

光合成由来の電解液添加剤による $\text{TiO}_2/\text{MnO}_2$ 複合電極の 光電気化学キャパシタ特性の改善

Photosynthesis-Inspired Electrolyte Additives Enhancing Photoelectrochemical

Charge-Discharge Property of $\text{TiO}_2/\text{MnO}_2$ Composite Electrode

鳥取大院工¹, 鳥取大院持続性科学², 鳥取大 GSC 研究センター³

°薄井洋行^{1,3}, 野中聡一郎^{1,3}, 鈴木真^{2,3}, 道見康弘^{1,3}, 坂口裕樹^{1,3}

Graduate School of Engineering¹, Graduate School of Sustainability Science², Center for Research on
Green Sustainable Chemistry³, Tottori Univ.,

°Hiroyuki Usui^{1,3}, Soichiro Nonaka^{1,3}, Shin Suzuki^{2,3}, Yasuhiro Domi^{1,3}, Hiroki Sakaguchi^{1,3}

1. 緒言

太陽光エネルギーを単一のデバイスにおいて電力に変換し、貯蔵できれば極めて意義深い。しかしながら、太陽光発電による低い起電力では二次電池の充放電反応はほとんど起こらない¹⁾。光電気化学キャパシタは、低い充電電圧でも動作可能な電気化学キャパシタに対し光電変換の機能を付与した、新しいデバイスである。これまでに当グループは TiO_2 を光電変換材料として、また、 MnO_2 を Na^+ 吸着材料として選択し、これらを一体化させた電極において光照射による充放電反応が起こることを見出してきた^{2,3)}。また、高結晶性の TiO_2 を用いると、電子-正孔の再結合が抑えられ電子の蓄積が促進されるため、 Na^+ 吸着の駆動力となる光起電力が増大し、 MnO_2 への Na^+ 吸着量が増えることを確認してきた³⁾。本研究では、植物の光合成で利用される電子伝達物質を電解液に添加することで、 TiO_2 中の正孔の消費と電子の蓄積をさらに促し、光電気化学キャパシタ特性が改善されるかを調べた⁴⁾。

2. 実験方法

ルチル相の TiO_2 および α 相の MnO_2 を水熱合成法により調製した。ガスデポジション法を用いて、これらの粉末を Ti 基板の光照射側の面およびその裏面に製膜し、 $\text{TiO}_2/\text{MnO}_2$ 複合電極とした。この電極を試験極とし、対極に Ti 箔、参照極に Ag/AgCl 電極、電解液に 0.5 M Na_2SO_4 水溶液を用いた三極式セルを構築した。光照射充放電試験は、模擬太陽光の出力密度を 1.0 kW m^{-2} とし、室温下で実施した。電解液添加剤として、0.1 M の還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリリン酸 (NADPH) およびアデノシン三リン酸 (ATP) を使用した。

3. 結果と考察

Fig. 1(a)は電解液中の TiO_2 電極に対し光照射を行った際の電位変化を示す。NADPH を使用することで、電位降下幅 (光起電力) が 3 倍に増大した。これは、NADPH の素早い電子伝達により、電解液/ TiO_2 界面における正孔の消費効率が高まり、結果として電子の蓄積速度が増大したためと考えられる。NADPH と ATP の両方を添加した電解液ではさらに急激な電位降下が見られ、光起電力が 7 倍以上に増大するという劇的な効果が認められた。NADPH は TiO_2 の正孔により酸化され NADP⁺ となるが、ATP と共存する環境では、NADPH に再生されることが示唆された。この電解液を使用し $\text{TiO}_2/\text{MnO}_2$ 複合電極に対し光照射充放電測定を行った結果、 Na^+ 吸着の駆動力となる光起電力が増大することで、期待通り、放電容量が約 3 倍に増加した。以上の結果より、化学とバイオの融合の発想に基づき (Fig.1(b)), 光合成由来の電解液添加剤が光電気化学キャパシタ特性の改善に顕著な効果を示すことを新たに見出すことができた⁴⁾。

本研究の一部は、(公社) 中国電力技術研究財団の助成を受けて実施したものであり、関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) H. Usui, O. Miyamoto, T. Nomiyama, Y. Horie, T. Miyazaki, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **86** (2005) 123.
- 2) H. Usui, K. Koseki, T. Tamura, Y. Domi, H. Sakaguchi, *Mater. Lett.*, **186** (2017) 338.
- 3) H. Usui, S. Suzuki, Y. Domi, H. Sakaguchi, *Mater. Today Energy*, **9** (2018) 229.
- 4) H. Usui, S. Nonaka, S. Suzuzki, Y. Domi, H. Sakaguchi, *ACS Appl. Electron. Mater.*, (2019) in press.

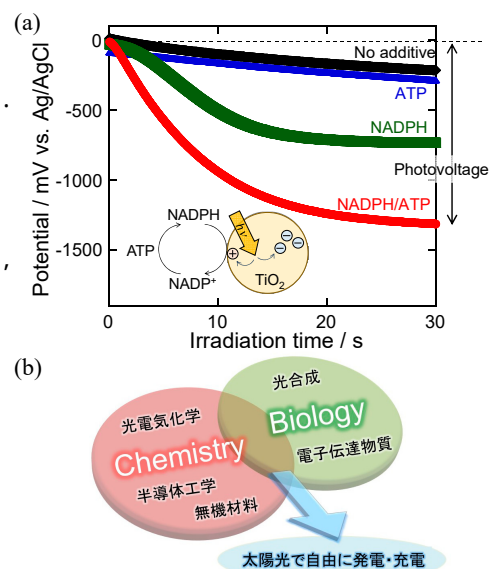


Fig. 1 (a) Photovoltages of TiO_2 electrodes in aqueous solutions with electrolyte additives (NADPH and ATP). (b) Concept of this study.