

## 草食動物消化管内に生息する繊毛虫の分類と系統

今井 壯一 (日本獣医生命科学大学獣医学部獣医寄生虫学教室)

## Phylogenetic taxonomy of the ciliate protozoa inhabiting intestine of herbivorous mammals

Soichi IMAI (Faculty of Veterinary Science, Nippon Veterinary and Life Science University)

## SUMMARY

Many and various ciliates inhabit the alimentary tracts of large herbivorous mammals. Most of these ciliates belong to two orders, Entodiniomorpha and Vestibuliferida, which are considered to be restricted to this unique habitat. These two orders include about 400 species, separated into 18 families. Of these families, some are detected from a relatively wide range of hosts, while some are closely associated with the respective host species. For example, the members of the families Buetschliidae and Cycloposthiidae are distributed in many host species, including horses, rhinoceroses, elephants, tapirs, hippopotamuses and capybaras, but in contrast, species belonging to the family Ophryoscolecidae are detected only in ruminants, Ditoxidae is found only in horses, and Polydiniellidae occurs only in elephants. As these families are considered to have evolved in parallel with their host species, the comparison of the ciliate fauna in the respective hosts would supply a model for co-evolution. A phylogenetic tree based on the distribution of these ciliates generally agrees with that based on comparative morphology. Although molecular phylogenetic trees of this group also support this hypothesis, there are conflicts in some families or genera. Accumulation of additional data is necessary to elucidate the phylogenetic relation of these ciliate groups.

大型の草食性哺乳類である有蹄類の消化管は効率よく植物繊維を分解するための優れた機能を有している。すなわち、難分解性の食物を長時間にわたって消化管内に滞留させるために一部が膨化し、そこに生息する多数の微生物に栄養物質の分解を委ねている。これらの草食動物は、植物の分解場所として、消化管前部が膨化したもの（前腸発酵者：反芻動物、ラクダ、カバなど）と、盲結腸が膨化したもの（後腸発酵者：馬、バク、サイなど）に分けられ

るが、いずれにも前庭目 (Vestibuliferida) およびエントディニオモルファ目 (Entodiniomorpha) に限定される繊毛虫類が多数生息している。また、これらの繊毛虫は有蹄類以外の草食動物である霊長目のゴリラ、チンパンジー、齧歯目のカピバラなどの消化管にも生息していることが知られている。前庭目は6科、エントディニオモルファ目は3亜目12科に区分され、現在までにおよそ400種が記載されているが、これらの目内には近縁の自由生活性繊毛虫が存

在せず、早い時期に草食動物の消化管という特殊なハビタートに適応したものと考えられる。これらの繊毛虫類が消化管をハビタートとして選んだ背景には、宿主のホメオスタシスによる安定した生息環境と、定期的に流入してくる食物の提供があることが考えられる。これに対して、これらの環境中では、酸素不足がデメリットとして挙げられるが、自由生活性繊毛虫の中にも溶存酸素量が著しく低い富栄養環境下で生息するものが多く存在しており、酸素の不足はこれらの繊毛虫にとって必ずしも大きな問題とはならない。また、消化管内の中で大量のタンパク分解酵素が分泌される腺胃や小腸を避けることにより、宿主による消化から逃れることも可能となる。

上記2目のうち、とくにエントディニオモルファ目繊毛虫は、特異な形態をもつものが多く、形態学的分類は属レベルまでは比較的容易である。一方、科レベルでは宿主範囲に特徴があり、ブチリア科 *Buetschliidae* やキクロボスチウム科 *Cycloposthiidae* はカバ、馬、バク、サイ、ゾウ、カピバラなど広い範囲の宿主から検出され、ブレファロコリス科 *Blepharocorythidae* も反芻動物、馬、ゾウなどに見られるが、これに対してオフリオスコレックス科 *Ophryoscolecidae* は反芻動物のみに、ディトキサム科は *Ditoxidae* は馬のみに、ポリディニエラ科 *Polydiniellidae* はゾウのみに、パレントディニウム科 *Parentodiniidae* はカバのみに認められる。このことは、宿主草食動物が多岐に進化した第三紀暁新世から始新世にかけてのかなり初期の段階で繊毛虫が消化管内に定着し、それぞれの宿主の進化とともに独自に進化したことを示唆しており、後腸発酵者から前腸発酵者へと進化したと考えられている宿主との共進化の一モデルとして興味深い一群であると考えられる。

これらの進化を類推する上で有用な方法には、各

宿主間での繊毛虫分布、虫体の比較形態学、鍍銀染色による虫体口部および体部の *infraciliature* の比較、および分子系統学的検討などがある。まず、上述したように、宿主間分布については、宿主範囲の広いグループは早期に定着が起こり、宿主固有性が高いものは現生の宿主が出現した後に分化したものであることが推察される。比較形態学的検討および鍍銀染色による *infraciliature* の比較ではおおむねこの仮説が支持され、構造の簡単なものから複雑なものへの方向性が認められる。しかしながら、現在までに得られている分子系統樹では形態学および宿主間分布に基づいた系統樹とは一部にかなりの相違が見られる。この相違については、各宿主への二次的定着によるものとも考えなければならないが、分子系統樹に関して未だ比較すべき遺伝子配列が不明の科あるいは属も多く、これらを明らかにすることにより、信頼性の高い系統樹の作成が要求される。とくにエントディニオモルファ目の中で原始的であると考えられているブチリア科およびブレファロコリス科繊毛虫の解析が必要であろう。

#### [文献]

- 1) Dogiel, V.A. (1927) Arch. Protistenkd., 59, 1-288.
- 2) 今井壮一 (1995) 原生動物学雑誌, 28, 1-9.
- 3) Imai, S. and Guirung (1990) Jpn. J. Vet. Sci., 52, 1069-1075.
- 4) Imai, S. et al. (1991) Europ. J. Protistol., 26, 270-278.
- 5) Ito, A. et al. (2002) Europ. J. Protistol., 37, 405-426.
- 6) Kornilova, O.A. (2004) History of Study of Endobiotic Ciliates of Mammalia. Tecca, St. Petersburg. 349 pp.
- 7) Ogimoto, K. and Imai, S. (1981) Atlas of Rumen Microbiology, Japan Scientific Societies Press, Tokyo. 231 pp.
- 8) Wright, A.D.G. et al. (1997) J. Euk. Microbiol., 44, 61-67.