

学内研究組織（2024 年度）

研究課題：「数理モデルを用いた微生物燃料電池の内部抵抗最小化による最大電力の算定とその実証」

昇圧回路および蓄電池を用いた微生物燃料電池の安定出力

Genereting Stable Electric Power by Microbial Fuel Cells
with a Low-voltage Booster and a Rechargeable battery

藤長 愛一郎（Fujinaga Aiichiro）

1. はじめに

微生物燃料電池（Microbial Fuel Cell, 以下 MFC）は、有機廃水や汚泥などを曝気せずに処理できる省エネルギー処理かつ再生可能エネルギー技術¹⁾であるが、得られる電力が微小なことが課題である。MFC の電力が小さい原因として、内部抵抗（エネルギー損失）が大きいことがあげられる。エネルギー損失は電流が大きくなると増加する傾向があるが、これを防ぐために昇圧回路を使用する方法がある²⁾。そこで、この研究の目的は、昇圧回路を用いて MFC の電力を安定的に出力し、電気装置の電源として使用することとした。実験としては、低電圧用の昇圧回路を用いて MFC を間欠放電し、リチウムイオン電池に充電して、pH 計への使用を試みた。

2. 実験方法

2.1 MFC の製作

電力を安定して供給できる土壌を使用した MFC を作製した³⁾。土壌には園芸用の市販の「畑の土」（菊池産業）を 5.6 mm のふるいで篩った 100 g に 蒸留水 140 g を加えて使用した。水素イオン交換膜を用いない一槽型で、土壌層の表面に正極を置いて空気中の酸素を利用した（図-1 参照）。

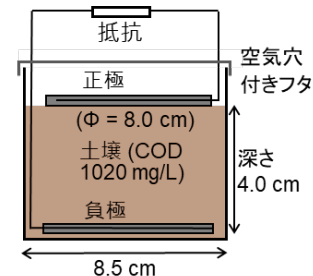


図-1 土壌を用いた MFC

表 1 実験内容

実験.	実験内容
実験 1	低電圧-昇圧回路による MFC の昇圧とリチウムイオン電池の充電
実験 2	MFC の間欠放電（電流 1, 2 および 3 mA）
実験 3	pH 計電源への適用

実験 1 昇圧回路による昇圧とリチウムイオン電池の充電

低電圧-昇圧回路により、MFC の電圧の昇圧を試みた。低電圧-昇圧回路を MFC に接続して、次に昇圧された電流をリチウムイオン二次電池（蓄電池）（以下、「リチウムイオ

ン電池」という)に充電した(図-2 参照)。昇圧回路は、Nisshinbo Micro Devices Inc.社製で、入力電圧 0.35 V で、起動電力は 6.5 μ W と非常に小さな電力で動作できることが特徴である。リチウムイオン電池は、ニチコン社製で、公称電圧 2.4 V、電気容量は 0.35 mAh である。

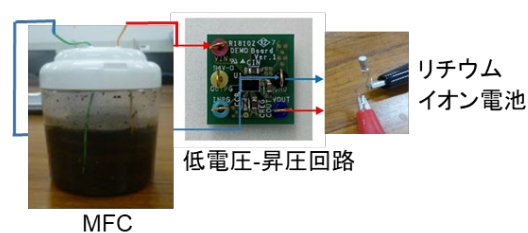


図-2 MFC 低電圧-昇圧回路およびリチウムイオン電池の充電システム

実験 2 MFC の間欠放電

電流を 1, 2 または 3 mA 流れる外部抵抗を選定し、MFC の間欠放電を 1 時間に 1 回 5 秒間を繰り返した。

実験 3 pH 計の電源への応用

実際の計測器を動作させる例として、堀場製作所製 pH 計 D-71 を用いた(図-3 参照)。この pH は単 4 乾電池 2 本(合計電圧 3 V)で動作する様に設計されている。このシステムで充電したリチウムイオン電池を用いて、pH 計を 10 秒間動作させ、低下した電圧の回復を観測した。



図-3 pH 計(堀場製作所製)

3. 結果および考察

3.1 実験 1: 充電

図-4 に放電時の MFC と充電時のリチウムイオン電池の電圧変化を示す。MFC の放電時の電圧は約 0.5 V で一定であるが、リチウムイオン電池の充電時の電圧は、最初 1.7 V で 20 時間後に 2.3 V になり、100 時間後には 2.5 V になっている。よって、低電圧用の昇圧回路で、MFC の電圧 0.5 V を 2.5 V に上昇させ、電気容量 0.35 mAh のリチウムイオン電池をおよそ 100 時間でほぼ満充電することができた。

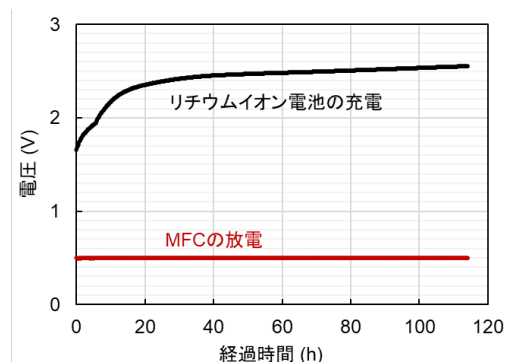


図-4 放電時の MFC と充電時のリチウムイオン電池の電圧変化

3.2 実験 2: 間欠放電

図-5 に放電時の MFC と充電時のリチウムイオン電池の電圧変化を示す(電流 1 mA の場合)。電流が 1 または 2 mA ならば、1 時間に 5 秒の MFC の放電が継続的に可能であった。

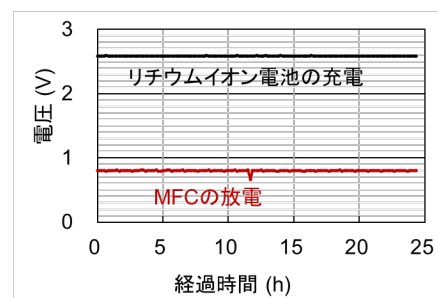


図-5 放電時の MFC と充電時のリチウムイオン電池の電圧変化(電流 1 mA)

3.2 実験 3 : pH 計電源への適用

MFC の初期電圧 0.84 V は, pH 計を 10 秒間動作させたことにより 0.70 V に低減し, 40 分後に 0.82 V, 7.5 時間後に 0.83 V に回復した (図-6 参照). このことより, MFC の電力は pH 計を 10 秒間の使用後, 8 時間で完全に回復するといえる.

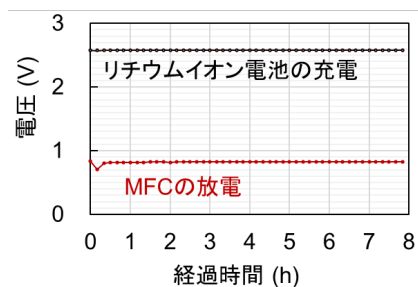


図-6 pH 計を 10 秒間使用した後の MFC とリチウムイオン電池の電圧変化

4. おわりに

本研究は, MFC の電力を継続して安定的に出力させることを目的に, 低電圧用の昇圧回路を用いて MFC を間欠放電し, リチウムイオン電池を充電して pH 計を動作させた.

実験結果より以下の知見が得られた.

- 1) 1 時間に 5 秒の電流 2 mA の間欠放電が可能であった.
- 2) pH 計の 10 秒間の使用後, 8 時間で MFC の電力が完全に回復した.

参考文献

- 1) 渡辺一哉 (監修); 微生物を用いた発電および水素生産, 日本内科学会雑誌シーエムシー出版, 2021.
- 2) Koffi NJ, Okabe S; High voltage generation from wastewater by microbial fuel cells equipped with a newly designed low voltage booster multiplier (LVBM), Sci Rep., 10 (1), 18985, 2020.
- 3) 藤長愛一郎, 岸本直之, 服部雄三; 微生物燃料電池による昇圧回路を用いたリチウムイオン蓄電池の充電, 第 24 回環境技術学会年次大会予稿集 D1-1, 126-127, 2024.