

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：17301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656299

研究課題名(和文) 発展途上で利用可能な堆肥化と発電を同時に行える土壤微生物電池の開発

研究課題名(英文) Development of compost type of microbial fuel cell for application in developing countries

研究代表者

大嶺 聖 (OMINE, Kiyoshi)

長崎大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60248474

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：特殊な薬剤や高価な材料を用いずに微生物代謝による有機物分解の促進を行うために、活性炭や炭素繊維を用いた微生物電池の適用を行った。刈草や生ごみなどの様々な有機物をコンポストにする過程で微生物電池としての電力が発生することが確認された。微生物電池の正極にラップをして、内部の有機物ができるだけ嫌気条件となるようにすることで電力を向上させることが明らかとなった。さらに、新エネルギー「植物利用型微生物燃料電池」の研究開発を進めている。この中で、稲の栽培における微生物電池について実験を行った。その結果、稲の生長に伴い約0.5Vの電圧および20mW/m²程度の電力が発生することが確認できた。

研究成果の概要(英文)：Microbial fuel cells (MFCs) have gained a lot of attention recently as a mode of converting organic matter into electricity. In this study, a compost-based microbial fuel cell that generates bioelectricity by biodegradation of organic matter is developed. Grass cuttings, along with leaf mold, rice bran, oil cake (from mustard plants) and chicken droppings (waste from chickens) were used as organic waste. The electric properties of the MFC under anaerobic fermentation condition were investigated along with the influence of different types of membranes, the mixing of fly ash, and different types of electrode materials. It is observed that the maximum voltage was increased by mixing fly ash. Cellophane showed the highest value of voltage (around 350 mV). Bamboo charcoal is good for anode material; however carbon fiber is better for the cathode material in terms of optimization of power generated. This developed MFC is a simple cell to generate electricity from organic waste.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：地盤環境工学

キーワード：微生物電池 堆肥化 発電 嫌気発酵

1. 研究開始当初の背景

(1) 化石資源以外のエネルギー源として、バイオマスへの関心がますます高くなっている。次世代型バイオエネルギーとして期待される微生物燃料電池は、微生物が有機物を代謝（呼吸）する過程で発生する電子を取り出して利用することである。微生物燃料電池は、欧米を中心に活発に研究が進められているが、特殊な高分子膜や白金などが電極材料として用いられているため高価な装置となっている。

(2) バイオエタノールなどのバイオマス燃料は、原料としてサトウキビ・トウモロコシ・大豆等を利用しているため、本来なら食糧生産に使われるはずの土地・水・肥料が、エネルギー生産に利用されたため、食糧の供給不足や穀物価格を上昇などの問題を引き起こしている。一方、メタン発酵発電が開発されているが、施設の維持管理や発酵のコントロールなどの問題があり、どの地域でも簡単に導入できるものではない。そのため、有機物からの直接発電である微生物燃料電池の開発が期待されている。

(3) 従来の微生物燃料電池は、有機系廃水の処理を行いながら発電を行うもので、高価な電極や特殊なイオン交換膜が利用されていた。材料コストが高いため、大型化して実用レベルに持っていくのは、安価な材料を用いる必要がある。一方、土壌微生物電池は有機物を堆肥化する過程で微生物が発生する電子を取り出して利用するものである。これまでは電極材料として電気抵抗の小さな活性炭や炭素繊維を用いていたが、良質の竹炭を用いることで電極材用として利用できると考えられる。また、太陽光パネルは電力だけを得るものであるが、土壌微生物電池は電力とともに有機廃棄物から良質の堆肥を得ることができる。現在は小さな電力であるが、電極材料の選択や有機物の配合条件などを変えことによって、より大きな電力が得られると考えられる。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、発展途上国の無電地域で利用可能な土壌微生物電池の開発を行う。特に、東南アジア地域での活用を想定し、高価な資材や特殊な装置を用いずに地域の有機物資源のみを用いて効率的に堆肥化と発電を行うことを目的としている。これまでの微生物電池は、主に有機系廃水の処理を対象に特殊な高分子膜や白金などを電極として用いているため高価な装置となっていた。

(2) 本研究で提案する土壌微生物電池は竹炭や腐葉土を用いて生ごみなどの有機廃棄物の処理を行うため、非常に低コストで発電を行いながら堆肥を得ることができる。また、竹は繁殖力が旺盛で森林を荒廃させること

が問題となっている。このような有機資源の持続的活用を通して、堆肥を用いた有機農業の推進、森林の保全および新たなバイオエネルギーの活用が期待される。

(3) 本研究の目的は、竹炭や腐葉土を構成材料として用い、家畜糞や生ごみなどの有機廃棄物の処理を行いながら低コストで発電と堆肥を同時に得ることができる土壌微生物電池の開発を行うことである。

3. 研究の方法

(1) 高価な資材や特殊な装置を用いずに地域の有機物資源のみを用いて効率的に堆肥化と発電を行うことができる土壌微生物電池の性能を検証するとともに、東南アジア地域での活用を想定した実証試験を行う。

(2) 本研究で提案する土壌微生物電池は竹炭や腐葉土を用いて生ごみなどの有機廃棄物の処理を行うため、電池としての性能と堆肥の性質を調べるための実験を行う。特に、電極材料、セパレータおよび有機物の種類の影響を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 特殊な薬剤や高価な材料を用いずに微生物代謝による有機物分解の促進を行うために、活性炭や炭素繊維を用いた微生物電池の適用を行った。刈草や生ごみなどの様々な有機物をコンポストにする過程で微生物電池としての電力が発生することが確認された。微生物電池の正極にラップをして、内部の有機物ができるだけ嫌気条件となるようにすることで電力を向上させることが明らかとなった。

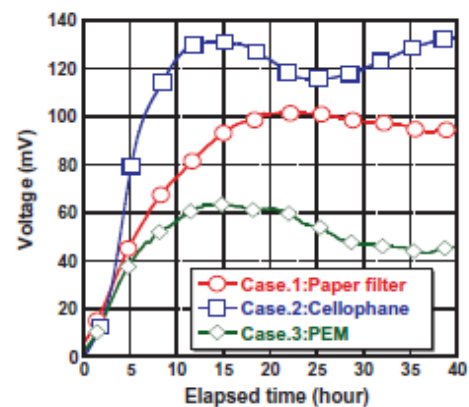


Fig. 3. Relationship between voltage and elapsed time in the MFCs.

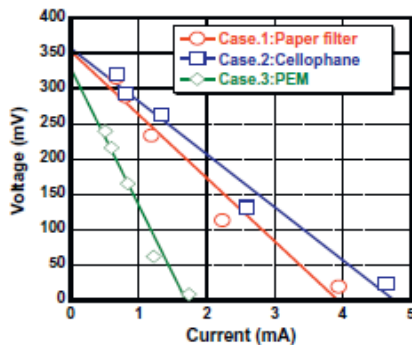
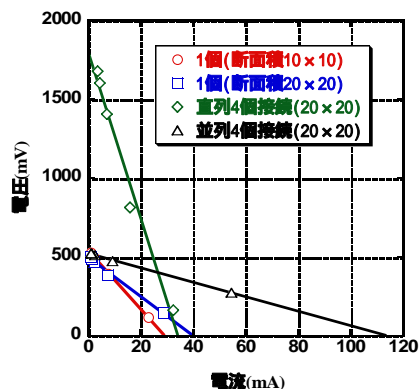


Fig. 4. Relationship between voltage and current in the MFCs (20 h).

(2) 電極のサイズを大きくすることで若干発電力は上がり、また乾電池とは異なる特性であるが、直列、並列にそれぞれ4個接続することで起電力が3.5倍、電流の値が約3倍になるので、実際に利用するために必要な電力を得られることが分かった。



(3) さらに、植物の光合成によって根から生産される様々な有機化合物が微生物により無機物に分解され、そのときに発生する余剰電子により発電が行われることを応用した新エネルギー「植物利用型微生物燃料電池」の研究開発を進めている。この中で、稲の栽培における微生物電池について実験を行った。その結果、稲の生長に伴い約 0.5V の電圧および 20mW/m² 程度の電力が発生することが確認できた。

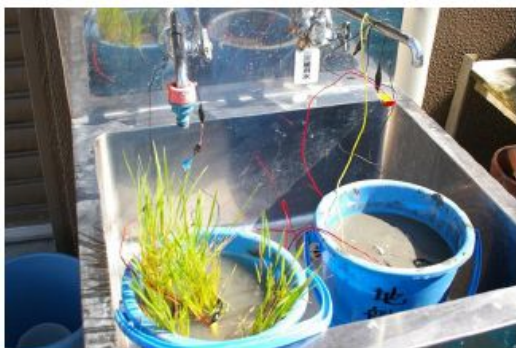


Fig.1 Paddy MFC setup for bio-electricity

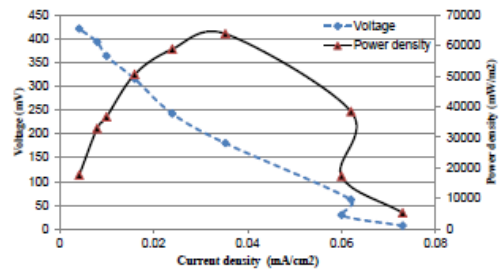


Fig.3 Polarization curve of PMFC

(4) 植物は光合成を行うことにより、根から様々な有機化合物を生産するが、この有機化合物が微生物により無機物に分解され、そのときに発生する余剰電子により発電が行われることを応用した新エネルギー「植物利用型微生物燃料電池」の研究開発が期待されている。特に、稲の栽培で水田からの発電は大規模に行える可能性があることから、わが国でも将来の新たなエネルギーとして有望な手法である。

(5) 植物(稲)による微生物電池については、発展途上国だけでなく、復旧の遅れている東北での農地での適用(試験研究)が望まれる。一方、有機廃棄物から得られるバイオガスを利用する際に良質の堆肥が発生する。バイオガスと微生物電池を組み合わせることで新たな技術開が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

M.Azizul Moqsud, Kiyoshi Omine, Noriyuki Yasufuku, Quazi S Bushra, Masayuki Hyodo and Yukio Nakata, Bioelectricity from kitchen and bamboo waste in a microbial fuel cell Waste Management & Research, Peer Review, 2014, Vol. 32(2) 124-130.

M. Azizul Moqsud, Kiyoshi Omine, Noriyuki Yasufuku, Masayuki Hyodo and Yukio Nakata, Microbial fuel cell (MFC) for bioelectricity generation from organic wastes, Waste Management, Peer Review, Vol.33, 2013, pp 2465-2469

〔学会発表〕(計 3 件)

M.Azizul MOQSUD, Kiyoshi OMINE, Noriyuki YASUFUKU, Bio-electricity generation by using rice plant microbial fuel cell in Ariake clay, 第 47 回地盤工学研究発表会, 八戸, 7 月 15 日, 2012.

Kiyoshi OMINE, Noriyuki YASUFUKU and M. Azizul MOQSUD, Electricity generation in a compost-based

microbial fuel cell using organic wastes, Proc. of 12th International Symposium on Environmental Geotechnology, Energy and Global Sustainable Development, 8 pages, Kindle Tablet, Los Angeles, USA, June 28, 2012.

A.M.Azizul MOQSUD, Kiyoshi OMINE, Noriyuki YASUFUKU, Comparison Study of Bio- electricity Generation by Using Kitchen Garbage and Bamboo Waste in Microbial Fuel Cell (MFC) Method, Proc.of 27th International Conference on Solid Waste Technology and Management, pp.1052-1061, Philadelphia, USA, March 13, 2012.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

大嶺 聖 (OMINE, Kiyoshi)
長崎大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：60248474

(2)研究分担者

安福 規之 (YASUFUKU, Noriyuki)
九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号：20166523

ヘマンタ ハザリカ (HEMANTA, Hazarika)
九州大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号：78943934

アジズル モスクド (AZIZUL Moqsd)
山口大学・理工学研究科・准教授
研究者番号：40464408