

氏名・(本籍)	ANUSHA PRADHAN (インド)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	生工博甲第 332 号
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 25 日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Investigating the Impact of Molecular Structure Near Infra-Red Sensitive Dyes on Photoconversion for Cobalt Electrolyte Based Dye-Sensitized Solar Cells (コバルト電解質を用いた色素増感型太陽電池用近赤外色素の分子構造の光電変換に及ぼす影響の研究)
論文審査委員会	委員長 早瀬 修二 教授
	論文審査委員 花本 剛士 教授
	論文審査委員 白土 竜一 教授
	論文審査委員 パンデイ シヤム スデイル 准教授

## 学位論文内容の要旨

色素増感太陽電池が次世代太陽電池として注目されているが、デバイスの耐久性とともに、効率向上とコスト低減の観点から、さらに改善が必要であると述べている。筆者は、高効率化を目指して、短絡電流密度上げるために近赤外色素を、高い開放電圧得るために一般に使われているヨウ素系のレドックス代替電解質の研究開発を進めていると記載している。深い酸化還元電位を用いた電解質の中で、コバルト錯体系のレドックスは最近注目集めている。本論文で筆者は、色素増感太陽電池の高効率化を目指してコバルト電解液と近赤外色素を組み合わせた色素増感太陽電池の研究を目的としている。

第1章では、次世代太陽電池の背景、スコープと必要性に関して記載している。また、色素増感太陽電池に用いられるレドックス電解質の重要性、高効率化のために近赤外色素の必要性、色素増感太陽電池の構成、動作原理、および現在の問題点とその解決方法及び研究目的を述べている。

第2章では、本研究に使用しているコバルト錯体系の電解質の構成、近赤外色素合成及び物性評価、表面処理、色素増感太陽電池の作製方法、光電変換効率性能の評価方法を記載している。

第3章では、近赤外波長領域で光吸収出来る新たなスクアライン色素と、一般的によく使用されているヨウ素系の酸化還元電解質を使用した色素増感太陽電池を作製し、色素

再生の最小エネルギー障壁の推定に関して詳細に調査した。色素のアルキル鎖と置換基の種類を変えて色素の価電子帯 (HOMO) エネルギーの制御が出来ることを記載している。ヨウ素レドックス及び色素のHOMO順位と光電変換の結果から0.12 eVの最小エネルギー障壁で色素を再生することが可能であることを明らかにしている。

第4章では代表的な近赤外色素コバルト錯体電解質使用した色素増感太陽電池の光電変換に影響を与える表面処理、多孔質膜の膜厚、増感色素と共吸着剤の濃度など作製パラメータの最適化を行った。近赤外色素のモル吸光係数は高いため、多孔質膜の薄い膜厚 (6  $\mu\text{m}$ ) と共吸着剤の濃度が色素濃度の20倍が最適だったと報告している。基板及びメソポーラスTiO<sub>2</sub>層にTiCl<sub>4</sub>水溶液による表面処理を行うことで、変換効率が約10倍に向上することを報告している。

第5章では、色素分子構造が表面パッシベーションに寄与するので、コバルト錯体電解質を用いた色素増感太陽電池の効率制御のために、色素分子構造の最適化を行っている。様々な置換基を有するいくつかの新しい近赤外色素を設計し、その分子構造が太陽電池性能に与える影響について調査している。新しく設計された近赤外増感剤と使用したスクアライン色素の内、2本の長く分岐したアルキル鎖を有する増感色素1つ (SQ-110) が最も機能することを報告している。

第6章では、様々な緻密な金属酸化物を用いたさらなる表面パッシベーションや、広い波長領域での光吸収させるために色素カクテルの使用など、効率を向上させる手法について論じている。表面表面パッシベーションのために試みられた緻密な金属酸化物の中で、FTO上のTiO<sub>2</sub>及びメソポーラス酸化チタン上のTiO<sub>2</sub>/MgOの2層構造が最も効果的であることが実証された。設計された近赤外色素は低波長領域の光吸収を欠いているので、広い波長領域の光子収集のために、共吸着剤を使用せずに、最も性能が良かったSQ-110と相補的な可視光吸収を示すD35の色素カクテルを使用した。色素カクテルは、2つの色素分子の間の凝集の相互制御、相補的光子収集およびFRETにより個々の色素の場合と比較して、非常に改善された光子収集をもたらすことを報告している。

第7章では、論文全体の総括と、本研究の今後の展望について記載している。

## 学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員からエネルギー障壁、表面処理、イオン拡散、近赤外色素の設計と研究の新たな展開などについて質問されたがいずれも筆者から満足（明確）な回答が得られた。

また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上より、論文審査及び最終試験の結果に基づき、論文委員会において慎重に審査した結果、本論文が博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。