

二種類の異なる微生物燃料電池による発電サイクルの研究

山口大学大学院 学生会員 ○吉武 潤一郎

山口大学大学院 正会員 Azizul Moqsud 兵動 正幸 中田 幸男

1. 序論

私たち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と収穫後の稲を用いた微生物燃料電池による発電サイクルの考案及び評価である。お米の発育段階でそれを微生物燃料電池の一部として機能させ、収穫後の稲をたい肥化する過程で発電を行い、そのたい肥をさらに稲の発育に利用する。このような持続可能な発電のサイクルを実用化に近づけることを目指す。

2. 試験方法

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チ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。

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。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 100Ω 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。

収穫後の稲を用いたコンポスト型電池の概略図を図-2 に示す。図のように活性炭、ろ紙、電極(カーボンファイバー)、51Ω の電気抵抗を用いて微生物燃料電池を作成した。実験は室内にて行い、室温は 25℃ とし、30 分おきに電圧を測定した。混合試料は細かくした稲、油粕、米ぬかをもとに調合した。それらの質量に対する炭素及び窒素の含有量から、混合試料 C/N 比がおおよそ 35, 28, 16 になるサンプルを作成した。

3. 測定結果

図-3 に測定電圧と日射量の関係を示した。ただし、条件が同じサンプル 1, 2, 5 は測定した電圧の推移も同じような傾向を示したためグラフにはサンプル 1 の結果のみ示す。また、今回有機配合肥料を土に混入させる割合を 1% としたサンプルと 3% としたサンプルを用意したが、結果が同じような傾向であったため、グラフには配合割合 1% のサンプル 3 の結果のみ示す。装置を作成した日から 7 月末まででは日射

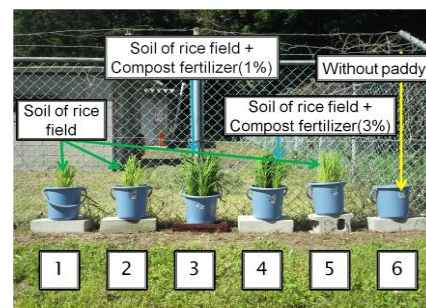


図-1 各サンプルの条件分け

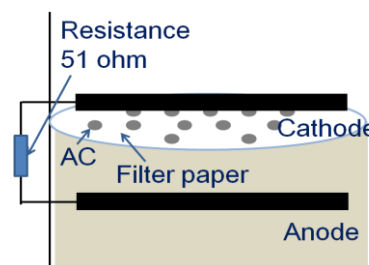


図-2 収穫後の稲を用いた MFC の概略図

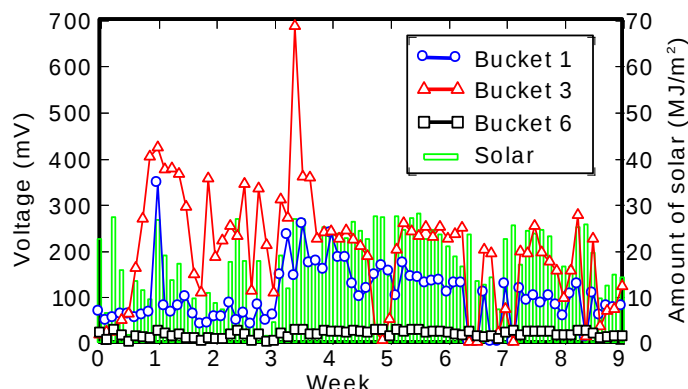


図-3 測定電圧と日射量の関係

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。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。

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。さらに、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、かつ稲を植えたサンプルに比べ低い電圧を示し続けた。

図-4 に収穫後の稲を用いた微生物燃料電池の電圧の推移を示す。混合試料の総重量は同じであるにもかかわらずこのように電圧の推移の傾向が大きく異なっていることが分かる。注目すべき点は C/N 比がおよそ 28 のサンプルは、電圧の値がピークを迎えた後電圧の下降が緩やかであるが、35、16 のサンプルでは電圧の値がピークを迎えた後、急速に電圧の値が下降している点である。

図-5 に実験後の微生物燃料電池の写真を示した。期間が進むにつれ混合試料の上部から色が濃く変色し、最終的に印で示した部分だけ初期の色が残った。

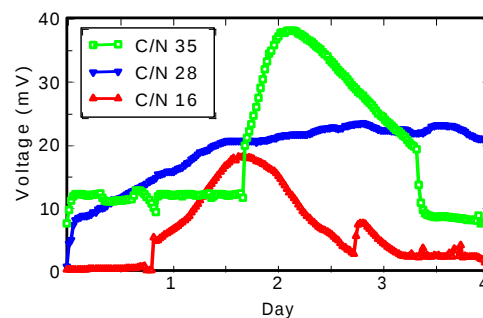


図-4 収穫後の稲を用いた MFC の電圧の推移

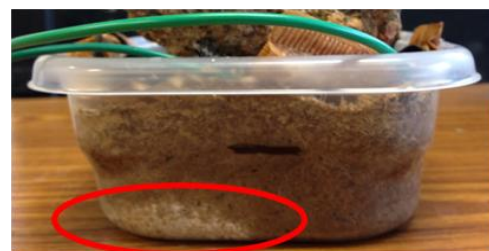


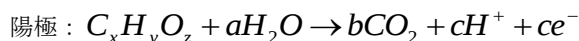
図-5 測定後の MFC

4. 微生物燃料電池による発電サイクルのメカニズム

稲は光合成によってさまざまな種類の糖を生成する。それらは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。糖は地中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原理が、初めに実験を行った微生物燃料電池のメカニズムである。

さらに、収穫後の稲を細かくし、バクテリアに分解させる過程においても電子は発生し電力を得られる。この過程によって肥料を作成し、稲の栽培に運用できれば無駄のない持続可能な発電サイクルとなると考えられる。また、今回の実験では行わなかったが、家庭から排出される生ごみを同時にたい肥化させることで、より無駄のない実用的なシステムになり得ると考えられる。

今回試作した二種類の微生物燃料電池の陽極、陰極付近での化学反応式をいかに示す。



5. 結論

電圧の最大値はおよそ 700mV 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。このような結果となる要因として、肥料を使うことで光合成を行う葉がより大きく成長することが考えられる。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。電圧が全体的に低くなった時期とお米が実り始め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、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ある。

収穫後の稲を用いた微生物燃料電池では、混合試料の C/N 比の違いが結果に大きく影響を及ぼしている。電圧が極大に近い値が続くのは混合試料の中でバクテリアが生き続けていることを示し、逆に電圧が極大値に達した直後に電圧が下降する場合は、バクテリアにとって C/N 比が適した値でないことを示す。結果から C/N 比の最適値はおよそ 28 であることが分かる。また、実験後の色の濃い部分は腐葉土のような臭いで分解が進んでいるようだったが、色が薄く残った部分はとても強い臭いを発していた。

〈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