

Title	新しい生物学学生実験の開発I：仮説検証的要素をもったミジンコの観察
Sub Title	Development of a new student experiment program : observation of morphology and feeding behavior of Simocephalus vetulus with hypothetical testing method
Author	片田, 真一(Katada, Shin'ichi)
Publisher	慶應義塾大学日吉紀要刊行委員会
Publication year	2009
Jtitle	慶應義塾大学日吉紀要. 自然科学 (The Hiyoshi review of the natural science). No.45 (2009.) ,p.55- 68
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	研究ノート
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN10079809-20090331-0055

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

新しい生物学学生実験の開発 I ——仮説検証的要素をもったミジンコの観察——

片 田 真 一

Development of a new student experiment program — Observation of morphology
and feeding behavior of *Simocephalus vetulus* with hypothetical testing method —

Shin'ichi KATADA

はじめに

慶應義塾大学日吉キャンパス特色 GP「文系学生への実験を重視した自然科学教育」の事業 III「新しい実験テーマの開発と実験マニュアルの整備」(生物学)の一環として、筆者はミジンコ(オカメミジンコ *Simocephalus vetulus*: Daphniidae)を使った学生実験テーマを開発中である。本論では「文系学生向け生物学実験(仮説検証的要素をもったミジンコの観察)」と、ミジンコを学生実験の材料とする際の留意点・準備に係るマニュアルを報告したい。今回紹介する「学生実験」の所要時間は講義時間内に収まるように、実験ガイダンスも含めて180分を想定している。この学生実習は一見、ミジンコの形態観察である。しかし単なる「観察」に終わらぬよう、ここに「仮説・検証型」の要素を加えたものとした。

ヒトの頭の中にはその人が経験してきたことに基づく「常識」がある。「ヒト」のように眼が2つある生物でも、顔を真横から見ればそこには眼は一つしか見えない。魚類、両生は虫類、鳥類、ほ乳類の多くが横から見れば眼が一つに見えることを、私たちは「常識」に思っている。さてではミジンコはどうなのだろうか?ミジンコを横から観察するとそこに眼は一つだけ見えており(図1)、その裏側には反対側の眼があるように思える。だがこれは「狭い見識に基づいた常識」である。ミジンコという生物は中学、高校等の教科書・参考書への登場回数も多く、学生のほとんどはその存在を知っているし図1のような絵もよく知っている。そして学生たちは、「ミジンコの眼(複眼)も2つある」と勝手に思い込んでいることが多い。しかし実際にはミジンコ類の左右の複眼は中央で癒合し、見かけ上は一つになっている(上野, 1973)。学生は自分の「常識」に基づいて、つまり眼はきっと2つあるだろうと予測して観察を始めるが、

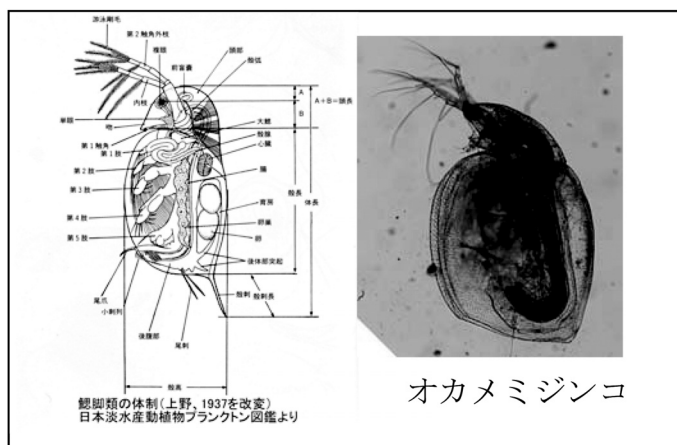


図1. ミジンコ類の体制

オカメミジンコの体長は成熟個体で1.2～2 mm程度。一般的な学生実験用の光学顕微鏡100倍で視野いっぱいになる、ちょうど良い大きさである。

実際には一つであることを「発見」することとなる。この過程は、仮説をたて、実験で検証し、検証結果をレポートにまとめる科学的実験プロセスと同じものと考えることができよう。またミジンコの頭部には吻と呼ばれる突起が見られることがあり、これは口器のようにみえる（図1）。そこで、生きたミジンコに擬似的な餌（水に懸濁させた赤い色素）を与え観察すると、この吻とは無関係のところから食物を取り込んでいることが分かる。つまり、「吻は口である」という学生の予測はここでも裏切られることとなる。このような「錯覚」を利用した学生実習をここでは紹介したい。

1. 学生実習の材料としてのオカメミジンコ

分類と形態

オカメミジンコは節足動物門，甲殻亜門，鯰脚綱，枝角目（ミジンコ目）に属する（上野，1973）。体の左右に飛び出した一対の触角（第二触角）を上下に動かして遊泳する。二枚貝状の殻に覆われているが腹面は開口し，ここから餌となる微生物や有機物を取込む。頭部も含め殻はほぼ透明で体内の様子（腸，心臓，卵巣，複眼の周りの筋肉など）も観察可能である。成熟したオカメミジンコの体長は1.2～2.0mmほどで，肉眼でも確認できる。学生実習で利用される一般的な光学顕微鏡100倍での視野直径は1.5～2.0mm程度であるため，これでちょうど体全体が見える大きさで，淡水性プランクトンとしては比較的大型な種である。

生殖

一般にミジンコ類（枝角目）は，環境条件が良好ならば単為生殖し，悪化すると休眠卵を産

むと考えられている（上野，1973）。本種も例外ではなく，飼育容器内では一貫して単為生殖のみで増殖してきたと思われる。卵は2～20個で，これらはメス体内で発生が進み，親とほぼ同形の個体が産み落とされる。産まれた個体は2～4週で成熟する（personal observation）。また水条件が悪化すると通常の卵よりも大型の休眠卵が形成される。飼育水槽への餌（後述）の供給を止めて1ヶ月ほどすると，水槽の底に休眠卵が見られることがある。オカメミジンコは神奈川県内では，春に田んぼや沼で多数発生する普通種で，おそらくそれらの底土には本種休眠卵が多数存在しており，条件の好転を待つてふ化するものと思われる。私が観察を始めてまだ3年ではあるが，オスと思われる個体は未だ観察されていない。

今回用いた材料は，慶應義塾大学日吉キャンパス第二校舎ペランダに長期間設置された水槽の底土50mlほどを室内水槽に持ち込み，ここから発生した個体を別水槽に単離し累代的に増殖させたものである。2005年12月に発生した個体の子孫が一度も絶えることなく，2008年9月現在でも室内で生育中である。（オカメミジンコ以外にも，この土からはケンミジンコ類，マルミジンコ類も多数ふ化したが，今回の実験には用いなかった）。

増殖の速さ

学生実習の試料とするためには，一度に大量の個体が必要となる。そこで，オカメミジンコの準備に要する時間，増殖スピードや増殖状況を知るために，1リットル瓶を使って個体数の変動を観察した。汲み置きした水道水700mlを入れたポリプロピレン製の3本（A，B，C）の瓶に元気の良い大型（1.5mm以上）の個体1匹ずつを入れ，これに餌および栄養源としてグリーンウォーター100mlを調査開始時に一度だけ加え，20日間にわたってミジンコの個体数を調査した。

飼育はすべて自然光の当たらない室内で行い，特別な水温管理は行わなかった。pH調整剤等のサプリメントも行わなかった。この調査では，エアレーションは行わなかった。4～8日おきに瓶内のミジンコ全ての個体数をカウントし，その変化を瓶ごとに図示した（図2）。

瓶Aでは実験開始後から順調に増殖を始め，16日後にはピークを迎え，その後急激な減少に転じた。瓶B，Cの個体数のピークはそれぞれ16日後および20日以降であった。このように，いずれの瓶も同じ日にセッティングされ条件も同じであったにもかかわらず，個体数がピークとなる時期とその時の個体数は，瓶ごとに違いが見られた。個体数がピークとなる時期が異なることの原因は現在のところ分かっていないが，可能性として考えられるのは，はじめに投入した親ミジンコの生理的状態（いわゆる，元気の良さ）の違いかもしれない。

AとBの瓶のミジンコ個体数はピーク後急激に減少し，数日後にはゼロとなった。

以上より，親として用いるミジンコの状態が良好ならば，2週間程度で数百匹の個体を得られることが明らかとなった。1リットル瓶×3本あれば，学生実験6クラス分（およそ300人分）の実習遂行に足りるだけのミジンコを得ることができた。しかし，このような大量増殖をこれまで5回ほど行ったが，個体数の多い状態を維持することは極めて困難で，通常1～2週間たらずに個体数は1／10以下に激減した。

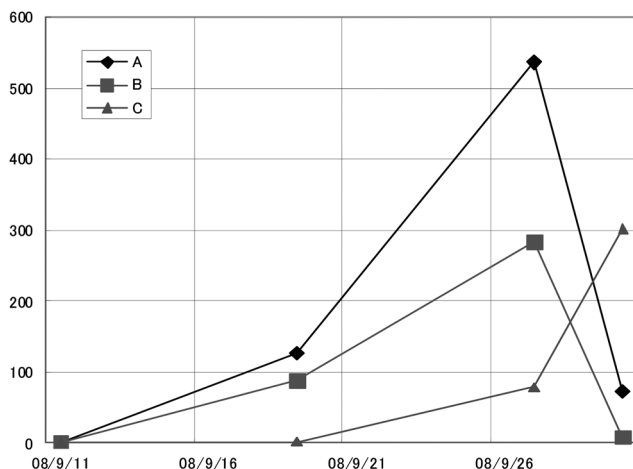


図2. 1リットル瓶で飼育したミジンコ個体数の経時の変化。

横軸は観察日、縦軸は総個体数。三本の1リットル瓶それぞれに1匹ずつ成虫を入れ、個体数（はじめに入れたミジンコの子や孫の数）の変化を記録した。2008年9月11日開始、9月30日まで。いずれの瓶も飼育条件は同じにした。餌（グリーンウォーター、本文参照）の添加は実験開始時に一度のみとした。瓶A、瓶Bともに実験開始後8日目にはほぼ100匹に達した。瓶Cでは8日後でも1個体のままであったが、その後数が増え始め、20日後には300匹になった。この個体数には0.5mm以下の小さなものも含まれるため、すべての個体が実験材料として適しているわけではない。

これらのことを考慮するとミジンコを学生実験に使用する場合は、(1) 増殖瓶を可能な限り複数用意し、(2) 増殖に成功した瓶を学生実験に用いる、というのが良いだろう。

餌となるグリーンウォーター

大型培養瓶（9リットル）に水8リットル、野外水槽で採取した濃緑色の水10ml、ハイポネックス1ml、鶏糞一つまみを入れ、蛍光灯を一日中当てながらエアレーションし、2週間程度で濃い緑色の水を得た。本種の増殖にはこのグリーンウォーターを餌として用いた。この緑水を検鏡したところ、大きさ形態ともにクロレラ様の緑藻、ゴレンキニア属 (*Golenkinia*) に似た緑藻および同大の鞭毛虫類が多数認められた。野外水槽で大型金魚をフィルター無しに飼育すると緑色に強く濁ることがあるが、このグリーンウォーターも餌として有効であった。

累代飼育と大量増殖

オカメミジンコを密度の高い状態で維持することが困難ならば、学生実験の試料とするためには、個体数の少ない状態で長期間維持する「累代飼育」と、実験等で大量に用いる前に個体数を飛躍的に増加させる「大量増殖」とを組み合わせながら飼育する必要がある。

累代飼育については、市販の梅酒瓶もしくは30cm水槽を使用した。ミジンコの餌となる微生物や溶存有機物を供給するために、1回／週から1回／月の頻度で鶏糞（今回はヒメウズラの糞尿）を一握みすり潰して添加した。正確な個体数は数えなかったが、この状態で100～300匹程度の成虫が年間を通して継続的に維持できた。本種の飼育には、一年を通して特別な水温

管理は行わなかった。研究室の室温は冬は10～20℃程、夏は30℃を超えない程度に調整されており、(夏期にやや元気が無かったものの) ミジンコは一年を通じて繁殖が確認された。pH調整剤や塩類の添加等のサプリメントも行わなかった。蒸発により水面が低下したときには、1日以上汲み置きした水道水を適宜加えた。飼育当初はエアレーションをせずに飼育していたが、水が茶色に濁りミジンコが減ることがあった。その後弱いエアレーションであればミジンコも元気に育つことが分かり、可能な限り実施することとした。極端な水の濁りが生じることも無く調子よく生育している。

続いて大量増殖について述べる。水槽に累代飼育した水2～3リットルとともにミジンコ100匹程度を入れ、これに餌(グリーンウォーター)200mlを3～7日に一度のペースで加えた。餌を入れすぎると水が腐りミジンコが酸欠/死滅することがあるため、ミジンコの食べるスピードに応じて餌量の調整を行った(グリーンウォーターを入れた直後は水槽の水が緑色になるが、ミジンコの数に応じて3～7日で緑色は消える。この緑が消えた時に次の餌を与えるようにした)。エアレーションは行わなかったが、行う場合はミジンコの体を傷つけぬようごく弱めにした。この操作を0.5～1.5ヶ月続け、水槽あたり1000匹以上の成虫を得た。前述したように、この個体数をそのまま維持するのは困難である(未だ、成功したことが無い)。学生実験に使用する場合は、瓶を数本用意し、実験日にちょうど良く増殖したものをを使うのが良いだろう。

2. 学生実験：形態の観察・採餌様式の観察

実験に先立つガイダンス

生態学の教科書では「生産者→一次消費者→二次消費者→さらに高次の消費者」という栄養段階の階層性が紹介されていることが多い。しかし水生微生物の世界では食う-食われる関係が複雑に入り組んでおり、栄養素・エネルギーが循環する「ループ状の構造(もしくはネットワーク状の構造)」になっていると考えられており(図2)、これは微生物ループと呼ばれている(微生物ループの解説としては例えば永田俊, 1993など)。例えばメダカやモツゴなどの小型魚類でも、原生物類は小さすぎて餌には不適なことが多く、微生物ループ内で循環する「栄養」がより高次の消費者へ上って行くことがないように見える。この中においてミジンコ類やワムシ類といった比較的大型のプランクトンは小型魚類の餌となりうる。その小型魚類はさらに大型の魚類や鳥などの餌となっていく(図3, 4)。こうしてみるとミジンコは、水系生態系の中で微生物ループに溜まっているエネルギーを高次の消費者へと受け渡す要石的な役割を負っているとも言えるかもしれない。このミジンコはどのような体制を持っていて、またどのような採餌様式なのか、詳しく観察していく。

実験の概要

まず光学顕微鏡を使って、ミジンコを横から観察し、スケッチをする。次にミジンコを縦向

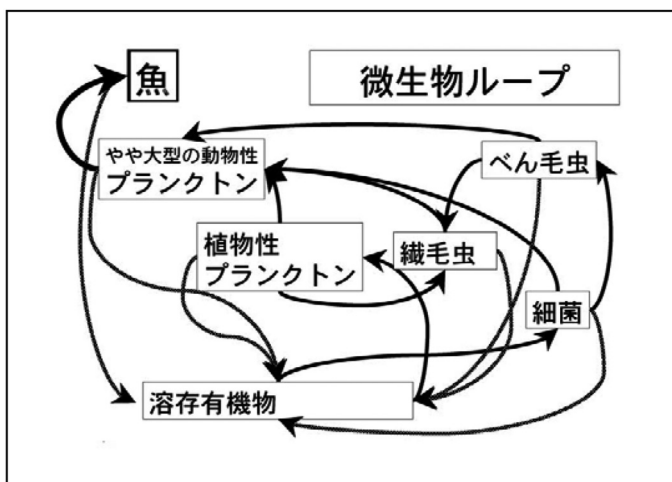


図3. 微生物ループの模式図

植物的なプランクトンが繊毛虫などの動物的プランクトンに捕食される。各個体の老廃物や死骸は分解された後、溶存有機物として水に解け、これが細菌およびその他の微生物の栄養源として利用される。そしてこれらはまた、他のプランクトンの栄養源となる。水界生態系にはこのようなループ状の構造が存在すると考えられている。

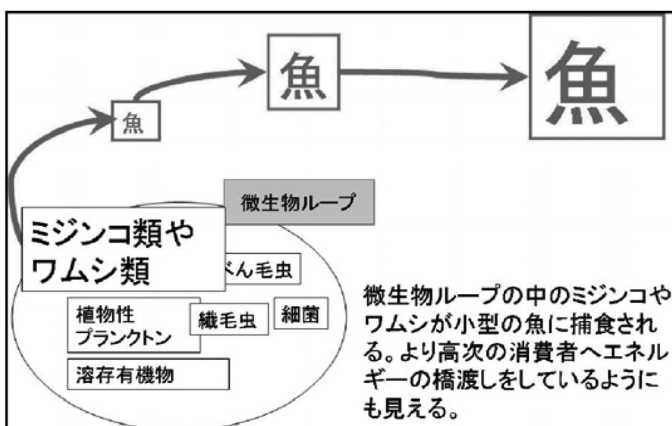


図4. 微生物ループから魚類への食物連鎖の模式図

ミジンコやワムシ類は小魚に捕食される。彼らがいなければ、微生物ループの栄養は高次の消費者へ伝わることは無い。

きにして同様にスケッチをする。このとき複眼の位置と形，単眼の位置と形に注目させ，ミジンコを立体的にとらえることを目指す。次にミジンコを横向きにした状態で，擬似的な餌（今回は薄めたコンゴーレッド水溶液）を添加し，ミジンコが食物を体内に取り込む様子を観察・記録させる（図5）。このとき口器の位置や形に注意して観察を行う。ミジンコはホール付ス

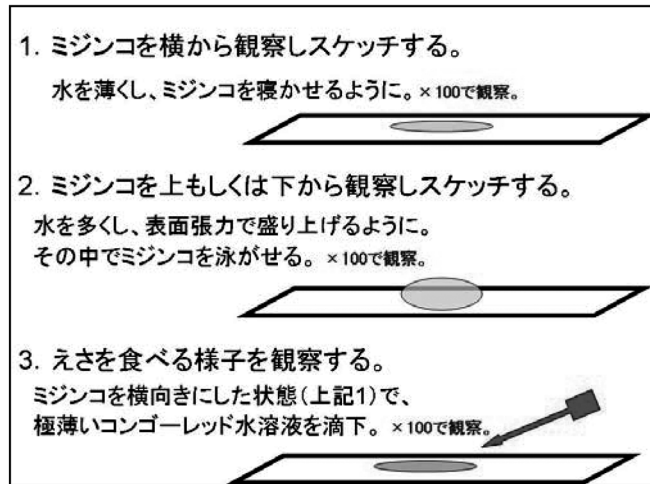


図5. 実験の3つの課題

水の量を調節し、ミジンコを横向きもしくは縦向きにさせて観察を行う。水量の調節は基本的にパスツールピペットで行うが、細かく切った濾紙などを使用してもかまわない。課題2では、水を多めに使い、その中でミジンコが自由に泳げる状態を作る。ミジンコが元氣よく泳ぎ回っていれば、ミジンコが立て向きになっているところが観察できる。ミジンコが横や斜めに傾いてしまうときには、新しい個体でやり直すのが良い。この時、やや小型(0.5~1.0mm程度)の個体の方が成功しやすいようだ。課題2の餌を食べる様子の観察では、用いるコンゴレッド水溶液はやや色がついている程度のごく薄いもので良い。

ライドグラスを使って観察するが、ピペットを上手に使い水量を調節することで、横向きにも縦向きにもコントロールできる。

使用器具

光学顕微鏡、ホール付ライドグラス、パスツールピペット、コンゴレッド水溶液。細かく切った濾紙(ライドグラス上の水量の調節に用いる)。カバーグラスは使用しない。

資料1は学生配布用プリントである。

学生実験の結果

2007, 2008年の2年間で、慶應義塾大学日吉キャンパスの文系学生12クラス(一クラス50人ほど)で本実験を実施した。

学生は横向きのミジンコをスケッチした後に縦向きの観察を行うので、「縦向きに見ると、きっこうなるだろう」という「予測」を知らず知らずのうちに立てている(図6)。この思い込みが激しすぎたため、縦からみたミジンコの複眼の位置を正確に描けなかった場合(つまり、縦から見た時に複眼が2個に見えてしまう)がクラスあたり0~1例出現した。しかし他のほとんどの学生は「観察の結果、自分の予測が間違いであったことに気がつき」正しいスケッチを行うことができた(図7)。

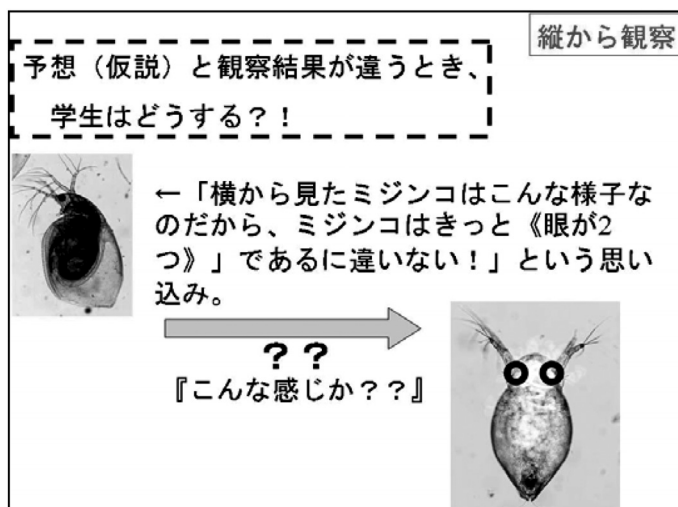


図6. 学生が考える「縦向きミジンコ像」

学生はまず、ミジンコを横から見てスケッチし、その後縦向きにした観察に入る。その時横から見た図から「縦ではきっこう見えるだろう」という予測を頭の中に持っている。多くの場合、「眼は二つだろう」と「予測」しているようだ。

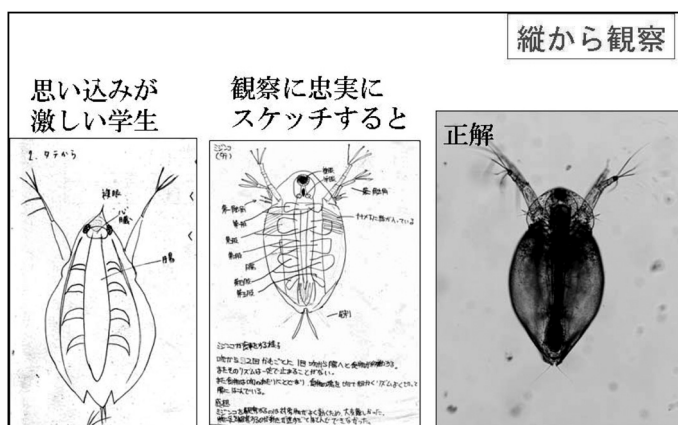


図7. 学生レポートに描かれた縦向きミジンコ像。眼は2つ？それとも1つ？

左から、眼（複眼）が二つに見えたという学生のスケッチ、観察から「眼はひとつ」であることを「発見」した学生のスケッチ、そしてミジンコを縦にして撮影した写真、である。

「眼の位置の観察」に比べると課題の2点目の採食様式の観察はやや難度が高かった。ミジンコの頭部には突起（吻と呼ばれている）があり、これはまるで口のように見える。しかし水中に擬似的な餌を入れてミジンコが採餌する様子を観察すると、餌は体前面の割れ目から直接体内に入り頭部下付近で濃縮され、大鰓から「ごくり」と飲み込まれ腸に入っていくのが観察される（図8）。つまり、頭部前面の突起（吻）が採食に無関係であることが判明し、学生たちの「吻は口だろうという予測」がここでも裏切られることとなる、と期待していた。しかし



図8. 学生レポートに書かれたミジンコの採食方法。吻は口ではない。

コンゴレッドは水には溶けず、顕微鏡を用いると黒い粒子として観察できる。この粒子の流れから、ミジンコが体の回りや中で起こしている水流が視覚化される。落ち着いて観察すると、この粒子は吻とは無関係の場所（頭部より下の腹部前面の割れ目）から体内に取り込まれ、のどの大鰓付近に一度貯められた後、ゴクゴクとリズミカルに腸へと送り込まれていくのが分かる。学生のほぼ半数が、この様子を観察できた。観察がうまくいかず「吻から飲み込んでいた」と書いた学生も多かったが、これは顕微鏡の焦点や絞りの調整が未熟でコンゴレッド粒子の流れを確認できなかったことによるものと思われる。

実際学生の反応をみると、およそ半数の学生が「吻が口だ」とレポートに書いた。コンゴレッドは水には不溶で顕微鏡下では粒子状に見え、ミジンコの起こす水流を観察しやすくするのだが、顕微鏡操作に不慣れな学生には難しい観察だったようだ。焦点調節、絞り調節が不十分なため、食物の取り組み口をしっかりと観察できず、「吻は口だ」という誤った思い込みを打ち破るほど明確な結果に到達できなかったものと思われる。ほぼ全ての学生が「眼は一つだ」と気づいたこととは対照的である。今後観察方法やガイダンス方法などの改良が必要になるかもしれない。

終わりに

繰り返し述べてきたように、本実験は一見、単なるミジンコの観察・スケッチをしているだけだが、実はその中に科学実験を行う上で必要な「仮説、検証、考察」の要素が含まれたものとなっている。ミジンコという生物の存在は知っているもののミジンコの複眼が一つしかないという事実はあまり知られていないため、また吻と呼ばれている頭部全面の突起も、口のように見えるものの口器とは無関係であることはあまり知られていないため、このような「実験」が可能になった。（オカメミジンコには「吻」があるが、吻の無い（頭部全面が平坦な）種も多数存在する（水野，1964；田中，2002；滋賀の理科教材研究委員会，2005））。

この実験に参加した学生の考察・感想の抜粋を付表に挙げた。「結果が前もって予測できてしまう仮説検証型の実験」では得られない驚きや感動がここにはある。生物をじっくりと観察することの楽しさや、そのことによって自分の見識が広がったという実感が現れている。これは、文系学生向けに「生物学実験」を開講する大きな意義の一つであると、私自身も強く感じた。今後も「楽しくて勉強になる」実験を充実させるべく努力して行きたい。

謝辞

この「学生実験，ミジンコの観察」を開発するにあたっては，慶應義塾大学日吉キャンパス特色 GP「文系学生への実験を重視した自然科学教育」から全面的な援助を受けました。また，慶應義塾大学生物学教室の岸由二教授，長沖暁子准教授，福山欣司准教授からは多岐にわたる有益な助言を頂くとともに，今回の学生実験を実演する場を提供して頂きました。あわせて，お礼申し上げます。

引用文献

- 上野益三（1973）枝角目，In：日本淡水生物学，409-430pp，川村多實二原著，上野益三編修，北隆館，東京。
- 滋賀の理科教材研究委員会 編（2005）日本の淡水プランクトン，図解ハンドブック。合同出版。
- 田中正明（2002）日本淡水動植物プランクトン図鑑。名古屋大学出版会。
- 永田俊（1993）微生物ループと水圏物質循環—溶存有機物の生成と分解をめぐって。Bulletin of Japanese Society of Microbial Ecology, 8：149-155
- 水野壽彦（1964）日本淡水プランクトン図鑑。保育社。

付表：2007年度ミジンコ実習の感想、考察の抜粋

2007年7月11日（慶應義塾大学，文系学生1～2年生対象の「生物学」講義内で実施）

- 1 （餌を食べる様子）足を小刻みに震わせて水流をつくり，黒い粒をどんどん吸い寄せていく。そして黒い粒は吸い寄せられて，横から見ると心臓の上のたまに動く器官のところ辺で濃縮され，黒いかたまりになったところで，それを少しずつ吸収している。たまに動く器官は，餌を入れると動きが活発になり，常に動くようになる。縦から見ると吸収するときは真ん中が開くようにも見た。感想：ミジンコは良く動くので，とくに縦に見たときのスケッチが難しかった。
- 2 ミジンコを縦から見ようとすると動き回ってしまいスケッチが大変だった。また，エサだけでなく何でも取り込んでしまうので，おかしかった。
- 3 目は1つしかない。スケッチしていないミジンコに，卵をかかえているやつがいた。1つ30 μm ぐらいで，10個ぐらい，背中の中，心臓の下あたりにあった。
- 4 のどとなる部分。飲み込むときに，ゴクゴクと動いているのが分かる。
- 5 図鑑等では横向きの図ばかりであるため，縦から観察すると複眼単眼が各々1つずつしかないことと，甲殻の構造などがはっきり分かって新鮮だった。
- 6 体の構造がより複雑で，見るところは他のプランクトンより格段に多かったが，その役割に注目して書いていくと楽しかった。
- 7 横向きではあいらしいミジンコだがたて向きだとクモのようで少し気持ち悪かった。小さいのにえさを食べる仕組がととのっていてすごいと思った。
- 8 ミジンコの子供：間もなく生まれそうな子供が親ミジンコの体内にいた。もう複眼はハッキリと分かる。背中にあたる部分に，体細胞と思われる粒が集中していた。感想：ミジンコがエサを取り込み，それが腸へと送られていくのを見られて，ミジンコも人間と同じように食物を消化していくことが実感できました。
- 9 複眼は2つあるのかと思っていたが，実際は一つであることに一番驚いた。感想：今日は，横からだけでなく，縦からもミジンコを見れたので，ミジンコに対する見方が変わりました。小さな体の中で肢を高速で動かしたり，子を持っていたりと，観察するのは大変でしたが，特にエサを食べたときなどは感動しました！
- 10 最初はミジンコの瞬敏（ママ）な動きに慣れず気持ち悪かったけど，だんだんそれにも慣れてミジンコの構造がおもしろくてじっと観察していた。横から見たときと縦から見たときで見え方が異なって「眼が一つだったんだ」と気づいた。ミジンコの実体を立体的にとらえることができた。
- 11 驚いたのが複眼は一つしかないことだ。てっきり2つあるものと思い込んでいたが，どうやらそうではないらしい。しかし，よく考えてみると水中で小さなプランクトンを飲み込んでこしとるミジンコに目の力はそんなに必要ないのかもしれない。また単眼が真ん中にあることも上から観察したときに気付いたが，複眼が一つしかないことを考えると，真ん中にあるのもっともなことかもしれない。感想：ミジンコは好きな生物だったので，最後に観察することができて良かったです。複雑な構造にびっくりしたり，複眼が1つしかないという発見もできて充実した観察になりました。
- 12 観察すればするほどエビににていて驚いた。動きが速くてスケッチが大変だった。
- 13 1.2mm程の大きさのミジンコにも，こんな複雑な構造があって感動しました。肢の動きが速すぎてうまく観察できませんでしたが，心臓が動いている点が身近に感じられました。生きてるんですね。
- 14 消化機能は微生物と呼んではいけないのではないだろうかというくらいに思った。秋からも常になぜ？という疑問の目を持ちながら取組んでいきたい。
- 15 ミジンコのようなモノを見るのは苦手なので，スケッチがつかった。
- 16 エサを食べさせる：エサをあげると，周りの水とともに，頭と殻との間からエサを吸いこみ出す。すると，腸へエサが行きわたり，それから大腸へ行きわたっていった。腸へ行きわたると，排泄が始まった。
- 17 いくつも見るものがあったので今までで一番大変だった。動くものを見るのは本当に困難だと実感した。何度もプレパラートを作り直さなければならなかった。

- 18 ミジンコがうごくので観察するのが大変だった。水の量の調節がむずかしかった。
- 19 肉眼で見ると点にしか見えないミジンコが実際にはとても細かい体内の構造を持ち懸命に生きている姿が見てとれた。このような生物が生態系の一端を担い我々の生活にも関係しているとわかり大切な仲間だと思った。
- 20 ミジンコはかなり動き回し構造も複雑であんまりおもしろい観察ではなかったがエサを食べる様子にはかなり感動しました！
- 21 動きが速く作りが複雑なので改めて生命の奥深さを知った気がする。ミジンコでさえこんなに複雑ならば更に大きい生物はもっと複雑なのだろう。
- 22 観察途中でミジンコが脱皮した。あまり見れるものではないらしいので運が良かった。エサを食べる様子を観察したが、どこから黒い物体（エサ）を取り入れているのか分からなかった。
- 23 ミジンコをタテにして見るのがとても難しかったです。ミジンコを止まらせようとして水を減らしてしまうとすぐ横向きになってしまうからです。エサを食べる様子もよく観察できました。エサを機械的に飲み込んでいく様子がとてもかわいかったです。
- 24 横むきのミジンコは中学などの教科書で見たことがあったが、縦むきのミジンコというものは初めて見た。目の位置や足がどこからはえているかを見ることができてよかった。
- 25 ミジンコは、複眼などが2つあるのかと思っていたが、1つしかなくておどろいた。ミジンコの食事する様子は面白かった。
- 26 エサを食べさせるときに、色素を使ってミジンコがどうやって水流を起こしてエサを取り込むかが分かりやすくてよかったです。
- 27 はじめは気持ち悪いと思っていたミジンコも、観察すればするほど愛着がわきます。ミジンコも生きてるんだな。排便の瞬間も見ることができ、貴重な時間でした。
- 28 春学期にやった実習の中で一番大変だった気がする。しかし動くものを見ることは植物をみるよりおもしろいと思った。
- 29 こんな小さな生き物でも人間と似たつくりをしていて驚きました。やはり動物に属するだけあって複雑なつくりをしていました。
- 30 餌を食べる様子：とがっている口ばしみたいなのは関係なく、単眼の少し下のあたりから、水流をおこして、えさをとりこんでいる。そして、その部分から、ポンプのような動きで腸にえさを送りこんでいる。腸は黒くなっていく。
- 31 大きくて、見やすいが、すばしっこくて、透明、立体なので、部位が重なっていて、スケッチがしにくい。足がはやくて、だいたいの形しかわからず、2匹使ったので、見えてなかったところがあったことに気づいた。
- 32 今までした実験の中で1番難しかった。ミジンコの動きが速すぎてなかなかとらえられなかった。食べるところはよく見えておもしろかった。
- 33 ずっと食べている＝ずっと水流をつくっているということだから、エネルギー消費量は案外多そうだった。
- 3 本当に図で見るようにはっきり見えて興味深かったが、足の動きが速すぎて細部まで観察できなかった。今までで一番生きている、という感じがして面白かった。
- 34 ミジンコが食物を取り込む瞬間は目を疑うほど驚いた。
- 35 今までで一番体内の構造がハッキリとわかったので面白かった。途中で脱皮したり排泄したりしていてそういった様子が観察できたのも良かった。
- 36 ミジンコがこんなに複雑な生態（ママ）構造をもっていたのでおどろきました。
- 37 今日のミジンコはとても見やすかった。なんか楽しかったが、卵を生むとも見てみたい。
- 38 食べる様子：のどの手前から腸の目の近い部分へと食べ物移動していた。のどで食物をゴリゴリとすり潰しているように見えた。
- 39 ミジンコは魚のエサとして食べられているらしい。水の中の世界では重要な役割を果たしているんだな、と感じた。またミジンコがいなくなったら大きな影響が及ぶ（ママ）と思う。漁業界には必要な生物だと感じた。意外にも、この小さい生物が日本の経済をささえているのかも？
- 40 1つの生物を多方向から詳しく観察することができた。単細胞（ママ）にもかかわらず体内には細かい仕組が多数あり興味深かった。

陸水生生態系の一次消費者「ミジンコ」の観察

はじめに

これまでの実験では、原核生物界、原生生物界、動物界に属する様々な生物を広く観察してきた。ところで生物の世界は、これとは異なる次元で分類することもできる。生態系の中で果たしている役割に関する分類もその一つである。すなわち、光エネルギーなどを原動力に二酸化炭素や窒素を材料にして有機物を生産する「生産者」、生産者が合成した有機物を利用する「消費者」、これらの生物の排泄物や死骸を無機物に分解する「分解者」という分け方である。今回の実験では「陸水生生態系の一次消費者」の代表選手ともいえるミジンコに焦点を当てる。

ミジンコ類について

ミジンコ類は、体は小さいが甲殻類の仲間、複雑な体制が観察できる。複眼と単眼、触角、心臓、腸と肛門、葉状の付属肢が見られる。通常は単為生殖（メスがメスを産む）で増殖する。環境条件等によってはオスが出現し、オスとメスの交尾によって卵（耐久卵）が作られ、条件が好転するまで休眠に入ることもある。ミジンコは主に植物プランクトンを食物とする一次消費者で、小型魚類等（二次消費者）の餌になる生物である。生産者によって作られた大量の有機物を高次の消費者へ受け渡していく「架け橋」的存在で、生態系の中でも重要な位置にいると言える。

課題

1. オカメミジンコを横から観察しスケッチする。
2. オカメミジンコを上もしくは下から観察しスケッチする。
3. えさを食べる様子を観察し記録する。

材料：

オカメミジンコ (*Simocephalus vetulus*)

動物界

節足動物門

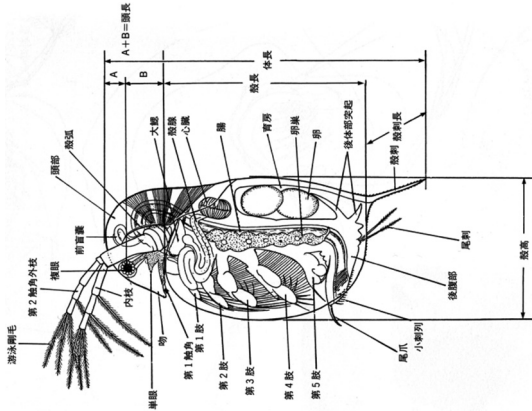
甲殻亜門

鰓脚（さいぎやく）綱

枝角目（シカク目：ミジンコ目）

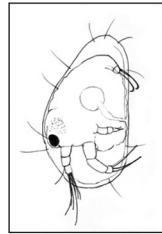
異脚亜目

ミジンコ科

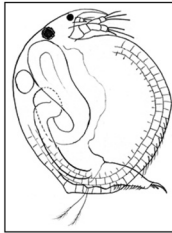


鰓脚類の体制(上野, 1937を改変)
日本淡水産動物植物プランクトン図鑑より

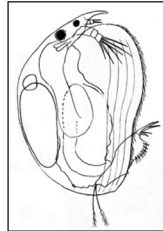
その他のミジンコの仲間（今回の観察対象ではない）



カイミジンコ類



マルミジンコの仲間



使用器具：

ホール付スライドグラス、カバーグラス、蓋付きシャーレ、光学顕微鏡、ピペット、コンゴローッド水溶液。

68

方法：

1. (カバーグラスを使わない方法)

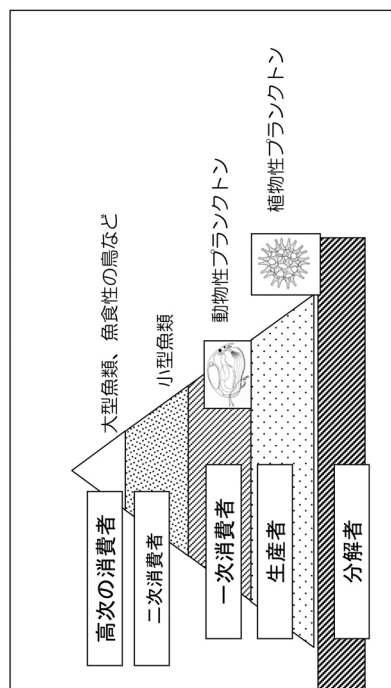
ピペットでミジンコを一匹捕り、スライドグラスの平らな部分にのせる。水の量は1滴だけにする。ミジンコは横向きに寝た状態になる。体がつぶれてしまうので、ここではカバーグラスは使わない。光学顕微鏡100～150倍で観察する。水がなくなると死んでしまうので、適宜水を足しながら観察すると良い。このとき、絶対に対物レンズを40倍にしている（レンズに水がついてしまう）。

(カバーグラスを使う方法)

ピペットでミジンコを一匹捕り、スライドグラスの平らな部分にのせる。水の量は2滴程度がちょうど良い。観察するミジンコの両脇に、水に浸した濾紙片を置き、この上にカバーグラスをかける。こうすると濾紙の厚みがあるためミジンコはつぶれない。

2. 次にミジンコを縦向きにさせる（オカメミジンコは通常、腹面を上に向けて遊泳している）。ミジンコをスライドグラスの凹み（hole）に入れる。このとき水は3～4滴ほどがちょうどよい。ミジンコが元気に泳ぎ、体が縦向きになっている様子を観察、スケッチする。1で見た複眼と単眼の位置が縦向きに観察するとどうなっているのかに注意すること。光学顕微鏡100～150倍で観察する。カバーグラスを使っていない場合は、絶対に対物レンズを40倍にしない。

3. ミジンコが餌を食べる様子を観察するために、今回はコンゴローッド水溶液（赤色）を使う。1で行ったようにミジンコを横向きにした状態（水は1滴）で、薄めたコンゴローッド水溶液を極少量（1/2～1滴）を加えてミジンコを観察する。赤い溶液の流れによってミジンコが起きている水流が見えるとともに、「口」から食物が取り込まれる様子、喉と腸が食物が通過するところが見えつきりと確認できる。イラストや説明文で食物を採る様子を記録する。



生態系ピラミッドの例

