同時発表：
筑波研究学園都市記者会（資料配布）
文部科学記者会（資料配布）
科学記者会（資料配布）

単層でマルチカラーを表示できるエレクトロクロミック材料

電子ペーパーのフルカラー化へのブレークスルー

平成１９年３月２２日

独立行政法人物質・材料研究機構

概　要

１．独立行政法人　物質・材料研究機構　ナノ有機センター　機能モジュールグループの樋口　昌芳　主幹研究員らは、金属イオンと有機分子の間に働く引力（配位結合[1)]）を利用して、金属イオンと有機分子が数珠（じゅず）つなぎになった新型高分子の合成に成功し、この高分子がマルチカラーを表示可能な優れたエレクトロクロミック材料[2)]となることを発見した。

２．これまでの有機エレクトロクロミック材料（導電性高分子など）は、酸化還元に伴う物質の構造変化によって発色を制御しているために、長期使用による構造的な劣化が避けられない。また、それら有機材料の発色はその有機物固有のものであるため、色の調整や制御はほとんど不可能である。さらに、一般にエレクトロクロミック材料は青から赤といった２種類の色を電気化学的に表示できるが、３種類以上の色を表示することは極めて困難であった。

３．今回開発した物質は、金属イオンと有機分子の間に働く引力（配位結合）を利用して、金属イオンと有機分子が数珠（じゅず）つなぎになった新しいタイプの高分子であり、高分子内部の金属イオンを酸化還元することで、優れたエレクトロクロミック特性を示す。発色は「金属から有機部位への電荷移動吸収」によって起こるため、金属イオンと有機分子が配位結合して（高分子化して）初めて発色するという特殊なものである。

４．金属イオンと有機分子が数珠（じゅず）つなぎになったこの新しいタイプの高分子は、溶液中で容易に合成でき、従来の有機高分子同様に基板の上に成膜させることができる。有機高分子の特徴と金属の特徴を併せ持つため、その優れた発色性や電気応答特性を生かして、電子ペーパー[3)]等の次世代表示材料として利用が期待される。特に今回、２種類の金属イオン種を高分子鎖に導入することで、赤→青→無色透明の３種類の色を表示すること（マルチカラー化）に成功した。また、有機部位を修飾することで「金属から有機部位への電荷移動吸収」のエネルギーギャップをコントロールし、緑色を表示させることにも成功した。

５．なお、今回の成果は、３月２５－２８日に開催される日本化学会年会で発表予定である。

研究の背景

次世代表示材料として「電子ペーパー」が注目を集めており、マイクロカプセル法などいくつかの様式が実用化に向けて検討されている。基本的にその表示形式はモノクロ（白黒）であり、既存の手法ではフルカラー化は困難である。しかし、表示材料としてはフルカラーであることが望ましいのは明白である。

一方、2000 年にノーベル化学賞を受賞した白川教授らが開発した導電性高分子などは、優れたエレクトロクロミック特性を示すことから、マルチカラーを表示する電子ペーパーの素子材料として期待されているが、前述の通り、安定性に乏しく、色の調整も困難である。また、これら有機材料を用いて３色以上を表現するためには、異なる有機高分子を層状に何層も重ねる必要がある。そのため、デバイス自体が厚くなって、電子ペーパーで期待されている軽量性やフレキシビリティーを損なうことになっていた。

研究成果の内容

機能モジュールグループの樋口主幹研究員らは、金属イオンと有機物の間の引力（配位結合力）を利用して、金属イオンと有機分子が数珠（じゅず）つなぎになった高分子の合成に成功した（図１）。

この新型高分子は、「金属から有機部位への電荷移動吸収」によって極めて高い発色特性を示し、さらに電気化学的に高分子中の金属イオンを酸化還元することでこの発色⇔消色を繰り返し表示できること（エレクトロクロミック特性）を見出した。

この発色は「金属から有機部位への電荷移動吸収」によって生じ、金属イオンの酸化還元によって制御できるため、従来材料のように構造変化を伴わない。従って、構造的な劣化がなく、長期にわたる安定な駆動性が期待される。

また、２種類の金属イオンを高分子内に導入することで、単層のフィルムとして、赤、青、無色透明の３種類の色を表示することに成功した。

さらに、有機部位を化学修飾することで「金属から有機部位への電荷移動吸収」のエネルギーギャップをコントロールし、緑色を表示することにも成功した。

波及効果と今後の展開

今回の成果は、電子ペーパーのマルチカラー化における一つのブレイクスルーであると考えられる。本新型高分子では、金属イオンと有機分子を様々に変更することができるため、今後様々な色を持つ高分子の設計合成が可能である。得られた高分子は良好なエレクトロクロミック特性と従来の有機材料にない安定性を兼ね備えた新材料であり、成膜性にも優れている。

電子ペーパーなどの次世代電子・光デバイスの開発のためには、加工性と機能性の両方を兼ね備えた新しい材料が欠かせないことから、本材料は、今後広く産業界に波及すると期待される。

問い合わせ先：
〒305-0047　茨城県つくば市千現１－２－１
独立行政法人物質・材料研究機構
広報室　TEL:029-859-2026

研究内容に関すること：
独立行政法人物質・材料研究機構
ナノ有機センター　機能モジュールグループ
樋口　昌芳
ＴＥＬ：029-860-4744
E-mail：HIGUCHI.Masayoshi@nims.go.jp

【用語解説】

1）配位結合（はいいけつごう：Coordinate bond）

電子対供与体となる原子から電子対受容体となる原子へと、電子対が供給されてできる化学結合。多くの金属錯体は配位結合により形成される。

2）エレクトロクロミック材料

電気をかけることで、色が可逆的に変わる特性を持つ材料のこと。エレクトロクロミック特性（Electrochromic functions）は2000年にノーベル化学賞を受賞した白川教授らが開発した導電性高分子や、生体内に存在するポルフィリンなど、π共役系が広がった有機分子において、比較的良く現れる。

3）電子ペーパー（でんしペーパー：E-paper）

紙の長所とされる視認性や携帯性を保った表示媒体のうち、表示内容を電気的に書き換えることができるものをいう。ある程度の折り曲げにも耐える。バックライトを用いないため、液晶パネルなど他のディスプレイに対して消費電力が少ない。電源の切断後も一定期間表示内容を維持できる。ただし応答時間が長いため、動画の表示には適さない。1970年代に米国ゼロックス社のパロアルト研究所に所属していたニック・シェリドンがGyriconと呼ばれる最初の電子ペーパーを開発した。Gyriconの構造は、半球を白、別の半球を黒に塗り分けた微小な球を多数ディスプレイに埋め込んだものである。球の一部は静電気を帯びており、電界によって球を回転させることで白地に黒い文字を浮かび上がらせることができ、数千回の書き換えにも耐えた。 現在では複数の方式が提案されている。

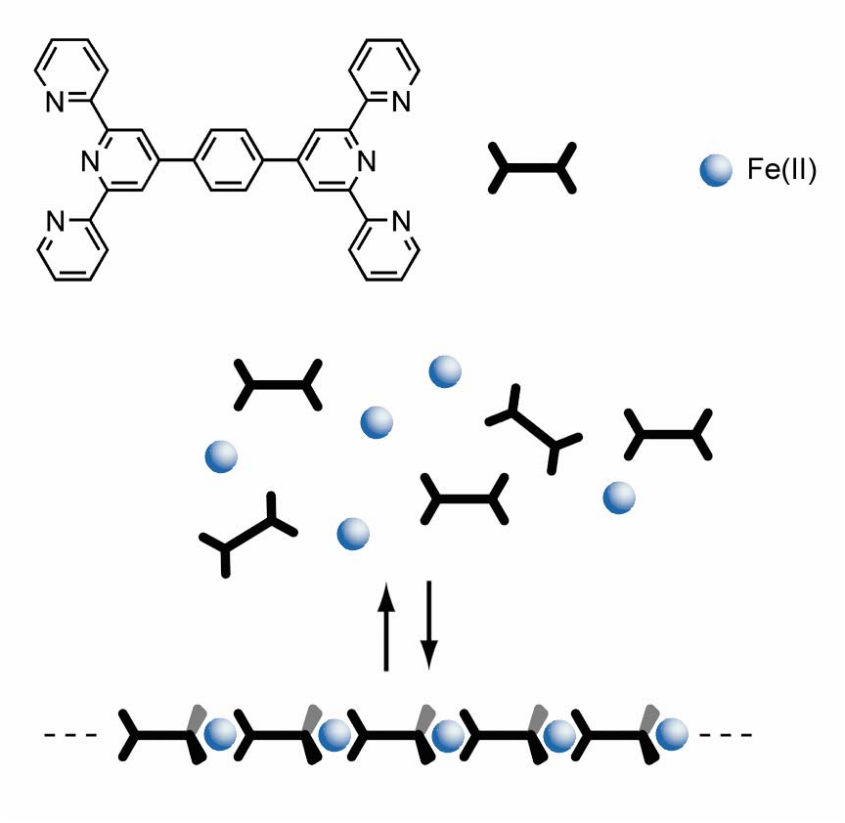

図１　金属イオンと有機分子が数珠（じゅず）つなぎになった新高分子

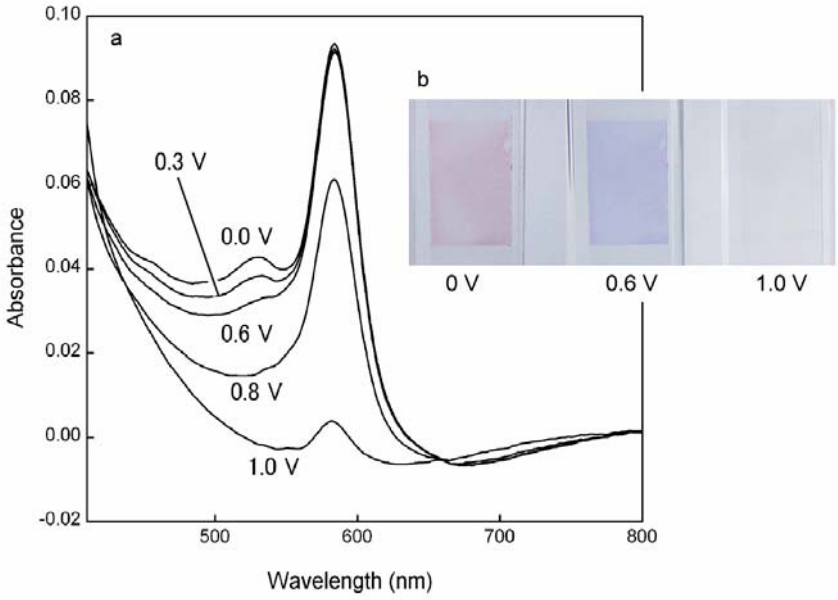

図２　２種類の金属イオン種を導入した新型高分子におけるエレクトロクロミック特性。
a）電位を印加した際の可視吸収スペクトルの変化、b）各電位での色（赤→青→無色透明）。