

汎用元素から構成される室温リン光材料の開発

工学研究科 応用化学専攻

准教授 武田 洋平

Researchmap <https://researchmap.jp/read0156438>

研究の概要

室温でリン光を示す有機分子は、励起三重項状態から寿命の長い発光を示すため、高効率な有機EL素子の発光材料や高時空間分解能なバイオイメージング材料として注目を集めています。しかし、既存の室温リン光材料の設計には、白金やイリジウム、ハロゲン等のレアメタル・重元素の導入が必要でした。本研究では、炭素・水素・ケイ素などの地球上にありふれた軽元素（汎用元素）だけで、高効率な室温リン光を示す有機分子を構築することに成功しました。また、開発した分子が実際に有機EL素子の発光材料として機能することを実証し、重元素を含まない室温リン光材料を用いた有機EL素子としては世界最高レベルの量子効率を示すことを明らかにしました。さらに、系統的な構造-物性相関研究を通じて、分子構造が光物理過程に与える影響を明らかにしました。

研究の背景と結果

室温でリン光を示す有機分子は、励起三重項状態から寿命の長い発光を示すため、高効率な有機EL素子の発光材料や高時空間分解能なバイオイメージング材料として注目を集めています。しかし、既存の室温リン光材料の設計には、スピン反転を加速させるために、白金やイリジウム、ハロゲン等のレアメタル・重元素の導入が必要でした。したがって、室温リン光材料の開発においては、資源枯渇や生体毒性の懸念、高い製造コスト等の課題が多く残っていました。本研究では、炭素・水素・窒素・ケイ素などの地球上にありふれた軽元素（汎用元素）だけで、高効率な室温リン光を示す有機分子を構築することに成功しました。まず、自然界に最もありふれた元素の一つであるケイ素元素の電気的陽性な特徴に注目しました。電子ドナー・電子アクセプターから構成される有機分子の電子ドナー部位にケイ素元素を導入することで、励起状態のエネルギーレベルのエンジニアリングが可能となり、これが本研究成功の鍵でした。詳細な分光学的計測により、開発した分子が呈する室温リン光は、近接する励起状態間（励起三重項間）の相互変換を経る機構により生じることを突きとめました。また、実際に創製した発光分子を活用して有機EL素子を作製したところ、EL素子における発光材料として機能することを実証できました。それに加えて、重元素を含まない室温リン光材料を用いた有機EL素子としては世界最高レベルの量子効率を示すことを明らかにしました。さらに、系統的な構造-物性相関研究を通じて、分子構造が光物理過程に与える影響を解明しました。

研究の意義と将来展望

本研究では、室温リン光が熱過程により近接する励起状態間の相互変換を経る機構で生じることを突きとめました。これにより、レアメタルや重元素の導入に頼らない室温リン光分子の設計が可能となります。将来的には、環境調和性・持続可能性の高い省エネルギー光・電子デバイスの実現へ至ると期待できます。また、リン光の長い発光寿命を活用することで、生体調和型の高時空間分解能なイメージング材料の開発にも発展すると考えられます。

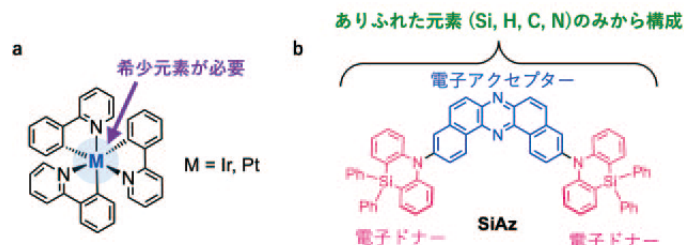


図1 a) 従来の室温リン光材料; b) 本研究で開発した室温リン光材料

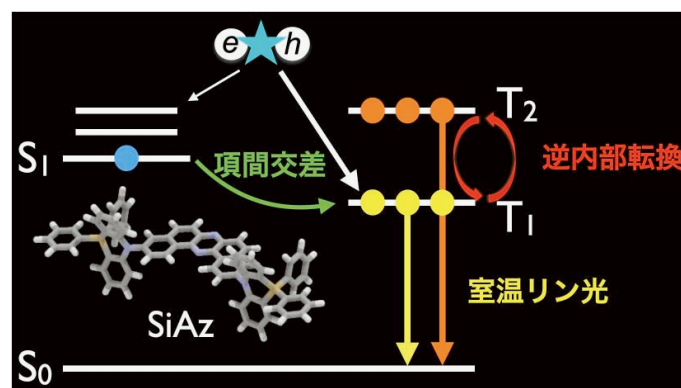


図2 本研究で開発した室温リン光の発光機構

特 許 特願2020-541184

De Silva, Piotr; Takeda, Youhei; Data, Przemyslaw et al. Heavy-atom-free room-temperature phosphorescent organic light-emitting diodes enabled by excited states engineering. ACS Appl. Mater. Interfaces, 2021, 13 (2), 2899-2907. doi: 10.1021/acsami.0c17295
De Silva, Piotr; Data, Przemyslaw; Takeda, Youhei et al. The regioisomeric effect on the excited-state fate leading to room-temperature phosphorescence or thermally activated delayed fluorescence in a dibenzophenazine-cored donor-acceptor-donor system. J. Mater. Chem. C, 2022, 10 (12), 4905-4913. doi: 10.1039/D1TC05730H

参考URL <http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~minakata-lab/ytakeda/>

キーワード リン光、EL、発光材料、光エネルギー、元素戦略