

## 水生食虫植物ムジナモの消化・吸収と微細構造

### Ultrastructure of *Aldrovanda vesiculosa* during digestion and absorption

理学部生体制御学科 金子 康子

Department of Regulation-Biology, Faculty of Science

Yasuko KANEKO

*Aldrovanda vesiculosa*, an almost extinct aquatic carnivorous plant, was propagated successfully in vitro and maintained ex-vitro through its whole life cycle. Preliminary ultrastructural studies were conducted to investigate the function of gland cells on carnivorous leaves during digestion and absorption.

ムジナモ(*Aldrovanda vesiculosa* L.)は水面下に浮遊し、ミジンコなどの水生小動物を捕食する食虫植物である(図 1, 矢印:ミジンコ). かつてはアメリカ大陸を除く世界各地に点在していたが, 第二次世界大戦以降の急速な環境変化により激減し, 世界的に絶滅が危惧されている. 日本では, 1890 年に利根川流域内で牧野富太郎により発見され, 捕虫葉を輪生する植物の形がムジナ(タヌキの別名)の尾に似ていることから, ムジナモと命名された. 第 2 次世界大戦後までは, 豊富な湧水のあった埼玉県羽生市宝蔵寺沼を中心に多量に増殖していたが, その後の水環境の悪化に伴い次々と姿を消した. 現在は国指定の天然記念物として, 国内最後の自生地であった宝蔵寺沼で羽生市教育委員会とムジナモ保存会会員の尽力により維持されている. 私達の研究室では, このムジナモを次の 3 つの目的で研究に用いてきた: ①ムジナモを組織培養技術によりクローン増殖させ, 野外へもどす方策を確立すること, ②ムジナモが絶滅の危機にさらされている要因を明らかにすること, ③ムジナモを実験材料に用いて生命現象を解明すること, である. これまでに, クローン増殖したムジナモを野外へ出して生活環を回すことができるようになり(1), 現在, ムジナモの生育と水環境要因の関連を追究するための研究を続けている. また, クローン増殖により年間を通して実験材料を得ることができるようになり(図 2), ムジナモの生活環にみられるユニークな機能と微細構造とを解明するための研究にも着手した(2). 本稿では, そのうちのひとつである, ムジナモの消化・吸収機能と微細構造に関する研究について紹介したい.

ムジナモは, 二枚貝のような形をした捕虫葉で獲物をはさみ込んで捕らえ(図 1), そこで, 獲物の消化と養分の吸収を行う. 若い捕虫葉の片側を切り出し, 走査電子顕微鏡の直接観察法(3)で観察すると, 捕虫葉の内側表面に 3 種類の腺毛が観察できる(図 3). 獲物を感知し運動細胞に刺激を伝える細長い感覚毛(図 3:SH)が 2 列に並び, 消化酵素を分泌する消化腺毛(図 3, 4:D)が点在している. 葉縁部には養分を吸収すると考えられている X 型の吸収毛(図 3, 5:Ab)が並ぶ. ムジナモについて初めて学術的な記載をしたのはチャールズ・ダーウィンで, 消化腺毛は消化のみを行い, 養分は吸収毛から取り込まれると考えた(4). 1904 年にフェンナーは, 切り出した捕虫葉に肉汁を吸収させる実験を行い, ダーウィンの説とは異なり消化腺毛は消化と吸収の両方を行うとした(5). それから約 100 年後の現在でも, いまだにムジナモの消化腺毛と吸収毛の機能の解明にはいたっていない.

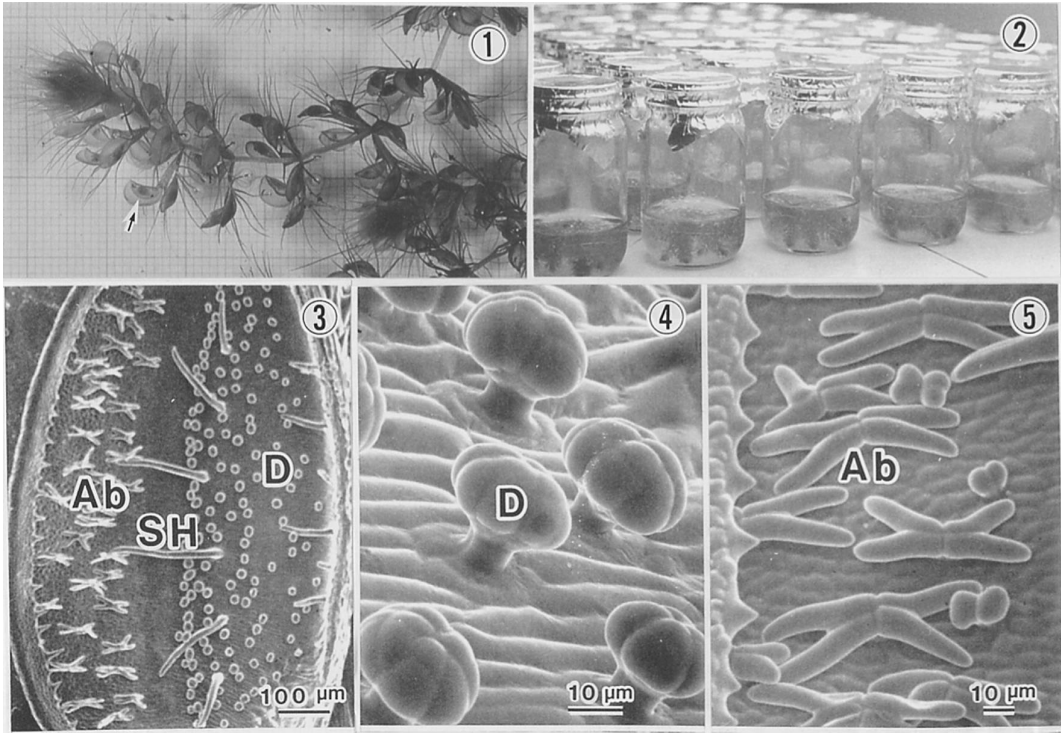


图 1-5

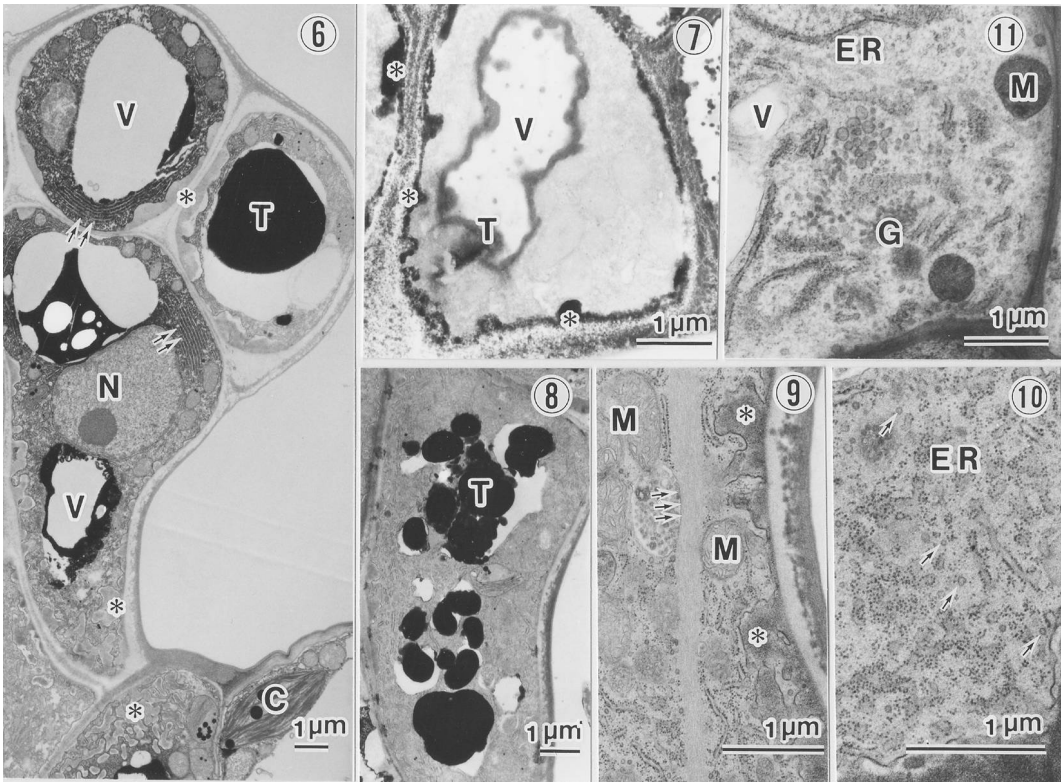


图 6-10

成熟した消化腺毛の微細構造を透過電子顕微鏡で観察すると、いくつかの特徴的な構造が存在することがわかる(図 6). 液胞(V)には電子密なタンニン(T)のかたまりがあり(タンニン液胞と呼ばれる), 細胞壁は細胞内部に向かって突出している(図 6, 8, 9:※印). この細胞壁の突出は分泌や吸収を行う植物細胞に特徴的に見られる構造であり, 図 6 の下部に見られるように, 迷路 (labyrinth) のように入り組んだ構造を取ることもあることからラビリチン壁 (labyrinthine wall) と呼ばれる. また, 多数の層が重なった層状の ER(小胞体)がしばしば見られる(図 6:2 本矢印). 消化酵素のひとつである, 酸性フォスファターゼの局在をセリウムを用いた細胞化学法で調べると, 主に消化腺毛頭部の細胞壁突出部に強い酵素活性が確認できた(図 7:※印)(6). 切片上で X 線分析を行った結果, 図 7 の細胞壁の電子密な沈殿には反応生成物の局在を示すセリウムが含まれるが, 液胞(V)中の電子密な部分(タンニン;T)ではセリウムは検出されずカルシウムが含まれていた(7). 次に, 実際にミジンコを捕食中の消化腺毛の微細構造を観察し, 捕食前と比較してみることにした(図 8, 9, 10). 捕食前は一塊であることが多かった液胞中のタンニン(図 6:T) が多数の小塊に分かれ(図 8:T), タンニンを含む液胞自体も細分化していることが多かった. タンニン液胞の変化と, そこに存在するカルシウムの作用が消化腺毛の細胞機能にどのように関わっているのか, 興味深い. また捕食中の消化腺毛の柄の細胞中には多量のアクチン繊維の束がしばしば長軸方向に配置していた(図 9:3 本矢印). この繊維の束にミトコンドリア(M)などの細胞小器官や ER 膜などが蜜接している様子も見られた. 活発に活動している細胞内の構造や物質輸送にこの繊維の束が関与していることも十分考えられる. さらに, 捕食前は層状に配置していることの多かった ER(図 6:2 本矢印)は, 筒状の構造をとることが多くなった(図 10:矢印). 捕食中の消化腺毛に見られたこれら特徴的な微細構造の意義については, これから一つ一つ検討していく必要がある. しかし, 消化腺毛が種々の分解酵素を分泌するだけでなく, 柄の細胞を介して, 吸収も含めた活発な物質輸送を行っている可能性は大いにある.

一方, 吸収毛はどのような微細構造を持つのであろうか. 図 11 は, 急速凍結法により瞬時に凍結固定した吸収毛細胞の微細構造である(8). ここでも多くの ER やゴルジ体(G), さまざまな小胞類が観察され, 活発な物質輸送が起こっていることが示唆される. ムジナモが獲物を消化・吸収する過程で, 消化腺毛や吸収毛がそれぞれどのような役割分担をおこなっているのか, それぞれの機能とそれを担う微細構造を明らかにするための研究は端緒についたところである.

## 文献および注釈

1. Y. Kaneko, K. Atsuzawa, K. Nitta, A. Takatori, and H. Matsushima, *Proc. 4th International Carnivorous Plant Conference*, 197-199 (2002).
2. Y. Kaneko, K. Atsuzawa, K. Nitta, A. Takatori, and H. Matsushima, *Proc. 4th International Carnivorous Plant Conference*, 161-163 (2002).
3. T. Saito, T. Hirose, S. Horiuchi, A. Murakami, and H. Matsushima, *J. Electron Microsc.*, **44**, 39-44 (1995).
4. C. Darwin, *Insectivorous Plants*, John Murray, London, (1875)
5. C. A. Fenner, *Flora*, **93**, 335-434 (1904)
6. 厚沢季美江, 修士論文(2004)
7. X 線分析では日立サイエンスシステムズの中澤英子氏, 山田満彦氏にお世話になった
8. 新田浩二, 未発表