

藻類の滑り運動

真山茂樹

藻類には鞭毛を使わずに動くことのできるものがある。ランソウやツツミモ、そして珪藻には、基物の上を滑るように移動できる能力をもつものがあり、これらの行う運動は滑走運動 (gliding) と呼ばれている。滑走運動は鞭毛によるものと比べゆっくりしたものであり、高倍率の顕微鏡観察でも十分に動きを追えるものである。動きのメカニズムは、いずれの藻類においても完全に解明されているわけではない。ここでは、珪藻における滑走運動を解説する。

珪藻には滑走運動をする種としない種がある。滑走運動を行う珪藻は、通常シリカでできた殻に縦溝と呼ばれるスリットをもつ種類で、分類学的には羽状縦溝珪藻と呼ばれる仲間である。動きの速さは種類や細胞の状況および環境により異なるが、一般的なものでは1秒間に1～25 μmほどである (Round et al. 1990)。前進ばかりでなく後退もするが、細胞が基物に接していない時は動かない。滑走した後の基物の上にはわ

ずかな量の粘液がしばらくの間軌跡を残すことが知られている。

珪藻が滑走するメカニズムは長年議論の対象であった。古くは、細胞に墨汁を滴下し、その粒子の動きを顕微鏡で観察すると、粒子が一定の方向に動くことから、縦溝から水流が噴射されていると考える説があった。その後、縦溝から粘液物質が分泌されていることから、その物質が細胞外で吸水により膨潤し、その圧力で細胞が動くという仮説も提唱されている (Jarosch 1962, Gordon 1987)。しかし、今日、最も有力視されているものはアクチンフィラメントを組み込んだ運動仮説 (Edgar, L. A. and Pickett-Heaps 1982, 1984) である。この仮説は、以下の事実に基づいている。

縦溝の内側に位置する細胞膜の直下には、縦溝に沿ってアクチンフィラメントが走っており、その周辺には粘液物質を含む顆粒が多数観察されている。この顆粒は殻の中央部、すなわち中

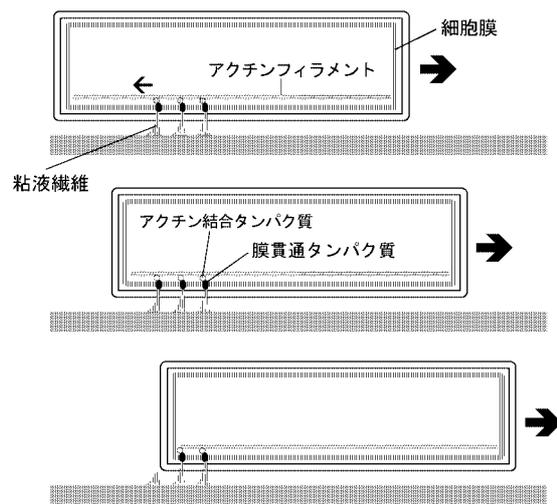


図1. 珪藻の滑走運動の模式図。縦断面。

心節 (central nodule) 付近に最も多く作られている。顆粒内の物質が細胞膜から外に粘液となって放出され、縦溝内を通過して殻の外に次々と放出されている。この粘液物質は繊維状になって放出されるが、その一端は細胞膜上に残り、もう一端が付着基物に接している。この物質の成分はムコ多糖であるが、グリコプロテインもしくはプロテオグリカンの含有が抗体 StF.H4 を用いた免疫蛍光法および免疫電顕法により示唆されている (Lind et al. 1997)。もともと珪藻細胞の殻は粘着性のある粘液性の細胞外基質により付着基物に緩く付着しているが、縦溝中を通過して放出される粘液繊維は、含有するグリコプロテインおよびプロテオグリカンという糖側鎖をもつタンパク質のために、より強力に細胞を基物に固着するようである (Wetherbee et al. 1998)。滑走運動した細胞の後方には、分泌された粘液繊維物質が線状に残るが、それはかなりの時間残存する。

動物における細胞 - 基物付着の研究では、細胞膜を貫通するタンパク質のインテグリンが知られている。この膜貫通タンパク質の内側ではアクチン付随タンパク質を介して、アクチンフィラメントとの結合が、また外側ではビトロネクチンもしくはフィブロネクチン含有の粘液繊維を介して基物との結合が行われる。珪藻においても、このような膜貫通タンパク質を介し、アクチンフィラメントと付着基物間の連結、すなわち、アクチンフィラメント - アクチン付随タンパク質 - 膜貫通タンパク質 - 粘液繊維 - 付着基物というつながりが想定されている (Wetherbee et al. 1998)。そして、アクチンフィラメントからの作用を受け、この一連のつながりが細胞中央部から端へ向かって移動する。粘液繊維の一端は基物に強く付着しているので粘液繊維が移動すると、細胞は相対的に逆方向へ移動することになる (図 1)。粘液繊維が殻の末端まで移動すると、そこには極裂 (polar fissure) という特殊な縦溝の形態が存在するため、粘液繊維は切り取られ、細胞後方に跡を残すようになる。この仮説は魅力的なものではあるが、現在の

ところ、膜貫通タンパク質およびアクチン付随タンパク質の存在は不明であり、また、アクチンフィラメントからどのように動きが生じるのかも解明されておらず、今後の研究が期待される。

珪藻には他の方法で動く種類もある。海産の *Ardissonea crystallina* は縦溝を持たない羽状無縦溝珪藻であるが、付着基物の上を滑走するのである (Pickett-Heaps et al. 1991)。この珪藻では殻端部で、殻と第一帯片の重なり目にできた溝状の隙間から粘液を出し、その推進力によって動くのである。ゆっくりと動き、秒速はわずか $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 。上半被殻と下半被殻の両方の隙間から粘液がでるため、珪藻が動いた後に残る2本の粘液の筋は、ちょうど船の後尾より水を噴射して動くジェット船の通った後のようである。

文献

- Edgar, L. A. and Pickett-Heaps, J. D. 1982. Ultrastructural localisation of polysaccharides in the motile diatom *Navicula cuspidata*. *Protoplasma* 113: 10-22.
- Edgar, L. A. and Pickett-Heaps, J. D. 1984. Diatom locomotion. *Prog. Phycol. Res.* 3: 47-88.
- Gordon, R. 1987. A retaliatory role for algal projectiles, with implications for the mechanochemistry of diatom gliding motility. *J. Theor. Biol.* 126: 419-436.
- Lind, J. L., Heimann, K., Miller, E. A., van Vliet, C., Hoogenradd, N. J. and Wetherbee, R. 1997. Substratum adhesion and gliding in a diatom are mediated by extracellular proteoglycans. *Planta* 203: 213-221.
- Jarosch, R. 1962. Gliding. p. 753-781. In: Lewin, R. A. (ed.) *Physiology and Biochemistry of the Algae*. Academic Press. New York.
- Pickett-Heaps, J. D., Hill, D. R. and Blaze, K. L. 1991. Active gliding motility in an araphid marine diatom, *Ardissonea* (formerly *Synedra*) *crystallina*. *J. Phycol.* 27: 718-725.
- Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. 1990. *The diatoms*. Cambridge University. Cambridge.
- Wetherbee, R., Lind, J. L., Burke, J. and Quatrano, R. S. 1998. The first kiss: establishment and control of initial adhesion by raphid diatoms. *J. Phycol.* 34: 9-15.

(東京学芸大学生物学教室)