

人工纖毛モーターの創製

自己推進型人工纖毛モーターの創製

(北大院総化) 佐々木 簡、和田 将輝、伊藤 正樹、○井上 大介

(北大院理) Kabir Arif Md. Rashedul、(北大院総化・北大院理) 佐田 和己、角五 彰

[2Pe085]

(Tel: 011-706-3474)

北海道大学大学院総合化学院の大学院生 佐々木簡、同大学大学院理学研究院の井上大介博士研究員、角五彰准教授の研究グループは、波打ち運動する人工纖毛モーターを開発することに成功した。人工纖毛モーターは、生体から抽出された最少の構成要素からなる微小なサイズ(数ミクロン程度)のものであり、生体のエネルギー源であるアデノシン三リン酸(ATP)を消費して駆動する。この人工纖毛モーターを微小粒子などに導入することで生体環境下において駆動するナノ・マイクロマシンの開発にもつながると期待される。

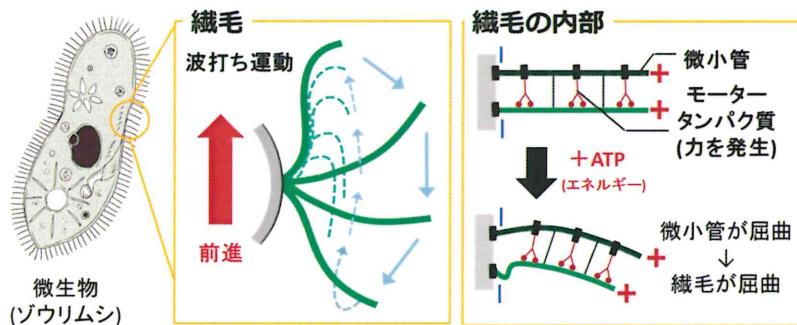


図 1. 繊毛の波打ち運動と纖毛内部の構造

纖毛はゾウリムシなどに代表される微生物の細胞表面から生えた微小な毛状構造であり、微生物は纖毛を使って水中を遊泳することができる(図 1)。纖毛の構造をより詳しくみると、纖毛は複数本の“微小管”とよばれるタンパク質繊維と微小管を屈曲させるモータータンパク質”から構成されている(図 1)。モータータンパク質により微小管が繰り返し屈曲し、纖毛が波打ち、オールのような働きをすることで微生物の体は前進する。

このように纖毛は微生物の遊泳運動に必要な構造であるが、これを人工の微粒子などに導入すれば、水中を泳ぐナノ・マイクロマシンを作ることができると期待される。纖毛をナノ・マイクロマシンに組み込むことは、次のような利点が考えられ、まず、纖毛の駆動力となるモータータンパク質は生体のエネルギー源であるアデノシン三リン酸(ATP)を消費して力を発生するため、既存の電気で駆動するマシンとは異なり外部電源を必要とせず、マシンの小型化に向いている点が挙げられる。他にはモータータンパク質のエネルギー変換効率が非常に高い(約 100%)点や生体環境下で駆動する点が挙げられる。

今回、我々の研究グループは、生体から抽出した微小管およびモータータンパク質を用いて、微粒子の表面に波打ち運動する人工繊毛モーターを構築した(図 2A)。具体的には、まず、微小管の形成に必要な材料と微粒子を混合し、微粒子表面から微小管を伸長させた(図 2A)。この伸長させた微小管には予め標識が施してあり、この標識を介して、遺伝子工学的な手法により改質を加えたモータータンパク質を微小管に結合させた。最終的にエネルギー源である ATP を系中に添加し、微粒子から伸長した微小管の運動を顕微鏡で観察した。微粒子表面には多数の微小管が伸長しており(図 2B)、モータータンパク質を導入することにより、微小管が束状の構造を形成することが確認された。ATP を添加する前では、微小管束の運動は観察されなかったが、ATP を添加した後、微小管が繊毛のように波打つ様子が確認された(図 2C)。

このように我々は微粒子表面に人工繊毛モーターを構築し、その波打ち運動を実現した。現在はまだ微粒子が遊泳できるほどの駆動力は得られていないが、今後、より詳細な条件検討により人工繊毛モーターの運動性を向上することで、ナノ・マイクロマシンへの実装が期待される。

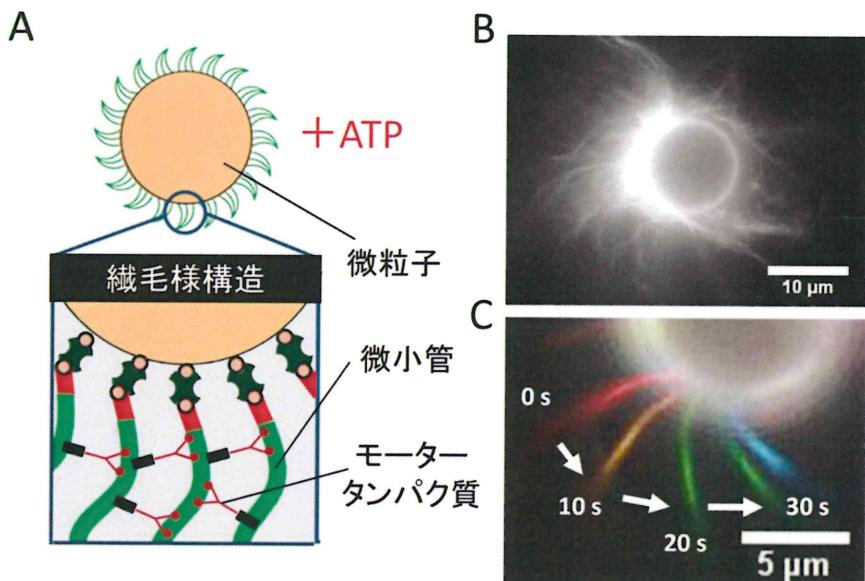


図 2 (A) 微粒子表面に固定した人工繊毛モーターの模式図、(B) 微粒子表面から伸長した微小管の顕微鏡像、(C) モータータンパク質を導入することにより、波打ち運動する微小管束(写真は複数の画像を重ね合わせ、微小管束の経時変化を擬似的に色をつけて示したもの)

<適応分野>

アクチュエーター、ナノ・マイクロマシン、人工繊毛、バイオミメティクス