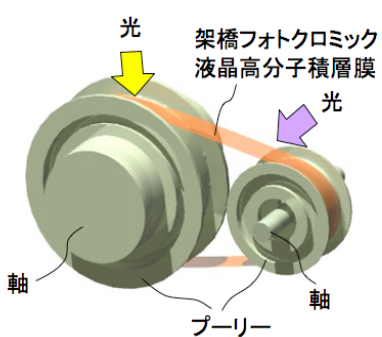


ディビジョン番号	2
ディビジョン名	光化学

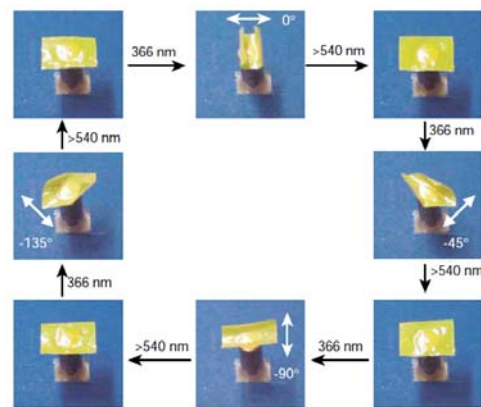
大項目	2. 光化学の応用展開
中項目	2-4. 光機能材料
小項目	2-4-8. 力学エネルギーへの変換

概要	
<p>光エネルギーを直接力学エネルギーに変換できる物質は、エネルギー変換の大イノベーションを引き起こす可能性がある。液晶、結晶などの分子集合体と協同現象などの非線形現象を組み合わせることにより、光を吸収して材料自身の変形を誘起できる有機材料が発見された。このようなソフトマテリアルを利用することにより、光-力学エネルギー直接変換可能な光運動材料が実現できる。光プラスチックモーター、光コンベアーなどMOMS分野における新展開が期待される。</p>	 <p>光プラスチックモーター</p>
現状と最前線	
<p>エネルギー問題は人類が解決すべき最重要課題の一つである。現在は光エネルギーを電気エネルギーに変換し、その電気エネルギーを利用して仕事をするシステムが主流である。しかし、光エネルギーを直接仕事に変換できれば、現在動力源の主流である電気モーターなどを使用せずに光エネルギーを駆動源とした仕事ができるので、小型軽量の動力装置が実現できる。また、光をエネルギー源に用いることにより、電線、電極などが不要となり、遠隔操作も可能となる。光エネルギーを直接仕事に変換する材料については「フォトメカニカル効果」として1980年代ヨーロッパを中心にさかんに研究が行われたが、1%程度の光変形が誘起できる材料しか開発できなかった。これらの研究では主にフォトクロミック分子を導入した架橋高分子のフォトメカニカル効果について詳細な検討が行われた。架橋構造を導入してクロモフォアと高分子主鎖の相関を強め、フォトクロミック分子レベルの変化を系全体に増幅して試料全体のマクロな変形を誘起することが試みられたが成功しなかった。</p> <p>協同現象を利用することにより、分子レベルで起こる変化をマクロの変化に増幅することが可能である。液晶は協同現象を示す典型的な有機材料である。液晶にアゾベンゼンなどのフォトクロミック分子を分散し、トランス-シス光異性化を起こすと、シス体の増加により液晶相が不安定化され最終的には等方相に相転移が起こる（光相転移：田附ら、1987年）。アゾベンゼンなどのフォトクロミック分子を組み込んだ液晶高分子でも、光相転移を同様に等温的・</p>	

可逆的に誘起できる（池田ら，1988年）。

架橋液晶高分子の変形については de Gennes により理論的な予測がなされた（1975年）。昇温して液晶—等方相相転移を起こすと液晶分子の配向変化が起こるが，それに伴い配向方向に沿って高分子全体が収縮し，降温して液晶相が復活すると伸張するという理論的予測で，実際架橋液晶高分子を合成して相転移に伴う伸縮が確認された。つまり，液晶の液晶—等方相相転移を光で誘起できれば大きなフォトメカニカル効果が実現できることになる。架橋部位にアゾベンゼンを導入した架橋液晶高分子に光照射を行い光相転移を誘起すると20%の収縮が起こることが見いだされた（Finkelmannら，2001年）。また，アゾベンゼンが液晶分子として機能する架橋液晶高分子において光相転移を誘起すると，光源方向に向かって高分子フィルムが屈曲し，可視光照射により元の平らな状態に戻ること，さらに直線偏光と組み合わせることにより屈曲方向を自在に制御できることが明らかにされた（中野・兪ら，2003年）。

液晶配向を制御することにより屈曲方向が変わること（近藤ら，2006年），強誘電性液晶高分子を用いると高速かつ高効率で変形が誘起できること（兪ら，2007年），配向制御により捻れモード運動を誘起できること（Broerら，2006年），また回転運動が誘起できるので光プラスチックモーターが実現できること（山田ら，2006年）などいろいろな光運動材料が報告されている。また，フォトクロミック単結晶でも光変形が見いだされ，一般的な現象であることが実証されつつある（入江ら，2007年）。



T. Ikeda, et al. Nature 2003, 425, 245.

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 1) 光—力学エネルギー変換効率の向上
 - 2) いろいろな光運動モードが可能な材料の創製
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
 - 1) 高効率光プラスチックモーターの実現
 - 2) MOMS (Micro Opto Mechanical System) の創出

キーワード

光—力学エネルギー変換，光運動材料，フォトクロミック，協同現象，液晶

（執筆者： 池田富樹）