

細胞運動の原点・運動システム進化の一つの見方・

総合文化研究科 生命環境科学系 大森正之

私達人間は運動能力を持つ動物であり、サクラやイチヨウは運動能力を持たない植物である。しかし、運動をしない植物でも、ひとたび細胞の中を覗くとそこは目まぐるしく原形質の運動する世界となる。葉緑体も光環境に応じてその位置を変えているらしい。私の研究材料である藍藻は葉緑体の祖先とも考えられており進化的には30億年の歴史を持っている。その藍藻には運動能力を持つものがある。

藍藻の運動についてはかなり古くから記載があり、その運動の様式も器物の表面を滑走するものから、自身が回転するもの、お互いの細胞が付いたり離れたりするものなど、様々である。しかしこの運動のメカニズムに関しては、未だに解明されていない。藍藻の運動機構が高等生物に見られるようなアクチンとミオシンのスライディングによるものではないことが以前から言われており、運動装置の発見が待たれている。

私が培養しているものの中に、スピルリナ (*Spirulina*) という藍藻がある。スピルリナはユレモと呼ばれる仲間属に属しており、栄養補助剤として知る人ぞ知る藍藻である。最近ではスピルリナ入りあんパンも売り出されているそうである。この藍藻が滑走運動能力を持つことは書物にも記載されているが、それを実感したのは次のような事実を観察したときである。あるときこの藍藻の培養フラスコの壁面がうす緑色になっているのに気づいた。目をこらして良く見ると、糸状の藍藻がガラスの表面を液面から気中にでて黄色くなりかかっていた。すなわち藍藻の「入空自殺」である。藍藻によってはかなりの距離（とは言っても数cm程度）をはい回った事になる。器壁への這い上がりは古い培養ほど顕著であった。

何が直接的な信号となってスピルリナの滑走運動が促進されるかについては、何も明らかにされてはいない。我々の実験からはヒトの血糖量の調節に重要な役割を演じている事で良く知られているcAMPという物質が運動の調節に関わっている可能性が推測される。すなわち、スピルリナの培養液にcAMPを少量(10⁻⁵M)加えるとスピルリナの運動が盛んになる。同時に呼吸活性も上昇する。では、cAMPはどのようにして運動を活性化するかと言う疑問が生じるが、この疑問に答えるのは容易ではない。おそらくcAMPが呼吸によるATPの運動装置への供給を促進するか、あるいは運動装置そのものをその合成を含めて活性化すると考えられる。

運動性を持つ藍藻には他にもシネコシステイス (*Synechocystis*) がある。この藍藻は単細胞性であり、ソーシャルモーターリティーと呼ばれる運動様式を示し、走光性があることが明らかにされている。この運動はピリ線毛 (pili) という運動器官により行われていると考えられている。我々はこの線毛の基部にATPを加水分解する能力をもつタンパク質があること、細胞表面に線毛の出し入れに関与するタンパク質があることなどを見い

だしている。

この藍藻においても、cAMPは運動の調節因子として働いている事が明らかになった。すなわち、cAMP合成酵素の遺伝子を破壊した突然変異株は運動性を示さなくなるが、この突然変異株にcAMPを与えると運動するようになったのである。cAMPがどのようにして運動を調節しているのかはやはり不明である。しかし、この藍藻に含まれるcAMP受容タンパク質 (SyCRP) の性質、機能を調べた結果、SyCRPはピリ線毛を構成するタンパク質の合成や細胞外への伸長に関わるタンパク質の合成に関与していると考えられる。

藍藻はどのような必然性の下に運動能力を獲得したのだろうか。単に海や湖の中を浮遊しているだけであるなら、積極的に運動する必要は無いと思われる。しかし地面や湖底を生活場所とするとなると話は異なってくる。そこでは、より良い光環境、栄養環境をもとめて移動する必要が生じる。そしてより良い環境を利用できたものが、長い進化の歴史を生き延びて来たのであろうと考えられる。

本シンポジウムでは、我々の最近の研究結果をまじえ、藍藻細胞の運動について考察してみたい。

参考文献

- K. Ohmori, M. Hirose and M. Ohmori. 1993. An increase in the intracellular concentration of cAMP triggers formation of an algal mat by the cyanobacterium *Spirulina platensis*. *Plant Cell Physiol.*, 34, 169-171.
- K. Yashiro, T. Sakamoto and M. Ohmori. 1996. Molecular characterization of an adenylate cyclase gene of the cyanobacterium *Spirulina platensis*. *Plant Mol. Biol.* 31, 175-181.
- K. Terauchi and M. Ohmori. 1999. An adenylate cyclase, Cya1, regulates cell motility in the cyanobacterium *Synechocystis* sp. PPC 6803. *Plant Cell Physiol.* 40, 248-251.
- H. Yoshimura, T. Hisabori, S. Yanagisawa and M. Ohmori. 2000. Identification and characterization of a novel cAMP receptor protein in the cyanobacterium *Synechocystis* sp PCC 6803. *J. Biol. Chem.* 275, 6241-6245.
- S. Okamoto and M. Ohmori. 2002. The cyanobacterial PilT protein responsible for cell motility and transformation hydrolyzes ATP. *Plant Cell Physiol.*, 43, 1127-1136