

土壌微生物燃料電池の発電メカニズムの解析による高電力化

Improvement of Electric Power of Soil Microbial Fuel Cells Based on Analysis of Electric Generating Mechanism

藤長 愛一郎 (FUJINAGA Aiichiro)

1. 研究の目的

最近、廃水を無曝気処理できる微生物燃料電池(MFC)の研究が進められている。昨年度までの研究で、MFCを直列や並列に接続することにより、電圧を増加させたり、維持したりすることができることが分かった。そこで、本研究ではMFCの重要なメカニズムとして、電極に有機物を供給し続けることを考えて実験を行い、拡散モデル式を用いて検討した。

2. 実験方法

2.1 MFCの製作と実験条件

牛ふん堆肥 200 g に蒸留水 200 g を加え、直径 9 cm の容器の底面に直径 8.0 cm のグラファイト製の負極、表面に正極を設置した。図 1 に実験条件の MFC の接続回路図を示す。4 個の MFC を使用して、その内 1 個と接続する様にプログラムリレーを用いて、接続を切り替えた（実験 A）。また、2 個から 4 個の MFC を並列接続して（実験 B）、電力の特徴を検討した。なお、外部抵抗は 1000 Ω で、測定時間は 10 分間または 20 分間とした。

2.2 解析方法

負極表面上の有機物濃度 C_s と電流の関係を式(1)に示す。そして、 C_s の変化を電流に応じた消費と拡散による供給で表した式を式(2)に示す。

$$I = I_{max} \frac{C_s}{K + C_s} \quad (1)$$

ここで、 I : 電流(mA), I_{max} : 最大電流(mA), C_s : 負極表面上の有機物濃度(COD) (mg/L), K : 半飽和定数 (mg/L)

$$\frac{dC_s}{dt} = - \frac{M_a}{n_e F C E \pi r^2 d} I + D \frac{C_b - C_s}{d^2} \quad (2)$$

ここで、 C_b : たい肥間隙中の有機物濃度(COD) (mg/L), n_e : 酸素 1 分子あたりの電子数 (4), F : ファラデー定数 (96,500 C/mol), M_a : 酸素 1 モルの質量 (32 g/mol), $C E$: クーロン効率, d : 拡散層厚(cm), D : 間隙水中の酢酸の拡散係数(6.45×10^{-6} cm²/s), r : MFC 円柱状容器の半径(4 cm).

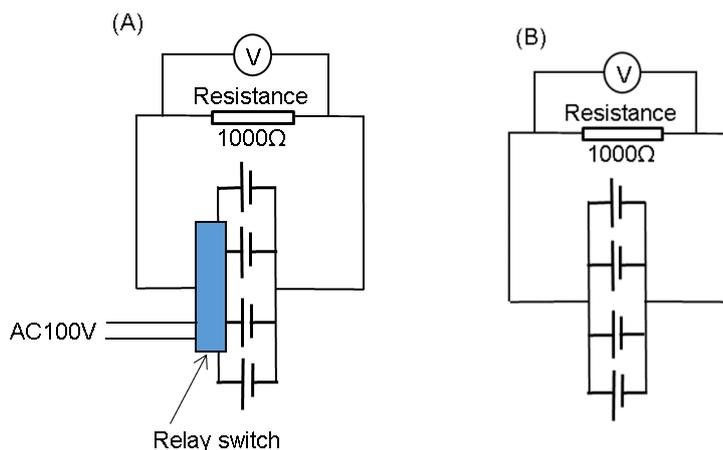


図1 MFCの接続回路図 (A: MFC 4個の内1個にリレースイッチで1秒ごとに接続, B: MFC 4個並列接続)

3. 結果および考察

3.1 実験

実験 A では、4 個の MFC を 1 秒ずつ交代で使用することで、閉回路-開回路の繰り返しと同様に電圧降下が抑えられた。また、実験 B では、単独 1 個の MFC と比べて、並列接続する MFC の個数が多いほど、電圧降下が抑えられた。

3.2 解析結果

モデル式を用いた電圧の計算値は、MFC 1 個の場合、実験値と同様に電圧降下した。しかし、MFC 2 個以上の並列接続の計算値は、実験値と同様に、電圧降下が抑えられる結果となった。これは、MFC 1 個あたりの電流が MFC の個数で分割されるため、消費される有機物濃度も低減するためと考えられる。

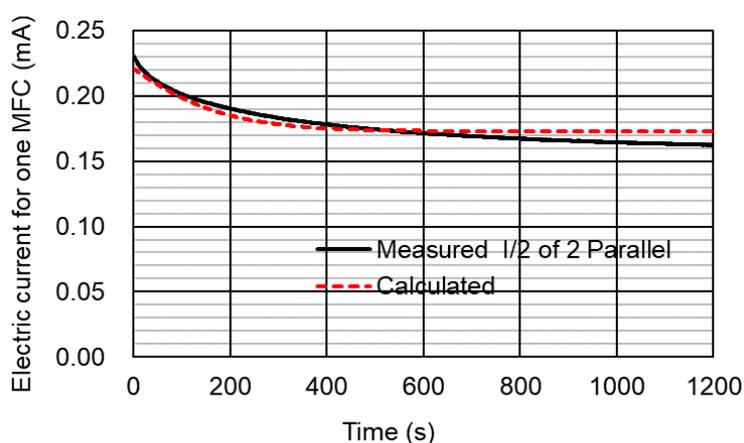


図2 MFC 2 個の並列接続の MFC1 個あたりの電流変化の実測値と計算値 (外部抵抗 1000Ω)

4. 研究成果のまとめ

モデル式を使用した解析により、電圧降下は、負極上で消費された有機物が拡散で供給されるのに時間がかかるのが、主な原因であることが分かった。そこで複数の MFC を交代で使用するか、または複数の MFC を並列接続すると、電圧降下が抑えられた。