

気液隔膜セルを用いた空気バイオ電池に関する研究

Air bio-battery by a gas-liquid diaphragm cell

医科歯科大院¹, 医科歯科大生材研²

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

Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University¹,

Institute of Biomaterials and Bioengineering, Tokyo Medical and Dental University²

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

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

【はじめに】

近年、健康科学や日常医療における「ウェアラブル端末」や「体内埋め込み型機器」が注目され、それと共にこれら機器の駆動・制御を可能とする「エネルギー技術」が課題となっている。その候補の一つである酵素電池は、生体触媒である酵素を利用し、糖など生体成分の酸化還元反応から電気エネルギーを発生させるバイオ燃料電池である。すでに、血液成分にて駆動するバイオ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が、発電能力が十分でなく、高出力化が必要とされている。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電池の作製・最適化を行うと共に、気液隔膜セルを用いた新規な「空気バイオ電池」の開発を行った。

【実験方法】

本研究では、アノードとカソードの両電極としてディスク型炭素電極を選択し、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)」をアノード側に、酸素の還元反応を触媒するマルチ銅タンパク質の「ビリルビンオキシダーゼ(BOD)」をカソード側に、それぞれ静電相互作用にて固定化し、酵素電極とした。また出力向上のために、両電極に電子メディエータを用いた。実験ではまず、溶液 pH および酵素・電子メディエータの固定化量を最適化するために、サイクリックボルタンメトリー(CV)法による酸化還元電流を測定し、電極特性を評価した。作製した酵素電池における発電特性の評価では、酵素電極をグルコース溶液(5 mM)に浸漬し、可変抵抗器にて両電極間の抵抗値を変化させて出力電圧を測定し、電極単位面積当たりの電流密度と電力密度の算出を行った。なお、カソード電極への酸素導入効率を高めることを目的として、大気中からの効率的な酸素供給が可能な「気液隔膜セル」を構築し、本セルを用いた空気バイオ電池についても検討を行った。

【結果及び考察】

酵素固定化の最適化を実施し、得られた酵素電極の特性を CV 法にて調べたところ、電子メディエータの利用により酸化還元電流が向上した。これは、電子メディエータにより酵素の活性中心と電極との間の電子移動効率が向上したと考えられる。次に両酵素電極を用いて酵素電池(従来型)を作製し、発電特性を評価した結果、血糖値相当の 5 mM グルコース溶液にて、最大電力密度 45.0 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の出力が得られた。さらに気液隔膜セルを用いた新規の空気バイオ電池について発電特性を調べたところ、従来型と比べて最大電力密度において 1.6 倍(70.7 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)向上した(Fig.)。これは、気液隔膜セルにより効率的な酸素供給が可能となり、出力が向上したものと考えられる。今後は、更なる出力向上を図り、小型の医療機器等に利用可能なバイオ燃料電池の開発を進める。

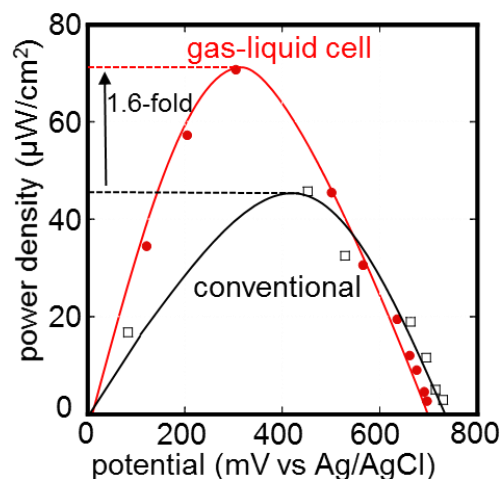


Fig. Comparison of power density between conventional type (□) and gas-liquid cell type (●)