

# 題目 フェリハイドライト集積細菌の微生物燃料電池(MFCs)への適用

熊本大学工学部 学生会員 松山みどり  
熊本大学大学院 非会員 芳野裕一郎  
熊本大学大学院 非会員 山下敬裕  
熊本大学大学院 正会員 川越保徳

## 1. はじめに

従来の廃水処理技術は、主に好気性の生物処理が基本であり、下水処理で広く用いられる活性汚泥法が例として挙げられる。しかし、好気性処理は酸素供給に要する動力コストや多量の余剰汚泥処理が必要である等のデメリットがある。そこで近年、これらの問題点を解決する技術として嫌気性微生物処理が注目されている。嫌気性処理の特徴は、酸素供給が必要ない点、余剰汚泥の大幅な削減が期待できる点が挙げられる。好気性処理では有機物の約50%が余剰汚泥として残ってしまうのに対し、嫌気性処理では約10%程に抑えることができることもあり、電力コストの削減が可能となる。

我々の研究室では嫌気性微生物を利用する微生物燃料電池(MFC: Microbial Fuel Cell)に着目し、研究を行っている。微生物燃料電池(以降 MFC と称する)とは微生物が有機物を分解する際の還元力を利用して電気を取り出すことのできる技術であり、有機性廃棄物や廃水処理への応用、展開が期待されている。MFC では、導電性の繊維を持ち、電子を細胞から電極にダイレクトに受け渡すことのできる細菌(*Geobacter* 属、*Shewanella* 属等)の発見により、電子伝達剤が必要でなくなったことから近年飛躍的に研究が進んでいる。

本研究では、上記細菌が異化的鉄還元細菌に属し、酸化鉄(III)であるフェリハイドライトを酸化鉄(II)のマグネタイトに還元し、ナノサイズの磁性粒子(Magnetite,  $Fe_3O_4$ )を生産する性質を有することに着目した。すなわち、植種源を還元条件下でフェリハイドライトにて前培養することによるMFCの立ち上げ状況およびMFC性能に与える影響を明らかにするべく実験を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 MFC リアクター構成と材料

本研究では Anode 槽と Cathode 槽をイオン交換膜で隔てた二槽式のリアクターで実験を行った (Fig.1)。Anode 槽には酢酸ナトリウムを有機炭素源とする MFC 用培地<sup>1)</sup>と植種源、Cathode 槽にはリン酸緩衝液を各々90 ml 投入した。

また、水素イオン交換膜には高い伝導性を有する Nafion117(Du Pont)を使用した。Anode 電極にはカーボンシート(3.0×3.0×0.3 cm)、Cathode には白金板(2.0×2.0×0.1 cm)を使用した。外部抵抗として1 k $\Omega$ の抵抗を接続した。

### 2.2 MFC リアクター運転条件

温度を28℃に設定した恒温機中にリアクターを設置した。Anode 槽では攪拌子を用い穏やかに攪拌を行い、さらにアルゴンガスにより曝気して嫌気状態とし、Cathode 槽には連続曝気により好気状態にし、運転を行った。さらにMFC反応に有効であるということから、リアクター立ち上げ時には事前に500mV、48時間の通電処理を行った。

### 2.3 フェリハイドライト培地による前培養方法

本研究では、熊本市内下水処理施設の返送汚泥、阿蘇山にある黒川上流の底質試料、および、福岡市内下水処理場の嫌気性消化汚泥の計3種類を用いた。これらの試料10gとフェリハイドライト培地<sup>2)</sup>を調整して共にバイアルビンに入れ、アルゴンガスで曝気し嫌気状態とした。バイアルビンゴム栓とアルミシールにて密封し、28℃に設定した恒温槽内で7日間、14日間、35日静置したものを各々植種源としてMFCに供した。

### 2.4 MFC 性能の評価方法

電池の性能評価指標である、最大発生電圧、クーロン効率、最大電力密度について、植種源の異なるMFCで得られた値を比較することで、植種源の違いによるMFC性能への影響を調べた。

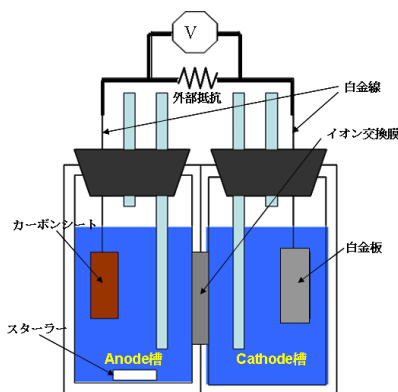


Fig.1 MFCs リアクターの概略図

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 回分実験における発生電圧の推移

熊本市内下水処理場の返送汚泥でフェリハイドライト培地による前培養を行っていないもの（以降、Run 1 とする）、14 日間培養したもの（以降、Run 2 とする）、および 35 日間行ったもの（以降、Run 3 とする）を植種源とした MFC での発生電圧を Fig. 2~4 に示す。

植種源の前培養を行っていない Run1 では、Fig.2 に示すように 4 バッチ目までの発生電圧は 120 mV 未満であり、5 バッチ以降から徐々に上昇し始め、最大で約 180 mV の電圧発生がみられた。全体的には 120 mV~180 mV 程度の安定した電圧を得られた。

14 日間の前培養を行った Run 2 では、Fig. 3 に示すように 5 バッチ目までで 140 mV の最大発生電圧が得られ、6 バッチ目以降からは概ね 140 mV~180 mV の間で安定し、最大で約 200 mV の電圧発生が認められた。上記のフェリハイドライトでの前培養を施さなかった植種源での結果と比較すると全体的に高い発生電圧が得られた。

35 日間の前培養を行った Run 3 では、Fig. 4 に示すように、立ち上げ時の最大電圧値が 40~60 mV と低く、10 バッチ目でようやく約 160 mV の最大電圧値が得られた。他のリアクターに比べ、低い発生電圧にとどまった。

#### 3.2 最大電力密度とクーロン効率

各リアクターにおいてポテンシostatにより電流と電圧を同時に測定し、電力密度を算出した。Table. 1 に最大電力密度とクーロン効率を示す。なお、電力密度は電流と電圧を乗じた電力を電極面積で除したものである。また、実験で得られた電圧値から算出したクーロン量を、基質である酢酸濃度から推定される理論クーロン量で除したものをクーロン効率として、各リアクターでの結果を比較した。

Table. 1 より、Run 1、Run 2、Run 3 の最大電力密度はそれぞれ、9.6 mV/m<sup>2</sup>、12.7 mV/m<sup>2</sup>、8.8 mV/m<sup>2</sup> となり、Run 2 が最も高く、Run 3 が最も低い値となった。また、クーロン効率に関してもそれぞれ、4.9%、6.5%、3.6% となり、Run 2 が最も値が高く、Run 3 が最も低い値であった。

以上の結果から、今回の実験条件ではフェリハイドライトにて 14 日間の前培養を施した植種源が最も高い MFC 性能を示すことが明らかとなった。しかしながら一方で、35 日間前培養した植種源では、前培養なしの場合よりも性能が悪化する可能性が示された。今後は他 2 種類の植種源による比較評価も含め、さらなる検討が必要であると考えられる。

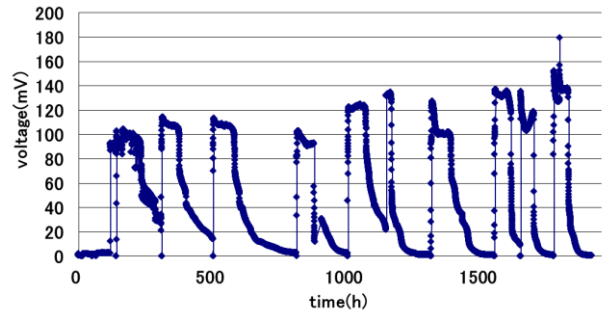


Fig. 2 前培養なしの植種源を用いた MFC における発生電圧の推移 (Run 1)

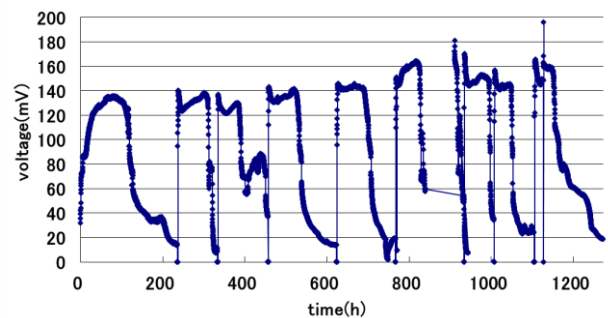


Fig. 3 14 日間の前培養を施した植種源を用いた MFC における発生電圧の推移 (Run 2)

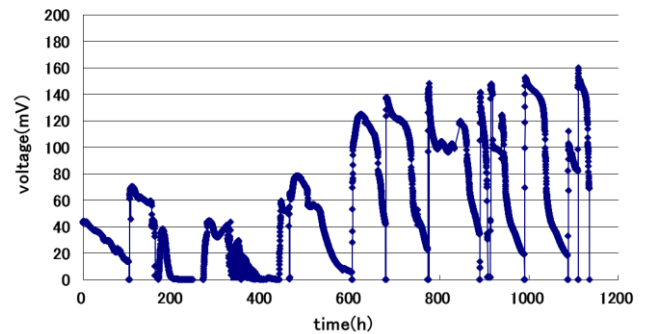


Fig. 4 35 日間の前培養を施した植種源を用いた MFC における発生電圧の推移 (Run 3)

Table.1 各最大電力密度とクーロン効率

	最大電力密度(mV/m <sup>2</sup> )	クーロン効率(%)
Run1	11.67	4.93
Run2	12.67	6.45
Run3	8.83	3.62

#### 4. 参考文献

- 1 Derek R.Lovely : Rapidly Growing Rumen Methanogenic Organism That Synthesizes Coenzyme M and Has a High Affinity for Formate , Enviromental Microbiology,Vol48,No.1,pp81-87 ,1984
- 2 Detection of Dissimilatory Iron-Reducing Bacteria in Freshwater Sediments Using Ferrhydrite-Enriched Cultures and PCR-DGGE Analysis, Japanese Journal of Water Treatment Biology,Vol.46 No.4 191-199 2010