生体触媒を用いた生化学式アクチュエーターに関する研究

A study of biochemistry actuator with biocatalyst

○小塚 真玄¹, 大越 隆弘², 斉藤 浩一³, 工藤 寛之³, 高雄 元晴¹, 三林 浩二³

¹東海大学大学院 工学研究科 情報理工学専攻, ²東京電機大学 理工学部 生命工学科,

³東京医科歯科大学 生体材料工学研究所

○Masaharu Kozuka¹, Takahiro Ohkoshi², Hirokazu Saito³, Hiroyuki Kudo³, Motoharu Takao², Kohji Mitsubayashi³

¹Graduate School of Information Science and Technology, Tokai University

²Department of biotechnology, Tokyo Denki University

³Institute of Biomaterials and Bioengineering, Tokyo Medical and Dental University

1. はじめに

生体内には、筋肉や正転・反転が可能な鞭毛モーターの様に、高性能な運動機構が存在する。これらは、人工的な機械と比較して非常に高いエネルギー変換効率を有し、また柔軟性にも優れているなどの特徴を持っている。生体内の運動機構が化学エネルギーを利用し、機械的エネルギーに変換していることから、このエネルギー変換機構を模倣・利用することで、より生体に近い柔軟性に優れた運動機構を構築できるのではないかと考えられる。これまで我々は、酵素を用いた各種の能動的な圧力発生システムを提案してきた。この圧力発生機構を用いて、パイプ内の構造体を回転させることにより、回転力を取り出す系を開発した。この圧力を使うことにより、鞭毛モーターと同様な液性駆動制御に基づいたアクチュエータの構築が可能と考えられる。本研究では、圧力発生機構によりケミカルモーターを開発し、その基本特性を調べた。

2. 実験方法

ケミカルモーターの回転実験系を図1に示す。まず、透析チューブ（外径：14 mm，厚さ：50 μm，MWCO：15,000）内部にカタラーゼ（CAT, 65,000 U/mg）、酵素を固定化することで、駆動源となるCAT固定化チューブを作製した。このCAT固定化チューブは過酸化水素溶液に浸すことにより、チューブ内部に過酸化水素が浸透し、酵素の触媒反応によって発生した酸素により圧力増加を生じる構造となっている。

Fig. 1 Experimental system of the chemical motor (left) and structure of the turbine (right).

次に、CAT 固定化チューブの先端にシリコンチューブを取り付け、その先端部分に回転構造体を取り付けることで、ケミカルモーターを構築した。計測では、CAT 固定化チューブを

各濃度に調整した過酸化水素溶液に浸すことにより、酵素の触媒反応によって発生する圧力によって、回転体が過酸化水素の濃度に比例した回転運動を行うかを確認することとした。

3. 結果および考察

図2は過酸化水素溶液の濃度に対する、1分間の回転数を表したものである。実験の結果、各過酸化水素の濃度に応じた回転体における回転数の上昇が確認され、1130.8~2004.2 (mmol/l) の濃度範囲における回転数は、

$$\text{rotating velocity (rpm)} = -286.45 + 0.351 [\text{H}_2\text{O}_2 \text{ (mmol/l)}]$$

で与えられることが確認された。また、相関係数は 0.996 であった。つまり、溶液の濃度を制御することで回転体の回転数を制御することが可能であった。

Fig. 2 Property of the chemical motor

4. まとめ

本研究では、生体触媒である酵素を利用することで、化学エネルギーを運動エネルギーに直接変換し、能動的な圧力発生を駆動源とした回転体を構築することができた。今後、CAT 固定化チューブ及び回転体部分の最適化を行うことで、さらなる高速回転化を目指していく予定である。

参考文献

1. 山口浩樹, 道具としての流体力学, 第4章 粘性のある流れを記述する, pp. 96-118, 2005
2. 岡本敏明 他, 21 世紀連合シンポジウム論文集, 生体触媒を用いた能動輸送型ポンプシステムに関する研究, pp. 269-270, 2003