

平成 22 年 4 月 23 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19050002

研究課題名（和文）光メカニカル機能を持つ時空間高分子材料の創成

研究課題名（英文）Development of spatio-temporal polymer materials with photo-mechanical function

研究代表者

吉田 亮（YOSHIDA RYO）

東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号：80256495

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学、材料化学・有機工業材料

キーワード：フォトクロミズム、高分子ゲル、振動反応、機能性表面、アクチュエータ

1. 研究計画の概要

我々はこれまで、化学振動反応（BZ 反応）を利用し、一定条件下で自発的に周期的リズム運動を行う新しい自励振動型の高分子およびゲルを開発した。本研究ではこの自励振動高分子にフォトクロミック部位を導入し、光異性化に伴う電荷量変化をコントロールすることでゲルの膨潤・収縮を制御し、かつ化学反応波の伝播方向制御を試みる。これにより時空間性を持った材料変形や各種生物様運動機能の光制御等、新しい光メカニカル機能材料の構築を目指す。具体的には、光照射により収縮するようなフォトクロミック機能を自励振動ゲルに付与する。このゲル膜上に光をパターン照射すると、表面に化学反応波の伝播が可能な膨潤領域がレリーフ状態として残る。自励振動に伴う化学反応波の伝播によりレリーフ表面上に自発的な蠕動運動が生じるので、このレリーフ上に物質を添加すると、回路パターンに従って自動的に物質が搬送される。レリーフは任意の回路状にパターンニングが可能であり、また暗所下で膜全体を膨潤状態に戻して再びパターンニングすれば書き換えも可能であることから、輸送方向が時空間的に任意に制御可能な新しい物質輸送表面の実現が期待される。研究期間内でこのような光制御システムの構築を行う。

2. 研究の進捗状況

従来の自励振動高分子に、光照射により開環-閉環異性化するスピロベンゾピラン(Sp)側鎖を導入した三元系高分子

poly(NIPAAm-co-Ru(bpy)₃-co-Sp)を合成した。HCl 溶液中において光照射前後における LCST 変化を調べ、強酸性環境下において Mc から Sp への光異性化に伴い LCST が低温側にシフトすることを確認した。さらに、Ru(bpy)₃ を酸化および還元状態に保持した状態で暗所下および光照射下でのポリマー溶液透過率変化を測定した。酸化状態では還元状態より LCST が上昇すること、酸化・還元状態共に、光照射により LCST が低下することを確認した。

3. 現在までの達成度

これら結果は、当初の指針通り自励振動の光照射による on-off 制御が可能であることを示している。実際ポリマー溶液においては、光照射により自励振動は停止し、光照射を止めると再び振動を開始することが確認された。これらの結果を踏まえ、現在までにさらにゲル系への展開を試みた。自励振動ゲル膜を作製しフォトマスクを通じてパターン光照射を行った結果、表面にレリーフ上の収縮領域を作ること成功した。さらに実際に BZ 反応をゲル内部で起こし、光照射による収縮に伴う化学反応波の伝播挙動の変化について、時空間解析を行った。

以上、おおむね順調に進展している。

4. 今後の研究の推進方策

これまでに引き続き、BZ 反応環境下でフォトクロミズムを発現させるための検討を行う。Poly(NIPAAm-co-Ru(bpy)₃-co-Sp)を化学架橋したゲルを作製し、酸化および還元状態

における平衡膨潤度の温度依存性を測定するとともに、暗所下および光照射下における膨潤度変化を測定する。有意なゲルの蠕動運動振幅、および光照射による有意な収縮変化を得るための最適なゲル組成、溶液条件を探索する。この条件下でゲルを BZ 反応基質混合溶液に浸し自励振動を生起させ、暗所下および光照射下での化学反応波の伝播挙動を解析する。これにより、光照射によるフォトクロミズムの発現によりゲルが収縮し、振動が停止することを確認する。以上のような制御が実現された後、ゲル膜へのパターン光照射による化学反応波伝播回路のパターニングを行う。フォトマスクを通した光照射によりゲル膜上に光照射し、膨潤領域がレリーフ状に残された回路を形成させる。このレリーフ上にモデル輸送物質として円筒状ゲルやゲル微粒子を添加し、化学反応波の伝播に伴う蠕動運動によってモデル物質が搬送される挙動を観察・解析する。また膜全体を暗所下に置くことにより膨潤状態に戻し、再びパターン光照射を行うことにより回路の書き換えが可能であることを検証する。これらの結果を通して、輸送方向が時空間的に任意に制御可能な新しい物質輸送表面の創製を行う。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 30 件)

1) Y. Murase, S. Maeda, S. Hashimoto and R. Yoshida : “Design of a mass transport surface utilizing peristaltic motion of a self-oscillating gel”, *Langmuir*, **25** (1), 483-489 (2009).

2) 吉田 亮 : “光メカニカル機能を持つ時空間高分子ゲルの設計”, *光化学*, **40** (1), 57-60 (2009).

3) R. Yoshida, T. Sakai, Y. Hara, S. Maeda, S. Hashimoto, D. Suzuki and Y. Murase : “Self-oscillating gel as novel biomimetic materials”, *J. Controlled Release*, **140**, 186-193 (2009).

4) S. Shinohara, T. Seki, T. Sakai, R. Yoshida and Y. Takeoka : “Photoregulated wormlike motion of a gel”, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **47**, 9039-9043 (2008).

5) S. Shinohara, T. Seki, T. Sakai, R. Yoshida and Y. Takeoka : “Chemical and optical control of peristaltic actuator based on self-oscillating porous gel.”, *Chem. Commun.*, 4735-4737 (2008).

(以上すべて査読有り)

〔学会発表〕(計 35 件)

1) R. Yoshida : “Self-oscillating gel as novel biomimetic materials”, International Symposium on Engineering Neo-Biomimetics -Toward Paradigm Shift for Innovation- (H21.10, Tokyo)

2) 吉田 亮 : “自律応答機能を有する高分子ゲルの創製”, 第 58 回高分子討論会 Wiley 賞受賞講演 (平成 21 年 9 月、熊本)

3) R. Yoshida : “Development of self-oscillating gel for novel biomimetic materials”, Japan-America Frontiers of Engineering Symposium (JAFOE) (H21.11, Irvine, USA).

〔図書〕(計 1 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)