高出力・高容量なディスポーザブルマグネシウム空気紙電池の開発

Development of high-power and high-capacity disposable Mg-air paper batteries

東北大学 AIMR[1]，AZUL Energy 株式会社 [2]，東北大学多元研 [3]
°石橋孝介 [1]，峰広智哉 [2]，伊藤晃寿 [2]，藪浩 [1,2,3]
WPI-AIMR, Tohoku Univ.[1], AZUL Energy, Inc.[2], IMRAM, Tohoku Univ. [1,2,3]
°Kosuke Ishibashi[1], Tomoya Minehiro[2], Koju Ito[2], Hiroshi Yabu[1,2,3]
E-mail: kosuke.ishibashi.b7@tohoku.ac.jp

背景　環境負荷低減を目指して、有害な重金属や希少元素を用いない電池の開発が求められている。近年、紙に黒鉛や亜鉛粉などの電極材料を印刷することで、水を供給するだけで発電するディスポーザブルな Zn 空気紙電池などが提案されている[1]。しかしながら出力や容量が小さいという課題があった。一方、負極活物質に Mg を用いた Mg 空気電池は、海水などの中性電解質を投入することで簡便に発電が可能であり、高容量であるため非常用電源として既に実用化されている。しかし現在市販されている Mg 空気電池の多くは正極に重金属で活性の低い Mn 系触媒が用いられており、小型で低環境負荷かつ高出力の紙電池を実現することは困難であった。
我々は、安全かつ環境負荷の小さい青色顔料である Fe アザフタロシアニンを炭素に担持した AZaphthalocyanine Unimolecular Layer (AZUL)触媒を開発し、高い酸素還元反応(Oxygen Reduction Reaction, ORR)活性を示すことを見出している [2][3]。本触媒を正極に用い、小型で高出力・高容量、そして安全に破棄可能な水をトリガーとして発電する Mg 空気紙電池の実現を試みた。
実験　Mg 空気紙電池の構造を Fig.1 に示す。バインダーと触媒を分散した AZUL 触媒インクを直接塗布した濾紙と、電解液吸収用の濾紙を正極集電体と Mg 板の間に挟み一体化した。電解液に 4M NaCl 水溶液を用いて、濾紙に電解液を吸わせた後、ポテンショスタットを用いて出力特性を評価した。正極集電体としては SUS あるいは銅メッシュを用いた。さらに、安全に廃棄可能な電池の作製を目指し、カーボンファイバーで正極集電体層を形成した紙電池の作製も行った。
結果と考察　正極集電体に銅メッシュを用いた紙電池では、Fig.2 に示すように、最大で開放電圧(OCV)1.93 V、最大 120 mW/cm^2 の出力が得られた。これは、これまで報告されている Mg 空気紙電池の最大出力の約 2 倍に当たる[4]。また、カーボンファイバーを正極集電体とした Mg 空気紙電池は OCV=1.85 V、最大出力 3 mW/cm^2 であり、報告されているディスポーザブルな Zn 空気紙電池の 150μW/cm^2 を大きく上回る出力を得た[1]。正極触媒インク組成の最適化やパッケージングなどの詳細については当日報告する。

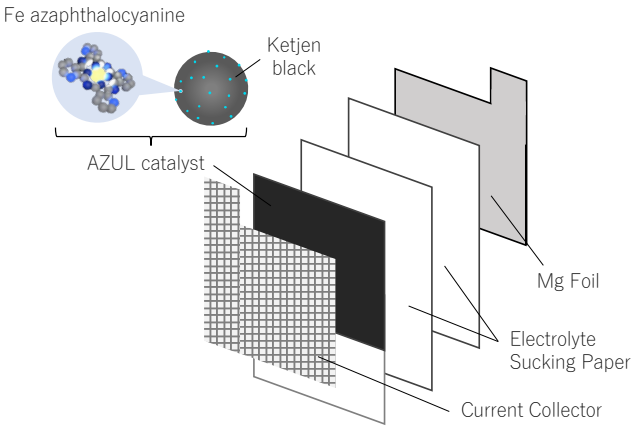

Fig1 Schematic illustration of a magnesium air paper battery.

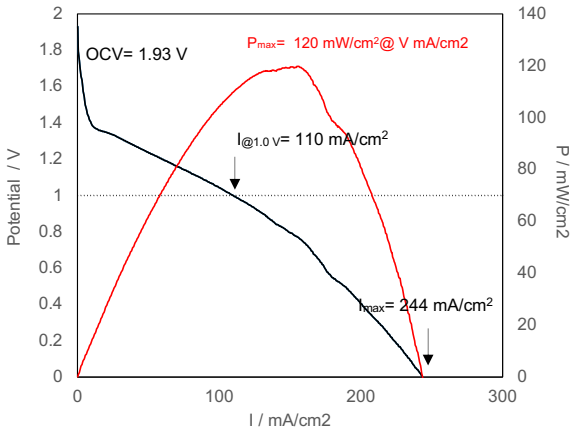

Fig2 I-V-P polarization curves of a magnesium air paper battery.

Ref. [1] A. Poulin, et al., ***Sci. Rep.*** 12, 11919 (2022), [2] H. Abe, et al., ***NPG Asia Mater.*** 11, (2019), [3] H.Yabu, et al., ***ACS Applied Energy Materials.*** 4(12), 14380-14389 (2021), [4] Y. wang, et al., ***Int. J. Energy Res.***46,137-146 (2022)