

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 酵素結晶を電極に用いたバイオ燃料電池の性能検証
プロジェクトリーダー	: (株)アイシン・コスモス研究所
所属機関	: (株)アイシン・コスモス研究所
研究責任者	: 美川務((独)理化学研究所)

1. 研究開発の目的

バイオ燃料電池は安全かつクリーンな電源としての特徴を生かして様々な分野に応用可能であり、今後の開発が待たれている。これまで、その性能向上の要である「酵素を如何に均一かつ高密度に電極に固定するか」について数々の手法が継続して試されているが、近年、その効果も頭打ちになっている。本研究開発では、高密度・均一に整列した酵素結晶を電極として使用することでバイオ電池高性能化のブレークスルーを狙い、安全かつクリーンな小型電子機器・パーソナル移動体電源を実現可能とする酵素電極の確立を目的とした。

2. 研究開発の概要

①成果

我々は、酵素が均一かつ高密度に配列した“結晶化酵素”を電極触媒として用いることにより、酵素電極の高性能化に取り組み、酵素触媒電流を飛躍的に向上させることを狙った。具体的には、①電極出力向上(最大電流密度 100 mA/cm²)、②電極耐久性向上(1,000時間)、③それら電極要素技術を組み合わせた電池機能モデルの企画・作製を行った。結果、アノード(負極)では最大電流密度 40 mA/cm² 以上、カソード(正極)では同 35 mA/cm² 以上、カソード(正極)耐久性向上では有望アプローチを実践した。また、教材での実用化を意図したバイオ電池機能モデルを作製し、最大電力密度 4.5 mW/cm² 以上で LED 点灯できる性能を確認した。今後計画のスマホ等電子機器バッテリー開発に向けた電極要素技術は確立できたと考える。

研究開発目標	達成度
①電極出力向上 (最大電流密度 100 mA/cm ²)	①負極:ブドウ糖燃料のパッシブ供給で、世界トップレベル性能となる最大電流密度 45 mA/cm ² を達成。また、独自開発酵素の適用で、出力 1.5 倍向上を目処付け。正極:O ₂ のパッシブ供給で、最大電流密度 37 mA/cm ² を達成。(実績:60 mA/cm ² 以上)
②電極耐久性向上 (1,000 時間)	②正極において従来酵素の電極安定性は、隔日動作 120 時間(触媒電流半減)であるが、独自開発酵素への変更で 600 時間の向上を確認。(実績:600 時間)
③結晶生産条件の最適化 (電極用結晶の継続的生産)	③酵素精製法の改良により精製日数の短縮(4 日から 2 日)かつ高純度化(99%以上)。結晶化条件の最適化により安定的、継続的に結晶が得

<p>④実用化に向けた課題明確化 (部材コスト低減等)</p>	<p>られる状態を確立。 ④メディエータ変更(フェナジン系→ナフトキノ ン系)を検討し、コスト低減を目処付け。(実績:セ ル当り 1,000 円→1 円)</p>
-------------------------------------	---

②今後の展開

モバイル電子機器用の可搬型電源(充電器、組み込みバッテリー)での実用化・製品化を目指す。そのために、出力面では最大電流密度 100 mA/cm^2 の電極要素技術を確認し、耐久性面では電極耐久 1,000 時間(燃料交換 100 回可能)の電極要素技術を確認する。また、現状のブドウ糖燃料 $2 e^-$ 酸化を $8 e^-$ 酸化、 $12 e^-$ 酸化～完全酸化へと進める電極要素技術を確認し、バッテリー容量を 4 倍以上に向上させる。更に、これらの電池セル要素技術を集約させ、燃料供給・交換と電極交換が可能な電池セルスタック構造を追及・設計する。最終的には、スマホ充電可能な電池要素技術の確認と、電池実証機による想定アプリ(モバイル電子機器バッテリー)としての実用化検証を行う。

3. 総合所見

目標通りの成果が得られ、イノベーション創出が期待される。

基礎研究の成果が出ており、有用な知見が得られている。今回の結果を基にさらに検討を進め、他の燃料電池・蓄電池等と競合出来る技術の開発を目指してほしい。