

東京都水元公園におけるカダヤシの食性

Feeding habits of western mosquitofish *Gambusia affinis* at Mizumoto Park in Tokyo, Japan橋本慎治*・田邊大知
Shinji Hashimoto*, Daichi Tanabe

帝京科学大学生命環境学部, 東京都足立区千住桜木2-2-1

Teikyo University of Science, Faculty of Life and Environmental Sciences, 2-2-1, Adachi, Tokyo 120-0045, Japan.

*Corresponding author, e-mail: hashimoto@ntu.ac.jp

Abstract

To understand the success of the invasions of non-native fish, it is important to identify feeding characteristics. The western mosquitofish *Gambusia affinis* were collected from February to December 2020 (excluding April and May) at Mizumoto Park in Tokyo, and the stomach contents of 180 specimens were investigated. A relative importance index (%MI) was calculated from the frequency of occurrence (%F) and weight composition (%W) for each food item ingested by the western mosquitofish. Food groups detected in the digestive tracts of the western mosquitofish were insects (mostly adult terrestrial insects), copepods, arachnids, and plants (mostly filamentous algae). Insects showed the highest %MI (98.3 %) throughout the study period, with a %MI above 90 % during summer and autumn. This feeding strategy of the species was supported by low niche breadth value. It is suggested that the western mosquitofish affects the feeding of native species in the study area by predominantly preying on insects, which are also important prey for many native species.

Key words: feeding habits; western mosquitofish; *Gambusia affinis*; Mizumoto Park

緒言

侵略的外来種の侵入と拡散は、淡水域における生物多様性の喪失に対する主要な要因の一つと考えられ、淡水生態系において在来生物が絶滅にまで至ることもある (Carmona-Catot 2013; Doherty et al. 2016; Mačić et al. 2018)。外来種侵入の成功例として、環境変化への耐性、急速な成長、高い繁殖率、摂食における可塑性などが挙げられる (Graebner et al. 2012; Agostinho et al. 2015)。特に侵略的魚種は食物網を破壊したり (Gallardo et al. 2016; Copp et al. 2017)、生物多様性に脅威をもたらしたりする (Pelicice and Agostinho 2009; Matsuzaki et al. 2016)。このような観点から、侵略を理解するためには、侵略的魚種の摂餌生態を理解する必要がある (Kornis et al. 2013)。侵略的外来種の食性や生活史を理解することは淡水生態系において在来生物への影響を理解することに

も繋がる (Dextrase and Mandrak 2006)。

カダヤシ *Gambusia affinis* は、世界的に最も拡散している侵略的外来魚の一つである (Pyke 2005, 2008)。原産地は北アメリカで、蚊の駆除のために世界中に導入され、現在は南極大陸を除くすべての地域に定着している (Pyke 2008)。カダヤシは、デトリタスから陸生昆虫類、水生無脊椎動物、藻類、魚類や両生類の卵や仔稚魚、幼生期など様々な生物を食べていることが報告され (Pyke 2005; Macdonald and Tonkin 2008; Singh and Gupta 2010)、生息場所ごとに摂餌構成も異なる (Macdonald and Tonkin 2008)。このように、カダヤシは淡水生態系に大きな影響を及ぼすことから、世界の侵略的外来種ワースト 100 の一つに分類されている (Lowe et al. 2000; Pyke 2005, 2008)。

カダヤシは卵胎生で繁殖を行うことから繁殖力が強く、カダヤシの高い分散能力、幅広い生息

地、極端な温度や塩分などの悪条件にも耐える能力、そして幅広い摂餌は侵入と定着を促進する主な要因であると指摘されている (Pyke 2005; 伊藤 2006; Dirnberger and Love 2016)。

日本国内のカダヤシは蚊駆除の目的として台湾から 1916 年に奈良に移入され、1970 年代初めに徳島市でカダヤシの放流が本格的に行われた (佐原・幸地 1980; 今井 2005)。その後、カダヤシは 1972 年と 1973 年の調査で関東地方にも拡大しているのが確認され (和田ら 1974)、現在では福島県以南の日本各地に生息している (今井 2005)。カダヤシの分布拡大とともにミナミメダカの生息域縮小もまた報告されるようになった (佐藤ら 1972; 竹門ら 2002; 棟方 2020)。ミナミメダカ減少の要因の一つとしてカダヤシによる影響が考えられ、カダヤシが鱗に損傷を与えることでミナミメダカの繁殖率を低下させたり (伊藤ら 2006)、ミナミメダカを駆逐したりする例が報告されている (佐原・幸地 1980)。そのような背景から 2006 年 2 月に外来生物法施行令により特定外来生物に選定されたが (環境省 2006)、その影響に関する日本国内での報告は少ない。

日本国内でのカダヤシは落下昆虫や動植物プランクトンを捕食していたことが数例報告されている (佐藤ら 1972; 佐原 1979)。しかしながら、カダヤシの食性は季節を問わず動物プランクトンを捕食するという報告例が多い (Singh and Gupta 2010; Gkenas et al. 2012; Pirroni et al. 2021)。また、昆虫類が主要な餌であったことも報告されている (Saç 2023)。日本国内でのカダヤシの食性に関する知見は少なく、季節による相違やカダヤシのサイズ区分による相違についての報告もない。そこで本研究はカダヤシの食性を調査し、季節による相違やカダヤシのサイズ区分による相違が存在するかどうかを明らかにすることを目的とした。

材料および方法

日中 2020 年 2 月から 12 月にかけて東京都葛飾区水元公園の周囲に草木が存在する水深約 10 ~15 cm の貯水池において、目合い 2 mm のタモ網を用いて毎月約 20 個体以上を目安にカダヤシを採捕した (Fig. 1)。なお 2020 年 4 月と 5 月は covid-19 による緊急事態宣言が発出されていた

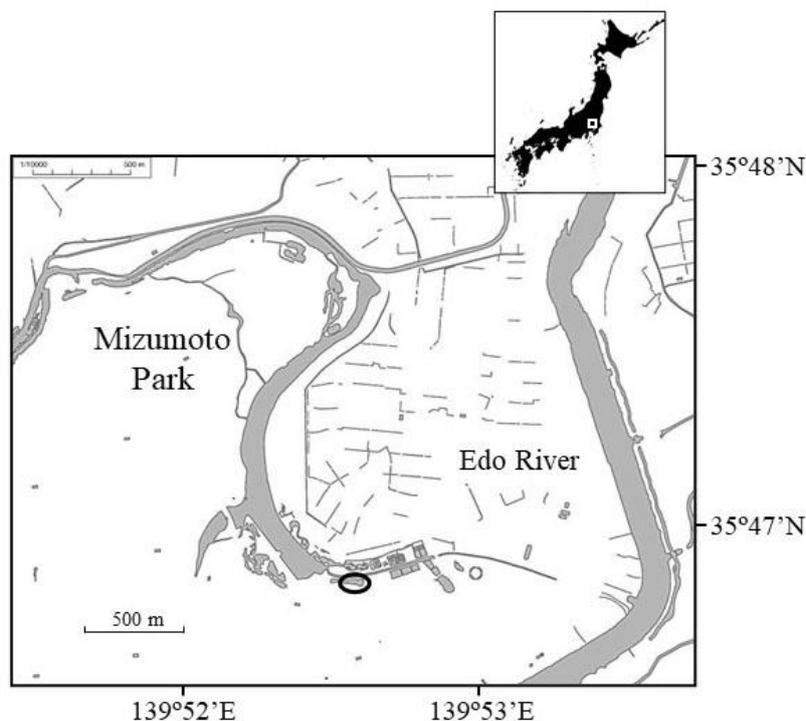


Fig. 1. Catch location (○) of western mosquitofish at Mizumoto Park in Tokyo.

ため採捕を自粛した。採捕した後、直ちに5%ホルマリン液で固定した。その後、実験室に持ち帰り、全長(TL)を0.1 mm単位で計測した後、実体顕微鏡(Kenis: LZ-LED-B型)下で、消化管内容物の同定と計数を行い、それらの重量を0.1 mg単位で測定した。動物プランクトンおよび植物プランクトンの重量に関しては光学顕微鏡(Kenis: E5-900T型)を用いて大きさを測定後、円柱形に近似して体積を算出し、密度を 1 g cm^{-3} として重量に変換した。また、カダヤシのサイズによる餌生物の変化を調べるために、Singh and Gupta (2010)に従い、TLを<20 mm区分、20–29 mm区分、 ≥ 30 mm区分に分画した。先行研究によると、平均1 cmの間隔でカダヤシの年齢階級を表すことができる(Patimar et al. 2011; Ergüden 2013)。消化管内容物から得られた餌組成を明らかにするために、餌生物の出現率(%F)と重量割合(%W)を算出した。さらに、餌の重要度を判定するために、Hayse (1990)に従い、各餌項目の相対重要度指数(MI)と合計のMIに対する百分率である%MIを算出した。また、空胃率(VI)も算出した。各項目は以下の式により算出した。

$$\%F = [\text{ある生物を捕食していた個体数} / (\text{総個体数} - \text{空胃個体数})] \times 100$$

$$\%W = (\text{ある生物の消化管中での重量} / \text{消化管中の生物総重量}) \times 100$$

$$\%MI = [(\%F \times \%W) / \sum(\%F \times \%W)] \times 100$$

$$VI (\%) = (\text{空胃個体数} / \text{全個体数}) \times 100$$

Levins 指数 (Hurlbert 1978) を用いて、餌生物のニッチ幅を算出した。

$$B_A = (B - 1) / (n - 1)$$

ここで、 B_A は Levins の標準化されたニッチ幅、 B は Levins のニッチ幅 ($B = 1 / \sum(P_j)^2$, P_j は捕食者の食餌に占める餌料 j の割合)、 n は餌項目の総数である。 B_A は 0 から 1 までの数字で表される。 B_A の値が 0 に近いほど食性が狭く (特定の利用可能な食物を摂餌)、 B_A の値が 1 に近いほど食性が広い (利用可能な食物を同じ割合で摂餌) ことを表す。 B_A の値が 0.6 を超えると食性が広く、0.4 から 0.6 の間は中間、0.4 以下は狭いとみなされる (Novakowski et al. 2008)。

摂餌戦略を解釈するために、Costello (1990) の方法を使用した (Amundsen et al. 1996)。この方法において、%F に対する消化管内に存在する餌生物の存在率 ($\%P_i$) をプロットした。餌生物における存在率は以下の式から算出した。

$$P_i = (\sum S_i / \sum St_i) \times 100$$

ここで、 P_i は餌料 i の存在率、 S_i は餌料 i からなる

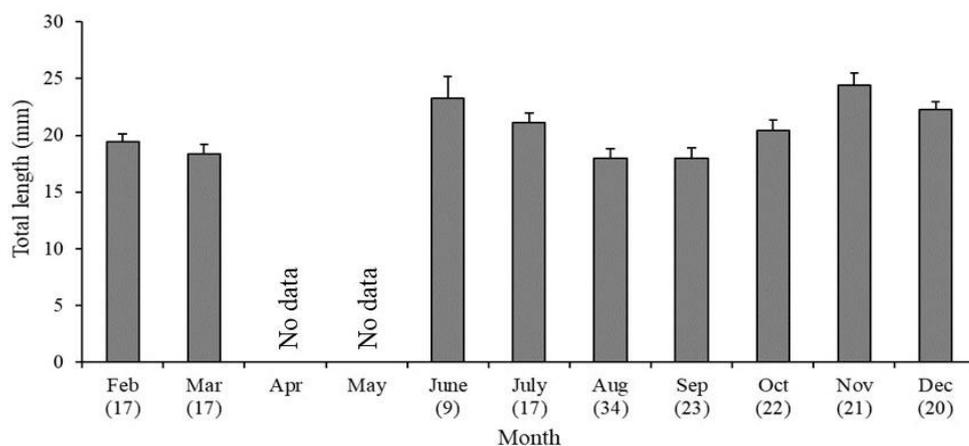


Fig. 2. Mean values of total length (TL: mm) of western mosquitofish caught in Mizumoto Park during each month of the study period. The vertical bar indicates the standard error. The number of individuals, including those with empty stomach, is shown in parentheses.

消化管内容物（体積、重量、個数）、St_iは餌料iの総消化管内容物である。

結果

採捕した全カダヤシの TL は 12.1–37.2 mm の範囲で、平均値 ± 標準誤差は 20.2 ± 0.4 mm あった。月別にみると、6月から8月にかけて減少し、9月から11月にかけて増加する傾向が観察された (Fig. 2)。採捕したカダヤシの TL を <20 mm 区分、20–29 mm 区分、≥30 mm 区分に3分画した個体数は、<20 mm 区分が 94 個体 (52.2%)、20–29 mm 区分が 81 個体 (45.0%)、≥30 mm 区分が 5 個体 (2.8%) と採捕したカダヤシの大部分は 30 mm 未満 (97.2%) であった。

採捕された 180 個体のうち 60 個体は空胃で、VI は 33.3% であった。月別の VI は 11.1–64.7%

であった (Fig. 3)。2月が最も高い値 (64.7%) であり、初夏から冬季にかけて増加傾向を示した。サイズ別にみると、<20 mm 区分が 34.0%、20–29 mm 区分が 34.6%、≥30 mm 区分が 0% で、<20 mm 区分と 20–29 mm 区分の VI はほぼ同じであった。

消化管で内容物が確認されたカダヤシ 120 個体における調査期間を通じた %MI を Table 1 に示す。水元公園におけるカダヤシから検出された食物群は陸生昆虫類の成虫 (多くは小型のハエ類やアリ類、ユスリカ類成虫)、カイアシ類、クモ類、植物 (多くは糸状藻類) であった (Table 1)。最も高い %MI を示したのは陸生昆虫類の成虫 (98.3%) であった。その他の食物群は 1% 以下であった。消化管内容物が確認された全カダヤシのニッチ幅は 0.11 であった (Table 2)。%MI の月

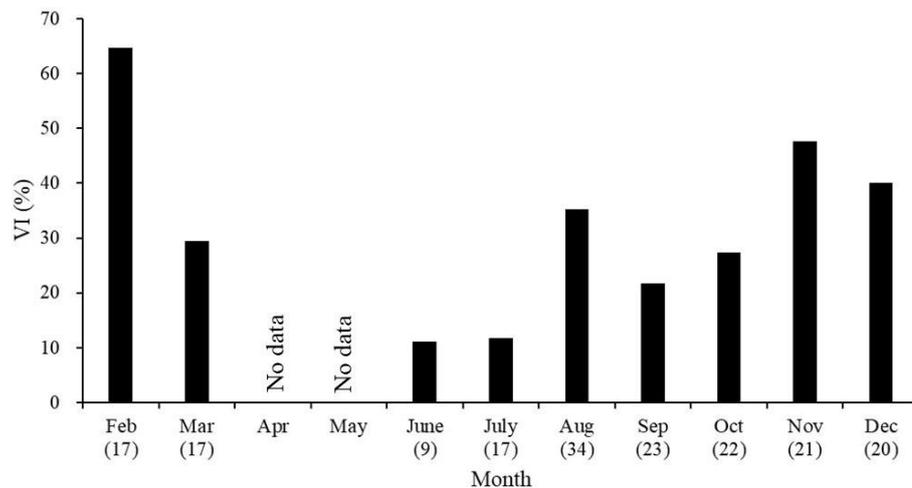


Fig. 3. Vacuity index (VI: %) for western mosquitofish caught in Mizumoto Park during each month of the study period. The number of individuals, including those with empty stomach, is shown in parentheses.

Table 1. Index of relative importance (%MI) of prey items for western mosquitofish caught in Mizumoto Park during each month of the 347-day study period.

| taxa | Feb. (6) | Mar. (12) | June (8) | July (15) | Aug. (22) | Sep. (18) | Oct. (16) | Nov. (11) | Dec. (12) | Feb.–Dec. (120) |
|---------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| Insecta | 0 | 0.05 | 31.05 | 97.02 | 91.59 | 99.73 | 99.99 | 100.00 | 99.19 | 98.29 |
| Insecta larva | 0 | 0 | 1.32 | 0 | 5.77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.36 |
| Copepoda | 100.00 | 99.95 | 0.01 | 0 | 0 | 0.27 | 0.01 | 0.00 | 0.81 | 0.26 |
| Araneae | 0 | 0 | 67.62 | 0 | 0.88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.42 |
| Plantae | 0 | 0 | 0.00 | 2.98 | 1.76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.67 |

The number of individuals, excluding those with empty stomach, is shown in parentheses.

別変化を Table 1 示す。陸生昆虫類の成虫の%MI は7月から12月にかけて90%以上であり、2月と3月にはカイアシ類の%MI がほぼ100%であった (Table 1)。

サイズ別のニッチ幅と%MI の結果をそれぞれ Table 2 と Table 3 に示す。陸生昆虫類の成虫の%MI は3区分とも70%以上を示し、ニッチ幅もすべての区分で0.2未満であった。また、各区分による%MI の有意な相違は認められなかった (Kruskal-Wallis test, $p > 0.5$)。しかしながら、クモ類については区分による相違がみられ、 ≥ 30 mm 区分が約13%であったのに対して、他の区分は1%未満であった (Table 3)。

Costello のダイアグラムを調べたところ、調査地のカダヤシは、多くの点がダイアグラムの下部に位置することから、カダヤシはゼネラリスト的な摂餌戦略を示した (Fig. 4)。また、餌生物の重要性という点で陸生昆虫類の成虫は%F 軸で高い値を示していたことから、調査地では陸生昆虫類の成虫がカダヤシの餌生物として優位であることがわかった。

考察

6月から8月にかけての TL の減少はその年に産まれた稚魚が加入したこと、また、9月から11月にかけての増加はそれらが成長したことによると考えられる (Fig. 2)。本調査で採捕されたカダヤシの95%以上を30 mm 未満の個体が占め、

Table 2. Niche breadth index (B_A) of three size classes (TL < 20 mm, 20 ≤ TL < 30 mm, 30 mm ≤ TL) and total specimens for western mosquitofish caught in Mizumoto Park.

| Size range | B_A |
|----------------------|-------|
| TL < 20 mm (62) | 0.06 |
| 20 ≤ TL < 30 mm (53) | 0.16 |
| 30 mm ≤ TL (5) | 0.18 |
| Total (120) | 0.11 |

The number of individuals, excluding those with empty stomachs, is shown in parentheses.

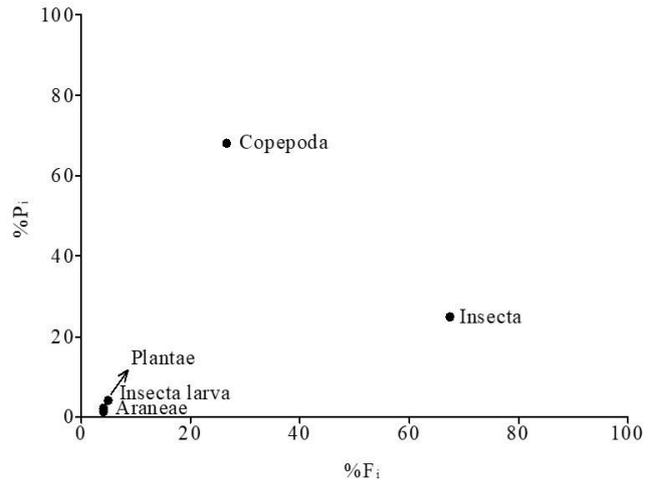


Fig. 4. Modified Costello feeding strategy diagram for western mosquitofish caught in Mizumoto Park. Prey-specific abundance ($\%P_i$) plotted against frequency of occurrence ($\%F_i$) of food items in the diet of the species.

これまで日本以外で報告されているものよりも小さい傾向を示した (Table 4)。佐藤ら (1972) は徳島市周辺の3か所から採捕したカダヤシの平均体長に明瞭な地域差が存在することを報告している。また、明確な要因は明らかではないが、本調査を含めて日本国内に生息しているカダヤシは他の国で報告されたものよりも小さい傾向であった (Table 4)。Cheng et al. (2018) は長江中流域のカダヤシがこれまでに報告された個体群よりも小さかったことから、より早く性成熟し、寿命が短いことを報告している。今回の調査地で採取されたカダヤシは Cheng et al. (2018) によっ

Table 3. Index of relative importance ($\%MI$) of prey items among three size classes (TL < 20 mm, 20 ≤ TL < 30 mm, 30 mm ≤ TL) for western mosquitofish caught in Mizumoto Park.

| taxa | TL < 20 mm (62) | 20 ≤ TL < 30 mm (53) | 30 mm ≤ TL (5) |
|----------------|-----------------|----------------------|----------------|
| Insecta | 98.89 | 97.81 | 78.42 |
| Insecta larvae | 0.05 | 0.78 | 6.17 |
| Copepoda | 0.75 | 0.07 | 0.00 |
| Araneae | 0.31 | 0.34 | 12.82 |
| Plantae | 0.00 | 1.00 | 2.59 |

The number of individuals, excluding those with empty stomachs, is shown in parentheses.

Table 4. Comparison of total length (TL) or standard length (SL) of mosquitofish sampled in different studies.

| Locality | TL or SL* range (mm) | Mean TL or SL* (mm) | Month of capture | References |
|--------------|----------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Hawaii, USA | 18.6–55.9* | 35.0* | Jan.–Nov. | Stearns (1983) |
| Indiana, USA | 29–49 (female) | | May–Sep. | Hughes (1985) |
| Ohio, USA | | 35.6 (female) | May–July | Surace and Smith (2016) |
| Spain | | 21–47.5 | Jan.–Dec. | Fernández-Delgado (1989) |
| Wuhan, China | 12.0–44.1 | 30.4 (spring), 28.7 (summer) | Mar.–Oct. | Cheng et al. (2018) |
| Tokushima | | 21.9–32.6* | Oct. | Sato et al. (1972) |
| Tokushima | 10–37* | | Jan.–Dec. | Hirose et al. (1980) |
| Aichi | | 18* | Oct.–Nov. | Miyazaki and Taniguchi (2009) |
| Hiroshima | 10.7–29.2 | 18.7 | Feb., May–Dec. | Mishiro et al. (2014) |
| Tokyo | 10.7–37.2 | 20.2 | Feb.–Mar., June–Dec. | This study |

Asterisks indicate SL.

て報告されたものよりもさらに小さかった (Table 4)。このことから、水元公園に生息するカダヤシもまた性成熟が早く、寿命も短いのかもしれない。しかしながら、国内でのカダヤシの報告例は少ないことから、確かな結果であるとは言いがたく、今後さらに調査結果を増やして信頼性を高めていく必要がある。

周辺を草木に囲まれた水域に生息するカダヤシは昆虫類を主に摂食するのに対して、用水路や運河などに生息するものは動植物プランクトンを含め様々な餌を摂食する (佐原 1979; 佐原・幸地 1980)。また、藍藻類や珪藻類といった植物プランクトンのみを捕食していた例も報告されている (佐藤ら 1972; 佐原 1979)。水元公園におけるカダヤシの主要な餌生物は陸生昆虫類の成虫 (多くは小型のハエ類やアリ類、ユスリカ類成虫) であった (Table 1)。その結果、この摂餌戦略によってカダヤシは狭いニッチ幅を示した (Table 2)。カダヤシのニッチ幅が狭いという報告は他の場所でも報告されている (Ağdamar et al. 2023; Saç 2023)。さらに貯水池におけるカダヤシの主要な餌生物が昆虫類であったという同様の結果も報告されている (Saç 2023)。Yoğurtçuoğlu and Ekmekçi (2017) によると、カダヤシは柔軟な食性を示し、それは環境で利用可能な食物源と関連している。水元公園における捕獲場所周辺には多くの草木が存在しており、様々な昆虫類が生息している (葛飾区 2023)。葛飾区 (2017) は本調査地近くの西水元水辺の公園において 5 月と 11 月

の調査で合計 69 種の昆虫類が採取され、コウチュウ目が 22%、ハエ目とチョウ目が 17%であったことを報告している。双翅目は昆虫類の中で最も多様で豊富なグループであり、幼虫の生息域が非常に広いため、ほぼすべての水源に生息する (Keiper et al. 2002; Skevington and Dang 2002)。そのようなことから、水元公園では陸生昆虫類がカダヤシの主要な餌生物であったと考えられる。昆虫類は安定した入手可能性と豊富さに加え、高いタンパク質含有量により多くの魚種の餌となる (Nath et al. 2017; Gülbunar et al. 2018)。これらの特徴から、昆虫類は調査地のカダヤシにとって主要かつ最も容易な餌源であったと考えられる。

一般的に、淡水域におけるカイアシ類の生物量は冬季よりも夏季の方が多 (花里ら 2001)。塩澤・金村 (2018) は 8 月の水元公園において 100 mL 中に約 400 個体の動物プランクトンが存在し、そのほとんどがカイアシ類であったことを報告している。したがって、夏季の調査場所にも多くの動物プランクトンが存在していたと考えられる。しかしながら、動物プランクトンをほとんど利用していなかったことから、6 月から 11 月にかけて昆虫類を選択的に捕食していたことが考えられる。Crivelli and Boy (1987) によると、カダヤシは 10 月から翌年 5 月の非繁殖期には主に甲殻動物プランクトンを利用するが、6 月から 9 月にかけての繁殖期には餌生物が甲殻動物プランクトンから昆虫類へ移行し、昆虫類が重要な餌に変化する。東京での繁殖期は 5 月から 10 月で

あり（佐原・幸地 1980）、昆虫類の利用が高い時期と一致している。カダヤシはゼネラリストであり、様々な餌を食べることができるが、春季、夏季には双翅目に対して比較的選択的であったという類似した結果が報告されている（Saç 2023）。

2月と3月にはカイアシ類を捕食していたカダヤシが多く存在していた（Table 1）。東京臨海域で観察された冬季における昆虫類の種数は一年間で最も少ないことから（東京都環境局 2013）、冬季には夏季よりも落下昆虫が少ないと考えられる。VI が秋季から冬季にかけて高い傾向を示したことも昆虫類の生物量と関係しているのかもしれない。

本研究の結果から、水元公園に生息するカダヤシは、日和見的な摂食戦略を示し、そのニッチ幅は非常に狭く、陸生昆虫類の成虫を好むことが示された。陸生昆虫類は調査域のコイ科の小魚やその稚魚にとっても重要な餌である。これらの餌群を主に食べることで、在来魚種との餌競合を示す可能性がある。水元公園の水辺には昆虫類を捕食する魚類以外に、様々な両生類、爬虫類なども多く生息している（葛飾区 2023）。したがって、カダヤシは餌競合により少なからずそれらの生物に影響を及ぼしていると考えられる。

今回の調査地である水元公園は、水辺の周りに草木が多く存在している環境であったことから、今後は水際に植生の少ない環境で生息するカダヤシの食性を調査し、今回の調査結果との比較・検討を行い、食性に違いがあるのかどうかを明らかにしていきたい。

謝辞

適切なお助言を頂いた匿名の2名の査読者に感謝致します。

引用文献

- Ağdamar, S., Saç, G., Gaygusuz, Ö. (2023). Assessing some bio-ecologist metrics related to the growth and diet of invasive *Gambusia holbrooki* in different habitats (lotic vs. lentic) of an island ecosystem (Gökçeada, Turkey). *Russ. J. Ecol.* 2: 156–164.
- Agostinho, A. A., Suzuki, H. I., Fugi, R., Alves, D. C., Tonella, L. H., Espindola, L. A. (2015). Ecological and life history traits of *Hemiodus orthonops* in the invasion process: Looking for clues at home. *Hydrobiologia*, 746: 415–430.
- Amundsen, P. A., Gabler, H. M., Staldvik, F. J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *J. Fish Biol.* 48: 607–614.
- Carmona-Catot, G., Magellan, K., Garcia-Berthou, E. (2013). Temperature-specific competition between invasive mosquitofish and an endangered Cyprinodontid fish. *PLoS One* 8: e54734.
- Cheng, Y., Xiong, W., Tao, J., He, D., Chen, K., Chen, Y. (2018). Life-history traits of the invasive mosquitofish (*Gambusia affinis* Baird and Girard, 1853) in the central Yangtze River, China. *BioInvasions Rec.* 7: 309–318.
- Copp, G. H., Britton, J. R., Guo, Z., Edmonds-Brown, V. R., Pegg, J., Vilizzi, L., Davison, P. I. (2017). Trophic consequences of non-native pumpkinseed *Lepomis gibbosus* for native pond fishes. *Biol. Invasions* 19: 25–41.
- Costello, M. J. (1990). Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish Biol.* 36: 261–263.
- Crivelli, A. J., Boy, V. (1987). The diet of the mosquitofish *Gambusia affinis* (Baird and Girard) (Poeciliidae) in Mediterranean France. *Revue d'Ecologie* 42: 421–435.
- Dextrase, A. J., Mandrak, N. E. (2006). Impacts of alien invasive species on freshwater fauna at risk in Canada. *Biol. Invasions* 8: 13–24.
- Dimberger, J. M., Love, J. (2016). Seasonal specialization and selectivity of the Eastern Mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, toward planktonic prey. *Southeast. Nat.* 15: 138–152.
- Doherty, T. S., Glen, A. S., Nimmo, D. G., Ritchie, E. G., Dickman, C. R. (2016). Invasive predators and global biodiversity loss. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113: 11261–11265.
- Ergüden, S. A. (2013). Age, growth, sex ratio and diet of eastern mosquitofish *Gambusia holbrooki* Girard, 1859 in Seyhan Dam Lake (Adana/Turkey), Iran. *J. Fish. Sci.* 12: 204–218.
- Fernández-Delgado, C. (1989) Life history patterns of the mosquitofish, *Gambusia affinis*, in the estuary of the Guadalquivir river of south-west Spain. *Freshw. Biol.* 22: 395–404.
- Gallardo, B., Clavero, M., Sánchez, M. I., Vilà, M. (2016). Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 22: 151–163.
- Gkenas, C., Oikonomou, A., Economou, A., Kiosse, F., Leonardos, I. (2012). Life history pattern and feeding habits of the invasive mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, in Lake Pamvotis (NW

- Greece). *J. Biol. Res.-Thessalon.* 17: 121–136.
- Graebner, R. C., Callaway, R. M., Montesinos, D. (2012). Invasive species grows faster, competes better, and shows greater evolution toward increased seed size and growth than exotic non-invasive congeners. *Plant Ecol.* 213: 545–553.
- Gülbnar, F., Aydın, G. B., Çamur-Elipek, B. (2018). The growth of *Tanypus punctipennis* Meigen (Diptera, Chironomidae) larvae in laboratory conditions and the effects of water temperature and pH. *Trakya Univ. J. Nat. Sci.* 19: 101–105.
- 花里孝幸・荒河 尚・佐久間昌孝・張 光玆・沖野外輝夫 (2001). 諏訪湖の動物プランクトン群集: 群集構造と生態系における役割. *陸水学雑誌* 62: 151–167.
- Hayse, J. W. (1990). Feeding habits, age, growth, and reproduction of Atlantic spadefish *Chaetodipterus faber* (Pisces: Ephippidae) in South Carolina. *Fish. Bull.* 88: 67–83.
- 広瀬吉則・春日清一・大久保新也 (1980). 徳島市内に生息するカダヤシ(*Gambusia affinis*)の生態について. *衛生動物* 31: 41–48.
- Hughes, A. L. (1985). Seasonal changes in fecundity and size at first reproduction in an Indiana population of the mosquitofish *Gambusia affinis*. *Am. Midl. Nat.* 114: 30–36.
- Hurlbert, S. H. (1978). The measurements of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59: 67–77.
- 今井長兵衛 (2005). 日本における外来種問題. *生活衛生* 49: 199–214.
- 伊藤珠央・小関右介・新妻靖章 (2006). メダカ *Oryzias latipes* における雄の鰭の損傷による産卵数および受精率の低下—外来種カダヤシ *Gambusia affinis* が与える繁殖への潜在的影響—. *野生生物保護*, 10: 1–7.
- 伊藤寿茂 (2006). カダヤシの塩分の上昇に対する馴致. *陸水学雑誌* 67: 219–222.
- 葛飾区 (2017). 平成 27 年度環境調査報告書. 葛飾区環境部環境課.
- 葛飾区 (2023). 自然環境レポーター通信「水辺のふるさと かつしか」の生物調査集計報告: <https://www.city.katsushika.lg.jp/kurashi/1000062/1030304/1023084.html>. (2023年8月15日).
- 環境省 (2006). 報道発表資料. 環境省ホームページ. <https://www.env.go.jp/press/6787.html>. (2023年10月7日)
- Keiper, J. B., Walton, E. W., Foote, B. A. (2002). Biology and ecology of higher Diptera from freshwater wetlands. *Annu. Rev. Entomol.* 47: 207–232.
- Kornis, M. S., Sharma, S., Vander Zanden, M. J. (2013). Invasion success and impact of an invasive fish, round goby, in Great Lakes tributaries. *Diversity Distrib.* 19: 184–198.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN).
- Macdonald, J., Tonkin, Z. (2008). A review of the impact of eastern gambusia on native fishes of the Murray-Darling Basin. Arthur Rylah Institute for Environmental Research, Department of Sustainability and Environment, Heidelberg, Victoria, Murray-Darling Basin Authority (MDBA).
- Mačić, V., Albano, P. G., Almpnidou, V., Claudet, J., Corrales, X., Essl, F., Evagelopoulos, A., Giovos, I., Jimenez, C., Kark, S., Marković, O., Mazaris, A. D., Ólafsdóttir, G. Á., Panayotova, M., Petović, S., Rabitsch, W., Ramdani, M., Rilov, G., Tricarico, E., Fernández, T. V., Sini, M., Trygonis, V., Katsanevakis, S. (2018). Biological invasions in conservation planning: A global systematic review. *Front. Mar. Sci.* 5: 178.
- Matsuzaki, S. S., Sasaki, T., Akasaka, M. (2016). Invasion of exotic piscivores causes losses of functional diversity and functionally unique species in Japanese lakes. *Freshw. Biol.* 61: 1128–1142.
- 三代和樹・岩本有司・井上慎太郎・森田拓真・水野健一郎・村上泰洋・平井香太郎・小路 淳 (2014). 太田川感潮域浅所における魚類群集の季節変化—人口放水路と天然河川の比較—. *水産海洋研究* 78: 169–175.
- 宮崎智博・谷口義則 (2009). 都市近郊農業排水路におけるカダヤシとメダカの個体群密度と微生物環境. *野生生物保護* 12: 13–20.
- 棟方有宗 (2020). 日本の野生メダカの保全と課題—個体群減少と遺伝的攪乱—. 日本の野生メダカを守る: 正しく知って正しく守る. (編) 棟方有宗・北川忠生・小林牧人, 生物研究社, 東京, p. 1–12.
- Nath, S., Podder, R., Modak, B. K. (2017). Seasonal trend of body protein and growth of Chironomid larvae. *Proc. Zool. Soc.* 70: 88–91.
- Novakowski, G. G., Hahn, N. S., Fugl, R. (2008). Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. *Neotrop. Ichthyol.* 6: 564–576.
- Patimar, R., Ghorbani, M., Gol-Mohammadi, A., Azimi-Glugahi, H. (2011). Life history pattern of mosquitofish *Gambusia holbrooki* (Girard, 1859) in the Tajan River (Southern Caspian Sea to Iran), *Chin. J. Oceanol. Limnol.* 29: 167–173.
- Pellicice, F. M., Agostinho, A. A. (2009). Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biol. Invasions* 11: 1789–1801.

- Pirroni, S., de Pennafort Dezen, L., Santi, F., Riesch, R. (2021). Comparative gut content analysis of invasive mosquitofish from Italy and Spain. *Ecol. Evol.* 11: 4379–4398.
- Pyke, G. H. (2005). A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. *Rev. Fish Biol. Fish.* 15: 339–365.
- Pyke, G. H. (2008). Plague minnow or mosquitofish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 39: 171–191.
- Saç, G. (2023). Diet and feeding ecology of the invasive *Gambusia holbrooki* (Teleostei: Poeciliidae) in lotic and lentic habitats (northwestern part of Turkey). *Inland Water Biol.* 16: 330–340.
- 佐藤英毅・大久保新也・佐々 学・和田芳武・元木 貢・山岸 宏・沖野外輝夫・栗原 毅 (1972). 徳島市に蚊の天敵として移植したカダヤシに関する観察. *衛生動物* 23: 113–127.
- 佐原雄二 (1979). カダヤシの食性. 舶来メダカによる蚊の駆除. (編) 大久保新也・広瀬吉則. 新宿書房, 東京, p. 31–39.
- 佐原雄二・幸地良仁 (1980). カダヤシメダカダヤシの生態. 日本の淡水生物—侵略と攪乱の生態学. (編) 川合禎次・川那部浩哉・水野信彦. 東海大学出版会, 東京, p. 106–117.
- 塩澤豊志・金村秀一 (2018). 湖沼生態系の平衡と環境保全—天然記念物ムジナモ自生地の調査に関連して—. *武蔵野大学環境研究所紀要* 7: 9–24.
- Singh, N., Gupta, P. K. (2010). Food and feeding habits of an introduced mosquitofish, *Gambusia holbrooki* (Girard) (Poeciliidae) in a subtropical lake, Lake Nainital, India. *Asian Fish. Sci.* 23: 355–366.
- Skevington, J. H., Dang, P. T. (2002). Exploring the diversity of flies (Diptera). *Biodiversity*, 3: 3–27.
- Stearns, S. C., (1983). A natural experiment in life-history evolution: field data on the introduction of mosquitofish (*Gambusia affinis*) to Hawaii. *Evol.* 37: 601–617.
- Surace, M., Smith, G. R. (2016). Female body size and reproduction in western mosquitofish (*Gambusia affinis*) from two ponds in central Ohio. *Northeast. Nat.* 23: 1–10.
- 竹門康弘・細谷和海・村上興正 (2002). 深泥池～外来魚の捕獲調査と駆除事業. 外来種ハンドブック. (編) 日本生態学会. 地人書館, 東京, p. 269–271.
- 東京都環境局 (2013). 東京臨海部における自然環境調査報告書. https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/policy_others/shizenkankyocho.files/rinkaichousa.pdf. (2023年8月15日)
- 和田芳武・佐原雄二・新井山句一郎・深堀義一・中村 譲・彰城郁子 (1974). カダヤシとメダカの関東地方における分布. *衛生動物* 25: 285–288.
- Yoğurtçuoğlu, B., kmeççi, F. G. (2017). Variation in life history and feeding ecology of the invasive eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki* Girard, 1859 (Poeciliidae), in a groundwater-dependent wetland in Turkey. *Acta Zool. Bulg.* 9: 117–130.

和文要旨

外来魚侵入の成功を理解するためには、摂餌特性を明らかにすることが重要である。本研究はカダヤシの摂餌特性を明らかにすることを目的として、東京都水元公園において2020年2月から2020年12月(4月と5月を除く)の間に180個体のカダヤシを捕獲して消化管内容物を調査し、餌生物の出現頻度(%F)と重量割合(%W)から相対重要度指数(%MI)を算出した。カダヤシから検出された食物群は昆虫類、カイアシ類、クモ類、植物(主に糸状藻類)であった。調査期間を通して最も高い%MIを示した餌生物は陸生昆虫類の成虫(98.3%)で、夏季から秋季には90%以上を示した。これは調査地のカダヤシが比較的狭いニッチ幅であることを示している。多くの在来種の重要な餌でもある昆虫類を主に捕食することで、調査地における在来種の採餌に影響を及ぼしていることが示唆された。

Received: 18 August 2023 | Accepted: 12 October 2023 | Published: 16 October 2023