

氏名	かうだす ういしえん KHAWDAS WICHEAN
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第940号
学位授与の日付	令和元年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 バイオベースマテリアル学専攻
学位論文題目	Cellulose-fueled Single-chamber Microbial Fuel Cells Using <i>Cellulomonas fimi</i> (セルロースを燃料とした <i>Cellulomonas fimi</i> を用いたシングルチャンバー微生物燃料電池)
審査委員	(主査)教授 小原仁実 教授 山根秀樹 准教授 麻生裕司 准教授 田中知成 京都工芸繊維大学名誉教授 柄谷 肇

論文内容の要旨

研究の目的は、*Cellulomonas* 属を用いセルロースを燃料とするシングルチャンバー型の微生物燃料電池 (MFC) を開発すると共に微生物細胞から電極への電子伝達方法を明らかにすることである。さらに、その応用として東南アジアで盛んにプランテーションされている油ヤシから油を搾取した残渣中のセルロースを燃料として開発した MFC により発電が可能であることを実証することを目的としている。

第一章では、細胞内での有機物の代謝に伴う電子移動から MFC による発電の原理を説明している。さらに、有機物の燃焼による火力発電が熱力学上のカルノーサイクルの限界を持つのに対して、MFC ではその限界を持たずに有機物の化学結合を電気エネルギーに変換することが可能であることから、将来的な発電システムとして有望であることを述べている。

第二章では、*Cellulomonas fimi*, *Cellulomonas biazotea*, *Cellulomonas flavigena* をセルロース資化性微生物の候補として、セルロースの分解能およびシングルチャンバー型 MFC を用い発電効率を比較している。この三菌株の中で、*C. fimi* のセルロース分解能が最も高く、セルロースを燃料とは出来ないが MFC に最も標準的に用いられる *Shewanella oneidensis* MR-1 と比べて 63% の最大発電力を示した。このことから、*C. fimi* はセルロースを燃料とする MFC に適した微生物であると結論している。

第三章では、*C. fimi* がメディエーターをセルロース燃料に添加することなく発電が可能であることを示している。サイクリックボルタモグラムでは cytochrome *c* の存在を示唆するピークが認められ、さらにこのピークは電子伝達の阻害剤である antimycin A の添加により消失している。このことから、*C. fimi* は細胞表面の cytochrome *c* から直接電極に電子を伝達しているとしている。

第四章では、油ヤシの種子殻から精製度の異なるセルロースを調整し、市販のセルロースパウダーと発電能を比較している。

第五章では、本研究を総括し、MFC の将来的な展望を述べている。

論文審査の結果の要旨

電気エネルギーは自由度の高いエネルギーであり、社会は電気エネルギーをより多く必要としている。しかし、石油資源に頼る火力発電は資源の枯渇と大気中の炭酸ガス増加という問題がある。一方、微生物燃料電池（MFC）は有機物の中でも再生可能なバイオマスの化学結合エネルギーを電気エネルギーに変換できるという特徴を持ち、未来社会に必要な技術と考えられる。バイオマスの中でもセルロースは地球上に多量に存在しており、廃棄物中にも大量に含まれている。そこから電気エネルギーを取り出すというテーマを取り上げたことは評価できる。

セルロースを燃料とする MFC は *Clostridium* 属や排水中の複数の微生物の共生による発電の例が見られるが、*Clostridium* 属には病原性を持つものもあり、また複数の微生物の共生ではそれぞれの微生物の役割を解明することも困難である。本研究では、病原性が報告されていない *C. fimi* がセルロースを燃料とする MFC に利用可能なことを初めて報告している。また、その細胞から電極への電子伝達の方法をサイクリックボルタンメトリーと antimycin A を用いるという独創的な方法により解明している点は高く評価できる。

さらに、その応用として申請者の母国であるタイでも問題となっている油ヤシから油を搾取した後の残渣中のセルロースを用いて発電を実証している点も評価できる。

本博士論文の基礎となる論文は下記の通り、申請者を筆頭とするウェブ公開済みの論文一報、申請者を共著者とする公開済みの論文一報である。さらに、申請者を筆頭とする投稿中済みの論文一報を参考論文としている。いずれの論文もレフェリー制度の確立した国際的な学術誌に掲載されており、二重投稿等の研究者倫理に反するような背徳行為のないことを確認した。

- 1) Microbial fuel cells using *Cellulomonas* spp. with cellulose as fuel, Yuya Takeuchi, Wichean Khawdas, Yuji Aso, and Hitomi Ohara, Journal of Bioscience and Bioengineering VOL. 123 No. 3, 358–363, 2017, DOI: 10.1016/j.jbiosc.2016.10.009
- 2) Direct electron transfer of *Cellulomonas fimi* and microbial fuel cells fueled by cellulose, Wichean Khawdas, Keigo Watanabe, Hajime Karatani, Yuji Aso, Tomonari Tanaka, and Hitomi Ohara, Journal of Bioscience and Bioengineering、ウェブ公開済み DOI: 10.1016/j.jbiosc.2019.05.001、Vol. 128, No. 5 に掲載予定

参考論文

Electrical performance of palm kernel shell utilized as fuel for *Cellulomonas fimi* in microbial fuel cell, Wichean KHAWDAS, Yuji ASO, Tomonari TANAKA, Yoko OKAHISA, Iori KAZAMA, and Hitomi OHARA, Journal of Chemical Engineering of Japan 投稿済み