

繊毛虫類の生態研究*

前 田 昌 調**

An outline of ecological studies on ciliated protozoa in the aquatic environment

Masachika MAEDA**

Abstract: The grazing food chain which starts from primary producers and extends to consumers is a main process for the transfer of organic materials in the aquatic environment. In this process the populations of consumers, zooplankton and fishes, are regulated by phytoplankton biomass, and it is said that zooplankton can not obtain enough food on many occasions if phytoplankton is the only available food for them. The detritus food chain is thought to compensate for this deficiency in supply of food. Heterotrophic microorganisms, such as bacteria, zooflagellates, amoeba and ciliates are the main components of this food chain. Although many works on the ecology of tintinnid ciliates have been carried out by marine biologists, non-loricated ciliates such as gymnostomes, oligotrichs and hypotrichs which are the predominant species among the microorganisms present in the detritus food chain in sediment and water have not received so much attention. In this paper the ecology of ciliated protozoa in the aquatic environment is briefly described and generic descriptions of oligotrichine ciliates, which are common species in the aquatic environment, are also given.

原生動物は主として Sarcodina (肉質虫類), Mastigophora (鞭毛虫類), Sporozoa (孢子虫類; Apicomplexa, Microspora, Myxospora, Ascetospora を含む), Ciliophora (繊毛虫類) らによって構成されているが、主要グループの一つである繊毛虫類では、これまでに自由生活種約 4,700, 寄生種 2,500個体が記載されている。繊毛虫類の形態上の諸特徴は以下の如くである。

- (1) 少なくとも生活環の一時期には繊毛を保有する。
- (2) 繊毛基底部には infraciliature が存在する。
- (3) 大核, 小核の二種類の核を保有する。小核(生殖核)は細胞分裂に関与し, 大核は栄養核とも呼ばれ代謝機能活性を保有する。
- (4) 有性生殖では生殖核の交換をとまなう接合型の過程

を経る。

- (5) Astomatida, Suctorida 等を除く大半の種は口器を保有し, 粒状物あるいは繊維状藻類等を摂食する。

食 性

繊毛虫には体外溶存態有機物を利用して増殖しうるものや, 体内共生藻類より栄養塩を摂取する種類もあるが, 多くのものは生物, 非生物態固形物を摂食して生育する。その中でも大半の種類は懸濁粒子摂食者であり, 微小藻類, 細菌, デトリタス等を食す。細菌摂食繊毛虫の増殖効率は単一細菌株よりは数種細菌混合系を餌料とした場合に増大することが知られている (HARGITT and FRAY, 1917)。他に酵母や無色鞭毛虫を摂食する種類や, 体の10倍近い繊維状藻類を取り入れる植食性のもの (*Frontonia* 属など) から, *Didinium* 属のように体の 2~3 倍大の *Paramecium* を消化する carnivorous 繊毛虫も多数報告されている。

Didinium は *Paramecium* の捕獲に際し toxicyst お

* 1985年1月22日受理 Recieved January 22, 1985

** 東京大学海洋研究所, 〒164 東京都中野区南台 1-15-1

Ocean Research Institute, University of Tokyo,
1-15-1 Minamidai, Nakano-ku, Tokyo 164, Japan

よび pexicyst とよばれる二種類の棘を *Paramecium* 体内に刺しこみ、その毒作用により餌生物の動きをとめた後、口器を用いて体内に取り入れる。固着生活者である Suctoria は tentacle とその先端にある haptocyst を用いて餌となる繊毛虫などを捕え、消化液を餌生物体内に送りこむ。その後 tentacle は陥入し導管となり消化液の作用で細分化された餌生物が体内に輸送される。

繊毛虫の餌料消化過程は特徴的である。まず餌は buccal cavity (口腔) を介して food vacuole (食胞) 内に貯えられる。食胞は粒状物あるいは有機物の搬入を検知して形成され、食物が満たされると次の食胞が出現する。食物を保持した food vacuole (食胞) は口腔部より離れるが、その時点で食胞内 pH は 2 付近にまで低下し、摂取された微生物等は死ぬ。その後食胞内部は弱いアルカリ性にまで回復するが、この時期に食胞周囲には消化酵素を保持した lysosome 粒が集合し、食胞膜と融合し食物を分解する。不消化残渣を含んだ食胞は細胞肛門付近で数個が融合し、排出胞を形成した後体外に出される。食胞の形成より排出までの過程は 1~3 時間である。

繊毛虫のある種類は固形物のみならず溶存態有機物をも利用して増殖する。SOLDO and MERLIN (1972) は海産繊毛虫 *Uronema*, *Miamiensis* と *Parauronema* の増殖培地について報告したが、その構成成分はアミノ酸、核酸塩基類、脂質とビタミン類である。多くの繊毛虫は単体のアミノ酸分子よりは蛋白質やペプチドの存在下においてよりよく増殖する。核は繊毛虫体積の 数 10% を占める主たる構成要素の一つであるが、*Uronema nigricans* は核酸を除いた合成培地では増殖できない。また、*Tetrahymena pyriformis* はグアニンの体内合成を行なえないと報告されている (FLAVIN and GRAFF,

1951)。脂質は生体膜において種々の重要な機能に関与している。増殖に脂肪酸を必須とする繊毛虫は少ないが、培養系に添加した場合には明らかに細胞収量が増大する例が多い。

分 布

繊毛虫の棲息場所は多岐に富み海洋、湖沼、地下水、土壌、哺乳類消化管あるいは魚介類の鰓等にも恒常的に出現する。水圏の繊毛虫は種数・量とも多く、寄生種を除くと生態的には固着性の種と自由游泳性のものに分けられる。固着性のは Suctoria と Peritricha の種に多く、海洋では栄養塩濃度の高い沿岸域のような場所に多く出現するが、*Vortitella* 属等の種は、外洋水域においても、珪藻体上に密集して固着し、水中に浮遊している。自由游泳性の繊毛虫の中で、主として基盤上を匍匐するものは底土中に多く出現するが、懸濁態デトリタス中にも分布し、その数は $10^3 \sim 10^4$ cells cm^{-3} -detritus にいたる場合もある (表 1)。デトリタス中に大型粒子を摂食する hypotrich ciliates が出現した場合には鞭毛虫の数は少ないが、細菌摂食性の scuticociliates が分布する場合には flagellates の数も多かった。主として浮遊生活をする繊毛虫では、従来 lorica を保有する tintinnids が注目されてきたが、その後 BEERS *et al* (1971) により、oligotrichine ciliates が広くまた量的にも多く出現することが明らかにされた。

分 類

繊毛虫は基準標本 (type specimen) の製作が非常に困難であるため、その分類同定は原著論文の種記載および図をもとに行なわれる。繊毛虫分類学は 1800 年代の DUJARDIN (1841), CLAPARÈDE and LACHMANN

Table 1. Numbers of ciliates and flagellates on suspended detritus in seawater

Detritus origin	Form	Size (cm)	No. of ciliates		No. of flagellates
			Scuticociliates	Hypotrichs	
Zooplankton	degenerated	0.3×0.18×0.06	19	0	46
Zooplankton	degenerated	0.1×0.16×0.02	5	2	4
Zooplankton	degenerated	0.15×0.15×0.02	49	0	73
Zooplankton	degenerated	0.28×0.21×0.01	80	2	0
Zooplankton	degenerated	0.17×0.09×0.01	51	0	187
Zooplankton	degenerated	0.24×0.17×0.02	35	9	0
Macroalgae	fresh	0.17×0.11×0.01	1	0	2
Macroalgae	degenerated	0.15×0.15×0.01	160	0	800
Macroalgae	fresh, small part degenerated	0.2×0.1×0.01	4	0	139
Zooplankton	amorphous	0.16×0.12×0.15	0	0	10

Table 2. List of interstitial ciliates and their distribution in East Head. (after CAREY and MAEDA, 1985)

	1	2	3	4	5	6
<i>Trachelocerca coluber</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Tracheloraphis phoenicopterus</i>	.	.	.	+	+	+
<i>Tracheloraphis prenanti</i> var. <i>oligocineta</i>	+
<i>Remanella rugosa</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Remanella margaritifera</i>	+	+	+	.	.	.
<i>Geleia fossarta</i>	+	.
<i>Prorodon vacuolatus</i>	.	+	+	+	+	.
<i>Urotricha armata</i>	.	.	.	+	+	+
<i>Coleps tessellatus</i>	+	+
<i>Lacrymaria coronata</i>	+	+	+	+	+	.
<i>Mesodinium pulex</i>	+	.
<i>Litonotus fasciola</i>	+	.
<i>Loxophyllum compressum?</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Conchostoma longissimum</i>	.	+	+	+	+	+
<i>Scaphidiodon navicula</i>	.	+	+	+	+	.
<i>Cardiostomatella vermiforme</i>	+	+	+	+	+	.
<i>Uronema marinum</i>	+
<i>Platynematum denticulatum</i>	.	.	+	+	+	+
<i>Pleuronema marinum</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Blepharisma grayi</i>	+	.
<i>Strombidium cinctum</i>	.	+	+	+	+	+
<i>Amphisiella faurei</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Trachelostyla caudata</i>	+	+	+	.	.	.
<i>Trachelostyla pediculiformis</i>	.	+	+	+	+	+
<i>Epiclintes felis</i>	.	+	+	+	+	+
<i>Aspidisca binucleata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Diophrys appendiculata</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Discocephalus rotatorius</i>	.	.	+	+	.	.

(1858), STEIN (1867), EHRENBERG (1838), BÜTSCHLI (1887-9), KENT (1881-2) 等により大方の体系が組たてられ、KAHL (1930-5) により集大成された。以降第二次世界大戦時における研究機関、人的交流体制および資料収集保存体制の破壊、その後の世界的規模にわたる分類学の衰退等が原因となり、繊毛虫分類研究の大きな発展はみられなかったが、新種記載に関しては数は多く、海産繊毛虫の種数も KAHL (1930-5) 記載種数の約2倍となっている。

The Committee on Systematics and Evolution of the Society of Protozoologists (1980) によると、繊毛虫は3綱、21目に分けられるが、寄生種を主構成種としている4目および固着性繊毛虫類の2目を除いても15目にわたる自由游泳種が自然界に分布している。表2に英国南部ポーツマス付近海底土中に出現した繊毛虫の種類

を示した。試料を採取した地点はデトリタス濃度が連続的に変化する場所で、海草類が茂る Stap. 5, 6 付近のデトリタス量はイギリス海峡の波浪がおしよせる Stap. 1, 2 と比較して約100倍多い。このような場に出現する繊毛虫類の種類は当然のことながら異なるが、gymnostome なよび hypotrich に属する種類が多かった。海洋におけるこれまでの繊毛虫研究は Suborder Tintinnida を中心に行なわれてきたわけであるが、このように底土環境には tintinnids 以外の種が非常に多く、これまでも500種以上が報告されており、また、水中には Suborder Oligotrichina に属する繊毛虫が多く出現する。

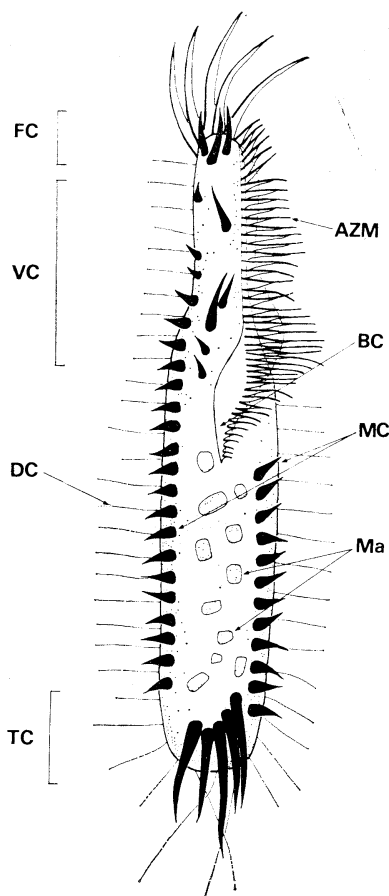


Fig. 1. *Trachelostyla pediculiformis* (COHN, 1866) KAHL, 1932. Entire organism, ventral view, (AZM) adoral zone of membranelles, (FC) frontal cirri, (VC) ventral cirri, (MC) marginal cirri, (TC) transverse cirri, (DC) dorsal cirri, (BC) buccal cavity, (MA) macronuclei. (after MAEDA and CAREY, 1984).

繊毛虫の形態的分類同定は、体形、口器の位置、繊毛・棘毛の配列、核・収縮胞の数と位置などを基準として行なわれる。繊毛配列は *gymnostome ciliates* より *hypotrichs* に進化するに従い複雑化し、また、繊毛は集合化して *cirrus* (棘毛) の形態を示す。図1に *hypotrich ciliates*, *Trachelostyla pediculiformis* の分類上の特徴を示した。一般に *hypotrich ciliates* は接触走性が強く、体腹側に特徴的器官が集まっている。その中でも棘毛の配列はこの種類の分類上の主特徴である。AZM (adoral zone of membranelles) は *peristome* (口器) をとりまき、その *membranelles* の運動により水流を作り餌を体内に送り込む。体の左右両側に配列する棘毛は *marginal cirri* (MC) と呼ばれる。頭部先端に位置する棘毛は両 *marginal cirri* の中側に配列する *ventral cirri* (VC) より独立している場合には *frontal cirri* (FC) とよび、両者の間に目瞭な境界がない場合には *frontoventral cirri* と称す。この繊毛虫は体中央部に *ventral cirri* を保持しないことが特徴であるが、他の多くの *hypotrich ciliates* は数本の棘毛配列 (*ventral cirral row*) を持つ。また、*transverse cirri* (TC) の後方、体の最後端には *caudal cirri* を保有するものが多い。水圏の自由游泳性繊毛虫の中で優先的に出現する

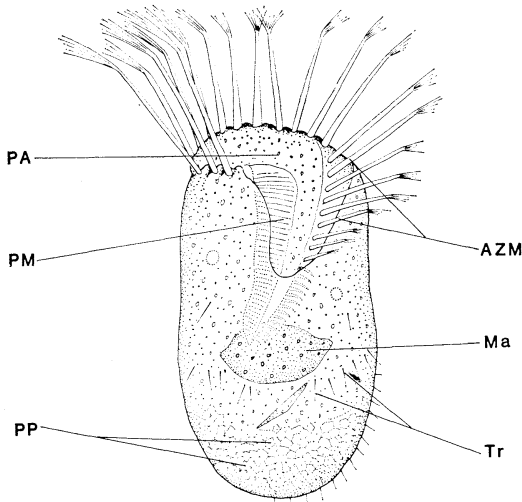


Fig. 2. *Strombidium macronucleatum* DRAGESCO, 1960 (after DRAGESCO, 1960). (AZM) adoral zone of membranelles or apical membranelles, (Ma) macronuclei, (Tr) trichite, (PA) peristomial area, (PM) paroral membrane, (PP) polygonal cortical platelet or polysaccharide plate

Table 3. Classification of oligotrichine ciliates

Order	Oligotrichida
Suborder	Oligotrichina
Family	Halteriidae
Genus	<i>Halteria</i> <i>Halterioforma</i> <i>Meseres</i> <i>Jeannellia</i> <i>Parastrombidium</i> <i>Octocirrus</i> <i>Spelaeonecta</i>
Family	Strombidiidae
Genus	<i>Strombidium</i> <i>Tontonia</i> <i>Metastrombidium</i>
Family	Strobilidiidae
Genus	<i>Patronella</i> <i>Strobilidium</i> <i>Strombidinopsis</i> <i>Lohmanniella</i> <i>Ciliospina</i>

oligotrichine ciliates は、匍匐性 ciliates とは異なり卵形の体で、*membranelles* が頭部をとりまいている (図2)。体側部位には発達した *cirri* 等はないが、*cilia*, *bristle* を保持するものはある。これらの繊毛虫は大きさ数10 μ m で、動きは大変に早く、同定は他の繊毛虫と比較して容易ではない。

oligotrichine ciliates

CORLISS (1979) によると Suborder Oligotrichina には3科、19属がふくまれている。筆者は原著論文をもとにして oligotrichine ciliates 全種の分類再検討を行なったが、その結果 *Buehringa*, *Laboea* 属の種は *Strombidium* 属に、*Cephalotrichium* 属と *Sphaerotrichium* 属の ciliates は *Strobilidium* 属に移した。また、*Metastrombidium* 属は、Family Strombidiidae に属するものとした (表3)。

Family Halteriidae CLAPARÈDE and LACHMANN, 1858: 小型種。体の先端に位置する *apical membranelles* の輪は開いている。*somatic ciliature* を保有するが、多くの種では何本かの *bristle* となっている。急速に移動し、多くは淡水に生息する。海産種に関する報告もある。

Genus *Halteria* DUJARDIN, 1841 (図3): 体はほぼ球形または長円体形。*membranelles* of adoral zone は

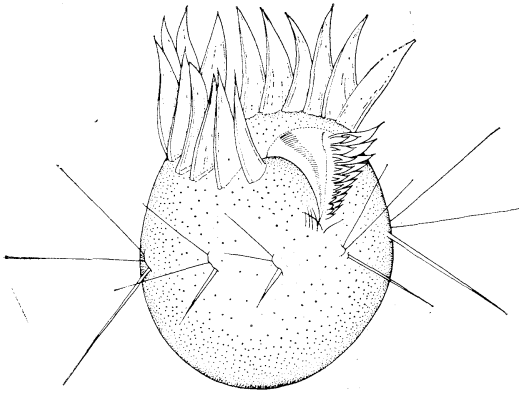


Fig. 3. *Halteria geleiana* SZABO, 1935 (after MACKINNON and HAWES, 1961).

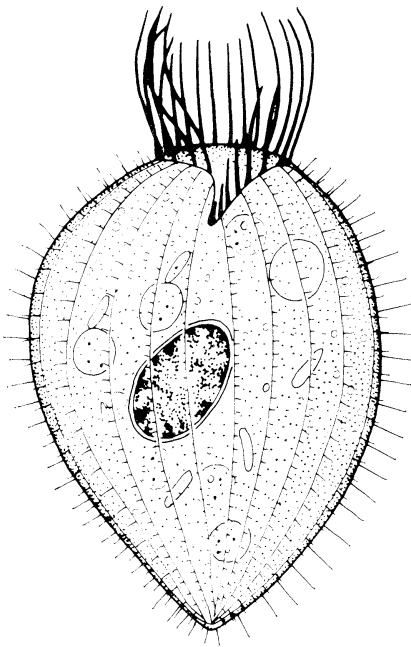


Fig. 4. *Meseres cordiformis* SCHEWIAKOFF, 1892 (after SCHEWIAKOFF, 1893).

長短 2 種類の膜によって構成されている。体の中央には bristle の列が水平方向にとりまく。淡水種。一種は海水中よりも報告されている。

Genus *Halterioforma* HORVÁTH, 1956: 体は長円体形。体腹には何本かの cirral row が、体最後部には一本の長い cilia が位置する。淡水種。

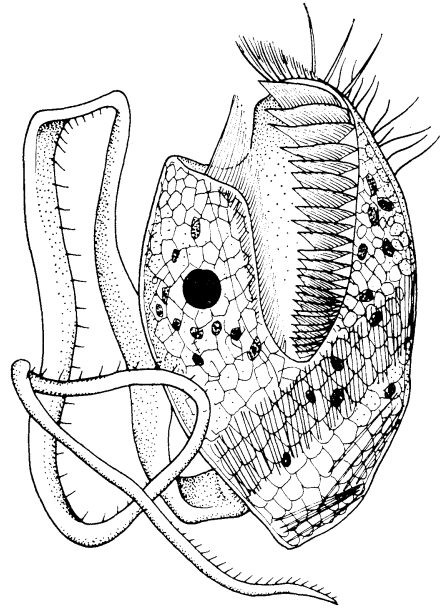


Fig. 5. *Tontonia appendiculariformis* FAURÉ-FREMIET, 1914 (after FAURÉ-FREMIET, 1924).

Genus *Parastrombidium* FAURÉ-FREMIET, 1924: 体はほぼ球形に近く、先端部は斜め方向に切断された様相を示す。AZM は口部の左側より下方に発達し、右側上部にいたる。体腹部は短い繊毛でおおわれている。海産種。

Genus *Meseres* SCHEWIAKOFF, 1892 (図 4): 体は伸縮し倒卵形よりハート形に変化する。peristomial area を除いた体全域は短い繊毛列によっておおわれている。淡水種。

Genus *Jeannellia* TUCOLESCO, 1962: 体後部は丸く先端部は水平方向に切断された様相を示す。体腹部は短い繊毛でおおわれ、また、縦方向の溝が多くある。淡水種。

Genus *Spelaeonecta* JANKOWSKI, 1975: 体は卵形で溝状の斜めの縞によっておおわれている。buccal cavity は小さく、体の先端部に位置する。体最後端部には一本の長い cilia がある。全種地下洞窟水中にて発見された。

Genus *Octocirrus* RAO, 1928: 体はほぼ球形。8本の cirri が体先端部をとる。シストを形成し、発芽時は短い繊毛が体全体をおおっている。土壤中より分離。記載不十分な種である。

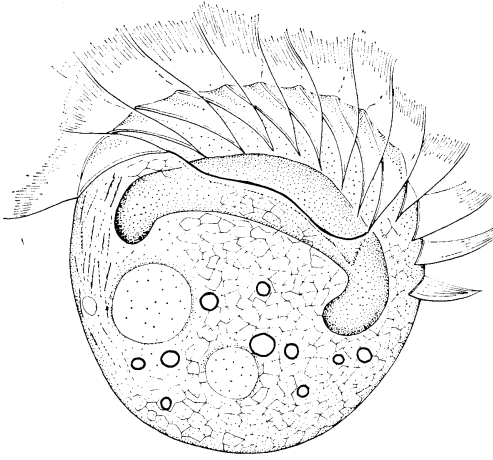


Fig. 6. *Metastrombidium sonnifer* JANKOWSKI, 1980 (after FAURÉ-FREMIET, 1924).

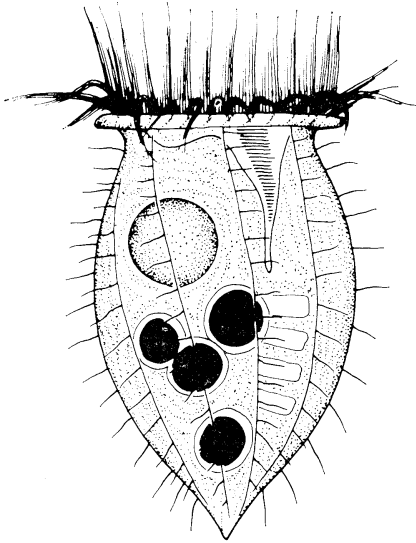


Fig. 7. *Strobilidium marinum* FAURÉ-FREMIET, 1924 (after FAURÉ-FREMIET, 1924).

Family Strombidiidae FAURÉ-FREMIET, 1969: apical membranelles の輪は開いている。somatic ciliature は極度に少ないか、または全く見られない。体後部には骨格構造物様の trichite があり、また polysaccharide plaque を保持する種もある。多くは海産種であるが、淡水にも頻度多く出現する。

Genus *Strombidium* CLAPARÈDE and LACHMANN, 1858 (図 2): 体は円錐体形か卵形、あるいは体後部

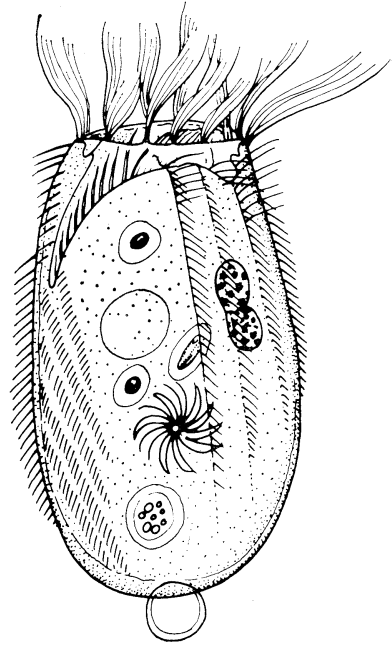


Fig. 8. *Strombidinopsis gyrans* KENT, 1882 (after KAHL, 1932).

が伸長している種もある。somatic ciliature はない。trichite の集合した特有なバンドを持ち、また、体後部が polysaccharide plaque でおおわれている種が多い。海産種。淡水種も少数報告されている。

Genus *Tontonia* FAURÉ-FREMIET, 1914 (図 5): 大型種。深く切れこんだ peristome (口部) が体腹側にある。AZM は peristome の左側に位置する (左右は繊毛虫の側より表わす)。特徴ある尾部が背側後部より生じ、体長の数倍にまで伸長する。海産種。

Genus *Metastrombidium* FAURÉ-FREMIET, 1924 (図 6): 体は球形。peristome はほぼ腎臓形をしている。adoral membranelles は体左側より生じ、peristome の後方に連なっている。buccal cavity 中に陥入している membranelles は他より大きい。馬てい形の核は体中 peristome の下方に位置する。somatic ciliature はない。海産種。

Family Strobilidiidae SCHEWIAKOFF, 1892: apical membranelles は頭頂部に位置し、その輪は閉じている。somatic ciliature は発達していないが、繊毛列を作る場合もある。海産および淡水種。

Genus *Patronella* CORLISS, 1979: adoral membra-

nelles は、その膜間が連なりフリルのように頭頂部をとりまいている。体側には somatic ciliature が見られない。海産種。

Genus *Strobilidium* SCHEWIAKOFF, 1892 (図 7): 頭頂部をとりまく adoral membranlles は繋がっていない。体側部の somatic ciliature は数本の繊毛列を作る。海産および淡水種。

Genus *Strombidinopsis* KENT, 1882 (図 8): 体は円筒形。体腹・背部全体は繊毛によっておおわれている。淡水種。

Genus *Lohmanniella* LEEGAARD 1915, 体はほぼ球形。apical membranelles は長短二種の膜によって構成されている。海産種。

Genus *Ciliospina* LEEGAARD, 1915: 体の左右両端は突起している。海産種。記載不十分な種である。

おわりに

繊毛虫の大半は固定すると原形をとどめないほどに変形するため、その分類同定は生きた状態で行なう必要がある。また、動きが速く、容易に死滅するので迅速な顕微鏡観察が要求される。筆者は繊毛虫の直接観察の他、解像力の高いビデオカメラとノマルスキー型顕微鏡とを組合わせて、その分類特徴を録画しているが、静止画像、スローモーション等の操作機能を加えると写真影像よりは多くの情報を貯えることができる。繊毛虫分類上の総覧の文献の中で最近のものとしては KAHL (1930-5) をあげることができるが、KAHL 以後も多くの新種記載は行なわれており、また、KAHL に間違いがないわけではない。水圏生態研究を行なう上で、これら生物の分類情報は不可欠の要素であるが、現在の繊毛虫分類学の水準より判断していたずらに同定をいそがず該当する属の種につき、その分類再検討を行なった後に種名を決定する作業が、必要かと思われる。

自然界における繊毛虫の分布構造、増殖率、摂餌率あるいは餌生物の種類等についての生態情報はいまだ十分とはいえないし、特に繊毛虫分布の不均一性は微生物生態系解析上の難点となっているが、今後の情報蓄積努力により腐・生食連鎖の key animals の一つとしての繊毛虫の生態的意義が明らかにされるものと考えらる。

文 献

BEERS, J. R., M. R. STEVENSON, R. W. EPPLEY and E. R. BROOKS (1971): Plankton populations

- and upwelling off the coast of Peru, June 1969. Fish. Bull., U. S. Dept of Comm., **69**, 859-876.
- BÜTSCHLI, O. (1887-9): Protozoa. Abt. 3. Infusoria und System der Radiolaria. In H. G. BRONN (ed.), Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs, Vol. **1**, C. F. Winter, Leipzig, 1098-2035.
- CAREY, P. G. and M. MAEDA (1985): Horizontal distribution of psammophilic ciliates in fine sediments of the Chichester Harbour area. J. Natural Hist., (*in press*).
- CLAPARÈDE, E. and J. LACHMANN (1858): Études sur les Infusoire et les rhizopodes. Mem. l'Inst. Nat. Genevois, **6**, 261-482 (published in 1859).
- COHN, F. (1866): Neue Infusorien im Seeaquarium. Zeitschrift für wissenschaft. Zool., **16**, 253-302.
- Committee on Systematics and Evolution of the Society of Protozoologists (1980): A newly revised classification of the protozoa. J. Protozool., **27**, 37-58.
- CORLISS, J. O. (1979): The ciliated protozoa. characterization, classification and guide to the literature, 2nd ed., Pergamon Press, London. 455pp.
- DRAGESCO, J. (1960): Ciliés mésopsammiques littoraux: Systématique, morphologie, écologie. Trav. Stat. Biol. Roscoff, **12**, 1-356 (Nouvelle série).
- DUJARDIN, M. F. (1841): Histoire naturelle des zoophytes, infusoires. Librairie Encyclopédique de Roret, Paris. 684pp.
- EHRENBERG, C. G. (1838): Infusions thierchen als Vollkommene Organismen, Ein Blick in das Tiefere Organische Leben der Natur. Nebst einem Atlas von Vierundsechszig Colorirten Kupfertafeln, Leopold Voss, Leipzig. 612pp.
- FAURÉ-FREMIET, E. (1914): Deux infusoire planktoniques, *Tontonia appediculariformis* (n. gen., n. sp.) et *Climacostomum diedrum* (n. sp.). Arch. Protistenk., **34**, 95-107.
- FAURÉ-FREMIET, E. (1924): Contribution à la connaissance des infusoires planktoniques. Bull. Biol. Fr. Belg., Suppl. No. **6**, 1-171.
- FAURÉ-FREMIET, E. (1969): Remarques sur la systématique des ciliés Oligotrichida. Protistol., **5**, 345-352 (published in 1970).
- FLAVIN, M. and S. GRAFF (1951): Utilization of guanine for nucleic acid biosynthesis by *Tetrahymena geleii*. J. Biol. Chem., **191**, 55-61.
- HARGITT, G. T. and W. W. FRAY (1917): The growth of *Paramecium* in pure cultures of bacteria. J. Exp. Zool., **22**, 421-456.
- HORVATH, J. (1956): Beiträge zur Kenntnis einiger neuer Bodenciliaten. Arch. Protistenk., **101**, 269-276.
- JANKOWSKI, A. W. (1975): [A conspectus of the

- new system of subphylum Ciliophora Doflein, 1901] (Abstr.) In U. S. Balashov (ed.) [Account of Scientific Sessions on Results of Scientific Work, year 1974: Abstracts of Reports]. Akad. Nauk SSSR, Zool. Inst. Leningrad, 26-27 (*in Russian*).
- JANKOWSKI, A. W. (1980): [Conspectus of a new system of the phylum Ciliophora]. Trudy Zool. Inst. Leningr., **94**, 103-121 (*in Russian*).
- KAHL, A. (1930-35): Urtiere oder Protozoa. I. Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria), eine Bearbeitung der freilebenden und ectocommensalen Infusorien der Erde, unter Ausschluss der marinen Tintinnidae. In F. DAHL (ed.), Die Tierwelt Deutschlands, G. Fischer, Jena, parts 18 (year 1930), 21 (1931), 25 (1932), 30 (1935), 1-886.
- KENT, W. S. (1881-2): Manual of the Infusoria. David Bogue, London, **2**, 473-913.
- LEEGAARD, C. (1915): Untersuchungen über einige Planktonciliaten des Meeres. Nyt Mag. f. Naturv., **53**, 1-37.
- MACKINNON, D. L. and R. S. J. HAWES (1961): An introduction to the study of protozoa. Oxford Univ. Press, 506pp.
- MAEDA, M. and P. G. CAREY (1984): A revision of the genera *Trachelostyla* and *Gonostomum* (Ciliophora, Hypotrichida), including redescrptions of *T. pediculiformis* (COHN, 1866) KAHL, 1932 and *T. caudata* KAHL, 1932. Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.), **47**, 1-17.
- RAO, H. S. M. (1928): I. Studies on soil protozoa, Part 1. Protozoan fauna of some Mysore soils. J. Indian Inst. Sci., **11A**, 111-116.
- SCHEWIAKOFF, W. (1892): Über die geographische Verbreitung der Süßwasser-protozoën. Ver. Nat.-Med. Ver. Heidelb., (NS) **4**, 544-567.
- SCHEWIAKOFF, W. (1893): Über die geographische Verbreitung der Süßwasser-Protozoën. Mém. Acad. Impér. Sci. St.-Pétersbourg (7^e série), **41**, 1-201.
- SOLDO, A. T. and E. J. MERLIN (1972): The cultivation of symbiote-free marine ciliates in axenic medium. J. Protozool., **19**, 519-524.
- STEIN, F. (1867): Der Organismus der Infusionstiere nach eigenen Forschungen in Systematischer Reihenfolge Bearbeitet. II. Leipzig, 355pp. (monograph on heterotrichs).
- SZABO, M. (1935): Neuere Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Halteria* (Protozoa, Ciliata). Arch. Protistenk., **86**, 307-317.
- TUCOLESCO, J. (1962): Protozoaires des eaux souterraines. I. 33 espèces nouvelles d'infusoires des eaux cavernicoles roumaines. Ann. Speleol., **17**, 89-105.