違や海域の潮流などの影響を受けて変化すると考えられ、¹⁷⁾トラフグにおいても計測条件によって遊泳速度は異なるものと考えられる。仮に、トラフグの遊泳速度が前述した安井ら¹⁵⁾の推定値 17.5 km/日で代用されたとすると、東西方向に 1° (約 90 km) 移動するのに最短でも 5 日を要する。Fig. 4 に示された C-2 の 6 月 7 日は東経 137.8°, 8 日は 133.4° と位置推定されており、少なくとも 1 日に 4° 移動したことになるが、1 日の移動距離としては明らかに大きすぎると考えられる。このような異常と考えられる位置推定値は C-3 の 11 月 3 日 (東経 136.3°) 4 日 (東経 141.1°) など、放流地点から経度で 2° 以上離れた推定値に多く見られた。今後は、アーカイバルタグの位置推定値にトラフグの移動速度の概念を導入する事ができれば、より精度の高い位置推定が可能になると考えられる。

伊勢湾口部産卵場への回帰について 1996 年に放流したディスクタグ標識放流群のうち 4 個体が、放流翌年の産卵期に 1 年前に漁獲された伊勢湾口部の安乗沖産卵場で再捕された。さらに、1998 年に放流したアーカイバルタグ装着トラフグ 1 個体も、放流 1 年後に安乗沖産卵場で再捕され、これら 5 個体は産卵のために放流 1 年後に同一の産卵場に回帰したと考えられた。また、1997 年に放流したディスクタグ標識群のうち 1 個体は 1998 年 4 月 29 日に伊勢湾口部安乗沖産卵場に近接し、産卵場からやや北東方向に位置する遠州灘の西部海域で小型底曳網により再捕された。前述のとおり標識トラフグは、産卵後に産卵場の東方に位置する遠州灘に移動する事例が多かったことから、この個体も伊勢湾口部の安乗沖産卵場に産卵回帰後東方へ移動中に再捕された可能性があると考えられる。なお、近年の調査で、伊勢湾口部には安乗沖産卵場の北東方向に位置する伊良湖沖にも産卵場が存在する¹⁸⁾ことが明らかになっており、前述の標識再捕個体は伊良湖沖産卵場への移動も考えられる。いずれにしても、調査期間中 3 カ年の産卵期に標識トラフグはすべて伊勢湾口部産卵場でのみ再捕され、他海域での再捕報告は一例も無かった。伊藤ら⁴⁾は、遠州灘海域で放流した標識魚が産卵期およびその直前の 3~5 月に産卵場がある伊勢湾口において再捕されていることから、遠州灘海域のトラフグ成魚は産卵期には伊勢湾口部へ産卵回遊すると考えている。C-3 のデイトログファイルのデータから冬季の水平移動を経時的にみると、C-3 は 1 月下旬から 2 月にかけては伊勢湾口部から遠州灘海域内に、3 月中旬以降は伊勢湾口部周辺海域に分布したと考えられ、少なくとも 3 月中旬頃には

産卵場のある伊勢湾口部周辺海域に移動したものと推察された。これらのことから、トラフグ成魚は産卵期直前の3月頃になると遠州灘から伊勢湾口部産卵場へ産卵回遊を行うことが示唆された。

このように、本標識放流試験結果は、遠州灘、熊野灘の沿岸域に生息するトラフグは主に同海域内で移動回遊を行うという従来の知見^{3,4)}を支持するとともに、伊勢湾口部産卵場への回帰を示唆した。

産卵場における遊泳行動 アーカイバルタグに記録された遊泳水深から、産卵直前のC-3の遊泳行動は次のように変化した。放流後埋没行動を除けばほとんど表層を遊泳していたが、翌年4月上旬には水深5~10 m層を主体に小刻みな鉛直移動を繰り返すようになり、さらに11日頃からは水深35~40 m層への潜水が活発になった。15日には水深33 m層から頻繁に水深10 mあたりまでの浮上を繰り返す遊泳行動が示された。この雄の遊泳行動は、1997年10月に放流され翌年4月に安乗沖産卵場で再捕されたアーカイバルタグ装着トラフグ雄の遊泳行動⁸⁾と極めて類似した。すなわち、この個体は3月末から再捕されるまでの約10日間35 m層で浮上を繰り返す遊泳行動を示した。安乗沖産卵場的水深は35 m前後であり、水深33 m層は産卵場の海底と考えられる。トラフグの雄は産卵床に長くどまり、何回も雌の産卵に当たることが知られている¹¹⁾ことから、C-3が産卵場で浮上を繰り返した遊泳行動は、雄の産卵期特有の行動と考えられた。C-3はその鉛直分布と遊泳行動から、少なくとも4月11日には安乗沖産卵場へ回帰したと考えられた。

他海域のトラフグとの関係について 次に、遠州灘、熊野灘海域以外での再捕例に基づき他海域との関係について検討する。1988年生まれの卓越年級が加入した1989年冬季に、熊野灘南部海域の定置網に大量入網した未成魚を用いた同海域における標識放流試験結果では、標識魚は南下傾向を示し、その中の1尾は室戸岬沖で再捕された。²⁾ 安井ら³⁾が遠州灘海域に放流した標識トラフグの遠距離移動例は、東は千葉県九十九里、西は徳島県牟岐町沖であり、西方への移動に関しては同様な海域であった。小島ら¹⁹⁾は徳島県での標識放流試験結果から、同県で漁獲されるトラフグは瀬戸内海備讃瀬戸産卵場に発生起源を持つと推定した。しかし、1989年7月頃大量に漁獲された1+歳魚の発生起源は明らかでなく、しかも翌年の1月まで大きな移動をしなかったと報じている。したがって、この1+歳魚は1989年冬季に熊野灘を南下した個体群である可能性が強いと考えられる。佐藤ら²⁰⁾によると、関門海峡と布刈瀬戸で発生したトラフグが伊予灘、豊後水道域で混合していることが推察されている。おそらく、遠州灘、熊野灘に生息するトラフグは、1989年のような卓越年級群発生時

にはその分布域を拡大し、紀伊水道等隣接海域で瀬戸内海産トラフグと分布が重なったものと考えられる。さらに、佐藤ら²⁰⁾は伊勢湾口部産トラフグと瀬戸内海産トラフグとの間には遺伝子頻度等に有意差が認められ、それぞれが独立した系群であることを示唆していることから、前述の卓越年級群は紀伊水道等隣接海域から再び伊勢湾口部の産卵場に回帰したと推察された。

謝 辞

本研究をとりまとめるにあたり、東京海洋大学東海正博士には適切なるご指導を頂いた。また、独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所佐藤良三博士には貴重なご意見を頂いた。本研究の実施にあたっては、三重県科学技術振興センター水産研究部藤田主任研究員および津本主任研究員には調査の協力を、久野研究員には人工衛星画像の提供を頂いた。ここに、心より感謝申し上げる。

文 献

- 1) 船越茂雄. 平成元年の太平洋におけるトラフグの特異豊漁現象について—遠州灘から伊勢湾口を中心として—. 水産海洋研究 1990; **54**: 322-323.
- 2) 中島博司. 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 1991; **55**: 246-251.
- 3) 安井 港, 濱田貴史. 遠州灘・駿河湾海域におけるトラフグの標識放流結果からみた移動. 静岡水試研報 1996; **31**: 1-6.
- 4) 伊藤正木, 安井 港, 津久井文夫, 多部田 修. 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 1999; **65**: 175-181.
- 5) 神谷直明, 辻ヶ堂諦, 岡田一宏: 伊勢湾口部安乗沖におけるトラフグ産卵場. 栽培技研 1992; **20**: 109-115.
- 6) 伊藤正木: 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. 1997; 28-40.
- 7) 佐藤良三, 鈴木伸洋, 柴田玲奈, 山本正直. トラフグ *Takifugu rubripes* 親魚の瀬戸内海・布刈瀬戸の産卵場への回帰性. 日水誌 1999; **65**: 689-694.
- 8) Nakajima H, Nitta A. Notes about the ecology of ocellate puffer, *Takifugu rubripes*, using archival tags. In: JR Sibert, Nielsen JL (eds) *Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries*. Kluwer Academic Publishers, London. 2001; 279-287.
- 9) Tokai T, Sato R, Ito H, Kitahara T. Year-class strength of the ocellate puffer around a spawning area in the inland sea of Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1993; **59**: 245-252.
- 10) 尾串好隆. 黄海・東シナ海産トラフグの年齢と成長. 山口県外海水産試験場研究報告 1987; **22**: 30-36.
- 11) 藤田矢郎. 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. 1988; 50-60.
- 12) Metcalfe JD. Summary report of a workshop on daylight measurements for geolocation in animal telemetry. In: JR Sibert, Nielsen JL (eds) *Electronic Tagging and Tracking in Marine Fisheries*. Kluwer Academic Publishers, London. 2001; 331-342.
- 13) Welch DW, Eveson JP. An assessment of light-based geolocation estimates from archival tags. *Can. J. Fish.*

- Aquat. Sci.* 1999; **56**: 1317-1327.
- 14) 岩田静夫. 定地水温を使った海況図解析. 神水試研報 1994; **15**: 55-59.
- 15) 安井 港, 森 訓由, 福世傳左エ門. 沿岸域におけるトラフグの移動 バイオテレメトリーによる測定の一例. 静岡水試研報 1997; **32**: 31-33.
- 16) 濱田弘之. 標識放流からみたトラフグ 1 歳魚の分布, 移動. 福岡水技研報 1994; **2**: 21-31.
- 17) 添田秀男, 余座和征, 嶋村哲哉. サケ. 「テレメトリーによる水生生物の行動解析」(添田秀男編) 恒星社厚生閣, 東京. 1992; 41-54.
- 18) 白木谷卓哉, 田中健二, 岩田靖宏, 家田喜一, 石川雅章. 伊勢湾口部におけるトラフグの産卵場及び産卵時期. 愛知水試研報 2002; **9**: 27-31.
- 19) 小島 博, 城 泰彦, 上田幸男, 石田陽司. 徳島県に来遊したトラフグおよびトラフグ人工種苗の標識放流. 栽培技研 1990; **19**: 41-49.
- 20) 佐藤良三, 小嶋喜久雄. トラフグの分布・回遊特性. 漁業資源研究会議報 1995; **29**: 101-113.