

平成24年11月29日

報道関係者各位

国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学

## 超低消費電力のスマートウインドウ用材料

-電流効率 2000%のエレクトロクロミック材料

ビルや自動車の冷房効率の大幅改善が可能に-

### 【概要】

奈良先端科学技術大学院大学（奈良先端大、学長：磯貝 彰）物質創成科学研究科 光情報分子科学研究室の中嶋琢也准教授、河合 壯教授らは、電気を流すと理想的な電流効率（100%）の20倍以上の極めて高い効率で色が消えるエレクトロクロミック分子の開発に成功しました。光で着色し、電気で消色することが可能なことから、外光の取り入れ量を調節するビルや自動車の調光機能窓（スマートウインドウ）の材料として利用することにより、電気の消費を少なくして、冷房効率を大幅に改善する省エネ技術が可能になります。

従来、スマートウインドウでは順方向の電流で着色、逆方向の電流で消色を行うエレクトロクロミック型の分子が利用されており、ビルの外窓、自動車のサンルーフや、飛行機の窓にも利用が検討されています。着色、消色の両方に電力が必要なため、電流効率を改善することが模索されてきました。ヒントとなったのは河合教授がおおよそ20年前に発見した現象で、光で着色するフォトクロミック分子でも、電気によって色を消すことができる分子があるということです。この研究をヒントに分子に平面的な広がりを加えて電気化学反応を起こりやすくする方法を考えました。その結果、新しい分子では光照射によって創られる着色状態を電気で消色する事が可能になり、しかもその電流効率が2000%を超えることを見いだしました。通常電気化学反応では電子1つで分子1つが反応する場合は理想的（効率100%）ですが、今回の研究成果では1電子で次々に20個の分子の色を消すことができる点が画期的です。今後、スマートウインドウとして利用すれば従来の10倍以上の省エネルギー化が可能となります。この成果は、アメリカ化学会誌に平成24年11月19日 Web上で先行掲載されました。

つきましては、関係資料を配付するとともに、下記のとおり記者発表を行いますので、是非ともご出席くださいますよう、お願い申し上げます。

### 記

- <日時> 平成24年12月6日（木）11:00～（1時間程度）  
<場所> 奈良先端科学技術大学院大学 事務局棟2階 大会議室  
奈良県生駒市高山町8916-5（けいはんな学研都市）  
※アクセスについては、<http://www.naist.jp/>をご覧ください。

### <説明者>

奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 光情報分子科学研究室 准教授 中嶋琢也

### <ご連絡事項>

- (1) 本件につきましては、[奈良県文化教育記者クラブ](#)をメインとし、学研都市記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会及び科学記者会に同時にご連絡しております。
- (2) 取材希望がございましたら、恐れ入りますが下記までご連絡願います。
- (3) 記者発表に関する問合せ先

奈良先端科学技術大学院大学 企画総務課 広報渉外係 瀬戸克昭

TEL : 0743-72-5026 FAX : 0743-72-5011 E-mail : [s-kikaku@ad.naist.jp](mailto:s-kikaku@ad.naist.jp)

# 超低消費電力のスマートウインドウ用材料

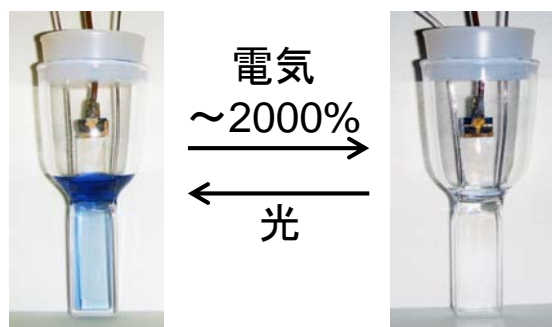
-電流効率 2000%のエレクトロクロミック材料

ビルや自動車の冷房効率の大幅改善が可能に-

## 【概要】

奈良先端科学技術大学院大学（奈良先端大、学長：磯貝 彰）物質創成科学研究科 光情報分子科学研究室の中嶋琢也准教授、河合 壯教授らは、電気を流すと理想的な電流効率（100%）の20倍以上の極めて高い効率で色が消えるエレクトロクロミック分子の開発に成功しました。光で着色し、電気で消色することが可能なことから、外光の取り入れ量を調節するビルや自動車の調光機能窓（スマートウインドウ）の材料として利用することにより、電気の消費を少なくして、冷房効率を大幅に改善する省エネ技術が可能になります。

従来、スマートウインドウでは順方向の電流で着色、逆方向の電流で消色を行うエレクトロクロミック型の分子が利用されており、ビルの外窓、自動車のサンルーフや、飛行機の窓にも利用が検討されています。着色、消色の両方に電力が必要なため、電流効率を改善することが模索されてきました。ヒントとなったのは河合教授がおおよそ20年前に発見した現象で、光で着色するフォトクロミック分子でも、電気によって色を消すことができる分子があるということです。この研究をヒントに分子に平面的な広がりを加えて電気化学反応を起こりやすくする方法を考えました。その結果、新しい分子では光照射によって創られる着色状態を電気で消色する事が可能になり、しかもその電流効率が2000%を超えることを見いだしました。通常の電気化学反応では電子1つで分子1つが反応する場合は理想的（効率100%）ですが、今回の研究成果では1電子で次々に20個の分子の色を消すことができる点が画期的です。今後、スマートウインドウとして利用すれば従来の10倍以上の省エネルギー化が可能となります。この成果は、アメリカ化学会誌に平成24年11月19日 Web 上で先行掲載されました。



光照射によって着色（青）し、通電によって消色（無色透明）する

## 【本研究内容についてコメント出来る方】

阿部二朗 青山学院大学 教授

TEL: 042-759-6225 E-mail: [jiro\\_abe@chem.aoyama.ac.jp](mailto:jiro_abe@chem.aoyama.ac.jp)

松田建児 京都大学 教授

TEL: 075-383-2738 E-mail: [kmatsuda@sbchem.kyoto-u.ac.jp](mailto:kmatsuda@sbchem.kyoto-u.ac.jp)

## 【本プレスリリースに関するお問い合わせ先】

奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科 光情報分子科学研究室

教授 河合 壯

TEL : 0743-72-6170 FAX : 0743-72-6179

E-mail : [tkawai@ms.naist.jp](mailto:tkawai@ms.naist.jp)

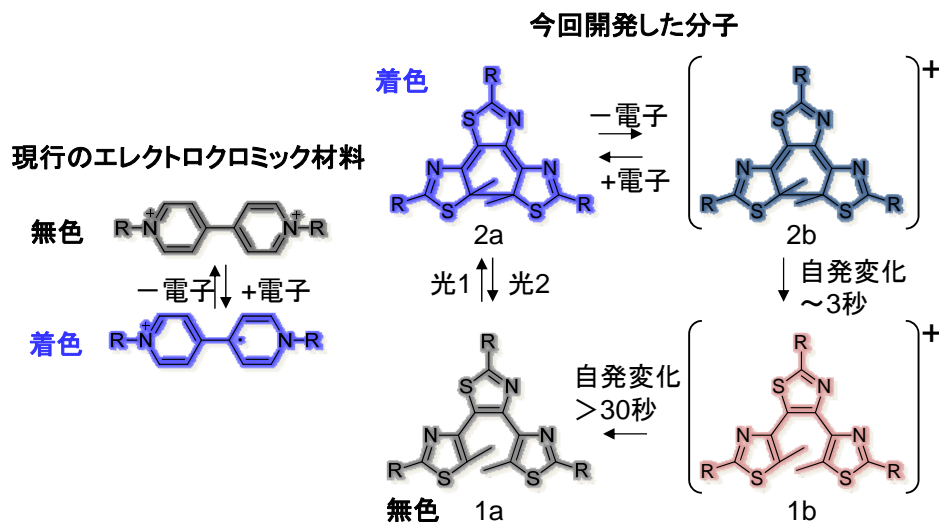
## 【研究の背景】

外光の状態に応じて光の透過率を変化させ、外光の取り入れ量を調節する調光機能材料はスマートウインドウとして冷房効率の向上など省エネ技術への応用が期待されています。このような調光機能を示す材料として、光に当たると色が変わるフォトクロミック分子があります。すでに我々のグループでは、100%の着色感度を有する超高感度フォトクロミック分子を報告していますが、着色状態を無色状態に戻す消色に関しては数%程度と低効率で、効率の改善に取り組んでいました。そこで注目したのが、電流に伴う物質の酸化・還元反応により色調が変化するエレクトロクロミズムという現象です。エレクトロクロミック分子は、電流を流す方向を逆にすることで着色・消色状態を切り替える調光機能を有することからビル、自動車、および飛行機向けのスマートウインドウ用に応用が進められています。しかし、着色、消色にそれぞれ電力が必要であり、理想的な反応効率においても1つの電子により反応できる分子の数は1つでその高効率化には限界がありました。エレクトロクロミック材料の開発においても効率の改善は課題でした。

フォトクロミック分子の着色状態に電気を流すと消色する現象は約20年前に河合教授により発見されていましたが、今回開発した分子はその電流効率が2000%と極めて高い値を示すことが明らかとなりました。

## 【研究の手法】

現行のエレクトロクロミック材料には、還元（または酸化）と中性状態の2状態間で着色状態の異なる分子が用いられています。一方、フォトクロミック分子はこれらに加えて、光により生成する2状態が加わるため、電気と光を組み合わせることで物質は異なる4状態が生まれます（図1）。



今回開発した分子 1a は太陽光などの光照射により青色に着色した状態 2a を形成します。2a に対して電流を流すと電気化学反応により酸化状態 2b に変化し、さらに自発的に 1b (1a の酸化状態) へと速やかに (3 秒で) 変化します。こうして生成した 1b は 2b よりも強い酸化力を持っているため、近い距離に存在する他の 2a 分子を酸化して 2b へと導き、自身は無色状態の 1a へと戻ります。このように、一度電流によって 2b が形成すると次々に 2a が消失して 1a が形成する反応が繰り返されます。分子レベルのドミノ反応と言うこともできます。言い換えると、実質的な電気化学反応である 2a か

ら 2b への変化は、電気に加え、2b から生成した 1b によっても引き起こされるため、一連の反応に必要な電気消費を押さえて連鎖的に反応を進行させることができます (図 2)。

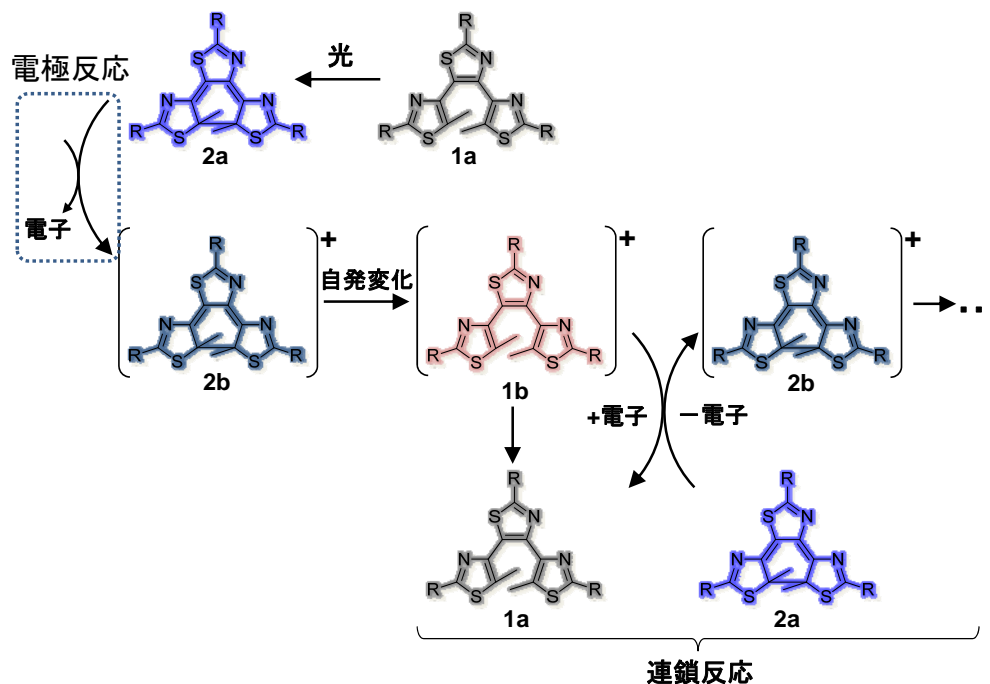


図 2

### 【結果】

着色状態 2a を含む溶液の電気分解による 1a の生成をモニターしました。通電時間とともに、青色溶液が消色していく様子が観察されました。着色状態の変化と流れた電流量を比較したところ、消費された電子の量に対し、約 10 倍の数の分子が青色の 2a から無色の 1a に変化していることがわかりました。また、5 秒ごとの電流効率を見積もったところ、最大で 2400% の電流効率を示すことがわかりました。すなわち、1 つの電子を流すと 24 個の 2a 分子が消色状態の 1a に変化しました。同じ一電子酸化状態である 1b と 2b を比べると、1b の方がエネルギー的には安定であるにもかかわらず、酸化力 (反応性) は高いという安定性と反応性が逆転した関係にあることがこの連鎖反応に貢献しており、フォトクロミック分子を用いた特徴とも言えます。

今回の研究では、同研究科の廣田教授の協力により酸化力の高い 1b の寿命や反応速度の解析など詳細な連鎖反応のメカニズムについても解明することができました。今回、開発された分子 1a は、同種の芳香族 5 員環三つにより構成されており、広がった平面構造により酸化状態の安定性と反応性のバランスを調整することに成功しています。

### 【今後の展望】

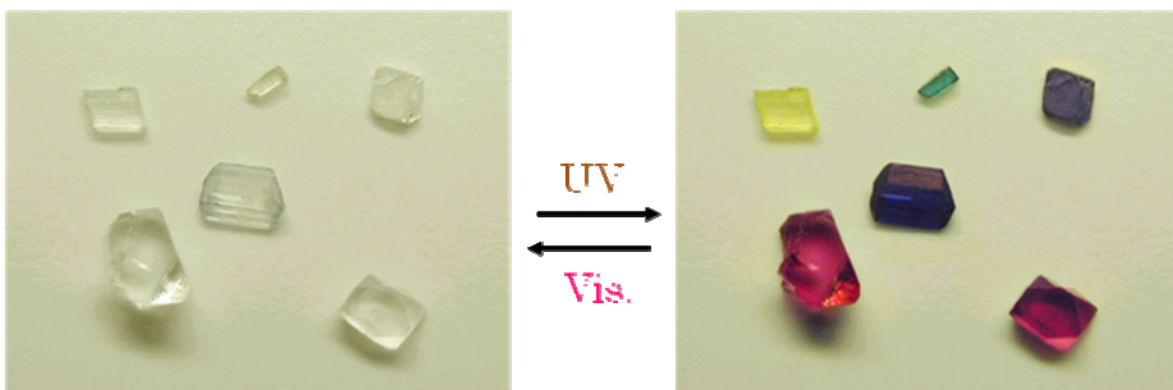
同グループでは、すでに 100% のフォトクロミック反応効率により着色する光センサー分子を報告しています。これに、今回発見した高効率で消色反応を示すエレクトロクロミック反応を組み合わせることで、自然光に含まれる紫外線により効率的に着色し、少量の電力によりその着色状態を制御できる省エネ型のスマートウインドウの開発に期待がもたれます。また、光により書き込み、電気により消去する表示素子などへの応用の可能性も考えられます。

### 【研究支援】

今回の研究は奈良先端科学技術大学院大学の文部科学省特別経費「グリーンフォトンクス研究教育推進拠点整備事業」およびNAIST 先端的研究連携事業の成果とされています。

### 【キーワード解説】

フォトクロミック分子：フォトクロミック分子とは異なる波長(色)の光に応答して分子構造や色が可逆に変化する分子であり、光による可逆的な変色現象はフォトクロミズムと呼ばれる。フォト（光）とクローム（着色）という二つの言葉の合成語で、サングラスなどでは紫外線を含む太陽光線が当たると色が付き、室内では自然に色が消えるフォトクロミック色素が使われている。古くからの顔料や染料の成分であるアゾ色素も、フォトクロミズムを示すものがある。



出典 Proceedings of The Japan Academy Series B-Physical and Biological Sciences, 77, 30-35 (2001).

エレクトロクロミック分子：エレクトロクロミック分子は電気化学的な酸化・還元によりその色を変化させるエレクトロクロミズムを示す。省エネルギー性が期待される表示素子（カラー電子ペーパー）や、エネルギーの出入りを制御できる調光窓に応用できる材料として注目されている。