

# 糖類の光触媒分解を用いた光燃料電池

小澤 恒太, 錦織 広昌

信州大学大学院理工学系研究科環境機能工学専攻 (〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1)

## Photofuel Cells Using Photocatalytic Degradation of Saccharide

Kota OZAWA and Hiromasa NISHIKIORI

Department of Environmental Science and Technology, Graduate School of Science and Technology, Shinshu Univ.,  
4-17-1 Wakasato, Nagano, Nagano 380-8553

**Abstract:** Titania electrodes for photofuel cells were prepared from titanium alkoxide sols. The electrochemical measurements indicated that the oxidative degradation of glucose and starch in the solutions enhanced the generation of electricity during UV irradiation. Formic acid was observed as the degradation product. A higher photocurrent was observed using the electrolyte solutions containing glucose than starch. Glucose was oxidized faster than starch on the titania electrode surface and transformed into formic acid. This is because a single saccharide, glucose, can easily access the titania than a poly saccharide, starch.

**Key Words:** Photofuel Cell, Photocatalysis, Titania, Oxidative Degradation, Saccharide

### 1. はじめに

近年枯渇が懸念されている化石燃料を用いず発電が可能な光燃料電池に注目した。光燃料電池では、「有害な有機廃棄物を酸化分解により無害または他の物質に分解し<sup>1,2)</sup>、同時に発生する電気エネルギーから発電が可能<sup>3-8)</sup>」という点から、電解液に溶解した有機廃棄物の光触媒分解特性と光電流特性との関係を明らかにすることを目的とした。

身近にある有機廃棄物には、生ごみ、枯草、建築廃材などがある。これらは容易に入手でき燃料として有効活用が期待される。よって有機廃棄物の構成分子の約半分を占めるセルロースを用いることが有効である。本研究ではその前段階として、水溶性の糖類を用いた。

### 2. 実験

#### 2.1 試料

糖類には単糖類であるグルコース、多糖類であるデンプンを用い、それぞれの分解速度を比較した。電解液には、酸性の生成物を確認しやすくするために水酸化ナトリウム水溶液を用いた。光触媒にはチタニア粉末(日本アエロジル P-25)を用いた。

#### 2.2 チタニア電極の作製

均一な膜を作製するためにゾルゲル法を用いた。チタニアゾルは、エタノール 25 mL, チタンテトライソプロポキシド 5.0 mL, 硝酸 0.21 mL, 純水 0.21 mL を混合して調製した。酸処理した

ITO 膜付きガラスに、調製したチタニアゾルを 3 層ディップコーティングし 500°C で 30 分間焼成した。これを、もう一度繰り返し 6 層の膜を作製し、これを作用電極とした。

#### 2.3 糖類の分解

電解液に糖類とチタニア粉末を混合し、暗条件で 15 時間攪拌し吸着平衡に達した後、紫外光照射し分解を試みた。FT-IR スペクトルの照射時間毎のピーク強度変化からこれらの分解を観測した。測定前に、濾過または遠心分離によって光触媒を電解液から取り除いた。

#### 2.4 分解による電流値の観測

チタニア電極を作用極、白金蒸着板を対極、水酸化ナトリウム水溶液およびこれに糖類を溶解させた溶液を電解液として用い、蛍光分光光度計を光源として光照射を行い、光電流スペクトルおよび電圧-電流(J-V)特性を測定した。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 糖類の光触媒分解

Fig. 1 はデンプン分解の結果である。光照射時間とともにデンプンに帰属される 1200~1000  $\text{cm}^{-1}$  付近のピークの減少が観測でき、デンプンが分解されたことが分かる。これに伴いギ酸に帰属される 1580  $\text{cm}^{-1}$  付近と 1350  $\text{cm}^{-1}$  付近のピークと炭酸イオンに帰属される 1650  $\text{cm}^{-1}$  付近と 1400  $\text{cm}^{-1}$  付近のピークの増加が確認でき、分解生成物が観測できた。炭酸イオンは二酸化炭素の塩基性水溶液中の形である。また、グルコースの分解に

においても、照射によりギ酸と炭酸イオンの生成を観測した。これらの反応はチタニア電極上でも可能であり、本研究で用いた系は光燃料電池の電解液の燃料物質および溶媒として利用できる。

Fig. 2 にグルコースとデンプンの光触媒分解における濃度変化と、これらから生じたギ酸の濃度変化を示した。両者の分解速度はほとんど同じであったが、ギ酸の生成速度はデンプンよりグルコースのほうが速いことを確認した。単糖類であるグルコースのほうがチタニアとの接触性が高いため、電極上における酸化分解がはじまりやすかったと考えられる。多糖類であるデンプンのような高分子は低分子にまで分解されると、分解速度が速くなると予想される。

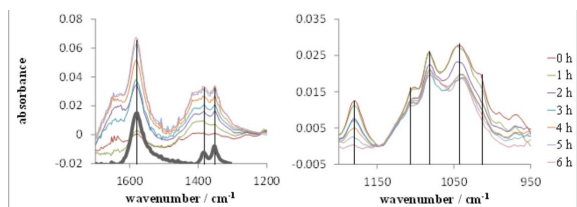


Fig. 1 Changes in FT-IR spectra of aqueous starch solution during the photocatalytic degradation using titania powder.

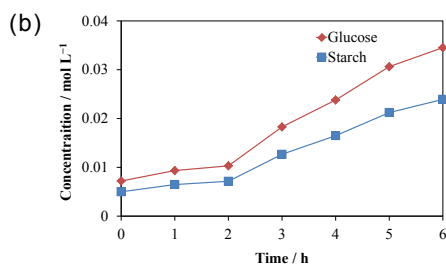
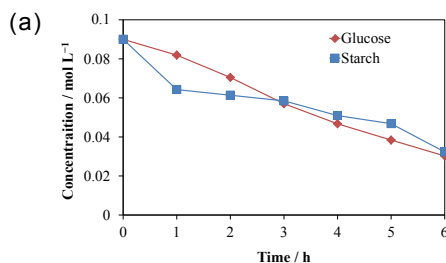


Fig. 2 Changes in concentrations of (a) glucose and starch and (b) their product, formic acid, during the photocatalytic degradation using titania powder.

### 3.2 光燃料電池特性

Fig. 3 は糖類の有無による光電流スペクトルおよび J-V 特性の比較を示す。それぞれ、糖類の有無により明らかに電流値に差が生じることが観測できた。糖類を含むほうが光電流は高く、デンプンよりグルコースの方がより高い性能を示し

た。これは、チタニア粉末を用いた光触媒分解実験の結果に対応しており、糖類の分解が光電流発生に効いていることを示唆している。

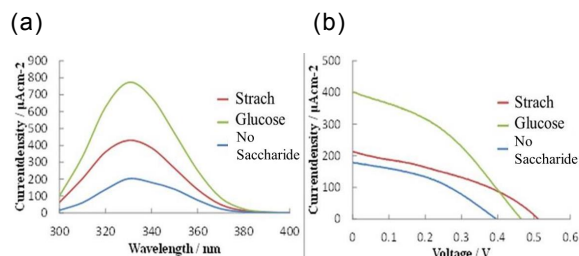


Fig. 3 (a) Photocurrent spectra and (b) J-V curves of the photofuel cells using the electrolyte solutions containing no saccharide, glucose, and starch.

## 4. 結論

チタニア粉末を用いたグルコースおよびデンプンの光触媒分解では、ギ酸および二酸化炭素の生成を確認した。単糖類であるグルコースのほうが、チタニアとの接触効率がよく、酸化分解がより進行したため、生成物の生成速度は速かった。これらの糖類を用いた光燃料電池では、糖類の存在により光電流値が増加し、粉末光触媒を用いた分解の結果を反映して、グルコースのほうが高い電流値が得られた。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP 15K05472 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- 野坂 芳雄, 野坂 篤子: 入門光触媒 (東京図書, 2004).
- 大谷 文章: 光触媒標準研究法 (東京図書, 2005).
- M. Kaneko, J. Nemoto, H. Ueno, N. Gokan, K. Ohnuki, M. Horikawa, R. Saito, T. Shibata: *Electrochem. Commun.* **8** (2006) 336.
- H. Ueno, J. Nemoto, K. Ohnuki, M. Horikawa, M. Hoshino, M. Kaneko: *J. Appl. Electrochem.* **39** (2009) 1897.
- M. Antoniadou, P. Lianos, *Catal. Today* **144** (2009) 166.
- M. Antoniadou, D. I. Kondarides, D. Labou: *Catal. Lett.* **129** (2009) 344.
- M. Antoniadou, P. Lianos: *Appl. Catal. B: Environ.* **99** (2010) 307.
- M. Antoniadou, D. I. Kondarides, D. Labou, S. Neophytides, P. Lianos: *Solar Energy Mater. Solar cells* **94** (2010) 592