

コイン型マイクロ燃料電池の開発

資源・生活技術部 環境エネルギーチーム 国松昌幸
伊藤 健

携帯電話など小型機器用の燃料電池の開発には、電池の小型化や利便性の点からメタノールを直接燃料とするダイレクトメタノール燃料電池(DMFC)が有望である。本研究では、コイン型DMFCを製作してその出力特性を把握すると共に、既存のリチウム電池と比較することでその実用性を評価した。

キーワード：燃料電池，マイクロ化

1 はじめに

携帯機器の高機能・高性能化にともなう消費電力の増加に対して、使用される電池の高容量化が求められている。しかしながら、Liイオン電池に代表される現在の二次電池は、理論的な容量の限界が近づいており、大幅な高容量化は期待できない段階に達している。

メタノール燃料電池は、メタノールの持つ高いエネルギー密度からLiイオン電池の5倍以上のエネルギー容量が得られる可能性があり、次世代電池として期待され実用化を目指して開発が進められている。携帯電話など小型機器用の燃料電池としては、電池の小型化や利便性の点から、メタノールを直接燃料とするダイレクトメタノール燃料電池(DMFC)¹⁾²⁾が有望である。そして、燃料ポンプや吸気ファンなどの補機を使用しないパッシブ型が主流になると考えられる。このパッシブ型DMFCは、シンプルな構造にでき、エネルギー密度を高くできる半面、出力が低くなることが問題となる。

本研究では、コイン型DMFCを製作して電極の触媒量の調整や空気供給の改善などにより出力向上を図り、既存のリチウム電池と比較することでその実用性を評価した。

2 作 製

燃料電池のMEA(膜電極接合体)の作製は以下の手順で行った。燃料極触媒として白金ルテニウムブラック触媒(HiSPEC™ 6000, Johnson Matthey製)に5 wt%ナフィオン溶液(和光純薬製)を混合してペースト状にし、撥水処理を施したカーボンペーパー(TGP-H-090, 東レ製)上にアプリケーションナーを用いて均一に塗布した。乾燥後、135℃、1分の条件でホットプレスを行い、秤量してから再び触媒ペーストを塗布し、所定の塗布量に達するまで繰り返して燃料極を作製した。空気極触媒には白金ブラック触媒(HiSPEC™ 1000, Johnson Matthey製)と5 wt%ナフィオン溶液を混合して、同様の工程で空気極を作製した。

次に電解質膜(Nafion® 117, デュポン製)の片側に燃料極、もう一方側に空気極を配置して、135℃、1分の条件でホットプレスにより接合してMEAを作製した。このMEAをスペーサーのためのチタンメッシュと共に、予め空気孔およびメタノール供給口を加工したコイン型ケース(CR2025)に組み込み、かしめ装置で封入した。図1にコイン型DMFCの模式図、図2に組み立てたコイン型DMFCの外観写真を示す。

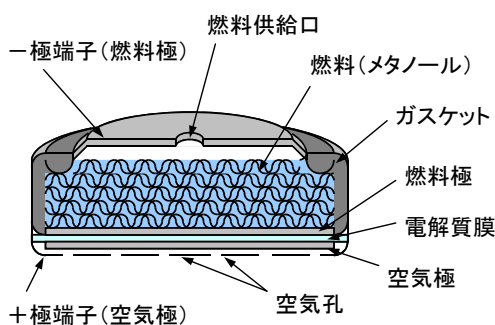


図1 コイン型DMFCの模式図

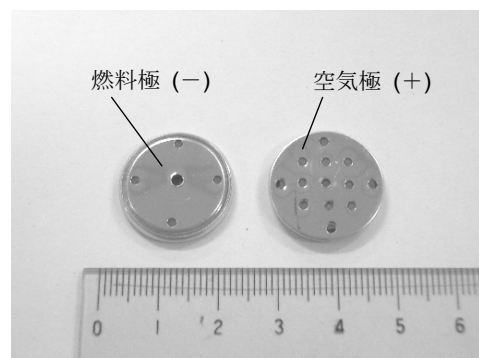


図2 コイン型DMFCの外観写真

3 結果および考察

室温で作動させるDMFCの場合は、PEFCと比較して5～10倍の触媒量が必要であり、出力性能への影響が大きいため、触媒量の検討を行った。燃料極および空気極の触媒量をそれぞれ増加させて出力密度への影響を調べた結果、両極とも触媒量を増加させることで出力密度が増加し、特に空気極の触媒量を増加させたほうが出力への効果が高いことが分かった。さらに触媒量を増加させることで、更なる出力密度の向上が見込まれるが、高価な貴金属触媒を過剰に用いることはコストの増加につながるため、現実的ではないと言える。今後、触媒の各電極への分配量を検討して、10 mg/cm²以下の触媒量で性能向上を検討する。

空気ブロワやファンなどを使わずに、自然拡散による空気の供給を行わせるパッシブ型の燃料電池では、空気孔の形状や面積などが空気の供給性および生成水の排出性を左右するため、電池の出力性能に大きく影響する。図3および表1に、コイン型DMFCの空気孔形状が出力性能に及ぼす影響を調べた結果を示す。空気孔数を2倍、4倍と増加すると、出力密度は15%、32%と大きく増加した。空気孔数を4倍にしたものは、開口率が43%に達しており、現状の構造では空気孔をこれ以上増加することはできないが、形状を工夫することで開口率の増加させることができれば、更なるコイン型DMFCの出力向上が期待できる。

これまでに検討した、触媒量、空気孔を考慮して、コイン型DMFCの出力密度の向上を図った。表2に作製したコイン型DMFCの仕様を示す。そして、作製したコイン型DMFCと同サイズのリチウムイオン電池の出力性能を比較した(図4)。出力特性のグラフからリチウムイオン電池は、起電力が3Vと高く出力密度も高いことが分かる。しかし、電流密度を増加したときの電圧降下が大きく、また反応物の拡散限界によるものと考えられる電流限界が表れて、15 mA/cm²以上の電流密度を得ることはできなかった。一方、コイン型DMFCの起電力は0.8Vと低いものの、リチウムイオン電池より電圧降下が小さく、100 mA/cm²の大きな電流密度が得られた。その結果、コイン型DMFCは、リチウムイオン電池と同程度の出力密度が得られた。リチウムイオン電池は、原理的に高い起電力を有しているが、電池の内部抵抗が大きいことから、高い電流密度は得られないことが分かった。一方DMFCは、起電力が低いものの電池の内部抵抗はリチウムイオン電池よりも小さく、出力密度およびエネルギー効率の点からも有利になることが期待できる。

文献

- 1) 梅田, 内田; *Electrochemistry*, **70**, 552-556 (2002).
- 2) 安田; *Electrochemistry*, **70**, 630-634 (2002).

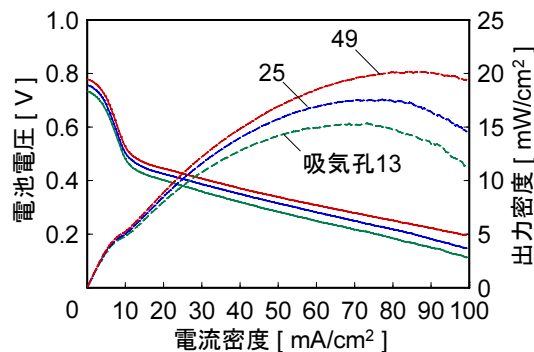


図3 コイン型DMFCの空気孔形状の影響

表1 空気孔の形状と出力性能

吸気孔形状			
吸気孔数	13	25	49
開口率	11.4 %	22.0 %	43.1 %
出力密度比	100 %	115 %	132 %

表2 コイン型DMFCの仕様

大きさ	φ 20 mm, t: 2 mm
重量	2 g
燃料	5 wt% CH ₃ OH: 0.15 ml
エネルギー密度	67 Wh/L (理論値)
電極面積	2 cm ²
燃料極触媒	PtRu black: 5.4 mg/cm ²
空気極触媒	Pt black: 5.5 mg/cm ²
電解質膜	Nafion [®] 117

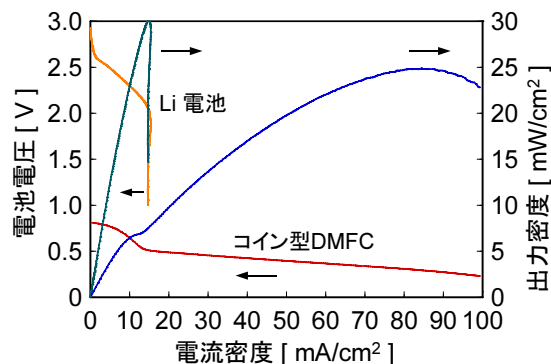


図4 コイン型DMFCとLiイオン電池の出力性能の比較