

生体分子モーターを駆動源とする微小回転素子の構築

服部 真典 (平塚研究室)

【緒言】 生体の様々な運動を駆動する生体分子モーターは、大きさがナノメートルサイズで、化学エネルギーを力学的エネルギーに高効率に変換して運動するなど、従来の人工モーターとは異なった特徴を有している。生体分子モーターの一種であるキネシンは、細胞内で微小管という繊維タンパク質をレールとして、細胞小器官を決められた方向に運搬する役割を担っている。本研究では、生体外に再構築したキネシン・微小管の運動系を駆動源とするマイクロマシン、特に微小回転素子を構築することを目的とした。

【方法】 主に三つのステップにより、キネシン・微小管で駆動する微小回転素子を作製した。以前に我々の研究室で開発された微小管の運動方向を制御する技術を用いて、微小円形パターン(マイクロトラック)内で、微小管の運動方向を一方向の回転運動にした。次に、微細加工技術で直径約 20 マイクロメートルのマイクロディスクを作製し、微小管と連結するためのつなぎ役となるリンカー分子をディスクに固定した。最後に、マイクロマニピュレーターを用いてディスクをマイクロトラック内で回転運動している微小管と連結させた(図 1)。

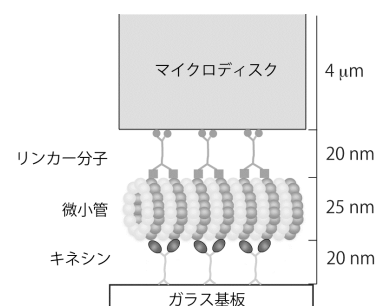


図 1. 微小回転素子の構造の模式図

【結果・考察】 微小管の運動がリンカー分子を介して、ディスクへと伝達された結果、微小管の運動方向と同じ方向にディスクが回転する様子を観察できた。しかし、ディスクがマイクロトラックから外れてしまうという現象が頻繁に見られた。生体外で数時間は動くキネシン・微小管を駆動源としているにも関わらず、ディスクは数分しか回転させる事ができなかった。そこで、上記の問題点を解決する事で回転時間の改善に取り組んだ。ディスクがマイクロトラックから外れる際に、何本もの微小管が一本の束となって、トラックのガラス面から剥がれる様子も観察された。微小管同士が束になったのは、リンカー分子の一部が微小管同士を結合させているためと考えられた。そこで、ディスクに固定するリンカー分子の構造を変える事で、微小管が束になる現象を防いだ。この解決策によって、ディスクの回転時間を増大させることができ、最長で 75 分間回転させる事に成功した(図 2)。

本研究では、ナノスケールのタンパク質とマイクロスケールの人工構造物を融合させる事によって、生体分子モーターで駆動する世界初の微小回転素子の開発に成功した。

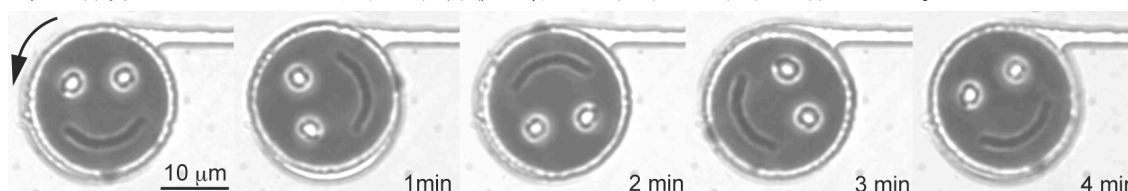


図 2. マイクロディスクの回転の様子 (1 分間隔)

【Keywords】 生体分子モーター、キネシン、微小管、微細加工技術、微小回転素子