

P6-6(1)-(3)

## 生体高分子並びに合成高分子の集合体からなる自立応答 機能材料に関する研究

○平井利博、藤井敏弘、小林俊一、渡辺真志、白井汪芳

信州大学 繊維学部 素材開発化学科

### 1. 要約

ポリマーを電場で駆動する方法として、膨潤溶媒を含むゲル材料、可塑剤によって可塑化された柔軟材料、溶媒や可塑剤を含まないエラストマーにわたる広い材料の高速大変形が可能であることを示してきた。特に、非イオン性材料について、それらが電気エネルギーの低い散逸条件で大変形すること、その変形に多様性があることを明らかにしてきた。本年度は、高速化に必要な新たな条件として注入電荷の非対称分布を制御する手法を検証し、それが効果的な手法であることを確認した。(P6-6(1)) これらの手法による駆動法の適用により、マイクロポンプ・バルブ、自律応答レンズなどのプロトタイプを提案した。(P6-6(3)) 一方で、生体高分子の集合体に化学的なトリガーを利用する駆動法の一例として、生体筋由来の成分の再構成を行い、それが高い可能性を持つことを見出した。(P6-6(2))

### 2. 可塑化ポリマーの電場による変形と、 その高速化 (P6-6(1),(3))

高分子ゲルの場合に、「電荷注入・溶媒牽引」でゲル内に電場方向の圧力分布を誘起して屈曲を得るという機構を提示した。可塑化ポリ塩化ビニル (p-PVC) の場合には、溶媒牽引は見られない。本年度は、このクリープ変形の詳細な過程を検討した。その結果、注入電荷はホッピング伝導により移動し、対極電極上に蓄積し、その結果、蓄積電荷による電極上へのタッキングが現れ、「アメーバの原形質流動に由来する変形に類似したクリープ変形」を生じる。これを「折れ曲がり変形」に応用した。また、このような変形を "Electrotactic Deformation" と命名した。さらに、非対称電極の影響を

検証し、一例として、約 100° の屈曲を 60 秒から 30 ミリ秒に短縮できた。電極の非対称性は電荷の非対称な蓄積を促進する場合に「折れ曲がり」が促進、逆の場合に、抑制される。P-PVC では、バルク電流値が nA レベルであるにも関わらずこのような高速大変形が可能であることは、汎用の誘電性高分子の高速大変形材料への一般的な可能性を示し、可塑化ポリメタクリル酸メチルなどでも同様の効果を誘起できることを明らかにできた。ただし、可塑化 PMMA の場合の変形は可塑化 PVC の場合とは異なり、電荷の集中は注入電極側となり、電荷の対極上への移動は伴わない。

今後、柔軟材料内での電荷の非対称分布の制御に基づく駆動手法を応用することで実用的な高分子駆動デバイスへの展開が期待できる。

デバイス化のモデルとして、マイクロリアクター用のマイクロポンプ・バルブと自律応答レンズの試作を行った。フローポンプとしては、収縮・弛緩を利用したバルブ機能とポンプ機能を併せ持つタイプのポンプとゲル中の溶媒牽引と液々界面摩擦を利用する電気流動 (EHD) ポンプ、自律応答レンズはゲルの屈曲を利用する焦点可変デバイスである。

### 3. 生体高分子の集合体形成を利用した 化学トリガーによる自律応答機能の開発 (P6-6(2))

従来、アクチンやミオシンの混合物からのゲル化物は、効率的な駆動材料に有効ではないということになっている。本研究では、精製したアクチン、ミオシンを試料に物理架橋を導入して得られたゲルが骨格筋の収縮率には及ばないが明瞭な応答を得ることができた。