

直接メタノール燃料電池システムの技術開発

ICETT - 高槻研究室 (株)ユアサコーポレーション)

主任研究員 奥山良一

研究員 石丸文也、渡辺 勉

磯谷達雄、松永裕子

佐野利夫、藤田幸雄

中村 知、亘 高志

元井昌司、石間正城

武光孝智

開発期間：2002～2003 年度

要約

本技術開発は、平成 14、15 年の 2 年間で 600W 級直接メタノール燃料電池システムを定置形電源として開発しようとするものである。平成 14 年度はシステムを開発するためのキーテクノロジーである大型スタックの開発、高効率化等について検討を行った。大型スタックの開発では、電極面積 345cm² の大型セルを用いた 35 セルスタックを作製し、最大出力 650W、エネルギー効率 23% の特性を得ることができた。また、高効率システム開発のための、補機動力低減の方策について検討を行い、補機損失を 100W 程度に抑えられる見通しをつけることができた。これにより目標としたシステム全体のエネルギー効率 20% を達成できる見処がついた。

1. 技術開発の目標

メタノール水溶液を燃料として作動する 600W 級直接メタノール燃料電池システムを定置形電源として開発することを目標とした。

2. 平成 14 年度実施内容及び結果

(1) 大型スタックの設計

600W 級システムを開発するためには、システムに最適なスタック及び補機部品等が必要となる。特にスタックに関しては、平成 11～13 年度に地球環境保全関係産業技術開発促進事業補助金を受けて開発したスタック



図 1 大型スタックの外観

が、90 で最大出力 212W 程度の出力のものであり、本技術開発において開発する 600W 級システムに、そのまま用いることができない。そこで、600W 級システム用の大型スタックの設

計、試作を行った。表1に今回設計した大型スタックと従来スタックの仕様をまとめる。今回設計した大型スタックでは、温度管理、水管理の行いやすさを考慮し、標準運転温度を従来の90 から 60 に変更した。このため、大型スタックの電極面積は、従来の約6倍の345cm²とした。また、空気側、燃料側ともに圧力損失を抑えるために、流路構造を変更した。作製した大型スタックの外観を図1に示す。

表1 大型スタックと従来スタックの仕様

スタック		大型スタック	従来スタック
寸法		330×210×280mm	120×120×136mm
重量		20kg	6.5kg
出力 (実績値)	60	630W	150W
	90	-	212W
定格電圧、電流		14V-45A	14V-11A
セル数		35セル	35セル
有効電極面積		345cm ² (137×252mm)	61cm ² (76×80mm)

(2) 大型スタックの特性

大型スタックの温度特性について検討を行った。30～70 で電流 - 電圧特性を測定した結果を図2に示す。これより、このスタックは室温でも、低電流領域では充分運転が可能であることが分かった。運転温度を上げると出力特性は向上し、60 で所定の出力650Wの最大出力が得られることを確認した。さらに温度を70まで上げると最大出力は780Wに達した。

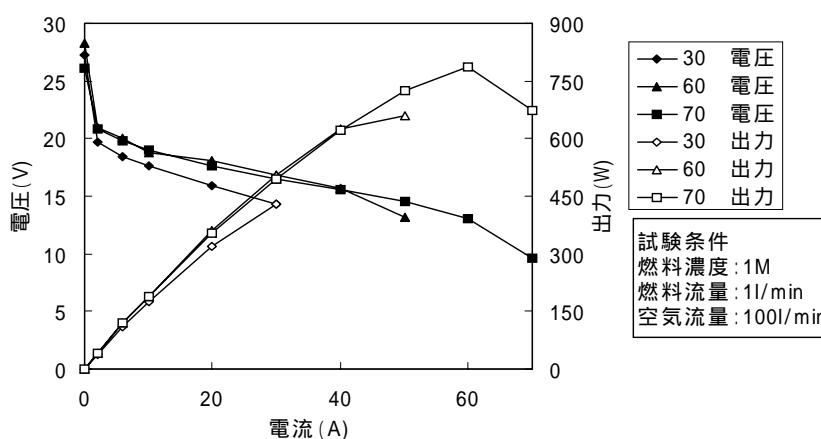


図2 大型スタックの温度特性

次に、燃料、空気供給条件を変化させたときのスタック特性の変化について検討した。図3に燃料流量を0.5～1.5l/minの範囲で変化させた場合のスタックの出力特性を示す。これより、燃料流量によって取り出せる最大電流が変化し、1l/min以上では50A程度の発電が可能であることが分かった。

また、燃料 1l/min 供給時のスタックにおける燃料側圧力損失は 1.3kPa であった。実際の運転時には、電池反応によって電池の燃料極側から二酸化炭素ガスが発生し、燃料側の圧力損失はこれよりやや増加すると考えられる。

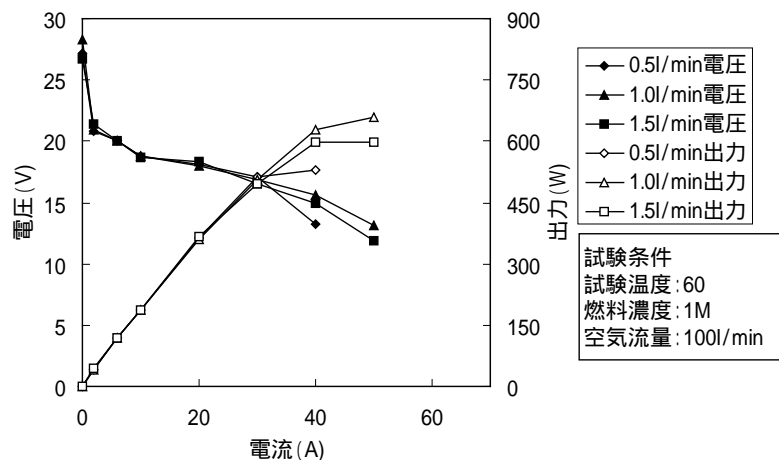


図3 出力特性の燃料流量依存性

続いて、空気流量の影響について検討を行った。図4に空気流量を 50～130l/min の範囲で変化させた場合のスタックの出力特性を示す。これより、空気流量 50l/min では空気不足のために 30A 程度までの放電しかできないが、80l/min では 50A の発電が可能であることが分かった。

また、空気流量 80l/min の時の空気側圧力損失は約 15kPa であった。

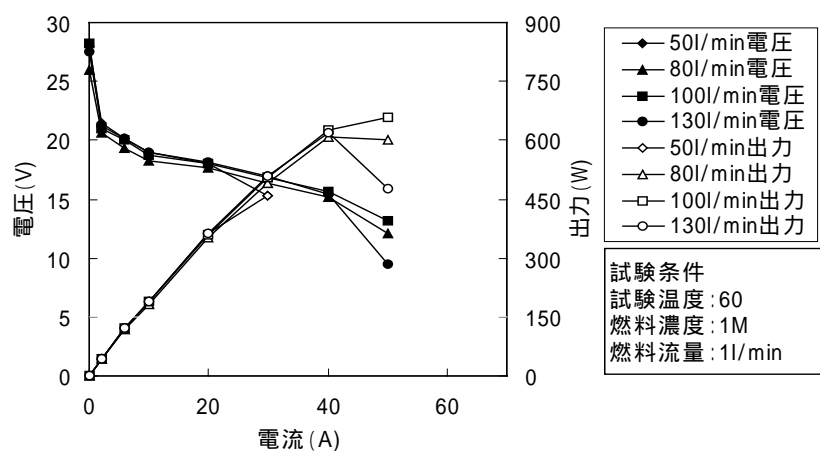


図4 出力特性の空気流量依存性

(3) 燃料電池システムの構成

燃料電池システムの構成を図5に示す。燃料電池システムは燃料電池スタック以外にポンプ、タンク、冷却器、配管類、コントローラ等の部品によって構成されている。今回検討するシステムでは、燃料は、燃料タンクからポンプを用いてスタックに供給し、廃液は燃料タンクに回収する循環システムを採用した。燃料タンク内のメタノール濃度を一定に保つためにコントローラを設けることとした。一方、空気は、空気ポンプを用いてスタックに供給し、排気中に含まれる水は冷却器に通して回収する方法とした。

このような燃料電池システムの構成部品の中で、電源が必要なのは、空気ポンプ、燃料ポンプのポンプ類、及びコントローラである。この中で空気ポンプ、燃料ポンプが補機損失の大部分を占める。そこで、システムの高効率化のために、ポンプの消費電力低減について検討を行った。

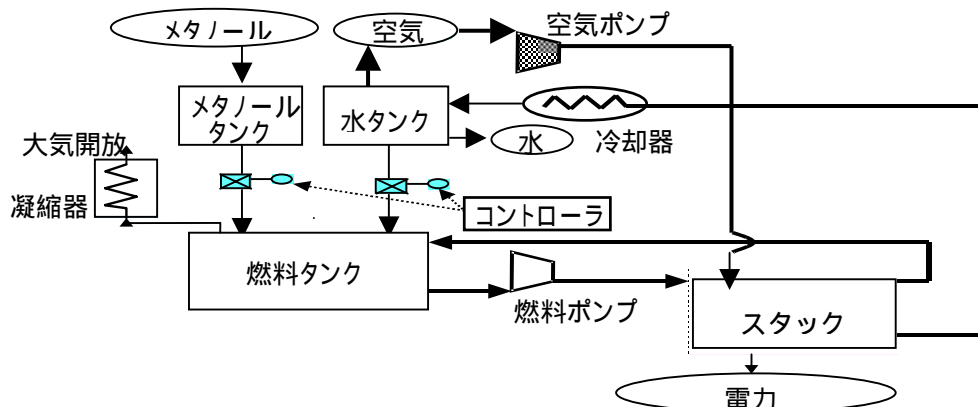


図5 直接メタノール燃料電池システムの構成

空気ポンプには様々な方式があるが、比較的小さな消費電力で大流量を供給できるダイヤフラム式を採用した。先に述べたスタックの検討結果から、空気ポンプに必要な流量は 80l/min、吐出圧は 10～20kPa 程度と考えられた。この要求に合うダイヤフラム式ポンプの消費電力は約 80W であり、システムの実出力 600W に対して 13%程度になることが分かった。

同様に、燃料ポンプについても検討を行い、構造がシンプルで、流量、吐出圧が仕様に合う、回転ポンプが適当と判断した。流量 1l/min 程度の回転ポンプは消費電力 15W 程度であり、また、メタノールタンク、水タンクと燃料タンクの間にはポンプとして、数W程度のものであり、入手可能である。以上の検討の結果、補機損失を 100W 程度に抑えられる目処がついた。

(4) システムの効率

作製した大型スタックのエネルギー効率の検討を行った。

直接メタノール燃料電池のエネルギー効率は、次の式で表すことができる。

$$\eta_e = (-6F \times E_{OP}) / H_{298} \times I_{OP} / (I_{OP} + I_{CROSS})$$

ここで、 η_e : エネルギー効率, E_{OP} : 作動電圧, I_{OP} : 運転電流,

I_{CROSS} : クロスオーバー量, F : ファラデー定数 96500C/mol ;

$$H_{298} = -727\text{kJ/mol} \quad (\text{メタノール酸化反応のエンタルピー変化})$$

この式より明らかなように、直接メタノール燃料電池のエネルギー効率は、作動電圧 E_{OP} と電流効率 ($I_{OP} / (I_{OP} + I_{CROSS})$) によって決まる。

図6に各運転温度における、電流密度と1セルあたりの作動電圧(E_{OP})の関係を示す。

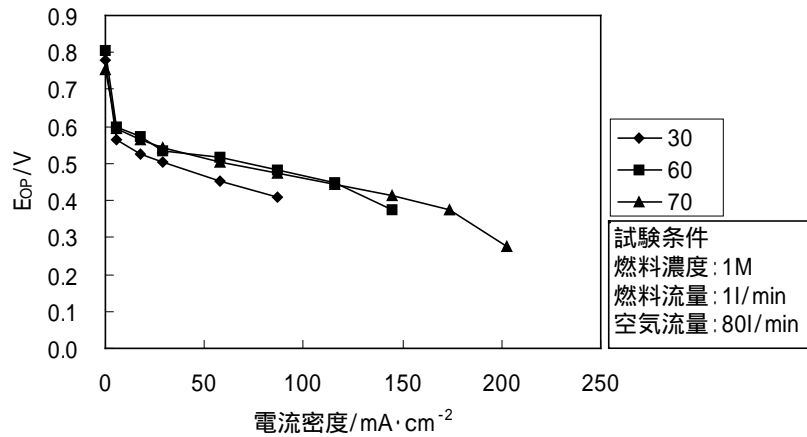


図6 スタックの作動電圧 (1セルあたり)

次に電流密度とクロスオーバー量の関係を図7に示す。これより、温度を上げると、クロスオーバー量が増加すること、また、電流密度を高くするとクロスオーバー量が減少することが分かる。

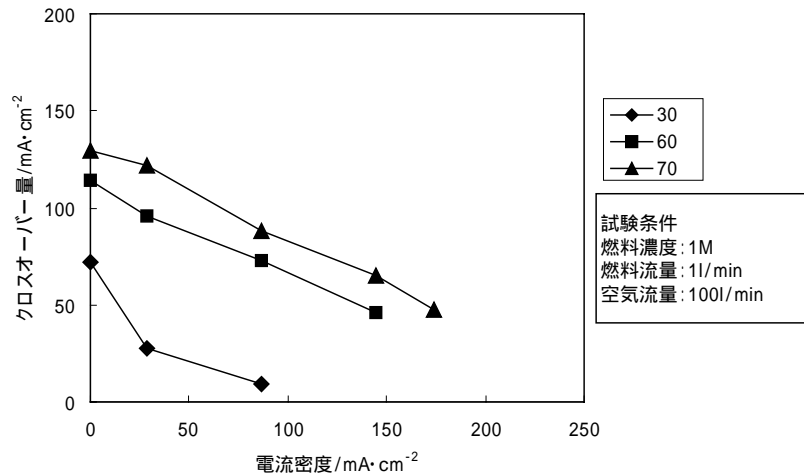


図7 電流密度とクロスオーバー量の関係

図7のクロスオーバー量、及び図6の作動電圧の結果から、エネルギー効率を求めた結果を図8に示す。これより、温度の低い方がクロスオーバー量が少ないため、エネルギー効率は高い傾向があるが、標準運転温度: 60 でも 23%程度のエネルギー効率が得られることが分かった。先に述べたように、補機損失が 100W 程度と見込まれることから、システムのエネルギー効率は 20%程度と見込まれる。この値は、燃料電池のエネルギー効率としてはやや低い値であるが、電解質膜のクロスオーバー量の低減、燃料極触媒の高活性化によって、今後改善されるものと考えられる。

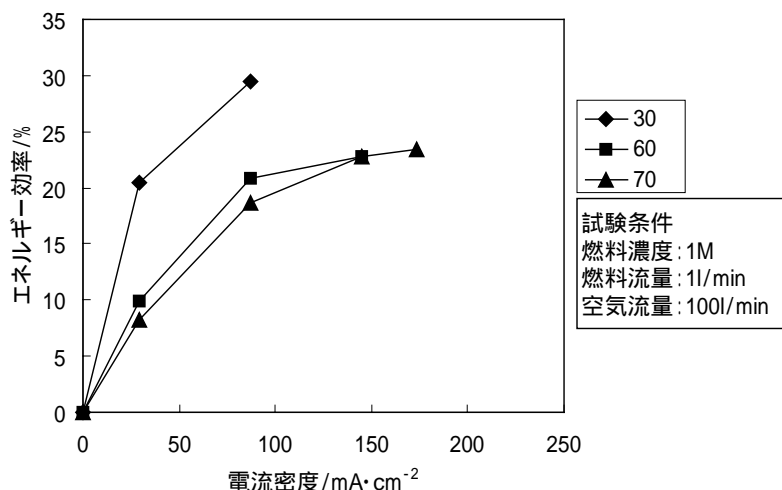


図 8 大型スタックのエネルギー効率

直接メタノール燃料電池のエネルギー効率と、現在市販されている 600W 級エンジン発電機の効率を表 2 で比較した。エンジン発電機のエネルギー効率は、最新機種でも 12% 程度であるが、直接メタノール燃料電池では、その 2 倍近いエネルギー効率を得られることが分かる。また、CO₂ 排出量を、メタノール 1.09kg-CO₂/l、ガソリン 2.38kg-CO₂/l として計算すると、直接メタノール燃料電池システムを採用することによって、約 40% の CO₂ 排出量の削減が可能となることが分かる。

表 2 直接メタノール燃料電池とエンジン発電機の比較

	直接メタノール燃料電池	エンジン発電機
エネルギー効率	約 20%	約 12%
CO ₂ 排出量	1.24g/Wh	2.06g/Wh

直接メタノール燃料電池システムのエネルギー効率は予想値。

3. 今後の予定

平成 15 年度は、今年度開発した大型スタックを用いて、600W 級直接メタノール燃料電池システムを作製し、その特性評価を行う。また、本年度に引き続き、スタックの高効率化、補機損失の低減についての検討を行う。