

稲を用いた微生物燃料電池による発電

山口大学大学院 学生会員 ○吉武潤一郎

山口大学大学院 Md. Azizul Moqsud

山口大学大学院 正会員 兵動正幸 中田幸男 吉本憲正

1. はじめに

私達の生活に電力は欠かすことができない。しかし、世界中のすべての人々が私たちと同じように電力を使うことのできる環境で生活しているわけではない。現在存在する様々な発電方法の多くは地球の環境に悪影響を及ぼす恐れがあり、それらの多くは有限な資源を必要とする。このことから新たに持続可能で安全な発電システムが必要である。

当研究の最大の目的は、お米の稲を適用した微生物燃料電池が、持続可能なエネルギーの供給源でありお米の収穫も得られることの証明、及びシステムに最も重要な要素が何であることを明確にすることである。また、システムに用いる植物としてお米の稲を選んだ理由として、電力供給が不十分なアジア圏の国々で最も多く栽培されている植物であるということが挙げられる。

2. 試験方法

はじめに研究に用いた装置の作製方法を示す。まず水田の土を 10 リットルのバケツに入れた。このとき底からの深さをおよそ 15cm とした。導線と接続したカーボンファイバーを陽極として配置し、さらに上から 5cm 程度水田の土を加えた。土が柔らかくなるよう水を加えお米の苗を植えた後、苗を避けるよう陰極となるカーボンファイバーを土の上から設置した。二つの電極となるカーボンファイバーを、バケツの外で導線とワニグクリップにより接続し回路を作成した。完成した装置の様子を図-1 に示す。

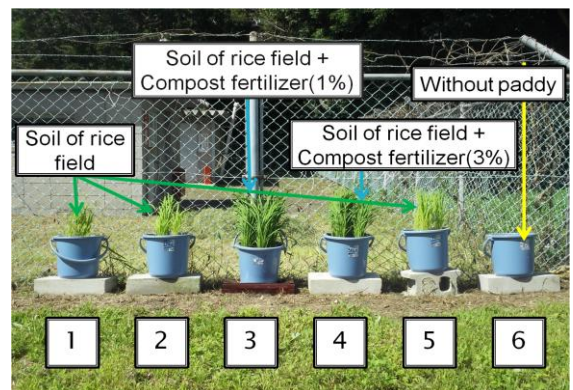


図-1 各サンプルの条件分け

この図に示したように当研究では 4 種類の異なる条件を持つ 6 つの装置を用意した。これ以降それらの装置をサンプル 1, 2, 3, 4, 5, 6 と示す。サンプル 1, 2 及び 5 は上記に示した作製方法に基づき、全く同じ手順により作成した。これらのサンプルは全く同じ条件で作製したが、悪天候等の理由で稲が枯れた場合に備えたためである。また、条件が同じであり示す結果も同じ傾向であったため、結果ではサンプル 1 のものだけを示した。サンプル 3, 4 は水田の土に、それぞれ土の重さに対し 1% 及び 3% の有機配合肥料を加えたサンプルである。サンプル 6 には有機配合肥料を加えていないが、稲を植えない場合のサンプルとして用意した。これらのサンプルは 2012 年 6 月 9 日に設置し、研究を開始した。

作成した回路に 100ohm の電気抵抗を接続し、毎日午前 11 時にマルチテスターを用いて電圧を測定した。

3. 測定結果

図-2 に日射量と測定電圧の関係を示した。装置を作成した日から 7 月末まででは日射量が高ければ測定電圧も高くなり、密接な関係性が見られた。また、全測定期間を通し有機配合肥料を加えたサンプルは、加えていないサンプルよりも高い測定電圧を示し、稲を植えていないサンプル 6 では他のサンプルと比べ極めて低い測定電圧を示した。8 月以降では、7 月末までに比べ全体的に測定電圧が低くなり、日射量と電圧の関係性が弱まったように見える。

稲の長さの成長を示した図-3 から、稲の成長の速さが緩やかになる時期と、測定電圧の傾向が変化する時期がちょうど重なっていることが分かる。この図から、実際に稲を装置の一部に組み込んでも、稲の成長は妨げられないと言える。さらに、全てのサンプルの稲で、7 月末から 8 月の 1 週目にお米が実り始めていた。

また、図-4 に示すように夜間に測定した場合の電圧は、通常通り日中に測定した電圧に比べ極めて低い電圧となった。しかし、稲を植えていないサンプル 6 の測定電圧はいかなる条件下においても一様で、かつ稲を植えたサ

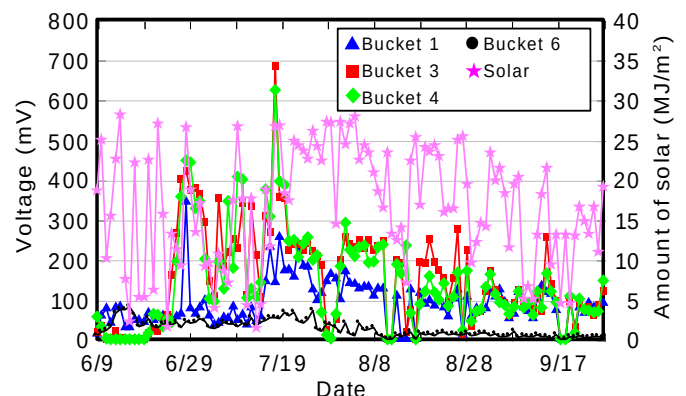


図-2 測定電圧と日射量の関係

ンプルに比べ低い電圧を示し続けた。

4. 稲を用いた微生物燃料電池(PMFCs)のメカニズム

植物は光合成のために水と二酸化炭素、日光を必要とする。これによってさまざまな種類の糖を生成する。生成された糖は植物の成長に必要な養分となる。養分として消費されて尚、余剰分となった糖は根から地中へ放出される。そこで微生物によって分解され、その際に発生する電子を陽極へ集め、回路を通し陰極へ移動させることで電流を発生させるという流れが主なメカニズムである。

生成される糖の種類はさまざまである。最終的にシステムによって生成されてしまう物質は水のみである。さらに必要とするエネルギーは日光のみである。また、微生物による糖の分解に際して二酸化炭素が発生するが、植物と土壌の間に常にある関係で、植物をシステムの一部に適用することによって起こるものではない。以上のことからこのシステムが持続可能で安全なシステムであると言える。

5. まとめ

試験期間中に測定した電圧で最も高かったものは684mVであり、水田の土に有機配合肥料を1%含有させたもので測定できた。同じ日に同含有割合が3%のサンプルで測定した電圧が2番目に高い電圧となった。有機配合肥料を含有させた場合の装置の電圧がより高くなる要因として、光合成を行う葉がより大きく成長すること、地中の微生物の活動が活発になることが考えられる。しかし、含有割合が1%と3%のサンプルでは大きな違いが見られなかった。さらに、予備実験として同含有割合が10%のサンプルを用意したが、稲がすぐに枯れてしまったため、割合が大きすぎるとシステムには適さないことが分かった。

日射量や測定の時間帯、及びバケツの中の土の条件により異なる電圧と上記に示したメカニズムから、このシステムにおいて最も重要な要素は日射量と地中の微生物の働きであると言える。

8月以降の電圧が減少した要因について考察する。お米が実り始めた時期と稲の成長が緩やかになった時期が重なることから、生成された糖は大部分がお米を大きく実らせるために消費されるようになり、結果的に根から放出される糖が大幅に減少したことが最大の要因ではないかと言える。微生物により分解される糖の減少は発生する電子の減少に直結し、上記の変化が見られた時期と同じ時期に測定電圧の減少も引き起こされたのではないかと考えられる。

〈参考文献〉

- ①鐘ヶ江隆行, 大嶺聖, 安福規之, 小林泰三; 有機系廃棄物に伴うコンポスト型微生物電池の開発, 第8回環境地盤工学シンポジウム, pp253-256, 2009
- ②M.Helder, D.P.B.T.B.Strik, H.V.M.Hamelers, A.J.Kuhn, C.Blok, C.J.N.Buisman; Concurrent bio-electricity and biomass production in three Plant-Microbial Fuel Cells using *Spartina anglica*, *Arundinella anomala* and *Arundo donax*, *Bioresource Technology*, pp3541-3547, 2010

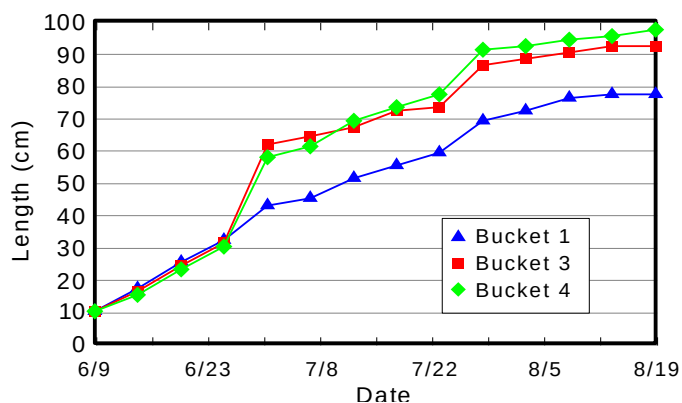


図-3 稲の長さの推移

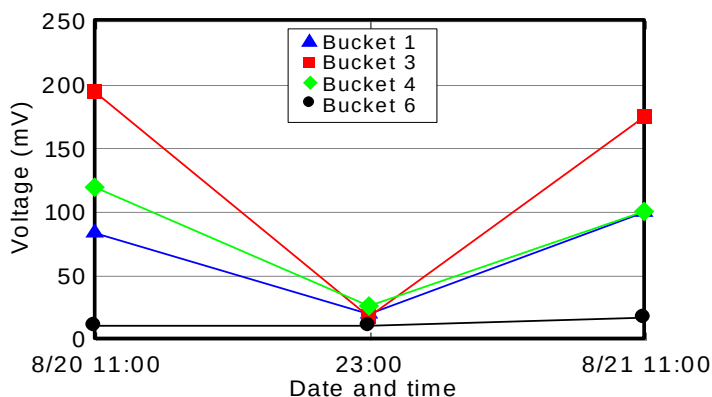


図-4 時間帯による測定電圧の変化

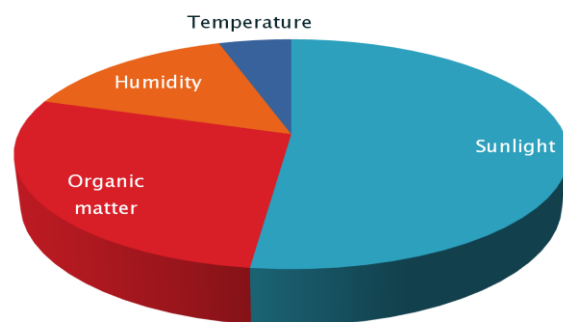


図-5 PMFCにおける各要素の重要度のイメージ