

ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	4. 生体・環境関連高分子
中項目	4-6. バイオミメティックス
小項目	4-6-4. 人工筋肉（ソフトアクチュエータ）

概要（200字以内）	
<p>人工筋肉（ソフトアクチュエータ）にはゲルアクチュエータ、導電性高分子アクチュエータ、ラバーアクチュエータなどがある。ゲルアクチュエータは外部刺激による体積変化が駆動力となり構造が単純である。導電性高分子アクチュエータは電圧印加時のドーパントイオンの移動により伸縮し、高い発生応力が期待される。将来人工筋肉の定義である化学エネルギーを直接機械エネルギーに変換するアクチュエータの開発が求められている。</p>	<p>ソフトアクチュエータ： 化学的、物理的エネルギーを駆動源とする 高分子アクチュエータ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ゲルアクチュエータ</li> <li>■ 導電性高分子アクチュエータ</li> <li>■ 空気圧ラバーアクチュエータ</li> </ul> <p>将来目標：化学エネルギーを直接機械エネルギーに変換するアクチュエータ</p>
現状と最前線	
<p>現状： 人工筋肉とは化学エネルギーを機械エネルギーに直接変換するデバイスとして定義されているが、本項目では化学エネルギーの他に、電気、熱、光、磁気などの物理的エネルギーを駆動力とした高分子アクチュエータをソフトアクチュエータとして定義して、このソフトアクチュエータについて述べる。</p> <p>ソフトアクチュエータを出力（力×応答速度）の違いで分類するとパワーアクチュエータとマイクロアクチュエータに分けられる。パワーアクチュエータは主にロボットなどの人間の骨格筋に相当する動力源や、人工心臓や人工肛門などの人工臓器の駆動素子として応用が検討されている。一方、マイクロアクチュエータは、薬物徐放システム用デバイス、マイクロポンプやマイクロバルブ等への応用が考えられている。</p> <p>ソフトアクチュエータはその構造の違いで大別すると（1）ゲルアクチュエータ、（2）導電性高分子アクチュエータ、（3）ラバーアクチュエータ、などが挙げられる。</p> <p>ゲルアクチュエータは高分子の3次元網目構造体に水や有機溶媒などを含むゲルの体積がpH、熱、糖や抗原などの特定溶質、光、磁気、電場などの外部刺激により変化する現象を駆動力としている。ゲルアクチュエータは構造が単純であるためマイクロアクチュエータには適しているが、発生応力を高めるために架橋密度を上げると応答速度が低下するのでパワーアクチュエータへの応用には検討課題が残されている。導電性高分子アクチュエータは主にポリピロールなどの導電性高分子に低電圧を印加した時のドーパントイオンの移動により伸縮が発生し、最</p>	

近高い発生応力を有するアクチュエータの報告が行われている。空気圧ラバーアクチュエータは高分子ゴムチューブ内の空気圧を調整することでチューブの変位を機械的エネルギーに変換する。このアクチュエータ本体の構造は単純で発生応力も大きいですが、空気圧を調整する駆動部の重さが欠点となる。将来予測： 生体筋は電動モータと比較してパワーウエイト比、エネルギー効率が高いことからソフトアクチュエータにおいても生体筋を目指した研究が行われてきた。現在生体筋の100倍以上の発生応力を有する導電性高分子アクチュエータが報告されているが、出力、信頼性においてまだ検討すべき点が多い。特に高出力化のためにアクチュエータを太くすると全体を同時に駆動するための信号伝達や駆動力源となる物質の輸送が律速になることが問題となっている。そのためアクチュエータ本体の周りに信号伝達部と駆動力供給部を複合化した積層構造の構築が必要となるであろう。

現在、生体筋由来のタンパク質を配向させたゲルアクチュエータの研究が報告されているが、近い将来において、人工筋肉の定義である化学エネルギーを直接機械エネルギーに変換し、生体筋に近いパワーウエイト比、エネルギー効率を有するアクチュエータの開発が期待される。

■ ゲルアクチュエータ

原理：外部刺激によるゲルの体積変化

特徴：単純な構造、多種の駆動源、高出力化は困難

■ 導電性高分子アクチュエータ

原理：印加電圧によるドーパントイオンの移動

特徴：高発生応力

■ 空気圧ラバーアクチュエータ

原理：空気圧によるゴムの変位

特徴：単純な構造、駆動部の重量が欠点

参考文献：

ソフトアクチュエータ開発の最前線、編集代表 長田義仁、エヌ・ティー・エス、(2004)

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

薬物徐放システム用ゲルアクチュエータの実用化

マイクロポンプなどのマイクロアクチュエータの実用化

化学エネルギーを駆動源とした高エネルギー効率アクチュエータの実現

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

高パワーウエイト比・高信頼性アクチュエータの実現

化学エネルギーを直接機械エネルギーに変換する実用的人工筋肉の実現

キーワード

導電性高分子、外部刺激、ゲル、ソフトアクチュエータ、エネルギー変換

(執筆者：比嘉 充 )