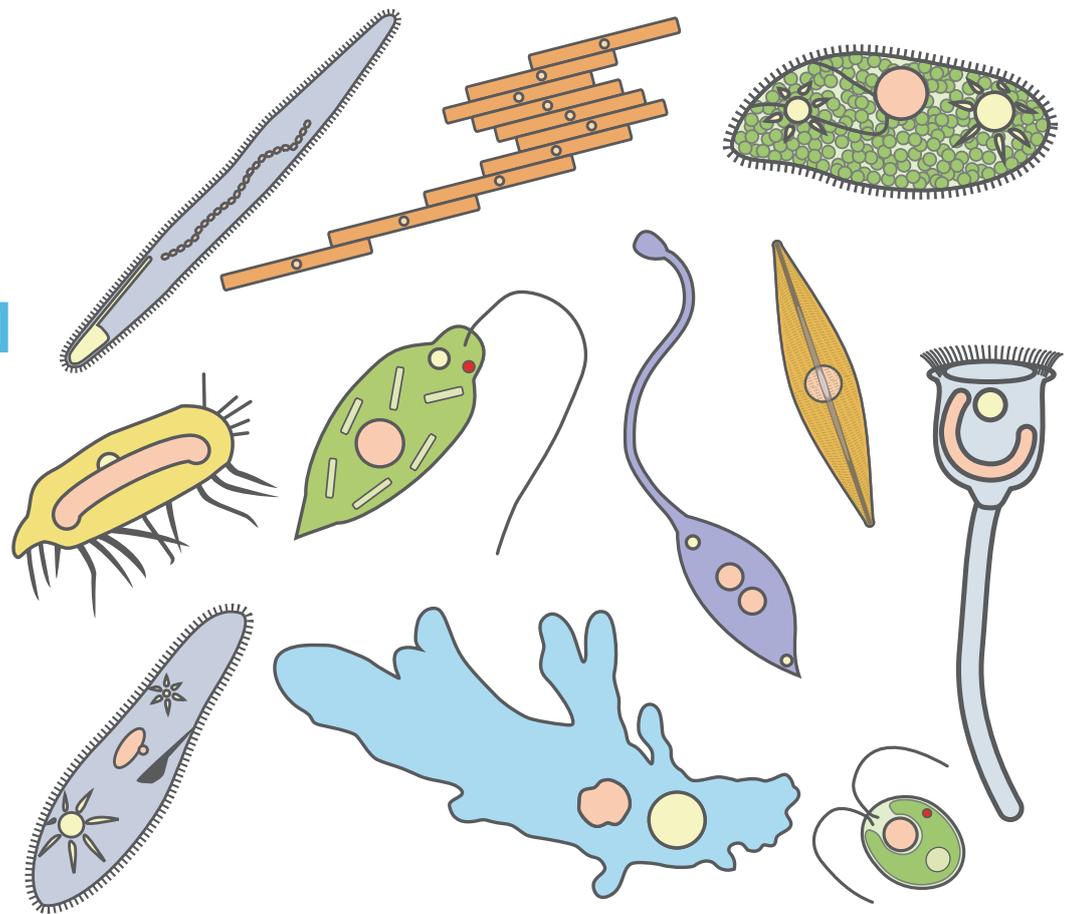


Prototona

原生生物

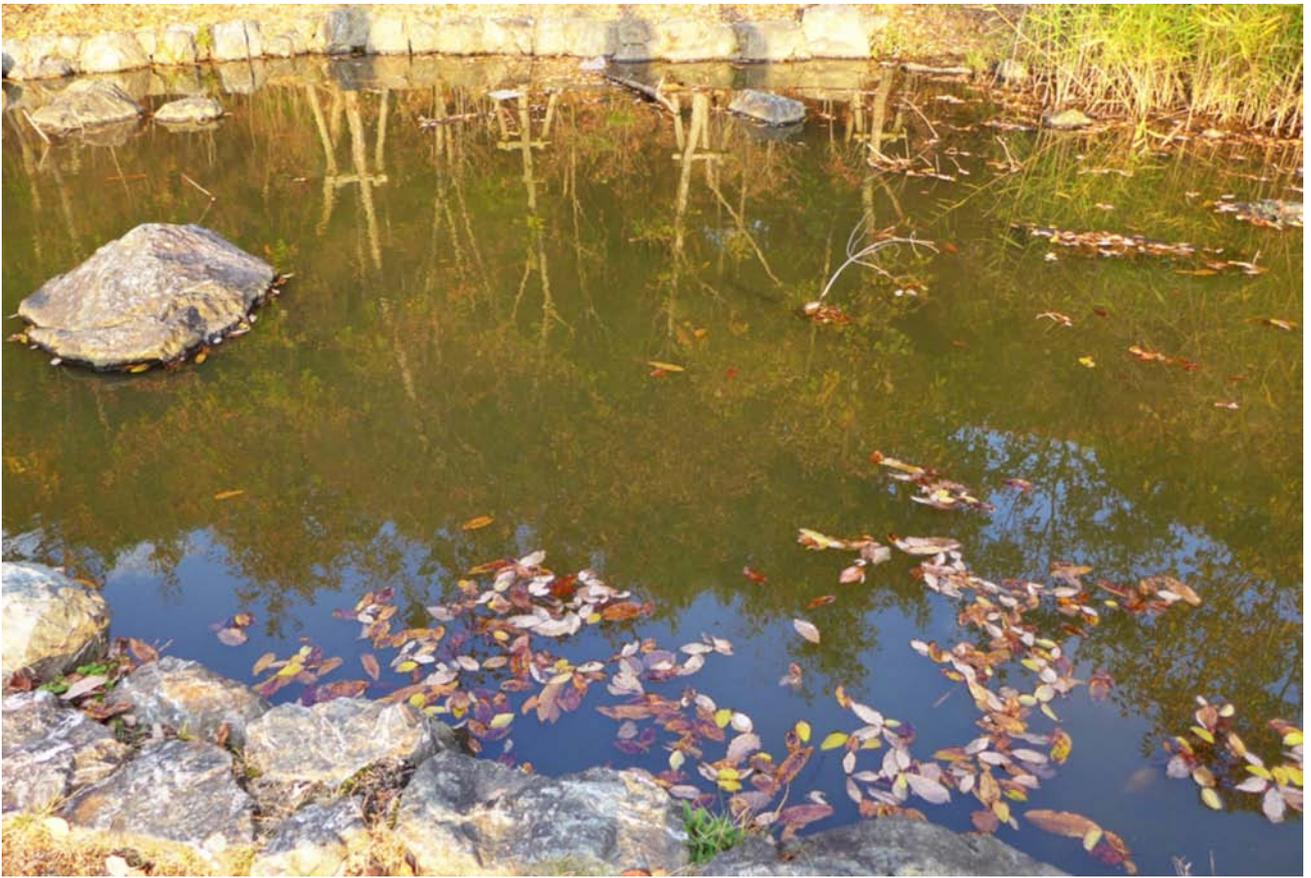
採集と培養

ガイドブック



なまえ





しばふ ひろば いけ
芝生広場にあるため池

ひょうごけんあこうぐん
(兵庫県赤穂郡)

げん せいせい ぶつさが
原生生物探しの旅！
たび

原生生物は池や海などの水の中、更に

土や空気中など様々な場所にいます。

流れの速い川にはあまりいませんが、田ん

ぼやため池など、水の流れが静かなとこ

ろに原生生物は住んでいます。

家の近くに水がたまっていて、落ち葉

や泥が溜まっている場所はありませんか。

もしかしたら、原生生物たちが住んでい

るかもしれませんよ！

注意点 水辺に行く時は、大人の人と

一緒に行きましょう。また、雨が降っ

た次の日は水が増えていて危ないです。

生物たちは雨に流されていなくなっている

ので行かないようにしましょう。



こうえんない げんせいせいぶつ
 公園内には原生生物のすみかがいっぱい
 ひょうごけんあこうぐん
 (兵庫県赤穂郡)

原生生物探しの旅2

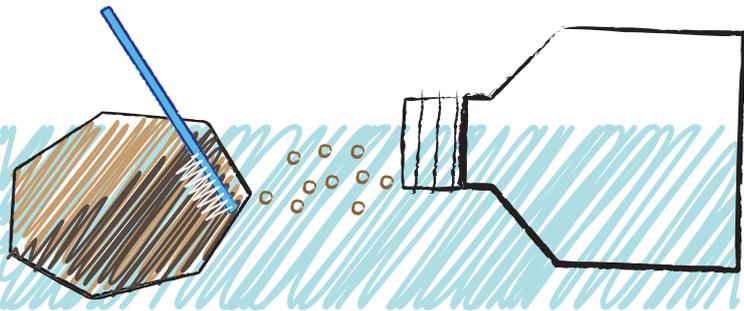
池の中^{いけ なか}でも、よく見てみると場所^{ばしょ}ごとに
 様子^{ようす}が違^{ちが}うことがわかります。実は住^す
 んでいる原生生物の種類^{しゅるい}も、場所^{ばしょ}ごとに
 よって変^かわります。落ち葉^{おちば}にくっついてい
 るもの、泥^{どろ}のなかにいるもの、藻^もについて
 いるものなどです。では、これらの場所
 にどんな生物^{いきもの}がいるか調べてみましょう。
 注意^{ちゅうい}点^{てん} 水^{みず}辺^べに行く時は、大人^{おとな}の人^{ひと}と
 一緒^{いっしょ}に行きましよう。水^{みず}が浅^{あさ}くても原
 生生物^{せいせいぶつ}はいます。深^{ふか}い池^{いけ}には行^いかず、浅^{あさ}
 池^{いけ}を探^{さが}しましょう。



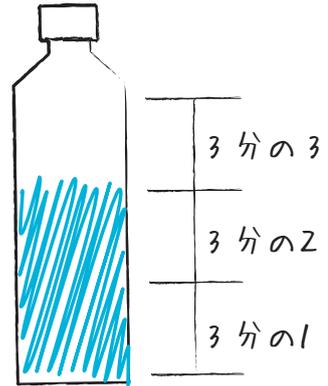
そこ 底の泥を吸っているところ



みずくさ なんぼん と みず いっしょ も かえ
水草は何本か採って、水と一緒に持ち帰る



いし 石についている藻や泥は歯ブラシでこすり取る



ようき 容器の3分の2まで

さいしゅう ほうほう
採集する方法

げんせいせいぶつが 原生生物探しの旅

なにを持って帰るかで、見られる生物

が違います。そのため、いろいろな場所

で泥や水草、石についている垢などを持

ち帰りましょう。

採集方法は上に書いてあります。泥は

スポイトで吸って、持ち帰ります。水

草は何本か採って、乾かないように水と

一緒に入れておきましょう。石について

いる水垢（石垢）や藻などは使わなくなっ

た歯ブラシでこすり採ります。

注意点 持ち帰る水は容器にめいっぱい

に入れてしまうと、空気がなくなつて生物

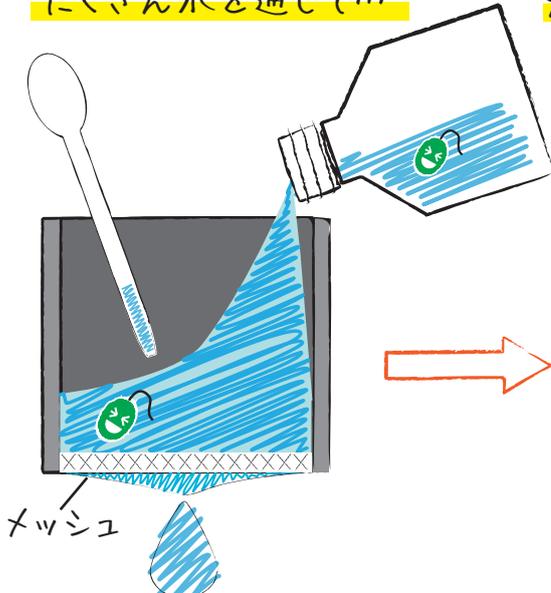
が死んでしまいます。容器の三分の二ま

でにしましょう。

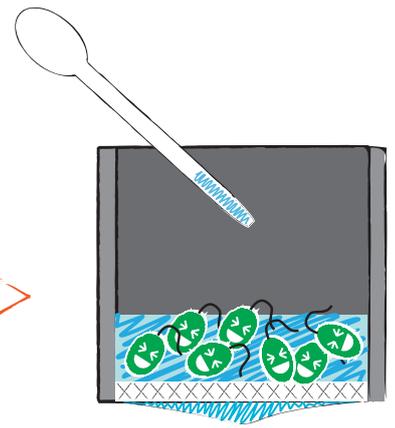
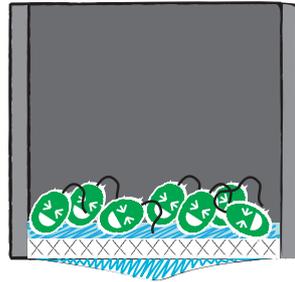
みずとお
たくさん水を通して...

うえ あつ いきもの
メッシュの上に集まった生物に

すこ みず
少し水をかけて



ちゅうい
かわ
乾かないように注意



よこ みず
濃縮器を横から見た図

かい しゅう
回収!



ようす
濃縮している様子

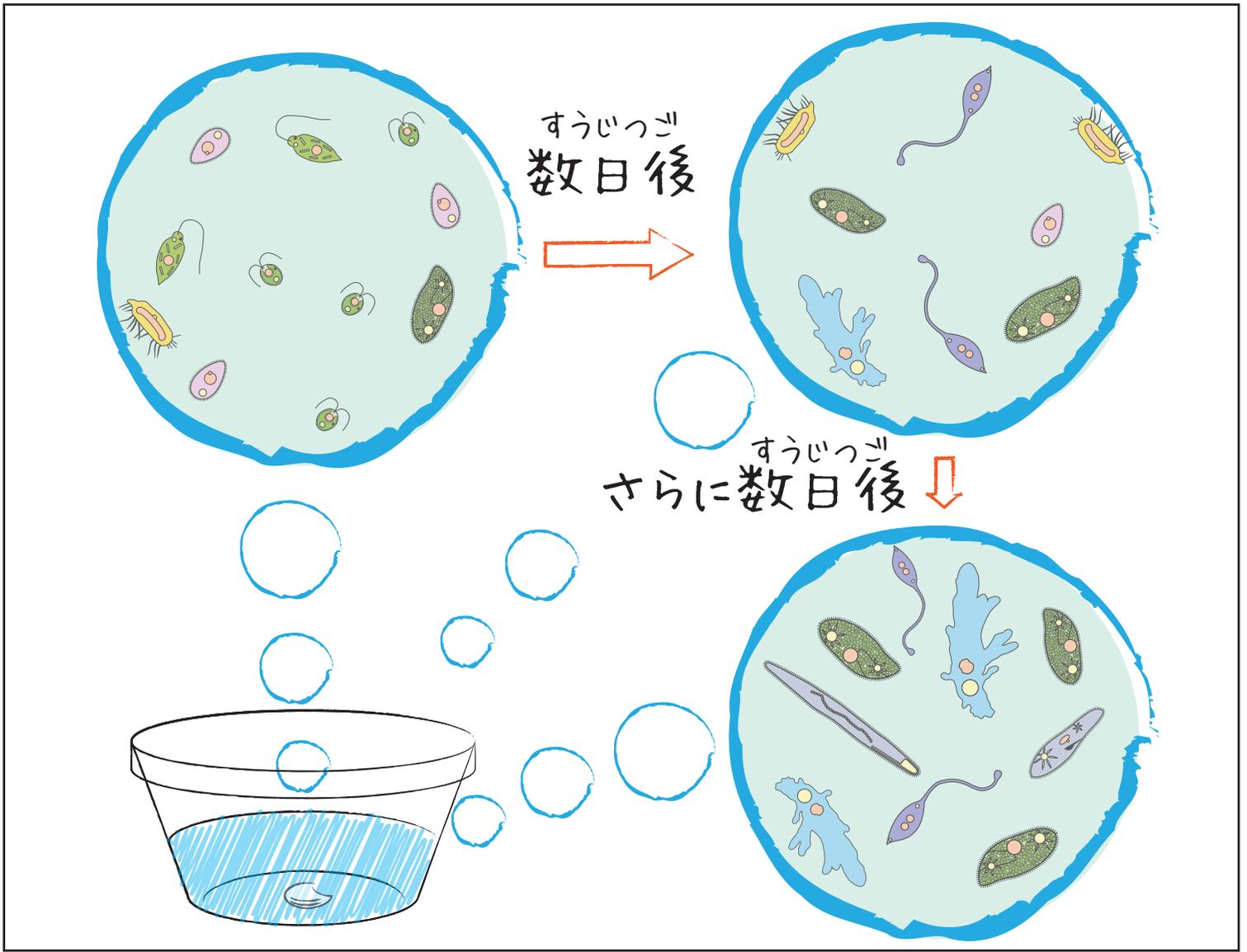


のうしゆく ほうほう
濃縮する方法

げんせいせいぶつさが たび
原生生物探しの旅4

やかい さいしゅ かんさつ
野外で採取した水を観察しても、な
げんせいせいぶつ
かなか原生生物がみつからないことがあ
ります。そんな時は、水を濾すことで
原生生物を集める「ろ過」という作業を
行います。濃縮器へ濃縮器の作り方を
を見てね。に池の水を通します。この
とき、ゴミが詰まってしまっているので、スホ
イトで吸ったり吐いたりしましょう。最
後に少しの水をメッシュに吹きかけて、
メッシュの上にはいた生物たちを水と一緒に
吸いとり、容器に移します。

ちゅうい
注意
原生生物の多くは、乾燥する
と死にやうよ。メッシュが乾かないよう
に注意しましょう。



原生生物の観察と培養

採集した水は、すぐに観察しましょう。
 濃縮すると水が汚れやすくなることと、
 放っておくとミジンコなどに食べられてしま
 い、数が減ってしまうからです。この場合、
 五百μmのメッシュでミジンコを取り除きま
 しょう。採取した水は捨てずに一日おき
 に見てみましょう。採集した日には見ら
 れなかった生物が見られるかもしれませ
 ん。日が経つにつれて、見られる生物の
 種類がどのように変わるか研究してみるの
 もいいですね。採集した水は、直射日光
 の当たらない涼しい場所に置いておき、
 週間おきにお引越しをさせましょう。
 「原生生物のお引越し」を見てね。

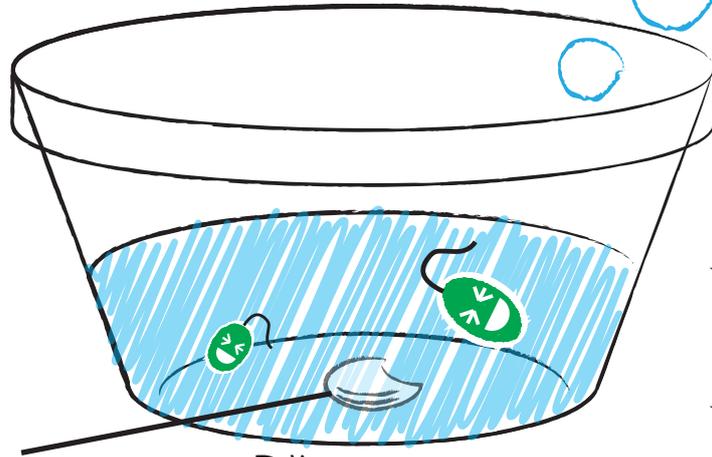
プラスチックカップ

100円ショップなどで売っているフタ付きのもの

(おそうざい、デザートなどを入れるために使われる。3, 4個入りで100円)

できるだけ底は平らなものがよい

かいてきだ〜♪



約 2cm

生米 (炊くまえのお米)

ふっとうしたお湯にさっと通しておく

ミネラルウォーター

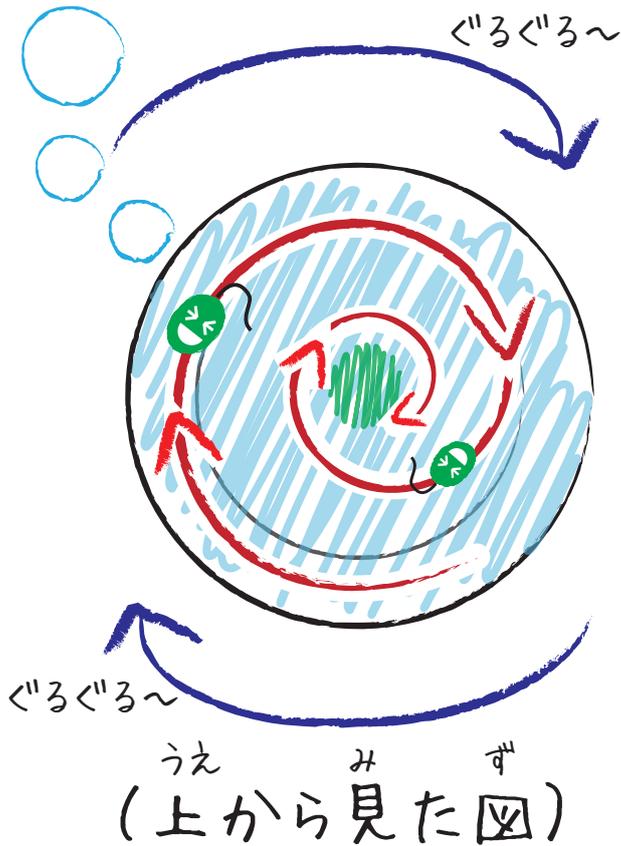
ポリビックがよい

原生生物のお家

お家は、百円ショップなどで売っているプラスチックカップを使います。水道水でよく洗ってから、ミネラルウォーターで2回くらいすすいだ後、2cmほどミネラルウォーターを入れます。次に、生米を用意します。生米とは、炊く前のお米です。これをお湯にさっと通します。これで、表面の悪い虫はいなくなります。あとは、カップに入れたミネラルウォーターにぽちゅんと入れれば完了！最後に好きな原生生物をゆっくり入れます。

バクテリアと呼ばれる、すごく小さな生き物がお米の栄養分で増えて、原生生物のえさになってくれます。

めまわ
目が回る〜〜

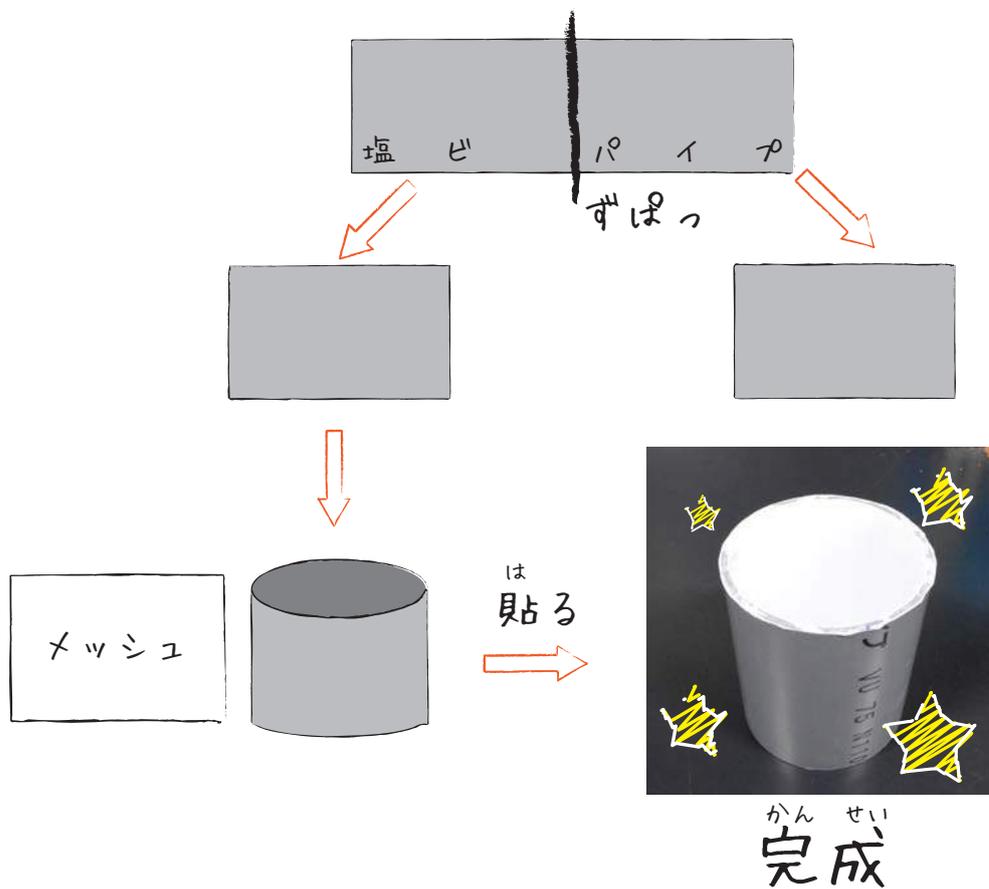


あた うち
新しいお家

あら さいりよう
プラスチックカップは洗えば、再利用できます。

げんせいせいせいぶつ 原生動物のお引越

か はい はんしゅうかん
飼い始めて何週間かすると、お家が汚れ
てきます。水は透明だけど、実は原生
動物にとっては住みにくくなっています。
そんなときはお引越しをしましょう。
まず、新しいお家を用意します。
(「原生動物のお家」を見てね)
次に、いま飼っているお家をくるくる回し
てみましょう。うずができて、底の真
ん中に原生動物が集まってきます。
それをスポイトでゆっくり吸いにとって、
新しいお家に入れてあげれば完了！
二〜三週間に一度はお引越してあげ
よう。



かんせい
完成

ようとう
用途とメッシュの大きさ
おお
多細胞生物を取り除く (500 μm 程度)
のうしゆく
濃縮する (50 ~ 100 μm)
と
ごみを取り除く (100 μm 以上)

濃縮器の作り方

ホームセンターなどで売っている塩化

ビニルパイプを適当な長さに切り、その

片側にナイロンメッシュを貼り付けます。

メッシュの目の大きさは場合によります

が、五十~百 μm ぐらいがよいです。

メッシュはホームセンターや、通信販売で

買うことができます。接着材は

二液混合タイプのアラルダイトや塩ビ用

接着剤がよく使われます。

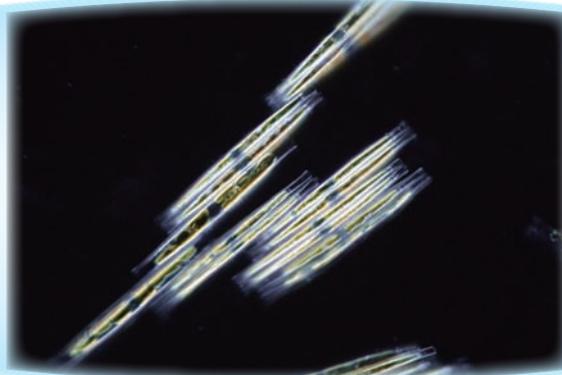
(スポイトとビーカーが付属したものを

岩国市立ミクロ生物館より購入可能。)

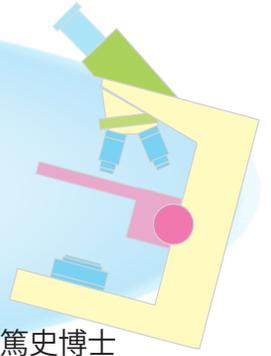
三口の世界をのぞいてみよう!

学名：*Bacillaria paxillifer*

和名：イカダケイソウ



写真提供：谷口篤史博士



サイズ：長さ：100 μm 幅：10 μm

特徴：イカダケイソウは珪藻の一種であり、笹の葉のように細長い細胞が筏（いかだ）のような細胞群体を形成している。連結した細胞どうしが前後に運動することで細胞群体全体が伸び縮みする。この運動は滑走運動と呼ばれており、鞭毛や繊毛を用いず、またアメーバ運動のように細胞体の変形も起こらない。イカダケイソウの滑走運動は『南京玉すだれ』に似ており、各細胞どうしのすべりの速度はそれほど速くないが細胞が連なることで、速さが加算され両端はかなりの速度で近づいたり離れたりする。

生息地：日本全国の淡水・汽水・海水域に生息しているが、季節によってなかなか見つからない。見つかる時は大量に見つかる。

培養法：(ラボ培養) 培地：海水 (もしくはダイゴ人工海水) + ダイゴ IMK 培地 + Na_2SiO_3
培養：シャーレにろ過滅菌した培地を満たし、直射日光の当たらない北側の窓辺など明るい場所で培養する。肉眼で褐色の沈殿物を確認できるくらいになると植え継ぐ。(簡易培養)：ろ過した海水に、市販のマルチビタミン剤を調製して溶かし、乾燥材のシリカゲルなど Si の供給源を加えた培地で培養した例がある。

研究：イカダケイソウの滑走運動のメカニズムを知るために、細胞内の超微細構造および生化学的研究が行われている (N. Yamaoka, et al., 2016)。イカダケイソウの殻には長軸方向に特徴的な溝 (raphe) があり、そこから分泌されている粘液物質が滑走運動に関わっていると考えられている。透過型電子顕微鏡による細胞切片の観察から、粘液物質は細胞膜中の高電子密度の物質を介して、細胞内にある繊維状構造とつながっていた。アクチンに特異的に結合する蛍光試薬を用いると、アクチンが raphe に沿って細胞内に存在することがわかり、繊維構造はアクチンである可能性が示唆された。さらにアクチン、ミオシンというタンパク質の阻害剤を加えると滑走運動が止まることから、アクチン・ミオシンが滑走運動に関わっていることが示唆された。以上の結果から、細胞内のアクチン繊維をレールとして、ミオシンがアクチン繊維上を動くことで、ミオシンとそれに連なる細胞外の粘液物質が raphe を移動すると考えられる。隣接した細胞同士が粘液物質を互いに動かすことで、イカダケイソウの滑走運動は成り立っていると考えられる。しかし何故この様な動きをするのか、その決定的な意味は未解明である・・・。

アクチン・ミオシン：ヒトにおいて筋肉を構成するタンパク質の一つ。アクチン分子が重合繊維状構造を作り、モータータンパク質であるミオシンがアクチン繊維上を動くことで筋収縮を起こす。筋肉以外の細胞にも存在し、細胞運動に関与している。

学名：*Amoeba proteus*

和名：オオアメーバ



写真提供：谷口篤史博士

サイズ：約 200~500 μm

特徴：オオアメーバの最大の特徴はその名の通りサイズが大きいことである。また、アメーバ運動と呼ばれる特徴的な運動を行う。この運動は細胞自身の形状変化が起こること、重心移動が起こる。移動速度は $\sim 2 \mu\text{m}/\text{sec}$ 程度で、鞭毛や繊毛を持つ原生生物と比較するとゆったりと移動する。一方で、運動中の細胞質は $\sim 100 \mu\text{m}/\text{sec}$ 程度で活発に流動している。

細胞内にはいくつかの特徴的なオルガネラがあり、核や収縮胞といったものに加えて、結晶胞といわれる特徴的な小器官を持つ。これは、トリウレットというプリン誘導体の結晶であると考えられている。結晶の構造もユニークでバイピラミッド型や菱形盤状、矩形盤状のものなどがある。オオアメーバでは全体積の 5% 程度を結晶が占めており光学顕微鏡でも容易に観察することができる。また、結晶の構造は種によって異なることが分かっており、種を分類する際にも活用されている。

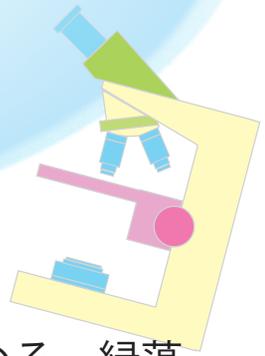
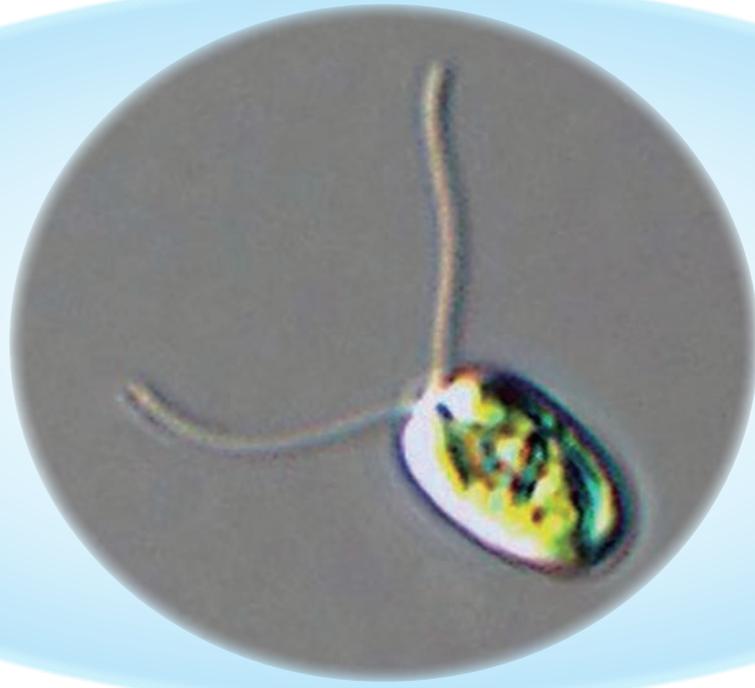
生息地：池や沼など淡水の止水域

培養法：(ラボ培養)KCM 培地 (0.7 g KCl, 0.8 g CaCl_2 , 0.8 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を 1000 ml 純水に溶解したもの) を用いて、25°C の室内でシャーレを用いて培養する。植え継ぎは週 2 回程度、この際、餌としてテトラヒメナやミドリゾウリムシなどの繊毛虫を加える。

(簡易培養) アメーバとトラヒメナやミドリゾウリムシなどの繊毛虫を KCM 培地中にいれ、そこに米粒を入れる。培地が汚れると死滅しやすいので注意する。

研究：オオアメーバはそのサイズが大きいため観察や外科手術が容易であり、古くから実験材料として用いられてきた。また、他のアメーバ運動を行う細胞と比較しても活発な運動を行うのでその動きに着目した研究が多い。この細胞の大きさと近年発達したイメージング技術を融合させ、他の細胞では見ることができないダイナミックな動きの可視化が近年行われている。日本語で書かれたアメーバの解説や本としては「アメーバ図鑑」(石井圭一 著) や「アメーバ」(太田次郎 著) 「*Amoeba proteus* の細胞生物学」(園部誠司、西原絵里 著)、「アメーバ運動の機構」(園部誠司 著) などがあるので興味のある方は参照してください。

学名：*Chlamydomonas reinhardtii* 和名：コナミドリムシ(クラミドモナス)



🔍 **サイズ**：約 $10\mu\text{m}$

🔍 **特徴**：細胞は楕円形で、前端に2本の鞭毛(べんもう)が生えている。緑藻の一種で、緑色をしている。繊毛虫などに比べると小さいため、観察時には緑色の点に見える。細胞の赤道線近くに赤色の眼点を持っていて、光を感知することができる。普段は2本の鞭毛を平泳ぎのようにして泳ぐが、強い光が当たるとドルフィンキックのように泳ぎ方を変えて後ろへ泳ぐ。

🔍 **生息地**：池沼、川辺など

🔍 **培養法**：(ラボ培養) 寒天培養：TAP 培地に寒天を加えた培地に、クラミドモナスを白金耳で撒く。20-25°C 12 時間明暗周期の人工培養器内で培養する。液体培養：TAP 培地を用いて、20-25°C 12 時間明暗でエアレーションをしながら培養する。大量培養の際には 150ml から 600ml、10L の培地へと植え継ぐ。

(様々なミュータントが Chlamydomonas Resource Center より購入可能。手法の解説もあり。)

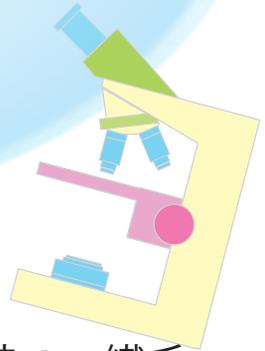
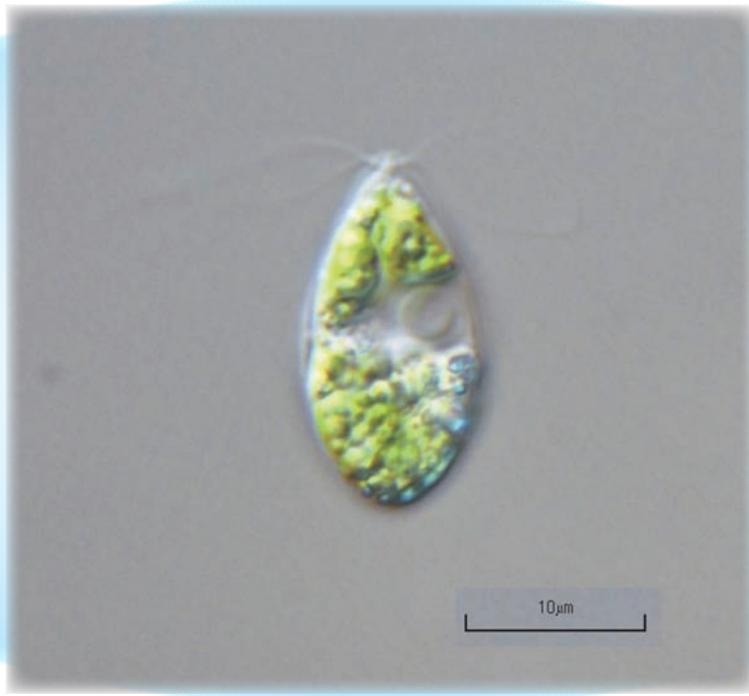
(簡易培養) 0.1% Hyponex を溶かした Volvic を培地として用いる。

🔍 **研究**：クラミドモナスは分子生物学、鞭毛の運動や葉緑体・光合成などや、発生・遺伝学の研究におけるモデル生物である。特に鞭毛運動の研究で日本は先駆者であり、多くの運動変異株が発見されている。

クラミドモナスの持つ鞭毛・繊毛は、ヒトやマウスの気管上皮、精子や輸卵管にも生えており、単細胞から多細胞まで広く共通の遺伝子を持っている。この器官が生えないあるいは運動できないと内臓逆位や不妊症、水頭症などの「原発性繊毛運動不全症 (Primary Ciliary Dyskinesia, PCD)」を引き起こす。

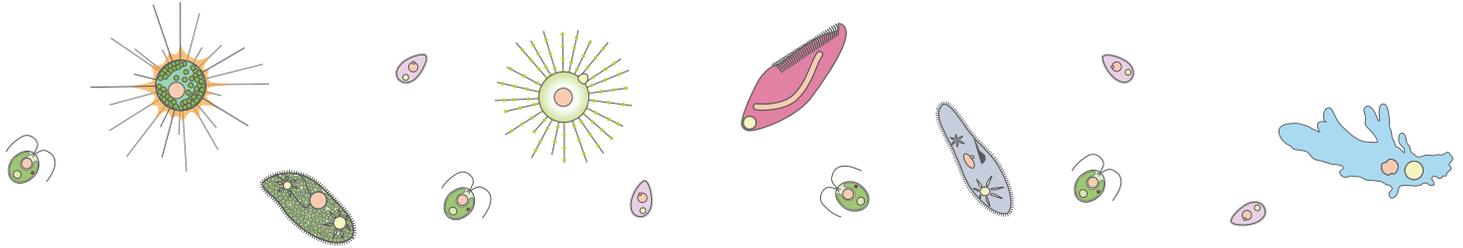
そのため、クラミドモナスの鞭毛運動の研究は PCD の理解にも大きく貢献しており、医学的な注目も集めている。現在、運動を作り出すために必要な個々のタンパク質の研究と、それらが組み合わさり複合体としてどのように泳ぎ方を形成するのか、そのメカニズムの解明が進められている。鞭毛運動に関しては「太古からの 9+2 構造—繊毛のふしぎ」(神谷 律 著, 岩波科学ライブラリー) に分かりやすく書かれている。

学名：*Clorogonium capillatum* 和名：ヤリミドリ(クロロゴニウム)



サイズ：30~52 µm

特徴：2本の鞭毛で泳ぐ緑藻の一種。葉緑体にピレノイドを複数持つ。繊毛虫の無菌二者培養の餌として長年培養されている。



生息地：池沼、田圃、川辺、湿原など、広く生息する

培養法：(ラボ培養) クロロゴニウム培地(注1)を用いて、20℃で12時間ごとに明暗を切り替えて培養する。植え継ぎは、週1回程度行う。

(注1) クロロゴニウム培地 500 ml を作製する場合、酢酸ナトリウム 10 g、ポリペプトン 10 g、トリプトン 20 g、乾燥酵母エキス 20 g、塩化カルシウム二水和物 100 mg を蒸留水 500 ml に溶かす。-20℃で凍結保存し、必要なときに解凍して使用する。

(簡易培養) 0.1% Hyponex を溶かした Volvic を培地として用いる。

研究：クロロゴニウムは光と培地からの吸収栄養で育ち、ほとんどの繊毛虫やタイヨウチュウが好んで食べるため無菌培養を行う際に必須の原生生物である。神戸大学洲崎研究室ではクロロゴニウムを万能餌として扱っており、外部においても詳細な研究はほとんどなされていない。

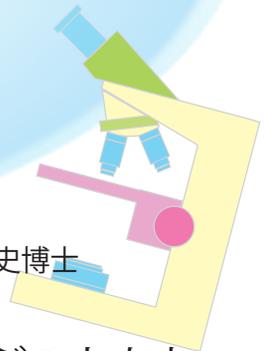
参考：淡水微生物図鑑 月井雄二 著



学名：*Spirostomum ambiguum* 和名：ネジレグチミズケムシ
(スピロストマム)



写真提供：谷口篤史博士



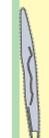
 **サイズ**：約1~3mm

 **特徴**：細胞の形は細長い円筒状で、細胞長が数ミリメートルに及ぶこともある大型の繊毛虫である。遊泳速度は比較的遅く、ゆっくりと水中を漂っている。外敵との接触などによって刺激が加わると一瞬で細胞が縮まる。この収縮運動は細胞内存在するミオネームと呼ばれる収縮性繊維によって駆動されていると考えられている。

 **生息地**：枯れ葉が枕水して腐敗しつつあるような、林のなかの水溜りや池・沼などによく生息している。採取するには、そのような場所の枕水物を多少かき混ぜるようにして、その付近の水をピペットで吸い取るとよい。(重中義信：原生動物の観察と実験法，共立出版株式会社，東京(1988))

 **培養法**：(ラボ培養) 培養温度は22℃で、0.01% Knop 液 (0.24 mM $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0.14 mM KNO_3 , 0.06 mM MgSO_4 and 0.1 mM KH_2PO_4) にボイルした小麦粒を入れたもので培養。二週間ごとに植え継ぐ。(H. Ishida et al., *Jpn. J. Protozool.* **36-2** (2003))

(簡易培養) 室温で、Volvic に米粒(玄米)を入れたもので培養。植え継ぎは1ヶ月に一度程度。

 **研究**：濃度の薄いデタージェント(洗剤)で細胞を処理し、部分的に細胞膜に穴を開けることによって作った膜透過細胞モデルを使って、スピロストマムの収縮運動に関わる因子の研究が行われた。この研究において、 Ca^{2+} イオンによって細胞モデルが収縮したことから、スピロストマムのミオネームの収縮はツリガネムシのスパズモネームなどと同様に、 Ca^{2+} イオンとの反応によって収縮することが示唆されている。さらに ATP によって縮んだ細胞モデルが伸長したことから、ATP 駆動型のモーターが細胞の伸長に関わっていると考えられている。

(H. Ishida et al., *Cell Motility and the Cytoskeleton* **9** (1988))

現在、電子顕微鏡を用いて収縮に伴う細胞内構造変化の詳細な解析に挑戦している。また、ミオネームの単離・解析、さらには ATP 駆動型モーターを同定をすることが今後の課題である。

学名：*Paramecium caudatum* 和名：ゾウリムシ



サイズ：170-300 μm

特徴：細胞は円筒形をしており、全体が繊毛で覆われている。中腹には細胞口と呼ばれるくぼみがあり、その後方には細胞肛門がある。大核1個と小核1個（小核は種によって複数の場合もある）を持ち、2つの収縮胞が細胞の浸透圧を調節している。



生息地：淡水の止水域

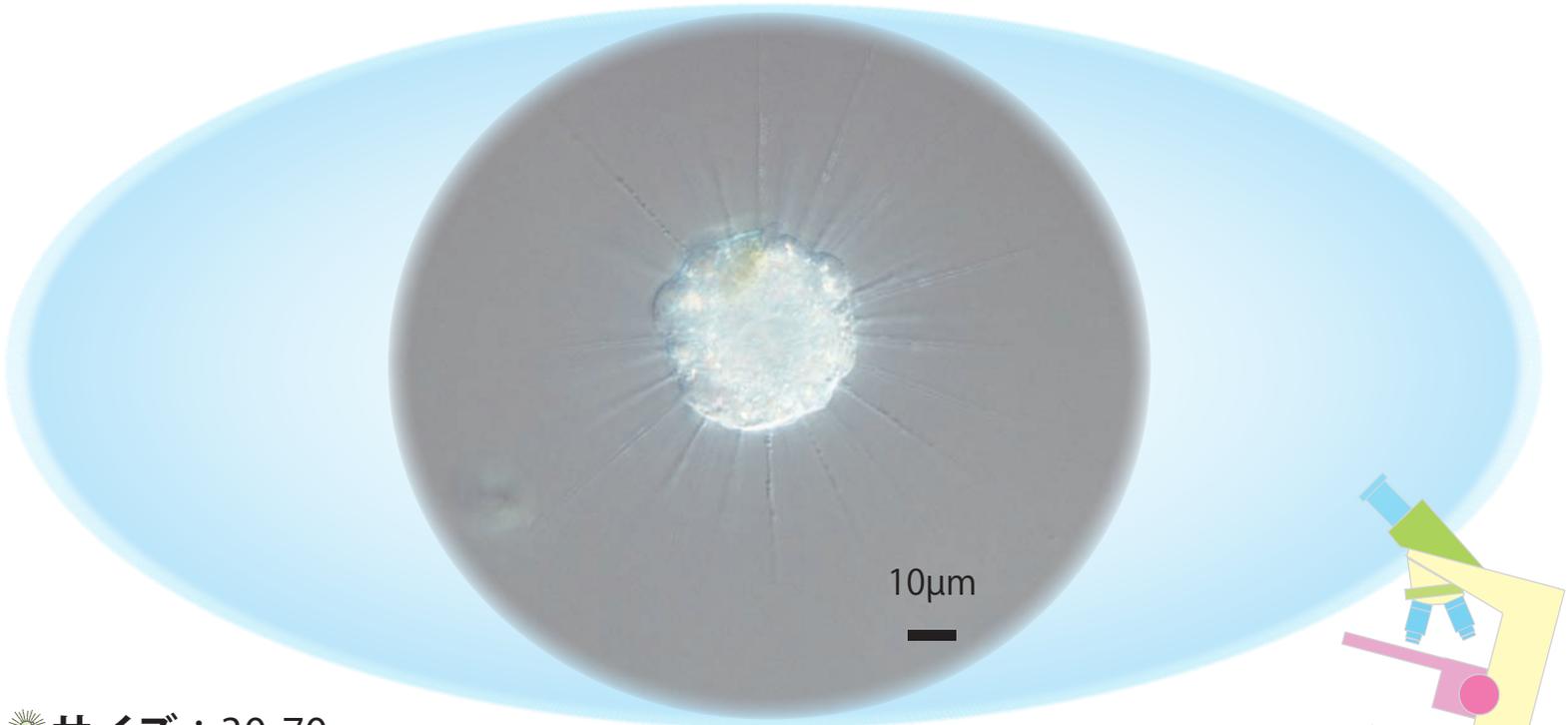
培養法：(ラボ培養) volvic 中で 25℃の直射日光の当たらない場所で培養する。週に一回程度、クロロゴニウムを与える。
(簡易培養) 生米(玄米)を数粒入れておくと、生米に生える水カビを食べる。

研究：ゾウリムシは教科書でも取り上げられ原生生物で最も有名なものの1つである。研究の歴史も古く、研究内容は繊毛の運動機構や多細胞生物様の性と遺伝機構や細胞老化プロセスなど多岐にわたる。特に生活環についての研究は進んでおり、ゾウリムシは2分裂を繰り返すことで老化が進むが、有性生殖(接合)を行うことで若返ることができる。接合を終えた直後のゾウリムシは、生殖能力のない性的に未熟な状態であり、2分裂を繰り返すうちに再び生殖能力を獲得し、性的に成熟した状態を迎える。性的に未熟な期間(未熟期)は、細胞質中に存在するイマチュリン(Immaturin)と呼ばれるタンパク質によって制御されている。未熟期のゾウリムシの細胞質を、成熟期のゾウリムシに注射すると一時的に生殖能力を失うことが証明されている。この研究は、石巻専修大学、芳賀研究室において続けられており、イマチュリン遺伝子の単離にも至っている。ゾウリムシの未熟期と成熟期の制御に関する研究は、細胞による分裂回数の記憶と分裂回数による遺伝子の発現パターンの変化がどのようにして行われているのかを明らかにすることにつながり、高等生物の発生にも関わる重要な研究課題である。



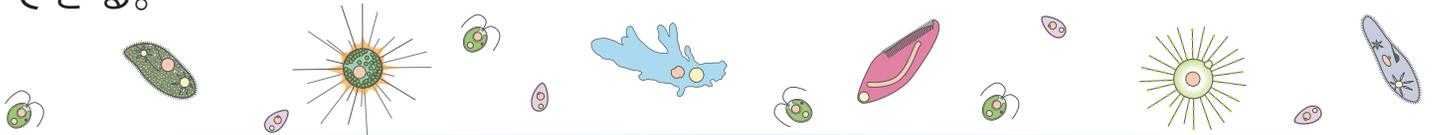
学名：*Actinophrys sol*

和名：タイヨウチュウ



☀️ **サイズ**：30-70 μm

☀️ **特徴**：細胞体は丸い形をしており、細胞は基底面に固着して生息している。細胞体から放射状に伸びた軸足（じくそく）は、機械的な刺激により急速に収縮する。軸足を利用して捕食を行う。細胞どうしが融合することでも知られており、融合することで自身の細胞サイズよりも大きな生物を捕食することができる。



☀️ **生息地**：池沼（葉っぱや岩などに付着している）

☀️ **培養法**：（ラボ培養）クロロゴニウム培地（注1）（20倍濃縮）を10%人工海水で希釈したものを培養液とし、明暗サイクル12時間、20℃の条件下でクロロゴニウムを餌とした二者無菌培養をする。

（簡易培養）10%人工海水で培養し、餌としてクロロゴニウムを与える。

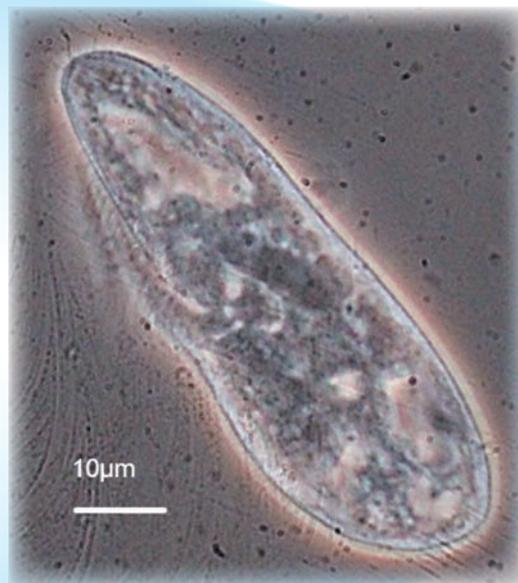
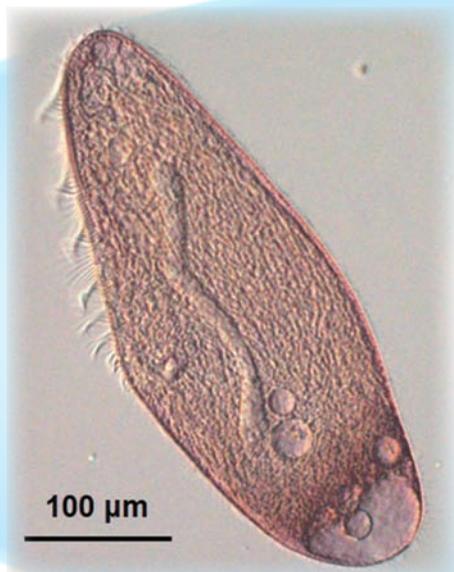
（注1）クロロゴニウム培地 500 ml を作製する場合、酢酸ナトリウム 10 g、ポリペプトン 10 g、トリプトン 20 g、乾燥酵母エキス 20 g、塩化カルシウム二水和物 100 mg を蒸留水 500 ml に溶かす。-20℃で凍結保存し、必要ときに解凍して使用する。

☀️ **研究**：タイヨウチュウは軸足を使って、エサである原生生物を捕獲し、細胞体において捕食することが知られている。タイヨウチュウは何でも餌として食べるわけではなく、一部の原生生物を餌と認識して捕食している。現在、その分子機構の解明に向けて研究が進められている。これまでに、タイヨウチュウは自ら分泌したグルカン結合タンパク質を餌の細胞表面に結合させ、それが結合した生物をエサと認識して捕食を行うことが分かっている。

このエサの認識に使用されているタンパク質は、植物や動物も利用している。たとえば、体内に侵入した細菌の細胞壁表面にグルカン結合タンパク質を結合させ、非自己であるという目印をつける。この目印に対して、自然免疫機構が働き、病原性細菌からの感染を防ぐ。タイヨウチュウのエサの認識機構は、高等生物における生体防御にもつながるしくみであり、その進化の起源を探るうえで重要な研究対象であるといえる。

学名：*Blepharisma japonicum*

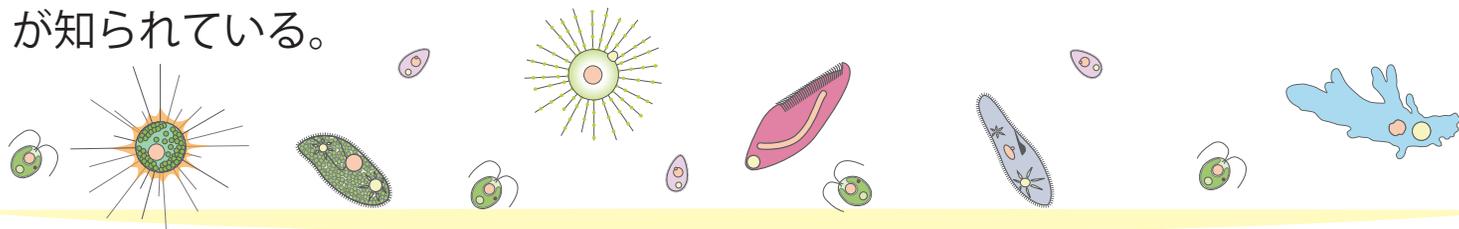
和名：ベニイロミズケムシ
(ブレファリズマ)



ベニイロミズケムシ 微分干渉像 ベニイロミズケムシ(無色)位相差像

サイズ：300~400 μm

特徴：多くのブレファリズマは、細胞表層の顆粒に含まれる赤い色素により薄ピンク~濃い赤色をしている。口部に発達した繊毛列をもち、細胞表面にも多くの繊毛をもつ。細胞後部に収縮胞をもつ。1つの大核と複数の小核をもつ。餌が十分にあるときには2分裂で増えるが、餌がなくなると共食い、休眠状態であるシスト(嚢胞ともいう)の形成、有性生殖(接合)を行うことが知られている。

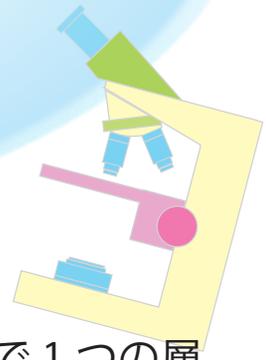
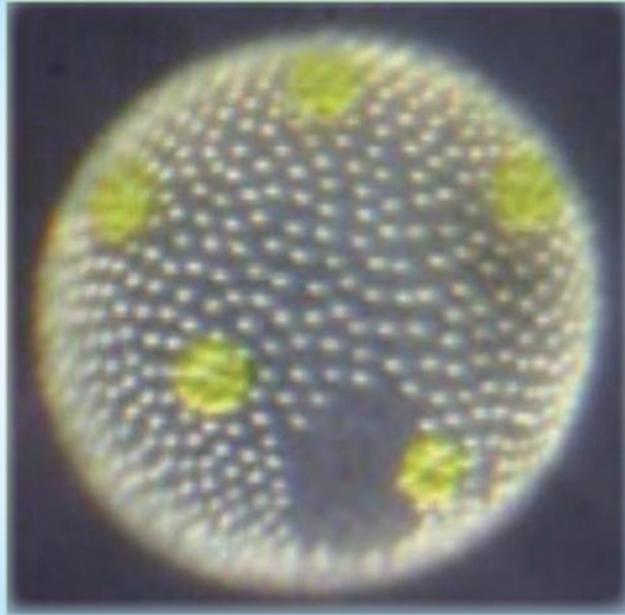


生息地：多くは淡水性で田や池に生息する。湯水状態の水田の稲株にシストとして存在することもある。

培養法：(ラボ培養)25℃、暗所で培養する。レタスまたは小麦若葉粉末の浸出液をSMB(ブレファリズマの生理的塩類溶液)で薄めたものに、バクテリアを接種し、25℃で2,3日置いてバクテリアが増殖したものを使用する。培養液は三角フラスコの40%程度に抑えて十分な空気を確保できるようにする。維持するには約1か月に1度、ブレファリズマの入った古い培養液と新しい培養液を1:1で混合することで植え継ぐ。
(簡易培養)ミネラルウォーター(軟水)に滅菌した米粒を数粒入れる。

研究：多くのブレファリズマの細胞表層にある赤色の色素顆粒には、他の繊毛虫に対して毒性を示すブレファリズミンが含まれている。ブレファリズミンは、他の繊毛虫が捕食しようと攻撃してきたときに、細胞表面から分泌される。これが捕食者に作用することで、ブレファリズマは捕食者から逃れることができる。なかには赤い色素顆粒をもたず、体色が透明な種も存在する。現在、この種の表層に観察される、無色の顆粒状構造物がどのような機能をもっているのかを調べられている。ブレファリズマの捕食者に対する防御機構を明らかにすることは、繊毛虫間の捕食・被食における細胞間相互作用の理解につながる。

学名：*Volvox carteri* 和名：オオヒゲマワリ（ボルボックス）

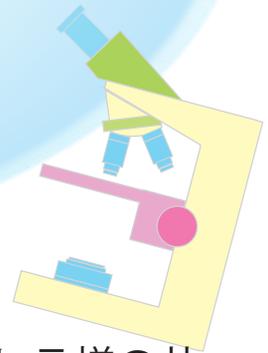
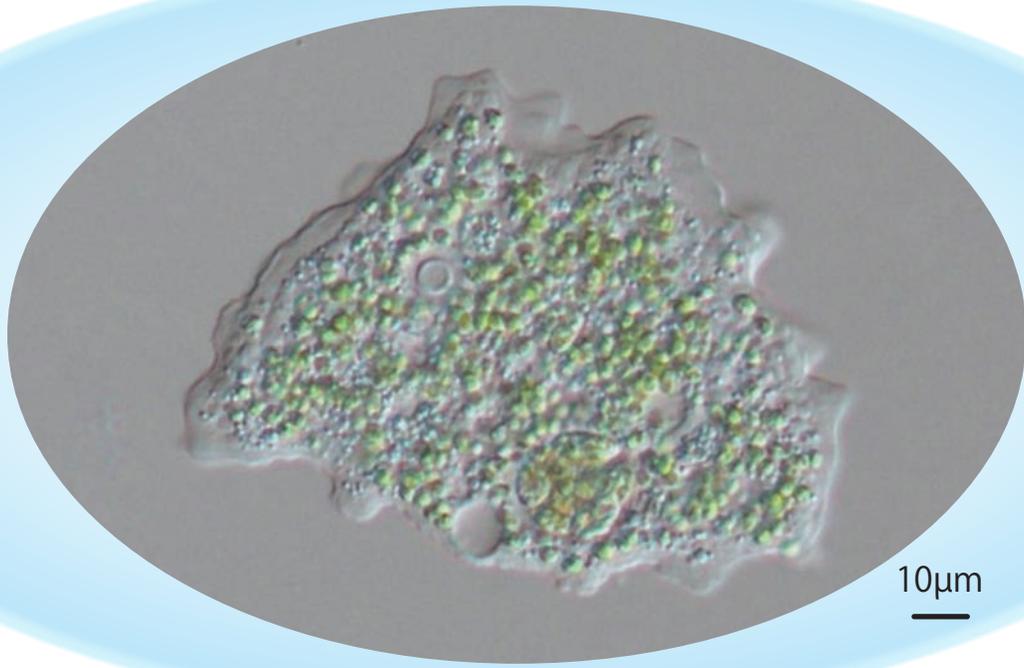


- ① **サイズ**：直径 0.5 mm
- ② **特徴**：球体をしており、表面に約 2000 個の細胞、体細胞が並んで 1 つの層をつくっている。内側には 16 個の比較的な大きな細胞、生殖細胞がある。体細胞には 2 本の鞭毛があり、これらの動きが統合されて回転しながら泳ぐ。表面にある体細胞はその形態がクラミドモナスに似ているが、クラミドモナスが集まってできた生物ではなく、オオヒゲマワリの進化的な起源とされている。球体の中の生殖細胞が、分裂することで次世代が形成される。分裂によりできた胚は親の球体と逆で生殖細胞が外側になっているが、反転することで、親と同様の形態になる。反転した個体は、親の球体を破って水中に出る。

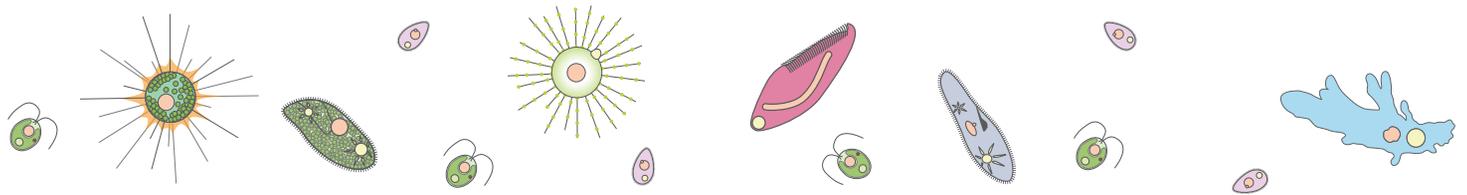


- ③ **生息地**：湖や沼 
- ④ **培養法**：(ラボ培養) volvox standard medium により、32℃、明暗周期のあるところで培養する
- ⑤ **研究**：オオヒゲマワリは、体細胞でできた 1 層の細胞シートと内側にある 16 個の生殖細胞からなる生物で単純な構造をしている。この単純な構造を活かして、多細胞生物の発生における基本的なしくみを明らかにすることが試みられている。オオヒゲマワリの有性生殖の過程には、高等な多細胞生物の発生と類似した現象が多く見られる。たとえば、生殖細胞の分裂の様子は、受精卵の卵割とよく似ている。さらに、分裂後に生じる胚の反転は、高等生物の胚における原腸陥入やさまざまな器官を形成する過程でみられる形態の変化に相当する。また、多細胞生物と同様にボルボックスでも生殖細胞への分化がみられる。これまでに、これらの現象に関わるいくつかの遺伝子はすでに同定されている。オオヒゲマワリの有性生殖に伴う細胞の分化や形態形成運動のしくみが明らかになることで、高等生物の発生における基本的なしくみが明らかになることを期待できる。現在、この研究は、奈良女子大学西井研究室において行われている。

学名：*Mayorella viridis* 和名：ミドリマヨレラ



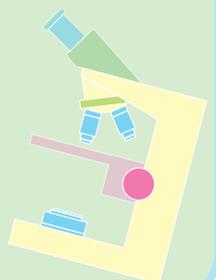
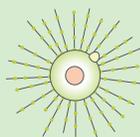
- **サイズ**：100-200 µm
- **特徴**：アメーバのなかま。扁平な掌状をしていて、細胞内にクロレラ様の共生藻を持つ。共生藻を人為的に排除しても生きていけるが、共生藻がないと透明であるため、観察者が見つけにくい……。



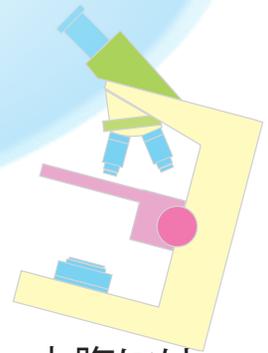
- **生息地**：池、沼、田んぼなど淡水の止水域
- **培養法**：(ラボ培養) volvic 中で 25°C の直射日光の当たらない場所で培養する。週に一回程度、クロロゴニウムを与える。
(簡易培養) 生米(玄米を推奨)を数粒入れておくと、生米に生える水カビを食べる。
- **研究**：マヨレラ属は淡水の止水域で採取を行うと高頻度で見られるが、形態が多様で種同定は極めて難しいため、分子系統解析(注1)による種分類が試みられている。Mayorella viridis は共生藻を持っているため見分けるのは比較的容易である。ミドリゾウリムシなどと同様に細胞内共生研究の材料となりうるが、現段階では詳しい解析はなされていない。

(注1) 分子系統解析とは、対象となる生物のタンパク質のアミノ酸配列や遺伝子の塩基配列をもとに作成された系統樹から進化の道筋を明らかにする方法である。この方法により比較する種間が近縁であるかないかが分かるので、生物の分類に利用されている。

参考：淡水微生物図鑑 月井雄二 著



学名：*Paramecium bursaria* 和名：ミドリゾウリムシ



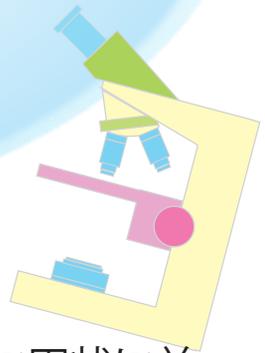
- **サイズ**：長さ 100-150 μ m 幅 50-60 μ m
- **特徴**：細胞は扁平な足形をしており、全体が繊毛で覆われている。中腹には細胞口と呼ばれるくぼみがあり、餌はここを通過して食胞に取り込まれる。バクテリアも食べるが、藻類を好んで食べる。細胞内には数百個のクロレラをもち、相利共生の関係を築いている。細胞表面に見られる放射状の構造は収縮胞と呼ばれ、細胞内外の浸透圧を調節する働きがある。

- **生息地**：淡水の止水域
- **培養法**：(ラボ培養) クロロゴニウムを唯一のエサとした、大量無菌二者培養法を用いている。植え継ぎは週 1 回程度で培地にミドリゾウリムシと、単独で培養しているクロロゴニウムをそれぞれ約 1ml ずつ入れる。室内は 25 $^{\circ}$ C に保ち、光の当たる場所に培養液を静置する。(簡易培養) volvic 中で 25 $^{\circ}$ C の光の当たる室内で培養する。週に一回程度、クロロゴニウムを与える。クロロゴニウムがない場合は生米(玄米を推奨)を数粒入れておくと、生米に生える水カビを食べる。
- **研究**：ミドリゾウリムシは細胞内に数百もの単細胞緑藻類クロレラを共生させており、これらは相利共生関係にある。両者の共生関係は絶対的なものではなく、それぞれを単独で培養することが可能である。これらの生物のゆるやかな関係は細胞内共生の極めて初期の段階と考えられており、共生機構の成立を解明する有用な研究材料と考えられている。
また、ミドリゾウリムシは産業への応用も期待されている。共生状態のクロレラが細胞外に放出する光合成産物マルトースはバイオ燃料の一種であり、マルトースの産生量はクロレラの種や株によって異なる。より多くマルトースを産生するクロレラを探索するために、正確で簡便なマルトース定量法が検討されている。



学名：*Hydra viridis*

和名：ミドリヒドラ



🍷 **サイズ**：約1mm~数mm

🍷 **特徴**：ヒドラとはクラゲなどと同じ刺胞動物で、細長い体の先端に円状に並んだ触手を持つ。ミドリヒドラは細胞内に緑藻クロレラを共生させているヒドラの一種で、緑色をしており光合成をすることができる。口の周りに生えた6-8本程度の長い触手には刺胞という毒針が付いていて、触手に触れたミジンコなどを麻痺させて餌とする。

🍷 **生息地**：浅い池の水草の上など

🍷 **培養法**：(簡易培養)シャーレの中で volvic を用いて 25℃の室内で培養する。エサにはブラインシュリンプを1日に1回程度あげる。週に一度程度シャーレの水を捨てて新しい volvic を注ぐ。(ミドリヒドラはシャーレに付着しているので、シャーレを傾けて水を捨てても流れ落ちることはない)

🍷 **研究**：ミドリヒドラのように細胞内に緑藻クロレラが共生している生物は多く報告されている。クロレラを共生させている生物はクロレラから光合成産物の一部を受け取ることで、飢餓に強い耐性を持つことがわかっている。また、クロレラは共生状態の方が光合成産物をより多く細胞外に放出するという報告もある。近年、藻類が作るバイオ燃料はクリーンエネルギーとして注目を浴びているが、ミドリヒドラの細胞内環境を人工的に再現することができればクロレラから効率的にバイオ燃料を取り出すことが可能かもしれない。

現在は、ミドリヒドラの細胞内環境の調査のために、ミドリヒドラに共生するクロレラをそのままに近い形で固定して詳細に解析することを目指している。

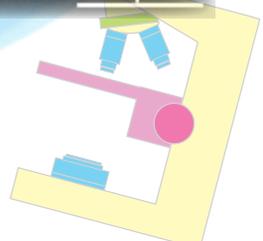


学名：*Euglena gracilis* 和名：ミドリムシ(ユーグレナ)



電子顕微鏡画像

10 μm



🍷 **サイズ**：長さ 50 μm 直径 10 μm

🍷 **特徴**：ミドリムシは2本の鞭毛(べんもう)を持つが、1本は細胞内にとどまり、他の1本は導管(どうかん)を通して細胞外に長く伸び、遊泳を推進する。ミドリムシ細胞は紡錘形(ぼうすいけい)であり、細胞全体に前端から後端にかけて螺旋(らせん)状の多数の条溝(じょうこう)を持つ。細胞の形は生育時期や環境(かんきょう)によって変わり、球形と長形の変形を繰り返す。このような変形現象を「ユーグレナ運動」と呼ぶ。

🍷 **生息地**：淡水中広く分布する。池、沼汚水中でも発見されている。gracilis 以外のユーグレナ属には海水に住むものもいる。

🍷 **培養法**：(ラボ培養) K&H 培地を用いて、25℃の室内で12時間明暗を入れ替えて培養する。植え継ぎは週一回程度、ミドリムシがいる溶液 1 ml を新しい培地に入れる。

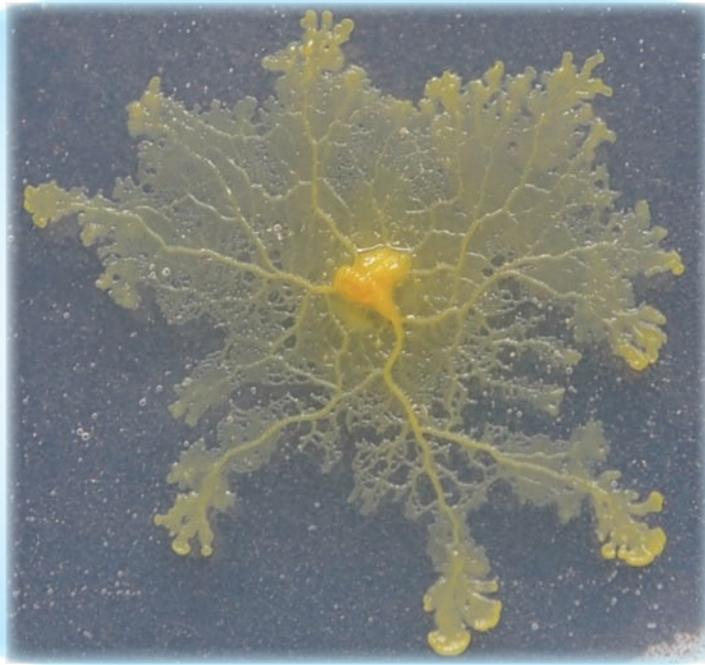
(簡易培養) ハイポネックス(最終濃度 0.1%) を volvic で薄めた培養液を用いて、25℃の光の当たる室内で培養する。植え継ぎは1ヶ月一回程度、ミドリムシがいる溶液 5 ml を新しい培地に入れる。

🍷 **研究**：ミドリムシは安定して培養を行うことが容易である。また、汚水中でも生存できるが、水質に対する感度が高いという性質がある。これらの特徴を活かして、ミドリムシを用いた高感度、高速水質バイオモニタリング装置の開発を目指している。さまざまな化学物質をミドリムシに投与し、インピーダンスアナライザ(注1,2)により誘電率の測定を行うと、化学物質の種類により、ミドリムシは異なる反応が起き、交流電場における誘電特性も変化する。この誘電特性を利用して、リアルタイムのモニタリングができるかどうかを現在試しているところである。

(注1) インピーダンス：インピーダンスは、交流電場での電圧と電流の比で、電気的抵抗に相当するものである。単位は抵抗と同じく [Ω] (オーム) が用いられる。

(注2) インピーダアナライザ：インピーダンスアナライザは、電子材料、生物材料(組織、細胞)などの交流信号の流れ易さを示す指標となるインピーダンスを測定するものである。

学名：*Physarum polycephalum* 和名：モジホコリ



サイズ：ときには 1 m^2 以上にもおよぶものが、天然でも見いだされる。

特徴：モジホコリはアメーバの仲間である変形菌（真性粘菌）の一種である。セルロース性の柄をもつ子実体を形成し孢子をつくる植物的性質と、アメーバ様の運動をして動き回る動物的性質をもつ。真性粘菌の孢子は発芽すると粘菌アメーバになり、融合して、多核の巨大な変形体となる。粘菌アメーバを水中で浮遊させておくと、鞭毛が生え、遊走子となる。原形質流動のメカニズムの研究やアメーバ運動の研究におけるモデル生物として用いられている。イグ・ノーベル賞を二度も受賞したアメーバ界のスターである。

生息地：野外では通常、腐敗した倒木や枯葉の上をはっている変形体の形で見出される。日陰で涼しく湿った場所に好んで生息している。

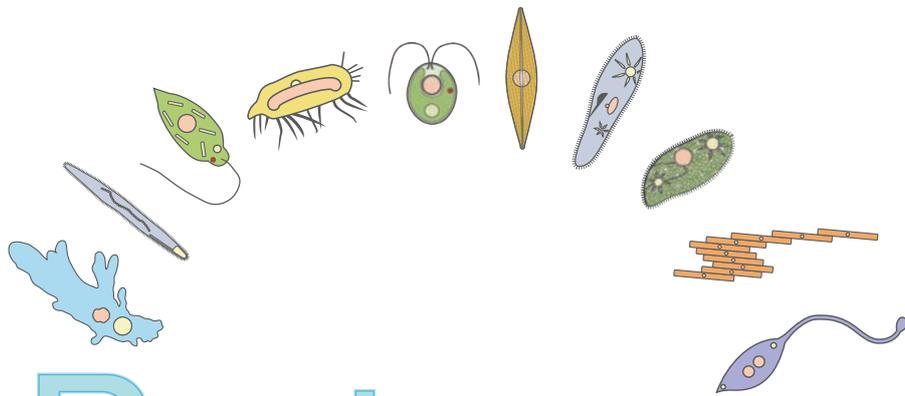
培養法：(ラボ培養) シャーレの中に 2% 寒天培地を敷き、その上にモジホコリと餌のオートミール(なければ生米か玄米)を数粒置く。暗所、室温にて培養。寒天培地が乾燥したら、新たな寒天培地にモジホコリを移す。

(簡易培養) 水槽やプラ容器などに水で湿らせたキッチンペーパーを敷き、その上にモジホコリと餌のオートミールを数粒載せ、暗所、室温で培養する。キッチンペーパーが乾いてきたら霧吹きで水をかけて湿らせる。培養容器の蓋は密閉出来るものを使わないとモジホコリが容器外に出してしまうので注意。

研究：変形体を迷路の中に設置しその迷路の端と端にえさを置くと、粘菌は迷路全体に広がる。しかし、最終的には餌と餌の最短距離をつなぐ原形質のみを残し、それ以外の部分は衰退させて迷路を解く。(イグ・ノーベル賞 認知科学賞 (2008))

関東地方の形をした容器内に主要な鉄道駅に見立てた餌を配置し、粘菌を這わせると実際の鉄道網とよく似た形となる。粘菌の作ったこの鉄道網は実際の鉄道網より効率的な形になるらしい。(イグ・ノーベル賞 交通計画賞 (2010))

参考：大沢文夫；個体の行動，朝倉書店，東京 (1977)



Protozoa

編集・イラスト；桐間 惇也

文章・写真；谷口 篤史

原生生物イラスト；在間 健悟

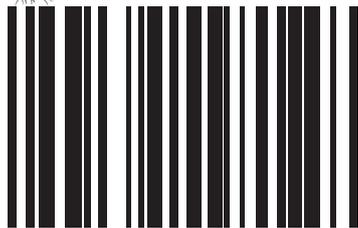
加工・再配布は禁止です。

(ただし、教育目的の使用のみ再配布可)

ご意見・ご感想はこちらへ

兵庫県立大学 桐間 惇也

kirima.junya.euplotes@gmail.com



8526278507942623

