

ディディニウムの研究における特徴・位置付け・一般性と 機能・構造・他関連・限界

浅井 博¹, 権 寧一², 上野 貴将³

(¹早稲田大・理工学総合研究センター, ²早稲田大・理工学術院,

³熊本大・エイズ研究センター・ウイルス制御)

Characteristic value generality of *Didinium nasutum* research and structure, function, related-matters and limitation

Hiroshi ASAI¹, Young-Ile KWON² and Takamasa UENO³

(¹Adv. Res. Inst. Sci. Engn., Waseda Univ. ²Grad. Sch. Sci. Engn., Waseda Univ.

³Virus Control Div., AIDS Res. Ctr., Kumamoto Univ.)

SUMMARY

We discuss characteristics, value, and generality of protozoan *Didinium nasutum* for basic research. Especially, with high-speed movement, carnivorous behavior, two bands of cilia in cell body are unique. It is anticipated for the rapid advancement of physiological and molecular biological research.

【目的】 どんな分野の研究でも、その目的にもっとも適した研究対象を選ぶのが得策である。そこで、単細胞動物のディディニウム (*Didinium*) を材料に選び、どんな特徴と機能をもった研究材料かを論じる。繊毛虫類に属するディディニウムは種々のユニークな特徴をもっており、未来型の基礎研究に適した研究材料の一つであることを本論文で論じる。表記において、「ディディニウム」の代わりに、「ゾウリムシ (*Paramecium*)」や「ラクリマリア (*Lacrymaria*)」と置いてもよいし、繊毛虫と置いても意味は成り立つ。かけ離れた分野の太陽系地球においても適切な題名となっている。応用範囲の極めて広い題名になっている。誰でも知っている「5次の代数方程式の解」と表題に置けば、表題の素晴らしさは一目瞭然であろう。本論文の主張の半分は、この表題の一般適用性にある。

【材料と方法】 ディディニウム (*Didinium nasutum*) は和名ではシオカメウズムシと呼ばれる。酒樽や甕のような中心軸対称の形をしているからである。大きさは約 50 μm である。繊毛虫類のなかでは、ゾウリムシと同じように興味ある研究対象と著者は考えている。研究の対象としては、特徴と他分野への関連性の高いものを選ぶのが得策であると考えたい。そこで、過去の英文未発表の研究を含めて、研究結果を列挙することにした。

【結果と考察】

補食行動

ディディニウムは、ゾウリムシ類を得得的に補食

する。いわゆる肉食性の原生動物である。より体長の大きいゾウリムシを一日当たり 7-8 個も食べる大食漢である。専門外の人には、トラやライオンが牛や馬を一日当たり 7-8 頭食する光景を想像するとよいと伝えることにしている。テトラヒメナなども補食するが、長続きしない。大食である理由としては、非捕食者の酵素類をそのまま活用しているという説もあるほどである。他の大食の理由としては、運動が極めて激しいことであろう。

繊毛の 2 本帯

ガードル状の繊毛の帯が 2 本ディディニウムの頭部と尾部に近いところに存在している。そのために、オートバイなどの二輪車のように、方向転換が素早くできる。メタクロールウエーブや繊毛逆転の動作を一本の繊毛帯レベルで研究できる。実際に、ディディニウムのトリトンモデルを作り、ATP の存在下で Ca^{2+} を変えて行動を観察したところ、ある Ca^{2+} 濃度範囲において、ディディニウムモデルは、対象軸に沿った回転をせずに、右方への方向転換や左方向への転換をするものが現れた¹⁾。これは、ある適当な Ca^{2+} 濃度で、ある部位の繊毛の活動が活発になり、反対側の繊毛の活動が鈍くなったか、その部位の繊毛打方向が逆転したかのどちらかであると考えられた。繊毛の帯の半周先まで情報の伝達があったと考えられる。当然、 Ca^{2+} 励起による cAMP か cGMP の関与が重要な役割を果していることであろう。

ペキシストとトキシスト

ゾウリムシがディディニウムの先端部分(鼻, プロボシス)に偶然に衝突すると、そ

の先端部分から槍状のペキシストなる構造物が伸長・放出してゾウリムシを串刺しにする。続いて、トキシストが放出されて、ゾウリムシを鼻の部分に引き寄せることになる。トキシストという名前は毒物を出す構造物という意味であろうが、毒物でゾウリムシを麻酔させるのかどうかは、まだ定かではない。さらにペキシストとトキシストの二種類あるのか、同じものが約半分づつ放出されるのかもまだはっきりとは確定していない。

ペキシストやトキシストと同じ機能をもった構造物は、繊毛虫類のなかにもいろいろある。たとえば、ゾウリムシには、トリコシストと呼ばれる器細胞内官があり、テトラヒメナにはムコシストがある。三者とも似た機能と特徴をもっていると考えられる。かつて、ゾウリムシのトリトンモデルを大学院院生が研究していたときに、未発射(undischarged)トリコシストが発射(discharged)トリコシストになるときに、 Ca^{2+} 濃度が重要であることを世界に先駆けて発見した。しかし、何処かで誰かがすでに見付けているかもしれないと考えなおし、Chemical abstractで調べたところ、Hoffmann-Berrigがすでに見付けており、あまり知られていないドイツ語科学雑誌に掲載されていた。彼に1985年ハイデルベルグのマックス・プランク研究所でお会いしたときに、訊ねたら誰かがもっとトリコシストの構造研究をしたらよいのにと云っていた。未発射トリコシストに Ca^{2+} を添加して、発射型への変換の割合の研究をしたことがある。ツリガネムシのスパズモネームの収縮の研究結果よりも、 Ca^{2+} 濃度の勾配が急峻であった。ヒルパラメーターにして、約8となった(未発表データ)。このことは、スパズモネームの収縮よりもゾウリムシのトリコシストの方がより急峻に未発射型から発射型へ変換することを意味する。まだ未研究であるが、同じことは、ディディニウムの Ca^{2+} 励起ペキシスト・トキシストにも当てはまるだろう。

エンシトメントとエクシトメント

ディディニウムは餌としてのゾウリムシを食べ尽くすと、間もなくシストになる。高温や低温に晒してもシストになる。原生動物ではシストになって、食料難の時期をやり過ごすものは多い。しかし、ゾウリムシはシストにはならないが、もっとも好ましい餌である。自然状態の池や河川でゾウリムシが皆無のときには、どうして餌にありつけるのであろうか？ゾウリムシ以外の餌動物を発見することは、大切な研究であろう。シストになったものにゾウリムシを加えるとエクシトメントしてもとのディディニウムに孵る。そのときのキー因子は何であらうか？それは、ゾウリムシなどの餌となるものであろうか？権らはこの研究を長く続けたことがあった。結論として、バクテリアや餌としてのゾウリムシではなくて、多糖類であることを発見した。単糖類や二糖類はエクシトメント因子にはならなかった。

シストになったものを再びエクシトメントするのは、約70%の確立しかない。何故に100%ではないのであろうか？エクシトメントした後のリスクを避けるためだという意見もある(楠岡氏の意見)。さらに、ディディニウムにはシストになり難い種もある。

細胞サイクル(分化・進化)

我々の予備的観察によれば、エクシトメント途中のある時期に、ディディニウムはゾウリムシのように全毛となることが分かった。個体発生は系統発生を繰り返す、という標語を考えると、ディディニウムの分化・進化に関係することであろう。分子論的な分化・進化の研究にディディニウムが使用されることが期待される。

ディディニウムの電気生理学的研究

我々がディディニウムの研究を始めたのは、電気生理学的研究からである。ディディニウムがゾウリムシと偶然的に衝突した後、被捕食者としてのゾウリムシを認識するのは、ゾウリムシの糖タンパク質を認識するからである²⁾。そのときディディニウム側の化学受容器と機械受容器の膜電位が変化する。変化高は外液のカルシウムイオン濃度依存性であった。

凝集反応と未知のメイティングタイプ

ゾウリムシと同じような凝集反応の起りやすい液条件にすると、ディディニウムでも同じことが起きる。しかし、まだ誰もメイティングタイプを特定していない。ペアーを作ったあと、全てのペアーは死滅するからである(集団心中)。老化したゾウリムシでこのような集団心中は起こり得るが、それは遺伝子の老化の為である(樋渡宏一故教授の談)。老化していないディディニウムを見付けるためには、十数か所以上でディディニウムを採集する必要があるということである。それが大変難しい。河川・溜池でディディニウムを見付けるのはゾウリムシに比べて難しいからである。

老化した原生動物の遺伝子を若返らせる方法を開発することは極めて重要であろう。

結論

以上述べてきたように、ディディニウムはいろいろユニークな性質を持った原生動物である。2本の繊毛の帯やトキシスト・ペキシストなど他の繊毛虫類と似た細胞内器官もある。似た細胞内器官を持ちながら、適者生存のためにユニークな進化を遂げた種と考えられる。この点に関して、繊毛虫類の中ではツリガネムシとともに、二大研究材料であるという、偏見を著者らは常々持ち続けてきた。研究を大いに発展させるために続々と若き研究者が現れることを期待する。

【文献】

- 1) Iwadate et al. (1997) Protoplasma, 200, 117-127.
- 2) Miyake and Harumoto (1993) J. Eukaryot. Microbiol., 40, 27A.