

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団

理事長 岡 崎 裕 夫 殿

報告日 2026 年 5 月 31 日

研究課題	多段階エネルギー移動による近赤外分散型 EL の構築と 3 次元熱伝達システムの開発	助成金額
		100 万円
助成名	特別長期研究助成・研究助成・若手研究助成	
ふりがな	つねやす しょうた	研究助成申請年度
研究者氏名	常安 翔太	2024 年度
所属機関	東京工芸大学	研究期間
		2024 年 11 月～2026 年 3 月
役 職	助教	

下記の通り、研究成果を報告いたします。

記

1. 研究成果の概要

(1) 多段階ダウンコンバージョンによる赤色～近赤外近傍域への長波長化と周波数による発光色制御 (図 1)
分散型 EL デバイスの長波長化と発光色制御を目的として、ZnS 系無機蛍光体と複数の有機蛍光色素 (Coumarin 6、DCJTB、Rhodamine 700) を同一発光層内に共存させた多段階ダウンコンバージョン型素子を構築した。これにより、波長 680 nm 付近に発光ピークを有する長波長発光を実現した。さらに、印加周波数を制御することでダウンコンバージョン効率が変わり、発光色を赤みがかった水色から紫色へと明瞭に制御できることを実証した。CIE 色度座標におけるプロットは 1 kHz の(0.363, 0.417)から 15 kHz の(0.322, 0.300)へと明確にシフトし、発光色の変化を目視で確認した。本成果は、近赤外域へのさらなる長波長化に向けたダウンコンバージョン系の設計指針を与えるものである。

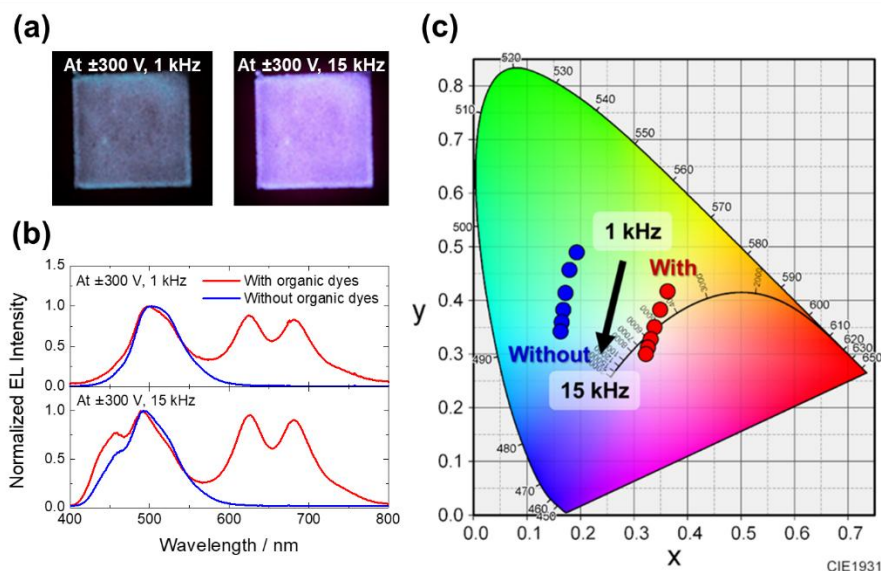


図 1 ZnS 系蛍光体と有機蛍光色素を用いた分散型 EL 素子による周波数依存発光色制御 : (a) 発光写真、(b) EL スペクトル、(c) CIE 色度座標 (Journal of the Society for Information Display 掲載図を基に再構成)

(2) ナノフープ色素を用いた一段階ダウンコンバージョンによる赤色系発光ならびに切り紙・折り紙構造への展開 (図2)

対称構造を持つナフタレンジイミド (NDI) 組み込みナノフープ色素[3]CDPNDI を新規合成し、分散型 EL への応用を実証した。[3]CDPNDI は 138 nm (4420 cm^{-1}) の大きなストークスシフトと蛍光量子収率 22%を示し、自己吸収を抑制した赤色系発光が可能である。ZnS 系蛍光体と[3]CDPNDI を共存させた発光層を構築したところ、ZnS 発光を励起源とした一段階ダウンコンバージョンにより赤色系の EL 発光を実現した。CIE 色度座標は[3]CDPNDI の添加によって(0.149, 0.260)から(0.355, 0.302)へと赤色方向にシフトした。さらに、発光面積 $4\times 4\text{ cm}^2$ の紙基板デバイスを作製し、切り紙・折り紙加工によって三次元構造へ変形した後も、安定した発光を維持することを実証した。単一色素による一段階ダウンコンバージョンという簡便なアプローチで分散型 EL の長波長化を達成し、従来の多段階ダウンコンバージョン系と比較してより簡便な長波長化手法を提示した。本成果は現在 ChemRxiv にて公開しており、国際学術誌への掲載に向けた手続きを進めている。

a) Shota Tsuneyasu, Hiroyuki Nakano, Shinichiro Abe, Riko Tanaka, Miki Kawata, Hidetoshi Kawai, Toshifumi Satoh, Yoshitaka Tsuchido, Tomohito Ide, “Red-Emitting NDI-Embedded Nanohoop as a Solution-Processable Emitter for Mechanically Reconfigurable Inorganic EL Devices”, *ChemRxiv* (プレプリント) 2026 年 1 月

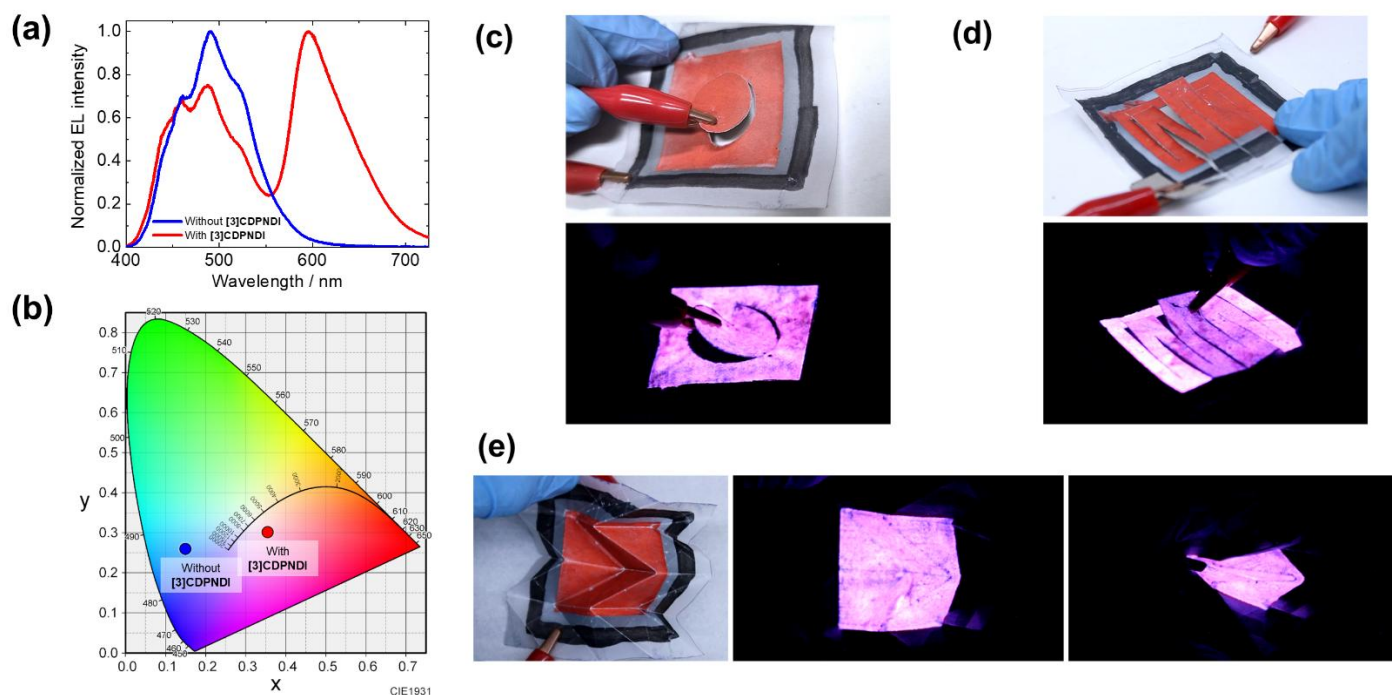


図2 ナノフープ色素を用いた赤色発光分散型 EL デバイスの構築 (ChemRxiv 掲載図を基に再構成)

(3) 優れた光・熱安定性を有するペリレンビスイミド誘導体へのダウンコンバージョンに基づく赤色系発光分散型 EL 素子の構築

分散型 EL デバイスの実用化、特にパッケージング用ラベル等の長寿命化において、有機蛍光色素の光退色 (劣化) の抑制は重要な課題である。そこで本研究では、デバイスの高耐久化に向けたアプローチとして、優れた光・熱・化学的安定性および高い蛍光量子収率を併せ持つペリレンビスイミド (PDI) 誘導体に着目した。ZnS 系無機蛍光体と PDI 誘導体を同一発光層内に共存させた分散型 EL 素子を構築し、無機蛍光体から PDI 誘導体へのダウンコンバージョン発光を実現した。その結果、波長 620 nm 付近に発光ピークを有する赤色系発光 (輝度 171 cd/m^2) を達成した。本成果は、高耐久な有機色素を利用した赤色系発光分散型 EL デバイスの実現に向けた設計指針を与えるものである。本成果の一部は IDW'25 にて発表した。

(4) 蛍光／リン光の熱消光特性の差異を利用した動的発光色制御

温度管理が求められる分野において、熱分布を面内で直感的に捉える技術が望まれている。従来の積層型素子は輝度低下が課題であったが、本研究では ZnS 系無機蛍光体と Ru^{2+} 錯体を共存させたハイブリッド単層構造を新たに構築した。両材料の熱応答性の非対称性を利用し、常温では ZnS 系蛍光体の発光を励起源とした Ru^{2+} 錯体へのダウンコンバージョンにより白みがかった橙色発光を示し、高温域では Ru^{2+} 錯体の熱消光に伴い ZnS 系蛍光体由来の緑色発光が支配的となる動的発光色制御機能を実証した。本成果は、積層化による輝度損失を招くことなく温度変化を発光色として面内で可視化できる設計指針を与えるものであり、2026 年度日本画像学会年次大会において発表予定である。

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性

本研究で得られた成果は、次世代の「スマートパッケージング」および「インテリジェントラベル」の実現に向けて、以下の 2 つの観点から貢献できる可能性を示している。

(1) 複雑な形状へ追従可能な発光ラベルおよび高安定発光デバイスの実現 (成果 (2)・(3))

本研究で実証した切り紙・折り紙構造を利用した機械的再構成可能 EL デバイスは、既存の包装資材製造プロセスと高い親和性を有している。切断や折り曲げなどの機械変形後も安定した面発光を維持できるため、複雑な形状への発光機能付与の可能性を示している。また、ナノフープ色素や PDI 誘導体を用いることで、赤色系の発光や高い光・熱安定性を有する発光デバイスを実現した。軽量・薄膜・柔軟であり低コストな量産化にも適していることから、次世代スマートパッケージング技術への展開が期待される。

(2) 高度なセキュリティおよびパッケージの「温度管理インジケータ」機能の付与 (成果 (1)・(4))

成果 (1) で実証した周波数による発光色制御技術は、特定の周波数条件下でのみ固有の色調を示す動的挙動を有し、複製が極めて困難であることから、高セキュリティラベルへの応用が期待される。従来のホログラムや QR コードとは異なる原理に基づくため、動的認証技術としての展開が可能である。さらに、成果 (4) で構築した熱消光特性の差異を利用した動的発光色制御技術は、パッケージ自体に温度管理インジケータ機能を付与できる。温度上昇に伴い白みがかった橙色から緑色へと発光色が変化するため、輸送・保管時の温度逸脱を視覚的かつ 2 次元的に検知できる。このような面状温度可視化ラベルは、医薬品・食品・精密化学品などのスマートパッケージング分野への応用が期待される。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績 (現時点で未発表・未掲載・未出願のため、上記「1. 研究成果の概要」、「2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性」の当財団ホームページ上の公開の延期を希望される場合、その旨 記載してください。)

【学会発表】

1) 常安翔太、「精密なデバイス設計による高機能・高性能デジタルサイネージの実現」、2025 年度日本写真学会年次大会【進歩賞受賞講演】、2025 年 5 月 31 日

2) Yukino Masuda, Hayato Hagisawa, Mitsuhiro Morisue, Shota Tsuneyasu, “Powder Electroluminescent Device Based on Energy Transfer Between ZnS Phosphor and Perylene Bisimide Derivative toward Stable Red Emission”, The 32nd International Display Workshops (IDW'25), 2025 年 12 月 3 日

3) 安部紳一郎、常安翔太、「蛍光／りん光の熱消光コントラストを利用した分散型 EL の動的発光色制御」、第 137 回日本画像学会年次大会、2026 年 6 月 12 日 (発表受理済み)

【論文掲載】

1) Shinichiro Abe, Kaito Toda, Takahisa Ueno, Toshifumi Satoh, Shota Tsuneyasu, “Color-tunable powder electroluminescent device controlled by applied frequency, *Journal of the Society for Information Display*, 33(5) 353-359 2025 年 5 月