

## 共役ポリマー-WGM 共振器による高効率・高指向性放射エネルギー移動

筑波大院数理解物質<sup>1</sup>, Duisburg-Essen 大院物理<sup>2</sup>, 物材機構<sup>3</sup>, JST-CREST<sup>4</sup>.

○櫛田創<sup>1</sup>・ダニエルブラーム<sup>2</sup>・柴崎浩輔<sup>1</sup>・斎藤仁志<sup>1</sup>・ダオデュイタン<sup>3,4</sup>・石井智<sup>3,4</sup>  
長尾忠昭<sup>3,4</sup>・桑原純平<sup>1</sup>・神原貴樹<sup>1</sup>・木島正志<sup>1</sup>・アクセルロルケ<sup>2</sup>・山本洋平<sup>1</sup>

**【緒言】** Förster 型エネルギー移動 (FRET) は近距離では非常に高効率にエネルギー移動が起こる一方、数十ナノメートル以上離れるとその効率は著しく低下する。一方で放射型エネルギー移動 (RET) は光の再吸収・再発光によるエネルギー伝達機構であり、マイクロメートルを超える距離でも起こる。しかしながら、エネルギードナーの発光が放射状に広がるために効率が非常に悪い。しかし光は理想的な真空場ではエネルギーのロスなく進むことから、ドナーの発光に方向性をもたせることができれば長距離・高効率なエネルギー移動が実現できると考えられる。本研究ではエネルギードナー・アクセプターの関係にある共役高分子をそれぞれ自己集合化させて作製したマイクロキャビティを連結させることでドナーの放射を選択的にアクセプターに誘導し高効率・長距離の RET を実現した<sup>[1]</sup>。

**【結果・考察】** エネルギードナー・アクセプターの関係にある2種類の共役高分子を、それぞれ蒸気拡散法で集合化させた<sup>[2]</sup>。その結果、数マイクロメートルの球体を作製に成功し、それぞれから WGM 発光を観測した。また、ドナー80%、アクセプター20%を混合して集合化させることで FRET によりアクセプター発光を示すブレンド球体を作製した。通常高分子同士は混合エントロピーが低いため相分離が起きやすく、共役高分子同士で完全な FRET が起きている報告は非常に限定的である。しかし、析出のタイミングをうまく制御することで、完全な FRET が起きるブレンド球体作製に成功した。作製したブレンド球体は、アクセプター球体よりも Q 値が高く、興味深いことに、蛍光量子収率がドナー・アクセプター球いずれよりも向上した。励起子が球体内のアクセプターで局在化することで、マイグレーションによる失活を抑制した結果、効率的な発光が起きると考えられる。

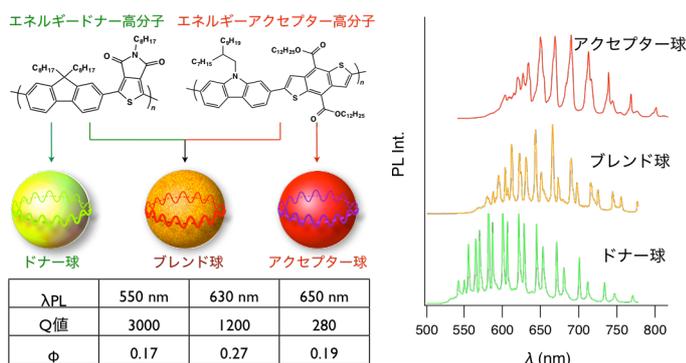


図 1. マイクロキャビティの特性と WGM 発光スペクトル

次に、これらのマイクロ球体共振器を連結させ、球体間の光伝搬と波長変換について検討した。まず図 2a のようにドナー球体を2つ連結させて発光の伝搬を観測した。ここではレーザーを 500 nm スポットに絞って水色の矢印の点を励起している。左のドナー球の発光は球体表面で全反射を繰り返すことで閉じ込められ、右側の球との接触点で選択的かつ高効率に伝搬する。次にドナー球体、アクセプター球体を連結した。ドナー球体を励起すると、ドナー球体は黄色に、アクセプター球体は赤に発光している様子が観察された(図 2b)。これはドナー球体からの伝搬光はアクセプター球体で再吸収・再発光することで波長変換されることに起因する。一方、アクセプター球体を励起した場合はドナー球体・アクセプター球体いずれも赤色を示した。これはアクセプター球体からの発光はエネルギー準位的にドナー球体に吸収されないため、伝搬光がそのまま観測されていることに起因する。このようにエネルギー準位の異なる共役高分子マイクロ共振器を連結させることで長距離・効率的な RET を実現した。それぞれのスペクトルやアクセプター球をブレンド球体に変えた際にエネルギー移動効率が向上することも併せて報告する。

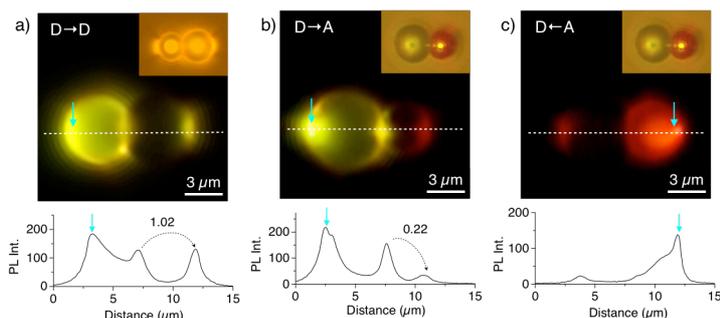


図 2. 発光伝搬の暗視像と発光強度プロファイル。

**【参考文献】** [1] S. Kushida, *et al.*, submitted. [2] S. Kushida, *et al.*, *Macromolecules*, **2015**, *48*, 3928-3933.