

TiO₂ 導入による CNT 複合紙を用いた色素増感太陽電池紙の発電効率向上検討

Improving power generation efficiency of paper dye-sensitized solar cells using carbon nanotube composite papers by Introducing TiO₂

○寇 禎¹、大矢 剛嗣^{1,2} (1 横国大院理工, 2 横国大 IMS)

○Y. Kou¹, T. Oya^{1,2} (1 Grad School Eng. Sci., Yokohama Nat'l Univ., 2 IMS, Yokohama Nat'l Univ.)

E-mail: kou-yi-zt@ynu.jp

【はじめに】

近年、環境問題への関心が高まる中で、太陽エネルギーなどの再生可能エネルギー源への関心がますます高まっている。本研究では、色素増感太陽電池^[1] (DSSC) と呼ばれる新しいタイプの太陽電池に着目する。DSSC では色素の酸化還元反応を利用して電力を生む。本研究では、CNT 複合紙^[2] (CNTCP) と呼ばれる CNT と紙の複合材料を正極と負極として利用することで、低コストで環境に優しい“紙 DSSC”の実現を目指している。前回の報告^[3]では、光電変換効率の向上のために、従来の研究で使用していたムラサキイモ色素とは異なるエネルギー準位を持つと考えられる色々な色素を導入し、染色方法を改良した。今回は光電変換効率をさらに向上させるために、Tetrabutyl Orthotitanate (TBOT) の加水分解により得られる酸化チタン微粒子の複合紙への導入により TiO₂-CNT 複合紙を作製した。この作製方法は酸化チタン薄膜の利用と比較して、より簡単である。TiO₂を導入することで、電荷輸送効率を向上させ、光電変換に寄与する電荷キャリアの数を増加させ、光電変換効率が向上する^[4]と考えられる。

【実験方法】

単層 CNT (Hipco) : 48mg、ドデシル硫酸ナトリウム: 70mg をエタノール: 36ml 中で 60 分間超音波分散し、金属型 CNT 分散液とする。同様に半導体型 CNT (6,5) : 4mg とムラサキイモ色素: 36mg を純水: 18ml 中で超音波分散し半導体型 CNT 分散液を用意する。得られた金属型 CNT 分散液を 50 度に加熱し、攪拌を行う。その後、TBOT:0.16ml と純水:1ml を導入し、50 度で 10 分間加熱しながら攪拌する。次に、その溶液を pH7~8 に調整する。また、パルプ: 1g を純水: 100ml 中で攪拌機を用いて 1 時間分散しパルプ分散液を用意する。パルプ分散液と金属型 CNT 分散液を混合し、その混合液を紙漉き法 (和紙作りに学んだ製紙方法) により金属型 CNT 複合紙を作製する。同様に半導体型 CNT 分散液を基に

半導体型 CNT 複合紙を作製する。その後熱プレス機により、それぞれの複合紙を乾燥させ、整形する。

ヨウ素とヨウ化カリウムをアセトニトリル中に 60°C で溶解させる、完全に溶解した後、同条件で PEG (ポリエチレングリコール) を追加し、2 時間後に完全分散させた後、さらに PVDF (ポリフッ化ビニルデン) を追加し、80°C で分散を 4 時間行うことで電解液を得る。この分散液を 80°C のオーブンにてアセトニトリルの大部分を蒸発させることで、粘り気がある電解液とする。

上記 2 種の複合紙の間にこの電解液を滴下させた。電解液に残存するアセトニトリルを常温にて最終的に蒸発させることで電解液をゲル化し、目的の DSSC 紙を作製する。その後、疑似太陽光(1000W/m²)を照射し、半導体パラメーターアナライザを用いて I-V 特性を評価した。その結果、TiO₂-CNT 複合紙とする手法がある程度有効であることが確認された。具体的には、前回報告までの紙 DSSC では、最大発電効率は $2.34 \times 10^{-3}\%$ であり、発電性能指数であるフィルファクター(FF)は 0.228 であったが、TBOT を導入後、発電効率と FF はそれぞれ $10.469 \times 10^{-3}\%$ と 0.244 に向上した。詳細と結果については講演にて報告する。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、貴重なご意見をいただいた、三菱マテリアル(株)イノベーションセンターの新井皓也氏に感謝申し上げます。また、本研究の一部は JSPS 科研費・挑戦的研究(萌芽)(JP23K17814) の助成を受け実施された。

【参考文献】

- [1] 荒川裕則, “色素増感型太陽電池の最新技術 II”, (シーエムシー出版), 2007.
- [2] T. Oya, et al., Carbon **46**, pp. 169-171, 2008.
- [3] 寇, 他, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 22p-P07-22, 2024.
- [4] S. Aseena, et al., Ceramics International **46.18**, pp. 28355-28362, 2020.