

# 遊漁船による釣獲状況と卵採集調査から推測された 東京湾湾口部におけるトラフグ *Takifugu rubripes* の産卵場

山崎 哲也,<sup>1a\*</sup> 柳本 卓,<sup>2</sup> 鈴木重則,<sup>3</sup> 中村良成<sup>1b</sup>

(2024年6月17日受付, 2025年4月16日受理, 2025年6月28日J-STAGE早期公開)

<sup>1</sup>神奈川県水産技術センター, <sup>2</sup>(国研)水産研究・教育機構 水産資源研究所, <sup>3</sup>(国研)水産研究・教育機構本部

Spawning area of torafugu *Takifugu rubripes* in the mouth of Tokyo Bay,  
inferred from fishing boats catch data and egg surveys

TETSUYA YAMAZAKI,<sup>1a\*</sup> TAKASHI YANAGIMOTO,<sup>2</sup> SHIGENORI SUZUKI<sup>3</sup>  
AND RYOSEI NAKAMURA<sup>1b</sup>

<sup>1</sup>Kanagawa Prefectural Fisheries Technology Center, Miura, Kanagawa 238-0237, <sup>2</sup>Fisheries Resources Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Yokohama, Kanagawa 236-8648, <sup>3</sup>Headquarters, Japan Fisheries Research and Education Agency, Yokohama, Kanagawa 221-8529, Japan

Based on catch information of large-sized torafugu *Takifugu rubripes* during the spawning season in Tokyo Bay and reports of the collection of natural juvenile torafugu in the inner part of Tokyo Bay, it was assumed that adult torafugu migrate to the mouth of Tokyo Bay and spawn. As part of a study to examine the spawning migration of torafugu in Tokyo Bay, we analyzed catch records from recreational fishing boats to determine the size characteristics during the spawning season and attempted to sample the demersal eggs to identify spawning grounds. Adult torafugu were caught from mid-March to mid-April in the mouth of Tokyo Bay. In this period, the number of torafugu constituted about 80% of the total catch for the survey period from March 18 to June 2, 2018. DNA analysis of the sampled eggs revealed that 18 of them were identified as torafugu eggs. This study has identified the mouth of Tokyo Bay as a spawning area for torafugu, which is the second such report on the Pacific side of Japan.

キーワード: *Takifugu rubripes*, 産卵場, 生活史, トラフグ, 遊漁船

トラフグ *Takifugu rubripes* は、国内では高値で取引される水産重要種であり、北海道沿岸から九州南岸の日本海、東シナ海、太平洋沿岸などに広く分布している。<sup>1)</sup> 本種は主に日本海や東シナ海、瀬戸内海および伊勢・三河湾で漁獲され、国の資源評価の対象として日本海・東シナ海・瀬戸内海系群および伊勢・三河湾系群について資源動向の経年的な検討が行われている。<sup>2,3)</sup> 関東周辺海域においても漁場が形成され、東京湾では8月から翌年1月にかけて主に底びき網漁業や延縄漁業で、相模湾および外房では11月から翌年2月にかけて延縄漁業で漁獲さ

れる。<sup>4-6)</sup> 神奈川県内の5漁港(長井漁港、佐島漁港、柴漁港、松輪漁港、小田原漁港)におけるトラフグの漁獲量は2004年漁期(4月から翌3月)には0.6 tであったが、2019年漁期には9.7 tまで増加した。

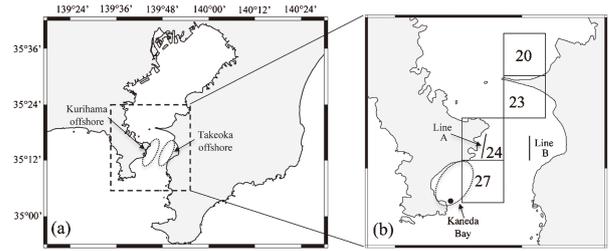
トラフグは水深150 m以浅に生息し、漁場は平均水深50-130 mで形成される。<sup>7)</sup> 産卵場は日本海から東シナ海において男鹿半島周辺海域、能登島周辺海域および不知火海湾口などで、太平洋側では伊勢湾湾口で知られ、<sup>8,9)</sup> 3月から5月に産卵場に回遊する。<sup>10,11)</sup> 産卵は3月から5月に水温が約14-18°Cの水深10-50 mで、底質の

粒径が0.5 mm未満から50 mmからなる海域で行われ、沈性粘着卵を産卵する。<sup>8,9,12-16)</sup> 産出された卵は10日前後で孵化し,<sup>15)</sup> 仔魚は内湾へ向かう潮流により中層から底層を浮遊状態で移送されると推定されている。<sup>15,17,18)</sup> 孵化後、1か月程度で干潟や砂浜域に着底する。<sup>17,19)</sup> トラフグの漁獲量が増加傾向である関東近海における先行研究は、人工種苗における放流後の移動<sup>20)</sup> や神奈川県沿岸における漁獲状況と種苗放流の効果<sup>21,22)</sup> などに限られ、資源管理ならびに資源の有効利用を図る上で重要な産卵期における成魚の来遊状況および産卵場は明らかになっていない。

東京湾湾口部から湾中央部においては、2016年4月にショウサイフグ狙いの遊漁船が大型のトラフグを釣獲したことをきっかけに、トラフグ釣りをを行う遊漁船が増加し、毎年3月から5月を中心に大型魚が釣獲されている。また、湾奥部における天然稚魚の採集が報告<sup>23,24)</sup> されていることから、成魚が東京湾湾口部に来遊し、産卵場を形成している可能性が想定された。そこで本研究では、東京湾におけるトラフグの産卵来遊状況の把握の一環として、遊漁船による釣獲記録を用いて産卵期におけるトラフグのサイズ特性等を把握するとともに、産卵場を特定するためにトラフグ卵の採取を試みた。

#### 材料と方法

**トラフグの釣獲状況** 東京湾内でフグ専門遊漁船を操業する2隻(A船・B船)に日々の釣獲状況の記録を依頼した。A船は2018年3月18日から、B船は同年4月1日から記録を開始し、同年6月2日までのデータ(A船52隻日、B船31隻日)を使用した。なお、A船は2018年3月18日から4月20日まで、B船は2018年4月1日から4月22日までトラフグ狙いの操業を行い、これら期間以降はショウサイフグ狙いに変更して操業を行った。記録項目は操業月日、乗船人数、操業海域、釣獲したトラフグの体重区分および尾数である。調査期間を1週間毎(日曜日から月曜日)の11週間に分け、東京湾全域を31区画(1区画6.5 km×6.0 km)に区分し、操業した区画を操業海域として記録した。操業海域はNos. 20, 23, 24, 27に限られ、この4区画のデータを用いた(Fig. 1)。単位努力量あたりの漁獲量(CPUE)は、1人あたりの釣獲尾数とした。操業海域毎のCPUEを求める際に、同日にふたつの区画で操業していた場合は、該当する日の乗船人数の1/2を区画あたりの努力量とした。釣獲サイズを4区分( $BW$ , 0.7 kg未満/0.7 kg以上1.1 kg未満/1.1 kg以上2.4 kg未満/2.4 kg以上)とした。神奈川県主要市場に水揚げされたトラフグの全長( $TL$ , cm)と体重( $BW$ , g)データを用いて、以下の全長-体重関係式が求められた。<sup>25)</sup>



**Fig. 1** Division of fishing areas and the sediment sampling area in Tokyo Bay. Solid lines indicate the sediment sampling transect lines and the closed circle indicates the water temperature monitoring site.

$$BW = 0.0097TL^{3.1511}$$

上記式を用いると、本研究で設定した体重区分の境界値(kg, 0.7/1.1/2.4)はそれぞれ全長35, 40, 51 cmに相当する。天然魚および人工種苗放流魚ともに3歳以降では同一年齢において雄より雌が大きい<sup>26)</sup>ことが報告されたが、本研究では釣獲されたトラフグの性別は不明であることから、角田<sup>25)</sup>が求めた雌雄を区別しないage-length keyを用いた。本研究ではトラフグの年齢起算日を4月1日とし、一部3月に釣獲された個体については1歳を加算して扱った。角田<sup>25)</sup>の手法を用いると0.7 kg未満区分(全長35 cm未満)は1歳から2歳、最頻年齢は1歳に、0.7 kg以上1.1 kg未満区分(全長35 cm以上40 cm未満)は1歳から2歳、最頻年齢は2歳に、1.1 kg以上2.4 kg未満区分(全長40 cm以上51 cm未満)は2歳から4歳、最頻年齢は3歳に、2.4 kg以上区分(全長51 cm以上)は3歳以上に相当した。

**海水温** 東京湾湾口部においては、国土交通省関東地方整備局が金田湾沖の水温を連続観測しており、そのデータが公開されている。本研究ではそのうち、水深1 m(表層)および水深35 m(底層)の水温データを用いた(東京湾環境情報センター, <https://www.theic.go.jp/>, 2021年10月29日)。

**卵の採集と同定** 2018年4月10, 17, 23日に神奈川県久里浜沖の水深20 m(以下、ラインA)および千葉県竹岡沖の水深10 m(以下、ラインB)の海域に調査線を設定した(Fig. 1)。調査海域は前年におけるトラフグの釣獲情報を基に設定した。調査には神奈川県漁業調査指導船の鳥丸(105 t)を使用し、調査線上で桁網(開口部150×30 cm, 目合い300 μm)およびスミス・マッキンタイヤー型採泥器(0.05 m<sup>2</sup>)を用いて堆積物を採集した。桁網は4月10日および17日にラインAで1回ずつ用いて約1ノットで1-2分間曳網したが、両日ともに引き上げる際に網が破損したため、入網した堆積物の一部を採集した。スミス・マッキンタイヤー型

**Table 1** Number of samples in Line A and Line B, and number identified as *torafugu* eggs

	Line A		Line B	
	Number of samples	Number identified as <i>torafugu</i> eggs	Number of samples	Number identified as <i>torafugu</i> eggs
10 April	6	4 (Unknown egg 1-4)	No data	No data
17 April	14	7 (Unknown egg 5-11)	2	1 (Unknown egg 12)
23 April	12	1 (Unknown egg 13)	12	5 (Unknown egg 14-18)

Numbers in parentheses indicate the ID of unknown eggs.

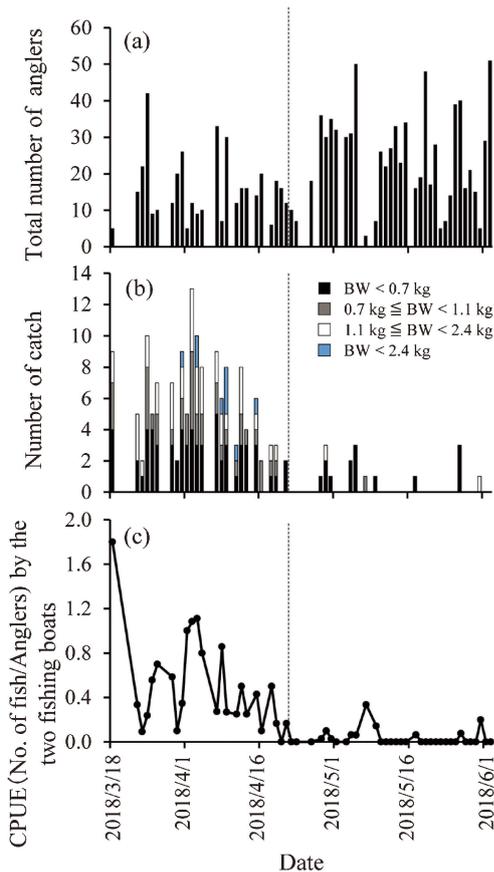
採泥器は4月17日および23日に両ライン上で5-15回ずつ用いた (Table 1)。

船上で、採集した堆積物と汲み上げた海水をプラスチック容器に入れ、十分に攪拌し、上澄みを目合い500  $\mu\text{m}$  のプランクトンネットを通し、プランクトンネット内に残った濾物をサンプルとした。サンプルは99.5%エタノールで固定し、持ち帰った。後日、サンプルを実体顕微鏡で検鏡し、卵を摘出した。

摘出した卵はDNA抽出キット QuickGene DNA tissue kit S (KURABO) を用いてDNA抽出を行った。抽出したDNAをテンプレートに、ミトコンドリアDNA (mtDNA) のシトクロームcオキシターゼサブユニットIの部分領域 (COI) について、PCR増幅を行った。COI領域の増幅にはユニバーサルプライマーのLCO1490 (5'-GGTCAACAATCATAAAGATATTGG-3') 及びHCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') を用いた。<sup>27)</sup> 抽出した粗全DNA 1  $\mu\text{L}$  に10 $\times$  ExTaq buffer (Takara) を1  $\mu\text{L}$ 、2.5 mM dNTP (Takara) を0.8  $\mu\text{L}$  (終濃度0.2  $\mu\text{M}$ )、5 U/ $\mu\text{L}$  EX Taq Polymerase (Takara) を0.1  $\mu\text{L}$  (終濃度0.05 U/ $\mu\text{L}$ )、プライマー (各10  $\mu\text{M}$ ) を各0.5  $\mu\text{L}$  (各0.5  $\mu\text{M}$ )、総量が10  $\mu\text{L}$  になるように超純水6.1  $\mu\text{L}$  を添加した。PCRの反応条件は、最初に95°Cで2分間変性させた後、95°Cで30秒、50°Cで30秒、72°Cで30秒のサイクルを35回繰り返し、最後に72°Cで7分間の最終伸長反応とした。得られたPCR産物を1.5%アガロースゲル (NuSieve3:1, Takara) で電気泳動後、エチジウムブロマイド染色によって増幅産物を確認した。増幅産物はExoSapIT (GE Healthcare) を用いて精製した。さらに、BigDyeTerminatorKitVer3.1 (Applied Biosystems) および各プライマーを添加し、シーケンス反応を行った。シーケンス反応物をエタノール沈殿法で精製後、キャピラリーシーケンサABI3730XL (Applied Biosystems) で電気泳動して18サンプル (以下、不明卵-1から不明卵-18) の塩基配列を決定した。アメリカ国立生物情報センター (NCBI, [\[ncbi.nlm.nih.gov/\]\(https://www.ncbi.nlm.nih.gov/\)\) の Basic Local Alignment Search Tool \(以下、BLAST\) を用いて、最長の塩基配列を得られた不明卵-18と相同性の高い種を検索し、交雑種を除く上位10配列、3種 \(トラフグ、カラス、ナメラダマシ\) を候補種とした。さらに、日本沿岸に生息するトラフグ属<sup>28\)</sup>のうちNCBIのGenBank \(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>\) にCOI領域の登録があった11種 \(アカメフグ \*T. chrysops\* \[NC\\_011624\], クサフグ \*T. albopulmbeus\* \[OL674400\], ゴマフグ \*T. stictonotus\* \[KY514074\], コモンフグ \*T. flavipterus\* \[KY514068\], シマフグ \*T. xanthopterus\* \[KY514071\], ショウサイフグ \*T. snyderi\* \[OQ700756\], タキフグ \*T. oblongus\* \[OQ700657\], ナシフグ \*T. vermicularis\* \[KY514079\], ヒガンフグ \*T. pardalis\* \[KY514067\], マフグ \*T. porphyreus\* \[LC800160\], ムシフグ \*T. exascurus\* \[NC\\_011622\]\) を加え、MEGA7<sup>29\)</sup>を用いて、Kimura-two-parameter法<sup>30\)</sup>により遺伝距離を求め、ギャップ/欠損データの処理にPairwise deletionを採用し、近隣結合法<sup>31\)</sup>による系統樹を作成した。系統樹の信頼性は1000回のブートストラップ検定<sup>32\)</sup>によって評価した。卵の塩基配列は国立遺伝学研究所の日本DNAデータバンク \(DDBJ, <https://www.ddbj.nig.ac.jp/>\) に登録した \(Accession No.LC726181- LC726198\)。](https://www.</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

## 結 果

**釣獲状況** 調査期間中の乗船人数、各体重区分の釣獲尾数およびCPUEをFig. 2に示した。調査期間内に延べ1,221人が乗船し、延べ操業日数は82隻日であった。また163尾のトラフグが釣獲され、CPUEは0.13尾/人であった。最多釣獲尾数は4月3日に記録された13尾であり、CPUEの最高値は3月18日に最大の1.80尾/人であった。トラフグは調査初日の3月18日から4月20日までは継続的に釣獲された。しかし、初めて釣獲尾数が0尾を記録した4月21日以降では釣獲される頻度が低下し、延べ43隻日で0尾であった。トラフグが主に釣獲された3月18日から4月20日までで合計144尾が釣獲され、調査期間内におけるその88.3%を占めていた。この期間のCPUEは0.39尾/人だった。遊漁船A船は4月21日以降、B船は4月23日以降、それぞれトラフグ狙いからショウサイフグ狙いに変更したため操業海域が変わり、操業水深は15-80 mから8-15 mに浅くなった。ショウサイフグに狙いを変えた4月23日以降は17尾が釣獲され、平均CPUEは0.02尾/人と低かった。調査期間中に、4つの体重区分それぞれで78尾 (0.7 kg未満、最頻年齢1歳)、38尾 (0.7 kg以上1.1 kg未満、最頻年齢2歳)、38尾 (1.1 kg以上2.4 kg未満、最頻年齢3歳)、9尾 (2.4 kg以上、3歳以上) が釣獲され、0.7 kg未満区分が最も多かった。釣獲尾数が多かった2.4 kg未



**Fig. 2** Total number of anglers (a), number of caught *Takifugu rubripes* in each group (kg,  $BW < 0.7$ ;  $0.7 \leq BW < 1.1$ ;  $1.1 \leq BW < 2.4$ ;  $BW < 2.4$ ) (b), and daily CPUE (number of caught *T. rubripes*; anglers) by the two fishing boats (c). Boat A operated for *T. snyderi* from April 21 to June 2, while boat B operated for *T. snyderi* from April 23 to June 2. The dashed line is drawn at the boundary between April 22 and April 23 to indicate that both boats changed their target from *T. rubripes* to *T. snyderi*.

満の各体重区分に属する個体は調査開始日から4月20日までを中心に記録された。2.4 kg以上の個体は合計9尾のみが釣獲され、その期間も4月1日から4月16日に限られていた。

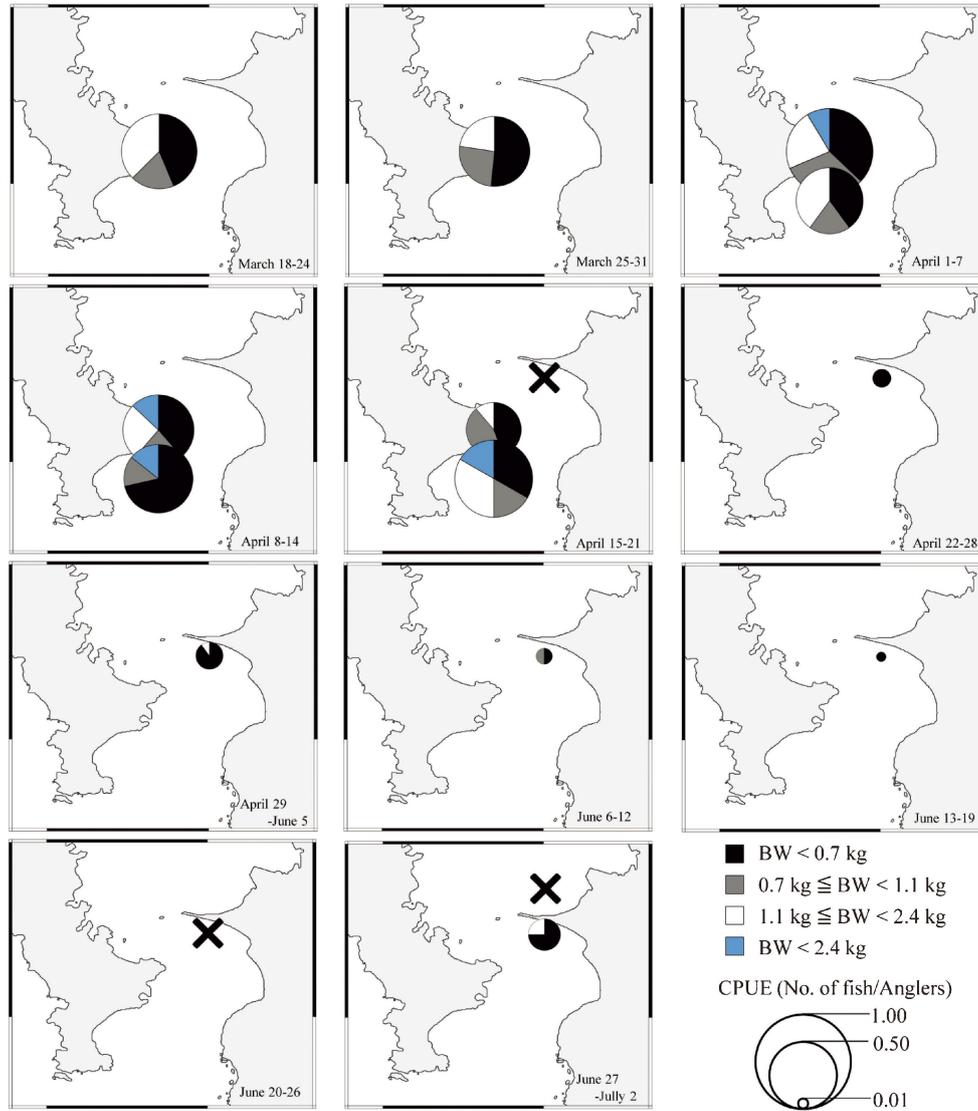
トラフグの操業海域別・週別の釣獲尾数を体重区分の割合とともに Fig. 3 に示した。調査期間内の操業海域は Nos. 20, 23, 24, 27 に限られた。両船がトラフグ狙いで操業した期間内 (A 船: 3月18日から4月20日, B 船: 4月1日から4月22日) においては神奈川県寄り久里浜沖の No. 24 および 27 のみで操業し, No. 24 では最多の計 122 尾が釣獲され, 同期間内の CPUE は 0.39 尾/人, 週毎の CPUE は 0.20–0.83 尾/人であった。No. 27 では計 23 尾が釣獲され, CPUE は 0.40 尾/人, 週毎の CPUE は 0.32–0.50 尾/人であった。釣獲尾数は No. 24

が No. 27 より多かったが, CPUE の差は小さかった。上記の期間における週毎の各体重区分の割合は, No. 24 および No. 27 それぞれで 0.7 kg 未満が 37–44%, 33–71%, 0.7 kg 以上 1.1 kg 未満が 19–44%, 14–17%, 1.1 kg 以上 2.4 kg 未満が 11–38%, 33–40% だった。この期間において, 2.4 kg 未満の区分は釣獲尾数の大部分を占めていた (83–100%)。2.4 kg 以上の区分が占めた割合は 0–17% と低かった。ショウサイフグ狙いで操業した期間 (A 船: 4月21日から6月2日, B 船: 4月23日から6月2日) は No. 20 および No. 23 で操業された。No. 23 では計 18 尾のトラフグが釣獲され, CPUE は 0.02 尾/人だった。一方, No. 20 ではトラフグは釣獲されなかった。

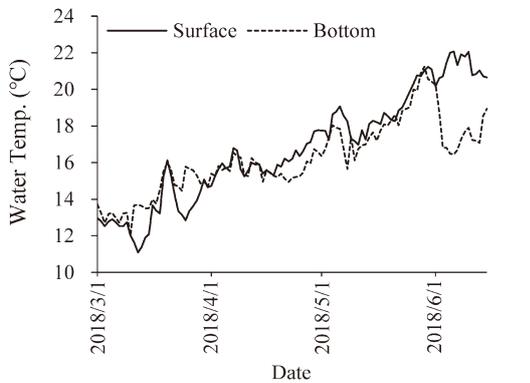
**海水温** 3月1日から6月15日までの表層水温および底層水温を Fig. 4 に示した。トラフグの釣獲尾数が多かった3月18日から4月22日までの表層水温および底層水温はそれぞれ 12.9–16.8°C, 14.5–16.5°C であった。この期間以前の3月1日から3月17日では, 表層水温が 11.1–13.7°C, 底層水温が 12.0–14.0°C であった。遊漁船の両船がショウサイフグ狙いに移行し釣獲尾数が減少した4月23日から4月30日までは, それぞれ 16.2–17.8°C, 15.2–16.7°C であった。トラフグの産卵水温は約 14–18°C とされる。<sup>9)</sup> 底層水温は3月16日に 14°C を超え, 徐々に水温は上昇し, 5月4日に初めて 18°C を超え, その後5月17日まで 15.7–17.9°C で推移したが, 5月18日以降は6月2日まで 18°C を下回らなかった。6月3日以降は 16.5–19.0°C で推移した。

**産卵場の特定** 4月10日, 17日および23日に久里浜沖と竹岡沖で桁網およびスミス・マッキンタイヤー型採泥器により計 46 粒 (桁網 11 粒, 採泥器 35 粒) の卵を採集した。46 粒から得た PCR 産物のうち, 18 サンプルについて DNA の増幅を確認した。この 18 サンプルにおける COI 領域の 474–679 bp の塩基配列を決定した。4 つのハプロタイプが得られ, ハプロタイプ多様度は 0.673 であった (Table 2)。同一調査日に複数のハプロタイプが出現し, また久里浜沖および竹岡沖の両調査海域で同一のハプロタイプが出現した。

最長の塩基配列を取得した不明卵-18 (2018年4月23日に Line B で採集, Fig. 1) について BLAST 検索を行った結果, 上位 10 配列にはトラフグ (AP006045, OP430515, OQ700727, OQ700730, OQ700733, OQ700736, OQ700753), カラス *T. chinensis* (KY514072) およびナメラダマシ *T. pseudommus* (KY514075, OP430521) の 3 種が含まれ, 相同性は 99.6–99.7% であった。一方で, その他のトラフグ属 11 種 (以下, その他トラフグ属) との相同性は 96.5–98.1% であった。不明卵-1 から不明卵-18 と, 候補種およびその他トラフグ属を用いて作成した系統樹を Fig. 5 に示した。不明卵



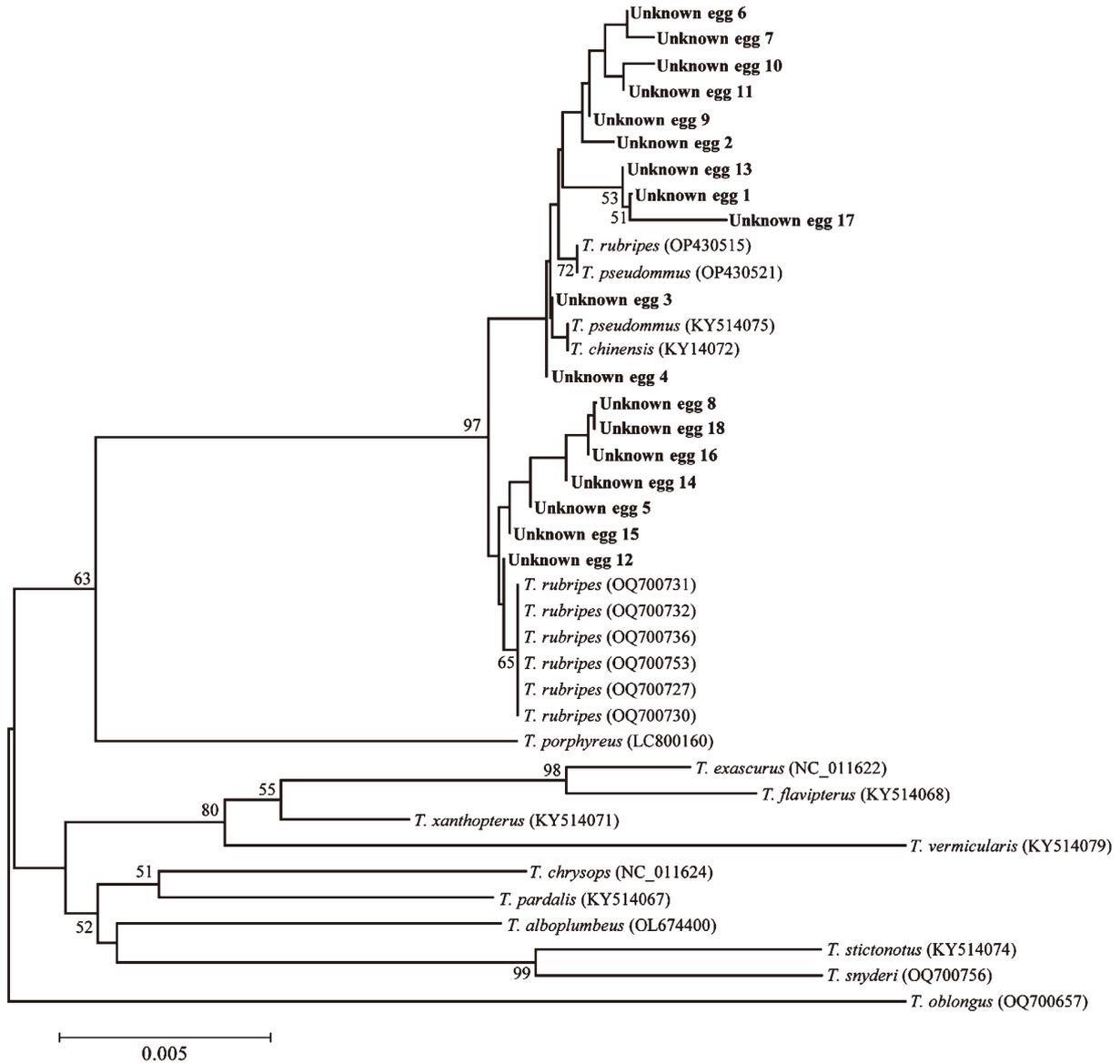
**Fig. 3** Spatial distribution of weekly CPUE of *Takifugu rubripes*. The size of each pie is CPUE. Each color section of the pie indicates body weight classes (kg, BW < 0.7; 0.7 ≤ BW < 1.1; 1.1 ≤ BW < 2.4; BW < 2.4) of tiger puffer. The cross indicates that the fishing boat operated, but no *T. rubripes* were caught (no data).



**Fig. 4** Surface (1 m water depth) and bottom (35 m water depth) water temperature in Kaneda Bay.

**Table 2** Haplotype frequencies based on the sequences of mitochondrial COI region by sampling area and date

Haplotype	Frequency					
	Line A			Line B		
	10 Apr 2018	17 Apr 2018	23 Apr 2018	10 Apr 2018	17 Apr 2018	23 Apr 2018
HT 1	1	—	1	—	—	—
HT 2	3	5	—	—	—	—
HT 3	—	2	—	—	1	4
HT 4	—	—	—	—	—	1



**Fig. 5** Neighbor-joining tree of mitochondrial DNA COI region sequences. Bootstrap values >50% are shown on branch nodes. The scale bar is Kimura's two-parameter distance. GenBank accession numbers are as follows: *Takifugu chrysops* (NC\_011624), *T. alboplumbeus* (OL674400), *T. stictonotus* (KY514074), *T. flavipterus* (KY514068), *T. xanthopterus* (KY514071), *T. snyderi* (OQ700756), *T. oblongus* (OQ700657), *T. vermicularis* (KY514079), *T. pardalis* (KY514067), *T. porphyreus* (LC800160), *T. exascurus* (NC\_011622).

-1から不明卵-18および候補種は同じクレードに含まれた。

## 考 察

村上ら<sup>33)</sup>はフグ類の種判別基準として塩基配列間の相同性が99%以上であることとしたが、本研究で採集した卵の塩基配列はトラフグ、カラスおよびナメラダマシの3種で99%以上の高い相同性を示した。一方でその他トラフグ属では96.5–98.1%と低く、不明卵はトラフグ、カラスおよびナメラダマシのいずれかであると考え

られた。トラフグ、カラスおよびナメラダマシは遺伝的な差異が小さく、<sup>34,35)</sup> Katamachi *et al.*<sup>8)</sup>は、海底から採集した不明卵についてトラフグおよびカラスと遺伝距離が近かったことから、トラフグおよびカラスの漁獲情報を用いてトラフグと断定した。ナメラダマシは黄海および東シナ海北部に生息しており、<sup>1)</sup> 日本沿岸において採集記録はない。また、カラスは北海道から九州に生息するが、近年はほとんど漁獲されておらず、<sup>27)</sup> 関東周辺海域においてこれら2種の採集記録はない。<sup>28,36)</sup> 以上より、東京湾湾口で採集した卵はトラフグであると断定し

た。トラフグの卵を確認したことから、東京湾湾口部で産卵が行われたことが明らかになった。トラフグの産卵場は国内において10か所以上の海域で報告されているが、太平洋側では伊勢湾湾口部のみである。<sup>12,14)</sup> 本研究により、トラフグの産卵海域として東京湾湾口部を加えることができ、これは太平洋側では2例目の報告となる。

トラフグは雄で2歳から、雌は3歳から成熟する。<sup>9)</sup> 12月から翌年3月では2歳から4歳魚の全長組成にはほとんど差が認められないため、<sup>26)</sup> 本研究で設定した体重区分のうち1.1 kg以上2.4 kg未満区分には2歳から4歳魚が含まれると推定された。同区分で集計された個体のすべてあるいは一部には未成魚が含まれると考えられるが、2.4 kg以上区分では成熟年齢に達していると推定された。よって、少なくとも2.4 kg以上区分が記録された2018年4月1日から4月16日には、成魚が東京湾湾口部に分布していたと考えられる。角田<sup>25)</sup>のage-length keyおよび全長-体重関係式を用いると、1.1 kg以上2.4 kg未満区分の最頻年齢は3歳であり、同区分における3歳以上のトラフグが全体の約7割を占めると推定された。関東周辺海域における既存知見では、東京湾および相模湾に放流されたトラフグの人工種苗は、成長に伴い東京湾外の深場へ移動すること、<sup>20)</sup> また、相模湾で1歳以上のトラフグが11月から翌年2月に延縄漁業により漁獲されること<sup>21)</sup>を考慮すると、関東周辺のトラフグは産卵期以前には相模湾や外房に生息していることが想定される。本研究におけるトラフグの釣獲時期と相模湾で1歳以上魚が漁獲されなくなった時期<sup>21)</sup>は一致していた。さらに、成魚が含まれると考えられる1.1 kg以上2.4 kg未満区分の個体が調査開始日から釣獲されていたことから、成魚相当の個体が3月中旬にはすでに東京湾湾口部に来遊していることが示唆された。

本研究では、上田ら<sup>26)</sup>をもとに角田<sup>25)</sup>が求めた雌雄を区別しないage-length keyを用いた。未成魚にあたる0歳から1歳魚では全長の重なりがみられず、2歳から4歳魚では全長の分布に年齢間の重なりが認められた。<sup>26)</sup> 一方で、本研究では体重範囲による区分を用いており、用いた1.1 kg以上2.4 kg未満区分に2歳から4歳魚が含まれ、成魚と未成魚が混在する。そのため、同区分内における成魚の比率を明らかにすることはできなかった。一方で、0.7 kg未満区分および0.7 kg以上1.1 kg未満区分のほとんどが未成魚であること、2.4 kg以上区分が3歳魚以上の成魚に相当すると判断することが可能であり、得られたデータの中では限定的になるものの、3歳以上に相当する漁獲物では産卵場に来遊する時期の推定を行うことができたと言える。しかしながら、これらは瀬戸内海、九州海域の漁獲物を用いたデータの外挿による推定であり、近年、漁獲量が増えてきた関東周辺海域で漁獲されるトラフグの全長と年齢の関係を具体的に明

らかにした事例はない。特に雄が2歳、雌が3歳から成熟する<sup>9)</sup>ことを考慮すると、雄の成熟時サイズの推定や産卵場来遊時期を推定し、適正な資源管理に応用するためには同海域においても独自のage-length keyの作成が求められる。

トラフグ雌の卵巣内卵は成熟が一樣に進むことから1回産卵もしくはごく短期間で産卵が終了し、<sup>13)</sup> 速やかに産卵場から離れるが、雄は放精後も産卵場付近に滞留して次の性行動を行う習性がある。<sup>12)</sup> 本研究の結果、東京湾において3月中旬から4月中旬を中心に成魚に相当する個体が釣獲され、約1か月間の釣獲尾数が調査期間全体の8割以上を占めた。本研究で釣獲状況の記録を依頼した遊漁船2隻の操業海域はNos. 20, 23, 24, 27に限定されていたため、東京湾全体でのトラフグの分布を明らかにしたとは言えないものの、2018年における産卵のための蝟集盛期は3月中旬から4月中旬であったと考えられた。本研究でのトラフグ卵の確認および成魚とみられる大型個体の釣獲時期から東京湾におけるトラフグの産卵時期は3月中旬から4月中旬だと予想された。しかし、釣獲個体の性比および成熟状況が不明だったこと、また卵の採集調査期間が4月に限られていたため、東京湾におけるトラフグの産卵生態については限られた情報しか得ることができなかった。今後は釣獲個体の体サイズや産卵前後、排精前後などの成熟状態を確認するとともに、東京湾およびその周辺海域を網羅的かつ定量的に調査することで、より詳細な産卵場所と産卵期の推定が求められる。

トラフグの産卵水温は約14-18°Cとされ、<sup>9)</sup> 東京湾湾口部の底層において2018年3月中旬から同年5月中旬は同水温帯であった。この期間は他海域における産卵期<sup>8,9,12-16)</sup>と一致したが、本研究では卵の採集調査が4月10日から23日に限られ、調査期間前後においても産卵をしている可能性がある。産卵期推定のためより長期の調査期間の設定が必要と考えられた。

本研究により関東周辺海域におけるトラフグは、主に3月中旬から4月中旬に東京湾に来遊し、湾口部で産卵していることが明らかとなった。同海域の生活史として、本研究で明らかにした久里浜沖および竹岡沖、あるいは近海の未知な産卵場で産出された卵は孵化後、浮遊期を経て湾奥部に着底<sup>23,24)</sup>する。その後、成長に伴い極浅海域を離れ、秋以降に成長に伴って内湾に分散して、1年以上経過すると湾外へ移動し、<sup>20)</sup> 産卵まで湾外の深場で生息すると考えられる。伊勢・三河湾におけるトラフグの加入量は産卵から着底までの初期生期史における資源変動が影響することが示唆された。<sup>37)</sup> 東京湾および周辺海域に生息するトラフグ資源を管理していく上では、成魚の移動経路、産卵が行われる水温、水深、底質環境などの詳細な産卵生態を把握し、孵化後の仔稚魚の

移動回遊過程を解明していく必要があると考えられる。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、遊漁船AおよびBの船頭には釣獲の記録と提供についてご協力を頂いた。神奈川県漁業調査指導船「江ノ島丸」の乗組員諸氏には準備からサンプリングまで終始ご協力を頂いた。神奈川県水産技術センターの加藤大棋氏および同相模湾試験場の角田直哉氏には本稿を取りまとめるにあたり、有益な情報を提供頂いた。ここに記して、厚くお礼申し上げます。なお本研究の一部は、資源・漁獲情報ネットワーク構築委託事業および平成30年度神奈川県シーズ探求型研究推進事業により実施した。

## 文 献

- 山田梅芳, 柳下直己. フグ科. 「日本産魚類検索第三版」(中坊徹次編) 東海大学出版会, 秦野. 2013; 2239-2241.
- 平井慈恵, 片町太輔, 真鍋明弘. 令和5(2023)年度トラフグ日本海・東シナ海・瀬戸内海系群の資源評価. 「我が国周辺水域の漁業資源評価」, 水産庁・水産研究・教育機構, 東京. 2024; 1-127, [https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details\\_2023\\_73.pdf](https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_73.pdf).
- 真鍋明弘, 平井慈恵, 片町太輔, 澤山周平, 青木一弘. 令和5(2023)年度トラフグ伊勢・三河湾系群の資源評価. 「我が国周辺水域の漁業資源評価」水産庁・水産研究・教育機構, 東京. 2024, 1-92, [https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details\\_2023\\_74.pdf](https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_74.pdf).
- 櫻井 繁, 一色竜也, 鈴木重則. 神奈川県におけるトラフグ水揚げ量と種苗放流の関係. 神奈川県水産技術センター研究報告 2013; **6**: 9-15.
- 角田直哉. 東京湾神奈川県沿岸におけるトラフグ捕獲実態. 東京湾の漁業と環境 2022; **12**: 15.
- 高草木将人. 千葉県沿岸におけるトラフグの漁獲状況と放流効果調査について. 東京湾の漁業と環境 2020; **11**: 25.
- 中島博司. 延縄標本船調査から見たトラフグの三重県沿岸域における漁場形成と伊勢湾の漁場評価について. 三重県科学技術振興センター水産研究部研究報告 2004; **11**: 1-13.
- Katamachi D, Ikeda M, Uno K. Identification of spawning sites of the tiger puffer *Takifugu rubripes* in Nanao Bay, Japan, using DNA analysis. *Fish. Sci.* 2015; **81**: 485-494.
- 藤田矢郎. トラフグの生物学. さいばい 1996; **79**: 15-18.
- Ito M, Yasui M, Tsukui F, Tabeta O. Migration of adult ocellate puffer *Takifugu rubripes* in Enshu Nada, central Japan, estimated from tagging experiments. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1999; **65**: 175-181 (in Japanese with English abstract).
- Nakajima H, Nitta A. Homing behavior of adult ocellate puffer *Takifugu rubripes* to the natal spawning ground at the mouth of Ise Bay based on tagging experiments. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2005; **71**: 736-746 (in Japanese with English abstract).
- 藤田矢郎. 日本近海のフグ類. 水産研究叢書, 日本水産資源保護協会, 東京. 1988. 131 pp.
- Kusakabe D, Murakami Y, Onbe T. Fecundity and spawning of a Puffer, *Fugu rubripes* (T. et S.) in the central Waters of the Inland Sea of Japan. *J. Fac. Fish. Anim. Husb.* 1962; **4**: 47-79.
- 中島博司. 伊勢湾口部トラフグ産卵場の規模と産卵の分布について. 三重県水産技術センター研究報告 2001; **9**: 1-8.
- 日高 健, 高橋 実, 伊藤正博. トラフグの資源生態に関する研究 I—福岡県周辺における卵と幼稚魚の分布—. 福岡県福岡水産試験場研究報告 1988; **14**: 1-11.
- 鈴木伸洋. 2 中回遊型魚類の産卵場形成要因の解明(1) トラフグの産卵場形成要因の解明. 農林水産省農林水産技術会議事務局プロジェクト研究成果シリーズ369「中回遊型魚類の回帰特性の解明と資源管理技術の開発」, 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京. 2001; 44-55.
- Takita T, Intong S. Ecological studies on young puffers *Takifugu rubripes* and *T. xanthopterus* in Ariake Sound. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1991; **57**: 1883-1889 (in Japanese with English abstract).
- 黒木洋明, 鈴木重則, 青木一弘, 児玉真史, 津本欣吾, 岡田 誠. 人工生産トラフグ仔魚の成長に伴う比重変化から推測される初期生態. 黒潮の資源海洋研究 2015; **16**: 137-141.
- 中島博司, 津本欣吾, 沖 大樹. 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 2008; **56**: 221-229.
- 一色竜也, 鈴木重則. 神奈川県沿岸で標識放流したトラフグ人工種苗の移動と成長. 神奈川県水産技術センター研究報告 2012; **5**: 33-39.
- 櫻井 繁, 一色竜也, 鈴木重則. 神奈川県におけるトラフグ水揚げ量と種苗放流の関係. 神奈川県水産技術センター研究報告 2013; **6**: 9-15.
- 櫻井 繁, 一色竜也, 鈴木重則. 神奈川県におけるトラフグ種苗放流効果について. 神奈川県水産技術センター研究報告 2014; **7**: 41-47.
- 平成26年度水生生物調査結果報告書(東京都内湾). 東京都環境局, 東京. 2016; 119 pp.
- 平成28年度水生生物調査結果報告書(東京都内湾). 東京都環境局, 東京. 2018; 150 pp.
- 角田直哉. 神奈川県沿岸域におけるトラフグの漁獲量の急増と種苗放流効果. 水産技術 2025; **17**: 49-59.
- Ueta Y, Sano J, Uchida H, Amano C, Matsumura S, Katayama T. Growth and age-length key of the tiger puffer *Takifugu rubripes* in the East China Sea, Sea of Japan, and Seto Inland Sea, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2010; **75**: 803-811 (in Japanese with English abstract).
- Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome *c* oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotech.* 1994; **3**: 294-299.
- 松浦啓一. 「日本産フグ類図鑑」東海大学出版, 秦野. 2017.
- Kumar S, Stecher G, Tamura K. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Mol. Biol. Evol.* 2016; **33**: 1870-1874.
- Kimura M. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.* 1980; **16**: 111-120.
- Saitou N, Nei M. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 1987; **4**: 406-425.
- Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* 1985; **39**: 783-

- 791.
- 33) 村上太郎, 昌山 敦, 紀 雅美, 山野哲夫, 清水 充. 遺伝子解析による魚種鑑別法のフグ中毒への応用. 食衛誌 2011; **52**: 348-353.
- 34) Roze MS, Kinoshita S, Furukawa S, Mochizuki T, Watabe S. Microsatellite and mitochondrial DNA analyses reveal no genetic difference between two pufferfish species torafugu *Takifugu rubripes* and karasu *T. chinensis*. *Fish. Sci.* 2011; **77**: 59-67.
- 35) Song L, Liu B, Xian J, Qian P. Molecular phylogeny and species identification of pufferfish of the genus *Takifugu* (Tetraodontiformes, Tetraodontidae). *Mar. Biotechnol.* 2001; **3**: 398-406.
- 36) Senou H, Matsuura K, Shinohara G. Checklist of fishes in the Sagami Sea with zoogeographical comments on shallow water fishes occurring along the coastline under the influence of the Kuroshio Current. *Mem. Natl. Mus. Nat. Sci., Tokyo* 2006; **41**: 389-542.
- 37) 鈴木重則, 山内 悟, 横山文彬, 岡田 誠. トラフグ伊勢・三河湾系群の生活史および資源変動の特徴. 黒潮の資源海洋研究 2015; **16**: 131-135.