

Plant-Microbial Fuel Cell の発電量に及ぼす植被と土壌含水比の影響

中村晟聡¹・戸田浩人²・崔東寿²

1 東京農工大学大学院農学府

2 東京農工大学大学院農学研究院

要旨：Microbial Fuel Cell: MFC は、新たな再生可能エネルギーとして注目されている。MFC と植物を組み合わせた Plant-MFC は、植物の根圏滲出物や植物枯死体などの有機物供給により、持続的で安定的なエネルギー生産が期待される。本研究では、緑地への Plant-MFC 導入の基盤情報を得ることを目的とし、スナゴケおよび園芸用土壌で作成した装置を用い、土壌含水比の変化に伴う Plant-MFC の電圧を計測した。その結果、スナゴケの植被により電圧が高まり、また、土壌含水比が高いほど電圧は高くなった。このことから、水分および植物の有無が発電能力を向上させることが示唆された。

キーワード：緑地、微生物燃料電池、再生可能エネルギー

Effect of plant cover and soil moisture content on the power generation of Plant Microbial Fuel Cell

Akitoshi NAKAMUERA¹, Hiroto TODA², Dongsu CHOI²

1 Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, and Technology

2 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, and Technology

I はじめに

世界のエネルギー需要量は今後ますます増加が見込まれており、特に再生可能エネルギーの需要量は、2～3倍の増加が予想される。しかしながら、エネルギー需要の大部分は化石燃料等が占めるとされており、2030年の予測でも再生可能エネルギーの割合は5～6%と低い(6)。再生可能エネルギーの供給拡大のためには、エネルギー源を多様化させ安定的に供給できるようにしていく必要がある。

Microbial Fuel Cell (MFC)は、微生物(発電菌)を利用して有機物を電気エネルギーに変換させる装置である(5)。MFCは、水質浄化など発電以外の機能も報告され、新たな再生可能エネルギーとして注目されている。さらに、MFCと植物を組み合わせた Plant-MFC は、植物から根圏滲出物や枯死体などの有機物が持続的に供給されるため、安定的なエネルギー生産が期待される。

発電菌は酸素がない嫌気条件で電極に電子を渡し代謝を行うことから、日本における Plant-MFC 研究は主に田んぼで行われており、都市公園や屋上緑化など非嫌気環境における研究例がない。緑地は、水田とは異なり、気温や降水量、場所、立地によって土壌の水分条件が大き

く変化する。そのため、本研究では植物の有無および土壌含水比の変化が Plant-MFC における発電量に与える影響を明らかにし、Plant-MFC の緑化現場への導入に向けた基礎情報を得ることを目的とした。

II 材料と方法

1. 調査方法 本研究は、自作した発電装置を用いて、東京農工大学府中キャンパスで行った。装置は、植木鉢(3号)の底から、市販土壌(50g)、負極(5cm)、市販土壌(100g)、正極(5cm)、スナゴケを順に入れ作成した。電極には、ステンレス鋼の表面を炭で参加した炭酸化ステンレス鋼(5cm×5cm=25cm²)を用いた(4)。Plant-MFC は、温度平均 21℃、LED により光照射を5時間 15分/日とした恒温機に設置し、25日間行った。

土壌含水比の変化様式の異なる処理区1(湿潤→乾燥→湿潤)、処理区2(乾燥→湿潤→乾燥)を設定し、それぞれの処理区において植被の有無によるスナゴケありとスナゴケなしの装置を作成した。灌水は、蒸発分を調整し、目標の土壌含水比となるように1日に一回、正午前に行った。各処理区で、発電量がどう変化するかを評価した。

2. 調査項目 以下の項目を調査した。

1) 電圧(mV) データロガー (GL840-SDM, GRAPHTEC, Yokohama, Japan) により, 各処理区の電圧の変化を10分毎に記録した。灌水による電圧変化を詳細に記録するため, 灌水直後1時間 (12:00~13:00) は10秒ごと記録した。

2) 土壌含水比 Plant-MFC 装置の重量を毎日測定し, 乾燥細土重量を分母として土壌含水比を求めた。

3) 土壌微生物バイオマス 土壌含水比が35%, 65%, 85%となった時に, ルミノメーター(SS3, systemSURE Plus, Hygiena, CA, USA)を用いてATP法により評価した。

4) 上下電極付近の土壌含水比 土壌含水比が35%~85%まで10%ごとに測定した。

5) 土壌化学性 実験初期と終了時に, pH(H₂O)をガラス電極法で, 全炭素・全窒素含有量をCNコーダー(MT-700, YANAKO, Tokyo, Japan)により測定した。

III 結果と考察

1. 土壌含水比と植被の電圧への影響 Plant-MFC の電圧は, 灌水処理の違いにかかわらず, 土壌含水比の増減と同調していた(表-1)。また, 電圧は土壌含水比が同じ場合でも, スナゴケありがスナゴケなしより大きくなり, スナゴケによって有機物が供給され, 発電能の向上につながったと考えられる(図-1)。また, 発電には, 最低でも35~45%の土壌含水比が必要であり, 高水準(最大の8割)に電圧を保つには55~65%以上の土壌含水比を保つことが必要であった(図-1)。

2. スナゴケの有無による土壌含水比の変化 スナゴケありの装置では, スナゴケなしの装置に比べ, 土壌含水比の減少速度が低下し, スナゴケによって発電に適した含水比の持続期間が長くなるといえる(図表省略)。

3. 灌水による電圧変化 灌水後10~20秒で電圧の上昇がみられた。スナゴケありではスナゴケなしと比べ, 灌水から次の灌水まで上昇した電圧は保たれ, 灌水に伴う電圧の変化は小さかった。そのため, スナゴケにより電圧が保たれ, 安定性が向上すると考えられる(図表省略)。

4. 各土壌含水比と微生物バイオマス 微生物バイオマスの変化に有意差はみられず(図表省略), 電圧の変化は微生物の増減ではなく, 発電に関わる微生物の活性の変化であることが示唆された。また, 土壌pHやC/Nなども同様に有意な差はなかった(図表省略)。

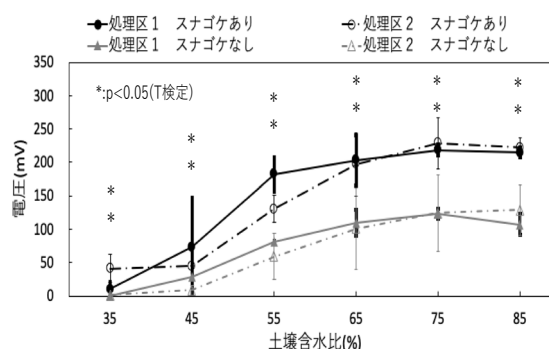


図-1. 土壌含水比毎の電圧

* : 処理区毎のスナゴケ有無による電圧の有意差

表-1. 4分類それぞれにおける各土壌含水率の電圧の有意差検定の結果

	35%	45%	55%	65%	75%	85%
処理区1 スナゴケあり	b	b	a	a	a	a
処理区1 スナゴケなし	c	c	b	ab	a	ab
処理区2 スナゴケあり	c	bc	abc	ab	a	ab
処理区2 スナゴケなし	c	bc	abc	abc	ab	a

IV おわりに

土壌の微生物バイオマス, C/N, pH と電圧の間には明瞭な関係がみられず, スナゴケの有機物供給による発電への影響は不明であった。今後, 根系が発達する植物による効果や, 野外の緑地でのPlant-MFC発電量を調べていく必要がある。

引用文献

- (1) McCormick AJ, Bombelli P, Bradley RW, Thorne R, Wenzle T, Howe CJ (2015) Biophotovoltaics: oxygenic photosynthetic organisms in the world of bioelectrochemical systems. *Energy and Environmental Science* 8: 1092-1109
- (2) Helder M (2012) Design criteria for the Plant-Microbial Fuel Cell Electricity generation with living plants-from lab to application. PhD thesis, Wageningen University
- (3) 石井俊一・関口勇地 (2008) 微生物燃料電池における微生物による電子輸送. *日本微生物生態学会誌* 23 (2): 58-70
- (4) 浦嶋泰文・唐澤敏彦・中塚博子・林 正紀・徳田進一 (2017) ATP 測定キットを用いた簡易迅速な土壌微生物バイオマス評価法. *日本土壌肥科学雑誌* 88 (4): 336-338
- (5) 上岡永佳・渡辺一哉 (2016) 微生物燃料電池技術を用いた水田発電. *Electrochemistry* 84 (2): 104-106
- (6) 経済産業省資源エネルギー庁 (2018) エネルギー白書