

高分子ゲルによるアクチュエータデバイスの開発

○鏡 好晴 (北大工)、横井浩史 (北大工)、嘉数侑昇 (北大工)

要旨 生物のように物理的な柔らかさを持ちかつしなやかに動くアクチュエータを開発するために、アクリル系高分子からなる共重合ゲルを合成した。このゲルは柔軟性を有しつつ、アクチュエータとしての機械的強度を持ち、かつ任意の形状に加工できる特徴を持つ。本講演ではこのゲルを用いたアクチュエータデバイスの作製と運動挙動について報告する。

1. 緒言

ロボット技術の発達に伴い、現状のアクチュエータの改良ではなく、全く新しい素材の開発や新しい駆動原理によるアクチュエータの開発研究が行われている。その中の一つとして高分子ゲルがその新しいアクチュエータとしての可能性のある素材として注目されている。

高分子ゲルは高分子網目中に多量の溶媒を含んだ物質で、近年、外部からの刺激、たとえば電場、pH変化¹⁾、温度変化²⁾によりその体積を変化させるため、この性質を利用してアクチュエータとして応用しようとする研究が行われている。特に、水で膨潤したハイドロゲルは組成が生体に近いため、生体運動を模倣したアクチュエータの研究が行われている。しかし、一般に高分子電解質ゲルはもろくアクチュエータとして使用するには十分ではない。そこで、我々は柔軟性を有しつつ、アクチュエータとしての機械的強度を持ち、かつ任意の形状に加工できる高分子電解質ゲルを合成し、アクチュエータの作製を試みた。さらにこのゲルを用いて、高い電導度を有する導電性高分子を高分子ゲル表面上に形成させた金属を含まない高分子系素材からなる新規なアクチュエータデバイスの作製も試みた。

2. 実験

(i) 共重合ゲルの合成

ゲルの機械的強度を向上させるため長鎖アルキル基を有する疎水性モノマーを含む共重合ゲルを合成した。疎水性モノマーとしては、16-カルボキシヘキサデシルアクリレート、セチルアクリレート、ステアリルアクリレートを用いた。この疎水性モノマーと 2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸およびアクリル酸を架橋剤メチレンビスアクリルアミドおよび重合開始剤 α, α' -アゾビスイソブチロニトリルを用いて高分子ゲルを合成した。また今回はフィルム状のゲルを合成するため、ガラス板でフィルムの型を作り、その中で重合反応を行った。

(ii) 導電性高分子電極の作製

導電性高分子を高分子ゲル表面上に形成せる方法として、(a)可溶性導電性高分子をコートさせる、(b)ゲル表面上に導電性高分子を化学形成させる、2つの方法を考えた。

(a)可溶性導電性高分子の合成

有機溶媒あるいは水に溶解性のある導電性高分子を合成するため、置換基を有するチオフェンモノマーを用いて、酸化重合すること

により、可溶性導電性高分子を合成した。得られた合成物をキャスト法によりゲル表面上に形成させた。

(b)ゲル表面上への導電性高分子の形成

ピロール、チオフェンなどの導電性モノマーを酸化剤の入った溶媒中で直接高分子ゲル表面上に化学形成させた。

3. 結果と考察

図1に合成したゲルのヤング率を示す。疎水性の長鎖アルキルモノマーを導入することによりヤング率が大きくなることがわかる。これはアルキル基の疎水性によりゲルの膨潤度を制御できるためである。また、破断歪も増大し、アクチュエータとしての機械的強度を向上させることが可能となった。

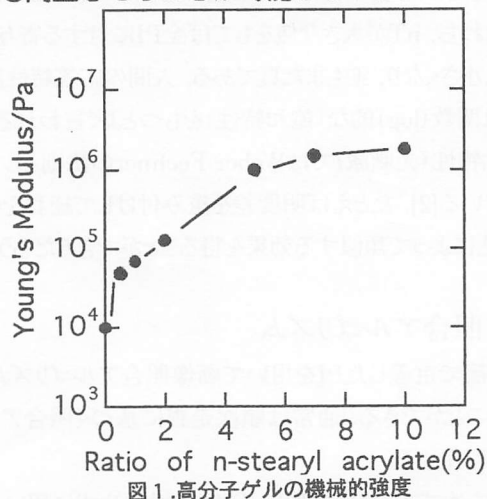


図1. 高分子ゲルの機械的強度

図2に得られたゲルを用いて、電場に対する変形挙動をレーザー変異計を用いて測定した結果を示す。得られたゲルをカチオン性界面活性剤中に入れ、10Vの電場を繰り返し印加することにより行った。測定の結果、このゲルは電場に反応して屈曲挙動を示すことがわかった。これは、電場に反応してカチオン界面活性材が電気泳動し、高分子ゲル内のアニオン性官能基と反応し、高分子ゲルフィルム内の膨潤度が変化するために起こる現象であ

る。得られたゲルは図1に示すヤング率からもわかるように、柔軟性を有しつつ、強度的に優れ、繰り返し変形させることができる。

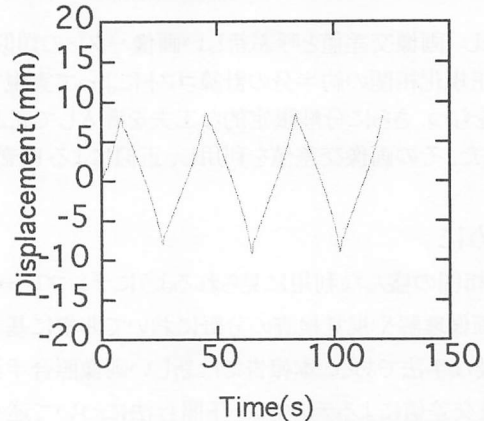


図2. 高分子ゲルフィルムの変形屈曲挙動 (モノマー組成比SA:AA:AMPS, 5:20:75),

また、変形スピードは、疎水性モノマーの導入量が増加すると、減少する傾向が見られた(図3)。これは、疎水性モノマーの増大によるヤング率の増大、膨潤度の減少、アニオン性官能基の減少によるものと考えられる。

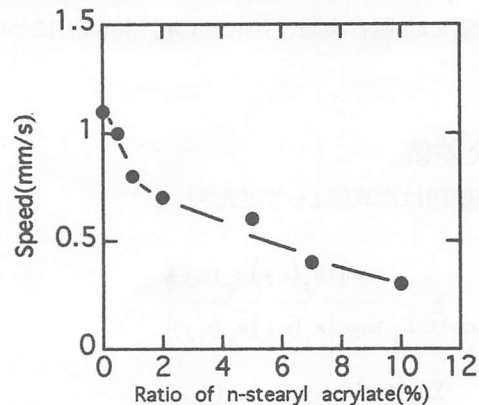


図3. 高分子ゲルフィルムの変形速度

我々はさらにこのゲル上に導電性高分子の電極を形成させることを試み、金属を含まない高分子系素材からなる新規なアクチュエータデバイスの作製も試みた。

参考文献

- 1) Y.Kagami, G.B.Park, J.P.Gong, Y.Osada. IUMRS-ICA-97, p152(1997).
- 2) Y.Kagami, J.P.Gong, Y.Osada, Macromol.Rapid Commun. 17,539(1996).