

## 審査の結果の要旨

氏名 齊藤陽介

太陽光発電の普及拡大は、低炭素社会の実現に向けて重要な課題であり、これを進めるために太陽電池コストの低減が求められている。色素増感太陽電池(DSSC)は、色素吸着酸化チタン多孔膜を用いた光電極と対極の間に電解液を満たした電気化学セルをあり、その安価な材料と簡便な製造工程から低コスト化に有利な条件を備えている。一方、太陽光発電の普及拡大とともに危惧されるようになった逆流による系統への影響を抑えるには、蓄電設備との併用が必要となる。しかしながら、コストの高い二次電池を、低コスト化が求められる太陽電池に組み合わせることは好ましくない。本研究は、DSSCが電気化学反応による発電機構を持つため、同じく電気化学反応を利用する二次電池との組み合わせが可能である点に注目し、DSSCと二次電池の組み合わせによる蓄電機能を付与した太陽電池である「エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池(ES-DSSC)」について研究したものである。本論文は、このES-DSSCのセル構造や電荷蓄積電極の高性能化に加え、出力の光量依存性や安定性、大型セルやモジュールの作成などを行った結果をまとめたもので、五つの章から構成されている。

第一章では、本研究の背景と目的について述べている。ここでは、ES-DSSCの実用化検討に向けてセル構造や電荷蓄積電極について検討を行い、高性能化を目指していることを述べている。また、これまで研究されてこなかったES-DSSCの光量依存性や出力安定性の評価や大型化セルの作製と特性評価を行い、本電池の実用化への知見を得る目的を述べている。

第二章では、導電性高分子のポリピロールを用いたES-DSSCの高性能化を目指し、主にセル構造について検討し、数種類のセル構造を提案している。太陽電池部分と蓄電部分間のカチオン交換膜を薄膜化した構造を開発し、低抵抗化を実現している。また、ポリピロール膜の電気化学特性について検討し、メッシュ基材を用いてポリピロール膜を薄膜化し、セル構成を変えることで大幅な蓄電容量の増大に成功している。ホール貯蔵容量の増大に向けて、ホール貯蔵電極が導入された構造を開発し、高出力化の点で優れていることを明らかにし

ている。最後に本研究で提案したセル構造の特徴をまとめ、それらの特性に応じた応用領域について説明している。

第三章では、ES-DSSCの電圧の向上とエネルギー密度の向上を目指して、ポリピロールよりも負の酸化還元電位を持つ酸化タングステンについて着目し、これを用いたセルの特性を検討している。その結果、酸化タングステン電極を用いたES-DSSCは、ポリピロールを用いたセルよりも高い電圧を示すことを見出している。さらに、酸化タングステンの結晶構造に依存する電気化学特性について検討し、六角形のトンネル構造を持つ六方晶酸化タングステンを用いたセルが、高いエネルギー密度と出力を示すことを見出している。更なる高エネルギー密度化に向けて、適切な欠陥や空間を持つ構造が材料設計を考える上で重要であることを述べている。

第四章では、ES-DSSCの実用化に向けて、これまで全く研究されてこなかった本セルの光量依存性や出力安定性などの特性評価や大型化についての検討を行っている。ES-DSSCの光量依存性について検討し、低光量の照射下においても十分に光蓄電が行えることを見出している。また、ES-DSSCの出力安定化機能を確認し、特にモジュール化した際における有用性を示している。さらに、実用サイズに近い大きさのセルの特性評価を目的に、発電面積 $30 \times 30$  mmの大型セルの作製を試みている。その結果、腕時計などの低消費電力の動力補助には十分に使用可能なセルの作製に成功している。更なる高出力機器への使用に向けて、内部抵抗の低減が課題であることを述べている。

第五章では、本研究で得られた成果について総括している。

以上、本研究はES-DSSCの構造や電荷蓄積電極について検討を行うことで大幅な性能向上を達成している。さらに、さまざまな特性評価を通じて本セルの実用的な利点を明らかにし、低消費電力機器へ実用可能なレベルの大型セルの開発に成功している。本研究は、出力変動を抑制した太陽光発電の実現や太陽光発電の利用拡大に向けた有用な方法論の一つを示したものと言える。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。