

小学校理科におけるミナミメダカ *Oryzias latipes* の餌生物の調査方法 — 摂餌日周期とストマックポンプ法で採取される餌生物の偏りについて

Methods for investigation of food organisms of medaka fish, *Oryzias latipes*, in elementary school
— diurnal rhythm of feeding and bias of foods extracted by stomach-pump method

今井萌美・須山知香・三宅 崇・古屋康則

Moemi Imai, Chika Suyama, Takashi Miyake and Yasunori Koya

〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学教育学部 理科教育
TEL: 058-293-2255 (email: koya@gifu-u.ac.jp)

要 約

小学校5年生の理科において「魚は水中にいる小さな生物を食べて生きている」ことを理解させるための教材としてミナミメダカ(以下、メダカ)とその餌生物が利用されている。しかし、自然界でのメダカの摂餌活動の詳細を明らかにした報告は少ない。本研究ではメダカの摂餌活動の日周性の有無を検討した。また、生きたメダカの餌生物を調べる方法として、ストマックポンプを用いた方法を提唱し、この方法での餌生物の採取特性を調べた。1日の間での消化管の充満度を調べた結果、消化管の前半部では朝から午後にかけて増加し、その後夜間に減少した。この変動はメダカの摂食に日周性があることを示しており、摂餌はおもに日中に行われ、日中にはどの時間帯にも餌を摂取していることが示唆された。ストマックポンプ法では、ツツミモ属、ディアトマ属、コアミケイソウ属など大きさが10-40 μm と小型のものはほぼ完全に採取できたが、メダカ卵、ラセンモ属、繊毛虫類、ケンミジンコ類など大型の餌はまったく採取できなかった。このことから、ストマックポンプ法は消化管内容物をまんべんなく取り出すには不適切であり、40 μm 以下の小型の餌品目の採取には適していると考えられた。

緒 言

小学校の新学習指導要領では、第5学年のB生命・地球の(2)動物の誕生の単元で、「イ魚は、水中の小さな生物を食べ物にして生きていること」を子どもたちに理解させることを示している。また、内容の取扱いとして「池や川などの水を採取し、顕微鏡などを使って、水中の小さな生物を観察することによって魚は水中にいる小さな生物を食べて生きていることをとらえるようにする」としている(文部科学省, 2008)。魚種は特に指定されていないものの、多くの教科書ではメダカ *Oryzias latipes* (現在の正式な種名はミナミメダカ。以下、単にメダカとよぶ) が挙げられている。本州以南の多くの小学校では教材として飼育されている生物であり、この単元でもメダカは広く利用されると考えられる。

では、実際にメダカはいつ、どのような餌を摂食しているのだろうか。メダカの摂餌活動

の日周期については、26時間にわたり2時間おきに7から10個体のメダカの胃の充満度、すなわち摂餌活動について調べられた報告がある(寺尾, 1985)。寺尾(1985)によると、メダカは完全に昼行性であり12時から16時ごろに摂餌のピークがあると記載されているが、具体的な調査方法やデータは示されていない。また、井上・佐原(2011)では、採餌内容、消化管充満度の周期的変化を調べるために、潮汐周期の影響を受ける汽水域に生息するメダカを用いている。そこで本研究では、飼育個体を用いて摂餌活動における日周期の有無を明らかにすることを試みた。

学校教育の現場でメダカが食べている物を示すための適切な方法については、これまでにあまり検討されていない。メダカが食べているものを示す最良の方法は、解剖による胃内容物の観察だが、「生命を尊重しようとする態度の育成」

(文部科学省, 2008) から鑑みて, それを行うことは教育現場においては困難なのが現状である。メダカを殺さずに胃内容を観察することができる方法の1つとして, ガラス製のピペットの先端部を小型魚の口に入る大きさに加工し, 麻酔をかけた魚の口から水を出し入れすることによって, 消化管内容物を採取する方法 (ストマックポンプ法) が提案されている (古屋ほか, 2012)。この方法では, メダカを殺すことなく食べたものを観察することが可能である。ストマックポンプ法を授業に取り入れることによって, メダカの餌について従来よりも子どもたちに実感をともなった理解を得てもらえることができると考えられる。しかし, この方法を用いる際には, 摂餌して間もない個体を用いる必要があることや, 採取できる餌生物の組成に偏りがある可能性が指摘されている (古屋ほか, 2012)。そこで本研究では, ストマックポンプ法で得られた餌と消化管内に残った餌を比較することで, ストマックポンプ法の採取特性を明らかにし, この方法の有用性について検討することを目的とした。

材料および方法

実験魚 岐阜大学教育学部の淡水魚飼育施設の屋外に設置した水槽 (幅×長さ×高さ = 1 m × 5 m × 0.38 m) おいてメダカを飼育した。メダカには実験の半年以上前から餌は与えず, 従ってメダカは水槽内で自然に繁殖しているプランクトン類や底生動物類などを食べていると考えられる。

摂食日周期の調査 2012年8月15日の4時から24時の間, 4時間おきに水温を記録し, 10個体を目安に採取して直ちに10%ホルマリンで固定した。採取したメダカの体長と体重を測定した後解剖し, 消化管を取り出して消化管の重さを測定した。また, 生殖腺発達の程度による体重変化の影響を排除するため, 生殖腺を取り除き, 消化管と生殖腺が除去された魚体重 (内蔵除去重量) を測定した。消化管体指数として以下の式を用いた。なお, 繁殖期のメダカでは性別によって肥満度が異なる可能性が高いので, デー

タは雌雄別に集計した。

消化管重量 / 内蔵除去重量 × 100

消化管における餌の充満度を調べるために, 消化管の下から光を投射して肉眼で観察した。消化管の前端から後端までの間をほぼ均等にA, B, C, D, Eの5つの部分に分け, 各部分について充満度を内容物の有無から次の5段階に区分した。

- 1: 全体が空の状態
- 2: 空の部分とある程度餌が入った部分からなる状態
- 3: 全体に餌がある程度入っている, あるいは空の部分もあるが充満した部分もある状態
- 4: ある程度餌が入っている部分と充満した部分からなる状態
- 5: 全体に餌が充満した状態

以上の区分にそれぞれ0点, 1点, 2点, 3点, 4点の点数をつけ, 個体ごとに点数を集計した。消化管の充満度については, 性別を考慮せずにデータを集計した。データは平均値±標準誤差 (Mean±SE) で表示した。統計検定として, 消化管体指数の採取時間ごとの平均値の差については, 分散分析を行なった。また, 消化管の部位ごとに採取時刻間の平均値の差については, Friedman検定を行なった後, Wilcoxon符号付順位検定を行なった。有意水準はいずれも5% ($P<0.05$) とした。

ストマックポンプ法による胃内容物の採取

2012年8月29日 (4個体採取) と30日 (2個体採取) の日中にメダカを採取した。メダカを水で麻酔し, 消化管内容物をストマックポンプ法 (古屋ほか, 2012) で取り出し, 取り出した消化管内容物を駒込ピペットで集めて10%ホルマリンで固定し, その後直ちにメダカを10%ホルマリンで固定した。固定したメダカを解剖して消化管を取り出した。消化管の後方に詰まっている消化された餌の部分を取り除き, それ以外の前方部を水を張ったシャーレに入れ, ピンセットと柄付針を用いて消化管の内容物を取り出した。駒込ピペットで内容物を集めて1.5 mlの遠心チューブに入れ, 遠心分離機 (CHIBITAN-R: MILLIPORE社) で約5秒間遠心し, 内容

物を沈殿させた。沈殿物をスライドガラス上にとり、ガムクロラルを1, 2滴垂らし、カバーガラスをかぶせて封入した。ストマックポンプ法で取り出した餌についても同様の方法でプレパラートを作成した。光学顕微鏡の下で観察できた餌生物を同定し、餌品目ごとに個体数を計数した。プランクトンの同定には水野 (1998), 田中 (2002), 一瀬・若林 (2008) を, その他の水生生物の同定には江原 (1980), 津田 (1962, 1973) を用いた。

結 果

摂食日周期 メダカを採取した時刻とその時の水温を図1 Aに示した。水温は4時の26.0°Cから上昇し続け、16時に最高水温の31.1°Cを記録した。16時を過ぎると徐々に低下し、24時には28.5°Cとなった。

雌雄別の消化管体指数の1日の間での変化を

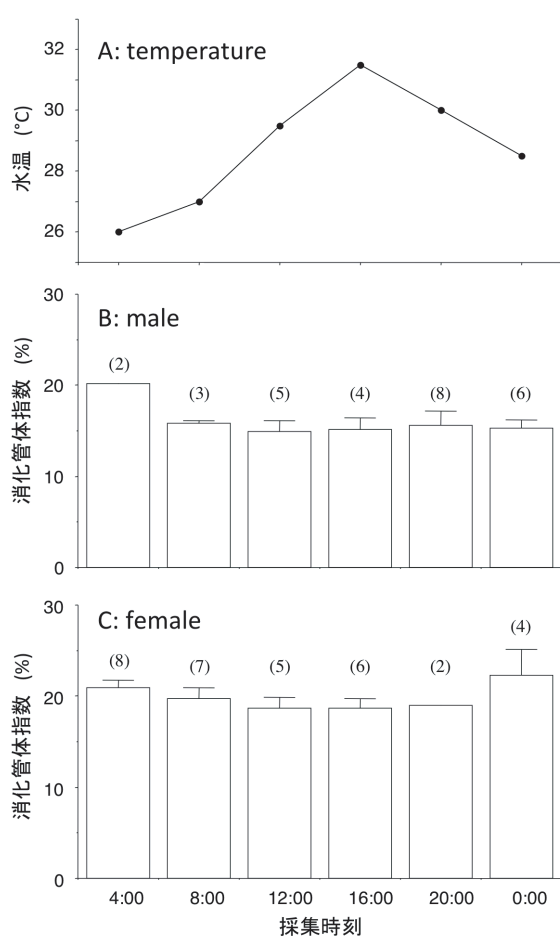


図1. メダカの消化管体指数の日周変化. A: 採集時の水温, B: 雄, C: 雌. 括弧内の数字は個体数を示す.

図1に示した。雄では、4時に他の時間に比べて高い傾向をみせたが、有意な変化はみられなかった ($P>0.05$; 図1 B)。雌では、24時に他の時間よりも高い傾向を示したが有意な変化は見られなかった ($P>0.05$; 図1 C)。

消化管の部位ごとの充満度を図2に示した。消化管Aの部分については4時にはわずかしか内容物が入っていなかったが12時にかけて充満度が有意に増加し、その後16時にかけて有意な減少がみられた (図2 A)。消化管Bの部分については充満度に有意な変化はみられなかったものの、4時から12時にかけて増加傾向を示し、16時から24時にかけて減少傾向を示した (図2 B)。消化管Cの部分については、充満度に有意な変化はみられなかったものの、4時から12時にかけて増加傾向を示し、16時から24時にかけて減少傾向を示した (図2 C)。消化管Dの部分については、16時までには増加傾向を示し、特に8時と16時の間には有意差がみられた。また、20時から24時にかけては有意な減少がみられた (図2 D)。消化管Eの部分については、充満度は4時から8時にかけて減少し、8時から16時にかけて増加し、20時から24時にかけて減少した。さらに、24時と4時の間にも有意な増加がみられた。

ストマックポンプ法と解剖による餌品目の比較

メダカ6個体からストマックポンプ法およびその後の解剖により採取された餌品目を表1に示した。ストマックポンプ法で採取した消化管内容物の中から、メダカが摂餌したと思われる7品目が確認された。珪藻類のコアミケイソウ科は多くの個体から多数採取できた。それ以外には、ダニ類が3個体から、ゾウミジンコ類、イカダモ属、ラセンモ属、双翅目幼虫がそれぞれ1個体から確認された。解剖により胃の中に残っていたことが確認されたものとして、8品目のものがみられた。ダニ類はすべての個体から確認され、次いでメダカ卵と双翅目が3個体から、ケンミジンコ類 (ノープリウス幼生) と繊毛虫類が2個体から確認された。ストマックポンプ法とその後の解剖によって得られた餌品目を比較すると、コアミケイソウ科はストマックポン

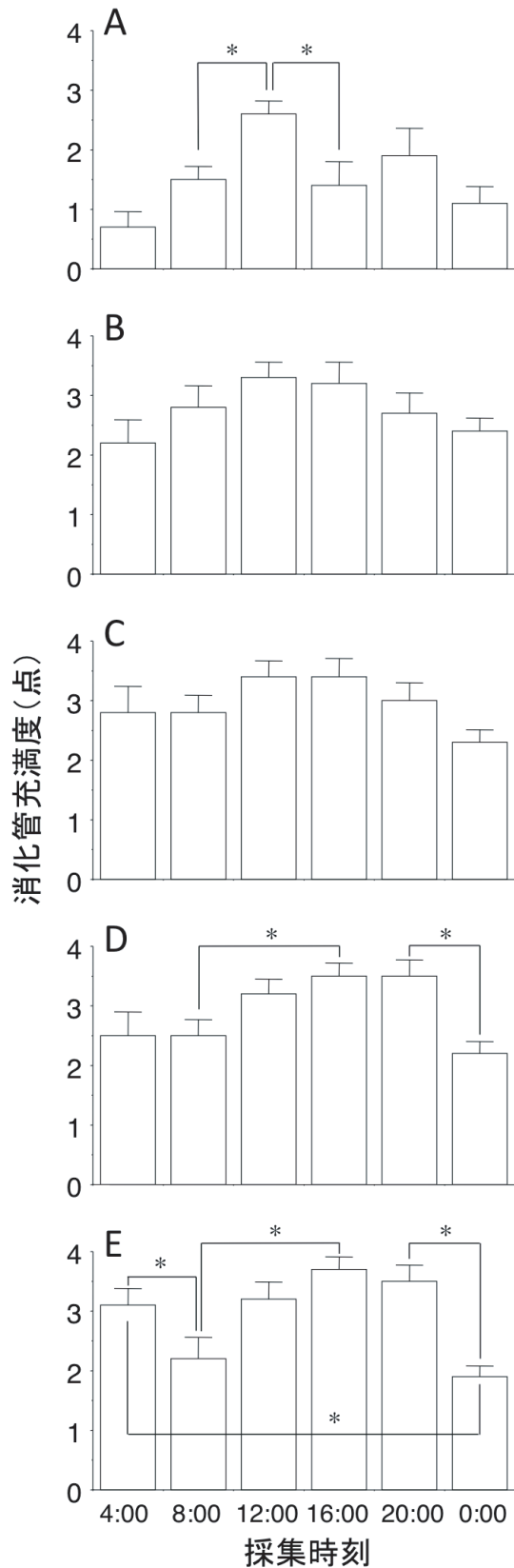


図2. メダカの消化管の部位ごとの充満度の日周変化。AからEまでは消化管の前方から後方の各部位を示す。*は有意差 ($P < 0.05$) があることを示す。N=10。

ブ法によりどの個体にも見られたのに対し、解剖ではまったく見られなかった。また、ストマックポンプ法により1個体のメダカから8個のディアトマ科が採取されたが、同一個体から解剖によりディアトマ科は確認できなかった。一方、ケンミジンコ類(ノープリウス幼生)、メダカ卵、および繊毛虫はストマックポンプ法では採取されなかったが、解剖により多くの個体で多く観察できた。ゾウミジンコ類、イカダモ属、双翅目、およびダニ類はどちらの方法でも確認できたが、イカダモ属とダニ類については解剖により確認された数の方が多かった。

考 察

井上・佐原(2011)は、汽水域に生息するメダカを3時間おきに24時間連続採取し、ホルマリン固定した個体を解剖して採餌内容、消化管充満度の周期的変化を調べている。その結果、採餌活動は基本的に明暗周期に大きく関係し、夜は摂餌しない昼行性の傾向をもっているが、昼の満潮時と干潮時での消化管充満度に変化があるなど、潮汐周期も関わっていることを示した(井上・佐原, 2011)。本研究では、1日の間で消化管重量が体重に占める割合(消化管体指数)を調べたが、有意な変化はみられなかった。一方、消化管充満度の調査からは、メダカに摂食日周期があることを示す結果が得られた。消化管重量が体重に占める割合は、魚体の肥満度や雌雄の違い、生殖腺の発達程度など、摂餌以外の要因による数値の変動が大きく、特に小型魚であるメダカでは、摂餌活動の指標としては適していないのかもしれない。一方、消化管充満度は客観性にはやや欠けるものの、消化管内容物の有無を直接反映できる点で、摂餌活動の指標として有効であるといえる。本研究では、消化管の前半部で4時から12時にかけて消化管充満度が高くなり、16時から24時にかけて充満度が減少するという結果が得られた。この結果から、メダカはおもに日中に餌を食べていることが示された。

佐原(1979)は、野外でカダヤシ *Gambusia affinis* の消化管充満度を2時間ごとに調査し、本種が日没とともに摂食活動を停止し、夜間に

表 1. ストマックポンプ法により取り出せた餌品目と取り出せなかった餌品目.

餌品目名	個体番号					
	1	2	3	4	5	6
ストマックポンプで取り出せたもの						
ゾウミジンコ属	1					
イカダモ属		1				
ツヅミモ属	1					
ディアトマ科		8				
コアミケイソウ科	13	64		8	3	39
双翅目		1				
ダニ類	2	1	1			
その他 (残渣)	7	16	7	2	1	8
解剖により取り出せたもの						
ケンミジンコノープリウス	13					10
ゾウミジンコ属					1	
イカダモ属					11	
ラセンモ属					1	
メダカ卵		4	1		2	
双翅目	1		2	1		
ダニ類	1	3	5	5	3	5
繊毛虫類					3	5
その他 (残渣)	13	25	15	4	10	14

は摂食しないらしいと述べている。さらに彼は、その摂食活動が日出直前から開始されることに注目し、日出直前には水温の上昇はまだ始まっていないことから、カダヤシの摂食活動開始の刺激は温度ではなく、明るさにあると指摘している (佐原, 1979)。メダカはカダヤシよりも低水温に適応しており、夜間の低水温により摂食活動に支障がでるとは考えにくいことから、カダヤシ同様に摂食活性には明るさ、すなわち餌を視認できるかどうかことが重要であると考えられる。

ストマックポンプ法による餌生物の採取により、ツヅミモ属 (20-30 μm)、ディアトマ科 (10-40 μm)、コアミケイソウ科 (10-30 μm) など、小型の餌についてはほぼ完全に取り出すことができたが、逆にメダカ卵、ラセンモ属、繊毛虫類、ケンミジンコのノープリウスなどの大型の餌についてはほとんど取り出すことができなかった。したがって、ストマックポンプ法は

消化管内容物をまんべんなく取り出すには不適切な方法であり、主に40 μm 以下の小型の餌品目の採取に適していると考えられる。野生メダカは、双翅目なども好んで摂食しているが (今井, 未発表データ)、ストマックポンプ法では、大型の餌を取り出すことが困難であると考えられる。このため、ストマックポンプ法は野生に生息するメダカの食性調査などに使うことはできない。教育現場において、児童生徒にメダカが食べていたものを直接取り出して観察させることを目的とする場合、上記のような採取特性を知った上で用いるのであれば、有効な方法であるかもしれない。観察に用いるメダカに予め給餌できるとすれば、ミジンコ類などの大型のものを避け、小型の植物プランクトンを与えておけば、それらを取り出す上では有効な方法であると言える。

ストマックポンプ法には、以下に示すようないくつかの課題も存在する (古屋ほか, 2012)。

1つ目は、メダカ用ストマックポンプの作製には多少の熟練が必要であることである。ガラスの細工に慣れている教員であればほとんど問題なく作製することが可能であるが、理科を専門としない教員が行うには、ある程度の練習が必要である。また、すぐには作れないために、あらかじめ授業の準備の段階で作製しておくことが望ましいと考える。2つ目は、ストマックポンプがガラス製で、先端が細かいことから、扱いに十分な注意が必要であることである。特に、児童・生徒に扱わせる際には、注意を促す必要がある。消化管内容物を採取する操作を行う際には、小さなメダカを対象とするため、器具だけでなくメダカの扱いにも繊細さが要求される。3つ目は、魚を採取するタイミングである。今回の方法を用いてメダカなどの小型魚の消化管内容物を採取する際には、用いる魚が自然の状態で餌を食べて間もない状態にあることが重要である。消化管内容物を採取しそれを観察するには、学校敷地内あるいは学校に隣接した場所に魚を屋外飼育できる施設（人工池やビオトープなど）が存在し、そこから観察の直前に魚をもってくるができる環境が必要である。また、その飼育施設では、人による給餌をしなくとも自然に繁殖する動植物プランクトンを餌としてメダカなどの小型魚が生息している必要がある。

授業にストマックポンプ法を取り入れてメダカの食性を理解させるには、池やビオトープが設置されている学校において、2時間の授業を設定する必要がある。1時間目には、メダカがいる池の水を採取し、どんなプランクトンがいるのかを顕微鏡で観察する。2時間目には、教員が採取したメダカを用いて、子どもたちの目の前でストマックポンプ法を用いて消化管内容物を採取し、消化管内容物を大型テレビなどを用いて子どもたちに見せる。これらの授業を通じて、野生メダカは水の中に生息するプランクトンを食べていることを児童に実感してもらうことが可能である。小学校5年生では、ガラス製のストマックポンプを用いて、メダカの消化管内容物を取り出す作業は困難であり、授業をスムーズに行うためには、教員による演示が中

心とならざるを得ない。しかしながら、ストマックポンプを用いることで、小魚は水の中の小さなプランクトンを食べ、その小魚をより大きな動物が食べて生きているといった、自然界での食物連鎖をより実感しやすくなるのではなからうか。

引用文献

- 江原昭三（1980）：日本ダニ類図鑑．全国農村教育協会．
- 一瀬 諭・若林徹哉（2008）：やさしい日本の淡水プランクトン．滋賀の理科教材研究委員会（編），合同出版．
- 井上貴裕・佐原雄二（2011）：河川感潮域に生息するメダカ *Oryzias latipes* の潮汐周期活動．2011年度日本魚類学会年会 講演要旨集，89 p．
- 古屋康則・吉松三博・三宅 崇（2012）：小学校第5学年理科「水中の小さな生物」の授業に対応した、「魚の食べもの調べ」の方法について．岐阜大学教育学部研究報告（自然科学），36，31-35．
- 水野壽彦（1998）：日本淡水プランクトン図鑑．保育社．
- 文部科学省（2008）：小学校学習指導要領解説理科編．大日本図書，105 p．
- 佐原雄二（1979）：カダヤシの食性．大久保新也・広瀬吉則（編）pp. 31-39，舶来メダカによる蚊の駆除，新宿書房．
- 田中正明（2002）：日本淡水産動植物プランクトン図鑑．名古屋大学出版会．
- 寺尾 修（1985）：野生メダカの生態．遺伝39，47-50．
- 津田松苗（1962）：水生昆虫学．図鑑の北隆館．
- 津田松苗（1973）：水生昆虫の生態と観察．p. 67-72，ニュー・サイエンス社．