

微生物燃料電池の性能に及ぼす影響因子

広島大学	非会員	○原田	義紀
広島大学	正会員	大橋	晶良
広島大学	正会員	金田一	智規
広島大学	正会員	尾崎	則篤

1. はじめに

微生物燃料電池（MFC）は、次世代型バイオエネルギー回収プロセスで、バイオマスのエネルギーを生物化学的変換により直接電気エネルギーとして回収するバイオリアクターである。

現在考察されているタイプには、二槽型と一槽型がある。二槽型では、負極（Anode）槽が嫌氣的で、正極（Cathode）槽は好氣的な条件となっており、両者は陽イオン交換膜で仕切られている。負極槽中で嫌気性微生物が有機物を分解して電子とプロトンを生じ、電子は負極に受け渡され、外部回路に流れる。その後、電子は正極に流れ、負極槽から陽イオン交換膜を通して拡散移動してきたプロトンおよび正極槽中の酸素と反応して水になることで処理される。一方、一槽型では、負極槽の微生物反応で生じた電子が外部回路を經由し、正極槽で消費されるという流れに関しては、二槽型と同一である。異なる点は、正極の電極でいくつかの槽に分かれていて、正極槽を二槽型では曝気によって酸素を供給していたところを、電極を空気と直接接触させ、空気中の酸素を利用することで、コストが抑えられる。しかし、一槽型を用いると曝気のコストを抑えることはできても、正極において複数の材料を用いるなど、他の電極と比べて材料が多く、その作製にもコストを要する等の点が現状の課題である。

そこで、本研究では、陽イオン交換膜を用いず、シンプルな構造で作製の簡単な低コスト化を目指した、微生物燃料電池の開発を目的とする。

2. 実験方法

2-1. 実験装置と運転条件

本実験では、2つの容積 800 mL のカラム内にカーボクロスを用いて作製した担体を 15 個ずつ（容積 150 mL、両端の抵抗値 15 Ω ）つなげ、負極槽内の担体には消化汚泥を正極槽内の担体には活性汚泥を接種し、30°C の温度環境下で運転している。外部回路には 10 Ω の抵抗器を接続し、基質には種々の有機物を用いた模擬廃水を作成し、滞留時間を 12 h として供給を行う。まず、本実験においては負極槽を基質で満たし、嫌気状態を維持した。また、正極槽は、空気中の酸素を利用することで曝気を必要としない構造で、陽イオン交換膜を用いていない。その結果、シンプルな構造で低コスト化を実現した（Fig. 1）。

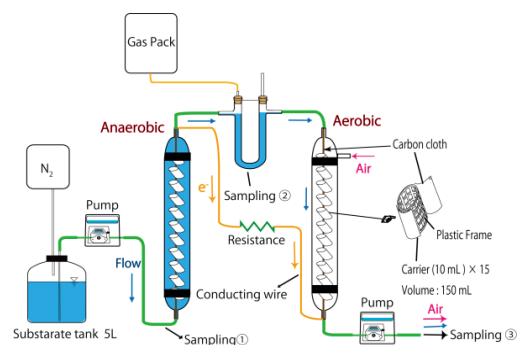


Fig. 1 Reactor diagram

また、本実験では電気エネルギー回収の性能の向上のためにリアクター形状の変更を行った。リアクター変更後について、負極槽は変更せず、正極槽および電極間距離に関して変更した。正極槽も基質で満たし、両槽の電極間距離はより短くなるような構造とした（Fig. 2）。この時、滞留時間を 24 h として基質を供給し、正極槽は酸素供給のために曝気を行っているが、以前と同じく陽イオン交換膜は用いていない。

2-2. 測定項目

流入水(Inf.)、嫌気槽の流出水(Anode Eff.)および好気槽からの流出水(Eff.)において pH、COD を定期的に

キーワード (UASB, DHS, 陽イオン交換膜, 電極間距離, 生物膜)

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

測定した。また、外部回路を流れる電流や電圧の測定を行った。

3. 実験結果と考察

本実験では、いくつかのリアクター形状での MFC による廃水処理および電気エネルギー回収の性能を評価した。

廃水処理性能に関しては、すべてのリアクター形状において流出での有機物除去が確認されたことから十分であったといえる。しかし、目的とする電気エネルギー回収のための Anode 槽での有機物除去は十分にできていなかった。そのため、電気エネルギー回収の性能が伸びなかった原因だと推測できる。

電気エネルギー回収の性能に関して、MFC の運転期間中に測定した電流の推移を Fig. 3 に示す。運転開始当初のリアクター形状 (Fig. 1) において、電流の測定値が非常に低かった (0.1 μA)。そこで、性能の向上および電流値が低かった原因の特定のためリアクター形状の変更を行った (Fig. 2)。その結果、これまでに比べ電流が非常に大きくなった ($>10\ \mu\text{A}$)。この結果から、当初のリアクター形状においてエネルギー回収が十分でなかった原因として電極担体全体に基質が行き渡っていなかったことが考えられる。また、その他の原因として電極間距離が遠かったことであると推測できる。実際に、電極間距離を変化させることにより測定値がどのような挙動になるかを調べた実験を行い、その結果を Fig. 4 に示している。Fig. 4 から電極間距離が増大するにつれて、測定値が減少していることが分かる。測定値が減少する理由は、現在内部抵抗の増大が直接の原因であるとされている¹⁾。このように内部抵抗の増大を防ぐために、電極間距離の短縮が MFC にとって非常に重要であることが判明した。さらに、時間の経過とともに測定値が減少していくことを確認した (Fig. 5)。原因として、Cathode 槽電極に付着する生物膜の影響により、反応に必要な酸素が欠乏したことであると推測できる。これは、Fig. 3 の結果から Cathode 槽電極の洗浄を行うと、電流が増大していることがわかる。これらの結果を踏まえて、時間の経過とともに測定値が減少してしまった原因として、生物膜の影響であることが示唆された。

4. 結論

本実験において、すべてのリアクター形状において廃水処理は達成できた。しかし、電気エネルギーの回収は不十分であった。本実験において、電気エネルギーの回収量の増加のためには、電極間距離の短縮・電極担体と基質との十分な接触・電極担体に付着する生物膜の影響を考慮することが重要であることがわかった。

5. 参考文献

1) Cheng et al., (2006) *Environmental Science and Technology*, 40, 2426-2432

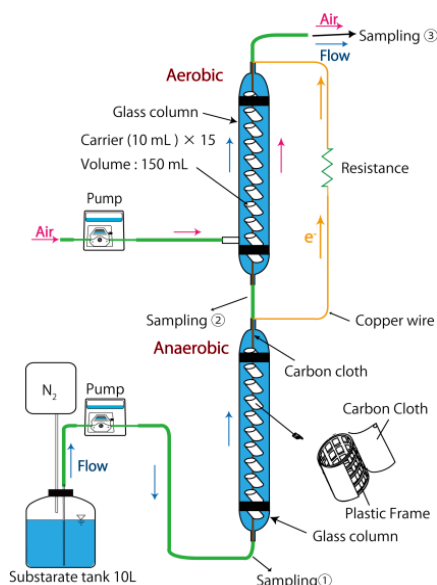


Fig. 2 Reactor diagram

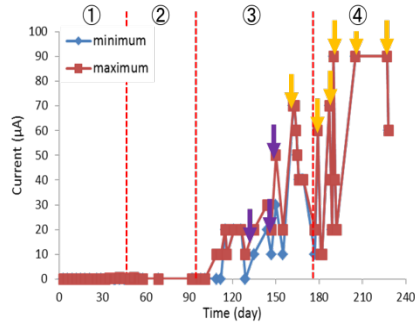


Fig. 3 Results of current measurement

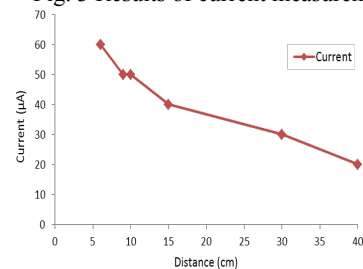


Fig. 4 Results of current measurement

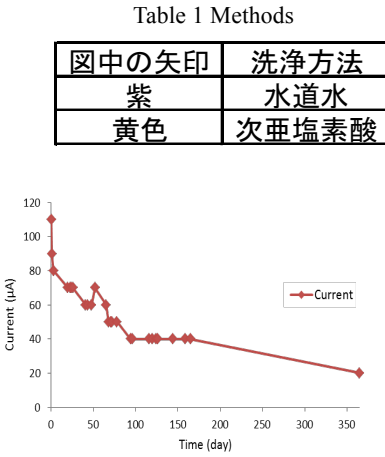


Fig. 5 Results of current measurement