

ISSN 2434-0138

2025年7月11日発行

GENSEI-SEIBUTSU

原生生物

第8巻 第1号 (2025)

日本原生生物学会

Japan Society of Protistology

<http://protistology.jp>

目次

第58回日本原生生物学会大会のご案内

石田 正樹 (奈良教育大学) 1

The Asian Pacific Congress of Protistology (APCOP-V) 2024 参加報告

島田 真帆 (島根大学) 2

学会等開催情報

..... 2

総説

ゾウリムシ収縮胞における水分集積機構に関する研究 

石田 正樹 (奈良教育大学) 3

総説

繊毛虫類の形態用語と高次分類体系 

石田 正樹 (奈良教育大学) ・ 島野 智之 (法政大学) 13

若手の会 通信

..... 52

本会記事

..... 54

事務局からのお知らせ

庶務 矢崎 裕規 (農研機構) ・ 庶務補佐 福田 康弘 (東北大学) 58

国際委員からのお知らせ

国際委員 (会長) 園部 誠司 (兵庫県立大学) 58

編集委員会からのお知らせ

「原生生物」編集長 北出 理 (茨城大学) 58

第 58 回日本原生生物学会大会のご案内

大会長 石田正樹 (奈良教育大学)

第 58 回日本原生生物学会大会は、9 月 26 日 (金) から 28 日 (日) までの 3 日間、奈良教育大学で開催いたします。また、27 日には生協の“なつきょん食堂”で懇親会も開催いたします。

若手の会からは、原生生物を実際に顕微鏡で観察できる「原生生物観察ブース」の設置を提案頂いています。発表会場の近くに簡単な顕微鏡を複数設置し、参加者が細胞を直接観察しながら議論できるようにするという趣旨だということです。

奈良での開催は、1992・2011 年 以来 3 度目となりますが、奈良教育大学での開催は初めてであります。教育大学では教育実習が 9 月に実施されるので、教室が比較的利用しやすいという理由からこの時期にいたしました。例年より早い開催となりますが、どうかご容赦ください。9 月下旬の奈良は、例年ですと比較的過ごしやすい気候となってきますが、昨年の例では最高気温が 36℃と残暑が厳しい状態でした。今年も熱中症に配慮が必要な運営になるかと存じますが、原生生物研究への皆様の熱い議論を期待しております。それでは、多くの皆様にご参加いただけますよう、心よりお待ち申し上げます。

1. 会期

2025 年 9 月 26 日～ 28 日

26 日 (金) 評議員会、編集委員会、若手の会、若手の会懇親会 (予定)

27 日 (土) 口頭・ポスター発表、総会、懇親会

28 日 (日) 口頭・ポスター発表

最新の情報は下記の大会ホームページで、お知らせいたします。

(<https://sites.google.com/view/58th-annual-meeting-jsp/ホーム>)

2. 会場

奈良教育大学における各会議の実施場所については、大会 HP (大会スケジュール) にてお知らせいたします。

3. 発表形式

口頭発表およびポスター発表

発表演題数により発表方法の変更をお願いする場合があります。

4. 参加申し込み

要旨提出と参加申し込みは、準備が整い次第、大会 HP (参加申し込み) 上で受付を開始します。

事前登録の締め切りは 2025 年 8 月 22 日 (金) です。

最終の演題登録・講演要旨の締め切りは 2025 年 9 月 12 日 (金) といたします。

最終登録期限を過ぎた場合、一切、演題・講演要旨の申し込みは受け付けませんのでよろしくお願いいたします。

5. 大会参加費等

大会参加費等は、参加登録手続きに合わせて、事前のお振り込みにご協力をお願いいたします。当日参加

も受け付けますが、省力化のためにご協力をお願いいたします。

大会参加費 (事前登録) :

名誉会員 無料, 一般会員 3,500 円, 学生会員 1,500 円, 非会員の学生 (発表無) 無料

事前登録締め切り後 :

一般会員 4,500 円 学生会員 2,000 円

6. 昼食

土日祝日には生協・食堂は営業しておりませんのでご注意ください。大学周辺には、飲食店がそれなりにありますが、スケジュールがタイトとなる可能性が高いので、希望者には、27 日のみお弁当を手配いたします。お弁当は事前に予約していただき、代金は当日会場にてお支払いください。

27 日のお弁当 (お茶込み) 1,000 円

7. 懇親会

懇親会は、大学の生協の“なつきょん食堂”にて行います。詳細は後日 HP にてお知らせ致しますが、地酒なども準備する予定としています。

大会懇親会費 (事前登録)

名誉会員 1,000 円, 一般会員 4,000 円 学生会員・非会員の学生 (発表無) 2,500 円

大会懇親会費 (事前登録締め切り後)

名誉会員 1,000 円, 一般会員 5,000 円 学生会員・非会員の学生 (発表無) 3,000 円

8. 宿泊

近鉄奈良駅や JR 奈良駅 (どちらも会場までの距離は同じくらい) の近隣には、いくつかホテルがございます。ご存じのように、全国的に宿泊費が高騰していることから、お早めにご予約いただくことをお勧めします。ホテル一覧は、大会 HP (宿泊周辺情報) に掲載しています。

9. アクセス

JR 経由及び近鉄経由でお越しいただけますが、いずれの場合も大学まではバスでお越しいただくことになります。ご乗車は、JR の場合 2 番、近鉄の場合、1 番乗り場となり、ご降車の停留所は、“高畑町”です。詳細は、大会 HP (会場へのアクセス) に掲載しています。

大学に駐車場はございますが、なにぶん小さな大学ですので、お車でのお越しの際は、近隣にある一般の駐車場をお使いいただけるとありがたく存じます。大学の近隣には高畑駐車場 (〒630-8301 奈良県奈良市高畑町 726-3 電話番号: 0742-22-3523) という観光用の駐車場が御座います。

10. 大会事務局

〒630-8528 奈良県奈良市高畑町 (番外地)

奈良教育大学 理科教育講座 石田研究室

石田 正樹

Email: maxinnue9198@gmail.com

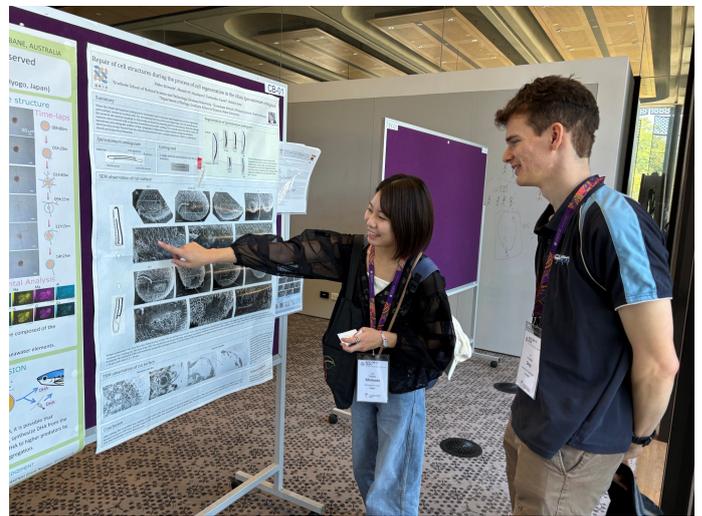
The Asian Pacific Congress of Protistology (APCOP-V) 2024 参加報告 島田真帆 (島根大学)

昨年11月4日-6日にかけて、オーストラリアのブリスベンで開催されたAPCOP-V 2024 (Asian Pacific Congress of Protistology) に参加いたしました。私にとって国際会議は昨年度に参加したECOP (IX European Congress of Protistology) に続き、今回で2度目の経験となりました。前回の初国際学会では、若手のみの渡航ということもあり、不安な点が多くありました。しかし、今回は複数名の先生方と一緒に渡航・宿泊することができたため、非常に心強く感じました。会場となったクイーンズランド大学は、川に囲まれた土地に位置しており、日本ではあまり見かけることのない野生の鳥や小動物、植物など、多種多様な自然を目にすることが出来ました。キャンパス内を散策するだけでも、大変充実した時間を過ごすことが出来ました。

今回の会議では、高校生の頃から取り組んできた *Spirostomum ambiguum* の再生現象について、水凍結乾燥法を用いた膜修復過程の SEM 観察の結果や、凍結固定による TEM 観察結果を含めた内容でのポスター発表を行いました。11月3日の夜に日本を出発し、4日の朝にブリスベンに到着しましたが、その日の夕方にはポスター発表のコアタイムがあり、到着後すぐにポスターの掲示を行いました。掲示を手伝ってくれた現地の学生が日本への留学生だと話しかけてくれ、研究についても意見交換をすることができました。到着したばかりで英語に耳が慣れておらず、聞き取りに苦戦しましたが、同世代の学生と話すことで、緊張が和らぎました。ポスター発表の前には神戸大学の洲崎先生が口頭発表で私のポスターを紹介してくださったおかげで、多くの方々が私の発表を聞きに来てくださいました。中には、水凍結乾燥法にとっても感銘を受け、ご自身で撮影されたゾウリムシの画像を見せながら、より美しく撮影する方法についてアドバイスを求めてくださる方もいらっしゃいました。しかし、英語での議論に苦労し、十分に意思

疎通ができなかったことが非常に悔しく、自身の英語力の乏しさを痛感いたしました。発表の中で特に印象深かったのは、コアタイム終盤での韓国から参加した絨毛虫の分類学の研究をしている若手研究者のお二人との論議です。お二人は *Spirostomum* の再生現象に興味を持ち、熱心に質問をしてくださいました。このように、自身の研究が国外でも関心を持たれたことは大きな自信になりましたが、一方で、十分な議論ができなかったことが心残りです。今後、英語力を向上させる努力をする必要があることを強く感じました。

2日目以降は、他の方の口頭発表を拝聴したり、大学内外を散策したりすることで、充実した時間を過ごしました。同世代の研究者が、会場で活発な議論している姿を目の当たりにし、自身の研究に対する情熱も一層強くなり、今後も研究に励もうと決意を新たにしました。



ポスター発表の様子

学会等開催情報

会議名 : Ciliate Molecular Biology Conference 2025 (CMB 2025)

会 期 : July 25-28, 2025

会 場 : Wanda Realm Wuhan (China)

大会HP : <https://cmb2025.casconf.cn>

(アクセス後、EN を選択してください。)

会議名 : The Symposium of the International Society of Endocytobiology 2025 (ISE 2025)

会 期 : September 16-19, 2025

会 場 : the Freie Universität Berlin (Germany)

大会HP : <http://www.chromera.org/konferenz/ise-symposium-2025/about-2/>

総説

ゾウリムシ収縮胞における水分集積機構に関する研究

石田正樹

Masaki ISHIDA

奈良教育大学教育学部理科教育講座 〒630-8528 奈良市高畑町

要旨

淡水に棲む原生物は、細胞質と細胞外液（淡水）との浸透圧差から生じる水の流入により、常に細胞が破裂する危機にさらされている。収縮胞は、細胞内部に入ってくる水を外に汲み出すことで、浸透圧を一定に整え、この危機を回避し、細胞の生命維持に貢献している。いわば原生物の生命維持の根幹に関わる大切な細胞内小器官である。本総説では、収縮胞がいかにして細胞内部の水分を集積しているのかについて、モデル生物であるゾウリムシの研究をベースに過去の収縮胞研究の歴史と最近の知見も含め紹介する。

キーワード： aquaporin, co-transporter, mAb, RNAi, V-ATPase, water permeability

1. はじめに

淡水に生息する原生物では、細胞質とその外界である淡水との間の浸透圧差により、細胞膜を越えて水が細胞内に侵入する。浸透圧差がある限り過剰な水が流入するため、それに対抗する細胞壁を持たなければ、細胞は破裂する恐れがある。細胞壁を持たない多くの原生物は、“収縮胞（収縮性小胞）”と呼ばれる水を排出する小器官を発達させることでこの問題を解決している (Kitching, 1967; Patterson, 1980; Zeuthen, 1992; Allen and Naitoh, 2002; Do-campo et al., 2013)。収縮胞はヒトを含む脊椎動物には見られず、医学的な見地からは重要視されてこなかった。しかしながら、多くの単細胞生物において、また多細胞生物においても、生活史の一部に単細胞段階が存在する場合、収縮胞はしばしば細胞内に見出される。収縮胞は生命が海から淡水域に進出した時点から、浸透調節と呼ばれる基本的な調節機構の一翼を担っていると考えられる。

収縮胞に関する研究は、比較的歴史が古い。Patterson (1980) のレビューによると、収縮胞が初めて報告されたのは、18 世紀のことである (Spallanzani, 1776)。Spallanzani は、自由遊泳する生物（おそらくはゾウリムシ *Paramecium*）に脈動する星型の小器官があることを記載している。当時は、“液体の流入によりゆっくりと膨らみ、定期的にその内容物を細胞の外に放出する小胞”として発見され、その液体が何

であるのか、膜に包まれているのかも不明であった。1931年には Max Knoll や Ernst A. F. Ruska により電子顕微鏡が発明されたが、電子顕微鏡を使って、収縮胞が複数の膜系から構成される複合体であることが報告されたのは (De Saedeleer and Wolff, 1931), まさにその年の出来事であった。原生物は単細胞であるが故に、実験生物としては扱いやすく、中でも収縮胞は古くから人々の興味の対象であったことが偲ばれる史実である。

一般に収縮胞と呼ばれる細胞内の小胞は、収縮胞複合体 (contractile vacuole complex, CVC) の一部であり (De Saedeleer and Wolff, 1931), その構造と組成は細胞の種類によって異なる (Patterson, 1980)。Patterson (1980) の記述によれば、鞭毛虫やアメーバのように、収縮胞とその周りに存在するプロトンポンプを持つ小胞の存在といった比較的単純な構造の収縮胞複合体を持つものから、藻類や小さな繊毛虫のように微小管の骨格を伴うものまでが報告されている。最も組織化された収縮胞複合体は、ゾウリムシのような比較的大きな繊毛虫に見られるもので、細胞膜の陥入である収縮胞孔 (contractile vacuole pore, CVP) を除けば、形態学的に異なる5つの膜系から構成されている: 収縮胞 (contractile vacuole, CV), 瓶状部 (ampullae, AMP) と集水管 (collecting canal, CC), スムース・スポンジオーム (smooth spongiome, SS), デコレイテッド・スポンジオーム (decorated spongiome, DS) である (Hausmann and Allen, 1977; Tominaga et al. 1999; Ishida et al., 2021; 図 1)。これらの5つの膜系は、収縮胞孔から放射状に伸びる微小管束



Tel/Fax : 0246-46-0875
E-mail: masaki@cc.nara-edu.ac.jp
Received: 22 Nov 2024; Accepted: 22 Jan 2025.

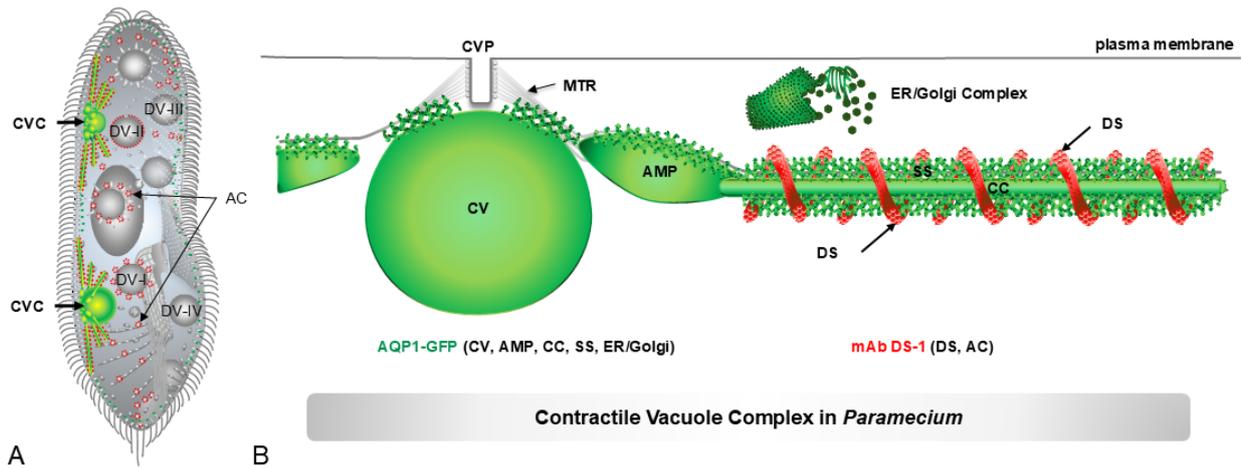


図1. ゾウリムシ収縮胞複合体の模式図. A, ゾウリムシ右側面の模式図. 2つの収縮胞複合体 (CVC, contractile vacuole complex) が細胞の背中側に位置し, 細胞質には食胞膜系 (DV-I~IV) の配置が示されている. B, 収縮胞複合体を拡大した模式図. この模式図では, AQP1-GFPで標識された部分は緑色で, mAb DS-1で標識された部分は赤色で示されている. AC, acidosome (酸性小胞); AMP, ampullae (瓶状部); AQP, aquaporin (アクアポリン); CC, collecting canal (集水管); CV, contractile vacuole (収縮胞); CVP, contractile vacuole pore (収縮胞孔); DS, decorated spongiome (デコレーテッド・スポンジオーム); DV, digestive vacuole (食胞); ER/Golgi Complex, endoplasmic reticulum/Golgi apparatus complex (小胞体/ゴルジ体 複合体); MTR, microtubular ribbon (微小管束); SS, smooth spongiome (スムーズ・スポンジオーム). 尚, Bは Ishida et al. (2021) の Fig. 6 を改変したものである. また, mAb DS-1 標識分布についての詳細は, Ishida et al. (1997) に準拠する.

(microtubular ribbon, MTR) によって連結され, 収縮胞複合体を形成している. McKanna (1973a,b, 1974, 1976) は, さまざまな生物の収縮胞複合体を電子顕微鏡で観察した結果, それらを比較することで収縮胞複合体の膜系には釘の頭 “peg” のような突起を持つ膜が共通して存在することを発見し, この膜を “fluid segregation organelles (液体分離器官)” と命名した. 収縮胞研究はやがて, 1990年代から2000年代初頭にかけてそのピークを迎えることになるが (Ishida and Tominaga, 2006), 生化学やモノクローナル抗体を用いた免疫組織化学, そして分子生物学の技術の発達により, この突起こそが液胞型プロトンポンプであることが証明されていったのである. この総説では, 著者が携わった二つの機能分子, 液胞型プロトンポンプとアクアポリンを中心に過去の収縮胞研究の歴史と最新の進展について紹介する.

2. 液胞型プロトンポンプ

液胞型プロトンポンプ (vacuolar-proton-ATPase, V-ATPase) は, ATPの加水分解により膜を隔ててプロトン (H^+) を電気化学的勾配に逆らって移動させる. V-ATPaseは, これまでの研究によりファゴソーム (phagosome), 酸性小胞 (acidosome), リソソーム (lysosome), 初期エンドソーム (early endosome), トランスゴルジ網 (trans-golgi network), 濃核分泌顆粒 (dense core

secretory granules), 植物の液胞などといった細胞内小器官の酸性化を担っている (Ishida et al., 1997; Sun-Wada et al., 2003; Nelson, 2003; Kluge et al., 2003). このプロトン移動の重要な側面は, イオンの二次的能動輸送に利用できる電気化学的電位の生成である. その例は, 神経伝達物質がシナプス小胞の内腔に濃縮されている神経細胞 (Roseth et al., 1995; Fonnum et al., 1998), クロマフィン顆粒 (Apps, 1997) で報告されており, 収縮胞研究が盛んであった当時には, V-ATPaseがすべての淡水生物の浸透圧活性膜によるイオン取り込みのエネルギーを供給する可能性が提唱されていた (Wieczorek et al. 1999).

ゾウリムシ (*Paramecium*, Fok et al., 1995), タマホコリカビ (*Dictyostelium*, Heuser et al., 1993), エキビョウキン (*Phytophthora*, Mitchell and Hardham, 1999) の収縮胞複合体は, すべて V-ATPaseを豊富に持っている. ほとんどの場合, この酵素複合体は管状膜系にあり, 通常は収縮胞複合体の中でも大きな液胞に膨らむ膜系に付着している (Allen and Naitoh, 2002). この大きな液胞は細胞膜と融合することによって, 蓄積した液体を排出する. ゾウリムシでは, モノクローナル抗体 (mAb) DS-1 がデコレーテッド・スポンジオーム (DS, 図1) 上の V-ATPase に特異的に結合することが免疫蛍光法と免疫凍結切片法で示され (Fok et al., 1995, 図2の赤色蛍光標識), この mAb をマイクロインジェクションにより細胞内に導入す

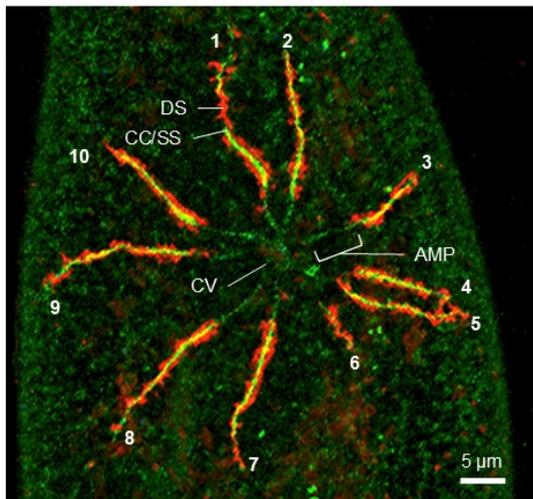


図2. *Paramecium multimicronucleatum* の収縮胞複合体における GFP-AQP1 の細胞内局在状態。化学固定された細胞は、V-ATPase に対するモノクローナル抗体 DS-1 (Allen et al., 1990; Fok et al., 1995; Fok et al., 2002) とインキュベートし、共焦点捜査型レーザー顕微鏡により撮影された。この画像は複数の光学切片を重ねることにより得られた 3D 投影画像である。緑色蛍光が GFP-AQP1 の局在を、赤色蛍光が DS-1 による標識を示す。図中の数字は、収縮胞複合体の放射管 (瓶状部, 集水管, スムース・スポンジオームをまとめた名称) の数を示す。AMP, ampullae (瓶状部); AQP, aquaporin (アクアポリン); CC/SS, collecting canal (集水管) and smooth spongiome (スムース・スポンジオーム); CV, contractile vacuole (収縮胞); CVC, contractile vacuole complex (収縮胞複合体); DS, decorated spongiome (デコレーテッド・スポンジオーム)。

ると収縮胞複合体の体液分離活性が阻害されることから (Ishida et al., 1993), V-ATPase が浸透圧調節に関与していることが示されたのである。その後, Fok et al. (2002) は、精製されたホロ酵素のトリプシン断片の配列情報をもとに設計した PCR プライマーと、既存の *P. multimicronucleatum* のゲノム DNA ライブラリー (Yamauchi, 1995) を用いて V-ATPase の B サブユニットの遺伝子のクローニングに成功した。また、人為的に導入した相補的な RNA による特定の遺伝子の発現を阻害する方法である RNA 干渉 (RNA interference, RNAi) により、V-ATPase の C-あるいは F-サブユニットをサイレンシング (遺伝子抑制) した細胞では、DS 構造の消失や、CVC 機能の激的な低下が報告された (Wassmer et al., 2005)。近年におけるこうした新しい分子生物学的手法による検証を経て、収縮胞に関わる機能分子としての V-ATPase の関与が、特にモデル生物であるゾウリムシにおいては疑いのないものとして理解されるようになった。

Tominaga et al. (1998a) は、ゾウリムシの収縮胞に電極を刺入し、収縮胞の膜電位を測定した。ゾウリムシの細胞の膜電位は、他の細胞同様に電氣的にネガティブ (マイナス) であるが、測定された収縮胞の膜電位は、+80 mV に達していた。V-ATPase が運び込む H^+ の形成する電位であると考えると矛盾しない結果であるが、細胞膜電位が -30 mV 程と考えると驚くべき値である。ゾウリムシの V-ATPase はデコレーテッド・スポンジオーム (DS, 図 1, 2) に局在しているが、収縮胞が細胞膜と融合し内容物を放出する準備段階では、収縮胞は収縮胞複合体から一旦切り離される。この時、収縮胞の膜電位は急激に低下し、同時に膜抵抗が増加する (Tominaga et al., 1998a)。内容物が排出された後には、収縮胞複合体の放射水管が段階

的に収縮胞に再結合され、これに伴って段階的に収縮膜の膜電位が回復する (Grölien et al., 2002)。この事実は、V-ATPase を持つデコレーテッド・スポンジオームが起電力を発生していることを裏付けていた。

では、収縮胞複合体はどのようにして V-ATPase が形成したプロトンの勾配をイオンの取り込みのエネルギーとして利用しているのだろうか? Stock et al. (2002) は、4 種のイオン感受性電極を直接収縮胞内部へ刺入する方法を用いて、生細胞内での収縮胞内部のイオン濃度を測定した。その結果、収縮胞内のイオンで最も顕著に濃度が高いのは K^+ と Cl^- で、それぞれ 56 mM と 66.5 mM と測定された。一方、細胞質では、それぞれの濃度は 22.6 mM, 27.3 mM と測定された。すなわち、収縮胞内部は常に細胞質より高張であり、浸透圧差により水は、低張な細胞質から収縮胞内部に移動が可能であることが示されたのである。この測定により、Shmidt-Nielsen and Schrauger (1963) や Riddick (1968) による単離されたアメーバの収縮胞において観察された“浸透圧差のパラドックス”は、解消された。またこの測定により、収縮胞中で浸透圧差を形成するイオンは、 K^+ と Cl^- であると言及できるようになったのである。Stock et al. (2002) は、さらに、 $Na^+-K^+-Cl^-$ co-transporter の阻害剤である furosemide (Lauf, 1984; Garay et al., 1988) を用いた実験から、収縮胞膜上に存在すると仮定できるのは、 K^+ と Cl^- イオンの能動的な共輸送体であると結論付けた。しかしながら、furosemide が細胞膜の輸送体に働いたのか、あるいは収縮膜のそれであるのかは不明であり、間接的な効果であった可能性を否定できない。今後、後述するようなゾウリムシのゲノムデータベースを利用した共輸送体類似配列の検索や、それに基づいて設計した RNAi によるスクリーニングを通して、共輸

送体の同定につながる研究が期待される。

3. アクアポリン

アクアポリン (aquaporin, AQP) は、主要内在性タンパク質 (major intrinsic protein, MIP) スーパーファミリーに含まれ、しばしば“水チャネル”とも呼ばれる水の透過孔を形成するタンパク質である。主要内在性タンパク質スーパーファミリーのメンバーは、平均分子量 ~30 kDa で、比較的高い配列類似性を共有し、共通の構造を持つ。すなわち、5つのループ (A~E) でつながった 6 つの膜貫通 α -ヘリックス (TM1~6) から構成され、膜を貫通しない 2つのハーフヘリックス部分には、それぞれ高度に保存されたシグネチャー配列 (NPA motif), アスパラギン (Asn or N) - プロリン (Pro or P) - アラニン (Ala or A) をもつ。シグネチャー配列は孔の中心に位置し、水分子や尿素やグリセロールなどの物質を透過させる選択的フィルターとして働く (Agre, 2006; Engel et al., 2000; Gomes et al., 2009)。これまでに AQP0 から AQP12 の 13 の AQP クラスが同定されており、構造的・機能的特性に基づいて 3 つのグループに分類されている。

1) オーソドックス AQP は、水に対して選択的に透過性であり、AQP0, AQP1, AQP2, AQP4, AQP5, AQP6, および AQP8 がこれに属する (Preston et al., 1994)。2) アクアグリセロポリンは、水分子に加えて、グリセロール (Fu et al., 2000), 尿素 (Echevarria et al., 1994), アンモニア (Holm et al., 2005), さらには気体 (Cooper and Boron, 1998) のような電荷を持たない小さな溶質に対しても透過性があり、AQP3, AQP7, AQP9, および AQP10 がこれに属する。3) スーパーアクアポリンは、細胞内に局在し、AQP11 と AQP12 が属する。ただし、その機能は現在研究中である (Itoh et al. 2005; Jung et al., 2020; Morishita et al., 2005)。

ゾウリムシでは、形態学的・生理学的データからアクアポリンが収縮胞複合体の膜上に存在する可能性が予測されてきたが、生化学的・分子生物学的データはこれまで得られていなかった。Tominaga et al. (1998a, 1998b) は、収縮胞複合体における体液分離のために、デコレイテッド・スポンジオーム上の V-ATPase が収縮胞複合体の膜を横切って電気化学的勾配を作り、それが二次的にオスモライト (浸透圧を形成する原因物質: 当時は

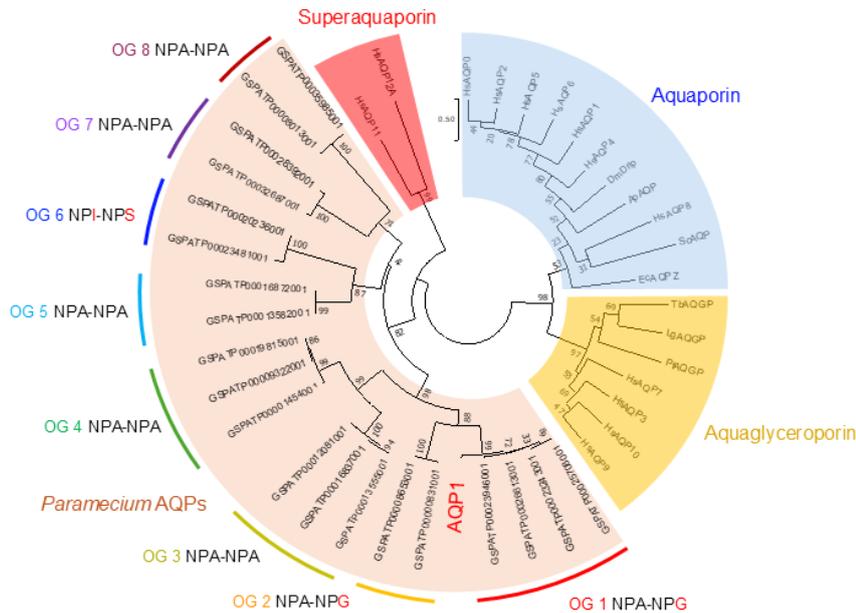


図3. AQP1 (*Paramecium multimicronucleatum* の AQP, PtAQP) を含むアクアポリンファミリーの分子系統解析結果。AQP1 および他の相同タンパク質配列の系統樹は、MEGA7パッケージ (Kumar et al. 2016) を用い、MUSCLEによるアミノ配列のアラインメントを行ったのちに最尤法で推定した。系統樹内の数字は、1,000回のブートストラップ解析による各内部枝の再現率 (%) を示す。各配列のアクセッション番号は以下の通り: ApAQP (A7BIX4), DmDrip (Q9V5Z7), EcAQPZ (B7MH11), HsAQP0 (P30301), HsAQP1 (P29972), HsAQP2 (P41181), HsAQP3 (Q92482), HsAQP4 (P55087), HsAQP5 (P55064), HsAQP6 (Q13520), HsAQP7 (O14520), HsAQP8 (O94778), HsAQP9 (O43315), HsAQP10 (Q96PS8), HsAQP11 (Q8NBQ7), HsAQP12A (Q8IXF9), LgAQGP (E9JU08), PfAQGP (Q8WPZ6), AQP1 (AB771955), ScAQP (P0CD91), TbAQGP (C9ZQF9)。AQP, アクアポリン; AQGP, アクアグリセロポリン; Ap, *Amoeba proteus*; Dm, *Drosophilla melanogaster*; Ec, *Escherichia coli*; Hs, *Homo sapiens*; Lg, *Leishmania guyanensis*; Pf, *Plasmodium falciparum*; Pt, *P. tetraurelia*; Sc, *Saccharomyces cerevisiae*; Tb, *Trypanosoma brucei*. OG, Ptのオノロググループ; PtAQP の 20 のタンパク質配列は、*ParameciumDB* (<https://paramecium.i2bc.paris-saclay.fr>, 2025.1.20 確認) から得られた。

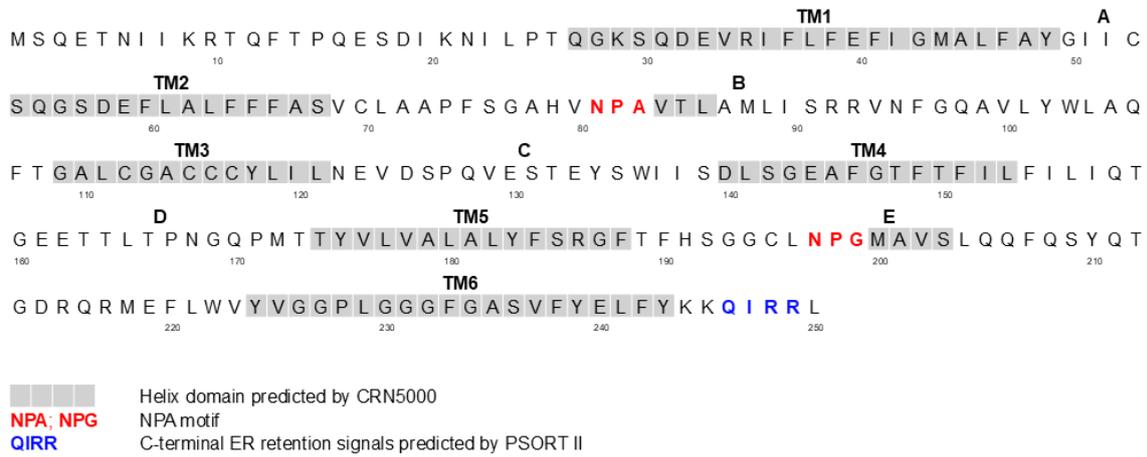


図4. *Paramecium multimicronucleatum* の *aqp1* の塩基配列から推定されたアミノ酸配列の二次構造予測. *P. multimicronucleatum* の AQP1 のタンパク質の二次構造の予測は, PDBj CRNPRED (<https://pdbj.org/crnpred>; Kinjo and Nishikawa, 2006, 2025.1.20 確認) の CNR 5000 (critical random networks) で行った. また, タンパク質のシグナル解析は, PSORT II (<https://psort.hgc.jp/form2.html>, 2025.1.20 確認) で行った. 濃い灰色で囲んだ配列は CRN5000によって予測された helix domain を示す. *aqp1* のアクセッション番号は AB771955. TM は, transmembrane domain を A-E は, loop domain を示す. 配列中の赤字は, NPA モチーフを, 青字 は, ER retention signal を示す.

HCO₃⁻ がその候補と考えられていた) を細胞質から内腔に輸送するという仮説を提唱した. この仮説では, 水分子はデコレイテッド・スポンジオームを除く収縮胞複合体膜系に分布する“水チャンネル”を通じて, 細胞質から収縮胞複体内腔へと受動的に拡散する. 彼らはまた, 凍結切断したレプリカの観察から, *P. multimicronucleatum* の収縮胞 (CV) および集水管 (CC) の膜の P-face に, 直径約 9 nm のタンパク質顆粒の均一な集団が存在することを示した. ただしこれは形態的観察にとどまり, 生化学的あるいは免疫組織科学的なデータは示されなかった. Sugino et al. (2005) は, 高浸透圧溶液中での単離収縮胞の収縮率から, *P. multimicronucleatum* の収縮胞膜の透水性を 4–20×10⁻⁷ μm/s/Pa と推定した. この値は, Nishihara et al. (2004; 2008) が淡水アメーバである *Amoeba proteus* の単離された収縮胞膜から得た値と驚くほど類似していた. この高い透水性の値から, Sugino et al. (2005) は *P. multimicronucleatum* の収縮胞膜に水チャンネルが存在する可能性を示唆したのである. また, *P. tetraurelia* では, ゲノムデータベース (*Paramecium* DB, <https://paramecium.i2bc.paris-saclay.fr>, 2025.1.20 確認) で 20 個にもおよぶ AQP のパラログやオオノログが見つかるものの, それらの発現産物に関する情報は無かった. このことは, AQP が重要な機能分子であるにもかかわらず, *Paramecium* DB が公表された 2006 年以降, 研究が行われてこなかったことを示していた. ゲノム重複等により生じたと考えられるこれらのホモ

ログ遺伝子は, 配列類似性から 8 種に分類できるが (図 3, OG1~8), それぞれの産物であるタンパク質の発現の有無は配列上からは推測できない. こうした困難さもあり, 事実上ゾウリムシの収縮胞研究はこの段階で頓挫した. ゾウリムシのアクアポリンに関する研究のブレークスルーは, 2021 年の我々の論文により達成されることになる (Ishida et al., 2021). 淡水環境に生息するゾウリムシにとって浸透圧調節は常に必要とされる非常に重要な機能である. したがって, この機能に関与するタンパク質は, 恒常的に発現していなければならない. そこで我々は *Paramecium* DB の配列情報に基づいて設計した縮重プライマーを用いて, AQP 遺伝子を RT-PCR で探索する戦略をとった. その結果, *P. multimicronucleatum* から AQP 様遺伝子 (*aqp1*) の cDNA 配列のクローニングに成功した (Ishida et al., 2021). 得られたゾウリムシ *aqp1* の 753 bp の ORF は, 251 アミノ酸残基のポリペプチドをコードしており, 予測分子量は 27.8 kDa, N 末端側のシグネチャーモチーフは NPA であったが, C 末端側のシグネチャーモチーフは NPG (アスパラギン-プロリン-グリシン) であった (図 4). また C 末には, PSORT II (<https://psort.hgc.jp/form2.html>, 2025.1.20 確認) の解析により, 小胞体 (endoplasmic reticulum, ER) への保持シグナルの類似配列 (QIRR) が観察された (図 4). PDBj CRNPRED (<https://pdbj.org/crnpred>; Kinjo and Nishikawa, 2006, , 2025.1.20 確認) の CNR 5000 (critical random networks) を用いたタ

ンパク質の二次構造予測からは、ゾウリムシ AQP1 には、6 つの膜貫通ドメイン (図 4, TM1~6) とそれをつなぐ 5 つの連結ループ (A~E) の存在が示され、AQP ファミリーの他のメンバーとの構造的類似性が示された (Ishida et al., 2021). 図 5 は、Uniport (<https://www.uniprot.org/uniprotkb/A0A060N2T6/entry>, 2025.1.20 確認) の Alpha fold structure prediction (<https://alphafold.ebi.ac.uk/entry/A0A060N2T6>, 2025.1.20 確認) により示された AQP1 (AB771955) の予測立体構造を示している. N 末や C 末は収縮胞複合体の膜の内腔側に位置し、NPA-NPG モチーフが、6 つのヘリックスで囲まれた孔の中心にフィルターとして位置していることがわかる. また、ゾウリムシ AQP1 が属するグループを確認するために、他の相同タンパク質との間での分子系統解析を実施したところ (図 3), ゾウリムシ AQP1 のアミノ酸配列はスーパーアクアポリングループ (AQP11 と AQP12) と同じクレードに入ることが示された. また、参考までに *P. tetraurelia* の AQP 類似配列を全て同一系統樹内に示したが、これらは全て同じクレード内に位置する. スーパーアクアポリングループは、原生物では報告されていないことから、非常に興味深い結果である. 我々は、mRNA からクローニングをしていることから、得られたこのゾウリムシ AQP1 遺伝子は実際に細胞内で発現していると考えられる. また、上述したように予測されたタンパク質構造は AQP グループの一員としての配列特異性や構造特異性を合わせ持っていることが示唆された (図 4, 5).

図 2 は、緑色蛍光タンパク質 (green fluorescent protein, GFP) 遺伝子をゾウリムシの遺伝子 *aqp1* と融合し、この遺伝子をゾウリムシに導入すること

で、発現させた融合タンパク質 (GFP-AQP1) の分布を示している. この GFP-AQP1 は、細胞質中に散在するおそらくは小胞体 (ER) と考えられる構造物と、デコレートド・スポンジウム (DS, DS-1による赤色蛍光標識) を除いた収縮胞複合体の膜系 (緑色蛍光, 図 2) に広く分布しているように観察される. このことは、Allen and Naitoh (2002) が収縮胞複合体は V-ATPase を持つ第一のコンパートメントと、直径 40 nm の細管に変化することにより収縮力を発生する第二のコンパートメントで構成されるとする考えによくフィットする. すなわち、第一のコンパートメントではオスモライトを集める起電力を作り、第二のコンパートメントでは集められたオスモライトが形成する浸透圧差を利用してアクアポリンが水を集め、収縮するのである.

さて、AQP1 の機能面に関してはどうなのであろうか? RNAi を用いたゾウリムシ AQP1 遺伝子のサイレンシングの効果を検証してみた. その結果、RNAi 処理は、生細胞の収縮胞機能に影響を与え、細胞死を引き起こすことが示された (Ishida et al., 2021). そこで細胞の様子を詳しくみると、表 1 に示すように、*aqp1* ノックダウン細胞 (AQP1-RNAi) では、処理後 24 時間に細胞の長さや幅の両方がコントロール (ND7-RNAi) に比べて有意に増加した. 結果として細胞容積も有意に増加している (322 ± 68 pl). ただし、細胞の長さに着目すると、コントロールとの比較から、一部の小さな若い細胞が死滅し、結果として大きな古い細胞の割合が増加したことがわかる. 一方、サイレンシング処理後 48 時間では、細胞長にコントロールと比較して有意差は見られなくなるが、細胞の幅は大きいままであった. この時、小さな若い細

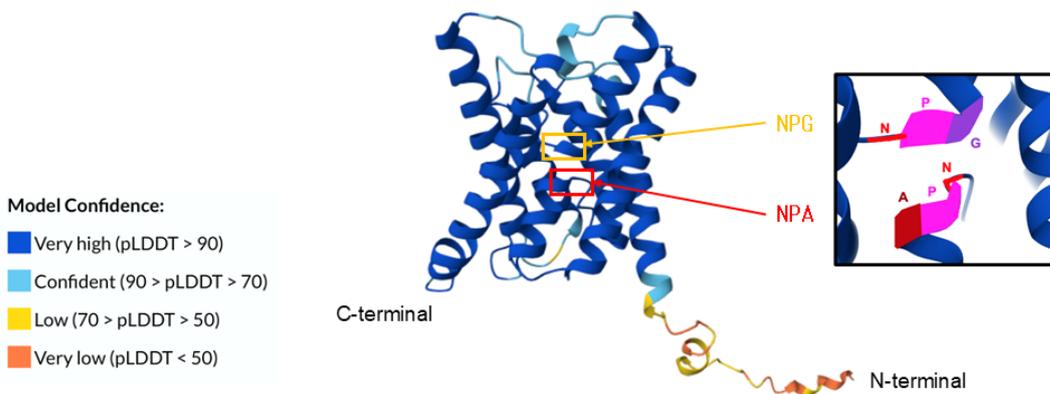


図5. *Paramecium multimicronucleatum* AQP1 の立体構造予測. この模式図は、Uniport (<https://www.uniprot.org/uniprotkb/A0A060N2T6/entry>, 2025.1.20 確認) のAlpha fold structure prediction (<https://alphafold.ebi.ac.uk/entry/A0A060N2T6>, 2025.1.20 確認) により示された AQP1 (AB771955) の予測立体構造を示している. AlphaFold は、0 から 100 の間の 1 残基あたりの信頼性スコア (pLDDT) を生成し、pLDDT が低い領域は、単独では構造化されていない可能性を示している. 図中、細胞質側は上側であり、収縮胞内腔側は下側となるように配置している. AQP1 の場合、アクアポリンのシグネチャー配列であるNPAモチーフは、NPA (Asn-Pro-Ala) -NPG (Asn-Pro-Gly) である. 右の挿入図は、立体構造中の NPAモチーフの位置を拡大表示したものである.

表 1. *Paramecium multimicronucleatum* の細胞長, 細胞幅, 細胞体積に対する RNAi の効果

処理時間	RNAi	細胞長 (μm)	細胞幅 (μm)	細胞体積 (pl)
24 h	AQP1-RNAi	192 \pm 15	83 \pm 12	322 \pm 68
	ND7-RNAi	178 \pm 18]**	74 \pm 9]**	255 \pm 46]**
48 h	AQP1-RNAi	181 \pm 20	83 \pm 11	298 \pm 71
	ND7-RNAi	187 \pm 15	70 \pm 8]**	257 \pm 46]**

RNAi 処理した 50 細胞から得られた値の平均値と標準偏差を示している。

AQP, aquaporin; **, significant at $p < 0.01$ (Student's *t*-test).

尚, この表は, Ishida et al. (2021) の Table 1 を翻訳・改変したものである。

表 2. *Paramecium multimicronucleatum* の収縮胞の最大直径, 収縮頻度, 細胞あたりの液体排出量に対する RNAi の効果

処理時間	RNAi	最大直径 (μm)	収縮頻度 (expulsions/min)	細胞あたりの 液体排出量 (pl/min)
24 h	AQP1-RNAi	11.4 \pm 2.5	6.4 \pm 2.5	8.8 \pm 2.7
	ND7-RNAi	11.9 \pm 1.8	8.4 \pm 2.4]**	14.1 \pm 2.5]**
48 h	AQP1-RNAi	11.3 \pm 2.4	4.6 \pm 2.7	6.4 \pm 2.7
	ND7-RNAi	11.9 \pm 2.1	8.1 \pm 2.2]**	14.1 \pm 2.2]**

RNAi 処理した 50 細胞から得られた値の平均値と標準偏差を示している。

AQP, aquaporin; CV, contractile vacuole; **, significant at $p < 0.01$ (Student's *t*-test).

尚, この表は, Ishida et al. (2021) の Table 2 を翻訳・改変したものである。

胞と大きな古い細胞の割合はコントロールと同等であり, 細胞はある程度摂餌能力を回復し, 増殖したため若い細胞が増加したものと考えられる。また, 細胞幅の測定結果から細胞は膨張しているといえる。結果として, 細胞体積は 298 \pm 71 pl であり, コントロールに比べて有意に増加した。次に, 収縮胞の収縮頻度と最大直径から細胞あたりの液体排出量を計算してみると, オルガネラ機能にいくつかの欠陥があることがわかった (表2)。収縮頻度と最大直径から計算される細胞あたりの液体排出量/分は, *aqp1* ノックダウン処理後 24 時間の時点から有意に減少し, 処理後 48 時間では 4.6 \pm 2.7 pl/min まで低下した。最大直径はコントロールと有意差がなかったため, この液体排出量の減少は主に収縮頻度に依存しているのがわかる。このことは, サイレンシングによりアクアポリン分子の数が減少し, 水を集めにくくなっていると考えると矛盾がない。

上述したように, 現代の分子生物学の技術を導入することにより, ゾウリムシの収縮胞にはアクアポリンが存在し, 細胞質からの収縮胞への水分集積に関わっていることが示されたのである。しかしながら, ゾウリムシ AQP1 が実際にどのような物質を通過させているかは, 現在でも不明のままである。収縮胞の水分集積機構を考える上では, 非常に重要な情報であり, 今後, このタンパク質をアフリカツメガエルの卵母細胞 (*Xenopus oocyte*) に発現させ, 卵母細胞の膨張アッセイ法 (swelling assay) などによるこのチャンネルを透過

する物質の解析が望まれる。

まとめ

我々はゾウリムシというモデル生物において, 液胞型プロトンポンプとアクアポリンという二つの分子の存在を証明し, これら分子の収縮胞機能への関わりを明らかにしてきた。しかしながら, 表題に掲げた“水分集積の機構”を全て明らかにした訳ではない。液胞型プロトンポンプとアクアポリンのそれぞれの項で, その末尾において, 今後期待される課題をいくつか示した。それらを実施すれば, さらにいくつかの問題が見つかるかもしれないが, 水分集積機構の実態が見えてくる可能性は高い。今後の研究に期待している。

2006 年の *Paramecium* DB の公表以降, それまでの生理学的手法や形態学的手法, これに生化学的手法や免疫組織化学的手法を取り混ぜた研究に加え, 分子生物学的手法を用いた研究が可能となった。これまでの方法では証明に煩雑さを伴うものが, より簡便に示せるようになってきた印象を持っている。さらにいえば, ネット上で利用可能なソフトは充実し, 配列情報からアクセスできる情報が増えている。こうした分子生物学的手法は, 今後さらに主流となると考える。Ishida et al. (2021) がゾウリムシで用いた方法は, 分子生物学的手法の活用の一例を示したに過ぎないが, 方法論としては汎用性が高く, 対象物あるいは対象のモデル生物を変えて応用することで新しい事実が様々な分野で明らかになることが期待される。

謝辞

学会賞に推薦していただいた日本大学・文理学部・生命科学科 教授 岩本 政明 先生に深く感謝いたします。また、本総説の執筆機会を与えていただいた和文誌「原生物」編集長 北出 理 先生に深く感謝いたします。そして、これまでにご指導をいただいた高知大時代の恩師である種田 耕二 先生、松岡 達臣 先生、広島大時代の恩師である故 重中 義信 先生 (2023.11.10 逝去)、洲崎 敏伸 先生、理化学研究所時代の恩師である塚原 保夫 先生、ハワイ大学の恩師である故 Richard D. Allen 先生 (2023.2.10 逝去)、Agnes K. Fok 先生、故 内藤 豊 先生 (2020.1.7 逝去)、共同研究者である三浦 健 先生、堀 学 先生、富永 貴志 先生、本研究に関わっていただいた学生の皆さま、さらには日本原生物学会にご所属の先生方には大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

引用文献

- Agre, P. (2006) The aquaporin water channels. *Proc. Am. Thorac Soc.*, 3, 5–13. <https://doi.org/10.1513/pats.200510-109JH>
- Allen, R. D. and Naitoh, Y. (2002) Osmoregulation and contractile vacuoles of protozoa. *Int. Rev. Cytol.*, 215, 351–394. doi: 10.1016/s0074-7696(02)15015-7
- Apps, D. K. (1997) Membrane and soluble proteins of adrenal chromaffin granules. *Cell Dev. Biol.*, 8, 121–131. doi: 10.1006/scdb.1996.0131
- Cooper, G. J. and Boron, W. F. (1998) Effect of PCMBs on CO₂ permeability of *Xenopus* oocytes expressing aquaporin 1 or its C189S mutant. *Am. J. Physiol.*, 275, C1481–C1486. doi: 10.1152/ajpcell.1998.275.6.C1481
- De Saedeleer, H. and Wolf, E. (1931) La genese de la vesicule contractile chez une amibe d'eau douce. Demonstration d'un complexe vacuolaire. *C. R. Sances Soc. Biol.*, 106, 612–613.
- Docampo, R., Jimenez, V., Lander, N., Li, Z. H. and Niyogi, S. (2013) New insights into roles of acidocalcisomes and contractile vacuole complex in osmoregulation in protists. *Int. Rev. Cell Mol. Biol.*, 305, 69–113. doi: 10.1016/B978-0-12-407695-2.00002-0
- Echevarria, M., Windhager, E. E., Tate, S. S. and Frindt, G. (1994) Cloning and expression of AQP3, a water channel from the medullary collecting duct of rat kidney. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 91, 10997–11001. doi: 10.1073/pnas.91.23.10997
- Engel, A., Fujiyoshi, Y. and Agre, P. (2000) The importance of aquaporin water channel protein structures. *EMBO J.*, 19, 800–806. doi: 10.1093/emboj/19.5.800
- Fok, A. K., Yamauchi, K., Ishihara, A., Aihara, M. S., Ishida, M. and Allen, R. (2002) The vacuolar-ATPase of *Paramecium multimicronucleatum*: gene structure of the B-subunit and the dynamics of the V-ATPase-rich osmoregulatory membranes. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 49, 185–196. doi: 10.1111/j.1550-7408.2002.tb00521.x
- Fonnum, F., Fykse, E. M. and Roseth, S. (1998) Chapter 7 Uptake of glutamate into synaptic vesicles. *Prog. Brain Res.*, 116, 87–101. doi: 10.1016/S0079-6123(08)60432-X
- Fu, D., Libson, A., Miercke, L. J., Weitzman, C., Nollert, P., Krucinski, J. and Stroud, R. M. (2000) Structure of a glycerol-conducting channel and the basis for its selectivity. *Science*, 290, 481–486. doi: 10.1126/science.290.5491.481
- Garay, R. C., Nazaret, C., Hannaert, P. A. and Cragoe, E. J. Jr. (1988) Demonstration of a [K⁺, Cl⁻] cotransport system in human red cells by its sensitivity to [(dihydroindenyl)oxy]alkanoic acids: regulation of cellswelling and distinction from bumetanide-sensitive [Na⁺, K⁺, Cl⁻]-cotransport system. *Mol. Pharmacol.*, 33, 696–701.
- Gomes, D., Agassi, A., Thie'baud, P., Delrot, S., Gero's, H. and Chaumont, F. (2009) Aquaporins are multifunctional water and solute transporters highly divergent in living organisms. *Biochim. Biophys. Acta*, 1788, 1213–1228. doi: 10.1016/j.bbammem.2009.03.009
- Grønlien, H. K., Stock, C., Aihara, M.S., Allen, R.D. and Naitoh Y. (2002) Relationship between the membrane potential of the contractile vacuole complex and its osmoregulatory activity in *Paramecium multimicronucleatum*. *J. Exp. Biol.*, 205, 3261–70. doi: 10.1242/jeb.205.20.3261
- Hausmann, K. and Allen, R. D. (1977) Membranes and microtubules of the excretory apparatus of *Paramecium caudatum*. *Cytobiologie*, 15, 303–320.
- Heuser, J., Zhu, Q. and Clarke, M. (1993) Proton pumps populate the contractile vacuoles of *Dictyostelium* Amoebae. *J. Cell Biol.*, 121, 1311–1327. doi:10.1083/jcb.121.6.1311
- Holm, L. M., Jahn, T. P., Møller, A. L., Schjoerring, J. K., Ferri, D., Klaerke, D. A. and Zeuthen, T. (2005) NH₃ and NH₄⁺ permeability in aquaporin-expressing *Xenopus* oocytes. *Pflueger's Arch.*, 450, 415–428. doi: 10.1007/s00424-005-1399-1
- Ishida, M. and Tominaga, T. (2006) Contractile vacuole complex in *Paramecium*. *Jpn. J. Protozool.*, 39, 157–172. doi: 10.18980/jjprotozool.39.2_157
- Ishida, M., Aihara, M. S., Allen, R. D. and Fok, A. K. (1993) Osmoregulation in *Paramecium*: the locus of fluid segregation in the contractile vacuole complex. *J. Cell. Sci.*, 106, 693–702. doi: 10.1242/jcs.106.2.693
- Ishida, M., Aihara, M. S., Allen, R. D., Fok, A. K. (1997) Acidification of the young phagosomes of *Paramecium* is mediated by proton pumps derived from the acidosomes. *Protoplasma*, 196, 12–20. doi: 10.1007/BF01281054
- Ishida, M., Hori, M. Ooba, Y., Kinoshita, M., Matsutani, T., Naito, M., Hagimoto, T., Miyazaki, K., Ueda, S., Miura, K. and Tominaga, T. (2021) A functional aqp1 gene product localizes on the contractile vacuole complex in *Paramecium multimicronucleatum*. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 68, e12843. doi:10.1111/jeu.12843
- Itoh, T., Rai, T., Kuwahara, M., Ko, S. B. H., Uchida, S., Sasaki, S. and Ishibashi, K. (2005) Identification of a novel aquaporin, AQP12, expressed in pancreatic acinar cells. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 330, 832–838. doi: 10.1016/j.bbrc.

2005.03.046

- Jung, S. Y., Park, D. C., Kim, S. S. and Yeo, S. G. (2020) Expression, distribution and role of aquaporins in various rhinologic conditions. *Int. J. Mol. Sci.*, 21, 5853. doi: 10.3390/ijms21165853
- Kitching, J. A. (1967) Contractile vacuoles, ionic regulation, and excretion. In: *Research in Protozoology*, Vol. I. Pergamon Press, New York. pp. 308–336.
- Kluge, C., Lahr, J., Hanitzsch, M., Bolte, S., Gollmack, D. and Dietz, K. J. (2003) New insight into the structure and regulation of the plant vacuolar H⁺-ATPase. *J. Bioenerg. Biomembr.* 35, 377–388. doi: 10.1023/a:1025737117382
- Lauf, P. K. (1984) Thiol-dependent passive K/Cl transport in sheep red cells: IV. Furosemide inhibition as a function of external Rb⁺, Na⁺, and Cl⁻. *J. Membr. Biol.*, 77, 57–62. doi: 10.1007/BF01871100
- MaKanna, J.A. (1973a) Membrane recycling: Vesiculation of the amoeba contractile vacuole at systole. *Science*, 179, 88–90. doi: 10.1126/science.179.4068.88
- MaKanna, J.A. (1973b) Fine structure of the contractile vacuole pore in *Paramecium*. *J. Protozool.* 20, 631–638. doi: 10.1111/j.1550-7408.1973.tb03587.x
- MaKanna, J.A. (1974) Permeability modulation of membrane coats. I. Fine structure of fluid segregation organelles of peritrich contractile vacuoles. *J. Cell Biol.*, 63, 317–322. doi: 10.1083/jcb.63.1.317
- MaKanna, J.A. (1976) Fine structure of fluid segregation organelles of *Paramecium* contractile vacuoles. *J. Ultrastruct. Res.*, 54, 1–310. doi: 10.1016/s0022-5320(76)80002-0
- Mitchell, H. J. and Hardham, A. R. (1999) Characterization of the water expulsion vacuole in *Phytophthora nicotianae* zoospores. *Protoplasma*, 206, 118–130. doi: 10.1007/BF01279258
- Morishita, Y., Matsuzaki, T., Hara-chikuma, M., Ando, A., Shi-mono, M., Matsuki, A., Kobayashi, K., Ikeda, M., Yamamoto, T., Verkman, A., Kusano, E., Ookawara, S., Takata, K., Sasaki, S. and Ishibashi, K. (2005) Disruption of aquaporin-11 produces polycystic kidneys following vacuolization of the proximal tubule. *Mol. Cell Biol.*, 25, 7770–7779. doi: 10.1128/MCB.25.17.7770-7779.2005
- Nelson, N. (2003) A journey from mammals to yeast with vacuolar H⁺-ATPase (V-ATPase). *J. Bioenerg. Biomembr.*, 35, 281–289. doi: 10.1023/a:1025768529677
- Nishihara, E., Shinmen, T. and Sonobe, S. (2004) Functional characterization of contractile vacuole isolated from *Amoeba proteus*. *Cell Struct. Funct.*, 29, 85–90. doi: 10.1247/csf.29.85
- Nishihara, E., Yokota, E., Tazaki, A., Orii, H., Katsuhara, M., Kataoka, K., Igarashi, H., Moriyama, Y., Shimmen, T. and Sonobe, S. (2008) Presence of aquaporin and V-ATPase on the contractile vacuole of *Amoeba proteus*. *Biol. Cell*, 100, 179–188. doi: 10.1042/BC20070091
- Patterson, D.J. (1980) Contractile vacuoles and associated structures. Their organization and function. *Biol. Rev.*, 55, 1–46. doi: 10.1111/j.1469-185X.1980.tb00686.x
- Preston, G. M., Smith, B. L., Zeidel, M. L., Moulds, J. J. and Agre, P. (1994) Mutations in aquaporin-1 in phenotypically normal humans without functional CHIP water channels. *Science*, 265, 1585–1587. doi: 10.1126/science.7521540
- Riddick, D.H. (1968) Contractile vacuole in the amoeba *Pelomyxa carolinensis*. *Am. J. Physiol.*, 215, 736–740. doi: 10.1152/ajplegacy.1968.215.3.736
- Roseth, S., Fykse, E. M. and Fonnum, F. (1995) Uptake of L-glutamate into rat brain synaptic vesicles: effect of inhibitors that bind specifically to the glutamate transporter. *J. Neurochem.*, 65, 96–103. doi: 10.1046/j.1471-4159.1995.65010096.x
- Shmidt-Nielsen, B. and Schrauger, C.R. (1963) *Amoeba proteus*: studying the contractile vacuole by micropuncture. *Science*, 139, 606–607. doi: 10.1126/science.139.3555.606
- Sun-Wada, G. H., Wada, Y. and Futai, M. (2003) Lysosome and lysosome-related organelles responsible for specialized functions in higher organisms, with special emphasis on vacuolar-type proton ATPase. *Cell Struct. Funct.*, 28, 455–463. doi: 10.1247/csf.28.455
- Spallanzani, L. (1776) *Opuscoli di fiscal animale e vegetabile*. Modena: Societa Tipografica.
- Stock, C., Grønlien, H. K., Allen, R. D. and Naitoh, Y. (2002) Osmoregulation in *Paramecium*: in situ ion gradients permit water to cascade through the cytosol to the contractile vacuole. *J. Cell Sci.*, 115, 2339–48. doi: 10.1242/jcs.115.11.2339
- Sugino, K., Tominaga, T., Allen, R. D. and Naitoh, Y. (2005) Electrical properties and fusion dynamics in vitro membrane vesicles derived from separate parts of the contractile vacuole complex of *Paramecium multimicronucleatum*. *J. Exp. Biol.*, 208, 3957–3969. doi: 10.1242/jeb.01858
- Tominaga, T., Allen, R. D. and Naitoh, Y. (1998a) Electrophysiology of the in situ contractile vacuole complex of *Paramecium* reveals its membrane dynamics and electrogenic site during osmoregulatory activity. *J. Exp. Biol.*, 201, 451–460. doi: 10.1242/jeb.201.3.451
- Tominaga, T., Allen, R.D. and Naitoh, Y. (1998b) Cyclic changes in the tension of the contractile vacuole complex membrane control its exocytotic cycle. *J. Exp. Biol.*, 201, 2647–2658. doi: 10.1242/jeb.201.18.2647
- Tominaga, T., Naitoh, Y. and Allen, R. D. (1999) A key function of non-planar membranes and their associated microtubular ribbons in contractile vacuole membrane dynamics is revealed by electrophysiologically controlled fixation of *Paramecium*. *J. Cell Sci.*, 112, 3733–3745. doi: 10.1242/jcs.112.21.3733
- Wassmer, T., Froissard, M., Plattner, H., Kissmehl, R. and Cohen, J. (2005) The vacuolar proton-ATPase plays a major role in several membrane-bounded organelles in *Paramecium*. *J. Cell Sci.*, 118, 2813–2825. doi: 10.1242/jcs.02405
- Wieczorek, H., Brown, D., Grinstein, S., Ehrenfeld, J. and Harvey, W. R. (1999) Animal plasma membrane energization by proton-motive V ATPases. *Bioessays*, 21, 637–648. doi: 10.1002/(SICI)1521-1878(199908)21:8<637::AID-BIES3>3.0.CO;2-W

- Yamauchi, K. (1995) Structure and evolution of *Paramecium* hemoglobin genes. *Biochim. Biophys. Acta*, 1264, 53–62. doi: 10.1016/0167-4781(95)00114-v
- Zeuthen, T. (1992) From contractile vacuole to leaky epithelia. Coupling between salt and water fluxes in biological membranes. *Biochim. et Biophys. Acta*, 1113, 229–258. doi: 10.1016/0304-4157(92)90040-h

総説

繊毛虫類の形態用語と高次分類体系

石田正樹¹⁾・島野智之²⁾

Masaki ISHIDA and Satoshi SHIMANO

¹⁾奈良教育大学 理科教育講座 生物学教室 〒630-8528 奈良市高畑町²⁾法政大学 国際文化学部 国際文化学科 〒102-8160 東京都千代田区富士見2-17-1

要旨

近年、高校生の探究活動や一般向けの科学普及活動の場面では、繊毛虫の形態的特徴を日本語で正確かつ明確に説明する必要性が高まっている。本稿では、細胞生物学のみならず、繊毛虫類の多様性研究にも役立てていただきたいという観点で、教育や調査活動等で頻繁に取り上げられる繊毛虫の形態用語について、理解を助けるための日本語の対訳表を作成し、説明の一例としてゾウリムシの構造をイラストとともに解説した。また、分類学の近年の新しい情報を示すとともに、繊毛虫門全体を見渡せるような分類体系情報のアップデートを提案する。

はじめに

繊毛虫（特にゾウリムシ *Paramecium*）の形態用語に関する包括的な日本語の形態用語の対訳表はこれまで示されてこなかった。この背景には、良質な英語の教科書が存在し（例えば、Corliss, 1979; Lynn, 2008）、それらが形態的特徴を学ぶ際の標準的な文献として、一定の研究を始めた大学院生などには、広く利用されてきたことがある。一方、日本国内では一部の語句が個別に紹介されているに留まり（例えば、扇谷, 1989）、包括的な日本語の形態用語集（対訳表）の整備は不十分であった。また、2000年以降、分子系統解析の研究が進み分類体系が、図鑑など（例えば、猪木, 1981）から大きく変化し、繊毛虫門（Ciliophora）の分類体系の全体を見渡せるようなガイドブックも多くない（例えば、矢崎, 2023）。

近年、大学における初学者向けの授業、中高生による探究学習、さらには一般向けの科学普及活動の場面では、ゾウリムシをはじめとする繊毛虫の形態的特徴を、日本語で正確かつ明確に説明する必要性が高まっている。これは、インターネットやSNS（例えば、iNaturalist: <https://www.inaturalist.org> 最終閲覧 2025 年 1 月 11 日）などによって、一般の生物愛好家や中高生が、多くの生物に簡単にアクセスできるようになったためであり、これまで専門家しか扱わなかった生物にも愛好家が増えていることに

よる。しかしながら、原生生物、特に繊毛虫類は、これまで教科書に掲載されてきたにもかかわらず、愛好家や初学者が取り組みにくいという声を耳にすることがある。これは、繊毛虫類が深海から土壌まで幅広い環境に分布する単系統群であり、種数も約 9,000 種（Aescht (2017) によれば 8,668 種: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2017> 最終閲覧 2025 年 1 月 11 日) を擁する高い多様性を持つ分類群であるからでもある。これまで繊毛虫類の多様性を紹介してきた原生生物情報サーバ（月井, 1995–2018: <http://protist.i.hosei.ac.jp/index-J.html> 最終閲覧 2025 年 1 月 11 日) も、作成者の故 月井 雄二博士の他界により、更新が停止している。このため、専門的な形態用語に解説を加えつつ初学者に正確に伝えることと、繊毛虫の全体を見渡せるような分類体系の情報をアップデートすることは、繊毛虫への学術的な理解を深め、次世代の科学教育と研究の発展を促す上で重要である。

そこで本稿では、教育や研究活動で頻繁に取り上げられる形態用語について、日本語での理解を助けるための対訳表を作成し、ゾウリムシを中心に、一般的な形態用語を整理するとともに、一部図示し、具体的な用語の適用例を、インターネットに容易にアクセスできるよう本誌に示した（表 1）。図 (1–6) を付してあるので、細胞生物学観点からの理解に役立てていただきたい。これまでは繊毛虫類の同定のための検索表や、種ごとの特徴を記されたものは、英語でしか読めず（例えば Lynn, 2008）、初学者には大変困難だったが、表 1 とこれらの図があれ



Tel/Fax : 0742-27-9198

E-mail: masaki@cc.nara-edu.ac.jp

Received: 31 Jan 2025; Accepted: 7 Apr 2025.

ば英語で書かれた検索表の理解にもつながる。絨毛虫類の多様性研究にも役立てていただきたい。

また、広く受け入れられている絨毛虫門内の分類体系 (表 2) と、ごく近年に提案されている高次の分類群の比較 (表 3) , そして、現時点での最新の分類体系 (今後大いに修正される可能性があるため参照には注意が必要) を情報として示した (表 4) . なお、参考までに生態用語についても表 6 にまとめた。これらの基本的な情報を整理することで、この学問分野の裾野が広がることを期待し、大学生の初学者、中高生、一般の生物愛好家が利用できることを目的とした。

なお、本稿では「類」は、一般には分類学的な階級 (例えば絨毛虫門 Ciliophora, 分類群名, 高次分類体系の項で後述) を省略する場合と、そこに含まれるそれぞれの絨毛虫 ciliates (あるいはその分類群 = taxa, 同項目で後述) という 2 つの意味で用いられることがある。本稿では後者の意味で用いている。

1. 絨毛虫の構造 (ゾウリムシの例)

絨毛虫類は、体表に多数の絨毛 (cilia) を持ち、細胞の表層ではこれらの基部から派生する細胞骨格が発達し、細胞体には明確な極性 (前後軸や背腹軸) が存在する。本稿ではゾウリムシ *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1834 (貧膜口綱: ゾウリムシ亜綱: ゾウリムシ目: ゾウリムシ科) を例に、絨毛虫類の細胞の構造について解説する。

ゾウリムシの模式図を図 1 に示す。この図ではゾウリムシ遊泳方向は上側である。遊泳方向側が細胞の前端 (anterior) となり、その反対側が後端 (posterior) となる。また、口が存在する側を腹側 (ventral) といい、その反対側は背側 (dorsal) という。これらにより細胞の右側 (right side) と左側 (left side) が決まる。図 1 では、細胞口に通じる前庭が開く腹側は、左側に向けた状態で配置している。すなわち細胞の左側面が描かれている。ここで注視すべき点は、後述する収縮胞複合体が背中側に位置し、収縮胞の側面が見えることである。中・高等学校の教科書などで見る模式図における収縮胞は、細胞が片側を向いているにもかかわらず、収縮胞が背側から俯瞰された状態で放射状に描かれている場合がある。また、大核と小核が離されて描かれている場合もあり、その場合、細胞は分裂準備に入っていると判断される。収縮胞は、細胞分裂に先立ち先に分裂することから、4 つ描かれなければならない (Fleury et al., 1995; Allen et al., 1990)。中・高等学校の教科書には、このような曖昧な表現が散見されるので注意が必要である。

1) 口部装置

絨毛虫の細胞の構造は、左右対称ではない。ゾウリムシでは、細胞の腹側左前端から前庭にかけて扇状に凹んだ溝のような構造が存在する。これを囲口部 (peristome) あるいは口溝 (oral groove, 図 1) と呼ぶ。細胞が摂餌するときは、この囲口

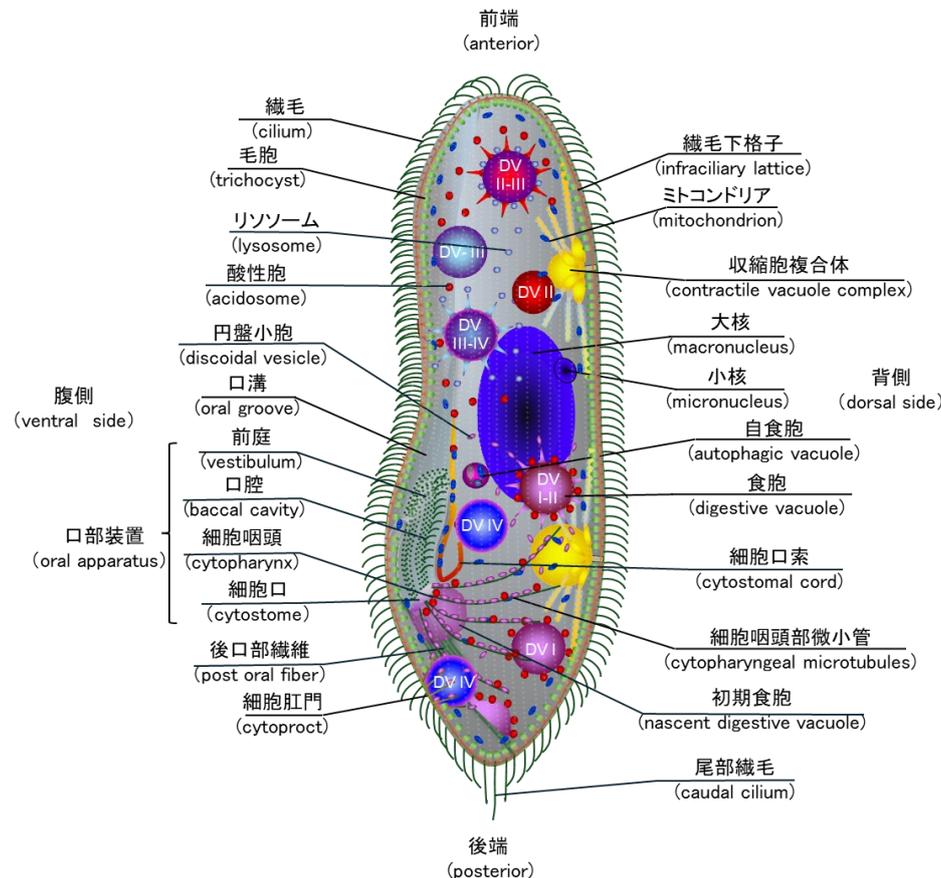


図 1. ゾウリムシの模式図。この模式図は、細胞の左側面からの様子を示している。細胞の口溝や前庭開口部が図の左側に示されている。細胞咽頭部とそこから生じる細胞咽頭部微小管は、細胞口の左側に位置し、左側面からのみ観察されることからこのように示している。この図では、Fok and Allen (1988) を参考に、食胞 (digestive vacuole, DV) の消化過程を示しているが、DV I が食胞形成過程で生じた食胞を示し、DV II が酸性化過程、DV III が消化過程、そして DV IV が排泄過程の食胞をそれぞれ示している (表 1, food vacuole を参照) .

部に存在する小膜 (membranelles) が水流を起こし、餌を運ぶ重要な役割をしている (Ishida et al., 2001). 小膜とは、1 列あるいは複数列の繊毛の束であり、複合繊毛とも呼ばれる。囲口部の小膜が運んできた粒子は、やがて前庭の中へ入るが、その後重要な役割をするのが、前庭から奥に続く口腔内に存在する 4 列の小膜列であるクアドルールス (quadrule) である (図 2)。クアドルールスは、列と列の間が比較的まばらであり、餌粒子はここを通過して細胞口に至る (Ishida et al., 2001). クアドルールスにより生じた水流は (黄色矢印, 図 2), 前庭開口部から外へ出ていくもの (白矢印, 図 2), 水流の中の餌粒子はペニキュラス (peniculus) がフィルターとなり、外に出ることができない。ペニキュラスは 2 条存在し (背部ペニキュラス, 腹部ペニキュラス), それぞれが 4 列

の小膜から構成され、各小膜列の間隔はクアドルールスと比べて狭い。この 8 枚仕立てのフィルターで餌を濾過しており、ゾウリムシが濾過摂食者 (filter feeder: Fenchel, 1980) であるとされる所以である。

2) 食胞

図 1 には、Fok and Allen (1988) を参考に、食胞 (digestive vacuole, DV) とそれによる食物消化過程を示している。DV I は食胞形成過程, DV II は酸性化過程, さらに DV III が消化過程, そして DV IV が排泄過程にある食胞をそれぞれ示している。口腔の最深部に位置する細胞口 (cytostome) の左側面には、細胞咽頭部 (cytopharynx) が位置している (図 2)。細胞咽頭部からは細胞咽頭部微小管 (cytopharyngeal microtubules) が放射状に細胞質中に伸びる。この微小管上には、食胞膜の供給体となる扁平な円盤小胞 (discoidal vesicle) や後に食胞の酸性化に関わる酸性胞 (acidosome) が多数観察され、細胞咽頭部へ向けて細胞質ダイニン (cytoplasmic dynein) により運ばれている (Schroeder et al., 1990)。円盤小胞が細胞咽頭部において細胞口の膜に融合することにより食胞膜の面積が増加するが、このとき上述した前庭や口腔に存在する繊毛により生じた水流が、細胞内圧に打ち勝って細胞口の膜を細胞内部側へ膨らませることとなる。ある程度初期食胞が成長すると、初期食胞は、太い微小管繊維である後口部繊維 (post oral fiber) 上を移動し、細胞口から離れ、食胞として細胞質中へと移動する (図 2)。この時のスピードは約 20 $\mu\text{m}/\text{sec}$ と非常に速い。後口部繊維上にはアクチン (actin) の存在が示唆されており (Sehring et al., 2006), アクトミオシン系の運動であると考えられている。こうして形成された食胞は、便宜上 DV I (digestive vacuole stage I) と呼ばれる。

この DV I には、細胞咽頭部微小管上で一緒に運ばれていた酸性胞が付着しているが、DV I 形成後 1-4 分頃には、酸性胞が融合する。酸性胞には液胞型プロトンポンプ (vacuolar type proton ATPase, V-ATPase) が分布しており (Ishida et al., 1997), 食胞が酸性化することとなる (酸性化過程)。この酸性化過程にある食胞を DV II (図 1) と呼ぶ (Fok and Allen, 1988)。酸性胞が融合する直前では、円盤小胞のリサイクル現象である膜の出芽 (budding) が観察される (DV I-II)。サイズの少し小さくなり酸性化 (pH < 3) した DV II からは、さらに酸性胞のリサイクル現象である膜の出芽が観察され (DV II-III, Allen et al., 1995), やがて 4-8 分後には 1 次リソソーム (primary lysosome) と融合し、DV III と呼ばれるステージへと変化する。このステージでは、リソソームの運んだ消化酵素により細胞内消化が起こる (消化過

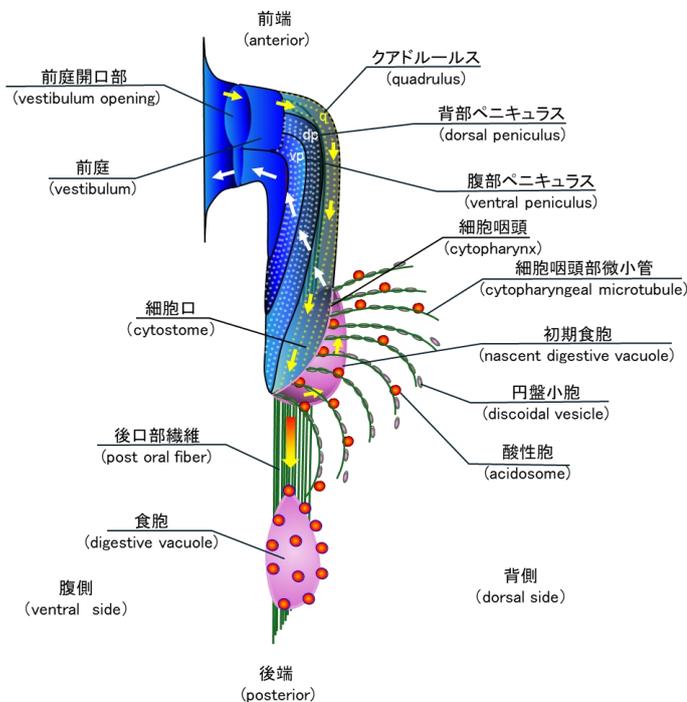


図2.ゾウリムシ口部装置の模式図。Ishida et al. (2001) の図7を改変したものである。この模式図は、図1口部装置の拡大図であり、ゾウリムシの口部装置の左側面の様子を示している。また細胞咽頭部微小管や後口部繊維といった微小管繊維が示されている。食胞膜の供与体膜である円盤小胞や、酸性胞は、細胞咽頭部微小管により運ばれ、細胞咽頭部で細胞口の膜と融合する。直径10 μm ほどの前庭開口部を通過して口腔に入った粒子は、水流とともに口腔内のクアドルールス (q, 点線は繊毛列を表している) を通過し (黄色矢印), 水圧により初期食胞を細胞質側に膨らませる。水流はそのまま 2 条のペニキュラス (dp, vp, 点線は繊毛列を表している) を通過するが (白矢印), ペニキュラスはクアドルールスよりタイトな繊毛列であるため、これがフィルターとなり、粒子は濾過され、水流のみが出ていくことになる。やがて初期食胞が十分に成長すると細胞口から切り離され、後口部繊維の上を滑るようにして細胞後端部へ運ばれることとなる。

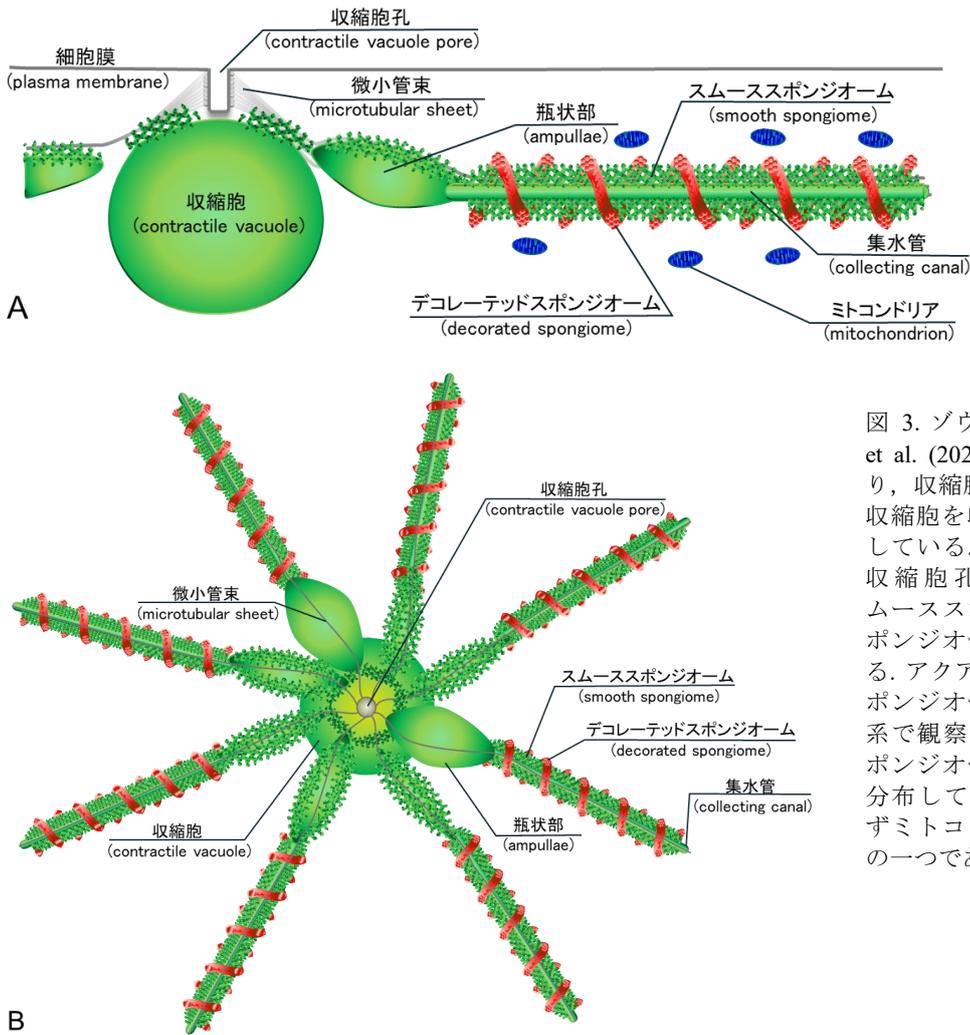


図 3. ゾウリムシ収縮胞の模式図. A, Ishida et al. (2021) の Fig. 6 を改変したものであり, 収縮胞の側面の様子を示している. B, 収縮胞を収縮胞孔側から俯瞰した様子を示している. ゾウリムシの収縮胞複合体は, 収縮胞孔, 収縮胞, 瓶状部, 集水管, スムーススポンジウム, デコレーテッドスポンジウムといった膜構造から構成される. アクアポリン分子は, デコレーテッドスポンジウムと収縮胞孔を除くすべての膜系で観察され (緑色), デコレーテッドスポンジウムには液胞型プロトンポンプが分布している (赤色). また近傍には, 必ずミトコンドリアが分布しているのも特徴の一つである.

程). いわゆる 2 次リソソーム (secondary lysosome) のステージである. さらに 8-20 分後にリソソーム膜のリサイクル現象が観察された後 (DV III-IV), DV IV として原形質流動により細胞後端部に運ばれ, 細胞肛門 (cytoproct) に存在する微小管により捕捉される. DV IV の膜と細胞肛門の細胞膜が融合することにより, 未消化物が細胞の外に放出される. この全消化サイクルは, 約 30 分から 1 時間程度で起こることが知られている (Fok and Allen, 1993).

3) 収縮胞

図 3A には, 収縮胞複合体の側面の模式図を示している. 大型の繊毛虫であるゾウリムシでは, 最も組織的な収縮胞複合体が観察される. ゾウリムシでは, 通常 2 個の収縮胞複合体が細胞の前端側と後端側にそれぞれ一つずつ分布している (図 1). 稀に, 1 個しか観察されない場合もあるが, その場合の収縮胞複合体は, 比較的大きい (Allen et al., 1990). 一方, 4 個の小振りな収縮胞複合体が観察されることがある. これは核や細胞質の分裂に先立って, 収縮胞複合体が複製された結果であ

る (Allen et al., 1990). ゾウリムシの細胞分裂においては, 口部装置の複製もまた同様に細胞質の分裂に先立って観察されるが, 収縮胞複合体の複製は時間的には口部装置の複製に次いで観察される (Fleury et al., 1995). また, 収縮胞複合体の周りには, 特徴的にミトコンドリアが分布することが知られている (Patterson, 1980). ゾウリムシの収縮胞複合体は複数の膜構造から構成される. これらは, 渦巻き状に配列した微小管の筒 (図 3B) の内側に細胞膜が陥入した収縮胞孔 (深さ 1 μm), その直下に位置し膨張と萎縮を繰り返す収縮胞, そして収縮胞孔の微小管から放射される 8-10 本の微小管束をフレームとして形成された放射管 (radial canal) である. 放射管は, 収縮胞同様に膨張と萎縮を繰り返す瓶状部 (ampulla) と, これにつながる集水管部 (collecting canal), 集水管部を取り囲むスムーススポンジウム (smooth spongiome), そしてスムーススポンジウムをさらに取り巻くデコレーテッドスポンジウム (decorated spongiome) から構成される. 収縮胞や瓶状部は, 萎縮すると直径 40 nm の小管状の構造, すなわちスムーススポンジウムと同様の形態に変化す

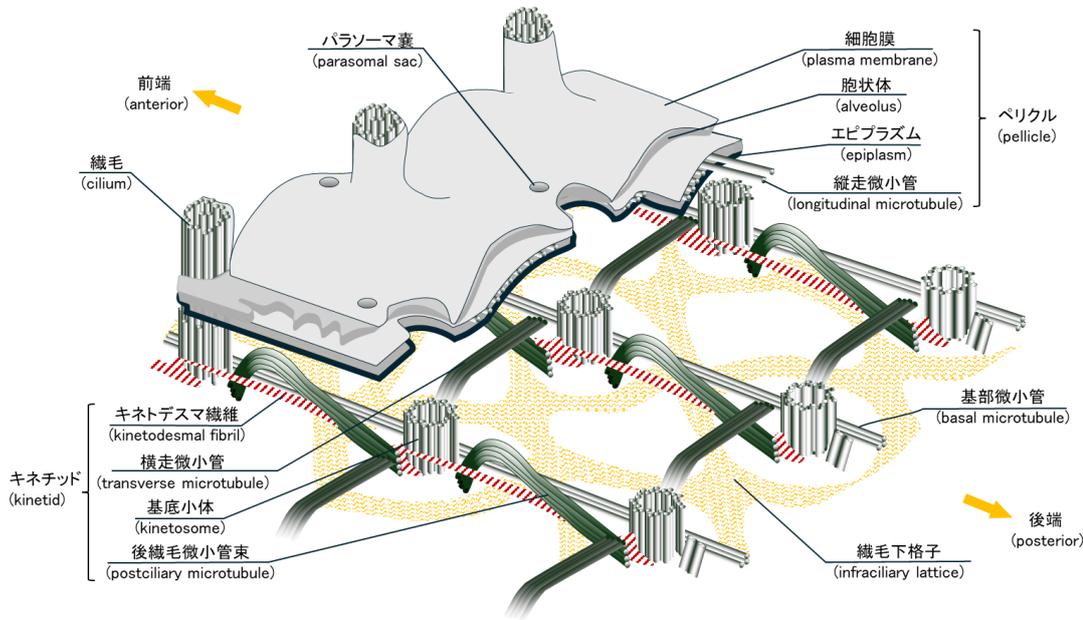


図 4. ゾウリムシ皮質の模式図 (俯瞰図). この模式図は, Lynn (2008) の Fig. 4.11. を参考に作成したものであり, 追加の構造として, Allen (1971) を参考に繊毛下格子を書き加えている. この図において, 細胞の前端部は図の左上側を, 後端部は右下側となるように配置している.

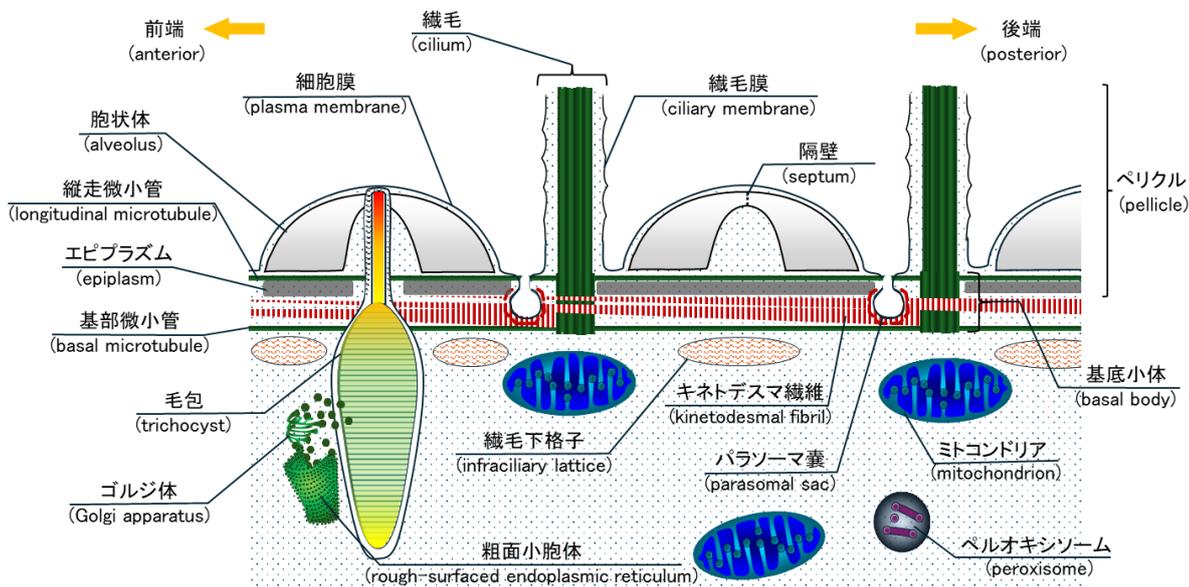


図 5. ゾウリムシ皮質の模式図 (縦断面). この模式図は, 扇谷 (1989) 図 126 を参考に作成した. 皮質の縦断面の模式図を示している. 細胞膜直下には胞状体が位置し, その直下にはエピプラズムが位置している. また, 細胞の前端部は図の左側を, 後端部は右側となるように配置している. エピプラズムの上には縦走微小管が観察される. これらの構造と繊毛を含めた概念がペリクルである. また, 繊毛の基部の基底小体からは, キネトデスマ繊維が細胞の前端部方向に配向し, 繊毛基部の細胞先端側には, パラソーマ囊が位置する. さらに繊毛やトリコシトの間を縫うように繊毛下格子が存在している. 粗面小胞体とゴルジ体の複合構造は, 合成中のトリコシト近傍によく見つかる.

る. 一方, デコレテッドスポンジォームは直径 50 nm の比較的直線的な管状構造である. 従って収縮胞複合体は, 直径 40 nm の膜系である収縮胞, 瓶状部, 集水管部及びスムーズスポンジォーム (図 3, 緑色) と直径 50 nm のデコレテッドスポンジォーム (図 3, 赤色) といった2種類の膜系で構成されている (Allen, 1995). 直径 50 nm のデコレテッドスポンジォームの表面には液胞型プロトンポンプを高密度に分布する (Fok et al., 1995). 直径 40 nm の膜系には, アクアポリンが観察されるが, 前者には分布しない (Ishida et al., 2021).

4) 細胞皮質

Lynn (2008) の Fig. 4.11. を参考に作成した細胞皮質の模式図を図 4 に示す. 細胞を外から斜めに見下ろした俯瞰図である. また, Allen (1971) を参考に繊毛下格子 (infraciliary lattice) を書き加えている. この図では細胞の先端は向かって左奥に位置し, また, 1 個の基底小体で構成される“モノキネテッド (mono kinetid)” からなる三列のキネティ (kinety) が描かれている. キネティは, 細胞の長軸方向に連なっている. 図 5 には, 扇谷 (1989) の図 126 を参考に作成した細胞皮質の縦断面を示

している。図 5 では、一列のキネティだけが描かれている。

繊毛虫の細胞膜直下には、繊毛虫に特徴的な胞状体 (alveolus) が存在する。胞状体は細胞膜直下にモザイク状に分布する扁平な袋状の膜構造であり、ほぼ細胞の全体を包んでいる。モザイクを構成する個々の袋は、隔壁 (septum, 図 5) で仕切られているように観察されるが、隔壁には穿孔が存在することが知られている (Allen, 1971)。構造的には脊椎動物の骨格筋細胞で観察される筋小胞体 (sarcoplasmic reticulum) を彷彿させる。また、胞状体には、Ca²⁺ イオンが積極的に蓄積されていることが知られており (Stelly et al., 1991; Plattner et al., 1999)、細胞内のカルシウム濃度調節や、近隣に位置する毛包 (trichocyst, 図5) のエクソサイトーシス (exocytosis) に関わっていると考えられている (Plattner, 2017)。なお、Harumoto and Miyake (1991) によって、毛包の発射が捕食者に対する防御機構となっている可能性が示唆されている。

胞状体の直下には、エピプラズ (epiplasm) が存在する。電子顕微鏡では電子密度の高い層として観察されるが、中間径フィラメント様のエピプラズミン (epiplasmin) から構成される繊維状のネットワーク構造を持ち、細胞表層において格子状のパターンを形成している (Nahon et al., 1993)。エピプラズムは細胞の形態保持に関わっていると考えられるが、その役割の詳細は不明である。なお、胞状体とエピプラズムの間には、縦走微小管繊維 (longitudinal microtubules) が観察される (Lynn,

1979; Junker et al., 2019)。この微小管は、細胞の表層を細胞の長軸方向に沿って走る微小管繊維である。図 5 に示したペリクル (pellicle) という概念は、上述した細胞膜、胞状体、エピプラズムに繊毛や、縦走微小管繊維を加えたものであり、細胞の最外層を覆う外皮のような概念である (図 5)。

繊毛の基底小体 (basal body or kinetosome) からは、複数の微小管繊維やキネトデスマ繊維 (kinetodesmal fiber) が派生する。図 6 には、繊毛と基底小体の断面の模式図を示している。図 6 は、細胞の内側から細胞表層を見上げるような構図で描かれている。この図では、細胞の前端部は上側となる。

繊毛 (cilium) は、9つの2連微小管と2個の中心微小管から構成され、これを9+2構造と呼ぶ。一つのA小管は、中心鞘との間で放射状スポーク (radial spoke) により連結されており、この構造の支持に役立っている。また、A小管からは隣のB小管に向かって、内腕ダイニン (inner dynein arm) と外腕ダイニン (outer dynein arm) が突出している。このダイニンと微小管との滑りにより繊毛運動が引き起こされる。細胞の後端部から順に1-9の番号がつけられているが、5番目のA小管と6番目のB小管間には5-6ブリッジ (5-6 bridge) が存在し、この機械的制限が繊毛の屈曲にパターンを与えることとなり、繊毛の有効打は細胞の前端側から後端側に向けて打たれることとなる (Lindemann and Lesich, 2024)。

基底小体は、9つの3連微小管により構成さ

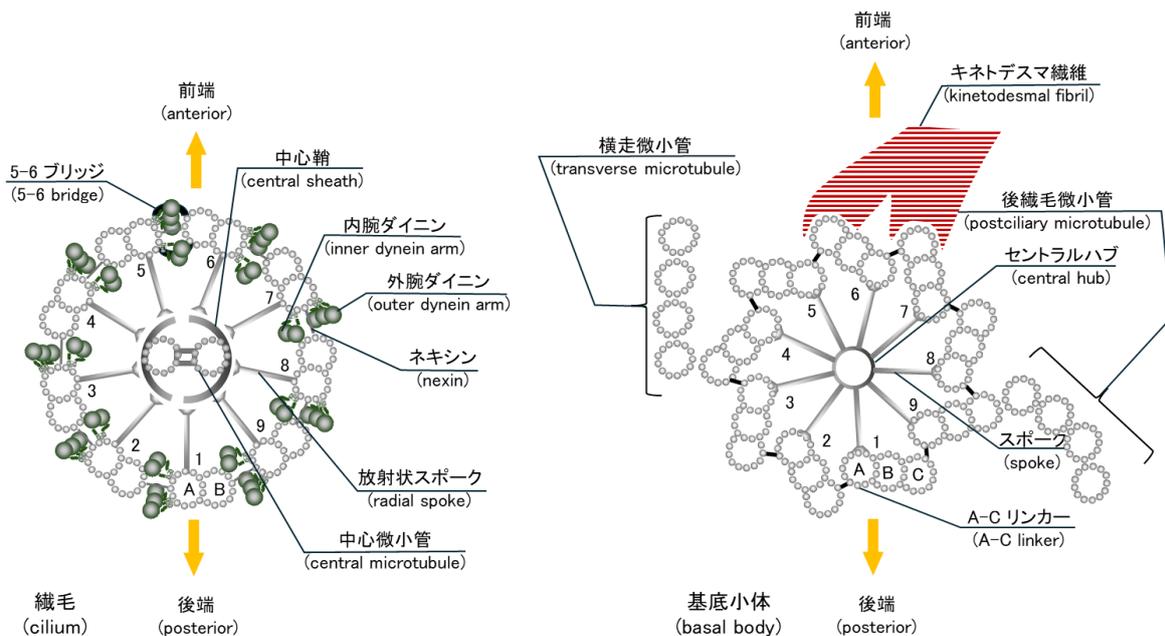


図 6. 繊毛及び基底小体の模式図。繊毛や基底小体の模式図は、それぞれ Lindemann and Lesich (2024) や Soares et al. (2019) を参考に作成した。細胞内部から先端を見上げた横断面の模式図を示している。また、細胞の前端部は図の上側を、後端部は下側となるように配置している。基底小体から派生する横走微小管、後繊毛微小管、そしてキネトデスマ繊維の配置を示している。図中 A, B, C は、それぞれ A 小管 (13本のプロトフィラメントから構成される)、B 小管 (10本のプロトフィラメントから構成される)、C 小管 (10本のプロトフィラメントから構成される) を示す。

れ、細胞の後端部から順に 1-9 の番号がつけられている (Soares et al., 2019). 個々の 3 連微小管は、A-C リンカー (A-C linker) という構造により、A 小管と隣接する C 小管が連結されており、形態的に安定化されている。基底小体は 9 + 0 型を呈し、中心微小管のペアを欠くものの、その中心に 9 本のスポークとセントラルハブから構成されるカートホイール構造を持つ。また、4 番目の 3 連微小管からは、横走微小管 (transverse microtubules) が派生し、6 と 7 番目の 3 連微小管からは、キネトデスマ繊維が派生し、さらに 9 番目の 3 連微小管からは、後繊毛微小管 (postciliary microtubules) が派生する。これらは、図 4 の俯瞰図で見ると、立体的に配置されており、横走微小管は細胞の長軸より直角方向に次のキネティまで伸長する。キネトデスマ繊維は、縞模様を持つ繊維構造であり、細胞の長軸方向にキネティに沿って細胞の前端方向に配向し、図 5 に示すように 2-3 本のキネトデスマ繊維が重なるように観察される。後繊毛微小管は細胞後端部方向に向かって配向し、次の基底小体付近まで伸長する。また、基底小体の最下層部付近には、基部微小管繊維 (basal microtubules) が観察される (図 4, 5)。この微小管は、縦走微小管繊維同様に、細胞の長軸方向に沿って走る微小管繊維である。

繊毛基部の細胞前端部側にはパラソーマ囊 (parasomal sac) が観察される (図 5)。この構造は、受容体媒介の飲作用で知られる被覆小胞 (coated vesicles) に相当する (Allen and Fok, 1993)。繊毛基部に付随する形で細胞全体に観察される。飲作用により取り込まれた物質は、パラソーマ囊中に入り、パラソーマ囊が細胞質中に切り離され、初期エンドソーム (early endosome) と融合し、やがて後期エンドソーム (late endosome) を経て、上述したリソソーム系で消化されることとなる。そして、もう一つの細胞内消化系である自食胞 (autophagosomes) も細胞内で観察される (図 1)。自食胞は、他の消化膜と異なり、二重の膜により取り囲まれるのが特徴であり、不要になった細胞内小器官 (例えば、毛包、ペルオキシソーム、ミトコンドリア等) が内包されている。得に飢餓処理した細胞に多く観察される。

繊毛下格子 (infraciliary lattice) は、カルシウム結合性の収縮性繊維であるセントリン (centrin) とその結合蛋白質により構成され (de Loubresse et al., 1988; Allen et al., 1998), 基底小体より下層で格子状のパターンを形成している (図 4, 5)。基底小体や毛包は、この格子パターンの中に位置している (Allen, 1971)。スピロストマム *Spirostomum* に観察されるマイオネーム (myoneme) もまた、抗セントリン抗体と交差反応性を示すことが確認されている (Lannan et al., 2024)。繊毛下格子は、口腔背側の細胞質において太く枝分かれしない束

状の構造となり (図 1), この構造を特に細胞口索 (cytostomal cord) と呼ぶ (Allen et al., 1998; Allen, 2007, <https://www6.pbrc.hawaii.edu/allen/ch01/26-pm.html> 最終閲覧 2025 年 1 月 11 日)。

5) 形態用語集

繊毛虫の細胞の構造は、上述したように細胞表層に特徴的なパターンを持ちながらも、左右非対称の構造を持ち、細胞前端と後端、腹部と背部といった極性を持っている。それぞれのパーツを規定する名称も多く存在し、それぞれの名称が、日本語の翻訳者によってはある程度異なる言葉で表現されてきた。本稿では、こうした名称の統一化を図りつつ、表 1 に過去に用いられた名称を併記することに加え、現代的にアップデートされた情報を加えた形でまとめた。また、これまでに和訳されることのなかった名称も存在するが、これらも統括して表 1 に示している。尚、表 1 の付表では、“月井 (1995-2018)” は、原生生物情報サーバの該当ページに直接ハイパーリンクを結んでおり、場合によっては写真や模式図等が参照できるように配慮した。本稿では、イラストを用いて示したが、ゾウリムシやその他の繊毛虫の電子顕微鏡像は、Allen (2007) (<https://www6.pbrc.hawaii.edu/allen/> 最終閲覧 2025 年 1 月 11 日) にて閲覧可能である (表 1 の付表には、個別のハイパーリンクも設定している)。

2. 繊毛虫門の高次分類体系

1) 繊毛虫門で一般的な分類体系

生物分類学において階級 (rank, category) (ランクともいう) とは、リンネ式階層分類における界・門・綱・目・科・属・種 など、「分類群 (taxon, 複: taxa) (タクソン, タクサともいう) の階層的な位置」を表す。また、学名 (scientific name) とは *Discomorphella pedroeneasi* のように種の名前 (属名 + 種小名 = この場合は二語名という) のみを指すわけではなく、種階級群よりも高い階級にある分類群名のことにも指す (国際動物命名規約第 4 版 International Code of Zoological Nomenclature 4th edition (ICZN) の用語集を参照: https://www.ujssb.org/iczn/pdf/iczn4_jp_.pdf 最終閲覧 2025 年 1 月 11 日: 動物命名法国際審議会, 2000)。

それぞれの階級の名称、例えば、Ciliophora (繊毛虫門) は分類群名 (= 学名) であり大文字で始まるが、これを一般名詞化し小文字で始まる ciliate (s) (繊毛虫) という場合には、個々の繊毛虫あるいは、含まれる複数の分類群を指す。例えば、ユープロテス目の場合、Euplotida は分類群名 (= 学名) であるが、euplotid ciliates あるいは euplotids

は「ユープロテスの仲間の繊毛虫」という意味の一般名詞 (通常複数形) で用いられる。

さて、広く受け入れられている繊毛虫門の分類体系として、出版物では Lynn (2008) に従うのが良いと思われる。これを基本に、Adl et al. (2019) により改めて繊毛虫門の分類体系が示された。Adl et al. (2019) の本文では、原生生物全体ではリンネ式階級 (門や綱など) を示さず、中点 (「・」: bullet) の数で階級を示した。例えば、それまで使われていた目の階級の分類群の名称を消し、それに内包されていた科の名称を、他の目の名称と同等の階級に示すなどの処理がされている。階級とその名称がある程度定まっていた繊毛虫門では、それまで慣れていた研究者には、むしろ使いにくいものになった。また、余談であるが階級を付した Table 1 (Adl et al. 2019) では、Prostomatea が抜けていた。

このようなことから本稿では、綱レベルは Adl et al. (2019), 綱以下の体系は Lynn (2008) に従った。さらに矢崎ほか (2023) の「原生生物分類表」のうち繊毛虫門の部分について修正更新し、新たに本稿の表 2 として示した。

表 2 には、Adl et al. (2019) に従って、階級のないクレード 3 つを示してある。しかし、このうちラメリコルティカータ *Lamellicorticata* だけは、表 3 及び表 4 では消失しているように、このクレード内のリトストマ綱 (表 2) からメソディニウム属 *Mesodinium* をクレード外部に移す提案がされている (Chen et al., 2015: 表 4, 5), (後述, ラメリコルティカータの項参照)。最近の論文などでも本クレード名は積極的に使用されていないため、現時点ではラメリコルティカータは使用しない方が望ましい。

現在のところ、他にコンセンサスの取れている繊毛虫の体系が示されているのは、国際的な海洋生物のデータベース World Register of Marine Species (WoRMS: 国際 海洋生物種目録) (WoRMS, 2025: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=11> 最終閲覧 2025 年 1 月 11 日) であると思われるが、このデータベースは随時更新されるため直接の参照を避けた。WoRMS の簡単な使用方法については、本稿の「まとめ」に記したので参考にされたい。なお、同じ web 上のデータベースでは、Aescht (2017) (URLは上記) は、現在のコンセンサスの取れている体系とは異なるので、使用には注意していただきたい。

また、分類学的観点から補足すると、繊毛虫は、細胞の固定染色が難しいなどの理由から、タイプ標本を残すことが難しいとされていたため、過去にはタイプ標本の指定や博物館への登録などをめぐり、国際動物命名規約 (例えば、現在の第 4 版とその解説は、動物命名法国際審議会, 2000 (URLは上記); 野田・西川, 2013; 田中・生野,

2018) に十分に從えていなかったことが指摘されている (Aescht, 2008). Warren et al. (2017) は、これら命名規約に関する繊毛虫門の問題をまとめているので参考にされたい。

さて、表 3 では繊毛虫門の高次の体系に関する、近年のいくつかの提案を時系列に沿って並べた。表 3 の左 2 列は、表 2 から綱以上の分類群を抜き出したもので 11 綱の体系とした。多くはサンガーシーケンサーによって、SSU rRNA 遺伝子情報を中心に系統解析が行われていた。その右に、Gao et al. (2016) の解析で用いられた 14 綱の体系、さらに右に Zhang et al. (2024) の解析で用いられた 18 綱の体系を配置した。Gao et al. (2016) は、SSU rRNA 遺伝子, 5.8S rRNA 遺伝子, LSU rRNA (Large subunit ribosomal ribonucleic acid) 遺伝子, α -tubulin 遺伝子配列, そして、 α -tubulin のアミノ酸配列などを用いて系統解析が行われた。Zhang et al. (2024) では、トランスクリプトーム解析により系統解析が行われた。

表 2 および表 3 に示した Lynn (2008), Adl et al. (2019) で用いられた体系の 11 綱, それぞれの具体的な特徴は、十亀・島野 (2023) をご参照いただきたいが、本項では、そこで触れられなかった 3 つのクレードについて主に解説を以下に加えたい。ラメリコルティカータ以外の 2 つのクレードには、現在のところ分類学的なランクは与えられていない。

(1) SAL Gentekaki et al. (2014) (ランクなし) : それまで繊毛虫門では 18S リボソーム RNA 遺伝子 (Small subunit ribosomal ribonucleic acid 遺伝子: 以下, SSU rRNA 遺伝子) の塩基配列によって系統関係は議論されてきたが、Gentekaki et al. (2014) は、初めて次世代シーケンサーを用いて 11 種の繊毛虫の mRNA から、158 遺伝子と 42,158 塩基に基づくデータセットを構築した。16 種の繊毛虫, 4 種の渦鞭毛藻, および 9 種のアピコンプレクサの系統解析結果から、イントラマクロスクレアータ亜門内に強固なクレードがあることが示唆され、旋毛綱 Spirotrichea, 少毛亜綱 Armophorea, リトストマ綱 Litostomatea の頭文字をとってこのクレードが SAL と名付けられた。また、この解析結果により、所属が曖昧であるとされていた分類群であるプロトクルジア目 Protocruzia を、旋毛綱から除外し、繊毛虫門内の所属不明群 (incertae sedis: 上位分類群が決まっていない場合に用いるラテン語で「分類上の位置が不確実」という意味) とした。

(2) *Lamellicorticata* Vďačný et al. (2010) (ランクなし) : Vďačný et al. (2010) は、被甲綱 Armophorea とリトストマ綱 Litostomatea が形成するクレードを、形態学的特徴と分子系統解析に基づいてラメ

リコルティカータ下門 *Infraphylum Lamellicorticata* と定義した。名称の意味は「層状の皮質 (lamellate cortex)」で、細胞表面構造を意味する皮質 (cortex) 内の後繊毛微小管 (postciliary microtubules 表1を参照) が形成する特徴的な層状構造を持つこと等から他のクレードと区別される。他方, 18S rRNA 遺伝子の分子系統解析からも, ラメリコルティカータは単系統群として支持された (Vďačný et al. 2010)。しかし, 本稿では説明のために表 2 に入れたが, 現在では, ラメリコルティカータのクレードが内包するリトストマ綱 (表 2) から周毛目 *Cyclotrichiida* が, クレード外のメソディニウム綱 *Mesodinia* (表 4 注 1) に移動することが提案されている (Chen et al., 2015) (後述)。Vďačný et al. (2010) の系統解析には周毛目は含まれていなかったためであるが, リトストマ綱自体の概念も変わることになる。ラメリコルティカータは最近の論文などでも積極的に使用されていないため, 現時点ではラメリコルティカータは使用しない方が望ましいと思われる。

(3) CONThreeP Lynn in Adl et al. (2012) (ランクなし) : SSU rRNA 遺伝子を用いた系統解析の結果によって共通祖先から派生したクレードとして定義された (Adl et al., 2012)。コルポダ綱 *Colpodea* (C), 貧膜口綱 *Oligohymenophorea* (O), ナスラ綱 [築口綱] *Nassophorea* (N), 層状咽頭綱 *Phyllopharyngea* (P), 前口綱 *Prostomatea* (P), およびプラギオピラ綱 *Plagiopylea* (P) の頭文字をとって CONthreeP として名付けられた。Cavalier-Smith (2004) は, このクレードに下門 *Infraphylum* のランクを与え *Ventrata* と名付け, 形態学的に腹面に共有派生形質の存在を示唆したが, 実際には形態的特徴は存在しなかったため (Lynn, 2008), 現在はクレード CONThreeP という呼称が一般的である。

(4) リボグループ : Adl et al. (2019) (の時点) では, サンガーシークエンサーによって, 多くの分類群では SSU rRNA 遺伝子情報しか得られていないことが一般的であった。このため, SSU rRNA 遺伝子情報によって示唆されるクレードを分類群として用いたものをリボグループ *ribo-group* とよんだ (表 3, R)。また, 側系統あるいは多系統であるが, これらを 1 つの綱としてまとめざるを得なかったものに P の注釈 (表 3, P) がつけられていた (Adl et al., 2019)。過去の研究では, ほとんどの繊毛虫類は形態学的情報に強く裏付けられている。しかし, 例外は, SSU rRNA 遺伝子配列情報によってのみ特徴付けられる「リボグループ」として構成される綱, つまり「リボクラス *riboclass*」と呼ばれる。リボクラスは, 被甲綱 *Armophorea* とプラギオピラ綱 *Plagiopylea* の 2 綱で, これらは形態学的に共有派生形質

(synapomorphies) (=共通の形態的特徴) は見つかっていない (Lynn, 2008など)。

2) Gao et al. (2016) の解析で用いられた 14 綱の体系

Gao et al. (2016) の解析では, 一般的な, 11 綱の体系に, 3 つの綱を加えて 14 綱となった (表 3, 表 4)。3 つの綱の特徴は以下のとおりである。

(1) メソディニウム綱 *Mesodinia* Chen, Ma, Al-Rasheid and Miao, 2015 : メソディニウム属 *Mesodinium* の繊毛虫は, 海洋微生物の食物網において非常に重要な存在であり (淡水にも生息), 「赤潮」の原因でもあるが, これまで SAL 内の分類不明群 (*incertae sedis*) とされていた (Adl et al., 2019)。Chen et al. (2015) によって, SSU rRNA 遺伝子の系統解析によって, 完全に独立したクレードとして, 分岐も深く, イントラマクロヌクレアータ亜門の内でも, 祖先的な位置に近い分類群であることが示唆され, 同じ Chen et al. (2015) の報告の中で, メソディニウム綱 *Mesodinia* が提案された。

(2) プロトクルジア綱 *Protocruzia* Gao, Warren, Zhang, Gong, Miao, Sun, Xu, Huang, Yi and Song, 2016 と, ファコディニウム亜綱 *Phacodiniidia* Small and Lynn, 1985 : それぞれの分類群に所属する属は, 1 つだけである。さて, これまでこの 2 つの分類群の系統的位置は, 満足のいく形で解決されたことはなかった (例えば, Lynn, 2008)。例えば, 旋毛綱の重要な形質である大型核複製時の複製帯 (*replication band*: 表 1 を参照) を, どちらの分類群も持たないにも関わらず, 両方の分類群は旋毛綱に分類されていた (Lynn, 2008)。

(2-1) プロトクルジア綱 : プロトクルジア目が旋毛綱に所属することについての疑問は, プロトクルジア目の繊毛下織 (*infraciliature*) に腹側と背側の繊毛の区別がないという特徴や (Song and Wilbert, 1997), 個体発生の 2 分裂の過程で一時的に出現するキネトソームの複合体がパラキネティックとスクチカの混合型であるという特徴 (Foissner, 1996) などがあることで, これらは旋毛綱にみられない。しかし, このように特徴付けられるプロトクルジア目は, 綱のレベルで定義するまでには, これまでは至らなかった (例えば, Lynn, 2008)。

しかしながら, Gao et al. (2016) の系統解析の結果, プロトクルジア属が独立のクレードを形成することが示唆されたため, プロトクルジア綱が同論文で提案された。なお Gao et al. (2016) の解析結果は, プロトクルジア綱が イントラマクロヌクレアータ亜門の内部ではあるものの, その主要な 2

つのクレード CONThreeP にも SAL にも属さない (解析結果によって、いずれかの姉妹群になる) ことを示している。他方, Zhang et al. (2024) のトランスクリプトーム解析の結果では, イントラマクロヌクレアータ亜門の姉妹群として, ポストシリオデスマトフォレア亜門との中間に位置し, イントラマクロヌクレアータ亜門クレードにさえも含まれていない。

(2-2) ファコディニウム亜綱 Subclass Phacodiniida Small and Lynn, 1985. (Shin et al. 2000 による提案をサポート, Gao et al., 2016) : ファコディニウム目は, 系統的な位置づけが非常に難しい分類群であり, 過去には長い間, 異毛綱 Heterotrichea に所属するとみなされていた (da Silva Neto, 1993).

Small and Lynn (1985) は旋毛綱内にファコディニウム目 Phacodiniida Small and Lynn, 1985 (-iida であることに注意) の階級を提案した。しかし再び, Lynn and Small (2000) では, ファコディニウム目は, イントラマクロヌクレアータ亜門のなかで, 所属なしの *sedis mutabilis* 「変更される可能性のある位置」となった。

Shin et al. (2000) による SSU rRNA 遺伝子に基づく最初の分子系統研究では, ファコディニウム目が, 旋毛綱の根に位置することが示唆され, ファコディニウム亜綱 Phacodiniida の新設 (“Phacodiniida Small and Lynn, 1985” in Shin et al. 2000) が提案された。Gao et al. (2016) の結果は, ファコディニウム亜綱が旋毛綱の根の位置であるという知見を裏付けた。

(3) カリアコトリクス綱 Cariacotrichea Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012 : 永続的無酸素状態のカリアコ海盆 (カリブ海, ベネズエラ) から新規の分類群として得られた (Orsi et al., 2012). SSU rRNA 遺伝子の系統解析によって完全に独立したクレードであることが同記載論文内で示された。また, 形態学的にも, 口器を囲み後部体端まで伸びる, 独特なアーチ状のキネティキネティ (表 1 を参照) を持つという特徴によって, 他の綱とは区別される (Orsi et al., 2012). なお, 略称が同じ Taylor となる場合これを区別するために, 著者権を C. Taylor および G. T. Taylor と示した。

3) Zhang et al. (2024) の解析で用いられた 18 綱の体系

Zhang et al. (2024) では, SAL に 3 綱を加えた SALOMP と名付けられたクレードが提案されている (表 3, 表 4) . 即ち旋毛綱 Spirotrichea (S), 被甲綱 Armophorea (A), リトストマ綱 Litostomatea (L), ディスコモルフェラ綱 Odontostomatea (O),

ムラノトリクス綱 Muranotrichea (M), そして, パラブレファリズマ綱 Parablepharisma (P) の頭文字を用いたのである。なお, Zhang et al. (2024) では, 試料を得ることが難しいプロトクルジア綱, カリアコトリクス綱, コペメトプス綱は解析に用いられていない, また, メンディニウム綱は, イントラマクロヌクレアータ亜門の内でも, 祖先的な位置に近い分類群であるため (Chen et al., 2015) (前述), 4 つの綱は, SALOMP には含まれていない (表 3, 表 4) .

さて, 2025 年の現在, rRNA 遺伝子の系統解析によって, 被甲綱とされてきた分類群から, ディスコモルフェラ綱, ムラノトリクス綱, パラブレファリズマ綱の 3 綱が新たに設立提案された。しかし, Zhang et al. (2024) のトランスクリプトーム解析では, ディスコモルフェラ綱は枝が長いものの被甲綱に内包されている。またムラノトリクス綱とパラブレファリズマ綱も被甲綱と 1 つのクレードを構成しているが, この分類学的検討は, 今後のこの分野の課題であると思われる。この部分の体系はこれからも変化すると思われる。表 4 は最新ではあるが現時点ではまだ変化する可能性があるため, 説明のための表で, 実用には不向きとお考えいただきたい。

また, 現在までに特定された 18 の繊毛虫綱のうち 6 綱, つまり, 被甲綱, コペメトプス綱, パラブレファリズマ綱, カリアコトリクス綱, ディスコモルフェラ綱, プラギオピラ綱は, 偏性あるいは通性嫌気性のものが主となる系統である (表 6 参照)。海産の嫌気性の分類群から新規の分類群が見つかる傾向にある。

これらの 4 綱の特徴は以下のとおりである。

(1) コペメトプス綱 Copemetopea Fokin, Serra, Gamuto, Allievi, Petroni and Modeo, 2023 : タイプ種 *Copemetopus subsalsus* が地中海のフランス沿岸の Sète 付近の塩水湖で発見され 1940 年に Villeneuve-Brachon, によってコペメトプス属 *Copemetopus* が記載された (Villeneuve-Brachon, 1940). 口の外縁に鞭のように長く伸びる「口髭」のような繊毛列などの形態によって特徴付けられる。SSU rRNA 遺伝子の系統解析によって, コペメトプス属は他の綱とは明確に区別されるクレードになることが示唆されコペメトプス綱が提案された (Fokin et al. 2023).

(2) ディスコモルフェラ綱 Odontostomatea Fernandes, Vizzoni, Borges, Soares, da Silva-Neto and Paiva, 2018 : ディスコモルフェラ綱は, 繊毛虫門の内でも最も研究が進んでいないグループである。その理由は, 細胞の大きさが 20–90 μm と小型であること, 生息が嫌気的環境に限定されること, 培養が難しいことなどである (Fernandes et al.,

2018). 他の繊毛虫類との系統関係はこれまで解析されてこなかった. Fernandes et al. (2018) は, ディスコモルフェラ目 Odontostomatida の 2 種, *Discomorphella pedroeneasi* と *Saprodinium dentatum* を用いて, SSU rRNA 遺伝子と LSU rRNA 遺伝子に基づいて系統解析を行った結果, 2 種は他の綱とは区別できる明確なクレードとして見出された. ディスコモルフェラ綱の明瞭な形態的特徴として, 細胞が扁平で体繊毛 (somatic ciliature: 表1参照) がソケット状の陥入から生じており, 繊毛下織 (infraciliature) は少なく, キネトデスマ繊維 (kinetodesma fibril) を持たない. 口開口部 (oral apparatus) は区画化され, さらに小室に分かれている場合があるなどは, これまでもよく知られていた (Lynn, 2008 など).

(3) ムラノトリクス綱 Muranotrichea Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020 : 以下の項目と合わせる.

(4) パラブレファリズマ綱 Parablepharisma Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020 : Rotterová et al. (2020) は, 海洋性嫌気性繊毛虫として, 形態の異なる 2 つの種を記載し, これらに基づいて主にトランスクリプトーム解析とメタゲノム解析によって, 新しい綱を提案した. したがって, 形態については種の特徴となるため詳細は, Rotterová et al. (2020) をご覧いただきたい. 被甲綱 Armophorea (A), パラブレファリズマ綱 Parablepharisma (P), ムラノトリクス綱 Muranotrichea (M) の合計 3 綱はクレードを形成し, それぞれの頭文字からそのクレードは「APM」と名付けられた (Rotterová et al., 2020).

以上, 繊毛虫門で近年提案された高次分類群を概観した. 表 5 に 2015 年以降に新たに記載された綱に関するもののみ, 国際動物命名規約第 4 版 (URL は上記: 動物命名法国際審議会, 2000) の一般勧告に基づいて, 学名の著作権と日付を整理した. 著作権には “and” を用いた.

さて, 月井 (1995–2018) 原生生物情報サーバ (URLは上記) において用いられた和名ディスコモルフェラ目 Odontostomatida は, 本稿では, ディスコモルフェラ目とした. 和名に「ディスコモルフェラ」が用いられた理由は定かではないが, 昆虫 (ハムシ類) において, *Discomorpha* という属名が使用されていることから, 無用な混乱を避けるため, ディスコモルフェラ綱, ディスコモルフェラ目, ディスコモルフェラ科 Discomorphellidae, ディスコモルフェラ属 *Discomorphella* への改称, 合わせて, 漢字表記も属名に対応する櫛口目とす

ることを提案する.

また, 従来, 繊毛虫の分類群名でカタカナ表記を用いる場合は, その分類群のタイプ属, あるいはそれに準ずる属のカタカナ読みが用いられてきた (月井, 1995–2018). 矢崎ほか (2023) では Mobilida にモビリア目を当てたが, この理由から本稿でレイオトロカ目 [遊泳類] に改める.

4) まとめ

繊毛虫門の高次の分類体系は, 表 2 の繊毛虫門の体系が安定しており社会的にもコンセンサスが得られているので, Lynn (2008) と Adl et al. (2019) を引用し, ご参照いただくことをお勧めする. 国際海洋生物種目録 (WoRMS, 2024) (URLは上記) をご参照され, 引用いただくのも良い. WoRMSのWeb siteでは, 右上の「marine only」のスイッチボタンを off にし, 海産以外の体系も表示されるようにするのが良いと思われる. また, 「extant only」のスイッチボタンを off にすると化石種も含まれることになるが, 繊毛虫門で必要になることは多くはないだろう.

生物の分類体系には様々な意見や説があるが, 自分が研究を進める際には, どの体系に従ったのかを「○○ (引用) の体系に基づいた」と, 原稿などに引用で付せば, 大きな問題が起こることはない. 引用を付して安心して調査研究を進めていただきたい.

本稿で, 表 4 を示した意図は, 現在も変わっていく体系を紹介したのであるから, おそらく今後とも変化していくため, 参考までにとどめて頂きたい.

繊毛虫の種はどのように考えたら良いのか, 故月井雄二博士は, 月井 (2015) において, 「種をどう定義するか (種概念, species concept) ではなく, 種の境界をどうやって定めるか (species delimitation) に着目すべき」と述べ, 今でいう系統学的種概念 (phylogenetic species concept: de Queiroz, 2005) を紹介し, また, 原生生物, 特に繊毛虫の種の難解な側面を紹介した. このような, 繊毛虫門の生物多様性とその問題点 (例えば, Corliss, 1974; Corliss, 1979; Finlay et al. 1996; Finlay et al. 1998; Corliss, 2002; Foissner et al., 2008) などに今後, 触れてみたいと考えている.

本稿では, 繊毛虫類に関して, 初学者が日本語での理解に少しでも役に立てていただきたいと考え, 形態用語と分類体系をまとめた. 形態用語と図は, 細胞生物学観点からの理解のみならず, 繊毛虫類の同定のための検索表を読みこなすために助けになるはずである. 繊毛虫類の多様性研究にも役立てていただきたい. 身近な原生生物の代表とも言える繊毛虫類の様々な方面の研究が, これからも日本で続いていくことを願っている.

謝辞

本稿をまとめるために、多くの先輩方や恩師の書かれたものを参考にさせていただいた。過去には、繊毛虫類について、偉大な原稿が多く出版されていることに改めて気付かされた。我々もこのような研究成果に育てられてきたと感じ、改めて諸先輩方に心からの感謝を捧げたい。

著者のうち石田は、この総説の基礎となる技術と知識のほとんどを広島大学での大学院時代とハワイ大学でのポスドク時代に授かった。広島大時代の恩師である故 重中 義信 先生からは、透過型及び走査型の電子顕微鏡観察技術に関する手ほどきや繊毛虫の構造に関する知識を、また、その後、ポスドク時代の恩師である故 Richard D. Allen 先生や Agnes K. Fok 先生からは、生理・生化学的手法に関する技術に加え、間接免疫抗体法や免疫電子顕微鏡・凍結切断の技術、そしてゾウリムシやその他の繊毛虫に関する様々な知識を授けていただいた。先生方の優しい人柄と卓越した技術や知識に支えられ、今の私の基礎が練成された。私のそれは遠く及ばないが、これまでの恩恵に心より感謝を申し上げたい。

著者のうち島野は、西九州大学の 高橋 忠夫 博士に繊毛虫に関する研究の手ほどきを受けた。多くの教えのうち、その技術と知識をどこまで吸収できたかわからないが、高橋 忠夫 博士の惜しみないご教授に、心よりの感謝を申し上げたい。オーストリアの故 Wilhelm Foissner 博士からも、多くの知識を受けた。ここに合わせて心よりの感謝を申し上げたい。故 月井 雄二 博士は、偉大な先輩として、あるいは、同僚としてたくさんの影響を受けた。博士の研究に向かう真摯な姿勢を尊敬してやまない。本稿の種に関する議論を、いずれじっくりしたいと思っていたところ急逝された。今ではできることは月井 雄二 博士の書籍の付箋を辿るだけである。惜しみつつ心よりの感謝を申し上げたい。

棄権宣言

本稿は国際動物命名規約に基づいた命名法的行為や情報の公開を目的としたものではない。

Disclaimer

This manuscript is not intended to constitute a nomenclatural act or to provide information in accordance with the International Code of Zoological Nomenclature.

引用文献

Adl, S. M., Bass, D., Lane, C. E., Lukeš, J., Schoch, C. L., Smirnov, A., Agatha, S., Berney, C., Brown, M. W., Burki, F., Cárdenas, P., Čepička, I., Chistyakova, L., Del Campo, J., Dunthorn, M., Edvardsen, B., Eglit, Y., Guillou, L., Hampl, V., Heiss, A. A., Hoppnerath, M., James, T. Y., Karnkowska, A.,

Karpov, S., Kim, E., Kolisko, M., Kudryavtsev, A., Lahr, D. J. G., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D. H., Mann, D. G., Massana, R., Mitchell, E. A. D., Morrow, C., Park, J. S., Pawlowski, J. W., Powell, M. J., Richter, D., Rueckert, S., Shadwick, L., Shimano, S., Spiegel, F. W., Torruella, G., Youssef, N., Zlatogursky, V. and Zhang, Q. (2019) Revisions to the classification, nomenclature, and diversity of eukaryotes. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 66, 4–119. doi:10.1111/jeu.12691

Aescht, E. (2008) Annotated catalogue of “type material” of ciliates (Ciliophora) and some further protists at the Upper Austrian Museum in Linz, including a guideline for “typification” of species. *Denisia*, 23, 125–234.

Aescht, E. (2017) CilCat: The World Ciliate Catalog (version 4.0, Jan 2012). Digital resource. In: *Species 2000 and ITIS Catalogue of Life, 2017 Annual Checklist*. Roskov, Y., Abucay, L., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk, P. M., Bourgoin, T., DeWalt, R. E., Decock, W., De Wever, A., van Nieukerken, E., Zarucchi, J. and Penev, L. (eds.). *Species 2000: Naturalis*, Leiden.

Akematsu, T. and Endoh, H. (2010) Role of apoptosis-inducing factor (AIF) in programmed nuclear death during conjugation in *Tetrahymena thermophila*. *BMC Cell Biol.*, 2010, 11, 13. doi: 10.1186/1471-2121-11-13

Allen, R. D. (1969) The morphogenesis of basal bodies and accessory structures of the cortex of the ciliated protozoan *Tetrahymena pyriformis*. *J. Cell Biol.*, 40, 716–733. doi: 10.1083/jcb.40.3.716.

Allen, R. D. (1971) Fine structure of membranous and microfibrillar systems in the cortex of *Paramecium caucatum*. *J. Cell Biol.*, 49, 1–20. doi: 10.1083/jcb.49.1.1

Allen, R.D. (1988) Cytology. In: *Paramecium*. Görtz, H.-D. (ed.). Springer Verlag, New York, pp. 4–40.

Allen, R.D. (1995) Membrane tubulation and proton pumps. *Protoplasma*, 189, 1–8. doi: 10.1007/bf01280286

Allen, R. D. and Fok, A. K. (1993) Endosomal membrane traffic of ciliates. In: *Advances in cell and molecular biology of membranes*, Vol. 2B. Plattner, H. (ed.). JAI Press Inc., London. pp.283–309.

Allen, R. D., Aihara, M. S., and Fok, A. K. (1998) The striated bands of *Paramecium* are immunologically distinct from the centrin-specific infraciliary lattice and cytostomal cord. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 45, 202–209. doi: 10.1111/j.1550-7408.1998.tb04526.x

Allen, R. D., Ueno, M. S., Pollard, L. W. and Fok, A. K. (1990) Monoclonal antibody study of the decorated spongione of contractile vacuole complexes of *Paramecium*. *J. Cell Sci.*, 96, 469–475. doi: 10.1242/jcs.96.3.469

Allen, R. D., Bala, N. P., Ail, R. F., Nishida, D. M., Aihara, M. S., Ishida, M., Fok, A. K. (1995) Rapid bulk replacement of acceptor membrane by donor membrane during phagosome to phagoacidosome transformation in *Paramecium*. *J. Cell Sci.*, 108, 1263–1274. doi: 10.1242/jcs.108.3.1263

Cavalier-Smith, T. (2004). Chromalveolate diversity and cell megaevolution: interplay of membranes, genomes and cytoskeleton. In: *Organelles, genomes and eukaryote phylogeny: An evolutionary*

- synthesis in the age of genomics. Hirt, R. P. and Horner, D. S. (eds.). CRC Press, London, pp. 75–108.
- Chen, X., Ma, H. G., Al-Rasheid, K. A., and Miao, M. (2015). Molecular data suggests the ciliate *Mesodinium* (Protista: Ciliophora) might represent an undescribed taxon at class level. *Zool. Syst.*, 40(1): 31–40. doi: 10.1186/zs.20150102
- Corliss, J. O. (1974) The changing world of ciliate systematics: Historical analysis of past efforts and a newly proposed phylogenetic scheme of classification for the protistan phylum Ciliophora, *Syst. Biol.*, 23, 91–138. doi:10.1093/sysbio/23.1.91
- Corliss, J. O. (1979). The ciliated protozoa, characterization, classification and guide to the literature (2nd ed.). Pergamon Press, London.
- Corliss, J. O. (2002) Biodiversity and biocomplexity of the protists and an overview of their significant roles in maintenance of our biosphere. *Acta Protozool.* 41, 199–219.
- 動物命名法国際審議会 (2000) 国際動物命名規約第4版日本語版. 日本動物分類学関連学会連合, 札幌.
- Fenchel, T. (1980) Suspension feeding in ciliated protozoa: structure and function of feeding organelles. *Arch. Protistenk.*, 123, 239–260. doi: 10.1016/S0003-9365(80)80009-1
- Fernandes, N. M., Vizzoni, V. F., Borges, B. D. N., Soares, C. A. G., da Silva-Neto, I. D., and Paiva, T. D. S. (2018) Molecular phylogeny and comparative morphology indicate that odontostomatids (Alveolata, Ciliophora) form a distinct class-level taxon related to Armophorea. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 126, 382–389. doi: 10.1016/j.ympev.2018.04.026
- Finlay, B. J., Corliss, J. O., Esteban, G. F. and Fenchel, T. (1996) Biodiversity at the microbial level: the number of freeliving ciliates in the biosphere. *Quart. Rev. Biol.*, 71, 221–237. doi: 10.1086/419370
- Finlay, B. J., Esteban, G. F. and Fenchel, T. (1998). Protozoan diversity: converging estimates of the global number of free-living ciliate species. *Protist*, 149, 29–37. doi: 10.1016/S1434-4610(98)70007-0.
- Fleury, A., Callen, A.-M., Bré, M.-H., Iftode, F., Jeanmarie-Wolf, R., Levilliers, N. and Clérot, J.-C. (1995) Where and when is microtubule diversity generated in *Paramecium*? immunological properties of microtubular networks in interphase and dividing cells. *Protoplasma*, 189, 37–60. doi: 10.1007/BF01280290
- Foissner, W. (1996) Ontogenesis in ciliated protozoa, with emphasis on stomatogenesis. In: *Ciliates: Cells as Organisms*. Hausmann, K. and Bradbury, B. C. (eds.). G. Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 95–177.
- Foissner, W., Chao, A. and Katz, L. A. (2008) Diversity and geographic distribution of ciliates (Protista: Ciliophora). *Biodivers. Conserv.*, 17, 345–363. doi: 10.1007/s10531-007-9254-7
- Fok, A. K. and Allen, R. D. (1979) Axenic *Paramecium caudatum*. I. Mass Culture and Structure. *J. Protozool.*, 26, 463–470. doi: 10.1111/j.1550-7408.1979.tb04654.x
- Fok, A. K. and Allen, R. D. (1988) The lysosome system. In: *Paramecium*. Görtz, H.-D. (ed.). Springer Verlag, New York, pp. 301–324.
- Fok, A. K. and Allen, R. D. (1990) The phagosome-lysosome membrane system and its regulation in *Paramecium*. *Int. Rev. Cytol.*, 123, 61–94. doi: 10.1016/s0074-7696(08)60671-3
- Fok, A. K. and Allen, R. D. (1993) Membrane flow in the digestive cycle of *Paramecium*. In: Plattner H. (ed.). *Advances in cell and molecular biology of membranes*, Vol. 2B, JAI Press Inc., London. pp. 311–337.
- Fok, A. K., Aihara, M. S., Ishida, M. and Allen, R. D. (2008) Calmodulin localization and its effects on endocytic and phagocytic membrane trafficking in *Paramecium multimicronucleatum*. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 55, 481–491. doi: 10.1111/j.1550-7408.2008.00347.x
- Fok, A. K., Aihara, M. S., Ishida, M., Nolta, K. V., Steck, T. L. and Allen, R. D. (1995) The pegs on the decorated tubules of the contractile vacuole complex of *Paramecium* are proton pumps. *J. Cell Sci.* 108, 3163–3170. doi: 10.1242/jcs.108.10.3163
- Fokin, S. I., Serra, V., Gammuto, L., Allievi, A., Petroni, G. and Modeo, L. (2023) Multidisciplinary characterization of the new species *Copemetopus mystakophoros* and its symbionts with a proposal for the new class Copemetopea (Alveolata: Ciliophora). *Zool. J. Linn. Soc.*, 198, 1171–1200. doi: 10.1093/zoolinnean/zlac114
- Gentekaki, E., Kolisko, M., Boscaro, V., Bright, K. J., Dini, F., Di Giuseppe, G., Gong, Y., Miceli, C., Modeo, L., Molestina, R. E., Petroni, G., Pucciarelli, S., Roger, A. J., Strom, S. L. and Lynn, D. H. (2014) Large-scale phylogenomic analysis reveals the phylogenetic position of the problematic taxon *Protocruzia* and unravels the deep phylogenetic affinities of the ciliate lineages. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 78, 36–42. doi: 10.1016/j.ympev.2014.04.020
- Gao, F., Warren, A., Zhang, Q., Gong, J., Miao, M., Sun, P., Xu, D., Huang, J., Yi, Z. and Song, W. (2016) The all-data-based evolutionary hypothesis of ciliated protists with a revised classification of the phylum Ciliophora (Eukaryota, Alveolata). *Sci. Rep.*, 6, 24874. doi:10.1038/srep24874
- Harumoto, T. and Miyake, A. (1991) Defensive function of trichocysts in *Paramecium*. *J. Exp. Zool.* 260, 84–92. doi: 10.1002/jez.1402600111
- ハウスマン (1989) 原生動物学入門. 扇元敬司 (訳), 弘学出版, 川崎.
- 猪木正三 (監) (1981) 原生動物図鑑. 講談社サイエンティフィック, 東京.
- Irwin, N. A. T., Pittis, A. A., Mathur, V., Howe, L. J., Keeling, P. J., Lynn, D. H. and Bourland, W. A. (2021) The function and evolution of motile DNA replication systems in ciliates. *Curr. Biol.*, 31, 66–76. doi: 10.1016/j.cub.2020.09.077
- Ishida, M. and Tominaga, T. (2006) Contractile vacuole complex in *Paramecium*. *Jpn. J. Protozool.*, 39, 157–172. doi:10.18980/jjprotozool.39.2_157
- Ishida, M. and Hori, M. (2017) Improved isolation method to establish axenic strains of *Paramecium*. *Jpn. J. Protozool.*, 50, 1–14. doi:

- 10.18980/jprotozool.JJP16-05
- Ishida, M., Allen, R. D. and Fok, A. K. (2001) Phagosome formation in *Paramecium*: roles of cilia and solid particles. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 48, 640–646. doi: 10.1111/j.1550-7408.2001.tb00203.x
- Ishida, M., Aihara, M. S., Allen, R. D. and Fok, A. K. (1993) Osmoregulation in *Paramecium*: the locus of fluid segregation in the contractilevacuole complex. *J. Cell Sci.*, 106, 693–702. doi: 10.1242/jcs.106.2.693
- Ishida, M., Aihara, M. S., Alen, R. D. and Fok, A. K. (1997) Acidification of the young phagosomes of *Paramecium* is mediated by proton pumps derived from the acidosomes. *Protoplasma*, 196, 12–20. doi: 10.1007/BF01281054
- Ishida, M., Hori, M., Ooba, Y., Kinoshita, M., Matsutani, T., Naito, M., Hagimoto, T., Miyazaki, K., Ueda, S., Miura, K. and Tominaga, T. (2021) A functional aqp1 gene product localizes on the contractile vacuole complex in *Paramecium multimicronucleatum*. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 68, e12843. doi:10.1111/jeu.12843
- Junker, A. D., Soh, A. W., O'Toole, E. T., Meehl, J. B., Guha, M., Winey, M., ... and Pearson, C. G. (2019) Microtubule glycylation promotes attachment of basal bodies to the cell cortex. *J. Cell Sci.*, 132, jcs233726. doi:10.1242/jcs.233726. doi: 10.1242/jcs.233726
- Kersken, H., Momayezi, M., Braun, C. and Plattner, H. (1986) Filamentous actin in *Paramecium* cells: functional and structural changes correlated with phalloidin affinity labeling in vivo. *J. Histochem. Cytochem.*, 34, 455–465. doi: 10.1177/34.4.3512697
- Kobayashi, T. and Endoh, H. (2005) A possible role of mitochondria in the apoptotic-like programmed nuclear death of *Tetrahymena thermophila*. *FEBS Journal* 272, 5378–5387. doi: 10.1111/j.1742-4658.2005.04936.x
- Lannan, J., Floyd, C., Xu, L. X., Yan, C., Marshall, W. F., Vaikuntanathan, S., Dinner, A. R., Honts, J. E., Bhamla, S. and Elting, M. W. (2024) Fishnet mesh of centrin-Sfil1 drives ultrafast calcium-activated contraction of the giant cell *Spirostomum ambiguum*. bioRxiv [Preprint]. 2024 Nov 8: 2024.11.07.622534. doi:10.1101/2024.11.07.622534
- Libusová L. and Dráber, P. (2006) Multiple tubulin forms in ciliated protozoan *Tetrahymena* and *Paramecium* species. *Protoplasma*, 227, 65–76. doi: 10.1007/s00709-005-0152-0
- Lindemann, C. L. and Lesich, K. (2024) The mechanics of cilia and flagella: What we know and what we need to know. *Cytoskeleton*, 81, 648–668. doi: 10.1002/cm.21879
- de Loubresse, N. G. Keryer G., Vignes, B. and Beisson, J. (1988) A contractile cytoskeletal network of *Paramecium*: the infraciliary lattice. *J. Cell Sci.*, 90, 351–364. doi: 10.1242/jcs.90.3.351
- Lynn, D. H. (2008) *The Ciliated Protozoa*. 3rd Edition. Characterization, Classification, and Guide to the Literature. Springer, Dordrecht. doi:10.1007/978-1-4020-8239-9 17
- Lynn, D. H. and Small, E. B. (2000) Phylum Ciliophora. In: *An illustrated guide to the Protozoa second edition*. Lee J. J., Bradbury, P. C. and Leedale, G. F. (eds.). Society of Protozoologists Special Publication, Lawrence, pp. 371–656.
- Nahon, P., Coffe, G., Le Guyader, H., Darmanaden-Delorme, J., Jeanmaire-Wolf, R., Clérot, J-C. and Adoutte, A. (1993) Identification of the epiplasmins, a new set of cortical proteins of the membrane cytoskeleton in *Paramecium*. *J. Cell Sci.*, 104, 975–990. doi: 10.1242/jcs.104.4.975
- Ng, S. F. (1977) Analysis of contractile vacuole pore morphogenesis in *Tetrahymena pyriformis* by 180 degree rotation of ciliary meridians. *J. Cell Sci.*, 25, 233–246. doi: 10.1242/jcs.25.1.233.
- 野田泰一, 西川輝昭 (2013) 国際動物命名規約の 2012 年 9 月改正. タクサ: 日本動物分類学会誌, 34, 71–76.
- Orsi, W., Edgcomb, V., Faria, J., Foissner, W., Fowle, W. H., Hohmann, T., Suarez, P., Taylor, C., Taylor, G. T., Vďačný, P. and Epstein, S. S. (2012) Class Cariacotrichea, a novel ciliate taxon from the anoxic Cariaco Basin, Venezuela. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 62, 1425–1433. doi: 10.1099/ijs.0.034710-0
- Patterson, D. J. (1980) Contractile vacuoles and associated structures: Their organization and function. *Biol. Rev.*, 55, 1–46. doi: 10.1111/j.1469-185X.1980.tb00686.x
- Plattner, H. (2017) Trichocysts-*Paramecium*'s projectile-like secretory organelles: Reappraisal of their biogenesis, composition, intracellular transport, and possible functions. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 64, 106–133. doi: 10.1111/jeu.12332
- Plattner, H., Flötenmeyer, M., Kissmehl, R., Pavlovic, N., Hauser, K., Momayezi, M., Braun, N., Tack, J. and Bachmann, L. (1999) Microdomain arrangement of the SERCA-type Ca²⁺ pump (Ca²⁺-ATPase) in subplasmalemmal calcium stores of *Paramecium* cells. *J. Histochem. Cytochem.*, 47, 841–853. doi: 10.1177/002215549904700701
- de Queiroz, K. (2005) Ernst Mayr and the modern concept of species. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 102 (suppl_1), 6600–6607. doi:10.1073/pnas.0502030102
- Rotterová, J., Salomaki, E., Pánek, T., Bourland, W., Žihala, D., Táborský, P., Edgcomb, V. P., Beinart, R. A., Kolísko, M. and Čepička, I. (2020) Genomics of new ciliate lineages provides insight into the evolution of obligate anaerobiosis. *Curr. Biol.*, 30, 1–114. doi: 10.1016/j.cub.2020.03.064
- Schroeder, C. C., Fok, A. K. and Allen, R. D. (1990) Vesicle transport along microtubular ribbons and isolation of cytoplasmic dynein from *Paramecium*. *J. Cell Biol.*, 111, 2553–2562. doi: 10.1083/jcb.111.6.2553
- Sehring, I. M., Reiner, C., Mansfeld, J., Plattner, H. and Kissmehl, R. (2006) A broad spectrum of actin paralogs in *Paramecium tetraurelia* cells display differential localization and function. *J. Cell Sci.*, 120, 177–190. doi: 10.1242/jcs.03313
- da Silva Neto, I. D. (1993) Structural and ultrastructural observations of the ciliate *Phacodinium metchnicoffi* Certes, 1891 (Heterotrichea, Phacodiniida). *Eur. J. Protistol.* 29, 209–218. doi: 10.1016/S0932-4739(11)80275-0

- Small, E. B. and Lynn, D. H. (1985) Phylum Ciliophora. In: *An illustrated guide to the Protozoa*. Lee J. J., Hutner, S. H. and Bovee, E. C. (eds.). Society of Protozoologists Special Publication, Lawrence, pp. 393–575.
- 重中義信 (編) (1988) 原生動物の観察と実験法. 共立出版, 東京.
- Shin, M. K., Hwang, U. W., Kim, W., Wright, A. D. G., Krawczyk, C., Lynn, D. H. (2000) Phylogenetic position of the ciliates *Phacodinium* (order Phacodiniida) and *Protocruzia* (subclass Protocruziidia) and systematics of the spirotrich ciliates examined by small subunit ribosomal RNA gene sequences. *Eur. J. Protistol.*, 36, 293–302. doi: 10.1016/S0932-4739(00)80005-X
- Soares, H., Carmona, B., Nolasco, S. and Melo, L. V. (2019) Polarity in ciliate models: From cilia to cell architecture *Front. Cell Dev. Biol.*, 7, 240. doi: 10.3389/fcell.2019.00240
- 十亀陽一郎, 島野智之 (2023) 繊毛虫. 原生生物学事典. 矢崎裕規, 新倉保, 猪飼桂, 矢吹彬憲, 永宗喜三郎, 松崎素道, 白鳥峻志, 島野智之, 小林富美恵 (編), 朝倉書店, 東京, pp. 122–130.
- Song, W. and Wilbert, N. (1997) Morphological investigation on some free living ciliates (Protozoa, Ciliophora) from China sea with description of a new hypotrichous genus, *Hemigastrostyla* nov. gen. *Arch. Protistenkd.*, 148, 413–444. doi: 10.1016/S0003-9365(97)80020-6
- Stelly, N., Mauger, J. P. Claret, M. and Adoutte, A. (1991) Cortical alveoli of *Paramecium*: a vast submembranous calcium storage compartment. *J. Cell Biol.*, 113, 103–112. doi: 10.1083/jcb.113.1.103
- 田中颯, 生野賢司 (2018) 国際動物命名規約の 2017 年 3 月改正とその背景. *タクサ: 日本動物分類学会誌*, 45, 28–32. doi: org/10.19004/taxa.45.0_28.
- 月井雄二 (2015) 原生生物における種レベルの多系統性と種の問題. *原生動物学雑誌*, 48(1–2), 3–20. doi: 10.18980/jjprotozool.48.1-2_3.
- Vďačný, P., Orsi, W. and Foissner, W. (2010) Molecular and morphological evidence for a sister group relationship of the classes Armophorea and Litosomatea (Ciliophora, Intramacronucleata, Lamellistomatida infraphyla. nov.), with an account on basal litostomateans. *Eur. J. Protistol.*, 46, 298–309. doi: 10.1016/j.ejop.2010.07.002
- Villeneuve-Brachon, S. (1940) Recherches sur les ciliés hétérotriches. *Cinétope, argyrome, myonèmes*. *Arch. Zool. Exp. Gen.* 82, 1–180.
- Warren, A., Patterson, D. J., Dunthorn, M., Clamp, J. C., Achilles-Day, U. E. M., Aesch, E., Al-Farraj, S. A., Al-Quraisy, S., Al-Rasheid, K., Carr, M., Day, J. G., Dellinger, M., El-Serehy, H. A., Fan, Y., Gao, F., Gao, S., Gong, J., Gupta, R., Hu, X., Kamra, K., Langlois, G., Lin, X., Lipscomb, D., Lobban, C. S., Luporini, P., Lynn, D. H., Ma, H., Macek, M., Mackenzie-Dodds, J., Makhija, S., Mansergh, R. I., Martín-Cereceda, M., McMiller, N., Montagnes, D. J. S., Svetlana, N., Ong'ondo, G. O., Pérez-Uz, B., Purushothaman, J., Quintela-Alonso, P., Rotterová, J., Santoferrara, L., Shao, C., Shen, Z., Shi, X., Song, W., Stoeck, T., La Terza, A., Vallesi, A., Wang, M., Weisse, T., Wiackowski, K., Wu, L., Xu, K., Yi, Z., Zufall, R. and Agatha, S. (2017). Beyond the “Code”: a guide to the description and documentation of biodiversity in ciliated protists (Alveolata, Ciliophora). *J. Eukaryot. Microbiol.*, 64, 539–554. doi: 10.1111/jeu.12391
- 柳生亮三 (1962) 原生動物. 動物系統分類学 1 総論 原生動物. 内田亨 (監), 中山書店, 東京, pp. 83–327.
- 矢崎裕規, 新倉保, 猪飼桂, 矢吹彬憲, 永宗喜三郎, 松崎素道, 白鳥峻志, 島野智之, 小林富美恵 (2023) 原生生物分類表. 原生生物学事典. 矢崎裕規, 新倉保, 猪飼桂, 矢吹彬憲, 永宗喜三郎, 松崎素道, 白鳥峻志, 島野智之, 小林富美恵 (編), 朝倉書店, 東京, pp. 403–419.
- Yamamoto, R., Hwang, J., Ishikawa, T., Kon, T. and Sale, W. S. (2021) Composition and function of ciliary inner-dynein-arm subunits studied in *Chlamydomonas reinhardtii*. *Cytoskeleton (Hoboken)*, 78, 77–96. doi: 10.1002/cm.21662
- Zhang, Y., Liang, F., Fu, Y., Chi, Y., Song, W., Warren, A. and Li, L. (2024) Comparative genomics provides insights into the evolutionary history of the phylum Ciliophora (Eukaryota, Alveolata) and uncovers the adaptive evolution of anaerobic ciliate classes. *Zool. Scr.*, 00, 1–21. doi: 10.1111/zsc.12700

表1. 繊毛虫類に用いられる形態用語. *1 ラテン語の複数形付記. *2 引用文献に基づいて修正を加えた. (同) は同義語, (対) は対義語を示す. *3 付表 (URL: <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.28916258>) では, ネット上の解説ページや電子顕微鏡画像ページにリンクを結んでいる. 綴りは米国表記を用いた (英国表記ではfibreは, fiberなど) .

用語*1	日本語訳	説明*2	引用文献*3
A acidosome	酸性胞	<i>Paramecium</i> に見られる食胞の酸性化に関与する非リソソーム性の小胞. 図 1, 2 参照.	ハウスマン (1989), 付表
A-C linker	A-C リンカー	3 連微小管において, A 小管と隣接する C 小管を結合する構造であり, この構造により基底小体が形態的に安定化されている.	Soares et al. (2019)
adoral zone	周口領域	繊毛虫に特異的に発達した細胞口の周辺領域のこと. (同) 口帯.	柳生 (1962), 猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
adoral zone of membranelles (AZM)	周口小膜域	繊毛虫に見られる複合繊毛の一種が, 口腔 (buccal cavity) の壁や囲口部 (peristome) 左縁の壁で規則的な配列を示し, その結果として形成された領域. 図 2 参照. (同) 小膜, 膜板.	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), 付表
adoral membranelle	周口小膜	口腔 (buccal cavity) の壁や囲口部 (peristome) 左縁の壁で規則的な配列を示す複合繊毛の一種.	付表
akontobolocyst	trichocyst 参照.		付表
alternation of generation	世代交代	接合 (conjugation) などの有性生殖期と細胞分裂 (cell division) などの無性生殖期が交互に繰り返される生殖周期のこと.	ハウスマン (1989)
alveolus (複: alveoli)	胞状体	繊毛虫や渦鞭毛虫の細胞膜の直下にある扁平な膜構造. Ca^{2+} イオンを貯蔵しており, 毛包 (trichocyst) の放出等に関わっている. 古い文献では, この構造に“小胞”という言葉が当てられているが, 他の小胞と識別するため, 胞状体という言葉が適正であると判断された. 図 4, 5 参照. (同) 小胞, 泡室.	ハウスマン (1989), Stelly et al., (1991), Plattner et al. (1999), 付表
alveolar system	胞状系	繊毛虫や渦鞭毛虫の細胞膜の直下にある扁平な胞状体 (alveolus) からなるモザイク状構造. 蜂の巣のような穴が空いているという意味から名付けられた. 図 5 参照. (同) 小胞系.	付表
ampulla (複: ampullae)	瓶状部	収縮胞複合体を構成要素の中でも放射管 (radial canal) の一部を構成し, 収縮胞に最も近い位置に存在する. アンブル瓶の形に似ていることから命名された. 図 3 参照. (同) アンブル状膨大部, 膨大部.	ハウスマン (1989), 付表
anarchic field	未確定領域	繊毛虫体の構造域. 細胞口形成の際, 即ち, 口器形成 (stomatogenesis) における口器オルガネラの生成域 (大抵は繊毛軸のない基底小体). 細胞口原基 (oral primordium).	ハウスマン (1989), 付表
anisogamy	異形接合	形態的に異なる配偶子 (gamete) の融合. 大きい方が雌性配偶子 (macrogamete), 小さい方が雄性配偶子 (microgamete) とよばれる. (同) 不同配偶. (対) isogamy (同形融合)	ハウスマン (1989), 付表
autogamy	自家生殖	一つの細胞内で, 自身の二倍体核から生じた 2 つの配偶核 (1n) を融合し, 受精核 (2n) を作る有性生殖法の一つ. 繊毛虫では, 人為的に接合形成を阻害する方法により誘導可能な場合がいくつかの種で報告されている. (同) オートガミー, ペドガミー, 同類細胞接合, 自家受精, 自家接合.	柳生 (1962), 重中 (1988), ハウスマン (1989)

autophagosome	自食胞	細胞内で二重膜に囲まれた細胞内消化に関わる自食作用 (autophagy) に関わる小胞. 異常な細胞内タンパク質, 過剰なまたは損傷した細胞小器官, 侵入した微生物など, 細胞質の内容物を分解するシステムであるマクロオートファジーを担う. 形成された自食胞の外膜は, やがてリソソームと融合し, オートリソソーム (autolysosome) を形成する. リソソームの加水分解酵素はオートファゴソームの含有物と内膜を分解する. テトラヒメナやゾウリムシなどの繊毛虫で報告されている. 図 1 参照.	Kersken et al. (1986), Allen (1988), Ishida et al. (1993), Kobayashi and Endoh (2005), Fok et al. (2008), Akematsu and Endoh (2010), 付表
axenic culture	無菌培養	培養対象生物以外の生物を含まない培養. この方法は, 混菌状態から無菌化する技術が確立され, しかも栄養要求性や摂取法の解析が進んで, 適当な合成培地が完成した種に限られている.	重中 (1988), Fok and Allen (1979), ハウスマン (1989), Ishida and Hori (2017)
axial filament	axoneme 参照.		ハウスマン (1989)
axis cylinder	axoneme 参照.		ハウスマン (1989)
axoneme	軸糸	繊毛や鞭毛内では, 9 + 2 型の微小管構造である. ただし, 太陽虫などの軸足 (axopodium) 内では高次配列した微小管束を意味する. 図 6 参照. (同) アクソネーム.	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
B basal body	基底小体	鞭毛及び繊毛の基部にある粒状の構造体で, その壁は 9 組の 3 連微小管で構成されている. 基底小体は, 9 + 0 型を呈し, その構造は中心体 (centriole) と相同である. 図 6 参照. (同) 基粒体, 運動基体, 動原基体, キネトソーム (kinetosome).	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
basal granule	basal body 参照.		ハウスマン (1989)
basal microtubule	基部微小管	繊毛の基部を細胞の長軸方向に縦走する 1-数本の微小管. 図 4, 5 参照.	Allen (1969), Lynn (2008), Soares et al. (2019) 付表
blepharoplast	basal body 参照.		ハウスマン (1989)
bristle	剛毛	特定の散毛目 (例えば, ハルテリア) の虫体の周囲に比較的少数配列している長く硬い繊毛. この虫種に特徴的なきわめて迅速な跳躍運動などに使用される.	重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
brosse ciliature	ブラシ状繊毛	特殊な短い繊毛または有棘繊毛 (clavate cilia) で構成されるブラシ状の繊毛構造で, 多くの場合, 細胞の前端背側において体軸に対して斜めに配向する.	Denis (1979)
buccal cavity	口腔	繊毛虫細胞の先端から腹部にかけての凹み. 特別な繊毛, 小膜 (AZM) や波動膜 (undulating membrane) を保持する. 図 1 参照.	重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
buccal apparatus	口器	食物摂取器官を構成する構造やオルガネラの全体的名称 (例えば, 口繊毛をもつ細胞口, 繊毛下織, 繊維系, 細胞口, 細胞咽頭などを含む). 図 2 参照. (同) 口部装置, oral apparatus.	ハウスマン (1989)
budding	出芽	吸管虫類 (Suctoria) や漏斗類 (Chonotrichia) で特徴的に生じる分裂様式. この様式では 1 ないし数個の娘細胞が生じ, それらは通常の幼生段階よりも明らかに小さい. 内生 (endogeneous) 出芽や外生 (exogeneous) 出芽などが知られる. また, この言葉は, 小胞体やゴルジ体, エンドソーム膜系でコートマー分子により膜が突出して被覆小胞を生じる際にも用いられる.	柳生 (1962), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表

C	caudal cilium (複: cilia)	尾部繊毛	尾部繊毛は、細胞の後極または前極に存在する 1-数本の繊毛で、細胞体表の繊毛よりやや長く、不動性である。繊毛虫の種によっては、基質へ一時的付着に用いられることもある。図 1 参照。	Lynn (2008)
	cell anus	cytoproct 参照。		ハウスマン (1989)
	cell mouth	cytostome 参照。		ハウスマン (1989)
	central microtubule	中心微小管	9 + 2 構造を持つ繊毛において、中心に存在する二つのシングレット微小管のこと。	Lindemann and Lesich (2024)
	central hub	セントラルハブ	基底小体におけるカートホイール構造の中心に位置し、各 3 連微小管の A 小管とスポークを介して連結する。基底小体の複製の時最初に出現する構造。	Soares et al. (2019)
	central sheath	中心鞘	9 + 2 構造を持つ繊毛において、中心に存在する二つのシングレット微小管を取り囲むように存在する鞘状の構造のこと。	Lindemann and Lesich (2024)
	cilium (複: cilia)	繊毛	比較的短い (ゾウリムシでは、10 μm 程度) 糸状の運動器官。原形質膜に覆われ、内部では 9 + 2 型の微小管構造を示す。1 虫体あたり多数 (ゾウリムシでは、~8,000 程度) が形成される。Ciliature: 繊毛虫類における繊毛の総称。図 6 参照。	ハウスマン (1989) , 付表
	cirrus (複: cirri)	棘毛	棘毛類 (Stichotrichia) 及び下毛類 (Hypotrichia) に属する繊毛虫に典型的にみられる束状の繊毛複合体。	柳生 (1962) , 猪木 (1981) , ハウスマン (1989) , 付表
	clavate cilium (複: cilia)	有棘繊毛	こん棒状 (club-shaped) に先端が膨化した感覚繊毛。	ハウスマン (1989)
	clone	クローン	単一個体に由来する原生物培養。	ハウスマン (1989)
	collecting canaliculus (複数: canaliculi)	集水管	典型的な集水管はゾウリムシの収縮胞で認められ、収縮胞を中心にして放射状に配置された数本の瓶上部とひとつながりの小管がそれに相当する。機能的には、排出液をスポンジオーム (spongione) から瓶状部へ導く役割を果たす。図 3 参照。(同) collecting canal.	猪木 (1981) , Ishida et al. (1993), 付表
	concretion vacuole	凝結胞	ロクソデス属 (<i>Loxodes</i>) などに形成される液体の詰まった桑実状の球状小胞で、バリウム含量が高く、平衡胞機能と考えられている。(同) ミューラー囊 (muller's vesicle).	猪木 (1981) , ハウスマン (1989) , 付表
	conjugation	接合	繊毛虫に見られる有性生殖法の一つ。繊毛虫細胞が (たいていの場合細胞口域で) 互いに融合し、核を交換する。その際、それぞれの細胞の半数体核 (1n) は接合の相手に移動し (移動核) , そこに存在する相手の半数体静止核と融合し、受精核 (2n) を生じる。	重中 (1988) , ハウスマン (1989) , 付表
	contractile vacuole	収縮胞	主に淡水に生息する生物にみられる、細胞内に入ってきた余分な水を排出して浸透圧を調節する機能をもつ。通常、規則的に拡張・萎縮を繰り返す。繊毛虫類では、複数の膜系から構成される収縮胞複合体となっており、収縮胞はその一部であり、細胞膜と融合する膜である。図 3 参照。	ハウスマン (1989) , Ishida et al. (1993), 付表

contractile vacuole pore	収縮胞孔	螺旋状に巻かれた微小管の筒の内側に細胞膜が陥入した深さ 1 μm の構造体であり、この微小管の筒からは、放射管と同数の微小管束が筒の端から生じ、細胞質中に伸展する。この 6–12 本の微小管束を骨格に放射管を構成する膜系が分布する。	Allen (1988), 付表
contractile vacuole complex	収縮胞複合体	収縮胞とそれに付随する形態的に異なる膜系の総称。ゾウリムシのような大型の繊毛虫の場合、収縮胞複合体は、収縮胞 (contractile vacuole), 収縮胞孔 (contractile vacuole pore), 瓶状部 (ampulla), 集水管部 (collecting canal), スムーススポンジオーム (smooth spongiome), デコレートドスポンジオーム (decorated spongiome) から構成される。図 3 参照。	ハウスマン (1989), Ishida et al. (1993), 付表
cortex (複: cortices)	皮質	単細胞の繊毛虫類では、細胞表面にある複雑な構造をさして皮質 (cortex) と呼ぶ。繊毛虫類の皮質は、体域 (somatic region) と口部域 (oral region) の二つに区分できる。広義には、原生物の細胞外物質も含む。図 5 参照。 (同) 皮層, 表層。	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
cyclosis	原形質流動	原形質流動は、サイクロシスとも呼ばれ、細胞内の細胞質の流れまたは動きであり、代謝物, 栄養素, 及び一部の細胞内小器官を細胞内の他の部分に輸送する現象のこと。	猪木 (1981)
cyrtos	cytopharyngeal basket 参照。		ハウスマン (1989)
cyst	シスト	多くの原生物の生活環における、一つまたは多数の外皮に囲まれた非運動性段階の細胞体。消化シストや増殖シストのようなものも存在し、全てのシストが環境条件劣化の耐過のために存在しているわけではない。(同) 嚢子, 胞囊, 被囊体。	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
cytogene	細胞質遺伝子	細胞質内に形成される形態形成活性を保持する因子。核に依存していないが核にも影響を与える。	ハウスマン (1989)
cytogamy	サイトガミー	接合対が形成されても配偶核の交換が行われず、同一の細胞の中で自身の配偶核同士が融合すること。生じた受精核は全てホモとなる。	重中 (1988)
cytostomal cord	細胞口索	繊毛下格子は、口腔背側の細胞質において太く枝分かれしない束状の構造となり、この構造を特に細胞口索と呼ぶ。	付表
cytopharyngeal basket	筈 (やな) 器	繊毛虫の 梁口綱で典型的に認められる細胞器官である。筈器の壁は、基底小体に由来するネマトデスマによって強化され、その周辺部は繊維状の鞘によって囲まれている。この装置に毒胞 (toxocyst) は含まれていない。図 2 参照。(同) 細胞咽頭部籠。	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
cytopharynx	細胞咽頭	細胞口の左側に位置し、細胞口に直接連なる細胞質領域。しばしば特定器官の支持構造 (例えば、ネマデスマ, 線維系) によって補強される。その内端部で食胞 (food vacuole) が形成される。図 6 参照。	ハウスマン (1989), 付表
cytoproct	細胞肛門	一般的には細胞体後方にある永久的な裂け目状の開口部で、排泄物がここから外へ放出されるが、通常は閉じている。細胞肛門の縁は微小管によって補強されている。また、その位置は分類の基準としても利用される。図 1 参照。	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
cytopyge	cytoproct 参照。		ハウスマン (1989)

cytostome	細胞口	口部装置 (口器) の最も内側の領域にある区域. 単純な膜でだけ細胞質と区切られている (例えば, 繊毛虫では胞状体や繊毛下織がない領域). 図 1 参照.	猪木 (1981), 付表
D diastole	拡張期	収縮胞複合体 における収縮胞の膨張する期間. (同) 弛緩期. (対) 収縮期 (systole).	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
digestion	消化	体内に取り込んだ食物を細胞が利用できる形態まで分解すること.	ハウスマン (1989)
digestive vacuole	food vacuole 参照.		
discoidal vesicle	円盤小胞	初期食胞 (nascent food vacuole) の膜供給体 (membrane donor) となる小胞. 円盤小胞は, 細胞咽頭部微小管束 (cytopharyngeal microtubular ribbon) により細胞咽頭部に運ばれ, 細胞口の細胞膜と融合することにより初期食胞を生じる. 図 2 参照.	Fok and Allen (1988, 1993), 付表
dorsal bristle complex	背部剛毛複合体	下毛類の背部にある繊毛複合体であり, 機械刺激受容に関わる可能性が示されている.	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
doublet microtubule	二連微小管	9+2 型 軸系における二連微小管のこと. 9+2 型とは, 外側に配置された 9 個の二連微小管と中心に配置された 2 個のシングレット微小管からなる構造. 13 本のプロトフィラメントからなる A 小管と 10 本のプロトフィラメントからなる B 小管から構成される. 中心のシングレットの周りには, 中心鞘 (central sheath) があり, 外側の二連微小管から, この部分に向かって放射状スポークが伸びる. 図 6 参照.	ハウスマン (1989), Lindemann and Lesich (2024)
dynein arm	ダイニンアーム	ATP 分解酵素活性をもつタンパク質複合体であり, 鞭毛や繊毛の軸系内において, A 小管から隣のダブルレットの B 小管に向かってハンマー状に伸びることから, アームと呼ばれる. 中心に近い側は内腕アーム (内腕ダイニン inner dynein arm), 中心から遠い側は外腕アーム (外腕ダイニン outer dynein arm) と呼ばれ, ATP の加水分解エネルギーを利用して隣り合う微小管の間に滑りを起こすことが知られている. 図 6 参照.	ハウスマン (1989), Yamamoto et al. (2021) 付表
E egestion	排出	エクソサイトーシスによる未消化物質の排出. (同) 排泄 (defecation).	Fok and Allen (1988), ハウスマン (1989)
endoplasmic reticulum (複: reticula)	小胞体	真核生物の細胞内小器官の一つであり, 1 重膜により取り囲まれた板状あるいは網状の膜系のこと. 中でも膜の細胞質側が平滑な面を持つものを滑面小胞体 (smooth-surfaced endoplasmic reticulum) とよび, これに対して膜の細胞質側表面に多数のリボソーム (ribosome) を付着させているものを粗面小胞体 (rough-surfaced endoplasmic reticulum) とよぶ. ゴウリムシでは, 皮質のトリコシストの周りによく観察される. おおよそ円形か管状であり, 大きな扁平シートは稀である. 図 5 参照. (同) ER (略).	Allen (1988), 付表
endosome	エンドソーム	飲作用 (pinocytosis) によって形成された一重膜の生体膜からなる細胞内消化に関わる小胞.	Allen and Fok (1993), 付表
epiplasm	エピプラズム	繊毛虫類の皮質の胞状系 (alveolar system) 直下にあり, 細胞皮質のパターン形成プロセスと細胞形状に維持に関与する繊維性タンパク質 (articulin や epiplasmin など) により構成される層構造. 図 4, 5 参照.	猪木 (1981), ハウスマン (1989), Nahon et al. (1993), 付表

eukaryote	真核生物	核膜の存在によって細胞を特徴づけることが出来る生物。原生物と後生動物の全てを指す。	ハウスマン (1989)
excretory pore	排出孔	収縮胞複合体の排出孔のことであるが, Ng (1977) にて “contractile vacuole pore” という名称が先に使われている。	ハウスマン (1989)
extrusome	放出体	膜に囲まれた細胞内小器官。機械的, 化学的, 電気的刺激により中身を虫体細胞から外へ放出する。通常, 破裂するように瞬間的におこなわれる受け渡しの過程で放出体内部はそれぞれ特徴的な様式で変化する。繊毛虫では, 毛包 (trichocyst), ハプトシスト (haptocyst), 粘液胞 (mucocyst), 桿状体 (rhabdocyst), 毒胞 (toxicyst) などがこれに属する。図 5 参照。	ハウスマン (1989), 付表
F			
food vacuole	食胞	繊毛虫では, 細胞咽頭の端に 食作用 (phagocytosis) によって形成される。ゾウリムシでは比較的よく研究されており, 食胞による細胞内消化課程は, 次の 4 つのステージに分けられる。1) 食胞形成過程では, 食胞膜は咽頭部周辺にある円盤状小胞 (discoidal vesicle) が融合することで供給される。2) 酸性化過程では, 液胞型プロトンポンプを持つ酸性小胞 (acidosome) が融合し, 食胞内部を酸性化する (pH 3 >)。3) 消化過程では, 様々な消化酵素を持つ 1 次リソソーム (primary lysosome) が食胞膜に融合することで, 食胞膜内部のものが消化される。やがて, 4) 排泄過程においては, 食胞膜が細胞肛門から生じた微小管により細胞肛門に導かれ細胞膜と融合し, 未消化物は 細胞肛門から細胞外に排出される。図 1 参照。	Fok and Allen (1988), 猪木 (1981), ハウスマン (1989), Fok and Allen (1990) 付表
G			
gamete	配偶子	有性生殖のために減数分裂でつくられる半数体細胞。配偶子母細胞 (gamont) が変化してできる。配偶子が接合する過程が受精であり, その結果, ザイゴート (zygot, 接合子) が作られる。配偶子には接合についてのタイプ (性) があり, 異なる性のものが接合する。配偶子の大きさに差がある場合 (異形配偶子), 大型のものをマクロガメート (macrogamete, 雌性配偶子), 小型のものをミクロガメート (microgamete, 雄性配偶子) とよぶ。これらはそれぞれマクロガモント (macrogamont, 雌性配偶子母細胞), ミクロガモント (microgamont, 雄性配偶子母細胞) からできる。	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
gamone	ガモン	受精物質。接合の前に相補的接合型を識別するための化学物質。	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989)
Golgi apparatus	ゴルジ体	複合的な膜系からなる細胞小器官。小胞体で合成されたタンパク質をあつめて修飾・加工した後, 小胞にまとめて細胞膜, リソソーム等に輸送すると考えられている。図 5 参照。(同) ゴルジ複合体 (Golgi complex), ジクチオソーム (dictyosome)。	柳生 (1962), 猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
H			
haptocyst	ハプトシスト	放出体 (extrusome) の一種。吸管虫類の触手先端部に形成されている獲物の拘留に用いられる毒胞。触手が獲物に接触すると内容物を放出して, 双方の細胞膜を結合させる。(同) 接触胞。	ハウスマン (1989), 付表
I			
infraciliature	繊毛下織	繊毛虫類の微小管および微小繊維集合体と結合したすべての基底小体と, これに付随するキネトデスマを含んでいる。	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表

infraciliary lattice	繊毛下格子	ゾウリムシに見られるカルシウム結合性の収縮性繊維であるセントリン (centrin) とセントリン結合蛋白質により構成される格子状のネットワーク構造. 基底小体のすぐ隣に位置し, 細胞皮質全体にわたって存在する. 図 4, 5 参照.	de Loubresse et al. (1988), Allen et al. (1998), 付表
ingestion	摂食	エンドサイトーシスによって虫体周囲の媒質から物質を細胞内部へ取り込むこと. (同) 採食.	ハウスマン (1989)
inner dynein arm	内腕ダイニン	内腕ダイニンは曲げの大きさと形 (総称して波形と呼ばれる) の制御に不可欠であると言われている. 引用この文献は, <i>Chlamydomonas</i> を材料としているが, 現代の繊毛ダイニン研究のモデル生物でもあるため, 繊毛虫ではないが, 引用している.	Yamamoto et al. (2021), 付表参照
isogamy	イソガミー	性による大きさの違いがない配偶子 (同型配偶子) の接合. (同) 同形接合. (対) anisogamy (異形接合).	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
K kappa-particle	カッパー粒子	ゾウリムシ内に生息する細菌. 特定の状態下では, 他のゾウリムシに対して致死性となる. 細胞内に複数種の細菌が生息しており, 正確に一つの種として記載出来ない場合にギリシア文字で命名する. (同) κ 粒子.	ハウスマン (1989)
kinetodesmal fibril	キネトデスマ繊維	繊毛虫の体表面のペリクル下にある周期的な横縞構造をもつ繊維状構造. 各基底小体 (対になっている場合 = dikinetid は 後方の基底小体) の基部付近から生じ, 細胞体の前方に向かって配向する. 通常は, 繊毛列線の右側に位置する. キネトデスマが繊毛列線に沿って並ぶ基底小体間の距離よりも長いときは, 前後のキネトデスマが重なってキネトデスマ繊維束を形成する. (同) kinetodesma fibril (fiber). 図 4, 5 参照.	猪木 (1981), 付表
kinetid	キネチッド	基底小体とそれに付随した繊維状構造等から構成される繊毛虫類の皮質 (cortex) の基本構造. 各キネチッドには, 基底小体が 1 個の場合 (monokinetid) と, 2 個の場合 (dikinetid), あるいは 2 個以上含まれる場合もある. 図 4 参照.	付表
kinetosome	basal body 参照.		ハウスマン (1989)
kinety	キネティ	繊毛虫類の皮質 (cortex) にあるキネチッドの並びのことで, この概念には, 基底小体から生じる繊毛も含め, 基底小体に結合するキネトデスマ線維, 後繊毛微小管 (postciliary microtubule), 横走微小管 (transverse microtubule) などの構造全体を指す. この構造は, 典型的には繊毛虫長軸と平行に走行する. 図 4 参照. (同) 動原繊維.	猪木 (1981), 付表
L Liberkuehn's organella (複: organellae)	リーベルキューン器官	オフリオグレナ類の口腔左側の皮質内に形成され, 光線を屈折させる時計皿構造を持つ細胞内小器官. (同) watchglass organelle.	ハウスマン (1989), 付表
longitudinal microtubule	縦走微小管	胞状系 (alveolar system) 直下を細胞の長軸方向に縦走する微小管. 図 4 参照.	Allen (1969), Lynn (2008), Soares et al. (2019)
lorica (複: loricae)	ロリカ	細胞の外に分泌されてできる殻 (test, shell) の一種. 一般には, 管状またはつぼ状で, 片方が開いている. 他方が外部に付着する場合と付着していない場合がある. ペリクルと異なり, 細胞表面との間隔が広く外界の水が浸入している. 繊毛虫によく見られるが, 形態や成分は種によって異なる. (同) 鎧.	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表

lysosome	リソソーム	真核細胞に存在する細胞内消化に関わる細胞内小器官。消化酵素を内蔵する小胞であり、主要酵素として酸性フォスファターゼなどが存在する。小胞体 (endoplasmic reticulum) / ゴルジ体 (Golgi apparatus) に由来する分解酵素だけを含むリソソームを 1 次リソソーム (primary lysosome) といい、合体して物質を分解している最中のリソソームを 2 次リソソーム (secondary lysosome) という。図 1 参照。(同) ライソソーム。	猪木 (1981), Fok and Allen (1988), ハウスマン (1989), 付表
M macrogamete	マクロガメート	性により配偶子の大きさに差がある種の大型の配偶子 (gamete)。(同) 雌性配偶子。	ハウスマン (1989)
macronucleus (複: macronuclei)	大核	核二形性 (nuclear dimorphism) を示す原生物の持つ体性核。小核 (生殖核) が二倍体 (2n) であるのに対して、一般に倍数体 (polyploid) 化した状態にある。図 4 参照。(同) 栄養核 (栄養増殖期に機能する核)。	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
membranelle	小膜	貧膜口綱や旋毛綱の繊毛虫にみられる複合繊毛の一種。密集しているが互いに結合していない規則的に配列した繊毛から構成されるオルガネラ。扁平に広がる小膜の形成は光学顕微鏡で観察できる。(同) 膜板。	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
metachronism	継時打性	繊毛や鞭毛の一定の位相差を保った打運動。(同) 継時性, 後時性。	ハウスマン (1989), 付表
mating type	接合型	接合を行う細胞の性。(同) 交配型。	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
microgamete	ミクロガメート	性により配偶子の大きさに差がある種の小型の配偶子 (gamete)。(同) 雄性配偶子。	ハウスマン (1989)
micronucleus (複: micronuclei)	小核	核二形性 (nuclear dimorphism) を示す原生物に見られる核で、その大きさが大核より小さいことからこの名称が一般的に用いられている。一般には 2n の状態にあると思われる、接合時に減数分裂を行ない、生殖核となる。生殖核はその後通常の分裂を行なって、片方の核が接合相手のものと交換される (核交換)。交換した核と残った核が融合することで受精が成立する。図 1 参照。(同) 生殖核。	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
microtubule	微小管	α -, β -tubulin のヘテロ二量体よりなる繊維が 13 本集まって形成された直径 25 nm の中空の管。原生物細胞ではきわめて重要な構造体である。微小管は比較的硬い成分できており、細胞骨格の一つに数えられる。例えば皮質や特定の仮足、あるいは繊毛虫類の口器外部の補強などのために作動している。また微小管はゾウリムシの収縮胞でみられるように、オルガネラを細胞内のある特定の位置に固定するためにも存在していると考えられている。図 6 参照。	ハウスマン (1989)
mitochondrion (複: mitochondria)	ミトコンドリア	二重膜でできた細胞内小器官であり、好気呼吸の場所である。細胞のエネルギーである ATP の産生を担う。独自の DNA をもつ半自立性の細胞内小器官である。ゾウリムシには、1 細胞中に数千のミトコンドリアが存在するが、細胞皮質に多く見られる。繊毛虫に見られるミトコンドリアの内膜は、扁平なラメラ構造をとっておらず、管状構造をとる。図 5 参照。	Allen (1988), 付表

morphogenesis	形態形成	分裂過程における繊毛虫体細胞の新生, あるいは形態の変化, ならびに損傷した虫体細胞ステージの再生.	ハウスマン (1989)
mucocyst	粘液胞	放出体的一种で, テトラヒメナやロクソフィルム等で観察される. 半結晶状体のタンパク質を含み, 細胞外からの刺激で放出される.	ハウスマン (1989), 付表
mueller's vesicle	concretion vacuole 参照.		ハウスマン (1989)
myoneme	マイオネーム	多くの場合その存在が確認されている収縮性をもつ細胞質に存在する微細繊維構造. 繊毛虫類に見られるマイオネームは, 互いに網目状に結合する. 特殊化した構造は, ツリガネムシで観察され, スパスモネーム (spasmoneme) と呼ばれる. カルシウムイオンのみで収縮し, ATP のエネルギーを必要としない. 一部の繊毛虫のマイオネームが, 抗セントリン抗体と交差反応性を有することが確認されている. (同) 糸筋, ミオネーム.	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), Lannan et al. (2024) 付表
N			
nemadesma	ネマデスマ	互いに平行に走る微小管束で構成され, それぞれは口腔繊毛の基底小体に連絡している. 電子顕微鏡観察による断面は, 六角形配列をとる.	猪木 (1981)
nephridial canal	radial canal 参照.		猪木 (1981), ハウスマン (1989)
nuclear dimorphism	核二形性	1 個ないし多数の無性的な細胞機能を担う大核 (栄養核) と, 1 個ないし複数の有性生殖を担う小核 (生殖核) が同時に存在すること. たとえば有孔虫類の生活環の特定期や繊毛虫類一般でみられる. (同) 二元核, 二型性, nuclear dualism.	重中 (1988), ハウスマン (1989)
nexin	ネキシン	軸系内において, 外側の二連微小管の間を繋いでいる構造. 図6 参照.	付表
O			
oogamy	オーガミー	運動性のミクロガメート (microgamete, 雄性配偶子) による非運動性のマクロガメート (macrogamete, 雌性配偶子) の受精. (同) 卵接合.	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
oral ciliature	口部繊毛	口器に直接関連する単繊毛または複合繊毛のこと. 口腔内部の繊毛も含む概念. これ以外の繊毛を, 体繊毛 (somatic ciliature) と呼ぶ.	Lynn (2008), 猪木 (1981)
oral poly-kinetid	口部多キネチド	周口小膜域 (AZM) として知られる構造で口器に存在する複合繊毛のこと.	Lynn (2008), 付表
outer dynein arm	外腕ダイニン	外腕ダイニンは力の発生と繊毛拍動周波数の制御に重要である. この引用文献は, <i>Chlamydomonas</i> を材料としているが, 現代の繊毛ダイニン研究のモデル生物でもあるため, 繊毛虫ではないが, 引用している.	Allen (2007), Yamamoto et al. (2021)
P			
paedogamy	autogamy 参照.		猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989)
paroral membrane	口内膜	繊毛虫の 囲口部の左側にある単一, あるいは多数の繊毛列のことで, 完全または部分的に合体為る性質を持つため, 単一ユニットとして振る舞う. うねるような, または膜状の性質を持つ. (同) 波動膜, 口内キネト.	ハウスマン (1989), Lynn (2008), 付表

parasomal sac	パラソーマ囊	繊毛虫類の繊毛の基部, 細胞前端部側のすぐ近くに形成される被覆小胞 (coated vesicle) のこと. 虫体細胞内のペリクル系の胞状体の間に突出し, 細胞質に直接出入りする. この小胞を介する飲作用 (受容体媒介) により細胞質内に物質が取り込まれる. 図 5 参照. (同) 副胞囊.	ハウスマン (1989), Allen and Fok (1993), 付表
pellicle	ペリクル	元来, 繊毛虫類における 体表構造を覆っている硬質の膜状外皮構造のこと. ペリクルは, 細胞の外側から順に, 細胞膜, 胞状系 (alveolar system), 及びエピプラズム (epiplasm) といった構造を含み, これらの総称. 図 5 参照. (同) ペリクラ, 外皮.	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
peniculus (複: peliculi)	ペニキュラス	膜口類の繊毛虫類, 口腔内部の小膜 (membranelle) の一種. 口腔内の左側面に存在し, 比較的短い繊毛の帯状配列で構成されている. 典型的なものはゾウリムシで観察され, 4 つの比較的タイトなキネティ (kinety) よりなるものが, 2 条, 腹部ペニキュラス (ventral peniculus) および背部ペニクルス (dorsal peniculus) として配列する. これらが濾過摂食 (filter feeding) のフィルターとして働いている. 図参照. (同) ペニクルス.	猪木 (1981), Allen (1988), ハウスマン (1989), Ishida et al. (2001), 付表
perilemma	ペリレンマ	特定の繊毛虫 (例えば, 若干の少毛類 Oligotrichida や下毛類 Hypotrichida) の主として虫体細胞の細胞膜の外側に存在する機能のよくわかっていない膜状の細胞外構造. (同) 外膜, 周皮.	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
periphyton	付着生物	水生生態系 (有機的基質や無機的基質) の上に定着する付着性原生物.	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
peristome	囲口部	細胞口の前側方がくぼみ, または特殊な繊毛環によって縁どりされている部分. (同) 口溝 (oral groove).	柳生 (1962), 猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
peroxisome	ペルオキシソーム	以前はミクロボディという名前で呼ばれていたものであるが, 1 重膜で囲まれた細胞内小器官である. 多くの酵素を含み, 脂肪酸の代謝に関わると考えられている. ゾウリムシの場合, ミトコンドリア同様に, 細胞質中に散在している. 均質で比較的電子密度の高い小胞として観察され, 内部には管状構造が顆粒状基質の中に観察される. サイズはミトコンドリアよりは小さい. 図 5 参照.	Allen (1988), 付表
phagocytosis	食作用 (食食作用)	膜を使った物質の細胞内への取り込み法の一つ. 特に大型の餌生物や固形粒子を周りの液体とともに取り込む摂食胞であり, 食胞 (food vacuole, phagosome) の形成を伴う. 図 1 参照.	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
phagolysosome	消化胞	食胞がリソソーム (lysosome) と融合し, 消化過程にある食胞のこと. 図5参照 (DV III に相当). (同) 2 次リソソーム.	Fok and Allen (1988), 付表
plasma membrane	細胞膜	細胞の外側を覆い, 細胞質と外界を隔てる脂質二重層からなる膜のこと. 図 3, 5 参照. (同) 原形質膜.	付表
pinocytosis	飲作用	膜を使った物質の細胞内への取り込み法の一つ. エンドソーム (endosome) と呼ばれる小胞の形成による液体やイオンの摂取方法であり, 被覆小胞 (coated vesicle) 形成を伴う場合, 受容体媒介の飲作用と分類される. こうした小胞は, やがてリソソーム系で細胞内消化される. 図 5 参照.	猪木 (1981), ハウスマン (1989), Allen and Fok (1993), 付表

postciliary microtubule	後繊毛微小管	繊毛虫類に生じる 2–9 本の互いに結合した微小管束。基底小体の右側に伸展して後方に向かって折れ曲がり 5 つの基底小体を越えて伸びる。これにより複数の微小管束同士は、オーバーラップする。図 4, 6 参照。	ハウスマン (1989), 付表
postoral fiber	後口部繊維	ゾウリムシ口腔の右側面から細胞後端部方向に伸びる数十本の微小管から構成される繊維であり、この部分にはアクチンが分布することが知られている。作られたばかりの細胞は、この繊維の上を細胞後端部へ向かって滑走する。 (同) 後口部微小管束 (postoral microtubular bundle)。	Sehring et al. (2006), 付表
primordium	原基	生成、分化の基になるオルガネラレベルの構造。例えば、核原基 (kernanlage), 皮質原基 (cortexanlage), 細胞口原基 (oralanlage) など。	ハウスマン (1989)
proboscis	吻	特定の毒胞亜綱 (例えば、ディレプタス属 <i>Dileptus</i> , ラクリマリア属 <i>Lacrymaria</i> など) の繊毛虫の虫体細胞前端にある鼻状突出部。その基部に口が位置する。毒胞を保持しておりしばしば激しく運動する。(同) 吻管。	ハウスマン (1989), 付表
protist	原生物	真核の単細胞生物の全てを含む概念。独立栄養性および従属栄養性の単細胞真核生物。単核あるいは多核で (生活環の特定の段階では時折)、一部の生物は群体を形成する傾向がある。	ハウスマン (1989)
Q quadrulus (複: quadruli)	クアドルールス	口腔内の小膜 (membranelle) の一種。膜口亜綱 (テトラヒメナ属 <i>Tetrahymena</i> など) の繊毛虫は、口繊毛のうち比較的長い繊毛をもつ 4 つの比較的離れたキネティ (kinety) から構成される小膜。クアドルールスはペニキュラス (peniculus) の右側に位置している。細胞外からの餌生物などは、繊毛列の間を通過して細胞口に到達することが報告されている。図 2 参照。(同) クアドルールス	猪木 (1981), Allen (1988), ハウスマン (1989), Ishida et al. (2001), 付表
R radial canal	放射管	ゾウリムシなどの大型の繊毛虫で観察される収縮胞複合体の一部であり、中心にある収縮胞 (contractile vacuole) を放射状に取り巻く部分のこと。放射管は、瓶状部 (ampulla), それにつながる集水管部 (collecting canal), スムーススポンジオーム (smooth spongiome) とこれをさらに取り巻くデコレーテッドスポンジオーム (decorated spongiome) をまとめた構造のこと。図 3 参照。(同) nephridial canal, 集合管。	猪木 (1981), ハウスマン (1989), Ishida et al. (1993), 付表
reorganization	再編	細胞構成器官の吸収と新生のこと。とくに細胞分裂の際に観察される特徴的な細胞核の変化や、接合時における築器 (cytopharyngeal basket) の変化のことを示す。	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
replication band	複製帯	主として下毛亜綱の繊毛虫において分裂前に形成される大核内の明確な横縞模様。大核の中央から末端、または逆に走る縞で、DNA とヒストンの合成帯を示している。	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), Irwin et al. (2021), 付表
S scopula (複数: scopulae)	スコプラ	定着性縁毛類の反口極に存在するボール状の肥厚縁の領域。きわめて短い非運動性繊毛と、多数の基底小体やペリクル孔 (形態的にパラソーマ囊に類似) を保持する。スコプラは付着器官として役立っているかあるいは、この構造から非運動性あるいは収縮性の大きな柄の形成に関与している。	柳生 (1962), 猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
sensory cilium (複: cilia)	感覚繊毛	基本的な型態とは異なる構造をした (例えば、桿状に膨らんだ) 繊毛。	ハウスマン (1989)

silverline system	銀線系	鍍銀染色によって可視化される (特に繊毛虫) 皮質 (cortex) 構造全体の組織. ただし, 繊毛, キネトデスマ, 微小管束, 核など数多くの構造を染色するプロタゴール法 (protargol method) により染色される系は含めないのが普通. 銀線系には, 繊毛基粒や細胞体表層部の繊維系のほか, ペリクルの胞状体 (alveolus) の接触面やペリクル表面のくぼみなども含まれる.	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
smooth spongiome	スムーススポンジオーム	瓶状部とひとつながりの集水管を取り巻くように位置するスポンジ状の膜構造. 一見してスムースな表面を持つことから命名された. 図 3 参照. (同) 腎小管, 腎形質.	猪木 (1981), ハウスマン (1989), Ishida et al. (1993), 付表
somatic ciliature	体繊毛	口部繊毛以外の体表にある繊毛あるいは複合繊毛の総称.	Lynn (2008), 猪木 (1981)
sorcarp	ソロカープ	ソログテナ属 <i>Sorogena</i> (コルポダ綱, ソログテナ目) の水面上に突き出した累積子実体のこと. 長く伸びた柄の先端には多数のシストから構成される球がある. (同) 累積子実体.	ハウスマン (1989)
spasmoneme	スパスポネーム	固着性のツリガネムシ目 (ツリガネムシ属 <i>Vorticella</i> , エダワカレツリガネムシ属 <i>Carchesium</i> , 及びズータニウム属 <i>Zoothamnium</i>) の収縮性柄に存在する光学顕微鏡的に識別可能な線維束. マイオネーム (myoneme) の特殊化した構造であり, スパスポネームは螺旋状に収縮し, その収縮反応はカルシウム感受性である.	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
spongiome	スポンジオーム	収縮胞近隣に見られる膜構造の総称: 液胞型プロトンポンプの修飾を伴うものをデコレートッドスポンジオーム (decorated spongiome), 伴わないものを スムーススポンジオーム (smooth spongiome, (同) 腎小管, 腎形質) という. 図3参照.	猪木 (1981), ハウスマン (1989), Ishida et al. (1993), 付表
stomatogenesis	ストマトジェネシス	繊毛虫の細胞分裂の際に細胞口が新生される過程をいう. (同) 口器形成.	ハウスマン (1989), 付表
subkinetal microtubule	キネティ下微小管	繊毛虫類のキネティの基底小体下部に局在する 1 本以上の微小管リボンで, キネティに続く微小管.	ハウスマン (1989), Lynn (2008)
syncilium (複: syncilia)	房状繊毛	エントディニウム類 (Entodiniomorpha) の繊毛虫に見られる冠状に集まり固く束ねられた繊毛のこと.	ハウスマン (1989)
synclone	シンクローン	接合対由来の全ての細胞.	重中 (1988)
syngen	シンジェン	同じ遺伝子プールをもつ繊毛虫類の種内個体グループ. 異なるシンジェンは互いに交雑できない. 例えば, ヒメゾウリムシには 14 のシンジェンを包含している. これらは現在では, aurelia complex の同胞種 (sibling species) とみなされている. (同) 同質遺伝子個体群.	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989)
ystole	収縮期	収縮胞複合体の収縮胞の収縮期のこと. (対) 拡張期 (diastole).	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
T taxis	走性	自由運動能力を持つ生物が外部からの刺激に反応して起こす方向性の認められる移動運動.	重中 (1988), ハウスマン (1989)
telotroch	テロトロク	付着性であるツリガネムシ目の繊毛虫の生活環における遊泳個体. (同) 遊走細胞.	柳生 (1962), 猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989)

tentacle	触手	吸管虫類に見られる収縮性または日収縮性の棒状突起で、時に分岐し、吸触手 (suctorial tentacle) または吸管 (suctorial tube) と呼ばれる。環状に配列した微小管に支えられた細胞支脈 (小仮足)。吸管虫類では、摂食用触手と捕食用触手が区別される。若干の裸口類繊毛虫では先端領域の一つまたは多数の毒胞を保持する退縮性触手を保有している。	猪木 (1981), ハウスマン (1989)
toxicyst	毒胞	細長いカプセル状の放出体 (extrusome)。ここから管が反転して射出される。管の補助によって毒物が分泌される。この器官の機能は獲物食物の捕獲と敵からの防御である。	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
transformation	形質転換	環境条件や生活環過程の変動によって、ある細胞型から他の細胞型に変化すること。多くは運動性をもつ幼生段階 (トロフォント, trophont) を形成する付着性原生物の生活環の一部で起こる。(同) 型変換。	ハウスマン (1989)
transverse microtubule	横走微小管	繊毛虫類に形成される 4-6 本の相互に結合した微小管から構成される帯状構造。基底小体の左側に端を発し、ペリクルのほとんど直下を通してキネティイの方向に対して直角に伸展する。図 4, 6 参照。(同) 横走性微小管。	ハウスマン (1989), Libusová and Dráber (2006), Junker et al. (2019), 付表
trichocyst	毛包	ウリムシ亜綱, 及びナスラ綱 [築口綱] などの繊毛虫にみられる突出体 (放出体, extrusome)。捕食者に対して防御の機構となっている可能性が示唆されている。図 5 参照。	月井 (1995- 2018), Harumoto and Miyake (1991), 付表
triplet microtubule	三連微小管	基底小体を構成する三連の微小管のこと。基底小体は、9 + 0 型を呈し、中心微小管のペアを欠くものの、その代わりに中心には 9 本のスポーク (spoke) とセントラルハブ (central hub) から構成されるカートホイール構造を持つ。13 本のプロトフィラメントからなる A 小管と 10 本のプロトフィラメントからなる B 小管, 10 本プロトフィラメントからなる C 小管で構成される。A 小管と隣の三連微小管の C 小管の間は、A-C リンカーという構造で繋がれている。図 6 参照。	ハウスマン (1989), Soares et al. (2019), 付表
trophont	栄養体	生活環の中で、運動性があり活発に摂食し、無性的に分裂して増殖する時期の細胞。この用語は隔口亜綱やオフリオグレナ目の寄生性繊毛虫において、その多形性生活環における特殊な時期のものについても使われる。(同) 栄養型 (trophozoite)。	柳生 (1962), 猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
trophozoite	trophont 参照。		ハウスマン (1989)
U undulating membrane	波動膜	繊毛虫類においては、周口小膜 (adoral zone of membrane, AZM) と同義であり、速報に融合した長い繊毛の列のこと。	猪木 (1981), 重中 (1988), ハウスマン (1989), 付表
V vestibulum	前庭	囲口部からさらに窪んだ部分。ここから口腔内部の細胞咽頭部・細胞口へと続く。図 2 参照。	猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表
Z zygote	接合子	性の異なる二つの配偶子 (gamete) の融合産物。(同) チゴート, 融合子, 受精子。	柳生 (1962), 猪木 (1981), ハウスマン (1989), 付表

表 2. 織毛虫の門の高次分類体系と学名及び和名. (Adl et al., 2019; Lynn, 2008).
 網はAdl et al. (2019) に従った. 網以下の体系はLynn (2008) に従った. *クレード名 (ランクなし) は Adl et al. (2019) に従った.
 **ハルテリア属 *Halteria* は, Lynn (2008) では少毛重綱 *Oligotricha* から散毛目 *Sporadotrichida* に移動されている.
 ***ラメリコルテイカータ *Lamellificata* は, 最近の論文などでは積極的に使用されていない (本文参照).
 [] 内は以前から国内で併用されている和名 (月井, 1995-2018 など).

分類群名	代表的な分類群
織毛虫門 Ciliophora	
ポストシリオデスマトフォレア亜門 Postciliodesmatophora	
原始大核綱 (げんしだいかくこう) Karyorelictea	
原口目 [トラケロネマ目] Protostomatida	トラケロケルカ属 <i>Trachelocerca</i>
ロクソデス目 <i>Loxodida</i>	ロクソデス属 <i>Loxodes</i> (ワシグチミズケムシ)
原異毛目 <i>Protoheterotrichida</i>	ゲレイア属 <i>Geleia</i>
異毛綱 (いもうこう) Heterotricha	
ラッパムシ目 [異毛目] Heterotrichida	ブレファリスマ属 <i>Blepharisma</i> , ラッパムシ属 <i>Stentor</i>
イントラマクロヌクレアータ亜門 Intramacronucleata	
エスエイエル SAL*	
旋毛綱 (せんもうこう) Spirotrichea	
プロトクルジア亜綱 <i>Protoctruziida</i>	
プロトクルジア目 <i>Protoctruziida</i> =>表4-注2	プロトクルジア属 <i>Protoctruzia</i>
ファコディニウム目 <i>Phacodiniida</i> =>表4-注3	ファコディニウム属 <i>Phacodinium</i>
下毛重綱 Hypotrichia	
キイトリカ目 <i>Kiitrichida</i>	キイトリカ属 <i>Kiitricha</i>
ユープロテス目 <i>Euplotida</i>	ユープロテス属 <i>Euplotes</i> , アスピデイスカ属 <i>Aspidisca</i>
有鐘目 <i>Tintinnida</i>	スナカララムシ属 <i>Tintinnopsis</i> , カザリツボカララムシ属 <i>Codonella</i>
コレオトリカ目 <i>Choreotrichida</i>	ストロピリデウム属 <i>Strobilidium</i>
棘毛重綱 Stichotrichia	
棘毛目 [アンフイシエラ目] <i>Stichotrichida</i>	アンフイシエラ属 <i>Amphisiella</i> , ステイコトリカ属 <i>Stichotricha</i>
散毛目 <i>Sporadotrichida</i>	オキシトリカ属 <i>Oxytricha</i> , ステイコニキア属 <i>Stylonychia</i> , ハルテリア属 <i>Halteria</i> **
ウロステイラ目 <i>Urostylida</i>	ウロステイラ属 <i>Urostyla</i> , ウロレプタス属 <i>Uroleptus</i>
少毛重綱 Oligotricha	
ストロンペンデイウム目 <i>Strombidiida</i>	ストロンペンデイウム属 <i>Strombidium</i>
ラメリコルテイカータ Lamellificata* =>表4になし	
被甲綱 (ひこうこう) <i>Armophorea</i>	
被甲目 [メトプス目] <i>Armophorida</i>	メトプス属 <i>Metopus</i>
クリーブランデラ目 <i>Clevelandellida</i>	クリーブランデラ属 <i>Clevelandella</i> , シクオフォラ属 <i>Sicuophora</i>

リトストマ綱	Litostomatea		
毒胞亜綱	Haptoria		
毒胞目	[シオカメウズムシ目] Haptorida		スパチジウム属 <i>Spathidium</i> , ラクリマリア属 <i>Lacrymaria</i> , ダイダイニウム属 <i>Didinium</i>
側口目	[アンフイレプトウス目] Pleurostomatida		アンフイレプトウス属 <i>Amphileptus</i>
周毛目	<i>Cyclotrichida</i> =>表4-注1		メソダイニウム属 <i>Mesodinium</i>
毛口亜綱	Trichostomatia		
有口庭目	[前庭目, バランチダイウム目] Vestibuliferida		パランチダイウム属 <i>Balantidium</i>
エントダイニウム目	Entodimorphophida		エントダイニウム属 <i>Entodinium</i>
マクロポダイニウム目	Macropodiniida		マクロポダイニウム属 <i>Macropodinium</i>
コンスリーパー	CONThreeP*		
層状咽頭綱	(そうじょういんとうこう) Phyllopharyngea		
キルトス亜綱	Cyrtophoria		
クラミドドン目	Chlamyodontida		クラミドドン属 <i>Chlamyodon</i>
ダイステリア目	Dysteriida		ダイステリア属 <i>Dysteria</i>
漏斗亜綱	Chonotrichia		
外生胚目	[キロドコナ目] Exogemmida		キロドコナ属 <i>Chilodochona</i>
内生胚目	[アクチニコナ目] Cryptogemmida		アクチニコナ属 <i>Actinichona</i>
有吻亜綱	[アンキストロコマ亜綱] Rhynchodia		
ヒポコマ目	Hypocomatida		ヒポコマ属 <i>Hypocoma</i>
有吻目	[アンキストロコマ目] Rhynchodida		アンキストロコマ属 <i>Ancistrocoma</i>
吸管虫亜綱	Suctorina		
外生芽目	[ハリヤマスイクダムシ目] Exogenida		ハリヤマスイクダムシ属 <i>Ephelota</i>
内生芽目	[ボンボリスイクダムシ目] Endogenida		ボンボリスイクダムシ属 <i>Tokophrya</i>
外転芽目	[ハナエダスイクダムシ目] Evaginogenida		ハナエダスイクダムシ属 <i>Dendrocometes</i>
ナスラ綱	[薬口綱, 梁口綱 (りょうこうこう)] Nassophorea		
単膜目	[ナスロブシス目] Synhymeniida		ナスロブシス属 <i>Nassulopsis</i>
ナスラ目	Nassulida		ナスラ属 <i>Nassula</i>
ミクロトラクス目	Microthoracida		ミクロトラクス属 <i>Microthorax</i>
コルポダイニウム目	Colpodiida		コルポダイニウム属 <i>Colpodidium</i>
コルポダ綱	Colpodea		
ブリオメトプス目	Bryometopida		ブリオメトプス属 <i>Bryometopus</i>
ブリオフリリア目	Bryophryida		ブリオフリリア属 <i>Bryophrya</i>
ブルサリア目	[フクロミズケムシ目] Bursariomorphida		ブルサリア属 [フクロミズケムシ] 属 <i>Bursaria</i>
コルポダ目	Colpodida		コルポダ属 <i>Colpoda</i>
キルトロフォシス目	Cyrtolophosidida		キルトロフォシス属 <i>Cyrtolophosis</i>
ソロゲナ目	Sorogenida		ソロゲナ属 <i>Sorogena</i>

前口綱 (ぜんこうこう) Prostomatea	ホロフリア属 <i>Holophrya</i>	ホロトリカ属
前口目 [ホロフリア目] Prostomatida	プロロドン属 <i>Prorodon</i> , コレプス属 <i>Coleps</i> , ウロトリカ属 <i>Urotricha</i>	
プロロドン目 [シオミズケムシ目] Prorodontida		
ブラギオピラ綱 Plagiopylea	ブラギオピラ属 <i>Plagiopyla</i>	
ブラギオピラ目 Plagiopylida	デイスコモルフェラ属 <i>Discomorphella</i> , サプロディニウム属 <i>Saprodinium</i>	
デイスコモルフェラ目 (改称) [櫛口目] Odontostomatida =>表4-注4		
貧膜口綱 (ひんまくこうこう) Oligohymenophorea		
ゾウリムシ亜綱 Peniculia		
ゾウリムシ目 Peniculida	ゾウリムシ属 <i>Paramecium</i> , フロントニア属 <i>Frontonia</i> , ストケシア属 <i>Stokesia</i>	
ウロセントルム目 Urocentrida	ウロセントルム属 <i>Urocentrum</i>	
有スクチカ亜綱 [アンキスツルム亜綱] Scuticociliatia		
フィラスタ目 Philasterida	フィラスタ属 <i>Philaster</i>	
プレウロネマ目 Pleuronematida	プレウロネマ属 <i>Pleuronema</i>	
触毛目 Thigmotrichida	ティグモフイラ属 <i>Thigmophrya</i>	
膜口亜綱 Hymenostomatia		
テトラヒメナ目 [ミズケムシ目] Tetrahymenida	テトラヒメナ属 <i>Tetrahymena</i> , コルビディウム属 <i>Colpidium</i>	
オフロオグレン目 Ophryoglenida	オフロオグレン属 <i>Ophryoglena</i>	
隔口亜綱 Apostomatia		
隔口目 Apostomatida	ヒアロフイサ属 <i>Hyalophysa</i>	
欠口目 [クロミジナ目] Astomatophorida	クロミジナ属 <i>Chromidina</i>	
ピリサクトリア目 Pilisuctorida	コニドフイリス属 <i>Conidophrys</i>	
ツリガネムシ目 [固着目] Sessilida	ツリガネムシ属 <i>Vorticella</i> , エダワカレツリガネムシ属 <i>Carchesium</i>	
レイオトロカ目 [遊泳類] Mobilida (改称)	レイオトロカ属 <i>Leitrocha</i>	
無口亜綱 Astomatia		
無口目 [アノプロフイラ目] Astomatida	アノプロフイラ属 <i>Anoplophrya</i>	

表 3. 繊毛虫門の2016以降の綱と高次分類体系の提案, 及びその学名と和名.

(P), (R): Adl et al. (2019) に従って (P): 側系統 paraphyly あるいは多系統 polyphyly, (R): ribo-group (本文参照) と注釈を付した.
 *本文と表 2 はAdl et al. (2019) に配置を合わせたが, Lynn (2008) では順序が逆. **Chen et al. (2015) の解析ではイントラマクロスコレアータ亜門の姉妹群.
 †Zhang et al. (2024) の結果ではイントラマクロスコレアータ亜門の姉妹群. ‡Zhang et al. (2024) の解析には含まれていない.

Lynn (2008) [和名: 十亀・島野 (2023)]	Adl et al. (2019)	Gao et al. (2016)	Zhang et al. (2024)
繊毛虫門	Ciliophora Doflein 1901	Ciliophora	Ciliophora
ポストシリオデスマトフォレア亜門	Postciliodesmatophora Gerassimova and Seravin 1976	Postciliodesmatophora	Postciliodesmatophora
1 原始大核綱	1 Karyorelictea Corliss 1974	1 Karyorelictea	1 Karyorelictea
2 異毛綱	2 Heterotricha Stein 1859	2 Heterotricha	2 Heterotricha
イントラマクロスコレアータ亜門	Intramacronucleata Lynn 1996	Intramacronucleata	Intramacronucleata
3 旋毛綱	SAL Genteilaki et al. 2014 3 Spirotrichea Bütschli 1889 Lamelicorticata Vďačný et al. 2010	SAL 5 Spirotrichea	6 Copemetopea Fokin et al. 2023† SALOMP Zhang et al. 2024 7 Spirotrichea
4 被甲綱	4 Armophorea Lynn 2004 (R)	6 Armophorea	8 Armophorea 9 Odontostomatea Fernandes et al. 2018 10 Muranotricha Rotterová et al. 2020
5 リトストマ綱	5 Litostomatea Small and Lynn 1981 CONThreeP Lynn in Adl et al. 2012 (R)	7 Litostomatea CONThreeP (R) 8 <u>Protocruzica Gao et al., 2016†</u>	11 Parablepharisma Rotterová et al. 2020 12 Litostomatea CONThreeP
6 層状咽頭綱	6 Phyllopharyngea de Puytorac et al. 1974	9 Phyllopharyngea	13 Phyllopharyngea
7 梁口綱*	7 Colpodea Small and Lynn 1981	10 Colpodea	14 Colpodea
8 コルポダ綱*	8 Nassophorea Small and Lynn 1981 (P)	11 Nassophorea	15 Nassophorea
9 前口綱	9 Prostomatea Schewiakoff 1896 (P)	12 Prostomatea	16 Prostomatea
10 プラギオピラ綱	10 Plagiopylea Small and Lynn 1985 (R)	13 Plagiopylea	17 Plagiopylea
11 貧膜口綱	11 Oligohymenophorea de Puytorac et al. 1974	14 Oligohymenophorea	18 Oligohymenophorea

表 4. 織毛虫の門の高次分類体系と学名及び和名. 2024 版.

網は Adl et al. (2019), Gao et al. (2016), Zhang et al. (2024) に従い, 網の配列は Gao et al. (2016), Zhang et al. (2024) を参考にして配置した. 網以下の体系は Lynn (2008) に従った.

*クレード名 (ランクなし). []内は以前から国内で併用して使用されている和名 (月井, 1995-2018など). **ランクの変更があったもの. ***ハルテリア属 *Halteria* は, Lynn (2008) では少毛亜綱 *Oligotricha* から散毛目 *Sporotrichida* に移動されている.

¹メソデイニウム綱 (新称) (周毛目 *Cyclotrichida*, 表 1), ²プロトクルジア綱 (プロトクルジア目 *Protocruzida*, 表 1),

³ファコデイニウム亜綱 (ファコデイニウム目 *Phacodiniida*, 表 1), ⁴デイスコモルフエラ綱 (デイスコモルフエラ目 *Odontostomatida*, 表 1) からランクと名称の変更

[†]SALOMP という分類群名が, Zhang et al. (2024) で提案された.

分類群名	代表的な分類群
織毛虫門 Ciliophora	
ポストシリオデスママトフォレア亜門 Postciliodesmatophora	
原始大核綱 (げんしだいかくこう) Karyorelictea	
原口目 [トラケロネマ目] Protostomatida	トラケケルカ属 <i>Trachelocerca</i>
ロクソデス目 Loxodida	ロクソデス属 <i>Loxodes</i> (ワシグチミズケムシ)
原異毛目 Protoheterotrichida	ゲレイア属 <i>Geleia</i>
異毛綱 (いもうこう) Heterotricha	
ラツパムシ目 [異毛目] Heterotrichida	ブレフアリスマ属 <i>Blepharisma</i> , ラツパムシ属 <i>Stentor</i>
イントラマクロスクレアータ亜門 Intramacronucleata	
¹ メソデイニウム綱 Mesodiniida	メソデイニウム属 <i>Mesodinium</i>
² プロトクルジア綱 Protocruzida**	プロトクルジア属 <i>Protocruzia</i>
カリアコトリクス綱 Cariacotricha	カリアコトリクス属 <i>Cariacothrix</i>
コペメトプス綱 Copemetopea	コペメトプス属 <i>Copemetopus</i>
SALOMP [†] [SAL]*	
旋毛綱 Spirotrichea	
³ ファコデイニウム亜綱 Phacodiniida**	ファコデイニウム属 <i>Phacodinium</i>
リクノフォリアア綱 Licnophoria	リクノフォラ属 <i>Licnophora</i>

下毛亜綱	Hypotrichia	
	キイトリカ目	Kiitrichida
	ユープロテス目	Euplotida
	有鐘目	Tintinnida
	コレオトリカ目	Choreotrichida
棘毛亜綱	Stichotrichia	
	棘毛目 [アンフィシエラ目]	Stichotrichida
	散毛目	Sporadotrichida
	ウロステイラ目	Urostylida
少毛亜綱	Oligotricha	
	ストロンビデイウム目	Strombidiida
被甲綱	Armophorea	
	被甲目 [メトプス目]	Armophorida
	クリーブランドセラ目	Clevelandellida
⁴ デイスコモルフエラ綱	Odontostomatea**	
	デイスコモルフエラ目 (櫛口目, くしこうもく) (改称)	Odontostomatida
ムラノトリクス綱	Muranotricha	
	ムラノトリクス目	Muranotrichida
パラブレファアリズマ綱	Parablepharisma	
	パラブレファアリズマ目	Parablepharismida
リトストマ綱	Litostomatea	
毒胞亜綱	Haptoria	
	毒胞目 [シオカメウズムシ目]	Haptorida
	側口目 [アンフィレプトゥス目]	Pleurostomatida
毛口亜綱	Trichostomatia	
	有口庭目 [前庭目, バランヂデイウム目]	Vestibuliferida
	エントデイニウム目	Entodiniomorpha
	マクロポデイニウム目	Macropodiida
コンスリーピー	CONThreeP*	
層状咽頭綱	Phyllopharyngea	
キルトス亜綱	Cyrtophoria	
	クラミドドン目	Chlamydotontida
	デイステリア目	Dysteriida

膜口亜綱	Hymenostomatia		
テトラヒメナ目 [ミズケムシ目]	Tetrahyemenida	テトラヒメナ属	<i>Tetrahymena</i> , コルピデイウム属 <i>Colpidium</i>
オフロオグレンナ目	Ophryoglenida	オフロオグレンナ属	<i>Ophryoglena</i>
隔口亜綱	Apostomatia		
隔口目	Apostomatida	ヒアロフイサ属	<i>Hyatlophysa</i>
欠口目 [クロミジナ目]	Astomatophorida	クロミジナ属	<i>Chromidina</i>
ピリサクトリア目	Pilisuctorida	コニドフイリス属	<i>Conidophyris</i>
ツリガネムシ目 [固着目]	Sessiliida	ツリガネムシ属	<i>Vorticella</i> , エダワカレツリガネムシ属 <i>Carchesium</i>
レイオトロカ目 [遊泳類]	Mobilida (改称)	レイオトロカ属	<i>Leitrocha</i>
無口亜綱	Astomatia		
無口目 [アノプロフイラ目]	Astomatida	アノプロフイラ属	<i>Anoplophyra</i>

表 5. 記載者を伴った学名一覧 (2015 年以降に、新たに記載された綱に関してのみ)

1) メソディニウム綱

Class Mesodiniea Chen, Ma, Al-Rasheid and Miao, 2015

type order. Mesodiniida Grain, 1994.

2) プロトクルジア綱

Class Protocruzia Gao, Warren, Zhang, Gong, Miao, Sun, Xu, Huang, Yi and Song, 2016

type order. Protocruziida Jankowski, 1980

3) カリアコトリクス綱

Class Cariacotrichea Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

type order. Cariacotrichida Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

Order Cariacotrichida Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

type family. Cariacotrichidae Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

Family Cariacotrichidae Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

type genus. *Cariacothrix* Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

Genus Cariacothrix Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

type species. *Cariacothrix caudata* Orsi, Edgcomb, Faria, Foissner, Fowle, Hohmann, Suarez, C. Taylor, G. T. Taylor, Vďačný and Epstein, 2012

4) コペメトプス綱

Class Copemetopea Fokin, Serra, Gammuto, Allievi, Petroni and Modeo, 2023

type order. Copemetopida

コペメトプス目

Order Copemetopida Fokin, Serra, Gammuto, Allievi, Petroni and Modeo, 2023

type family. Copemetopidae

コペメトプス科

Family Copemetopidae Fokin, Serra, Gammuto, Allievi, Petroni and Modeo, 2023

type genus. *Copemetopus* Villeneuve-Brachon, 1940

コペメトプス属

Genus Copemetopus Villeneuve-Brachon, 1940

5) デイスコモルフエラ綱

Class Odontostomatea Fernandes, Vizzoni, Borges, Soares, da Silva-Neto and Paiva, 2018

type order. Odontostomatida Sawaya, 1940

デイスコモルフエラ目 (改称)

Order Odontostomatida Sawaya, 1940

6) ムラノトリクス綱

Class Muranotrichea Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020
type order. Muranotrichida

ムラノトリクス目

Order Muranotrichida Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020
type family. Muranotrichidae

ムラノトリクス

Family Muranotrichidae Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020
type genus. *Muranothrix*

ムラノトリクス属

Genus Muranothrix Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020
type species. *Muranothrix gubernata* Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020

7) パラブレファリズマ綱

Class Parablepharisma Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020
type order. Parablepharismida

パラブレファリズマ目

Order Parablepharismida Rotterová, Salomaki, Pánek, Bourland, Žihala, Táborský, Edgcomb, Beinart, Kolísko and Čepička, 2020
type family. Parablepharismidae

パラブレファリズマ科

Family Parablepharismidae Campello-Nunes, Fernandes, Szokoli, Fokin, Serra, Modeo, Petroni, Soares, Paiva and Silva-Neto, 2020
type genus. *Parablepharisma* Jankowski, 2007

パラブレファリズマ属

Genus Parablepharisma Jankowski 2007

表 6. 生態用語集: 文献を読み進める上で、頻出する生態用語をまとめた.* 引用文献に基づいて修正を加えた.

用語	日本語訳	説明*	引用文献
A activated sludge	活性汚泥	下水の有機物を分解する浄化装置などで用いられる, 細菌などの微生物を多量に含むよう人為的に調整された汚泥. 細菌は, 非運動性の旋毛類繊毛虫 (ツリガネムシなど) などにより摂食される.	ハウスマン (1989)
aerobic	好気性の	好気性とは, その代謝系に酸素を必要とする性質を示し, 酸素の存在する環境で生育できる性質をいう.	ハウスマン (1989)
amphitrophy	両栄養性	同一の生物が環境条件に応じて独立栄養性 (autotroph), あるいは全くの従属栄養性 (heterotroph) のどちらかだけで細胞機能を維持できる栄養摂取様式.	ハウスマン (1989)
anaerobic	嫌気性の	嫌気性とは, その代謝に酸素を必要としない性質を示し, 酸素が無い状況下で生育できる性質をいう.	ハウスマン (1989)
autotrophy	独立栄養性	光合成や化学合成を用い, 炭素を含む単純な無機化合物のみを炭素源として, 生育に必要な有機化合物を生成できる性質.	ハウスマン (1989)
C commensalism	片利共生	生物の共生関係のうち, 片方の種が利益を得るが, もう片方の種は利益も害も受けないような異種生物の共同生活の形態.	柳生 (1962), ハウスマン (1989)
F facultatively anaerobic	通性嫌気性の	通性嫌気性とは, 酸素がある条件下では好気的な呼吸を行うが, 酸素のない条件下では酸素を使わずにエネルギー産生を行う代謝に切り替えることができる性質を示す.	Lynn (2008), 猪木 (1981)
H heterotroph	従属栄養生物	食物として他の生物によって作られた有機物質を摂取し, 分解することでエネルギーを獲得する生物. = 有機栄養生物.	重中 (1988), ハウスマン (1989)
M mixotrophy	混合栄養性	補足的な有機物を必要とする独立栄養性の生活様式.	ハウスマン (1989)
mutualism	相利共生	共生関係のうち, 共生関係にある 2 種の両方が利益を得るような異種生物間の関係.	ハウスマン (1989)
O osmotrophy	浸透圧栄養	浸透圧を利用して可溶性の有機物を細胞表面から吸収して生育する栄養摂取様式.	ハウスマン (1989)
obligately anaerobic	偏性嫌気性の	無酸素状態で生育可能であり, 酸素があると増殖できないか死滅する性質を示す. = 絶対嫌気性.	Lynn (2008), 猪木 (1981)
P parasitism	寄生	生物の共生関係のうち, 共生関係にある片方の種が利益を得て, もう片方が害を受けるような異種生物間の関係関係.	柳生 (1962), ハウスマン (1989)
S saprobic system	汚水生物系列	生物学的な水質判定のために水質の有機物による汚濁の指標として適切な生物種 (指標生物) を選び, それを水質の階級ごとに整理したもの. 浄化槽の管理や, 河川の水質管理などに利用される.	ハウスマン (1989)
symbiosis	共生	二種の生物が相互作用しながら同じ場所で生活する関係. 相利共生, 片利共生, 寄生などが含まれる. = symbiose.	ハウスマン (1989)
symphorismus	シンフォリズム	運搬者 (traeger) が目に見える形で影響を受けずに生物が他の生物によってあちこちに運搬されること. 例えば, 定着性縁毛類や吸管虫類はゲンゴロウや海生多毛類の体上で生活する.	ハウスマン (1989)
W water-bloom	水の華	独立栄養性鞭毛虫類や藻類の大量増殖. 例えば, 特定の渦鞭毛虫類の虫種によって水の色が特徴的な緑色や赤色になったりする. 海域では赤潮 (red tide) という用語が広く用いられているのに対し, 湖沼では“水の華”という用語がかなり古くから用いられている.	猪木 (1981), ハウスマン (1989)

若手の会企画 勉強会の開催

原生生物学会若手の会では 2025 年 5 月 10 日に勉強会をオンラインで実施しました。前半は研究発表会を行い、後半は若手同士で交流会を行いました。研究発表会では、石浦卓也さん(北海道大学), 山本桃花さん(奈良女子大学), 島田雄斗さん(日本大学)の博士課程の方 2 名, 助手の方 1 名の方々に発表していただきました。参加者の中には、新しく参加していただいた学部生の方が 2 名いましたので、皆さんが研究について理解できるように発表者の方々には基本的な内容から発表していただきました。発表中も質疑応答を可能とし、疑問があれば途中で質問できるようにしました。そのおかげもあり、発表会というよりは研究室ゼミや楽しい勉強会といった雰囲気になりました(図 1)。皆さんの発表はとても興味深く、最初の研究対象の生物に関する紹介から質問が飛び交い、急いで進行させるなんて場面もありました。また実験に関する鋭い質問も多くあり、楽しい雰囲気の中にも、程よい緊張感がありました。今回の発表会を通して、発表者の方は皆さんから貴重な意見を頂けたと同時に、良い発表練習の機会になったと思います。また、公聴者の方々にとっても発表者の研究や対象生物について知る機会となり、原生生物研究について学ぶ良い機会になったと思います。

発表会の後はオンラインで座談会を行いました(図 2)。久しぶりにお話する方や、初めてお話する方もいましたがとても楽しい会になりました。内容としては、新しい異動先の研究室の雰囲気や新生活についての話から、実験や研究に関する悩みについて話しました。また、皆さんから若手の会の活動についての様々な案を出していただき、新しい企画についても話し合いました。研究の世界では、大学院への進学や、研究職で就職すると友達や同期の数は減っていきます。そのためこの座談会において似た環境に身を置く方たちとお話できたことを大変嬉しく思います。

この勉強会は様々な原生生物や、他の人の研究を知るだけでなく、自身の研究を発展させる貴重な機会です。



図 1 楽しく勉強会をする様子

す。また座談会は、若手研究者と話せる良い機会です。今回も日本全国の様々な地域の方にご参加いただきました。遠方にお住まいの方々とお話できる良い機会であると感じています。またこのような勉強会をぜひ開



図 2 勉強会の集合写真

催したいと考えています。

コラム

～あの頃の気持ち～

研究室に新しく配属された学部4年生がいます。その学生が池や川の水を採取し、顕微鏡で原生生物を観察していた時、私に「かわいそうに、ゴミにくっ付いていて、動けなくなっている生物がいます」と言ってきました。気になって私も見てみると、それはラッパムシでした。初めて顕微鏡で原生生物を見るとそのように感じるものなのかと驚きました。私が、この生物は自らの機能で固着していることを教えると、その学生はとても安心していました。私はそのやり取りで、純粋な気持ちで初めて原生生物を観察した時を思い出しました。初めて顕微鏡で生物を観察した時はとても興奮したものです。私はおよそ 2 年間原生生物の研究から離れ、今年の 4 月に原生生物の分野に戻ってきました。久しぶりに顕微鏡で原生生物を観察した時は、懐かしさと嬉しさを感じ、初めて生物を観察した時を思い出しました。研究活動を続けているうちに、初めて生物を見た時のワクワク感は少しずつ薄れていきます。しかし、初心を忘れずに、あの時の好奇心を抱いたまま研究活動に励みたいと思います。

若手の会 新メンバー募集中

原生生物学会若手の会では新しい会員を募集しています。若手の会は、若手研究者による原生生物研究の活性化を目的に活動しています。年に 2 回程度、オンラインで発表会を開催し、年大会では観察会や交流会をオンサイトで開催しています。若手の会に入会すると、全国の若手研究者はもちろん、先生方とも交流を深めることができます。さらに、様々な生物や研究について知ることができ、より充実した研究活動につなげることができます。加えて、研究活動の悩みや将来の不安などについても相談できます。皆さんも若手の

会に参加し、メンバーと共に活動しませんか？興味がある方は会長の島田 (shimada.yuto@nihon-u.ac.jp) までご連絡ください。

若手の会役員一覧 (2025 年 5 月 20 日現在)

会長：島田雄斗 (日本大学)

副会長：島田真帆 (島根大学)

会計：石浦卓也 (北海道大学)

役員：越後谷駿 (北海道大学)，面田彩馨 (長崎大学)，山本桃花 (奈良女子大学)，福田直也 (島根大学)，前川琴風 (奈良女子大学)，千野可菜美 (奈良女子大学)，橋本颯馬 (島根大学)，岩本武尊 (島根大学)，石川梨夢 (島根大学)

本会記事

2024 年度 総会議事録

日時：2024 年 11 月 23 日 (土) 16:00 ~ 17:15
会場：〒754-0041 山口県山口市小郡令和 1 丁目 1-1
KDDI 維新ホール・会議室 201

議事

I 会長挨拶

II 報告事項

1 庶務関係

福田 康弘 庶務より、以下の報告があった。

イ. 会員の異動 (2024 年 11 月 13 日現在)

		(昨年報告数)
賛助会員	1 団体	(1 団体)
名誉会員	9 名	(10 名)
永年会員	13 名	(12 名)
一般会員	93 名	(95 名)
学生通常会員	39 名	(43 名)
学生 1 年会員	7 名	(16 名)
準会員	22 名	(23 名)
合計	184 名	(200 名)

新入会 25 名, 退会 13 名

ロ. 沼田 治 会員 (筑波大学) へ名誉会員 (第 21 号) の称号を授与することが報告された。

ハ. APCOP-V Scientific Committee について春本 晃江 会員 (ACOP 会長) から、APCOP-V の運営に携わる Scientific Committee を本会から推薦してほしい旨の依頼があり、下記の会員 3 名を推薦した。

明松 隆彦 (神奈川大学 理学部)
野田 悟子 (茨城大学 理工学研究科)
矢崎 裕規 (農研機構 高度分析研究センター)

ニ. 本会が第 40 回国際生物学賞記念シンポジウムを後援することが報告された。このシンポジウムは、第 40 回国際生物学賞 (受賞対象分野: 「系統・分類を中心とする生物学」 受賞者: アンゲリカ・ブランド博士, ゼンケンベルク研究所・自然史博物館教授 / フランクフルト大学教授) を記念し、2024 年 12 月 21 日 (土) に京都大学芝蘭会館において開催されたものである。

ホ. 歴代の会長を HP へ掲載したことが報告された。

2 選挙報告

永宗 喜三郎 選挙管理委員会委員より、以下の報告があった。

イ. 2024 年日本原生生物学会 会長選挙・評議員選挙 (投票期間: 2024 年 8 月 23 日・金 ~ 9 月 10 日・火) の開票が 2024 年 9 月 13 日 (金) 14:00 ~ 15:30 に zoom を用いて国立感染症研究所寄生動物部セミナー室にて行われた。開票は、選挙管理委員 (小林 富美恵・永宗 喜三郎: 対面, 野田 悟子: zoom) が行った。郵送投票された 8 通を開封後、Web 選挙システム i-Vote のウェブサイトアクセスして郵送投票の結果を入力し、電子投票による集計結果と合算した。合算後の結果を最終集計結果とした。郵送投票結果の入力作業では、株式会社 MEC (エムイーシー) の Web 選挙担当者 (神之園: zoom) が確認のため立ち会った。

ロ. 会長選挙では有権者総計 127 名 (Web 110 名, 郵送 17 名) のうちから投票者数 48 名の投票 (1 名記入) があり、園部 誠司 会員が次期会長 (2 期目) として選出された。評議員選挙では有権者総計 127 名 (Web 110 名, 郵送 17 名) のうちから投票者数 49 名の投票 (15 名連記) があり、得票順に評議員就任の可否を確認した結果、明松 隆彦, 石田 秀樹, 岩本 政明, 北出 理, 末友 靖隆, 十亀 陽一郎, 道羅 英夫, 永宗 喜三郎, 野田 悟子, 春本 晃江, 廣野 雅文, 福田 康弘, 細谷 浩史, 矢崎 裕規, 梁瀬 隆二 (五十音順・敬称略) の 15 名が次期評議員となった。

3 編集関係

島野 智之 英文誌編集長より、以下の報告があった。

イ. 投稿論文数, 編集委員の増員, Editorial Board の増員について、報告があった。また著者に学会員を含まない投稿について APC (Article Processing Charge) を課することが決定された。詳細は次期編集委員会が定めるが、現在のところ APC は一報あたり 30,000 JPY とし、支払い方法として PayPal の導入が検討されていることが報告された (文中にある次期編集委員会より補足: APC は 30,000 JPY と定め、投稿規定も改訂された)。

矢吹 彬憲 和文誌編集長より、以下の報告があった。

イ. 和文誌「原生生物」の発行状況 (7 巻 2 号の発刊) と今後の発刊予定について報告があった。また、2024 年の投稿状況について報告された。

ロ. 和文誌の新編集委員会体制, 予算案, 既報の掲載済み論文を J-STAGE で公開する作業について説明があった。

4 その他

イ. 沼田 治 学会賞等選考委員会委員長より、石田 正樹 会員 (奈良教育大学) 「ゾウリムシ収縮胞における水分集積機構に関する研究」が学会賞 (第 22 号) に、また荒木 球沙 会員 (国立感染症研究所) 「マラリア原虫における増殖メカニズムの解明」が奨励賞 (第 17 号) に選ばれたことが報告された。

ロ. 園部 誠司 月井国際会議参加促進支援運営委員会委員長より、月井国際会議参加促進支援金について申請が2件、採択が2件（うち1件は辞退）だったことが報告された。採択者と派遣先は以下である。また募集要項等が改訂され、支援金対象者の所属機関を支援金の振込先へ加えたこと、支援金の一部を間接経費や一般管理費（オーバーヘッド）に充てることは認めないことを募集要項に明記したこと、支援金額を改めたことが報告された。

1: 島田 真帆 (島根大学大学院自然科学研究科)

派遣先: The Asian Pacific Congress of Protistology (APCOP-V) 2024

ハ. 保科 亮 学会活性化委員会委員長より報告があった。内容は、準会員の變動、準会員制度の広報活動、ミクロ生物館内「樋渡文庫・重中文庫」の整備状況であった。また学会 HP 内「柳生・重中 織毛虫図鑑」は、書籍としての出版が決定したため整備を休止していること、動物学会で開催されたシンポジウム: 「原生生物の巧みな行動戦略に迫る」に対して助成を行ったことも報告された。

ニ. 園部 誠司 原生生物分譲サービス WG 長より、分譲サービスの実績について報告があった。

ホ. 福田 康弘 国際委員より ISOP との対応について報告があった。ISOP から Affiliated Societies に対する対応について、ISOP と Affiliated Societies は契約書を交わす関係に改め、Affiliated Society 会員に対して Grants-in-aid を拡充するとともに Affiliated Society の会員あたり \$2 を目安に「ISOP 会費」を徴収することが検討されているとの通知をうけた (2024 年 6 月 16 日)。これらの検討内容について意見も求められたため、本会からは「本会会員が得る利益の具体例の提示」と「提示された具体例について議論するために回答期限を延長すること」を 7 月 1 日に回答した。以後、返答はない。また、アメリカ・シアトルで開催された「2024 PSA-ISOP-ISEP Joint Meeting」内に設けられた ISOP business meeting について、国際委員三名の全権を委任 (ISOP 事務局へ予め通知済み) された永宗 喜三郎 会員による以下の報告があった。会議では上記の質問に対する回答は無く、このことにかかわる細則の改定も審議されなかった。ISOP の Bylaws の改訂があった。次回開催の会議は ICOP との合同会議 (韓国・ソウル, 2025 年 6 月 22 日 ~ 27 日)、次々回の会議は 2027 年の ECOP, PUK (イギリス) との合同開催とする旨の案内があった。

ヘ. 洲崎 敏伸 会員から APCOP V について報告があった。また次回会議が 2027 年もしくは 2028 年に開催することが計画されており、開催地の検討が進められていることも説明された。

ト. 島野 智之 生物多様性会議委員より、日本分類学会連合第 23 回総会の報告があった。内容は、2024 ABS

問題、国立自然史博物館の新設に関連した沖縄県の動向、分類学会連合に設置された「標準和名問題検討 WG」によるアンケートの実施であった。

チ. 西上 幸範 ネットワーク委員会委員長より、ネットワーク委員会の活動報告があった。内容は、編集委員会からの要請に応じたウェブページ上の学会関連情報の更新について、メーリングリストなど、メールサーバーの運営・管理、また選挙管理委員会の要望をうけて会長・評議員選挙の電子投票システム選定の提案であった。

リ. 細谷 浩史 学術会議担当委員より日本学術会議の一年の動きについて説明があった。

ヌ. 島田 雄斗 若手の会会長より、若手の会の活動報告と会計報告があった。活動報告の内容は、大会初日に実施された観察会・交流会、2024 年 3 月 9 日に実施された若手学生の勉強会、和文誌「原生生物」に掲載された若手の会通信である。また、予定されている若手の会交流イベントも紹介された。

III 審議事項

1 会計関係

イ. 2023 年度会計決算報告

岩本 政明 会計担当より 2023 年度の一般会計、特別会計 (国際交流基金)、特別会計 (基金)、特別会計 (月井雄二記念国際交流基金) について報告がなされた後、児玉 有紀、永宗 喜三郎 両監事による監査報告があり、承認された (賛成・承認: 過半数以上)。

ロ. 2024 年度会計執行状況について

岩本 政明 会計担当より、2024 年 4 月 1 日から 2024 年 11 月 23 日までの期間の会計執行状況について、適切に執行されていることと詳細は省略する旨の説明があった。

ハ. 2025 年度予算案について

岩本 政明 会計担当より、2025 年 4 月 1 日から 2026 年 3 月 31 日までの予算案の内容について提案があった。審議の結果、2025 年度予算案は原案通り承認された (賛成・承認: 過半数以上)。

IV その他

1 次期大会について

イ. 石田 正樹 会員を大会長として奈良教育大学で開催予定であることが報告された。開催時期は 9 月 26 日 ~ 28 日を予定していることも報告された。

2023 年度 日本原生生物学会一般会計決算報告

1. 収入の部

科 目	予算額	決算額
前年度繰越金	4,069,550	4,069,550
学会費	758,000	469,500*
寄附	-	-
雑収入	-	-
利息	11	22
計	4,827,561	4,539,072

*1: 過年度未納分の支払いを含む。

*2: R4 年度東京大会と R5 年度大会 (PPEZ2023) の運営費補助金の未使用分返還 (¥71,589 と ¥65,000) , および分譲サービス利用料 (テラベースから ¥120,059) .

2. 支出の部

科 目	予算額	決算額
編集諸経費・謝金		
Journal of Protistology	150,000	27,500
原生物	300,000	0
学会活性化委員会経費	300,000	128,222
庶務諸経費・謝金	75,000	121,584*1
会計諸経費・謝金	15,000	0
大会補助費	200,000	200,000
学会賞等経費	100,000	58,805
若手の会助成金	75,000	25,999
日本分類学会連合分担金	20,000	20,000
日本分類学会連合会議旅費	50,000	0
通信費(サーバー利用料)	20,568	20,200
振替手数料	4,500	3,580
支出総計	1,310,068	605,890
次年度繰越金	3,519,364	4,276,695
計	4,829,432	4,882,585

*1: 和文誌の印刷・発送経費 (6 巻 1,2 号, 5 巻 2 号) を含む。

2023 年度 日本原生生物学会特別会計 (国際交流基金) 決算報告

1. 収入の部

科 目	予算額	決算額
前年度繰越金	571,716	571,716
寄附	-	0
利息	4	6
計	571,720	571,722

2. 支出の部

科 目	予算額	執行額
外国人招待者謝金	-	0
国際学会参加援助金	250,000	0
振込手数料	440	0
支出総計	250,440	0
次年度繰越金	321,280	571,722
計	571,720	571,722

2023 年度 日本原生生物学会特別会計 (基金) 決算報告

1. 収入の部

科 目	予算額	収入額
前年度繰越金		
	1,049,178	1,049,178
寄附	-	0
利息	10	15
計	1,049,188	1,049,193

2. 支出の部

科 目	予算額	執行額
支出総計	0	0
次年度繰越金	1,049,188	1,049,193
計	1,049,188	1,049,193

2023 年度 日本原生生物学会特別会計 (月井雄二記念国際交流基金) 決算報告

1. 収入の部

科 目	予算額	収入額
前年度繰越金	9,248,552	9,248,552
寄附	-	-
返金	-	250,000
利息	78	115
計	9,248,630	9,498,667

2. 支出の部

科 目	予算額	執行額
国際学会参加援助金	2,750,000	900,000
振込み手数料	1,760	1,420
支出総計	2,751,760	901,420
次年度繰越金	6,496,870	8,597,247
計	9,248,630	9,498,667

2025年度 日本原生生物学会一般会計 予算案

1. 収入の部	
科 目	予算額
2023年度残金	4,094,410
学会費 (*1)	735,000
利息	22
計	4,829,432

*1: 2024年度会員数と同数(一般会員100名+学生会員39名+準会員36名+賛助1団体)としての概算.

2. 支出の部	
科 目	予算額
編集諸経費・謝金	
Journal of Protistology	100,000
原生生物	300,000
学会活性化委員会経費	200,000
庶務諸経費・謝金	50,000
会計諸経費・謝金	10,000
大会補助費	200,000
学会賞等経費	40,000
若手の会助成金	50,000
日本分類学会連合分担金	10,000
日本分類学会連合会議旅費	50,000
通信費(サーバー利用料)	15,000
振替手数料	3,000
支出総計	1,028,000
次年度繰越金	3,510,428
計	4,538,428

2025年度 日本原生生物学会特別会計(国際交流基金) 予算案

1. 収入の部	
科 目	予算額
2023年度残金	321,286
寄附	-
利息(2024年度実績)	156
計	321,442

2. 支出の部	
科 目	予算額
外国人招待者謝金	-
国際学会参加援助金	321,442
国際学会参加援助金振込手数料	-
支出総計	321,442
次年度繰越金	0
計	321,442

2025年度 日本原生生物学会特別会計(基金) 予算案

1. 収入の部	
科 目	予算額
前年度繰越金	1,049,203
利息(2024年度実績)	276
計	1,049,479

2. 支出の部	
科 目	予算額
	-
支出総計	0
次年度繰越金	1,049,479
計	1,049,479

2025年度 日本原生生物学会特別会計(月井雄二記念国際交流基金) 予算案

1. 収入の部	
科 目	予算額
前年度繰越金	5,843,797
寄附	-
利息(2024年度実績)	2,290
計	5,846,087

2. 支出の部	
科 目	予算額
国際学会参加援助金(7件)	1,750,000
振込み手数料	3,080
支出総計	1,753,080
次年度繰越金	4,093,007
計	5,846,087

事務局からのお知らせ

庶務 矢崎 裕規 (農研機構) ・ 庶務補佐 福田 康弘 (東北大学)

平素より学会活動にご協力いただき、誠にありがとうございます。

本会では、名誉会員であった故・月井雄二博士のご遺族からのご寄附をもとに、「月井雄二国際会議参加促進支援金」を設立しております。本支援金は、若手研究者による国際会議や海外学術集会での研究発表を支援することを目的としています。

すでに2025年は「ICOP/ISOP 2025 (韓国)」での支援が決定しました。さらに、「The Symposium of the International Society of Endocytobiology 2025 (ISE 2025)」や「Ciliate Molecular Bi-

ology Conference 2025 (CMB 2025)」などの国際学会の開催も予定されています。加えて、原生生物学以外の国際会議においても、原生生物を対象とした研究発表を行う場合は支援の対象となります。

本会の若手会員による積極的な応募をお待ちしております。詳細につきましては、学会ホームページの募集要項をご覧ください。不明な点がございましたら、事務局までお問い合わせください。

国際委員からのお知らせ

国際委員 (会長) 園部 誠司 (兵庫県立大学)

6月22-27日の日程で、韓国ソウルの成均館大学校において第16回国際原生生物学学会大会 (International Congress of Protistology; ICOP) が開催されます。国際委員はこれに参加し、関連会議に出席する予定です。会議の内容などは今年度の総会でご報告します。本会と

原生生物学関連の国際学会; ICOP, FEPS および AP-COP (前 ACOP), との関わりは春本晃江前会長による特別寄稿 (原生生物第5巻第1号2022年) に詳しく書かれておりますので、ご一読をお勧めします。

編集委員会からのお知らせ

「原生生物」編集長 北出 理 (茨城大学)

和文誌「原生生物」をお手に取っていただきありがとうございます。大会案内にありますように、本年の日本原生生物学学会大会は奈良教育大学での開催が予定されております。皆様と奈良でお会いできることを楽しみにしております。

今号には、大変力の入った総説2編の投稿をいただき、掲載することができました。著者の皆様、まことにありがとうございました。

次号の和文誌「原生生物」第8巻第2号は、2026年1月の発刊を予定しています。引き続き会員の皆様の積極的なご投稿を心よりお待ちしております。

和文誌「原生生物」投稿規定は [こちら](#)

和文誌編集委員

原生生物 編集委員長
北出 理 (茨城大学)

石田 秀樹 (島根大学)
末友 靖隆 (岩国市ミクロ生物館)
十亀 陽一郎 (福島工業高等専門学校)
内之宮 光紀 (電力中央研究所)

編集委員長

永宗 喜三郎 (国立感染症研究所)

会費等振り込み先

郵便振替口座

郵便振替口座番号：01300-6-103583

加入者名：日本原生生物学会

銀行振り込み口座

ゆうちょ銀行（金融機関コード：9900）

店番：139 カナ店名：イチサンキュウテン（139店）

当座貯金 口座番号：0103583

受取人カナ氏名：ニホンケッ セイセイブツ カイ ツカイ

原生生物 (GENSEI-SEIBUTSU) 第8巻 第1号

2025年7月11日 発行

編集兼発行者 : 日本原生生物学会

発行所 : 日本原生生物学会

事務局 : 庶務担当 矢崎 裕規, 福田 康弘

E-mail: gajsp@protistology.jp

編集局 : 〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1

茨城大学理学部 内

「原生生物」編集長：北出 理

Tel/Fax: 046-867-9498/046-867-9525

E-mail: osamu.kitade.sci@vc.ibaraki.ac.jp
