

国際科学技術基盤整備事業（日本－台湾 研究交流）

1. 研究課題名：「有機分子及びポリマー物質により構成される光電変換ナノデバイスの創製と学理」
2. 研究期間：平成 22 年 1 月～平成 25 年 3 月
3. 支援額： 総額 14,655,000 円
4. 主な参加研究者名：

日本側（研究代表者を含め6名までを記載）

| | 氏名 | 所属 | 役職 |
|--------------|-----------------------|--------------|----------|
| 研究代表者 | 太田信廣 | 北海道大学電子科学研究所 | 教授 |
| 研究者 | 中林孝和 | 北海道大学電子科学研究所 | 准教授 |
| 研究者 | 飯森俊文 | 北海道大学電子科学研究所 | 助教 |
| 研究者 | Mohan Singh MEHATA | 北海道大学電子科学研究所 | 博士研究員 |
| 研究者 | Kamlesh AWAS THI | 北海道大学電子科学研究所 | 博士研究員 |
| 研究者 | Hung-Chu CHI ANG | 北海道大学電子科学研究所 | 学生（博士課程） |
| 参加研究者 のべ 6 名 | | | |

相手側（研究代表者を含め6名までを記載）

| | 氏名 | 所属 | 役職 |
|--------------|--------------------|----------|----------|
| 研究代表者 | Eric W.-G. DIAU | 台湾国立交通大学 | 教授 |
| 研究者 | Yuan-Pern LE E | 台湾国立交通大学 | 教授 |
| 研究者 | Chain-Shu HS U | 台湾国立交通大学 | 教授 |
| 研究者 | Hung-Yu HSU | 台湾国立交通大学 | 学生（博士課程） |
| 参加研究者 のべ 4 名 | | | |

5. 研究・交流の目的

本研究・交流の目的は有機分子、新奇のポリマー、ナノ材料を用いて、効率的な有機発光ダイオード（OLED）や色素増感太陽電池（DSSC）といった次世代のための光電変換ナノデバイスの基礎研究および開発を日本側と台湾側が協力して行うことである。合成した種々のポリマーや有機増感剤を用いて作成されたEL素子や太陽電池の特性の評価、それらの光電変換デバイス機能の機構解明、および用いた物質材料の評価を行い、OLEDやDSSCに関する高効率で安定な光電変換ナノデバイスの設計、開発に必要な情報を得る。本研究交流で得られる知見を元に発光機構や光電変換機構が解明され、効率的で耐久性に富んだ発光デバイスや光起電デバイスの創製への指針を得ることができると期待している。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

有機発光ダイオードに関しては、発光効率と安定性が最も重要な問題である。安定性に関しては、これまでデバイスへの水や酸素の影響が議論され、その影響を減ずるための種々の対策がこれまで講じられてきた。しかし、発光時に印加する強い電場が発光状態からのダイナミクスに影響を与えるとすれば、それは物質の安定性に関わる本質的な問題である。台湾の共同研究者により合成された種々の π -共役ポリマーを対象に、電場吸収および電場発光スペクトルの測定および電場発光強度の時間分解測定を行うことにより、発光特性が電場印加によりどのような影響を受けるかを明らかにした。本研究で明らかにされた励起状態ダイナミクスへの電場効果の問題はデバイスの劣化や不安定性の原因としては現時点ではほとんど議論されていないが、将来的には避けて通れない問題としてクローズアップされるはずである。

色素増感太陽電池の作成に関連して、電場吸収、電場発光測定が光電変換効率の優れた材料の開発、評価に威力を発揮することを示すことができた。即ち、電場吸収、電場発光スペクトルにおけるシュタルクシフトの解析より電子励起状態における電荷分離の大きさを評価し、電荷分離状態からのキャリアー生成効率を電場発光測定より評価し、それら電荷分離機能、キャリアー生成効率の大きさが太陽電池における光エネルギー変換効率と大きな相関を有することを示した。光エネルギー変換素子における電場吸収、電場発光測定に基づいた評価方法は、光電変換材料の設計、開発に力を発揮するようになると確信している。

6-2 人的交流の成果

台湾国立交通大学の LEE 教授の研究室で修士課程を修了した学生(Hung-Chu CHIANG)を2010年10月より、私ども研究室の博士課程の学生として受け入れ、電場吸収、電場発光測定を中心とした研究が進められた。この手法を、固体から溶液中での測定まで発展するように装置の改良を進めると共に、台湾側との共同研究に関わる実験にも関与してもらった。特に、色素増感太陽電池の増感色素として最近特に注目されている、ポルフィリン誘導体の試料について電場吸収や電場発光スペクトルと太陽電池の光エネルギー変換効率が密接に関連することを明らかにしている。今回の研究交流に関連して2013年3月に台湾の国立交通大学で開催された Taiwan-Japan Workshop on Nano Devices 2013 では、その研究成果の一部を「Application of Stark Spectroscopy in Absorption and Photoluminescence to Optoelectronic Functional Materials」のタイトルでポスター発表を行い、その成果は Poster Award に選ばれた。彼女は電場吸収、電場発光測定に基づいて、平成25年度に博士の学位を取得する予定である。

台湾国立交通大学の DIAU 教授の指導下の博士課程の学生である HSU 君がこのプロジェクトに参加し、2010年、2012年と2度にわたって、私の研究室を訪れ、各々、10日以上にわたって電場吸収、電場発光測定に参加し、その実験手法や解析手法を学んでいる。彼は、台湾では種々のポルフィリン誘導体を増感色素として用いた色素増感太陽電池を作成し、その機構を調べるために、時間分解過渡吸収スペクトル測定にも従事しており、それらの実験結果、光エネルギー変換効率、および電場吸収および電場発光測定結果との関連を調べた。その結果は2013年3月に開催された Taiwan-Japan Workshop on Nano Devices 2013 で「Field-induced Spectral Investigations of Porphyrin Sensitizers on TiO₂ and PMMA films」のタイトルで発表した。

インド人の博士研究員であった MEHATA 博士（現在、デリー工科大学助教授）には、 π -共役ポリマーを中心とした電場吸収、電場発光測定をお願いし、ポリマーを用いた有機発光デバイスや太陽電池との関係を調べてもらった。台湾、日本、インド間の相互交流がで

きると期待している。

同じくインド人の博士研究員であった AWASTHI 博士（現在、太田研究室の特任助教）には DIAU 教授と HSU 氏に作成してもらったルテニウム錯体を用いた色素増感太陽電池のデバイス特性と電場吸収スペクトルの関係を主に調べてもらった。日本語が得意な彼は、日本、台湾もしくはインドで研究を進めることになると期待している。

太田研究室の中林准教授、飯森助教には、電場吸収、電場発光測定に関する研究に関しては一緒に議論に加わってもらった。これらの交流を通して、今後は若い研究者同士の研究交流への発展を期待している。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

| 論文 or 特許 | ・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等 | 備考 |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 論文 | M. S. Mehata, C.-S. Hsu, Y.-P. Lee and N. Ohta, "Electric-Field-Induced Enhancement/Quenching of Photoluminescence of π -Conjugated Polymer S3-PPV: Excitation Energy Dependence", <i>J. Phys. Chem. B</i> 114(19), 6258-6265 (2010). | 共著 論文 |
| 論文 | M. S. Mehata, C.-S. Hsu, Y.-P. Lee and N. Ohta, "Electroabsorption and electrophotoluminescence of poly(2,3-diphenyl-5-hexylphenylene vinylene)", <i>J. Phys. Chem. B</i> 116(28), 14789-14795 (2012). | 共著 論文 |
| 論文 | T. Nakabayashi, T. Yotsutuji, K. Ogawa, Y. Kobuke and N. Ohta, "Electroabsorption and Electrophotoluminescence Spectra of Porphyrin Supramolecules in a Polymer Film", <i>Bull. Chem. Soc. Jpn.</i> 83(1), 33-38 (2010). | |
| 論文 | M. Mehata and N. Ohta, "Photo- and field-induced charge-separation and phosphorescence quenching in organometallic complex Ir(ppy) ₃ ", <i>Appl. Phys. Lett.</i> 98, 181910-1~3 (2011). | |
| 論文 | N. Ohta, "Electric field effects on photoinduced dynamics and function", <i>Pure & Applied Chemistry</i> , (2013) DOI.org/10.1351/PAC-CON-12-12-07. | |