

# 違う生き方を選んだ兄弟: 眠り病原虫とミドリムシ

中山 剛

筑波大学大学院生命環境科学研究科

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

Brothers with different lifestyles: *Trypanosoma* and *Euglena*

Key words: *Euglena*; Euglenozoa; Kinetoplastea; *Trypanosoma*.

Takeshi Nakayama

Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba,  
Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

池や湖の水をとって顕微鏡で覗くと、たいていミドリムシの仲間を見ることができる。ミドリムシは緑色の葉緑体をもって光合成をしており、また鞭毛を伸ばして遊泳する(図 1-4)。細胞の頂端付近には赤くよく目立つ眼点をもっており、学名である *Euglena*(ラテン語で「本当の眼」の意味)の語源になっている。ミドリムシの細胞膜直下にはペリクル板というタンパク質の板が並んでおり、これが互いにずれて頻繁に細胞が変形(ユーグレナ運動)する。ミドリムシは葉緑体をもちながら活発に運動することから、古くから植物と動物の中間形として捉えられてきた。近年では電子顕微鏡や遺伝子を使った研究から、単細胞生物の進化についていろいろなことがわかつってきた。では最近の研究ではミドリムシは植物なのだろうか?動物なのだろうか?

実はミドリムシの一族はもともと葉緑体をもっていないかった。海水にも淡水にも葉緑体をもたない無色のミドリムシの仲間(*Petalomonas*, *Entosiphon*, *Peranema*など)が多数存在し、バクテリアや他の真核生物を食べて生きている(図 5-7)。ところがそういった無色のミドリムシのあるものが、あるとき緑藻(近年の研究からピラミモナス類という藻類であったことが判明している; Turmel et al. 2009)を取り込み、これを消化せずにそのまま光合成をさせて利用するようになったらしい(図 8)。現在では両者は切り離せない関係になっており、葉緑体(取り込んだ緑藻)は子孫にもきちんと受け継がれるようになっている。

つまりミドリムシの一族の中で、葉緑体をもったミドリムシは光合成という自活生活を選んだ変わり者なのである。実は真核生物の中には、ミドリムシと同じように葉緑体をもった別の生物

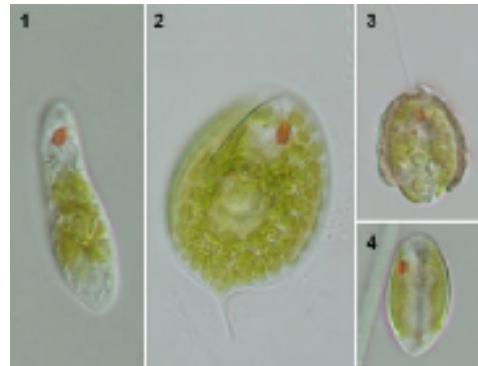


図1-4 葉緑体をもったミドリムシ類。1. *Euglena*; 2. *Phacus*; 3. *Trachelomonas*; 4. *Cryptoglena*。



図5-7 葉緑体をもたないミドリムシ類。5. *Entosiphon*; 6. *Ploetotia*; 7. *Petalomonas*.

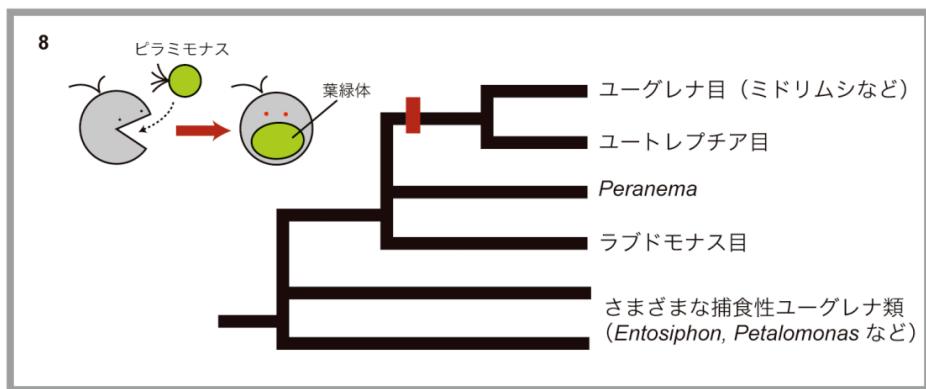


図8 ミドリムシ類（ユーグレナ藻綱）の進化。Busse et al. (2003)を改変。ユーグレナ目とユートレプチア目の共通祖先の段階で緑色藻（ピラミモナス類）の取り込み、葉緑体化が起こったと考えられている。

を取り込んで葉緑体にしてしまったグループがたくさんいる（褐藻、珪藻、渦鞭毛藻など）。また中にはその途上過程にあるような生物も知られている。このように「食べて生きる」から「光合成をして生きる」への転換は生物の歴史の中で何度も起こっており、そのメカニズムの研究は大変興味深い課題になっている。ミドリムシもそういった視点での研究材料に使われている。さらにミドリムシの仲間には、一度光合成をするようになったのに、再びその能力を失い、ものを食べて（吸収して）生きるようになった種類もいる。このように二次的に光合成能を失った生物はミドリムシの仲間以外にもさまざまなグループに知られており（ラフレシア、マラリア原虫など）、これも真核生物の進化の中で何度も起こったことと考えられている。ミドリムシ一族の中では生き方の転換が何度も起こっているのだ。

ミドリムシはもともと葉緑体をもっていなかったとしたら、動物なのだろうか？しかし真核生物は全てもともと葉緑体をもっていなかったので、この特徴をもとに互いに近縁とは言うことはできない。電子顕微鏡や遺伝子を使った研究から、ミドリムシ一族の親戚はキネトプラステア類という生物群であることが判明している（図9-11）。

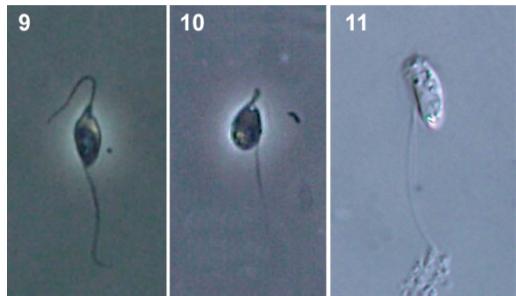


図9-11 キネトプラステア類。9. *Dimastigella*. 10. *Rhynchomonas*. 11. *Bodo*.

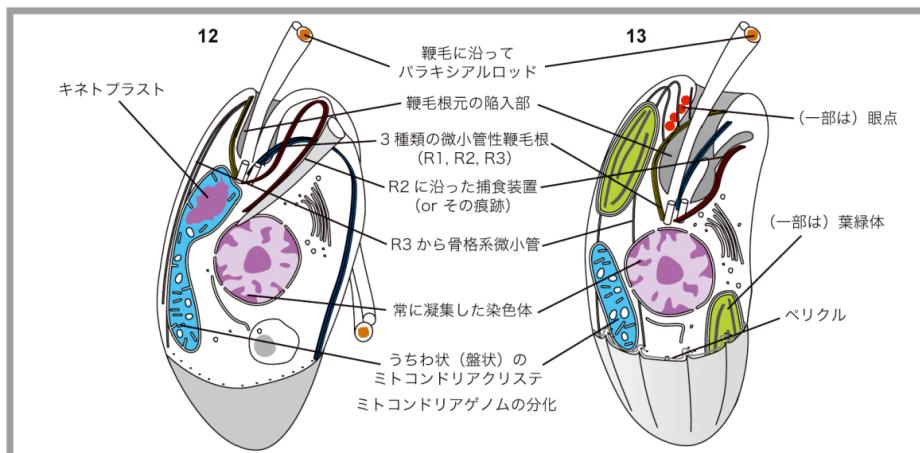


図12, 13 キネトプラステア類（12）とミドリムシ類（13）の細胞構造比較。両者にはさまざまな共通点がある。

キネトプラステア類は鞭毛をもった単細胞生物であり、キネトblastとミトコンドリアにDNAがたくさん詰まった構造をもっている。ペリクル板をもっていないという点でもミドリムシとは異なるが、それ以外はミドリムシにそっくりである（図12, 13）。キネトプラステア類も

海水から淡水にたくさんすんでおり、ふつうバクテリアを食べて生きている。ところがキネトプラスティア一族の中にも変わり者がおり、それがトリパノソーマ類である。トリパノソーマ類は基本的に昆虫に寄生する鞭毛虫だが、中には昆虫を介して哺乳類に寄生する種類もあり、最も有名なのが眠り病の原因となる*Trypanosoma*やリーシュマニア症の原因となる*Leishmania*である。またトリパノソーマ類の中には昆虫を介して陸上植物（コーヒーなど）に寄生するものも知られている（*Phytomonas*）。このようにキネトプラスティア一族の中には、「食べて生きる」から「寄生して生きる」への変換をしたものがいるのだ。

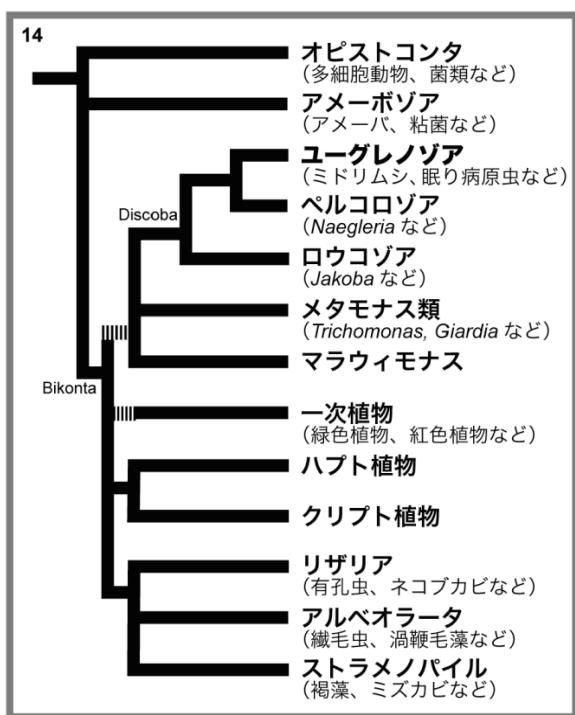


図14 真核生物の系統。Hampl *et al.* (2009) 等をもとに改変。点線はいまだ不確定の部分。

明らかになったとは言えない。身近な池の中にもまだ知られていない単細胞生物が生きているのだ。このような多様性を明らかにすることで、真核生物がどのように進化してきたのか、どのように生き方を変えてきたのかを知ることができると考えられる。

## 引用文献

- Busse, I., Patterson, D.J. & Preisfeld, A. 2003. Phylogeny of phagotrophic euglenids (Euglenozoa): a molecular approach based on culture material and environmental samples. *J. Phycol.* 39: 828-836.
- Hampl, V., Hug, L., Leigh, J.W., Dacks, J.B., Lang, B.F., Simpson, A.G.B. & Roger, A.J. 2009. Phylogenomic analyses support the monophyly of Excavata and resolve relationships among eukaryotic "supergroups". *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 106: 3859-3864.
- Turmel, M., Gagnon, M.-C., O'Kelly, C.J., Otis, C. & Lemieux, C. 2009. The Chloroplast genome of the green algae *Pyramimonas*, *Monomastix*, and *Pycnococcus* shed new light on the evolutionary history of prasinophytes and the origin of the secondary chloroplasts of euglenids. *Mol. Biol. Evol.* 26: 631-648.

もう一つミドリムシ一族に近縁なものとして、ディプロネマ類という生物群が知られている。ディプロネマ類はミドリムシ類とキネトプラスティア類の中間的な形をしており、植物プランクトンの中に入り込んで中身をむさぼり食うという変わりものもいるが、基本的には「食べて生きる」生物群である。現在では、ミドリムシ類（ユーグレナ藻綱）とキネトプラスティア類（キネトプラスティア綱）、ディプロネマ類の3者は、ユーグレノゾア門という大きなグループを形成していることが分かっている。真核生物の中でユーグレノゾア類は植物（緑色植物）と動物（多細胞動物）のどちらにも近縁ではない（図14）。よってミドリムシは動物でも植物でもないと言えるだろう。このように単細胞の生き物の多様性は、動物や植物といった古典的な区分を超えた広がりをもっていることが明らかとなってきた。しかしこのような生物は肉眼では見ることができないため、その本当の多様性はまだまだ