

氏名	ばんそい にしやなん PHANSROY NICHANAN
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第857号
学位授与の日付	平成29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	Microbial Fuel Cell Equipped with Iron-plated Carbon Felt for Anode Using <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1 (鉄メッキしたカーボンフェルトをアノードに持ち <i>Shewanella oneidensis</i> MR-1 を用いた微生物燃料電池)
審査委員	(主査)教授 小原仁実 教授 山根秀樹 教授 佐々木園 准教授 青木隆史

### 論文内容の要旨

本研究は *Shewanella oneidensis* MR-1 を用いた微生物燃料電池 (MFC) の開発を目的としている。カーボンフェルトは表面積が大きく導電性が高いため、MFC のアノードの材料として適している。一方、*S. oneidensis* MR-1 は発電性微生物として良く知られおり、MFC にしばしば利用される。そこで、本研究では *S. oneidensis* MR-1 を用いる MFC において、微生物から電子を受け取る効率的なアノードの開発を行っている。

第一章では、微生物の代謝過程で有機物の分解に伴い発生する電子を利用する MFC の原理について解説している。また、有機物の燃焼により蒸気を発生させタービンを回転させることにより発電する方法は、カルノーサイクルの限界があるのに対して、MFC ではこの制約がなく有機物が持つエネルギーを効率良く取り出せる可能性があることに言及している。

第二章では、カーボンファイバーに鉄を電気メッキし、その表面を走査型電子顕微鏡(SEM)で分析し、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  で表面が覆われていることを報告している。鉄メッキは  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  を用い 0.2 A で 5, 10, および 15 分通電させた。X 線回折で観察したところ、5 分では十分な鉄の粒子が固定されていなかったが、10 および 15 分では表面を鉄粒子が覆っていることが明らかとなった。純水で洗浄後に再度 SEM で観察したところ、15 分に比べ 10 分の物がより広い表面積を有しており、MFC のアノードとして適していると考えられた。X 線回折の結果、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  に相当するピークが認められた。このサンプルをタンニン酸溶液に浸漬したところ、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  のピークが確認された。さらに、クリスタルバイオレットで *S. oneidensis* MR-1 が生成するバイオフィルムの生成量を、コロニー生成数で固定された生菌数を測定し、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  のメッキがいずれにも効果があることを示した。

第三章では、デンプンを燃料とし *S. oneidensis* MR-1 および *Streptococcus bovis* 148 を用いた、二段階および並行複発酵法による MFC の開発について報告している。*S. oneidensis* MR-1 は電流発生微生物として優れた特性を持つが、デンプンを直接燃料として利用することができない。そこで、デンプンを乳酸に変換可能な *S. bovis* 148 の発酵を組み合わせることによる MFC の開発を行った。二段階法では、デンプンは、まず *S. bovis* 148 によって乳酸へと変換される。

培養後、遠心分離により、*S. bovis* 148 を除去した溶液を燃料溶液として *S. oneidensis* MR-1 により発電を行っている。もう一方の方法は、並行複発酵法である。この方法では、*S. bovis* 148 と *S. oneidensis* MR-1 を同時並行に培養することによって、発電を行っている。二段階法では、5 日間隔で燃料溶液を交換するという操作を三回繰り返した。その結果、それぞれの期間における最大電流は 1.8、2.4、2.8 mA であり、最大電力密度は 41.0、43.6、49.9 mW/m<sup>2</sup> であった。一方、並行複発酵法による発電では、デンプンが乳酸に変換されると同時に発電が行われ、最大電流密度は 140~200 mA/m<sup>2</sup>、最大電力密度は 12.1 mW/m<sup>2</sup> であった。

第四章では、第一章で *S. oneidensis* MR-1 のバイオフィームおよび生菌数の固定に有効であることを示した鉄メッキ法をカーボンフェルトに施し、乳酸を燃料とした MFC の開発を報告し、さらに燃料となる乳酸濃度の最適化を行っている。

第五章では、全体を総括すると共に、MFC の未来社会への実装について述べている。MFC は燃焼による利用が困難な排水中の有機物を燃料として使用できるという利点があり、同時に生物化学的酸素要求量を低減させるという排水処理を同時に行うことが可能となることについて述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本博士論文は、微生物燃料電池の基礎的な研究に関するものである。世界が直面するエネルギー問題の背景も良く理解し述べた上で、微生物燃料電池の基礎的な原理が解り易く説明されている。さらに、未来における理想的な構想も良く示されている。具体的な内容に関しては、微生物電池のアノードとしてカーボンフェルトに鉄を電気メッキし、その鉄の結晶構造と燃料電池に用いる微生物である *Shewanella oneidensis* MR-1 の付着性をバイオフィームの形成度及び生菌数の定量から評価している。カーボンフェルトに鉄をメッキしたアノードを用いた微生物燃料電池は例が無い。さらに、*Shewanella oneidensis* MR-1 は食品系廃棄バイオマスとしては最も一般的なデンプンを燃料とすることができないため、*Streptococcus bovis* 148 によりデンプンを乳酸に変換し発電する方法を述べている。さらに、世界で大量に生産されているトウモロコシからデンプンや甘味料を生産する際の副産物であるコーンステープリカーに乳酸が含まれていることに着目し、この副産物を微生物燃料電池の燃料として利用する方法を開発し述べている。本論文の内容は、高い学術的価値を持ち、また将来社会から必要とされる技術を提示するものと評価される。

本博士論文の内容は申請者を筆頭とする論文 1 報と第二著者とする論文 1 報に既に掲載済みである。さらに参考論文として申請者を筆頭とする論文 1 報が投稿準備中である。

1) Immobilization of the iron on the surface of non-woven carbon fiber for use in a microbial fuel cell

Nichanan Phansroy, Yuji Aso, Sono Sasaki, Takashi Aoki, Hitomi Ohara,

Materials for Renewable and Sustainable Energy, November 2016, 5:16

DOI 10.1007/s40243-016-0080-2

2) Starch-fueled microbial fuel cells by two-step and parallel fermentation using *Shewanella oneidensis* MR-1 and *Streptococcus bovis* 148

Megumi Uno, Nichanan Phansroy, Yuji Aso, Hitomi Ohara

Journal of Bioscience and Bioengineering, 124, 189–194 (2017)

参考論文

Nichanan Phansroy, Yuji Aso, Hitomi Ohara

Effect of iron-plate onto carbon-felt anode to electric generation of microbial fuel cells using *Shewanella oneidensis* MR-1

Be going to submit