

## 高温で強く光るレアアース分子の開発

～既成概念を打ち破るレアアース分子の発光～

### ポイント

- ・ 紫外線を高色純度の緑色光に変換する高輝度発光体の開発。
- ・ 高温環境において強く発光する特性を有する高輝度発光体。
- ・ ディスプレイや高感度酸素センサー用の分子性発光素子として応用展開に期待。

### 概要

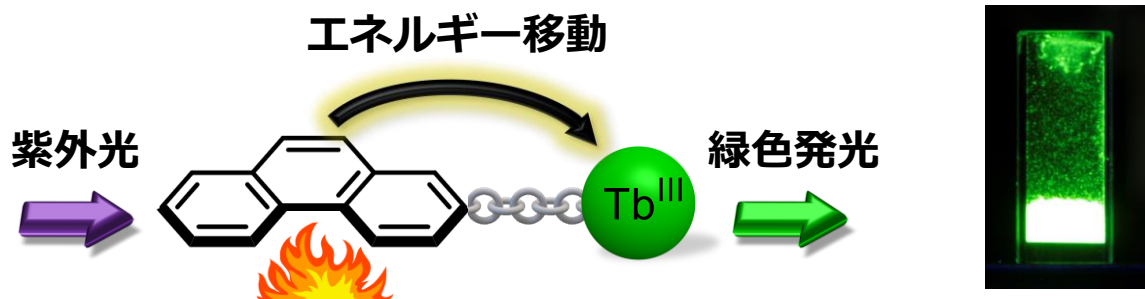
北海道大学大学院工学研究院の北川裕一准教授及び長谷川靖哉教授らの研究グループは、紫外線励起により高色純度で高輝度な緑色発光を示す新型レアアース分子<sup>\*1</sup>の開発に成功しました。

色純度の高い発光を示す蛍光体は、ディスプレイや照明など現代社会において必要不可欠な材料となっています。蛍光色素や無機蛍光体など様々な発光体が開発される中、研究グループは「レアアース分子」と呼ばれる化合物群の研究を行っています。レアアース分子とはレアアースと有機分子から構成される無機・有機ハイブリッド材料であり、“色純度の高い発光色”を示すという特徴があります。

今回開発した新型レアアース分子は、紫外線を効率良く集めることができる芳香族アンテナ<sup>\*2</sup>が導入されており、高色純度で強い緑色発光を示します。さらに、新型レアアース分子は、室温環境だけでなく高温環境下において高輝度発光を示すことも明らかになりました(120°C環境下における発光量子効率>80%)。この特異な発光機能の発現には、光励起寿命<sup>\*3</sup>の長い芳香族アンテナをレアアース分子内に搭載することが鍵となっています。

開発した新型レアアース分子は、ディスプレイや高感度酸素センサー用の分子性発光素子として応用展開が期待されます。

なお、本研究成果は、2023年6月22日(木)公開の Communications Chemistry 誌に掲載されました。



高温下で強く光る新型レアアース分子(左)と発光の写真(右)

## 【背景】

色純度の高い発光を示す蛍光体は、ディスプレイや照明など現代社会において必要不可欠な材料となっています。蛍光色素や無機蛍光体など様々な発光体が開発される中、研究グループは「レアアース分子」と呼ばれる化合物群の研究を行っています。レアアース分子とはユーロピウムやテルビウム等のレアアースと有機分子から構成される無機・有機ハイブリッド材料であり、“色純度の高い発光色”を示すという特徴があります(図1)。また、毒性も低い材料です。

レアアース分子を強く光らせるためには、アンテナ分子の吸収した光エネルギーを効率良くレアアースに渡すことが重要です。そのためにはレアアースの発光準位より有機分子のエネルギードナー準位<sup>\*4</sup>が十分高いことが必要とされており、レアアースに取り付ける有機分子の構造に一定の制約がありました。また、周囲環境の温度が上がることにより、そのエネルギーを受け渡す効率が下がり、発光輝度が下がるという問題がありました。

## 【研究成果】

本研究では、レアアース分子に紫外線を効率良く吸収する芳香族アンテナを導入しました。芳香族アンテナを導入したレアアース分子は、X線構造解析によって剛直な構造を有していることが分かりました(図2)。新型レアアース分子はレアアースの発光準位より有機分子のエネルギードナー準位が低いにも関わらず強い緑色発光を示しました。これは、剛直な芳香族アンテナの特筆した長い光励起寿命に由来しております。このエネルギードナー準位が低い有機分子を導入した新型レアアース分子の発光輝度は、当研究室でこれまで開発した高発光効率を示すレアアース分子(図3. *Eur. J. Inorg. Chem.* 2018, 2031 (2018))と比べて、室温で200倍以上高い値を示しました(365 nm、紫外線照射条件)。緑色発光の強いレアアース分子を設計することは困難でしたが、今回のブレイクスルーによって大幅に改善されました。

また、レアアース分子は高温条件下で発光輝度が下がることが知られていますが、新型は室温から温度を上げると発光輝度が向上するということが分かりました。この特異な現象は熱アシストにより光増感発光が促進された結果であり、芳香族アンテナの長い光励起寿命に由来しています。開発した新型レアアース分子は、ディスプレイや高感度酸素センサー用の分子性発光素子として応用展開が期待されます。

## 【今後への期待】

本研究成果ではアンテナ分子の光励起寿命を伸ばすことにより高温で高輝度な緑色発光を示すレアアース分子を開発しました。この新しい原理を軸にして、計算科学とのコラボレーション研究により、新型レアアース分子の機能をさらに高めていくとともに、ディスプレイ用途やセンサー用途のほか、本材料の特徴を生かした様々な用途を開拓し、産学連携による社会実装も目指します。

## 【謝辞】

本研究は、北海道大学創成研究機構化学反応創成研究拠点(WPI-ICReDD)、日本学術振興会(JP20H02748、JP20H04653、JP20H05197、JP20K21201、JP21K18969)、JST 研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム A-STEP(JPMJTM20J8)の支援を受けて実施されました。

## 論文情報

論文名 Thermally-assisted photosensitized emission in a trivalent terbium complex  
(三価テルビウム錯体の熱活性化光増感発光)  
著者名 北川裕一<sup>1, 2</sup>、島かおり<sup>3</sup>、中井拓真<sup>3</sup>、熊谷まりな<sup>3</sup>、大曲 駿<sup>4</sup>、Pedro Paulo Ferreira da Rosa<sup>3</sup>、庄司 淳<sup>1 (当時)、2 (当時)、5</sup>、伏見公志<sup>1</sup>、長谷川靖哉<sup>1, 2</sup> (1北海道大学大学院工学研究院、2北海道大学創成研究機構化学反応創成研究拠点 (WPI-ICReDD)、3北海道大学大学院総合化学院、4東京工業大学物質理工大学院、5奈良女子大学)  
雑誌名 Communications Chemistry  
D O I 10.1038/s42004-023-00922-5  
公表日 2023年6月22日(木)(オンライン公開)

## お問い合わせ先

北海道大学大学院工学研究院 准教授 北川裕一 (きたがわゆういち)

T E L 011-706-6577 メール y-kitagawa@eng.hokudai.ac.jp

北海道大学大学院工学研究院 教授 長谷川靖哉 (はせがわやすちか)

T E L 011-706-7114 メール hasegaway@eng.hokudai.ac.jp

## 配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 北海道札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

## 【参考図】

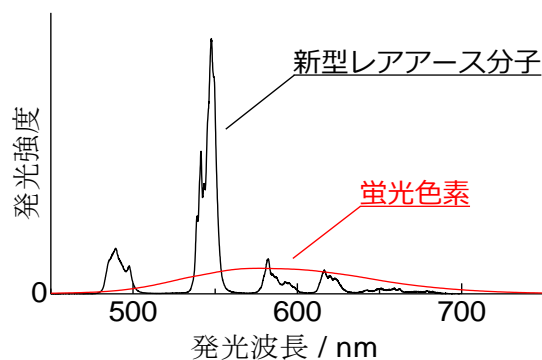


図 1. 新型レアアース分子の発光スペクトル。電荷移動発光を示す有機系蛍光色素を比較として示す。レアアース分子は色純度の高い発光色を示す。

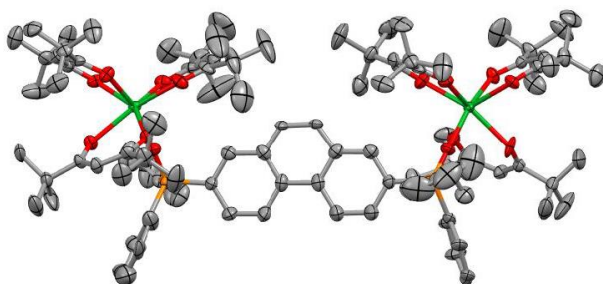


図 2. 新型レアアース分子の X 線構造解析による分子構造モデル

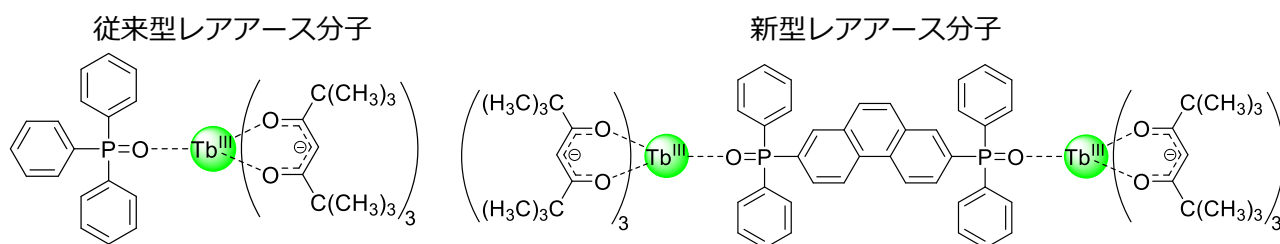


図 3. 高い発光効率を示す従来型レアアース分子(左)と本研究の新型レアアース分子(右)

### 【用語解説】

- \*1 レアアース分子 … 有機分子とレアアースから構成される有機・無機ハイブリッド材料のこと。本研究では、レアアースとしてテルビウムを用いている。
- \*2 芳香族アンテナ … レアアース分子に含まれる芳香族骨格を導入した有機分子。発光プロセスにおいて光吸収の役割を担う部位となる。本研究ではベンゼンが3個縮合したフェナントレン骨格を導入している。
- \*3 光励起寿命 … 物質が光エネルギーを吸収すると高いエネルギー状態になる。光励起寿命は、その高いエネルギー状態をどれだけの時間を保持できるかの指標である。
- \*4 エネルギードナー準位 … レアアース分子に光を照射すると有機分子が光エネルギーを吸収し、高いエネルギー状態になり、レアアースにそのエネルギーを受け渡す。このエネルギー受け渡しに関与する有機分子のエネルギー準位のことを示す。

### 【WPI-ICReDD について】

ICReDD (Institute for Chemical Reaction Design and Discovery、アイクレッド)は、文部科学省国際研究拠点形成促進事業費補助金「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)」に採択され、2018年10月に本学に設置されました。WPIの目的は、高度に国際化された研究環境と世界トップレベルの研究水準の研究を行う「目に見える研究拠点」の形成であり、ICReDDは国内にある17の研究拠点の一つです。

ICReDDでは、拠点長の下、計算科学、情報科学、実験科学の三つの学問分野を融合させることにより、人類が未来を生き抜く上で必要不可欠な「化学反応」を合理的に設計し制御を行います。さらに化学反応の合理的かつ効率的な開発を可能とする学問、「化学反応創成学」という新たな学問分野を確立し、新しい化学反応や材料の創出を目指しています。

