

2025 年 6 月 3 日

報道関係者各位

国立大学法人筑波大学

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

原生生物 *Glissandra* の再発見により未解明系統 CRuMs に共通する特徴を解明

パラオ共和国の海水湖で採集されたサンプルから、真核生物の系統の一つ CRuMs（クルムス）に属する新種の単細胞生物を発見し「*Glissandra oviformis*」と命名しました。また、この生物の構造を電子顕微鏡で観察したところ、CRuMs に属する他の生物と共通する形態的な特徴が明らかになりました。

原生生物（動物・陸上植物・菌類を除く真核生物）は、真核生物の系統樹の大部分を構成しているため、真核生物の進化を理解する上で、それらの多様性の解明は重要な鍵となります。しかし、微小であることや培養の難しさから、その理解は依然として不十分です。

本研究では、パラオ共和国の海水湖で採取された海藻表面のサンプルから、原生生物の培養株を確立しました。顕微鏡観察の結果、本生物は、その存在は知られているものの、これまで系統的位置が不明となっていた *Glissandra* 属の新種であることが分かり、これを「*Glissandra oviformis* (*G. oviformis*)」と命名しました。340 個のタンパク質配列に基づく大規模分子系統解析により、*G. oviformis* は真核生物の主要な系統の一つである CRuMs（クルムス）の新規系統であることが明らかになりました。CRuMs は形態的に多様な原生生物から構成されており、共通する特徴はこれまで不明でした。CRuMs 内部での形態形質の進化を明らかにするために、*G. oviformis* について電子顕微鏡観察を行ったところ、細胞膜を裏打ちする膜状の構造や鞭毛の根本の構造が CRuMs に属する他の生物と共通していることが分かりました。

本研究により、CRuMs を構成している原生生物の間に、共通の形態的特徴があることが示されました。このように、系統樹の中での位置付けが不明なままになっている原生生物を、環境中から再発見し、培養株を確立して詳細に調べることは、真核生物の進化を理解するための重要な手法であると考えられます。

研究代表者

筑波大学生命環境系

白鳥 峻志 助教

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

基盤技術研究本部 高度分析研究センター

矢崎 裕規 研究員

研究の背景

原生生物（動物・陸上植物・菌類を除く真核生物）は、真核生物の系統樹（eukaryotic Tree of Life; eToL）の大部分を構成しており、原生生物の多様性の解明は、真核生物の進化を理解する上で重要な鍵となります。しかし、原生生物のほとんどは肉眼では見えない単細胞生物であることから、動物や陸上植物などの多細胞生物に比べ、その理解は依然として不十分です。原生生物の中には、分類群として記載されているものの、自然環境中に希少であったり、実験室内での培養が困難であるために、詳細な研究が行われていないものが数多く存在しています。その中には PUPA (protists with uncertain phylogenetic affiliations)^{注1)} と呼ばれる、存在は認識されていながら、eToL 中での系統的な位置付けが不明な原生生物がいます。eToL の全体像を解明するためには、PUPA を形態的・系統的に特徴付けていくことが不可欠です。しかし、PUPA のほとんどは実験室内での培養が行われておらず、それらの研究を進めるためには、再度自然環境中から単離し、顕微鏡下での観察と遺伝子配列、さらに最近ではゲノム配列まで解析する必要があります。

研究内容と成果

本研究では、2013 年にパラオ共和国の海水湖から採集した海藻の表面のサンプルから単細胞の鞭毛虫を単離し、その培養株を確立することに成功しました。本生物は体長約 5 μm ほどの楕円形で、光学顕微鏡による観察から、二本の鞭毛を持つことや、基質上をゆっくりと滑走する様子が観察されました（図 1）。滑走時には、一本の鞭毛は前方に、もう一本は後方に一直線に伸びていました。後方に伸びた鞭毛は全長に渡って基質に接着していましたが、前方に伸びる鞭毛では、先端だけ基質から離れて前後に振れる様子が観察されました。この特徴的な鞭毛の運動から、本生物は PUPA の一つである *Glissandra* 属の原生生物であることが分かりました。一方で、細胞の形状や鞭毛の根元の構造などが、これまでに知られている *Glissandra* 属のどの種とも一致しませんでした。そこで、本生物を *Glissandra* 属の新種 *Glissandra oviformis* (*G. oviformis*) として記載しました。

次に、*G. oviformis* の系統的位置を明らかにするために、小サブユニットリボソーム RNA 遺伝子^{注2)} 配列を用いた分子系統解析を行いました。本生物の eToL における系統的位置を確定することはできませんでした。そこで、*G. oviformis* でタンパク質をコードする遺伝子転写物を網羅的に決定し、その転写物データを用いて、132 分類群、340 個のタンパク質に基づく大規模分子系統解析を行いました。その結果、*G. oviformis* は真核生物の主要な系統の一つである CRuMs（クルムス）の新規系統であることが強く示されました。CRuMs は 2018 年に分子系統解析の結果から提唱された系統群であり、形態的に多様な原生生物によって構成されていますが、この系統群に含まれる原生生物をまとめる形態的な特徴は知られていません。

そこで、CRuMs 内部での形態形質の進化を明らかにするために、電子顕微鏡を用いて *G. oviformis* の微細構造を観察しました。その結果、一部の CRuMs で報告されているペリクル^{注3)} や鞭毛移行帯^{注4)} に中心対微小管を囲むスリーブなどを持つことが分かり（図 2）、これらの特徴が少なくとも *G. oviformis* を含む CRuMs 内の特定の系統で保存されていることが示されました。すなわち、CRuMs に属する生物種が共通して保持する可能性がある細胞微細構造を特定することに、世界で初めて成功しました。

今後の展開

本研究により、CRuMs を構成している原生生物の間に、共通の形態的特徴があることが示されました。今後、CRuMs の中で微細構造の知見がない *Mantamonas* 属の電子顕微鏡観察を行い、ペリクルや鞭毛移行帯のスリーブが CRuMs 全体を特徴付ける形質なのかを明らかにする必要があります。本研究は、こ

れまで PUPA として扱われていた原生生物の再調査が、真核生物の多様性と進化の理解を進めることを示す好例です。さらに PUPA の再発見と培養株の確立を進めていくことで、eToL の全体像が明らかになると考えられます。

参考図

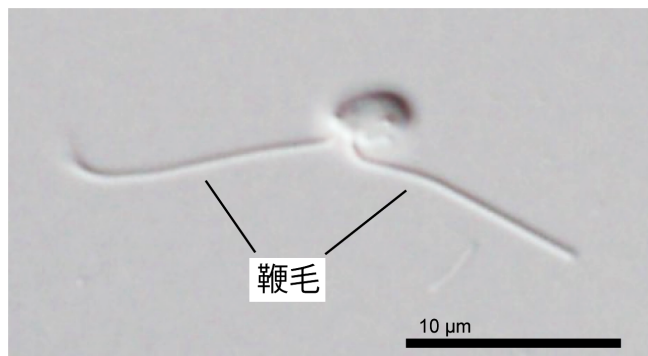


図1 *Glissandra oviformis* の光学顕微鏡写真

2本の鞭毛を持ち、前方（左側）に伸びる鞭毛の先端を前後に振りながら滑走運動を行う。

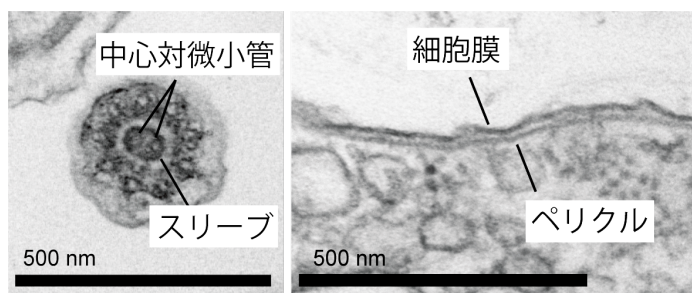


図2 *Glissandra oviformis* の透過型電子顕微鏡写真

（左図）鞭毛移行帯の横断面。中心対微小管は楕円形のスリーブによって囲まれている。（右図）細胞表層を拡大したもの。細胞膜をペリクルが裏打ちしている。

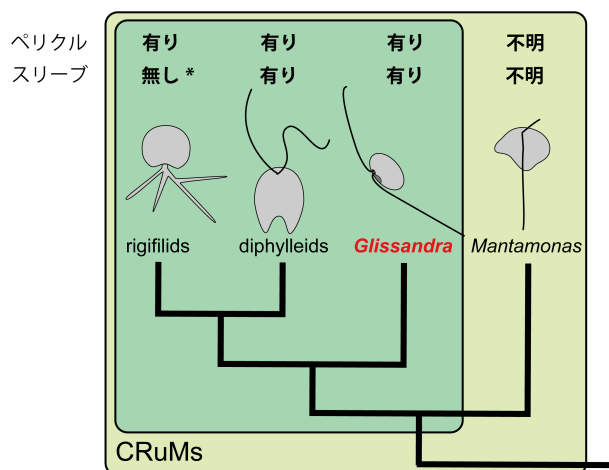


図3 *G. oviformis* の CRuMs の中での系統的位置と、CRuMs の各系統におけるペリクルとスリーブの有無

rigifilids が中心対微小管を囲むスリーブを持たないのは、鞭毛自体を持っていないためである。また、*Mantamonas* におけるペリクルおよびスリーブの有無は、微細構造がこれまでに観察されたことがないため不明である。*Mantamonas* がペリクルとスリーブを有していた場合、それらは CRuMs 全体を特徴付ける形質であると考えられる。

用語解説

注1) PUPA (protists with uncertain phylogenetic affiliations)

過去に記載されたものの、形態や分子データが不十分なことから、系統的位置が不確かなままとなっている原生生物。既知の真核生物の主要などの系統にも内包されない原生生物が含まれている可能性があるため、詳細な観察や解析が求められている。

注2) 小サブユニットリボソーム RNA 遺伝子 (small subunit ribosomal RNA gene)

細胞内に存在するリボソームタンパク質とともに、リボソームの小サブユニットを形成する RNA。増幅・配列決定が比較的容易であり、また豊富なデータベースが整備されていることから、系統関係の推定に広く利用されている。

注3) ペリクル (pellicle)

原生生物の細胞膜直下に存在する膜状構造。CRuMs 以外に、アンキロモナス類やアプソモナス類などでも見られる。

注4) 鞭毛移行帯 (flagellar transitional region)

鞭毛と鞭毛の基部を構成する基底小体の間の領域。系統ごとにさまざまな構造が見られるため、原生生物の重要な分類形質とされる。

研究資金

本研究は、科研費による研究プロジェクト (13J00587、23405013、23K27226、BPI06050) の一環として実施されました。

掲載論文

【題 名】 *Glissandra oviformis* n. sp.: a novel predatory flagellate illuminates the character evolution within the eukaryotic clade CRuMs.

(新奇捕食性鞭毛虫 *Glissandra oviformis* が真核生物のクレードである CRuMs の進化を明らかにする)

【著者名】 E. Yazaki, R. Harada, R. Isogai, K. Bamba, K. Ishida, Y. Inagaki and T. Shiratori

【掲載誌】 *Open Biology*

【掲載日】 2025 年 6 月 4 日

【DOI】 10.1098/rsob.250057

問い合わせ先

【研究に関すること】

白鳥 峻志 (しらとり たかし)

筑波大学 生命環境系 助教

URL: <https://tshiratoriprotist.wixsite.com/my-site/home>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp

農研機構

お問い合わせフォーム: <https://www.naro.go.jp/inquiry/index.html>