

グルコース酵素燃料電池に関する研究

Enzyme-based biofuel cell driven by glucose energy

○謝 睿¹、瀬島 史也¹、當麻 浩司²、荒川 貴博²、三林 浩二^{1,2}

(1.医科歯科大院、2.医科歯科大生材研)

○Rui Xie¹, Fumiya Seshima¹, Koji Toma², Takahiro Arakawa², Kohji Mitsubayashi^{1,2}

1. Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental Univ.

2. Institute of Biomaterials and Bioengineering, Tokyo Medical and Dental Univ.

E-mail: m.bdi@tmd.ac.jp

【はじめに】

酵素燃料電池は、体内にて酸化還元反応を触媒する酵素を用いることで、生体成分から電気エネルギーを発生する。本電池は糖・酸などの生体成分を利用できることから、健康科学や医療の分野にて注目を集めている「ウェアラブル端末」や「体内埋め込み型機器」のエネルギー源として期待されている。すでに血液にて駆動する酵素燃料電池が開発され、ペースメーカーの動作が報告されている。しかし、燃料電池により発電した電力をチャージポンプにより蓄電する必要があるなど、電池の出力や安定性において課題がある。本研究では、血糖成分であるグルコースをエネルギー源とする酵素燃料電池を作製し、各条件を最適化すると共に、新規な酵素燃料電池についても検討を行った。

【実験方法】

作製した酵素燃料電池は、アノード側に酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD^+)依存性の「グルコース脱水素酵素 (GDH)」と還元型 NADH を酸化する「ジアホラーゼ(Dp)」を、またカソード側には酸素還元し水を生成する反応を触媒するマルチ銅タンパク質である「ビリルビンオキシダーゼ(BOD)」を用いて、炭素電極上に静電相互作用にて固定化した。まず酵素固定化電極における、 $\cdot$ pH 特性、 $\cdot$ 固定化量、 $\cdot$ 電子メディエーターの固定化等の条件を最適化し、サイクリックボルタメトリー(CV)法にて、それぞれの酸化還元電流を測定し評価した。また電池の発電特性は、可変抵抗器にて抵抗値を変化させた際の出力電圧をエレクトロメータにより測定し、発電で得られた電流密度と電力密度を算出し評価した。また電力密度の向上のために、カソード側の電極において、酸素を効率的に取り込むことを目指し、酸素供給が可能な電池への改良も検討した。

【結果及び考察】

CV にて特性を調べたところ、両電極とも電子メディエーターの固定により出力の向上が確認され、また掃引速度による酸化還元電流の増加と、掃引速度と電流ピーク値における依存性が確認された。次に、酵素と電子メディエーターを同時に固定化した炭素電極を用い、固定化における最適化を実施した。最適化条件にて実験を行った結果、血糖レベルの 5 mM グルコース溶液にて、最大電流密度 $200 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 、最大電力密度 $45 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ の発電特性が得られた(Fig.1)。また、酸素の取り込み効率を増加させる酵素燃料電池の改良を行ったことで、出力を約 1.45 倍向上することができた。今後は、更なる出力向上を図り、電子機器に利用可能な酵素燃料電池の開発を進める。

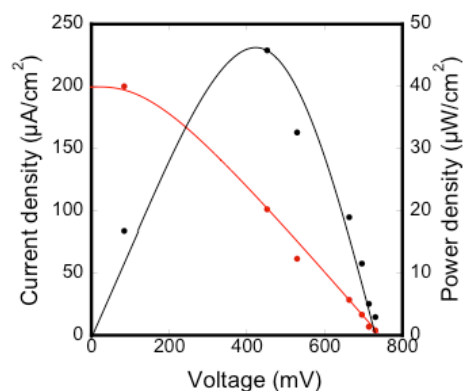


Fig.1 Performance of an enzyme biofuel cell