

土壌微生物燃料電池の発電効率を高めるための 内部抵抗の低減策

Reducing Internal Resistance for Increasing Electric
Power of Soil-based Microbial Fuel Cell

主任研究員名：藤長 愛一郎
分担研究員名：部谷 学

研究概要

本研究では、安定した発電が長期間可能な土壌を用いた微生物燃料電池（土壌 MFC）を開発するために、土壌中有機物の挙動や微生物分解に基づく発電メカニズムをモデル化して、発電量を最大にする条件を見つけ、実際の有機性廃液を連続処理するシステムを開発することを目的としている。

研究期間は、平成 27-29 年度であり、初年度の平成 27 年度には土壌 MFC の発電効率を高めるための方法として、放電と充電を繰り返すことで放電効率が高まる現象について、繰り返し時間を数秒から数十秒と短く取り、どの程度高まるかを把握した。

また、分担研究（部谷、玉谷）として、土壌を色々変えた実験を行い、土壌の違いによる発電特性の違いを評価した。また、本研究では土壌 MFC の内部抵抗が大きな因子であるが、その内部抵抗は電池の状態（充電状況や活性の度合い）によって変化することが実験を進めていく上で分かってきたので、測定方法も各種吟味して、電池の状態に左右されにくい、交流インピーダンス法を検討し、次年度に評価できる環境が整備できた。

研究発表：藤長愛一郎，高浪龍平，谷口省吾，尾崎博明，玉谷常晴，部谷学（2015）土壌微生物燃料電池の閉回路・開回路の繰り返しによる発電特性，第 15 回環境技術学会年次大会予稿集，Vol.15, 224, 50-51

土壌微生物燃料電池の閉回路・開回路の繰り返しによる発電特性の把握

藤長 愛一郎 (工学部都市創造工学科)

1. 研究の目的・計画・方法 (概要)

土壌 MFC を作製し、外部抵抗と接続した閉回路 (Close Circuit: C) での放電と開回路 (Open Circuit: O) での充電をくり返すことにより、発電量が増加するという現象に気が付いた。そこで、本研究では、Close-Open の時間間隔を様々に変化させ、発電量を増加させる条件を検討した。

放電と充電の切り替え時間は、60 秒以下とし、1 秒、10 秒、15 秒、20 秒、30 秒、40 秒、60 秒のいずれかで実施した。どの実験も放電時間の合計を 10 分間とした。比較のために連続放電 10 分間を各充電・放電の直前に実施した。プラスチック容器に堆肥を約 200g と水道水約 200g を混合し、土壌 MFC を製作した。電極材料はグラファイト繊維で、電圧は外部抵抗 1000Ω に接続と開放をリレースイッチで切り替えた (図 1 参照)。

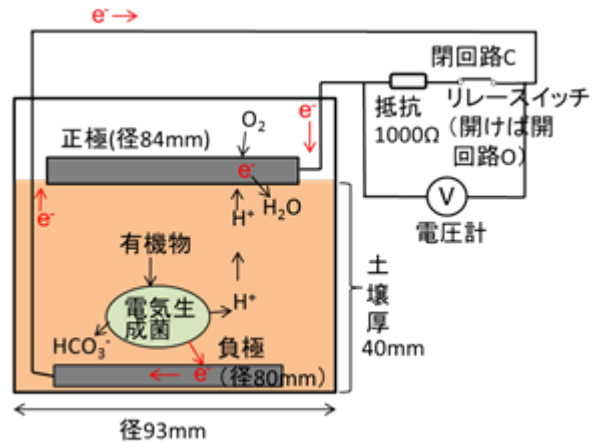


図 1 土壌微生物燃料電池 (土壌 MFC) の実験装置

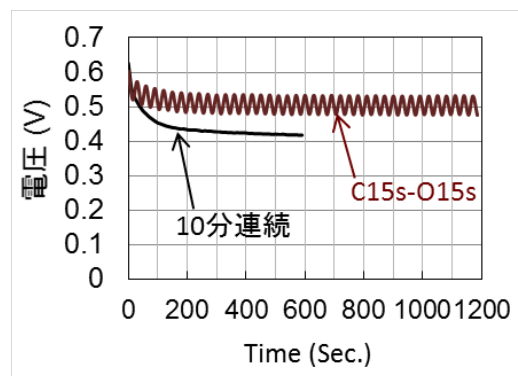


図 2 連続放電と閉回路 C15s-開回路 O15s の繰り返し放電の電圧変化

2. 研究成果

図 2 に結果の例として、C (閉回路) 連続 10 分間と、C15s-O15s (C 合計 10 分、O 合計 10 分) の電圧の時間変化を示す。連続放電する場合は、初期に電圧低下が大きく、初期電圧 0.63V が 100 秒後に 0.45V になり、600 秒後に 0.42V になっている。

また、図 3 に放電終了時 (10 分後) の各条件 (放電-充電の時間) の電力密度 (mW/m²) を示す。各実験条件の内、電力密度が最も大きくなった放電-充

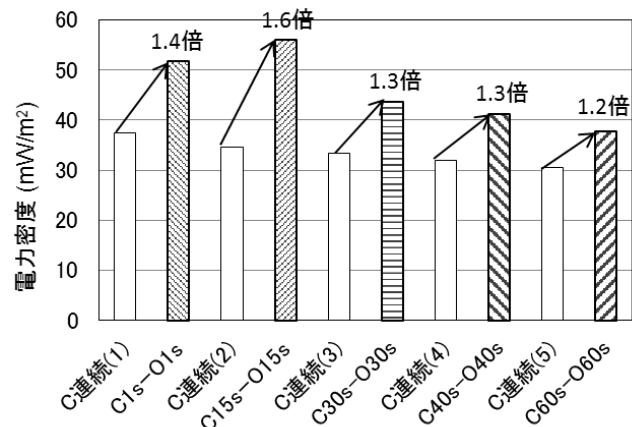


図 3 連続放電と放電-充電 (C-O) 時間ごとの電力密度

電の切り替え時間は、15秒であった。連続放電と比較すると1.6倍の電力密度が発生した。

本実験での放電-充電の切り替え時間で、発電量が増える理由を内部抵抗に関して考察すると、物質の移動がまず考えられる。負極周辺の酢酸や水素イオンが順次移動して、正極に供給されなければ発電量が減少する。よって、必要な物質を安定的に供給するには、一定した濃度勾配が必要である。そこで、今回使用した土壌の吸脱着性能は、濃度の安定化に寄与していると考えられる。

また、放電を15秒程度止めれば電力が回復することから、この時間は物質移動に必要な時間である可能性があり、そうであれば、計算やモデル化の手がかりになると考えられる。

3. まとめ

放電-充電の切り替え時間として、今回作製した土壌MFCにおいては、Close-Openの時間が15s-15sのときに、電力密度は最大でClose連続の1.6倍になることが分かった。この理由として、酢酸や水素イオンなどの物質の移動が律速になっている可能性が考えられる。

今後の課題として、律速となる経路の把握するための実験を実施し、内部抵抗の原因を把握していきたい。

土壌評価及び交流インピーダンス法による各種内部抵抗の測定

部谷 学（工学部電子情報通信工学科）

1. 研究の目的・計画・方法（概要）

本研究では、安定した発電が長期間可能な土壌を用いた微生物燃料電池（MFC）を開発するために、土壌中有機物の挙動や微生物分解に基づく発電メカニズムをモデル化して、発電量を最大にする条件を見つけ、実際の有機性廃液を連続処理するシステムを開発することを目的としている。平成 27-29 年度の研究であり、当初計画では平成 27 年度に最大発電量を得るための閉回路と開回路の繰り返し時間・回数を実験により明らかにすることであった。しかしながら、MFC に適した土壌について評価を行う必要があったため、平成 27 年度では各種土壌の評価及び交流インピーダンス法の立上げを行った。

2. 研究成果

(1) 各種土壌の評価

腐葉土、堆肥、混合土（各 2 個）を使用した微生物燃料電池の発電時における無負荷電圧の時間変化を図 1 に示す。腐葉土は、他の土壌と比べて最も早く電圧値が上昇し、発電開始から 4 日後には 0.8 V 程度の高い発電電圧値となった。

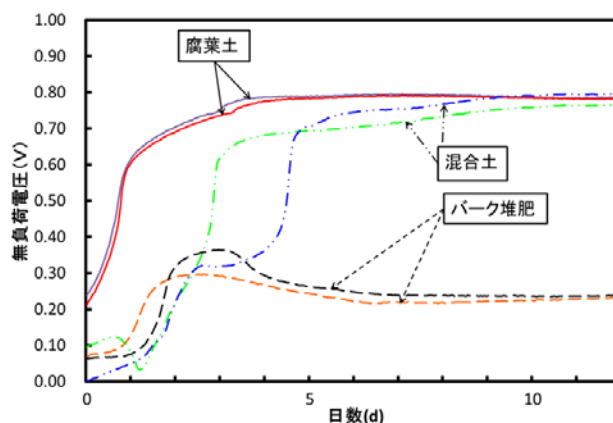


図 1 各種土壌の発電時の無負荷電圧の時間変化

(2) 交流インピーダンス法の立上げ

表 1 に交流インピーダンス法による、腐葉土を使った燃料電池の電荷移動抵抗と溶液抵抗の測定結果を示す。

抵抗値が低い方が電池としての性能に優れている。No. 1007-1 と 1007-2 のバーク入りの腐葉土（LIXIL ビバ）の溶液抵抗と電荷移動抵抗が完熟 1 という腐葉土（LIXIL ビバ）のそれらよりも小さいことが分かった。また、放電をさせると電荷移動抵抗が低下することが分かった。このように、交流インピーダンス法を用いて、土壌微生物燃料電池をより詳細に評価できる環境が整備できた。

表 1 発電 1 回目・2 回目後における交流インピーダンス法による電荷移動抵抗と溶液抵抗の測定結果

NO.	溶液抵抗(Ω)			電荷移動抵抗(Ω)		
	発電1回目	発電2回目	変化率(%)	発電1回目	発電2回目	変化率(%)
1007-1	49.56	50.57	2.037	3999	939.9	-76.50
1007-2	36.85	46.38	25.84	1604	782.0	-51.25
1007-3	125.8	145.9	16.04	33700	5027	-85.08
1007-4	134.5	139.2	3.460	50440	600.4	-98.81