

次世代の電源を担うダイレクトメタノール型燃料電池の実用化開発

サーマルテック事業部 大橋 正和¹

Direct Methanol Fuel Cell as the next generation power source

M. Ohashi

環境問題の高まりによりクリーンな電源の需要が増加しています。そこで当社では、1 kW出力のダイレクトメタノール型燃料電池（DMFC）を開発しました。このタイプの燃料電池では世界最高レベルの出力であります。燃料であるメタノールは取扱性の良さと高い貯蔵安定性、高いエネルギー貯蔵率を持ち、様々な用途に適用が可能です。さらに、当社のDMFCは燃料電池セルからの排熱を利用して温水を供給することが可能であり、これにより総合的なエネルギー変換効率として80%以上を実現しております。

The demand for clean power source is increasing for solving environmental issues. We have developed 1 kW output direct methanol fuel cell (DMFC) successfully, which shows the highest output level in the world in this kind of fuel cells. Methanol, the fuel of DMFCs, has such advantage features as easy handling, high storage stability and high energy storage capability. The exhaust heat from fuel cell is recovered for hot water supplying for customer. The total system energy conversion efficiency is more than 80%. Our DMFC can be applied to various markets.

1. ま え が き

環境問題、地球温暖化に対し、ますます増え続ける民間旅客機、商用船のような移動体からの有害物質や二酸化炭素の排出を減らす必要があります。一方、大型の移動体においては乗客サービス向上のため、ビデオ、音楽等に対するサービス用電力の需要もますます増加しています。従来の化石燃料を用いる移動体用発電機と比較して燃料電池は、本質的にクリーンな発電機であり、高いエネルギー変換効率を持つ魅力的な電源です。燃料電池をメインエンジンとして使用することは大型の移動体の場合、その出力により実現は難しいのですが、乗客サービスに電力を供給する補助電源として活用することができます。さらに燃料電池の排熱を手洗い等の温水として利用することにより、燃料電池システム全体のエネルギー利用率を高めることのみならず、乗客サービスもさらに向上させることが可能となります¹⁾。

ダイレクトメタノール型燃料電池（以下、DMFC）は液体のメタノールを化学的エネルギーから直接電力に変換可能な電気化学的デバイスです。メタノールと酸素を供給し続けることにより、電力と熱を連続的に生成することのできる、いわゆる発電機として機能します。したがって二次電池のような自然放電による電力量の低減等の問題は発生しません。また、メタノールは水素型燃料電

池のような他の方式の燃料電池で用いられているような高圧ガス容器等を必要としないので、貯蔵し易く、運搬も簡単です。さらに高い体積あたりのエネルギー密度を持っていることにより、限られた体積に貯蔵した状態で多くの電力を作り出すという利点を持っています。水素型燃料電池で用いられる水素は520 Wh/L (2,000 psiの高圧容器の場合)であるのに対し、メタノールは4,817 Wh/Lと10倍に近い大変高いエネルギー密度を持っています。体積と重量の低減は、ほとんどの移動体において推進用のエンジンの負荷を低減させるために重要な要求であり、DMFCはこれらの点において優れていると言えます。

一方、スマートフォンの需要は近年増加の一途ですが、内蔵する二次電池の容量は使用方法によっては必ずしも十分ではありません。DMFCは前述のように発電機として機能するため、燃料を携帯することで、長時間の充電が可能となります。この用途においても燃料の取扱性の良さと高いエネルギー密度により、DMFCはこの用途に対しても適用が期待されております。当社では移動体用の大出力DMFCと並行して、携帯型小型電子機器充電用のDMFCも開発しており、本報告ではこれらを紹介します。

2. DMFCの構造と原理

DMFCは、電極であり、また燃料供給路でもあるセパレーターに挟まれたMEA (Membrane Electrolyte Assembly: 高分子電解質膜) で構成される一つの基本単位構造

¹ 燃料電池開発室グループ長

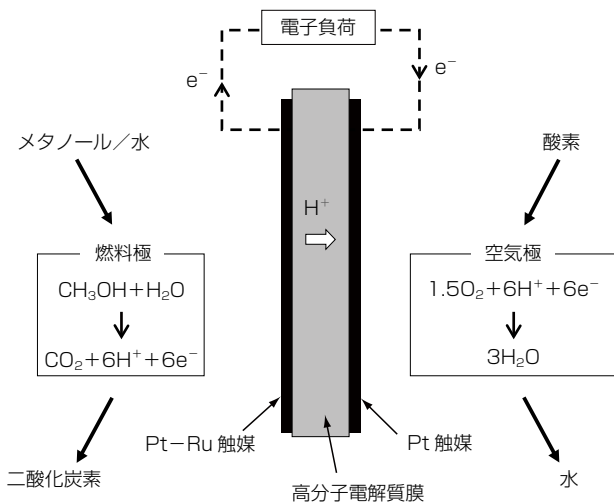


図 1 DMFCの原理図
Fig. 1. Basic principle of DMFC.

を持ちます。図 1 にその発電の原理を示します。高分子電解質膜を中心に燃料極側、空気極側それぞれに触媒層と拡散層を持っています。燃料と水を燃料極に、また酸化剤である酸素を空気極側に供給することにより化学反応が発生し発電します。この基本単位構造を連続的に積層することにより、その積層数に応じたさらに大きな電力を発生させることができます。高い発電効率を得るためには、触媒及び高分子電解質膜の最適化、印刷により得られる触媒層構造の適正化、各部材の電気的抵抗および部材間の接触抵抗の低減、燃料および酸化剤の適正な供給など様々な課題があり、MEAのみならず、燃料輸送などシステム全体として解決していく必要があります。さらに、この発電に関わる化学反応は発熱反応であることから、発生した熱の制御も重要となります。

3. 1 kW 出力 DMFC の概要

現在、当社では前述の用途を目標として移動体の補助電源に使用する 1 kW 出力の DMFC の開発を進めております（平成 22 年度・NEDO 助成事業）。前述のシステム全体の高効率化、小型化の他、移動体で使用するが前提であることから、わずかではあるが人体に対して毒性のあるメタノールの漏洩に対して万全のシステムを構築する必要があります。図 2 に本システムのブロック図を示します。燃料タンクの容積、重量を低減するため、実際に発電に供する濃度より高い濃度のメタノールを元の燃料として使用します。これをポンプにより気液分離装置に供給し、さらに、燃料電池スタックで発生する生成水を再利用してメタノールは気液分離装置内で 5 vol % 程度の濃度に希釈されます。希釈されたメタノールは第二のポンプにより燃料電池スタックに供給されます。燃料極から発生した二酸化炭素、水、未反応のメタノールは熱交換器を通して冷却され、気液分離装置に排出されます。熱交換器で作られた温水は乗客サービス用として

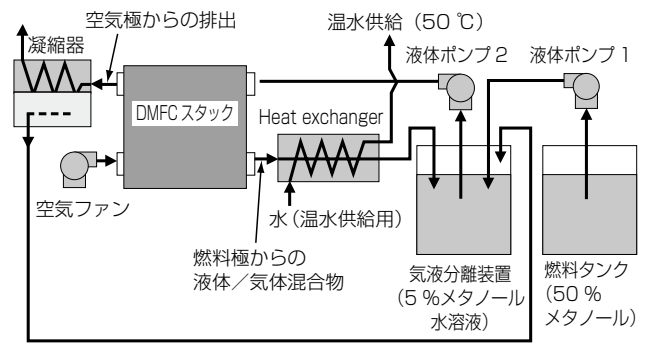


図 2 1 kW 出力 DMFC のシステム構成図
Fig. 2. Design diagram of 1 kW DMFC system.

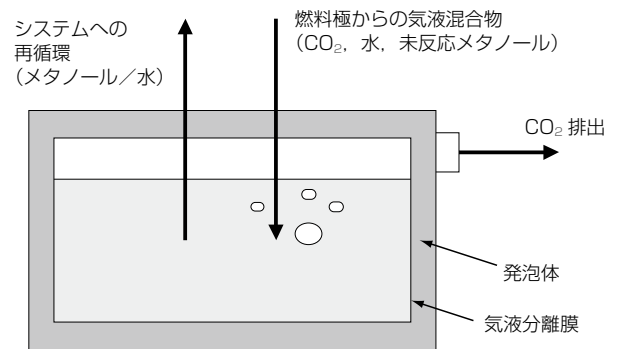


図 3 気液分離装置の動作原理図
Fig. 3. Working mechanism of gas/liquid separator.

排出されます。また、この余剰の熱を除去することにより、供給する燃料の温度を熱暴走させることなく、所定の温度に保つことができます。燃料極からの排出物は、未反応のメタノールを含むことから外部に直接放出することはできません。再利用に供するメタノールと水、また、外部に排出する二酸化炭素は完全に分離されることが重要です。従来、液体に混合した状態の気体の分離は従来は重力を用いた滴下による行われてきましたが、燃料電池を倒して設置した等、設置の方向によっては気液分離が機能できませんでした。

開発した気液分離装置は図 3 に示すような気体透過膜により構成されています。気体透過膜は液体を透過させない一方で気体を透過し易い特性を持つことから、メタノール水からの二酸化炭素の分離が可能となります。さらに全ての方向に対して同膜を設置しているので、本体の設置方向に対して依存性がなく、移動体のように振動等が激しい状態でも安全にメタノールの漏洩を防止することができます。さらに、メタノールと水はシステムに再循環されるので、システム全体のエネルギーの利用効率も向上します²⁾。

当社ではMEAの高効率化に対し、触媒、触媒印刷、熱制御技術を中心とした開発も同時に行っております。発電温度は 50 °C の温水供給を目標としていることから、

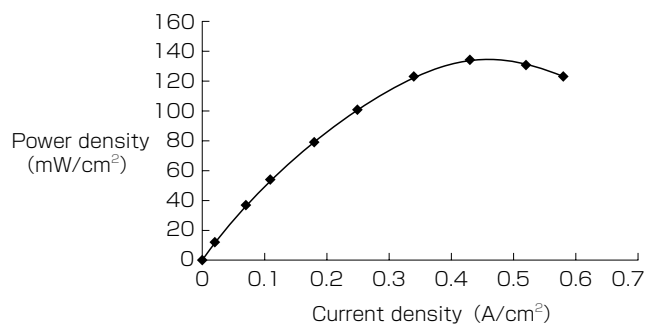


図4 開発中のMEAの電流密度と出力密度の関係
Fig. 4. Power density as a function of current density.

熱交換器の変換効率を考慮し、発電部の温度を 80 °C となるように制御していますが、この温度で 134 mW/cm² の出力効率が達成されました (図 4)。この値はDMFCとしては世界最高水準です。また、燃料電池システム全体のエネルギー効率にMEAの改良、システム全体のエネルギー変換効率の向上および温水供給機能の付加により 80 % 以上が達成されました。開発した 1 kW 出力の DMFC の構造図を図 5 に示します。外形寸法は外部に設置する燃料タンクを除いて 60 × 40 × 33 cm であり、同出力の DMFC としては世界最小サイズです。

4. 携帯型小型電子機器用ダイレクトメタノール型燃料電池

本用途ではユーザーが常に持ち歩くことが想定されることから、さらに小型化、また同時に低コスト化を進める必要があります。前述の高効率化したMEAとさらに完全ポンプレスの構造により、システム全体の高効率化と低コスト化、さらに部品数削減による長期信頼性の向上を実現しました。試作した小型DMFCを図6に示します。DMFC本体からの出力は 2 W であり、二次電池と組み合わせることにより 2 ~ 5 W の出力が可能となります。本体サイズは 135 × 75 × 23 mm であり、ポケットサイズと呼ぶことのできる小型化を実現しました。

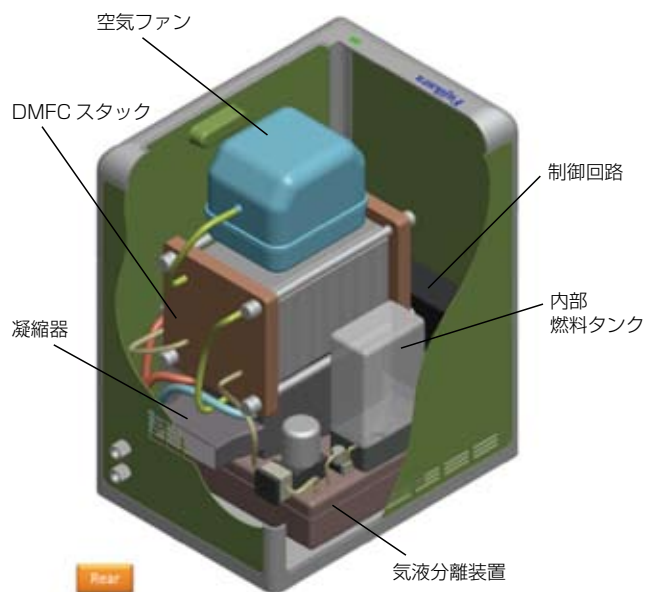


図5 1 kW 出力 DMFC の内部構造図
Fig. 5. Interior of the 1 kW DMFC.

5. む す び

本報告のように民間航空機などの大型移動体向けとして 1 kW 出力、サイズ 60 × 40 × 33 cm の大出力 DMFC を開発しました。安全性を確保した上で、MEA およびシステム全体の高効率化により世界最高水準の出力、また世界最小のサイズを実現しました。また、携帯型小型電子機器用として、2 W 出力、サイズ 135 × 75 × 23 mm の小型 DMFC を開発しました。完全ポンプレスの構造により、小型化と同時に低コスト化と高信頼性が同時に実現されました。

さらに各部材および組立工程の最適化を行い、さらなる低コストを進め、耐環境特性を評価し、製品化の検討を進めております。

参 考 文 献

- 1) Z. Guo, et. al: "Development of Large Scale DMFC System for Aviation Applications," 8 th Annual International Energy Conversion Engineering Conference, August 2010, Nashville, Tennessee, USA.
- 2) 大橋ほか:「携帯型電子機器用ダイレクトメタノール型燃料電池」, フジクラ技報, n 第116号, pp. 27-29, 2009



図6 小型携帯型電子機器用DMFC
Fig. 6. DMFC for small portable electronic device.