

実用型微細藻類太陽電池セルの設計と評価

Design and Evaluation of Practical Microbial Solar Cell

武内佑太¹⁾, 渡邊真理子¹⁾,
指導教員 永吉浩¹⁾,

1) 東京工業高等専門学校 電子工学科 環境エネルギー研究室

キーワード：微生物太陽電池、微細藻類、光合成

1. はじめに

現在、地球温暖化による環境破壊、化石燃料の枯渇等の問題解決のため太陽電池を用いた太陽エネルギーの活用が注目されている。一般には半導体を用いた太陽電池が使用されているが、微生物を利用した発電方式も従来から研究が続けられている。微生物太陽電池とは、微生物の光合成システムを利用し発電を行う燃料電池の一種で、環境負荷が小さく、安全性が高いというメリットを持ち合わせている。しかし、現在主流となっている Si 系の半導体を用いた太陽電池と比較すると発電効率は著しく低く、効率向上が望まれている。

2. 太陽電池に用いる微生物

微生物は大きく分けて原核生物と真核生物の二種類に分けられる。原核生物は大きさが $0.5\sim 2[\mu\text{m}]$ で核膜を持たず、細胞内に染色体が漂っているだけの単純な構造をしている。真核生物は大きさが $5\sim 20[\mu\text{m}]$ で、染色体を覆う核膜を持ち、葉緑体などの様々な構造と機能を持った細胞内小器官を有する複雑な構造である。これら二種類を微生物太陽電池に用いるにあたり、どちらもメリット・デメリットが存在する。原核生物は細胞内で直接電子を奪いやすい反面、分類される微生物が菌類や藍藻類が主であることから毒性の判別や培養に難がある。真核生物は、葉緑体が豊富に存在するため有効的な光合成反応が得られ入手や培養が容易である反面、細胞内が複雑な構造となっているため、電子伝達効率が劣る。本研究ではこれらを踏まえたうえで、入手・培養が容易な真核生物のクロレラを使用している。

3. 光合成微生物太陽電池の発電原理

微生物太陽電池の発電原理を図 1 に示す。

微生物の光合成により微生物の細胞内で H^+ と電子が発生する。電子はメディエーターに運ばれて陰極電極に渡され、外部回路を通り陰極から陽極液中へと移動する。また H^+ はイオン交換膜を通じて陽極側へと移動し、陽極液内で電子と溶存酸素と反応することにより水を生成する。この反応を繰り返すことで微生物太陽電池は発電を行なっている。

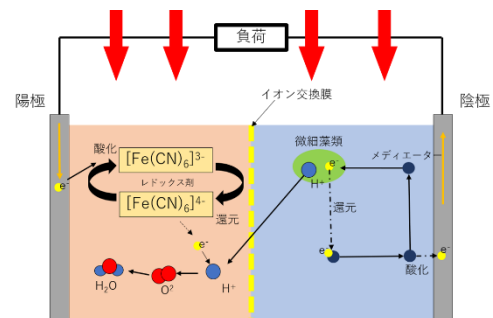


図 1 発電原理

4. 透明電極を用いたセルの特性

我々はこれまで、入手しやすい光合成微生物であるクロレラを用いた微生物太陽電池の改良に努めてきた。これまで試験的に透明電極を用いた図 2 に示すようなセル構造を考案し、その特性を評価した。

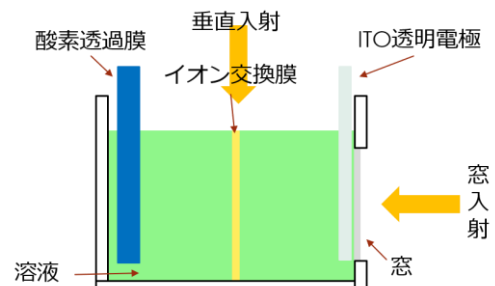


図 2 透明電極を導入した構造

光の入射方向を、従来の垂直入射から窓入射に変化させることで大幅な出力向上を実現し、ITO 透明電極の利用が発電効率向上のための有用な手段であることを確認した。図 3 に光応答特性、図 4 に I-V 特性を示す。

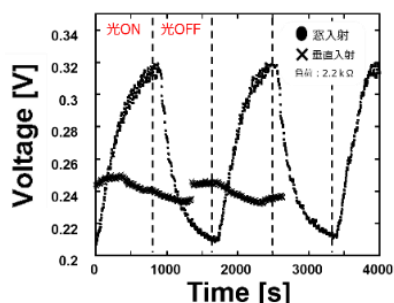


図 3 光応答特性

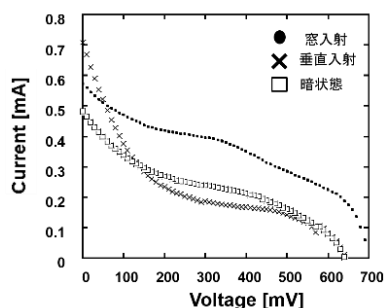


図 4 I-V 特性

図 3 より、窓入射では明確な光応答が得られ、透明電極側から入射した光が効果的に発電に寄与していることがわかる。しかし I-V 特性は、理想的な太陽電池の I-V 特性曲線とは異なる直線的な特性を示した。透明電極窓入射と垂直入射との比較から、従来型セル構造の場合メディエーターの拡散速度が遅いため、図 5 に示すように電極から離れた領域は発電にほとんど寄与できていないと推定される。すなわち電極近傍以外の大部分は等価回路的には単純な内部抵抗となり電池特性を低下させていることになる。この内部抵抗の効果を抑えるために透明電極を用いた薄型セル構造を考案し特性向上することを試みている。

5. 実用セルの設計・製作

本研究では、アノード側に透明電極、カソード側には酸素透過膜を導入することでセルの薄型化を実現する。本体は厚さ 10 mm のアクリル板を切削し、それらを重ねることで図 6 のようなセルを形成する。

最小で厚さ 40 mm まで縮小が可能であり、薄さを保持しつつ十分な入射光が得られるため、大幅な特性の向上が期待される。

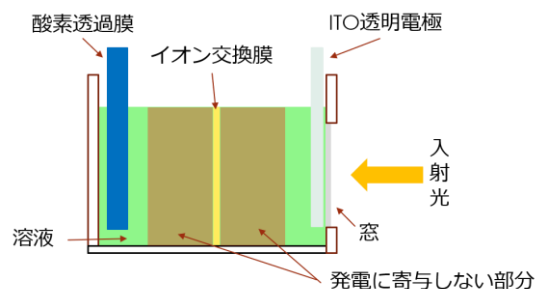


図 5 反応箇所

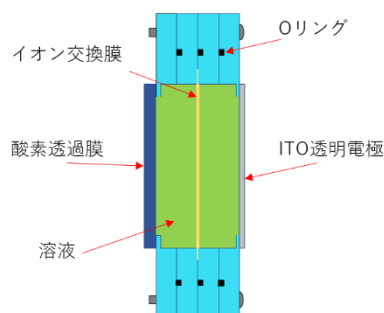


図 6 新セル構造

6. まとめ

従来型セル構造にて発電に寄与しない部分の溶液が、内部抵抗となりセルの特性を低下させていることが判明したため、新たに薄型のセル構造を考案した。ITO 透明電極と酸素透過膜を用いることで薄型化が実現し、これによりセルの内部抵抗を大幅に低下させて、特性が向上することが期待される。

参考文献

- [1] 渡邊真理子, 永吉浩, “光透過性陽極を用いた光合成微細藻類太陽電池の特性評価”, 平成 30 年度卒業論文, 2018, 2 月