空気バイオ電池の高出力化に関する研究

Performance improvement in air biofuel 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[1], Institute of Biomaterials and Bioengineering[2],
Tokyo Medical and Dental University(TMDU)[1],
°Fumiya Seshima[1], Rui Xie[1], Koji Toma[2], Takahiro Arakawa[2], Kohji Mitsubayashi[1,2]
E-mail: m.bdi@tmd.ac.jp

【はじめに】

近年、多様な「ウエアラブル端末機器」や「体内埋め込み型機器」の開発が進められ、それと共に機器の駆動電源となるエネルギー技術が課題となっている。その対応策の一つと考えられている酵素電池は、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。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ているが、発電能力が十分でないことから、演者らは「気液隔膜セル」用いた「空気バイオ電池」による高出力化を進めている。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「空気バイオ電池」について、酸素の取り込み及び酵素触媒の効率向上を図るため、「気液隔膜セル」での隔膜の選定ならびに酵素膜の最適化を行った。

【実験方法】

Fig.1a に示すように本バイオ電池では、アノード側にてグルコースを基質とし、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)の触媒反応にて還元型 NADH を産生し、ジアホラーゼ(Dp)を介して NADH を酸化し、電子を生成する。カソード側では、ビリルビンオキシダーゼ(BOD)にて酸素を還元し、水を生成する。両ディスク電極にはグラッシーカーボンを使用し、アノード側に GDH と Dp、カソード側に BOD を、「負」に帯電する poly (sodium 4-styrenesulfonate) と「正」に帯電する poly (diallyldimethyl ammonium chloride)の高分子電解質を用い、静電相互作用にてそれぞれ固定化した。また高出力化の為に、両電極に電子メディエータ(アノード: ビタミン K_3、カソード: フェリシアン化カリウム)も同時に固定化した。次にカソード電極での大気中から酸素取り込みを向上させるため、「気液隔膜セル」を用いて「空気バイオ電池」とした(Fig.1b)。実験ではさらに、気液隔膜セルに用いる隔膜の材質(親水性透析膜、親水性・疎水性 PTFE 膜)、カソードにおける酵素の固定化位置[(i)電極表面、隔膜の(ii)液相側、(iii)気相側表面]を比較検討した。

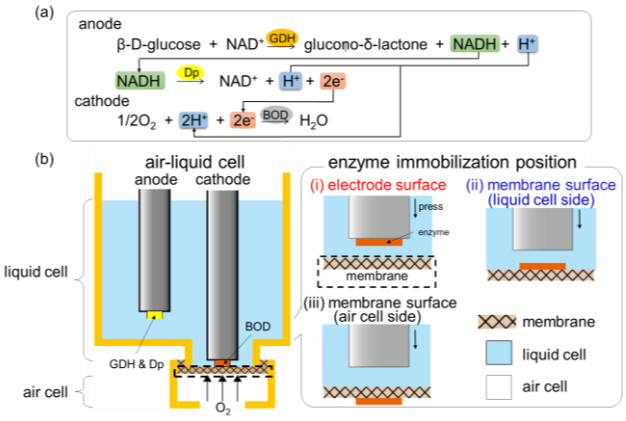

Fig.1 (a) Reactions in the enzymatic biofuel cell (b) Schematic of air-liquid cell. Inset: three positions for enzyme immobilization.

【結果及び考察】

構築した「空気バイオ電池」について、酵素の固定化位置と隔膜の種類の検討を行った結果、隔膜として疎水性 PTFE 膜を選択し、酵素の固定化位置を(i)電極表面とした場合にて最大電力(血糖相当グルコース溶液：70.7 μW/cm²)が得られた。なお「気液隔膜セル」を用いない酵素電池での最大電力は 11.9 μW/cm² であったことから、「空気バイオ電池」を最適化したことで 5.9 倍出力を向上した。これは「空気バイオ電池」での酸素の取り込み効率が増し、また電極に直接酵素を固定化することで、カソードにおける反応を促進できたためと考えられる。なお疎水性 PTFE 膜は長時間の実験でも液漏れせず、安定した発電が可能であった。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。

© 2017年 応用物理学会