

平成 22 年 4 月 30 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19050013

研究課題名（和文） 光駆動の分子機械を創成するための基盤研究

研究課題名（英文） Basic study for creation of light-driven molecular machines

研究代表者

玉置 信之 (TAMAOKI NOBUYUKI)

北海道大学・電子科学研究所・教授

研究者番号：00344218

研究代表者の専門分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：フォトクロミズム、分子機械、アゾベンゼン、モータータンパク

1. 研究計画の概要

動植物のマクロな動きや細胞内の物質移動は分子レベルで生体分子機械によって精緻に制御されている。その最も基本的なメカニカル作用である単一分子内の運動制御と1次元分子移動を人工化合物で実現することは、単に自然をより深く理解するばかりでなく、人類にとって有用な分子メカニカル機能の創出へとつながる。本研究課題では、フォトクロミズムの特徴である光による可逆的な構造変化を利用して、光駆動できる分子機械の実現を目的としている。

具体的には、(1) 分子内の回転運動の光制御、(2) 高分子または分子組織体のブラウン運動の光制御が本研究の目標である。

2. 研究の進捗状況

環状分子の骨格の一部に光反応によって大きく構造を変化させるアゾベンゼンを組み込むことによって、ローター部（ナフタレンや置換ベンゼン）の分子内回転運動を光で可逆的に制御することに成功した。ローター部とアゾベンゼン部をつなぐスパーサー長やスパーサー結合位置を調整することで回転運動の完全な ON-OFF スイッチや光による回転速度の調整が可能であることを明らかにした。一方で、これらの化合物の一部は、液晶に対する光応答性キラル添加剤として有効であることを見出した。市販のネマティック液晶に上記化合物を添加して得られるキラルネマティック液晶の反射波長を可視域のほぼ全域で光制御でき、また、液晶膜上のマイクロサイズのガラスロッドを光のみで可逆的に回転させることにも成功した。

また、アゾベンゼン部位を1つだけ導入した N-イソプロピルアクリルアミドオリゴマー

の水中での凝集状態を、光で明瞭に制御できることを明らかにした。その凝集状態の変化により、可視光の散乱状態を光反応によって可逆的に高コントラストで制御できた。

さらに、キネシン-微小管モータータンパク系において、適切に修飾したアゾベンゼン誘導体を溶液中に添加したり、基板上にアゾベンゼンリジンの単分子膜を設けたりすることによって、モータリティー（ATP の加水分解によって、基板に固定したキネシンが微小管を動かす現象、またはその速度）を光で制御できる初歩的結果を得た。

3. 現在までの達成度

<区分>

② おおむね順調に進展している。

分子レベル、分子集合体レベル、モータータンパクを利用した半合成分子系のいずれにおいても、計画通りに、分子機械構築のための基盤的知見が得られている。

4. 今後の研究の推進方策

今後は、計画通りに、特にモータータンパクを利用した半合成分子系について特に力を入れて研究を進める。光で制御できることを明確にし、最終的には光駆動を達成する。

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 10 件）

(1) Manoj Mathews, Nobuyuki Tamaoki, "Reversibly tunable helicity induction and inversion in liquid crystal self-assembly by a planar chiroptic

trigger molecule”, Chem. Commun. in press.

(2) Meethale C. Basheer, Yoshimi Oka, Manoj Mathews, Nobuyuki Tamaoki, “A Light-Controlled Molecular Brake with Complete ON-OFF Rotation”, Chem. Eur. J., 2010, 16, 3489-3496

(3) Manoj Mathews, Nobuyuki Tamaoki, “Planar Chiral Azobenzenophanes as Chiroptic Switches for Photon Mode Reversible Reflection Color Control in Induced Chiral Nematic Liquid Crystals”, J. Am. Chem. Soc., 2008, 130, 11409-11416

(4) Yasuo Norikane, Ryuji Katoh, Nobuyuki Tamaoki, Unconventional Thermodynamically Stable Cis Isomer and Trans to Cis Thermal isomerization in Reversibly photoresponsive

[0.0] (3,3')-Azobenzenophane, Chem. Commun., 2008, 1898 - 1900.

(5) Haruhisa Akiyama, Nobuyuki Tamaoki, Synthesis and Photoinduced Phase Transitions of Poly(N-isopropylacrylamide) Derivative Functionalized with Terminal Azobenzene Units, Macromolecules, 40, 5129 - 5132 (2007).

[学会発表] (計3件)

(1) 玉置信之、「面不斉の光可逆的制御」、第45回氷雪セミナー、2010. 1.9、かんぼの宿小樽

(2) Nobuyuki Tamaoki, “A Light Controlled Molecular Brake with Complete ON-OFF Rotation” G-COE International Symposium on: “Dynamic Phenomena in Molecular Complex Chemistry”, October 2, 2009, Tohoku Univ.

(3) Nobuyuki Tamaoki, Dynamic Control of Molecular Supra-molecular Chirality through E-Z Photoisomerization of Azobenzene, International Symposium on Convergence Technology, Jeju Korea, 2008/2/20.

[図書] (計3件)

(1) 玉置信之、「面不斉型光応答性キラル添加剤」、液晶, 2010, 14, 32-38

(2) 玉置信之「新規フォトクロミック化合物を発見する、デザインする」

文部科学省科学研究費補助金 特定領域研究 News Letter, 2008, No2, 13-16.

(3) 玉置信之, 光駆動分子機械, 機能材料, 27(8), 50-56 (2007).

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

(1)

名称: 光応答性キラル化合物

発明者: 玉置信之、マノジマシューズ

権利者: 産業技術総合研究所

種類: 特許

番号: 特願平 2008-166409

出願年月日: 平成 20 年 6 月 25 日

国内外の別: 国内

[その他]

(1) Chem. Eur. J. 誌, Most accessed articles in 02/2010 に選ばれる。(2010 年 2 月)

(2) Nature Asia Materials の web ページで “Liquid Crystals: Colorful pitch” のタイトルで研究成果を報道 (2008 年 11 月 5 日)