

戦略的国際科学技術協力推進事業（日本－英国 研究交流）

1. 研究課題名：「色素増感型太陽電池（DSC）における太陽光吸収効率と電荷移動効率の向上」
2. 研究期間：平成 20年 4月～平成 23年3月
3. 支援額： 総額 18,089,000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 | 甲村長利 | 産業技術総合研究所 | 主任研究員 |
| 研究者 | 村上拓郎 | 桐蔭横浜大学 | 専任講師 |
| 研究者 | 伊藤省吾 | 兵庫県立大学 | 準教授 |
| 研究者 | 酒井誠弥 | 桐蔭横浜大学 | 大学院生 |
| 研究者 | 菅原智子 | 桐蔭横浜大学 | 大学院生 |
| 研究者 | 古部昭彦 | 産業技術総合研究所 | 主任研究員 |
| 参加研究者 | | のべ | 11名 |

英国側（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 | Henry J. Sn aith | オクスフォード大学 | Lecturer |
| 研究者 | Michael Lee | オクスフォード大学 | 大学院生 |
| 研究者 | Pablo Docam po | オクスフォード大学 | 大学院生 |
| 研究者 | Michael Bro wn | オクスフォード大学 | 大学院生 |
| 研究者 | | | |
| 研究者 | | | |
| 参加研究者 | | のべ | 4名 |

5. 研究・交流の目的

色素増感型太陽電池は光電変換（太陽光から電気エネルギーへの変換）効率として12%が報告されており実用の可能性が考えられる変換効率を有する。しかしながら最新の技術においても太陽から降り注がれる入射光の一部を変換するにとどまっており、光電変換効率の向上は現時点においても十分な可能性と余地が存在している。したがって我々は湿式色素増感型太陽電池と固体型ハイブリッド色素増感太陽電池それぞれにおいて収光率を向上させさらに電荷移動を向上させることで性能向上を図ることを目的とした。

6. 研究・交流の成果

6-1 研究の成果

電気的な特性に優れた酸化亜鉛を化学的に安定化させ、色素増感太陽電池の半導体電極材料として導入し、性能を向上させることを目的として、化学的な表面修飾を施した。シンプルに処理可能な方法として四塩化チタン水溶液への浸漬処理について検討し、低温で浸漬処理を行うことで酸化亜鉛表面に酸化チタンをコーティングすることに成功した。さらに酸化チタンを酸化亜鉛粒子表面にコーティングした酸化亜鉛/酸化チタンコアシェル電

極を用いて色素増感太陽電池を作製した結果、ルテニウム色素 (N719 色素) を用いた場合、コーティング前に比べて、変換効率を 4 倍以上に向上させることに成功した。一方、インドリン系有機色素を用いることにより、酸化亜鉛電極に対してに対して 40%、酸化チタン電極に対して 12% 高い開放電圧 (809 mV) を得ることができ、光電変換効率を 2 倍以上に向上させ、効率 4% 以上を得ることに成功した。酸化亜鉛に酸化チタンをコーティングすることによる効率向上の効果についてその原因を調べたところ、酸化チタンのコーティング処理によって電子寿命を向上させ、電子注入効率も向上することがわかった。さらに日本側で研究した酸化亜鉛へ酸化チタンをコーティングする技術を応用し、イギリス側で酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのコーティングを施し、固体型色素増感太陽電池の性能を向上させることができた。

今まで実用化を検討するレベルに達していなかった酸化スズ電極や、酸化亜鉛電極に対して、酸化チタン、酸化マグネシウムなどの金属酸化物をコーティングすることで電荷再結合を抑制し、開放電圧とフィルファクタを向上させ、光電変換効率を 5% 程度までに引き上げることができた。したがって、酸化チタン以外の金属酸化物においても、今後資源として豊富な金属を利用し、その表面に異なる金属酸化物をコーティングさせることで、光電変換デバイスとして応用できる可能性が広がったと考えている。

日本において、固体型色素増感太陽電池の研究規模は未だ小さい。このような固体デバイスを作製する技術を習得することで、日本において、固体型色素増感太陽電池の研究を行うことが可能となった。さらに、有機色素開発においてもこれまでは電解液と色素の相互作用を考慮した色素構造を提案してきたが、固体ホール輸送剤との相互作用を考慮した色素開発を行うことが可能となった。

6-2 人的交流の成果

プロジェクトに参加した日本側メンバー延べ 6 名、メンバー以外でも延べ 4 名がイギリスに渡航し、研究の議論を行い、将来の共同研究を視野に入れた打ち合わせをすることができた。一方、プロジェクトに参加したイギリス側メンバー延べ 3 名が来日して、研究の打ち合わせと共同実験を行うことができた。来日したイギリス側メンバーとの議論では、日本側メンバー以外の研究者も参加し、将来の包括的な研究協力体制について話し合うことができた。その結果、日本側からのポスドク等の留学希望者をイギリス側共同研究者のグループで受け入れたいとの希望も得られた。さらにイギリスから日本への留学希望者へのポストも準備することとした。

日本側メンバーの桐蔭横浜大学大学院修士課程学生が合計約 5 カ月間、イギリス、オックスフォード大学に滞在し、研究の打ち合わせ、共同実験、新規実験装置 (スクリーン印刷機等) の立ち上げなどの研究活動を行うことができた。オックスフォードで行った研究内容で現在論文投稿準備中である。

イギリス側メンバーのオックスフォード大学博士課程学生が約 2 カ月間、日本の桐蔭横浜大学に滞在し、研究の打ち合わせ、共同実験、日本側の材料作製技術を習得などの研究活動を行うことができた。さらに日本での研究経験に感銘を受け、学位取得後、東京大学へ博士研究員として留学し、プロジェクトの研究内容を継続的に行うことを希望している。

日本とイギリスで共同開催する色素増感太陽電池ワークショップは、大きな国際会議とは異なり、60 人程度の参加者であるため、親密に議論することができる。このような機会はほとんど無く、しかし極めて有益であるため、プロジェクト終了後も、毎年継続的にワークショップを開催する予定である。

共同研究を通して、研究発表につながる成果がようやく得られ始めた段階まで到達したのでプロジェクト終了後も日本側研究グループとイギリス側研究グループとの共同研究を続

ける方針である。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手国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 | Nobuya Sakai, Norimichi Kawashima, Takuro N. Murakami, “Effect of TiCl ₄ Treatment on Porous ZnO Photoelectrodes for Dye-sensitized Solar Cells”, Chemistry Letters, 40, 162164 (2011) | |
| 論文 | Tomoko Sugawara, Norimichi Kawashima, Takuro N. Murakami, “Kinetic Study of Nafion Degradation by Fenton Reaction”, Journal of Power Sources, 196, 2615-2620 (2011). | |
| 論文 | Yu Uemura, Shogo Mori, Kojiro Hara, Nagatoshi Koumura, “Carbazole Dyes with Alkyl-Functionalized Thiophenes for Dye-Sensitized Solar Cells: Relation between Alkyl Chain Length and Photovoltaic Performance”, Chemistry Letters, 40, 872-873, (2011) | |
| 論文 | Kenji Sunahara, Akihiro Furube, Ryuzi Katoh, Shogo Mori, Matthew J. Griffith, Gordon G. Wallace, Pawel Wagner, David L. Officer, and Attila J. Mozer, “Coexistence of Femtosecond- and Nonelectron-Injecting Dyes in Dye-Sensitized Solar Cells: Inhomogeneity Limits the Efficiency” Journal of Physical Chemistry. C, 115, 22084-22088, (2011) | |
| 論文 | Shingo Kajiyama, Yu Uemura, Hidetoshi Miura, Kojiro Hara, Nagatoshi Koumura, “Organic Dyes with Oligo-n-hexylthiophene for Dye-Sensitized Solar Cells: Relation between Chemical Structure of Donor and Photovoltaic Performance”, Dyes and Pigments, 92, 1250-1256, (2012) | |