

土壌微生物電池のプランター内設置による長期発電特性

長崎大学大学院 学生会員 ○李 翠 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖
 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史

1.はじめに

再生不可能なエネルギー資源の枯渇は、主に従来の太陽光発電セルを使用して発電するために使用される太陽エネルギーなどの代替の再生可能エネルギー源の開発につながった。再生可能エネルギーを適切に利用することで、環境にやさしい持続可能なエネルギーを実現することができる。再生可能エネルギーを利用する発電技術は、有機性廃棄物と発電を処理できる優れた技術である。近年、植物微生物燃料電池 (PMFC) などの他の代替生物電気化学システムが開発され、太陽光の存在下で植物と微生物の生物学的相互作用を介して電気を生成する。普通な電池と比較して、PMFC は継続的に発電することもでき、食料の栽培/生産プロセスを妨げることなく農地に、あるいは食料生産に適さない分野でも実施される。微生物電池の開発と性能の向上を目指す。

2.実験方法

PMFC に関するほとんどの研究は稲を用いた微生物電池である。¹⁾ 稲の栽培における微生物電池についても実験を行った。その結果、稲の生長に伴い約 0.5V の電圧が発生することが確認できた。本研究では、竹パウダー、腐葉土等を用いて、微生物の堆肥化により電気を発生させる土壌微生物電池 (SMFC)²⁾ を開発し、さつまいもの栽培土壌に入れて植物微生物電池を開発する。同じ SMFC を稲の中にも入れる。植物微生物電池の性能を評価し、微生物電池の発電システムを明らかにすることを目的とした。植物微生物電池は、太陽が当たる日中は発電が高くなり、夜間はほとんど発電しないので、したがって、土壌微生物電池を組み合わせることによって連続的な発電を達成することができる。

図-1 に SMFC (14cm X 7cm X 5cm) の実験装置の仕組みを示す。プラスチック容器に混合試料 (竹パウダー 100g、腐葉土 100g とフルボ酸 (100 倍希釈) 240ml) を電極とともに密に詰めた。負極は鉄線を巻いた竹炭 (12cm X 3.5cm) である。またサランラップで装置を覆い試料を空気に触れにくくし、嫌気状態を保つようにした。図-2 にプランターを用いた PMFC の実験装置の断面図を示す。土壌は、砂質土、培養土および腐葉土を混合する。2 個の土壌微生物電池が植物微生物電池の内側に配置されている。植物の根圏では無数の微生物が活発に活動し、養分補給を担っている。A と B にはさつまいもが植えられているが、C は植えられていない。A と C の SMFC はプラスチック容器にあり、B の SMFC にはプラスチック容器がない。電極とデータロガー、抵抗をつなぎ合わせた。このときに発生する電圧を 5 分間隔にてデータロガーで測定した。

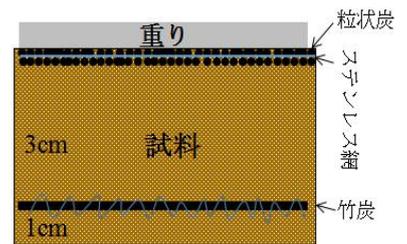


図-1. SMFC の実験装置

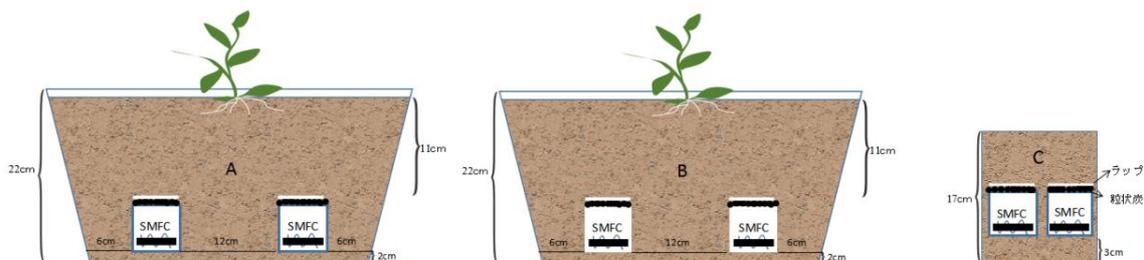


図-2. PMFC の実験装置の断面図

3. 実験結果と考察

図-3 は 470Ω の外部抵抗を付けている条件での電圧 (起電力) と時間の関係である。A の電圧は最初の 2 か月は比較的安定しており、2 か月後には急激に低下した。SMFC を取り出したとき、鉄線が溶けた。これが電

圧低下の原因である可能性があり、後で検討する。BとCの電圧曲線はほぼ同じである。B内のSMFCにプラスチック容器がないため、さつまいもの根がSMFCの内部に成長し、発電能力に影響が及ぶ可能性がある。今回の実験の電圧値は6つの異なる抵抗を用いて測定して、電流-電圧曲線を描くことができます。稲を使用したPMFCの電流はわずか約3mAであり、さつまいもを使用したPMFCの電流よりもはるかに低くなっている。図-4と図-6は、異なる抵抗を接続して電圧値を測定することによる電流-電圧曲線である。この曲線に従って、対応する関数曲線(図-5と図-7)を描くことができる。曲線の頂点は最大発電力である。図-4と図-5は、1か月後の電圧-電流と電力-電流の関係である。BとCの電圧と電力はほぼ同じであり、Aの電流と電力はBとCの電流と電力よりも大幅に高くなっている。3か月後、3つPMFCの電流が低下し、電力はほぼゼロになる。

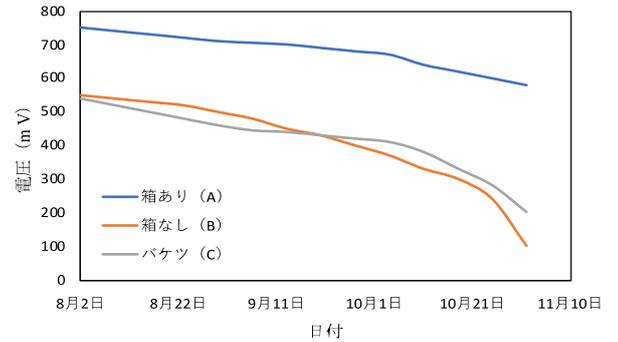


図-3は470Ωの外部抵抗を付けている条件での電圧と時間の関係図

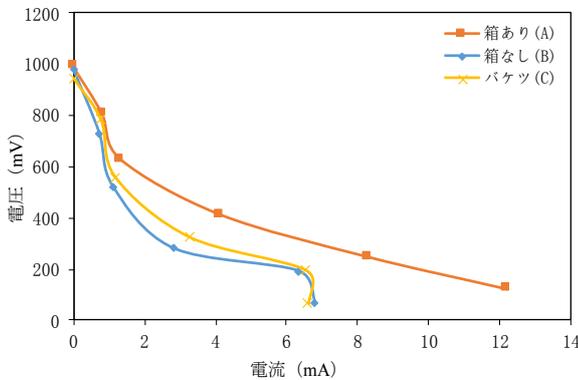


図-4. 1ヶ月後の電流-電圧直線

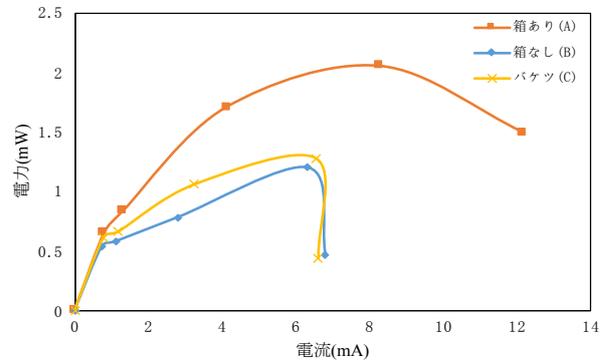


図-5. 1ヶ月後の電流-電力曲線

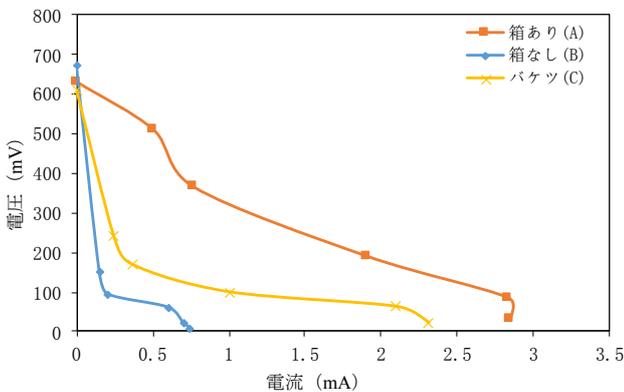


図-6. 3ヶ月後の電流-電圧直線

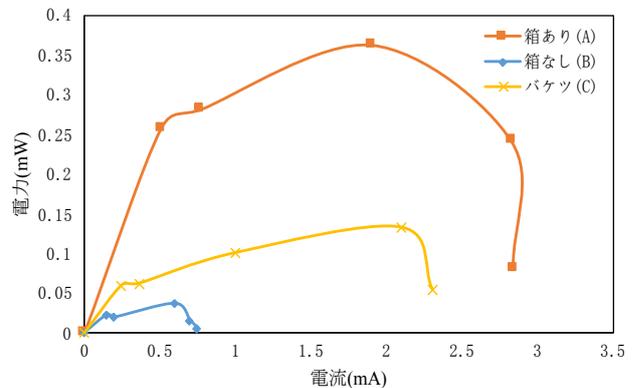


図-7. 3ヶ月後の電流-電力曲線

4. 結論

本研究では、土壌微生物電池と植物微生物電池の開発を検討した。この2つを組み合わせることで、連続的な発電を達成することができる。維持管理が簡単なだけでなく、LEDの発電にも利用できる。今後の研究では、植物微生物電池の性能の向上と、様々な植物での適用を検討したい。

5. 参考文献

- (1) Kiyoshi Omine・Santos D. Chicas・Venkataramann Sivsankar (2018): Current Advances in Paddy Plant Microbial Fuel Cells, Microbial Fuel Cell Technology for Bioelectricity (pp.67-80)
- (2) 李 翠・大嶺 聖 (2019): 有機系廃棄物を用いた微生物燃料電池の性能に及ぼす混合材料の影響, 環境地盤工学シンポジウム, 14-7.