

発明の名称： 液晶ゲルの製造方法、液晶ゲルの設計方法

出願人： 東京工芸大学 特許番号： 特許第 6687333 号

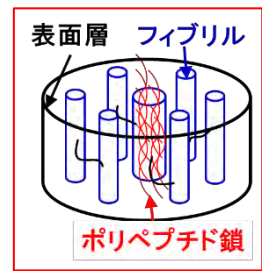
発明者： 比江島俊浩（東京工芸大学工学部教授）

【発明の背景】

高分子ゲルとは、高分子のネットワークと溶媒とからなるソフトマテリアルであり、食品や生活用品などの分野で古くから利用されてきた。高分子ゲルには本来、液体の特性を保持しながらもその形態を固定化するだけでなく、光や pH、温度、溶媒組成などの外部環境の変化を感知して体積を不連続に変化させる機能を有している。これまでアクリル系樹脂を使ったゲルを人工筋肉やセンサー、太陽電池用の高分子ゲル電解質へ応用する研究が活発に続けられてきた。しかしながら、非晶性高分子ゲルを湿式デバイスで活用するためには、ゲルそのものの力学的な「もろさ」の改善はもとより、非晶性高分子に本質的に内在する溶剤亀裂や応力亀裂といった欠点を克服しなければならない。

【解決手段】

人工合成のポリペプチドは、高濃度溶液中でコレステリック液晶相に由来する高い配向特性と分子運動性を示すものの、固体中では高分子鎖間の相互作用が強く、二量体もしくは四量体などの会合体を形成するため力学的に極めて「もろく」、弾力性に欠け、そして分子運動性も悪い。そこでポリペプチド液晶を外部応力下でゲル化すれば、液晶の持つ高い配向性と分子運動性を保持しつつもその形態を固定化できるのではないかと着想するに至った。我々はポリペプチド液晶を磁場中でゲル化したところ、右図に示すようにゲル内部にはポリペプチド鎖の絡まりあったフィブリルが磁場に平行に配向しており、その表面には弾力性のある強靱な角質層を形成していることを見出した。



【世界最高レベルの超高速・高感度応答性を有するポリペプチド液晶ゲル・アクチュエータ】

従来の非晶性高分子を用いた光応答性高分子アクチュエータは、80mW 相当の紫外光を照射することで、光屈曲性の実現とその駆動時間の短縮化を図ってきた。しかしながら、それでは高圧水銀灯のようなハイパワーの光源を必要とするだけでなく、非晶性高分子ゲルに内在する応力亀裂の欠点を克服したことはない。今回我々は、光異性化反応を示すスピロピランを側鎖に導入したポリグルタマート (PSPLG) を磁場中でゲル化したところ、空气中 2 mW (従来比 1/40) の 365 nm 光を 1 分照射しただけで最大変位量の 60% (屈曲角 $\theta=55^\circ$) に達する世界最高レベルの超高速・高感度の光運動性を実現することに成功した (図 1 参照)。さらに架橋剤の化学的な性質を親水性から疎水性に変えると、このゲルの屈曲性は光源から遠ざかる向きと反対に近づく向きの双方向に光屈曲性を示すことを世界に先駆けて初めて見出した。PSPLG 液晶ゲルのフォトメカニカル効果は、メカニズムを図 2 に示す。

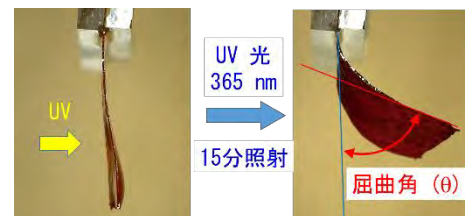


図 1 PSPLG 液晶ゲルの光屈曲性

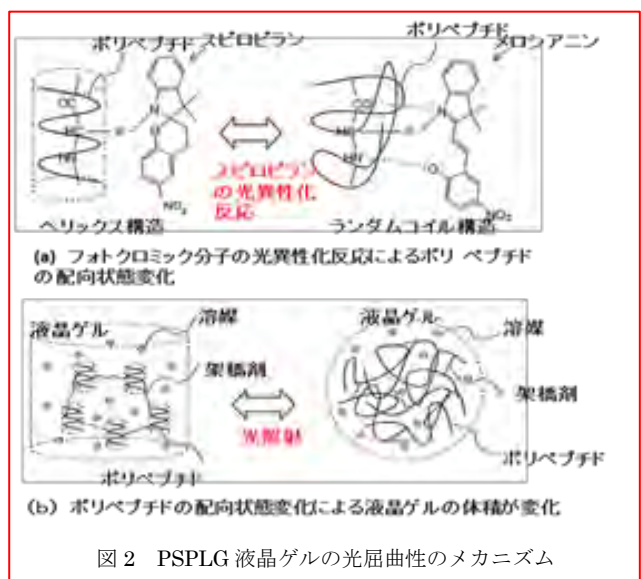


図 2 PSPLG 液晶ゲルの光屈曲性のメカニズム