イオン交換膜の違いによる微生物燃料電池(MFCs)の電池性能への影響

熊本大学工学部 学生会員 芳野裕一郎 熊本大学大学院 非会員 横山直輝 熊本大学大学院 非会員 周広宇 熊本大学大学院 正会員 川越保徳

1. はじめに

微生物燃料電池(Microbial Fuel Cells:MFCs、以下MFCsとする)とは、微生物の触媒作用を利用して有機物の化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換する装置であり、有機性廃水処理への応用、展開が期待されている。従来のMFCsでは、微生物から電極へ電子を伝達するために電子伝達剤を添加する必要があったが、これらには有害なものが多く、例えば下水処理施設に電子伝達剤添加型のMFCsを適用することは非現実的であった。しかし近年、電極に電子を直接伝達できる微生物の存在が確認され、MFCsの実用技術への適用可能性が飛躍的に高まった。MFCsには、従来の嫌気性メタン発酵技術に比べてガスの貯留タンクや発電機設備を必要としない利点がある。

我々の研究室では現在、種々のイオン交換膜を用いて MFCs の発電性能や関連微生物への影響を調べている。本研究では、酢酸塩を基質とする 2 槽型の MFCs を使用し、イオン交換膜の種類と発電性能との関係について検討し知見を得たので報告する。

2. 実験方法

2.1 MFCs リアクタの構成

MFCs 反応槽の概略図を Fig.1 に示す。プロトン交換膜等で仕切られた Anode (陰極) 槽と Cathode(陽極)槽からなる 2 槽式リアクタを使用した。各槽の容量は100mLで、Anode 槽には培地を Cathode 槽にはリン酸緩衝液を各々90mL 加えた。槽の上部はゴム栓で密栓した。Anode 電極には 3×3cm のカーボンシートを、Cathode 槽には 2×2 cm の白金板を使用した。本研究では 2 槽を仕切る膜として、MFCs 研究に一般的に使用されているプロトン交換膜である Nafion117(以降 Naf 膜と称する)、同じく電気透析等に一般に用いられているプロトン交換膜の Selemion HSF (以降 HSF 膜と称する)、および汎用の陽イオン交換膜である Yumigrafter BA28DGZ (以

降 Yumi 膜と称する)の3種類の膜を使用し、比較検討を行った。

2.2 使用培地と植種源

培地には、MFCsの関連研究文献(文献)や嫌気性細菌生育用培地等を参照し、酢酸ナトリウムを炭素源とする合成培地を使用した。また、植種源には、F市下水処理センターの嫌気性消化汚泥を用い、Anode 槽内で5g/Lとなるように添加した。なお、培地とリン酸緩衝液は、使用する前にオートクレーブにて滅菌した。

2.3 MFCs リアクタ運転条件

各回分実験の開始前に、Anode 槽に 10 分間のアルゴンガス曝気を施して嫌気状態とした後、撹拌子にて緩やかな攪拌を与えた。一方の Cathode 槽は空気曝気し、酸素を供給した。リアクタは恒温器内に設置し、温度は 23℃で一定に保った。また、MFCs の立ち上げには事前の通電処理が有効であるとの報告 ¹⁾を踏まえ、実験開始前に 48 時間の通電処理を行った。

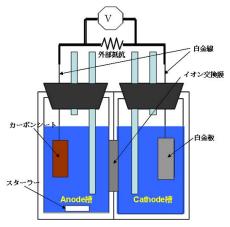


Fig.1 MFCs リアクタの概略図

2.4 測定項目

電圧と電流はポテンショスタットにて測定した。また、酢酸濃度は HPLC にて、有機性炭素濃度は TOC 計を用いて各々測定した。

3. 実験結果

3.1 回分実験における発生電圧の推移

3種類のイオン交換膜を用いたMFCsにおける電圧の 推移を各々Fig. 2~4に示す。

Naf 膜は、プロトン交換性が高く耐久性に優れるといった特性を有し、一般の燃料電池にも用いられる膜である。Fig.2 に示すように、3回目の回分時から発生電圧の上昇がみられ、5回目で約160mVの電圧が得られた。なお、瞬間的ではあるが最高発生電圧は178 mV となり、今回用いた膜の中では最も高い電圧値が得られた。

HSF 膜も Naf 膜と同様のプロトン交換膜であるが、 安価でより汎用性が高く、電気透析等に一般的に用いられる膜である。HSF 膜でも Naf 膜と同様に 3 回目の回分時から顕著な電圧の発生が認められ、回分回数を重ねるにつれて最大電圧値が上昇する傾向がみられた。また、電圧の上昇から下降に至るまでの電圧は他の膜にくらべて安定していた。なお、瞬時の最高電圧値は132mVであった。

Yumi 膜は、他の2 膜とは異なる陽イオン交換膜であり、プロトン以外の陽イオンも透過させることができる。この膜は乾電池等の用途にも使用されている安価で汎用性の高い膜である。Fig.4 から明らかな様に、Yumi膜を用いた場合には、初回の回分時から高い電圧の発生が認められ、2回目の回分時に約150mVの電圧が発生するなど安定した発電能が得られた。しかしそれ以降、回分回数を重ねるにつれて電圧値が若干低くなる傾向が認められた。これについては現在、追実験を行って検討しているところである。

3.2 電力密度およびクーロン効率

電力密度とクーロン効率によって、本研究で用いた MFCs の発電能を評価した。ここで、電力密度とは電流と電圧を乗じた電力を電極面積で除したもので、クーロン効率とは消費基質(酢酸)量から推定される理論クーロン量に対する実際に得られた総クーロン量の割合である。Fig.5 に電圧と電力密度の関係を示す。Fig.5 から、今回の実験では Naf 膜で最も高い電力密度が得られた。また、 Naf 膜、HSF 膜、Yumi 膜における最大クーロン効率、各々、6.3%、8.6%、9.2%となり、陽イオン交換膜である Yumi 膜で最も高いクーロン効率が得られた。これらの結果から、今回の実験で使用した3

種類の膜はいずれも MFCs に使用可能であり、発電能 との関係も概ね同様であると推定される。今後はさら に追実験を重ねて再現性を確認するとともに、発電能 の向上や水処理技術への展開を踏まえた基礎研究を進 める予定である。

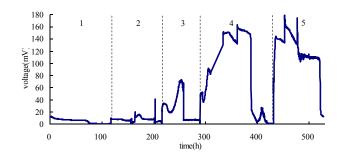


Fig.2 各回分実験における発生電圧 (Naf 膜)

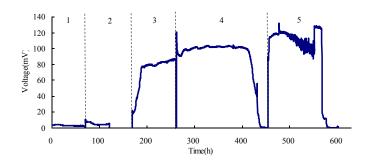


Fig.3 各回分実験における発生電圧 (HSF 膜)

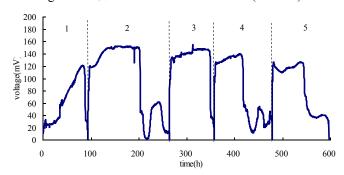


Fig.4 各回分実験における発生電圧 (Yumi 膜)

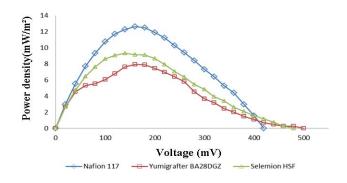


Fig.5 各膜における電圧と電力密度との関係 参考文献

1) 渡辺智秀、第 43 回水環境学会年回講演集、65 (2009)