

自然由来の竹を用いた電極材料の開発と植物微生物燃料電池への利用

山口大学大学院 学生会員 ○岡本朋大

山口大学大学院 正会員 Azizul Moqsud

1.はじめに

植物型微生物燃料電池(PMFC)とは微生物と植物を用いて電子を回収するバイオ燃料電池である。PMFCにはアノードとカソードという電極が存在しており、それぞれ微生物から放出された電子を回収する役割と、アノードから送られてきた電子を回収するという役割を持っている。これらの電極には様々な材料が用いられてきたが、ほとんどの研究で炭素ベースの材料が使用されている。我々の研究室では主に、竹炭を電極に用いて研究に取り組んでいる。理由として竹炭は導電性が許容でき、尚且つ自然由来の材料であるということが挙げられる。一方で竹炭は市販の材料を使うとコストがかかってしまう。また、竹炭は日本では容易に手に入れることができるが、購入が難しい地域もあるため、多くの地域でこの型のPMFCを普及させるのは難しいということが懸念される。そこで本研究では自作した竹炭をPMFCに用いることで、1)自作竹炭の性能の評価をすること、2)市販竹炭との電力量の比較と評価をすることを目的とした。

2.自作竹炭の評価

2.1 生成方法

今回、図1の電気炉を用いて竹炭を作成した。まず、鉄バケツに竹と珪砂を図2のように敷き詰めた。本実験では珪砂8号を用いた。この鉄バケツを電気炉に入れ焼成を開始し5.5時間の焼成の後、鉄バケツを取り出し完成となる。1200℃の高温で焼成することによって竹内部の成分や水分を取り除くことができる。この際の焼成時間と温度を図3に、竹炭の焼成前後を図4に示す。



図1 電気炉

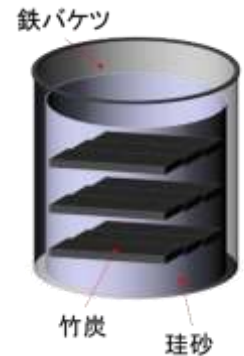


図2 鉄バケツ

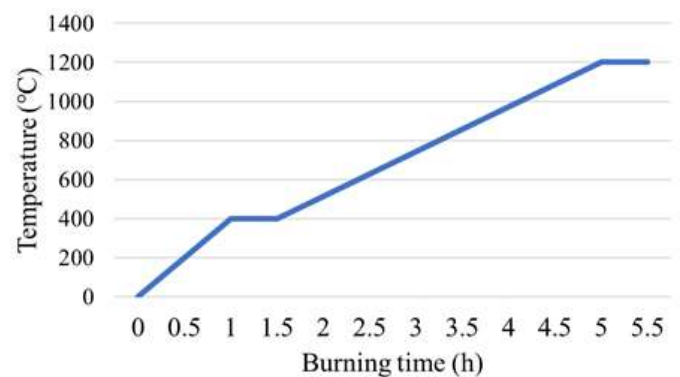


図3 焼成時間と温度



図4 竹炭の焼成前後

キーワード PMFC, 多孔質性, 抵抗値

連絡先 〒755-0097 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学 地盤工学研究室

TEL 082-222-2376

2.2 竹炭の性能

2.2.1 抵抗とコスト

図5は電極素材として頻繁に使われているカーボンクロスとカーボンフェルト、そして市販で売られている電竹炭という竹炭の抵抗とコストの比較を示したものである。図5を見ると完成した竹炭の抵抗は1.0(Ω)であった。市販の電極材料の中で最も抵抗が低かったものはカーボンクロスの3.0(Ω)であるので自作竹炭の抵抗の低さが分かる。また、コストは100gあたりの値段を示しており、比較してみると自作竹炭はほかの素材に比べて大幅に低いことが分かる。

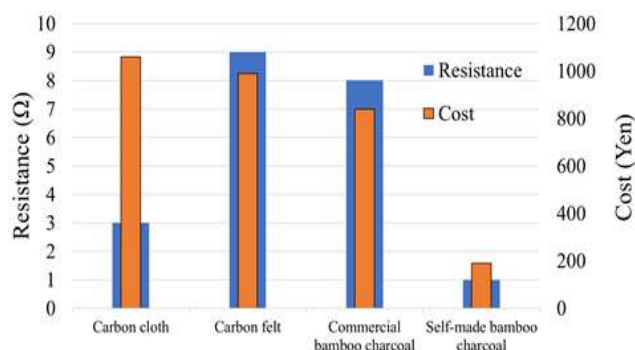


図5 各材料の性能の比較

2.2.2 多孔質性

竹炭には表面に無数の孔が開いておりこれを多孔質という。PMFCにおいて表面の孔が開いていることにはおおきな利点がある。アノードとして竹炭を使用する際、砕いた竹炭を微生物が含まれた溶液とともに攪拌することで微生物を付与する。この時表面の孔に微生物が入り込むことで孔の中に微生物がコロニーを作り出す。これにより多量の微生物が長く生息することが可能となる。これにより多孔質であることは微生物の機能を保つために重要な役割を担っていることが分かる。今回の実験では竹炭の多孔質性を調べるためにSEMを用いて竹炭の表面を拡大して調べた。自作の竹炭の表面を500倍に拡大したものが図6となる。比較するために市販の竹炭を拡大した写真を図7に示す。比較してみたところ図6の自作の竹炭の方が孔が若干多いことが分かる。これにより自作竹炭の方が多孔質性が優れていることが分かる。

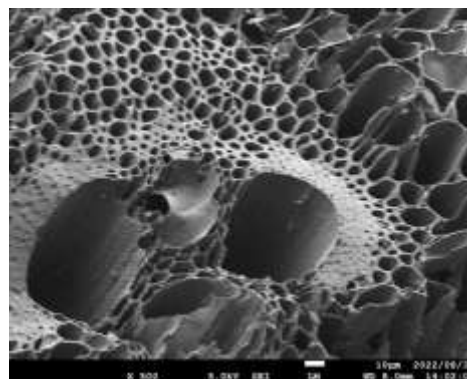


図6 自作竹炭の500倍拡大図

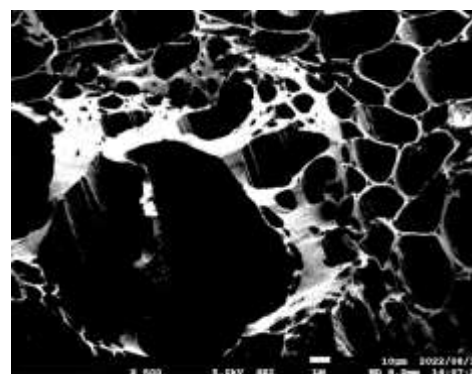


図7 市販竹炭の500倍拡大図

3. レタス PMFC の評価

3.1 実験材料と実験方法

PMFCの植物はレタスを用いた。実験に用意するPMFCは埋め込みタイプのPMFCに自作竹炭と市販竹炭を用いたものの2パターンを用意した。これら2つのパターンのPMFCを15日間計測し、8日目に電力の測定をした。その結果を比較し、評価をした。全パターンの詳細情報を表1に、PMFCの概略図を図8に示す。

表1.2 パターンの詳細情報

MFC type	自作電極PMFC	市販電極PMFC
アノード電極	竹炭	竹炭
	亜鉛版	亜鉛版
アノード電極面積	100	100
竹炭アノード質量 (g)	20	20
カソード電極	竹炭+鉄ワイヤー	竹炭+鉄ワイヤー
カソード電極面積 (cm ²)	40	40
砕竹炭質量 (g)	80	80

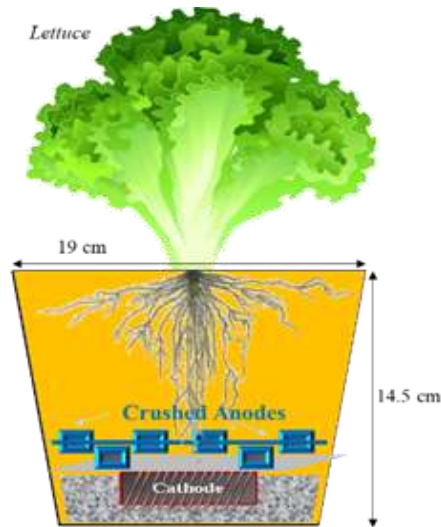


図8 埋め込みタイプのPMFCの概略図

3.2 結果と考察

図9は2パターンのPMFCの電圧変動を示し、図10は計測8日目に測定した2パターンのPMFCの電力密度を示す。図9からわかるように2パターンとも徐々に電圧が伸びていっているが、初期電圧の差により自作電極PMFCの方が電圧が高いことが分かる。これは抵抗値が自作竹炭の方が小さいためであると考える。

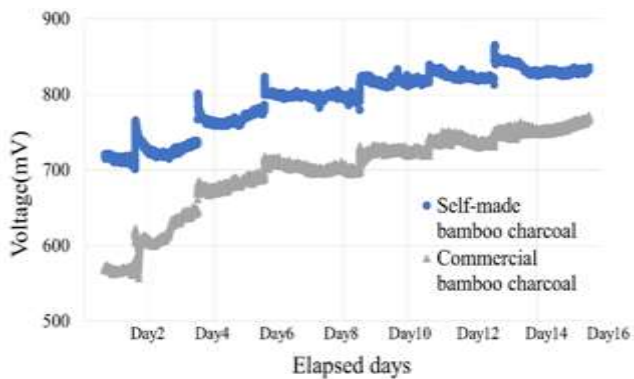


図9 2パターンの電圧の変動

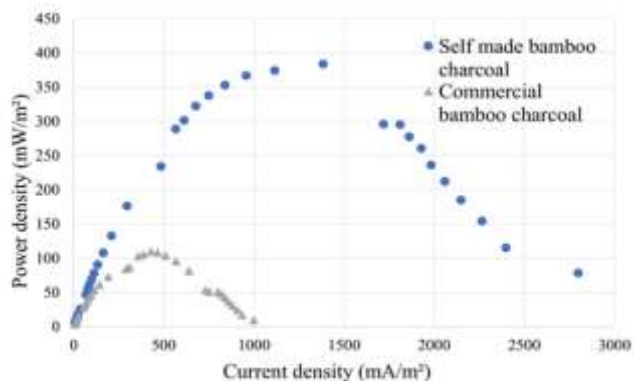


図10 計測8日目の2パターンの電力

4.まとめ

今回は自作した竹炭の性能の評価と、それを使用したPMFCの評価を行った。自作した竹炭は市販の竹炭や他の電極素材よりも抵抗が低かった。一般的に用いられている市販の竹炭は焼成温度が $400\sim 800^{\circ}$ であることが多いため、 1200° で焼成した自作竹炭は低い抵抗を保持できたと考えた。多孔質性に関しても自作した竹炭の方が表面の孔の数が多く、微生物の性能を保つのに適していることが分かった。そして、この自作竹炭を使用したPMFCの実験では自作竹炭特有の低い抵抗値を生かし、これを用いた自作埋め込みタイプのPMFCは最終的に 820mV の電圧を得ることに成功した。また、電力量に関しても自作埋め込みタイプのPMFCは $400\text{mW}/\text{m}^2$ 近くの最大電力量を得ることができた。

5.参考文献

- 1) Moqsud, M.A.J. Yoshitake, Q.S. Bushra, M. Hyodo, K. Omine, David Strik., Microbial fuel cell (MFC) for bioelectricity generation from organic wastes. Waste management, Vol 33, 2013, pp 2465-2469
- 2) Felix. TettehKabutey, Qingliang. Zhao, Liangliang. Wei, Jing. Ding, Philip. Antwi, Frank. Koblah. Quashie, Weiye. Wang An overview of plant microbial fuel cells (PMFCs): Configurations and applications, Vol 110, 2019, pp 402-414
- 3) Daniel Ayala-Ruiz, Alejandro Castillo Atoche, Erica Ruiz-Ibarra, edith Osorio de la Rosa, Javier Vazwuez Castillo., 2019. A Self-Powered PMFC-Based Wireless Sensor Node for Smart City Applications