世界最小ダイレクトメタノール燃料電池

中野 義彦

携帯電話やノート PC などのモバイル機器は、機能進化に伴い消費電力が大幅に増加しつつあり、長時間使用に耐える新しい高容量電池が切実に求められている。しかし、現在使用されているリチウム電池の高容量化が検討されているが理論的限界が近づいている。このような背景から、次世代電源として充電がいらない燃料電池が注目を集めている。当社は、燃料が液体で扱いやすく、燃料の重量エネルギー密度が大きい、メタノールに着目し、直接メタノール型燃料電池 (DMFC: Direct Methanol Fuel Cell) の開発を行っており、今回、ウェアラブル電子機器に適した世界最小の燃料電池の開発しました。

DMFC は、図 1 に示したようにアノード (燃料供給側) とカソード (空気供給側) の 2 つの電極が高分子電解質膜を挟み接合した構造 (MEA: Membrane Electrode Assembly) を起電部分として、アノードでは、メタノール (MeOH) と水 (H₂O) から電子 (e⁻) と水素イオン (H⁺) が生成し、H⁺ は電解質膜を通してカソードで空気中の酸素 (O₂) と反応して水を生成する。同時に、電子が外部回路を流れ、電子機器を動作させる仕組みになっている。一方、燃料電池は、燃料および空気の供給方式 (デバイス構成) の違いから、①アクティブ型 (ポンプやファンで供給する方式)、②パッシブ型 (濃度こう配や対流などを利用して供給する方式) に分類される。アクティブ型は、システムが複雑となるが大きな電力を得やすく、パッシブ型は、単純な構成となり、小型化に向いているなどの特徴がある。しかし、パッシブ型システムには、発電に適した濃度に燃料を希釈し、循環する機構がないため、高濃度メタノールを使用すると未反応のメタノールが電解質膜を通過してカソード側で酸素と直接反応するクロスオーバー現象が顕著となり、燃料利用効率が低下し、取り出せる電力も極端に減少する。そのため、従来は 3~30% 程度の濃度に希釈したメタノールを用いるシステムが採用されてきたが、燃料タンクおよび燃料カートリッジが大きくなる。また、発電に使用しない水が多量に含まれているため、発電に伴い多量の水が発生するという課題があった。当社は、クロスオーバー現象による性能低下のメカニズムを詳細に検討し、電極や高分子電解質膜などの材料に改良を重ねた結果、純メタノールを燃料として使用しても実用的な出力を

得ることに成功した。その結果、燃料タンクの体積は、濃度 10% 程度のメタノールを用いる一般的なシステムに比べ 1/10 に小型化でき、モバイルオーディオプレーヤーなどウェアラブル電子機器に搭載できるサイズを実現した。試作品 (図 2) のサイズは、22 mm×56 mm×4.5 mm/9.1 mm (横×縦×セル厚さ/燃料タンク部厚さ) で、体積は 7.4 cm³、内蔵燃料 2 mL (1.6 g) を含む質量 8.5 g と小さく、2006 年度版ギネスブックに世界最小ダイレクトメタノール燃料電池として登録された。電気出力は、100 mW で、内蔵燃料だけで 2 Wh の発電が可能であり、消費電力 100 mW の電子機器であれば 20 時間連続して駆動できる。この DMFC は運転時や保管時の制約はなく、駆動中でも燃料の継ぎ足しが可能である。煩わしい充電操作なしに、ノンストップでエンドレスにモバイルを駆動することができる。なお、今回開発したシステムについては、今後、高出力化を進め、用途に応じた仕様の最適化や長期信頼性の確保など、製品化のための技術開発を進めモバイル用電子機器全般への搭載を目指していく。

図 1 直接メタノール型燃料電池 (DMFC) の概念図

図 2 世界最小 DMFC

NAKANO, Yoshihiko 東芝研究開発センター先端機能材料ラボラトリー・主任研究員、工学博士。専門は有機化学。
World's Smallest Prototype DMFC Power Source