

第Ⅶ部門 有機廃水を用いた微生物燃料電池の発電効率に関する基礎研究

大阪産業大学工学部 学生会員 ○坂本 成樹
大阪産業大学工学部 正 会 員 尾崎 博明
大阪産業大学工学部 正 会 員 谷口 省吾

大阪産業大学工学部 正会員 藤長 愛一郎
大阪産業大学工学部 正会員 高浪 龍平

1. はじめに

近年、注目を浴びている有機廃水を用いた微生物燃料電池の実用化に向けて、電子伝達剤（メディエーター）や高価な触媒を使わない二槽式曝気セルを使用し、負極の電極材料を変えて効率の良い材料を検討した。そして COD の減少量と発電量の関係から、発電効率を求めた。さらに一槽式エアカソードを制作し、その電流を測定することにより発電量を把握した。

2. 実験方法

2.1 実験 A 電極材料の検討

正極水槽（19cm×19cm、高さ 19.5cm）と正極と同じ要領の負極水槽の間をプロトン透過膜(Nafion117、15cm×10cm)で仕切り、負極水槽に蒸留水約 5ℓ にグルコース 25g を溶かした溶液を使用した。正極水槽には水道水を約 5ℓ 入れ、曝気をおこなった。この微生物燃料電池を二槽式曝気セルと呼ぶ。このセルを使用し、正極に炭素繊維を使用し、負極の材料を、炭素繊維(15cm×10cm、微生物膜付き)、グラファイト繊維(直径 9 cm、微生物膜付き)、グラファイトシート(15cm×15cm)、と変えて、電圧の時間変化を測定し、比較した。図 1 に各電極材料を示す。



図 1 左から正極:炭素繊維(15cm×10cm)、負極:炭素繊維(15cm×10cm、微生物膜付き)、グラファイト繊維(直径 9cm、微生物膜付き)、グラファイトシート(15cm×15cm)

2.2 実験 B 二槽式曝気セル

1 つ目の実験 B-1 では、正極、負極とも炭素繊維電極(15cm×10cm)を用い、負極電極には既に微生物膜が付着しているものを使用した¹⁾。2 つ目の実験 B-2 では、実験 B-1 の負極に、グラファイト繊維(直径 9cm)を用いた。また、水温、溶存酸素、pH、COD なども測定した。

2.3 実験 C 一槽式エアカソードセル

直径 9.3 cm、高さ 7 cm のプラスチック製の容器を使用し、曝気せずに水面近くに正極を固定し、酸素供給を促した一槽式エアカソードセルを用いて実験 C を行った。水深は 3.5 cm、4.5 cm、6.5 cm の 3 種類の一槽式エアカソードセルを作成し、30℃に保った。

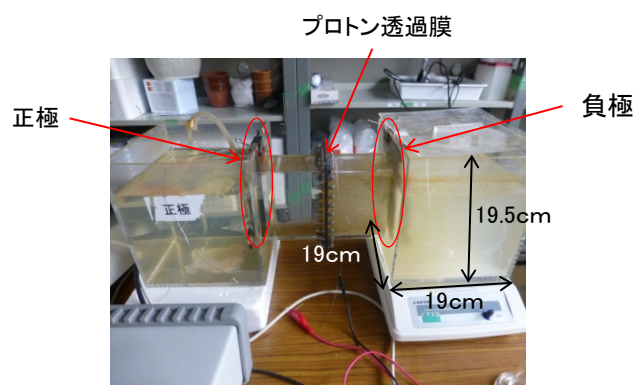


図 4 二槽式曝気セル

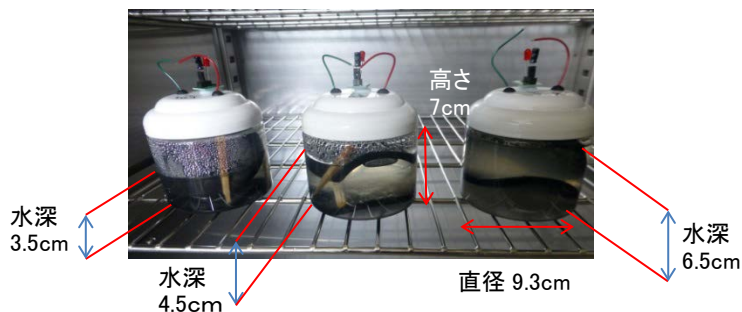


図 5 一槽式エアカソードセル(右から水深 3.5 cm、4.5 cm、6.5 cm)

3. 実験結果および考察

電極材料の実験 A の結果，最大電圧 400mV を出したのはグラファイト繊維(微生物膜付き)であった．それよりわずかに小さい 360mV を出したのは炭素繊維（微生物膜付き）であり，グラファイトシートでは，ほとんど電圧が出なかった．この結果より，発電には導電性よりも微生物の付着や接触のしやすやの影響が大きいといえる．

また，図 6 に実験 B-2 の電流の経時変化とそれに伴う COD の変化を，表 1 に実験 B-1, B-2 と C の結果を示す．

実験 B-2 では，最大電力密度が 1100 時間後で 0.52 mW/m^2 であった．また，電流は 200 時間で $130 \mu\text{A}$ ，1100 時間で最大電流 $145 \mu\text{A}$ であり，47 日間の発電量は 123 mAh であった．この 47 日間に COD は 1800 mg/l 減少した．実際の発電量を COD 減少分が全て電気に変換された場合の理論量で除した，クーロン効率は 0.4% であった．実験 B-1 と比較すると，負極にグラファイト電極を加えたことによって，最大電力密度が 0.06 から 0.52 mW/m^2 ，日平均電気量密度も 22 から $91 \text{ mAh/(d}\cdot\text{m}^2)$ と，面積分以上に増加した．このことより，電極上での微生物反応が大きな影響を及ぼすといえる．

また，実験 C のエアカソードセルは，二週間を通して，電圧も電流も安定しており，最大電力密度が 0.66 mW/m^2 ，日平均電気量密度が $60 \text{ mAh/(d}\cdot\text{m}^2)$ と実験 B-2 と遜色ない結果を出している．このことより，正極での曝気をせずとも，空気中の酸素を取り込むことで同様の発電が可能であることが示唆された．

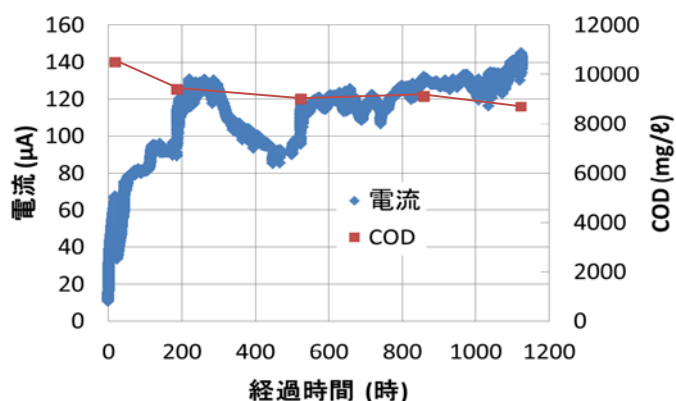


図 6 実験 B-2 の電流と COD の経時変化

表 1 実験 B-1, B-2, C の結果一覧

		正極	負極	最大電力密度 (mW/m^2)	発電期間 (d)	電気量 (mAh)	日平均電気量密度 $\text{mAh/(d}\cdot\text{m}^2)$
実験B-1	二槽式曝気セル	炭素繊維 ($15\text{cm}\times 15\text{cm}$)	炭素繊維 $15\text{cm}\times 10\text{cm}$ (微生物膜付き)	0.06	38	19.1	22
実験B-2	二槽式曝気セル	炭素繊維 ($15\text{cm}\times 15\text{cm}$)	炭素繊維 $15\text{cm}\times 10\text{cm}$ (微生物膜付き)+ グラファイト繊維(直径9cm)	0.52	47	123	91
実験C	一槽式エアカソード	グラファイト繊維 (直径9cm)	グラファイト繊維(直径9cm)	0.69	14	5.3	60

4. おわりに

本研究では，廃水を用いた微生物燃料電池の開発を目指し，負極材料を検討し，二槽式曝気セルで長期間の発電実験を行った．その結果，炭素繊維よりグラファイト繊維の方が発電に有利であるが，最も影響を与えるのは電極材上の微生物膜の有無であり，発電に係わる微生物の付着や接触状態が最も重要であることが分かった．また，曝気を行わない一槽式エアカソードによって実験した結果，二槽式曝気セルと遜色ない発電が可能であることも分かった．

今回の実験では，弱電ながらメディエーターや触媒を使わない微生物燃料電池による実験であり，この結果を廃水の連続処理につなげていきたいと考えている．

参考文献 1) 鮎田陽也，藤長愛一郎，高浪龍平，尾崎博明：微生物燃料電池の電気容量に測定方法が与える影響，第 47 回日本水環境学会年会講演集，L-52, p.685, 2013.