

原子・分子の自在配列・配向技術と分子システム機能
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

畠山 琢次

京都大学 大学院理学研究科
教授

含 BN ナノカーボン分子の自在合成と配向制御

主たる共同研究者:

安達 千波矢 (九州大学 大学院工学研究院 教授)

研究成果の概要

本研究では、炭素・ホウ素・窒素が精密に配列された巨大 π 共役系を有する「含 BN ナノカーボン分子」を合成し、素子中の配向を制御することで、次世代の有機光エレクトロニクスを実現する。さらに、精密有機合成と化学気相成長法を組み合わせることで、原子配列が精密に制御された「含 BN ナノカーボン」の創製を目指す。

本年度は、3つのホウ素と4つの窒素原子を「 ω 型」に配置することで、色純度と効率を兼ね備えた緑色熱活性化遅延蛍光 (TADF) 材料「 ω -DABNA」の開発に成功した。「 ω 型」配置を持つ分子骨格を構築するのはこれまでの合成手法では困難だったが、新たに逐次的多重ホウ素化を開発することで効率的な構築が可能となった。 ω -DABNA を用いた OLED は、ピークトップ 512 nm、半値幅 25 nm の高色純度の EL を示し、1000 cd m⁻²における外部量子効率 (EQE) も 31.1% と緑色 OLED として最高レベルの特性を示した。更なる素子の最適化と材料の配向制御により、実用素子への展開が期待できる。

また、青色 TADF 材料である DABNA-2 を用いた分布帰還型 (DFB) レーザーデバイスを作製し、含 BN ナノカーボン材料の優れた光増幅特性を実証した。これまでの TADF 材料のレーザー発振しきい値は蛍光材料よりも 1 桁以上大きく実用レベルではなかったが、世界最高レベルの蛍光材料に匹敵する 0.27 $\mu\text{J cm}^{-2}$ の低しきい値を示した。本研究成果は、含 BN ナノカーボン分子がレーザー材料として有用であることを明らかにするとともに、TADF 過程をレーザーへ応用できる大きな可能性を示すものである。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Sequential Multiple Borylation Toward an Ultrapure Green Thermally Activated Delayed Fluorescence Material”, Uemura, S.; Oda, S.; Hayakawa, M.; Kawasumi, R.; Ikeda, N.; Lee, Y.-T.; Chan, C.-Y.; Adachi, C.; Hatakeyama, T.* *J. Am. Chem. Soc.* **2023**, *145*, 1505-1511.
- 2) “A very low lasing threshold of DABNA derivatives with DFB structures”, Mamada, M.; Maeda, S.; Oda, S.; Nguyen, T.B.; Nakanotani, H.; Hatakeyama, T.; Adachi, C.* *Mater. Chem. Front.* **2023**, *7*, 259-266.
- 3) “Organic Binary and Ternary Cocrystal Engineering Based on Halogen Bonding Aimed at Room-Temperature Phosphorescence”, Abe, A.; Goushi K.; Mamada, M.; Adachi, C.* *Adv. Mater.* **2023**, 2211160.