

第Ⅶ部門 粉末および粒状グラファイト添加による土壤微生物燃料電池の発電力の向上

大阪産業大学工学部	学生会員	チョン ゼッシン
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	尾崎 博明
大阪産業大学工学部	正会員	谷口 省吾
京都大学大学院工学研究科	正会員	西村 文武
京都大学大学院工学研究科	正会員	日高 平

1. はじめに

最近、排水中の有機物から電気を得る技術として、微生物燃料電池 (MFC) が注目されている<sup>1)</sup>。しかし、水溶液による MFC は発電が不安定であるという問題がある。その問題を解決する方法として、MFC に導電物質の粉末グラファイトを加える方法が報告されている<sup>2)</sup>。本研究では赤玉土に粉末や粒状グラファイトを加えて、発電力の向上効果を実験により検討する。

2. 実験方法

2.1 MFC の作製

本研究では、同じ条件の土壤 MFC を 2 つずつ作製し、8 種類 (合計 16 個) の MFC を用いた。赤玉土に粉末グラファイト (粒径 0.045mm, 和光純薬) と粒状グラファイト (粒径 0.18mm~1.19mm, 昭和電工) をそれぞれ 0%, 5%, 10%, 15% 加えて合計 1000 g 入れて、人工下水 (グルコース約 0.8 g/L, アミノ酸, アンモニアミネラル等) 1L 加えた (図 1, 図 2 参照)。水分については、蒸発分を適宜 (数日ごと) 加え、COD がほぼ消費された段階 (10 mg/L 未満) で人工下水を加えた。負極と正極の材質はグラファイトウールで、直径はそれぞれ 8 cm と 8.5 cm であった。

2.2 吸脱着試験

赤玉土、粉末と粒状グラファイト (5%, 10%, 15%) の合計 7 個の水槽を用いた。それぞれの水槽に人工下水を 1L 加えて、0 分、10 分、30 分、1 時間、6 時間、12 時間、24 時間後の水溶液中の COD を測定し、吸着定数を求めた。

3. 実験結果

3.1 電圧

MFC の馴致期間は 3 週間とした。抵抗 1000 Ω に接続して、25 日間電圧を測定した。粉末グラファイトを用いた実験では、最大電圧は 10% 添加で 0.19V であった (図なし)。一方、粒状グラファイトを用いた実験では、最大電圧は 15% 添加で 0.08V であった (図 3 参照)。このことから、電圧を向上させるのに効果的なのは、粉末グラファイトの方だといえる。

3.2 COD 消費速度

COD 消費量は、粉末グラファイトの方が、粒状グラファイト



図 1 赤玉土に粉末グラファイトを加えた MFC

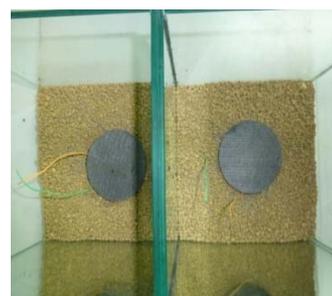


図 2 赤玉土に粒状グラファイトを加えた MFC

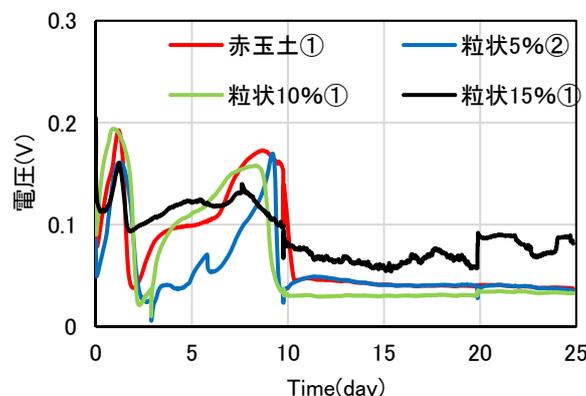


図 3 粒状 MFC の CC の電圧の時間変化 (各 2 つ (①と②) の内、電圧の高い方を図示)

イト（図4参照）より多かった。MFC中の有機物が微生物によって分解される速度を、水溶液中COD (mg/L) をCとして、一次反応速度係数k (1/s) を用いて、 $dC/dt = -kC$  で表すと、kの値はどれも約0.2 (1/day)で、粒状グラファイト0%~15%内での差は見られなかった。

### 3.3 吸着試験

本研究では、赤玉土のみ、粉末と粒状をそれぞれ5%、10%、15%、合計7つの水槽を用いて吸着試験を行った。人工下水中有機物の吸着については、水溶液中CODをC (mg/L)、赤玉土に吸着されたCODをS (mg/kg)とし、吸着平衡時のCとSの関係を $S = K \cdot C$ で表すと、最も吸着するのは赤玉土のみであり、Kの値は0.7 (L/kg)であった（図5参照）。

### 3.4 発電効率

発電効率はクーロン効率CE（下記の式）を用いて計算すると、8日目から12日目のCEは、粒状5%が最も大きく2.8%であった。しかし、赤玉土のみのCEも2.1%であり、粒状グラファイトを加えても、CEの差はわずかであった。

$$CE = \frac{I \cdot \Delta t}{\Delta COD \cdot b \cdot F \cdot V}$$

ここで、I: 電流(C/s),  $\Delta t$ : 実験時間(s),  $\Delta COD$ : 人工下水のCOD消費量(g/L / (32g/mol)), b: COD 1 molにあたる電子のモル数(4 mol), F: 電子 1 molの電荷(96,485C), V: 水溶液量(1 L)

## 4. 考察

粉末グラファイトのMFCが粒状よりも電圧が高かったのは、粉末グラファイトが土壌の表面を覆い、導電性が粒状よりも良くなるためと考えられる。内部抵抗の測定結果も、粉末グラファイトを加えた方が内部抵抗が下がる傾向があった

こともこの考察を支持する（図6は粒状の結果、粉末は図になし）。一方、CODの減少速度は、粉末の方が粒状より大きかった。これは、一般的には粒状の方が、有機物の吸着と微生物分解によりCOD除去速度が大きくなると考えられることと異なる。このことについては、粉末グラファイトのCOD初期値が粒状より大きかったため、相対的に減少量が大きくなったと考えている。

## 5. 結論

本研究では、電圧は粉末グラファイト添加MFCが0.2V程度で粒状より2倍程大きかった。その理由は、粉末グラファイトは土壌の表面を覆い、導電性が良くなったためと考えられる。一方、吸着係数は粒状グラファイトが0.62 L/kgで、粉末より大きい、赤玉土よりは小さかった。また、内部抵抗は、粒状グラファイトを添加した方が赤玉土のみより小さくなったが、電圧はあまり上がらなかった。このことより、土壌MFCに導電物質としてグラファイトを添加する際は、粒径0.045mmの粉末の方が発電効果が高いといえる。

謝辞 この研究は建設資源リサイクル研究会平成28年度研究助成の支援を受けて行われた。

参考文献 1) Logan, B.E (2007) Microbial Fuel Cells, Wiley. 2) Fujinaga, A., et al. (2016) Evaluation of the Effect of Graphite Powder to Decrease the Internal Resistance for Microbial Fuel Cell Using Soil, Journal of Water and Environment Technology, 14 (3), 141-148.

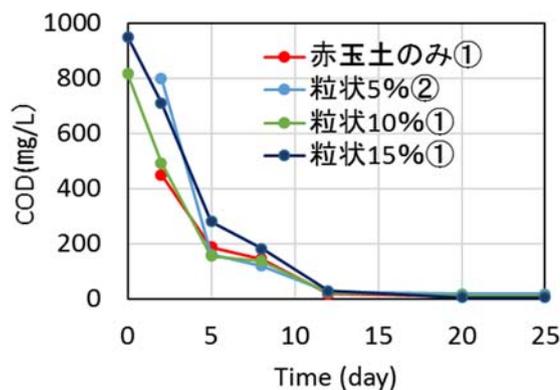


図4 粒状MFCのCODの時間変化

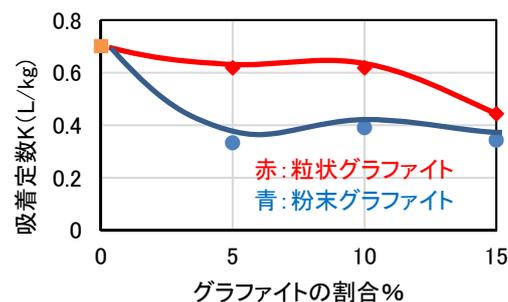


図5 吸着定数K (L/kg)

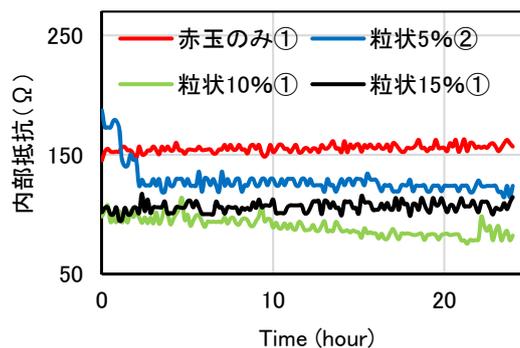


図6 粒状MFCの内部抵抗の時間変化