

富士フィルム・機能性材料化学賞

安田 琢磨氏 (九州大学高等研究院・教授)

Takuma Yasuda



(業績)「高速スピン変換を基軸とする革新的有機発光材料の創製」

Development of Advanced Organic Luminescent Materials Enabling Fast Spin Interconversion

有機発光材料は、有機ELをはじめとする最先端光学技術に欠くことのできない中核的な機能材料であり、自在な分子設計によって多彩な光機能を引き出すことができる。発光現象を司るエキシトン、閉殻系分子では励起一重項および三重項のスピン多重度の異なる量子状態をとることができ、これらの励起ダイナミクスを高度に制御することは、秀逸な有機発光材料を創製する上で重要かつ本質的な課題である。

安田氏は、物理有機化学に立脚した独自の設計戦略に基づき、純有機分子において本来スピン禁制である一重項-三重項間のスピン変換を高速化する新概念ならびに方法論を開拓した。さらに、 π 電子有機分子の合成技術を駆使し、高速スピン変換可能な有機発光材料を多数創出するとともに、その優れた電界発光機能を有機ELデバイスにおいて実証することにも成功している。以下、代表的な業績を述べる。

1. 高速スピン変換を可能にする有機発光材料の開発

熱活性化遅延蛍光(TADF)は、励起一重項と三重項状態をエネルギー的に近接させて逆項間交差(RISC)に基づく遅延蛍光を得る発光機構であり、次世代有機ELへの展開が期待されている。しかしTADF材料において、スピン変換を伴うRISCは通常は律速過程であり、有機ELの本質的な効率向上の観点からRISCの高速化が望まれていた。同氏は、ホウ素とヘテロ元素(酸素、窒素、硫黄など)を組み合わせた新規ヘテロボリン系TADF材料を開発し、硫黄を架橋元素として用いた場合にRISCが著しく加速できることを見出した。通常、重原子とはみなされない硫黄の電子摂動を巧みに利用してスピン変換に必要なスピン-軌道相互作用(SOC)を飛躍的に増大させる設計戦略を開拓した。この高速スピン変換能により、三重項エキシトンの蓄積が効果的に抑制でき、高輝度域でも本質的に効率低下しない有機ELの実証に成功している。本成果は、レアメタルフリーで、典型元素のみから構成される真に高効率な有機発光材料を開発するうえでの新たな指針を提示したものであり、その後の研究開発に大きな影響を与えている。

2. フルカラー狭帯域発光材料の開発と重畳蛍光の実現

有機発光材料は一般に発光スペクトルの半値幅が広く、色純度が低い欠点がある。高精細ディスプレイへの

応用の観点から、半値幅の狭いフルカラー狭帯域発光材料が望まれている。同氏は、カルバゾールとホウ素を適切に組み合わせた高度縮環 π 骨格を構築し、青色から赤色までの広範な波長域において高効率かつ高色純度の電界発光を示すフルカラー狭帯域発光材料を開発した。

さらに、狭帯域発光材料に高速スピン変換能を付与する試みを進め、その結果、ヘテロ元素の電子摂動を利用することで世界最速(1秒間に1億回以上)もの超高速スピン変換を達成している。これにより、スピン多重度の異なるすべてのエキシトンを時間遅延せずに一重項状態からの発光として得る、新たな発光機構-重畳蛍光-の実証に先駆けて成功している。有機発光材料の新パラダイムとして、学術および産業の両面から注目を集めている。

3. 凝集誘起遅延蛍光材料の開発

分子が孤立分散した系とは異なり、高濃度状態や凝集固体状態で発光特性が大幅に低下する濃度消光の問題は、TADF材料においても顕著であった。この濃度消光の解消を指向し、同氏はTADFに凝集誘起発光特性を付与した凝集誘起遅延蛍光(AIDF)材料の開発に先駆けて成功している。これにより、単一TADF材料からなる発光層を用いたノンドープ型有機ELデバイスの構築が可能となり、AIDFの励起子増感機構に基づく高効率電界発光を実デバイスにおいて実証している。本成果は、AIDF研究の端緒であり、現在、固体発光材料における一つの潮流となっている。

以上のように、安田氏は、有機合成化学を基軸としながら、物理化学的視座からの理論的な分子設計を融合することで、画期的な有機発光材料群の創出に成功した。特に、従来の有機発光材料の設計にほとんど用いられていない高周期典型元素を戦略的に導入するアプローチにより、世界最速の超高速スピン変換を実証した。加えて、単に材料開発のみに終始せず、原理と機能の統合的実証まで横断的に独自の研究を展開していることも特筆すべき点である。同氏の研究業績は、有機合成化学と材料科学に基礎をおきながら、学術のみならず産業の発展にも寄与する独創的かつ優れたものであり、有機合成化学協会富士フィルム・機能性材料化学賞に値すると認め、ここに選定した次第である。