

直接メタノール燃料電池システム(YFC - 100)の電池特性

Performance of Direct Methanol Fuel Cell System(YFC - 100)

佐野 利夫*
Toshio SANO

石丸 文也*
Fuminari ISHIMARU

野村 栄一*
Eiichi NOMURA

Abstract

YUASA developed a 100W output direct methanol fuel cell system, "YFC-100", as a portable power source. The system is applicable to a wide range of power sources such as for camping, emergency use, and remote control devices. It is entirely self-contained and computer-controlled. The system was evaluated for various performances such as basic characteristics, starting characteristics, and so on. As a result, designed performance of the system was fully demonstrated.

1. はじめに

地球温暖化などの環境問題が深刻さを増す中、これらの対策の一つとしてクリーンかつ高効率なエネルギー源である燃料電池に関する研究が盛んに行なわれている。燃料電池の中でも、取り扱いや水素への改質が容易なメタノールを燃料に用いたメタノール改質型燃料電池は、燃料電池車用などとして検討されている。しかしながら、メタノール改質型燃料電池では、気化器、改質器およびCO酸化器といった装置が必要となるため、システムが複雑になるといった問題があった。一方、メタノール水溶液をガス化、改質することなく直接発電できる直接メタノール燃料電池(DMFC)は、気化器等の装置が不要なため、コンパクト化が可能であり、パソコンや携帯電話等の移動用電源として期待され、精力的に研究、開発が進められている¹⁾。

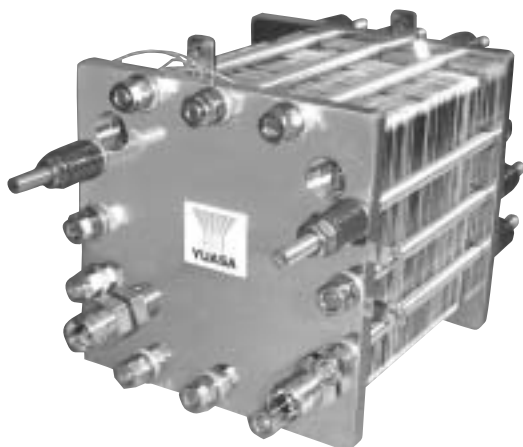


Photo 1 Appearance of DMFC Cell Stack

このような状況のもと当社では、平成11年度から財団法人国際環境技術移転研究センター(ICETT)とDMFCに関する共同研究を実施し、ここで開発した要素技術を基に、各種の直接メタノール燃料電池システムの開発を行なっている²⁾。そして、この度、100W級直接メタノール燃料電池システムで"YFC - 100"の開発に成功した。本報では、YFC - 100の制御方法を含めた構成について説明し、得られた特性について報告する。

2. YFC - 100の構成

2.1 スタックの構成

YFC - 100に搭載されているスタックの外観写真をPhoto 1に、構成をFig.1に示す。電解質にはパーフルオロスルホン酸膜を、アノードおよびカソードにはそれぞれPt-Ru/C触媒、Pt/C触媒を用いた。これらの電解質およびアノード、カソードをホットプレスし、膜 - 電極接合体(Membrane Electrode Assembly、以下MEAと略す)を作製した。このMEAをセパレータ板で挟み込んだものを39枚直列に接続し、さらに端子板、メタノール濃度センサーおよびエンドプレートを組み合わせてスタックを作製した。

なお、作製したスタックは、完成検査として、リーク検査、内部抵抗測定およびI - V特性検査を行い、所定の性能を有していることを確認した後、システムに組み込んだ。

*システム開発研究所

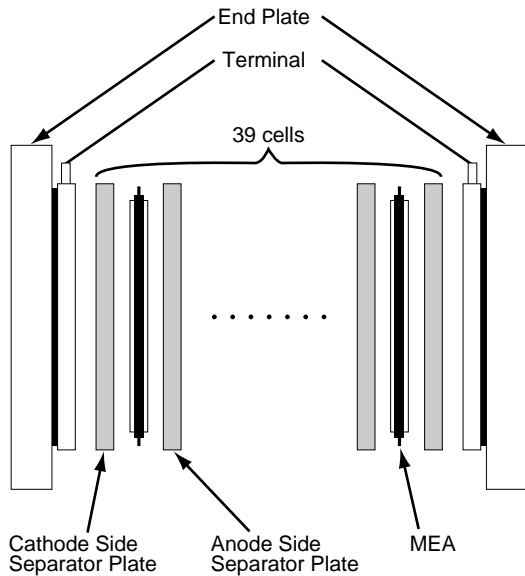


Fig. 1 Schematic Diagram of 39-cell Stack



Photo 2 Appearance of Direct Methanol Fuel Cell System " YFC - 100 "

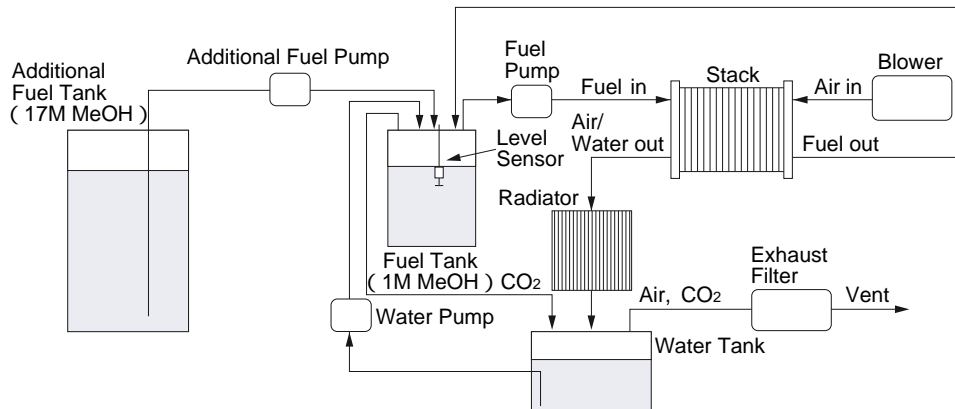


Fig. 2 Schematic Diagram of YFC-100

2.2 システムの構成

YFC - 100の外観写真をPhoto 2に、構成図をFig.2に示す。また、その仕様をTable 1に示す。以下、システムの構成をFig.2に従って述べる。

所定の濃度に調製されたメタノール水溶液は、燃料ポンプによって、燃料タンクからスタックに供給される。供給された燃料はスタックの内部で反応して二酸化炭素を生成する³⁾。又、未反応のメタノールおよび水は、再び燃料タンクに戻るような構成となっている。燃料の濃度調製はスタックに組み込んだメタノール濃度センサーによって行なう。このメタノール濃度センサーで燃料中のメタノール濃度を測定し、一定値以下であると判断した場合に、追加燃料を追加燃料タンクから燃料タンクに一定量補充し、燃料濃度を回復するようにしている。

一方、空気はプロアーによって、スタックに供給される。スタックの内部は、空気中の酸素と水素イオンが反応して水を生成する³⁾。このためスタックから排出される排空気の中には大量の水蒸気が含まれる。このため排空

Table 1 Specifications of YFC-100

		Items	Unit	Standard	Remarks
Usable Conditions		Temperature		5 ~ 40	
		Humidity	%	30 ~ 90	
System Design		Model		Portable & Movable	
		Max. Output	W	100	
		Output Voltage	V	DC 12	
		Continuous Operation Time	hour	8	
		Noise	dB	57	Ahead 1m
		Outside Dimensions	mm	350W x 380L x 420H	
		Weight	kg	25	
Fuel Type		Output Terminal Shape		Cigarette Socket Type	
		Supply System		Forced Circulation	
		Additional Fuel Concentration		Methanol 54%	Yuasa-made
Support Battery		Tank Size		2L	
		Type		Small Valve-Regulated Lead-Acid Battery	
		Model		NPH 5-12	Yuasa-made

気はラジエーターで冷却され、液体の水として水タンクに回収するような構成とした。そして、燃料タンクの液量が減った場合には、この回収した水を水ポンプで汲み上げ燃料タンクに供給することで、燃料タンクの液量を回復するようにしている。なお、液量の検知は、燃料タンク内に設置したレベルセンサーで行なっている。

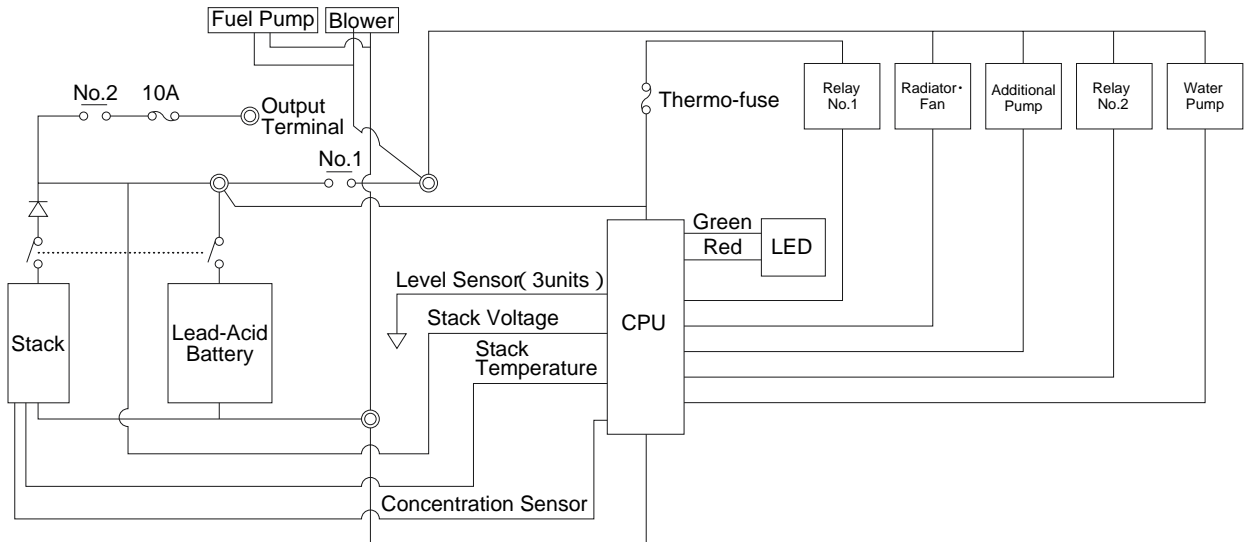


Fig. 3 Electric Circuit of YFC-100

YFC - 100の電気回路図をFig.3に示す。前述した水ポンプ、ファン等の運転は、CPUにレベルセンサー、スタック温度等の信号を入力することで行なっている。

YFC - 100の運転制御フローの概要をFig.4に示す。システムの制御は 起動制御、濃度制御、液面制御、保護制御、安全制御、異常制御、停止制御の7つに分けて制御され、これらの右制御の中でシステムの起動停止・定常運転、異常時の破損防止および使用者への安全対策が施されている。

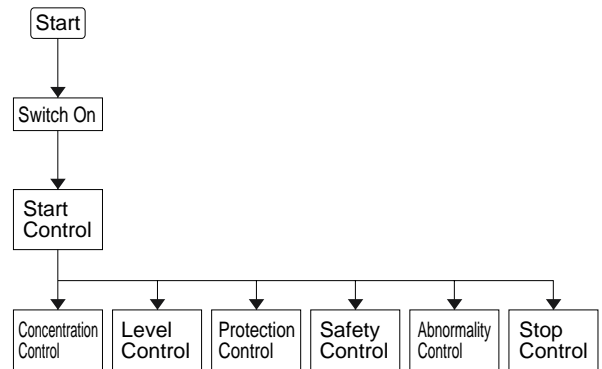


Fig. 4 Schematic Chart of Control Flow of YFC-100

3 . YFC - 100の特性

3.1 基本特性

まず基本特性を確認するため、8時間の連続運転を実施した。試験方法としては、システムを起動し、約30分経過後に負荷を接続、8時間程度の連続運転を行い、その際のスタック電圧、出力および温度の安定性を検討した。

その結果をFig.5に示す。スタックの温度は起動してから約30分で70 に上昇し、その後はほぼ一定に推移した。スタック電圧は温度上昇とともに18Vまで上昇、負荷接続によって15Vまで低下し、その後は時間の経過とともに若干の減少傾向は見られるものの安定に推移していた。また、スタック出力は起動と同時にポンプ、ブローア等負荷の一部で負担しており出力が発生している。これらは温度上昇とともに70Wまで上昇し、負荷接続によってさらに140Wまで上昇、その後は時間の経過とともに若干の減少傾向は見られるものの電圧同様安定に推移していた。これらの結果より、システムの起動から停止まで、スタックの特性は安定しており、問題なく運転が行なわれていることを確認した。

3.2 起動特性

直接メタノール燃料電池の場合、出力性能は顕著に温

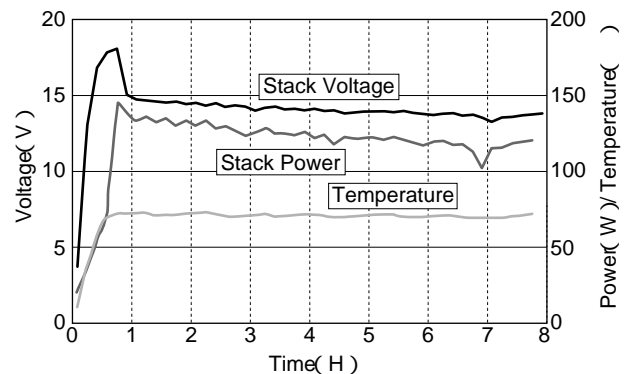


Fig. 5 Stack Characteristics in Operation from Start to Stop

度に依存する。このシステムでは、起動すると徐々に温度が上昇しながら、出力が向上している (Fig.5参照)。そのため、起動時に空気ブローアやポンプ等の補機を作動させる場合や、負荷を接続した時に負荷に対して燃料電池出力が不足した場合には、システムに組み込んだ鉛蓄電池からの放電で補機や負荷への電力供給を補助するようにしている。そこでYFC - 100の起動特性を評価するため起動直後の鉛蓄電池の充放電電流を測定することで、起動後どの程度の時間で燃料電池の自立運転ができるか確認した。

Fig.5に示した試験における、起動後3分間の鉛蓄電

池の充放電電流を測定した結果をFig.6に示す。

これより、起動して数秒後には鉛蓄電池へ充電電流が流れており、この時点で既に燃料電池は自立運転していることを確認した。

3.3 各率運転特性

YFC - 100につながる負荷としては、パソコン、通信機等の様々な出力のものが考えられる。そこで、20、60、80および100Wの負荷を想定し定出力運転を行ない、運転持続時間および効率を確認した。ここでの運転持続時間とは、システム電圧が保護制御電圧以下に低下し、自動停止するまでの時間を指す。ただし、試験としては定格連続運転時間である8時間を最大値とした。

各出力における、スタック電圧および温度の挙動をFig.7に示す。これより、100Wの定出力では5.5時間の運転であったが、80W以下では8時間の運転が可能であった。また、出力が大きいほど、スタック電圧は低く、逆にスタック温度は高くなる傾向が見られた。

さらに、出力の違いによるスタックのエネルギー効率

を算出した結果をFig.8に示す。エネルギー効率は以下の式を用いて算出した。

$$\text{エネルギー効率} = \frac{\text{スタックの発電量(Wh)}}{\text{消費したメタノールのエネルギー量(Wh)}}$$

これより、スタックのエネルギー効率は出力が大きくなるとともに増大し、出力100Wの場合でエネルギー効率21%であった。

3.4 負荷追従特性

前述の各率運転特性では、出力を一定とした連続運転であった。しかしながら、実際の使用においては、このような使われ方以外に、例えば、出力変動する負荷(定抵抗負荷を含む)や異なった種類の負荷をつなぎかえて使用する場合がありますと考えられる。そこで、システムの負荷追従特性を確認した。方法は、5分間隔で100W出力を繰り返し、その時のYFC - 100の挙動を検討した。結果をFig.9に示す。これより、出力の変動

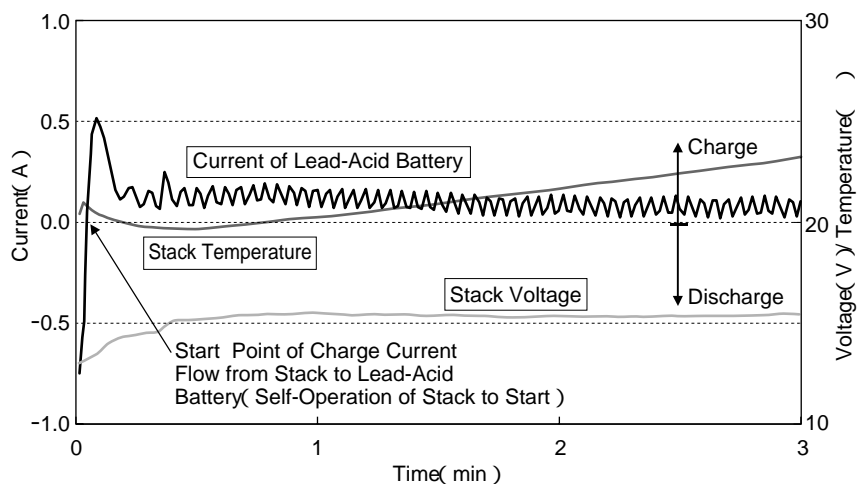


Fig. 6 Characteristics of Lead-Acid Battery in System Starting

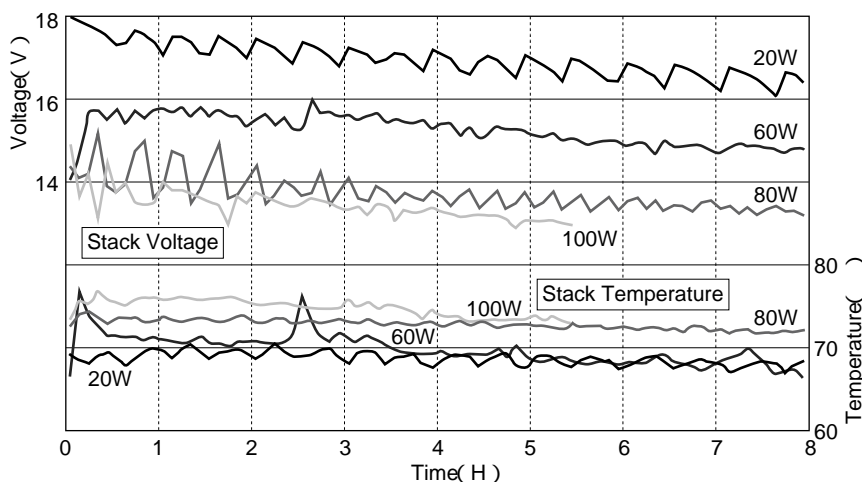


Fig. 7 Stack Performance of System Operating with Various Output Power

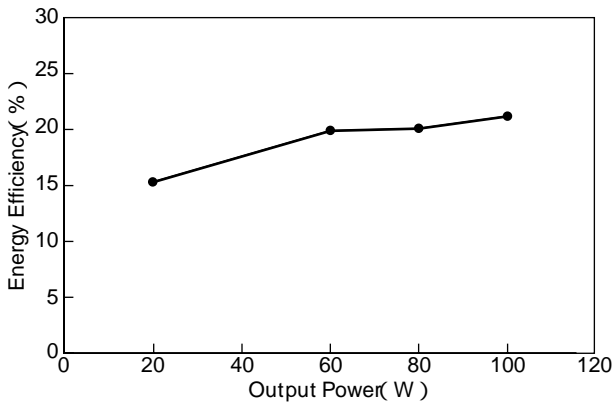


Fig. 8 Energy Efficiency of Stack Operating with Various Output Power

に対してスタック電圧が安定するのに、0W 100Wでは即時、100W 0Wでは2~3分程度かかるものの、システムの動作は正常であった。また、スタック温度も、負荷変動に対して大きな変化は認められなかった。以上の点から負荷変動に十分対応できるシステムであることを実証した。

3.5 冷雰囲気特性

直接メタノール燃料電池の場合、冷雰囲気ではスタックおよび燃料温度が低いため、起動特性に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、冷雰囲気中でYFC-100の運転を行い、その影響を確認した。

試験として、雰囲気温度5℃で起動を行い、その後のスタック電圧および温度の挙動を確認した。その結果をFig.10に示す。これより、スタック電圧および温度は時間の経過とともに上昇し、冷雰囲気においても起動特性に問題は認められなかった。又、約25分後には負荷を接続できる事も確認した。

4. むすび

直接メタノール燃料電池システムYFC-100を開発し、基本特性、起動特性、各率運転特性、負荷追従特性、冷雰囲気特性を確認した。その結果、通常用途にお

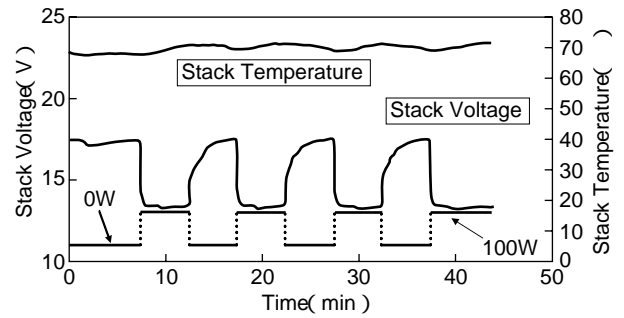


Fig. 9 Characteristics of System in Changing Output

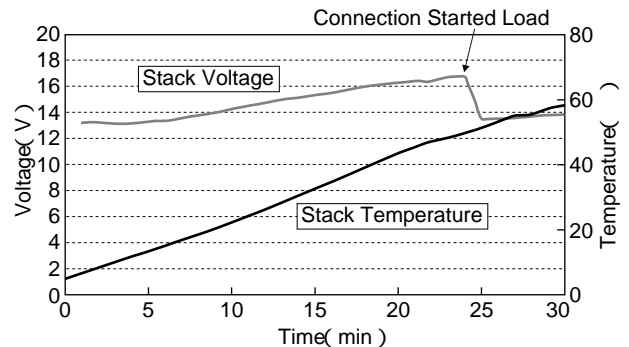


Fig.10 Starting Characteristics of System at 5°C in Ambient Temperature

いて問題なく運転できるシステムであることを確認できた。今後は、お客様にとってより使い易い様に改良を重ねていくと共に、高出力タイプの製品開発を行なっていく予定である。

参考文献

- 1) 安田和明. メタノール直接型燃料電池の未来. エネルギー・資源. vol.21, no.5, 2000, p.432.
- 2) 奥山良一. 小型分散電源としての直接メタノール形燃料電池の開発. 高圧ガス. vol.39, no.6, 2002, p.485-488.
- 3) 藤田幸雄, 元井昌司, 清水大輔, 奥山良一, 野村栄一. 直接メタノール形燃料電池のセパレータ板構造の検討. コアサ時報. no.90, 2001, p.10-16.