

気液隔膜セルを用いたバイオ電池の高出力化

Advanced bio-battery using a gas/liquid diaphragm cell

医科歯科大生材研¹, 医科歯科大院²

○菅麻 浩司¹, 瀬島 史也², 荒川 貴博², 三林 浩二^{1,2}

Institute of Biomaterials and Bioengineering¹, Graduate School of Medical and Dental Sciences²,
Tokyo Medical and Dental University(TMDU),

○Koji Toma¹, Fumiya Seshima², Takahiro Arakawa¹, Kohji Mitsubayashi^{1,2}

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

【はじめに】

近年、低消費電力ながら連続駆動が必要なウェアラブルや埋め込み型などの医療・ヘルスケア機器の電源として、定期的な充電や交換が必要な従来型の電池に代わり、糖など常時取得できる生体成分にて発電し、連続的かつ持続的に電力の供給が可能なバイオ電池が注目されている。バイオ電池は生体触媒である酵素を利用し、基質である生体成分の酸化還元反応から電気エネルギーを産生するため、溶存酸素の不足などで反応が律速し、バイオ電池の発電能力を制限していた。そこで本研究では、「気液隔膜を介して電極を大気に接触」させた構造を持つ自然吸気型「空気バイオ電池」を作製することで、酸素供給効率を改善し、発電出力の向上を図った。

【実験方法】

アノードでは、グルコース脱水素酵素 (GDH) とジアホラーゼ (Dp) によるカスケード反応を利用した。はじめにグルコースを基質、酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド (NAD⁺) を補酵素として GDH の触媒反応にて還元型 NADH を産生する。その後、Dp を介して NADH を酸化し、電子を生成する。カソードでは、ビリルビンオキシダーゼ (BOD) を介し、アノードで生じた水素イオンと溶存酸素の酸化還元反応にて水を生成する。電極は PTFE 膜上へ Pt をスパッタすることで作製し、酵素や補酵素、電子メディエータ (アノード: ビタミン K3、カソード: フェリシアン化カリウム) を

(i) 「負」に帯電する poly (sodium 4-styrenesulfon ate)(PSS) と「正」に帯電する poly (diallyldimethyl ammonium chloride)(PDDA) の高分子を重ねた「Layer-by-Layer (LbL) 法」、(ii) 電極表面をスルホン酸末端の自己組織化単分子膜にて修飾した後に LbL を施した「SAM/LbL 法」、(iii) UV 硬化樹脂による包括固定化法、(iv) グルタルアルデヒドによる架橋法の 4 手法にて固定化し比較した。次にカソードにおいて大気中から酸素を取り込むために、疎水化したコットンメッシュを気液隔膜とした「気液隔膜セル」を用いて「空気バイオ電池」とし、発電特性を評価した。

【結果及び考察】

電極材料の変更、酵素の固定方法の改善を検討し、「バイオ電池」を構築した結果、アノードには (i) LbL 法、カソードには (ii) SAM/LbL 法を用いて酵素を固定化した場合に、電力密度 (血糖相当グルコース溶液中にて $86 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) が得られた。この条件にて構築した「空気バイオ電池」では、自然吸気によりカソードへの酸素供給が向上したことで、発電能力が 1.9 倍向上した ($162 \mu\text{W}/\text{cm}^2$)。今後は出力向上に加え発電の持続性を検討し、小型の医療機器等に利用可能なバイオ電池の開発を進める。