

配信先：大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会

2026年1月20日

大阪公立大学

## ～レアアースのさらなる有効利用を目指して～ 水中で光る金属錯体の新たな特性を発見

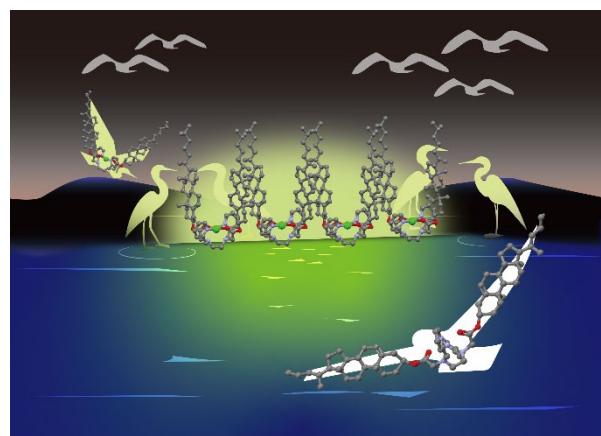
### <ポイント>

- ◇レアアースと有機分子からなる金属錯体が、水中で自然に集まって小さな粒子を形成し発光することを見出した。
- ◇その発光強度が溶液の酸性・アルカリ性（pH）によって変化することが判明。

### <概要>

水溶液中で光る金属錯体は、水溶液中に溶けているイオンや分子を検出する化学センサー や、生体中のバイオセンサーなどに応用されています。また、レアアースの発光は、周りの環境が変わっても発光色が変わりにくい特性があることから、レーザーなどの発光材料として広く用いられています。

大阪公立大学大学院理学研究科の三枝 栄子講師らの研究グループは、希土類<sup>\*1</sup>イオンと有機分子からなる金属錯体が水中で自然に集まって小さな粒子を形成し発光すること、また、その発光強度が溶液の酸性・アルカリ性（pH）によって変化することを見出しました。この錯体分子は、石けん分子のように水に親和する部分と油に親和する部分の両方をもち、水溶液中で直径数十ナノメートルという非常に小さな粒子を形成します。そして、この水溶液に紫外光を当てると、可視光発光を示し、さらに、有機分子にピリジン環という光を吸収しやすい構造を導入することで、発光増強と pH 応答性の二つの機能を付与することに成功しました。本研究結果により、分子集合体のセンサー材料としての応用が期待されます。



採択された表紙絵と同様のイラスト

本研究成果は、2025年9月19日に国際学術誌「Chemistry—A European Journal」にオンライン掲載され、2025年11月6日に Issue62 の Cover として採択されました。

「レアアース」と聞くと「貴重な資源」、と思い浮かべるかもしれません。しかし、ほんのわずかな量で大きな効果を發揮する点が、レアアースが現代社会において必要とされている理由の一つだと思います。希土類錯体は、MRI 造影剤として臨床でも使われる分子ですが、発光体としても注目されています。この分子が大きく羽ばたいていくことを願い、白鷺をモチーフとして表紙を描きました。



三枝 栄子講師

## <研究の背景>

レアアースとして知られる希土類イオンの発光は、非常にシャープで寿命が比較的長く、周りの環境が変わっても発光の色が変わりにくい特性があることから、レーザーなどの発光材料として利用されています。希土類錯体<sup>※2</sup>の発光は、有機配位子から金属イオンへのエネルギー移動により、金属イオンを励起することで起こります。また水中では消光するため、多座配位子<sup>※3</sup>を利用して水分子の配位を防ぐことで、安定した強い発光が可能になります。一方、水溶液中で光る金属錯体は、水溶液中のイオンや分子を検出する化学センサーや、生体中のバイオセンサーなどへの応用が期待されています。本研究グループはこれまでに、水溶液中で光る希土類錯体を開発してきましたが、錯体自身に光を吸収する部位を持たないためそれ自身では発光が弱く、強い発光を得るためにには光吸収能の高い有機分子をゲスト分子<sup>※4</sup>として添加する必要がありました。また、水溶液中の小さな無機イオンに対する発光応答は達成されたものの、生体分子を構成するアミノ酸など比較的大きなサイズのゲスト分子に対する発光センサーとして広く応用するためには課題が残りました。

## <研究の内容>

本研究では、可視光発光を示す錯体分子が水溶液中で自然に集まって集合体を形成し、その集合体の発光強度が溶液の pH によって変化することを見出しました。希土類元素のテルビウム (Tb) を中心とした錯体 PyL-Tb は、石けん分子のように水になじむ親水性部分（金属周辺）と油になじむ疎水性部分（コレステリル基）の両方を持っており（図 1）、エタノール水溶液中で直径数十ナノメートルという非常に小さな粒子を形成します（図 2(a)）。このコロイド溶液<sup>※5</sup>に紫外光を当てると、鮮やかな緑色発光を示します。有機配位子にピリジン環を導入することで光増感部位として働き、ピリジン環からテルビウムへのエネルギー移動が効率よく起こっていることがわかりました。さらに、水溶液中の pH を酸性からアルカリ性へ変化させると、発光強度が強くなることもわかりました（図 2(b)、(c)）。このように、錯体が分子集合体を形成した条件下においても、溶液の pH 変化による発光応答が発現することを見出しました。

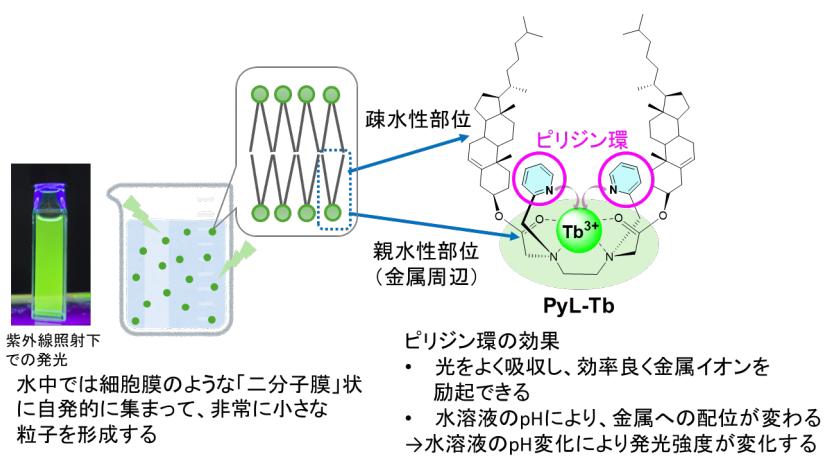


図 1. 錯体 (PyL-Tb) の構造と水溶液中の自己集合

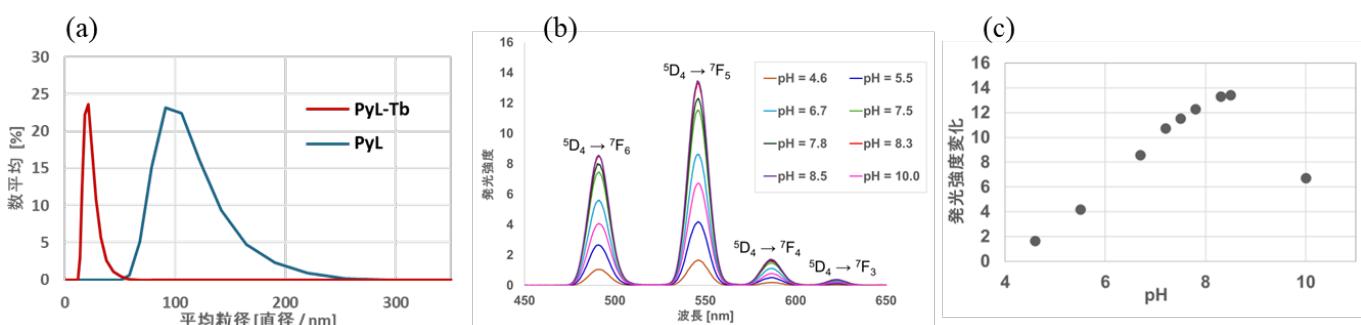


図 2. PyL-Tb 集合体の (a) DLS による粒径分布 (b) pH を変化させたときの発光スペクトル変化 (c)  $\lambda = 546 \text{ nm}$  の発光強度変化プロット ( $\lambda_{\text{ex}} = 260 \text{ nm}$ ,  $1 \times 10^{-4} \text{ M}$  in 20 wt% EtOH/H<sub>2</sub>O)

### <期待される効果・今後の展開>

本研究結果を用い、水溶液中に溶けているアミノ酸などの分子を検出する発光センサーとしての可能性について検討を始めています。また本研究の配位子に導入している疎水性部分は、細胞膜に含まれるコレステロールと同じ骨格を持ち、人工細胞膜中に錯体の構造を保ったまま混和することもわかっています。これを利用することで、膜中でコレステロールが集まっている位置を発光検出できる可能性があり、将来的には、細胞膜中の特定部位を光させるバイオマーカーへの応用が期待できます。

### <資金情報>

本研究は、大阪公立大学 RESPECT 共同研究助成、科学研究費補助金基盤研究(C)、プロテリアル材料科学財団の支援の下で実施されました。

### <用語解説>

- ※1 希土類：周期表 3 族元素のスカンジウム Sc、イットリウム Y、および第 6 周期のランタン La からルテチウム Lu までの 15 元素をあわせた 17 元素の総称。英語の Rare earth (レアアース) の和訳。
- ※2 希土類錯体：希土類イオンとそれを取り囲み配位結合している分子（配位子）からなる化合物。
- ※3 多座配位子：配位子が配位できる原子を 2 つ以上もっているもの。
- ※4 ゲスト分子：ホスト分子と呼ばれる大きな分子が、弱い相互作用によって小さい分子を捕捉するとき、捕捉される分子のことをゲスト分子と呼ぶ。「鍵穴」（ホスト）と「鍵」（ゲスト）のように、ホスト分子の大きさや形状によって、捕捉できるゲスト分子が限定される。
- ※5 コロイド溶液：タンパク質などの巨大分子や分子集合体の微粒子が分散した溶液。ここでは錯体の集合体が分散した水溶液。

### <掲載誌情報>

【発表雑誌】Chemistry—A European Journal

【論文名】pH-Dependent Luminescence of Self-Assembly Tb<sup>3+</sup> Complexes with Photosensitizing Units

【著者】Eiko Mieda, Tatsuya Watanabe, Ryusei Morita, Hiroyuki Miyake, Satoshi Shinoda

【掲載 URL】<https://doi.org/10.1002/chem.202502378>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院 理学研究科  
講師 三枝 栄子（みえだ えいこ）  
TEL : 06-6605-3196  
E-mail : [mieda@omu.ac.jp](mailto:mieda@omu.ac.jp)

【報道に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課  
担当：谷  
TEL : 06-6967-1834  
E-mail : [koho-list@ml.omu.ac.jp](mailto:koho-list@ml.omu.ac.jp)