

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
ハイリスク挑戦タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: バイオ燃料電池の高出力・高容量化
プロジェクトリーダー	: 株式会社アイシン・コスモス研究所
所属機関	: 株式会社アイシン・コスモス研究所
研究責任者	: 美川 務 (国立研究開発法人理化学研究所)

1. 研究開発の目的

バイオマス発電の1つであるバイオ燃料電池は、酵素を電極触媒に、糖など様々なバイオマスのエネルギーを常温・常圧で直接電気エネルギーに変換することが可能で、高価な Pt 触媒が不要などの特徴から、安全性が高く、低コストでクリーンな発電技術である。しかし、現状出力は電子文具等使われるボタン電池並みと小さく、乾電池並みへの引き上げが実用化の鍵となっている。

そこで、独自技術である結晶化酵素の性能をフルに持続発揮する触媒要素技術、そして燃料完全酸化に向けた新規な酵素開発によるブドウ糖多段階酸化の酵素反応技術を開発する。最終的には、本開発成果によってバイオ電池を高容量化させ、新市場の創出を狙える新アプリを企画・提案する。

2. 研究開発の概要

①成果

世界トップ性能の高性能電極をさらに発展させ、その性能を持続させる酵素電極技術、独自コア技術である高精度酵素遺伝子増幅法を活用した負極のブドウ糖酸化電子数 $8e^-$ の酵素触媒技術、電池セルの出力安定性を向上させる電極要素技術の確立を目指した。また、バイオならではの新アプリの調査・企画を狙い、電池セルの小型・軽量化に関する要素技術を検討した。

研究開発目標	達成度
① エネルギー代謝の先端研究情報を活用し、ブドウ糖から CO_2 への多段階酸化が見込め、かつ制約条件(ATP や NAD(P) 不必要)をクリアする独自の人工反応系を構築。	① ブドウ糖燃料の完全酸化も狙える酵素反応系を、様々な生物の解糖系(酵素反応)をモジュールとして最適に組み合わせて構築した。 (達成度 100%)
② 超好熱菌由来の酵素研究ノウハウを活用して、ブドウ糖から電子数 $8e^-$ を得る酸化酵素を探索し、多段階酸化反応(ブドウ糖⇒グルコン酸⇒ \dots ⇒ \dots)を進める酵素を取得。	② ブドウ糖(C6 化合物)をアルデヒド(C3 化合物)まで多段階酸化する3種酵素と、C3 化合物を酸化する2種酵素を取得し、ガスマスやNMR 解析手法を駆使して、各反応生成物と、ブドウ糖の $8e^-$ 酸化反応を確認した。(達成度 100%)
③ バイオ燃料電池の市民権獲得を目的に、科学教材・玩具メーカーと連携して商品企画にトライし、また新市場の開拓活動として、高感度バイオセンサーとしての技術検証。	③ 教材や科学趣味雑貨・玩具としての商品化にトライし、また、体液を燃料に発電し、同時に体液中の成分を高感度に酵素センシングする、世界初の自己駆動型ヘルスケアデバイスの開発をテーマ企画化した。(達成度 100%)

②今後の展開

バイオ燃料電池を次世代のクリーンで安全な発電技術として実現化するための技術開発に取り組んできた。バイオ電池の特長として、環境や身体に安全な酵素を電極触媒に利用するため、例えば、体に張り付けて汗など体液にも含まれる糖分からも電力を取り出すことができる。一方、近年、IoT 技術の中で開発が急速に進んでいるウェアラブルデバイスの様々な用途への展開が始まっているが、充電や電池交換の手間が普及の障害となっている。そこで、バイオ電池開発で培った高性能酵素／電極に関する要素技術を次世代ヘルスケアデバイスに応用展開する。

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。

新たな酵素群の開発、及び、バイオ燃料電池に適用する基本技術の獲得により、新たな市場創出の可能性に向けて大きく前進したことは高く評価できる。

今後は燃料電池のみならず、次世代ヘルスケアデバイスに繋がるセンサーとしての可能性を視野に、関連企業との協働による早期具現化を期待する。