

定置形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)アイ・エス・エコーポレーション)

主任研究員 奥山良一

研究員 石丸文也、渡辺 勉

磯谷達雄、峯地利行

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、富士松将克

開発期間：2002～2003 年度

要約

本技術開発は、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的として平成14年より実施してきた。平成15年度は、前年度に開発した大型スタック等の要素技術をもとにして実証機の設計・試作及びその評価試験を実施した。運転条件等の検討を行い、より信頼性の高いシステムとなるよう設計を行った。試作したシステムは、50×50×60cm、75kgで最大出力600Wが得られ、目標であった600W級システムの開発に成功した。

1. 研究開発の目標

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15年度実施内容及び結果

前年度にシステムに用いる大型スタック、補機類の検討を行い、これらの結果をもとにして実証機を試作した。その外観を図1に、仕様を表1に示す。燃料には危険物に該当しない17Mメタノール水溶液を用い、より扱いやすく、安全性の高い電源システムを目指した。また、スタックへの燃料、空気の供給は、共にポンプを用いて強制的に行う設計とし、燃料タンクは10lで8時間の連続運転ができるようにした。



図1 実証機(600W級直接メタノール燃料電池システム)の外観

表 1 実証機(600W 級直接メタノール燃料電池システム)の仕様

寸法	W50 × L50 × H60cm
重量	75kg
出力(最大)	600W
定格出力電圧	DC12V
連続運転時間	8時間
騒音レベル(1m)	69dB
空気供給方式	ポンプによる強制供給
燃料	17Mメタノール水溶液
燃料供給方式	ポンプによる強制循環
燃料タンク容量	10l
起動用電池	制御弁式小型鉛蓄電池NPH5-12

(1) システムの運転条件検討

システム的设计に先立ち、システム運転中の特性低下を避け、信頼性を確保するための運転条件についての検討を行った。

直接メタノール燃料電池スタックの特性低下原因の一つに転極がある。これは、運転中にスタック中の幾つかの単セル電圧が 0V を切ってマイナスの電圧に転極し、その後スタックの特性が不可逆に低下してしまう現象である。転極は、燃料利用率、空気利用率が高い条件で起こりやすいことが分かっている。そこで、システム運転中に転極による特性低下が起こるのを避けるために、転極が起こる運転条件について単電池を用いて調査を行った。

燃料流量または燃料濃度によって燃料利用率を変化させ 30 分間定電流運転を行った。あわせて、30 分運転後の電流 - 電圧特性を測定した。

燃料流量を変えることによって燃料利用率を変化させた場合、利用率 20 ~ 70% では定電流運転中にセル電圧が 0V を切ることは無かった(一例として燃料利用率 20% での運転結果を図 2 に示す。)が、燃料利用率 80% では約-0.8V までセル電圧が低下した(図 3)。

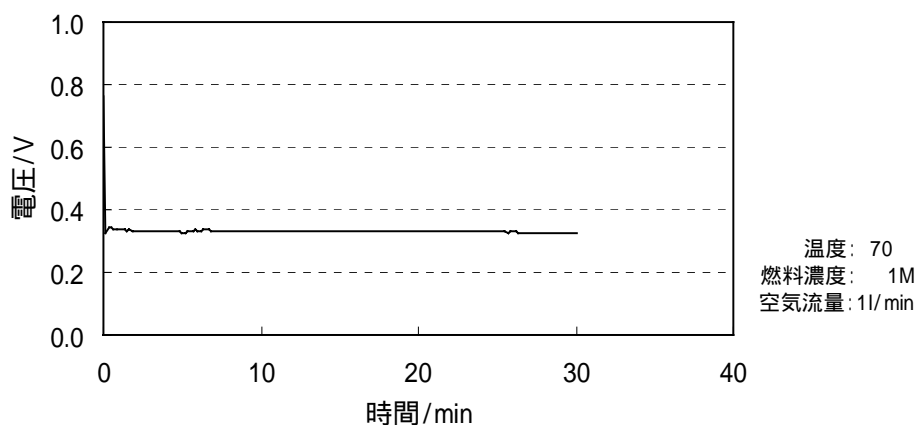


図 2 利用率 20% での 30 分定電流(250mA/cm²)運転中のセル電圧推移

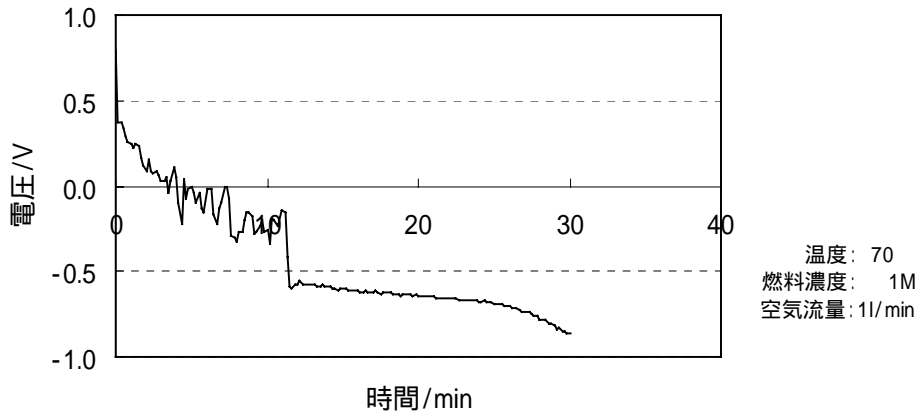


図3 利用率 80%での 30 分定電流(250mA/cm²)運転中のセル電圧推移

次に、燃料濃度を変えることによって燃料利用率を変化させた場合、利用率 20～30%では定電流運転中にセル電圧が 0V を切ることは無かった(図 2 参照)が、利用率 35%でセル電圧がほぼ 0V となり、利用率 40%で約-1.5V までセル電圧が低下した(図 4)。

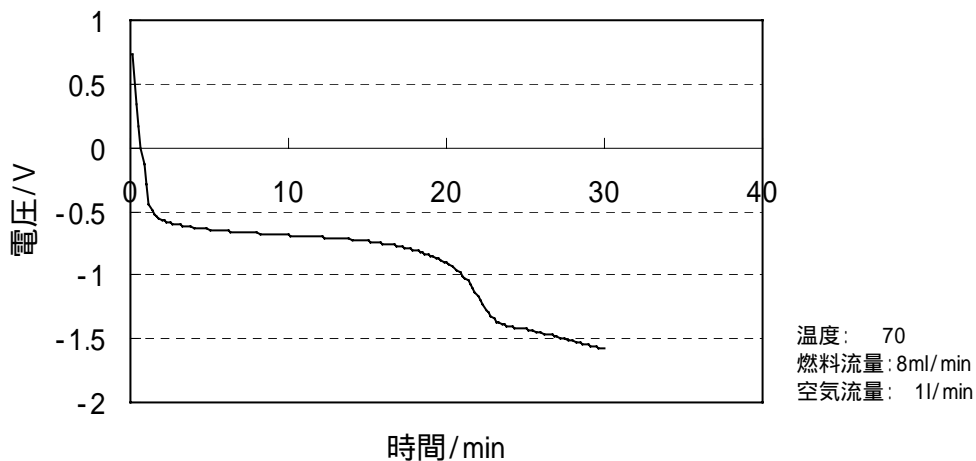


図4 利用率 40%(燃料濃度 0.5M)での 30 分定電流(250mA/cm²)運転中のセル電圧推移

定電流運転後に電流 - 電圧特性を測定し、その最大出力密度を、定電流運転中の燃料利用率に対してまとめた結果を図 5 に示す。燃料流量を低下させた場合、利用率 80%での運転後に出力低下が見られ、燃料濃度を低下させた場合、利用率 40%での運転後に出力低下が起こった。これより、燃料濃度の方が、燃料流量よりも低い利用率で転極がおこることが分かった。

当初、実証機での燃料供給は、燃料濃度を 1M とし、流量 1l/min を標準条件として設計していた。しかし、燃料濃度が変動する範囲が 0.5～1.5M 程度となるため、この燃料供給条件では、スタックが転極により特性低下する可能性が高いと考えられた。

そこで、燃料ポンプの選定を見直し、燃料流量を 2l/min とすることに設計変更を行った。こ

のとき循環ポンプの消費電力は流量 1l/min のポンプが 12W、流量 2l/min のポンプが 16W であり、補機損失もわずかしか増加しないことを確認した。これにより、燃料濃度が 0.5M に低下した場合でも燃料利用率は 20%程度までしか上昇せず、転極による特性低下を回避することができると考えられる。

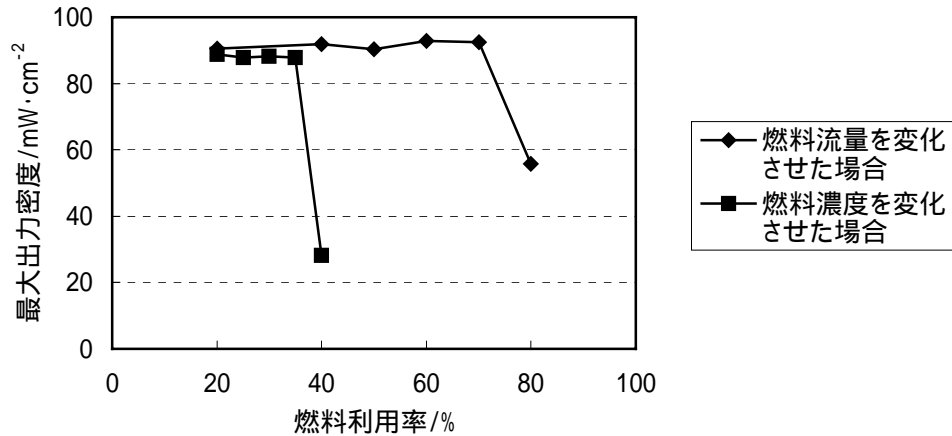


図5 定電流運転時の燃料利用率と運転後の最大出力密度の関係

また、同様の検討を、空気流量を変化させて空気利用率を低下させた場合についても行ったが、空気利用率を低下させると転極は起こるが、その後の特性低下は認められないことが分かった。したがって、転極回避の観点からは、空気供給条件は見直す必要が無いと考えられる。

(2) システムの設計

開発した大型スタックを含めた燃料電池システムの構成を図6に示す。

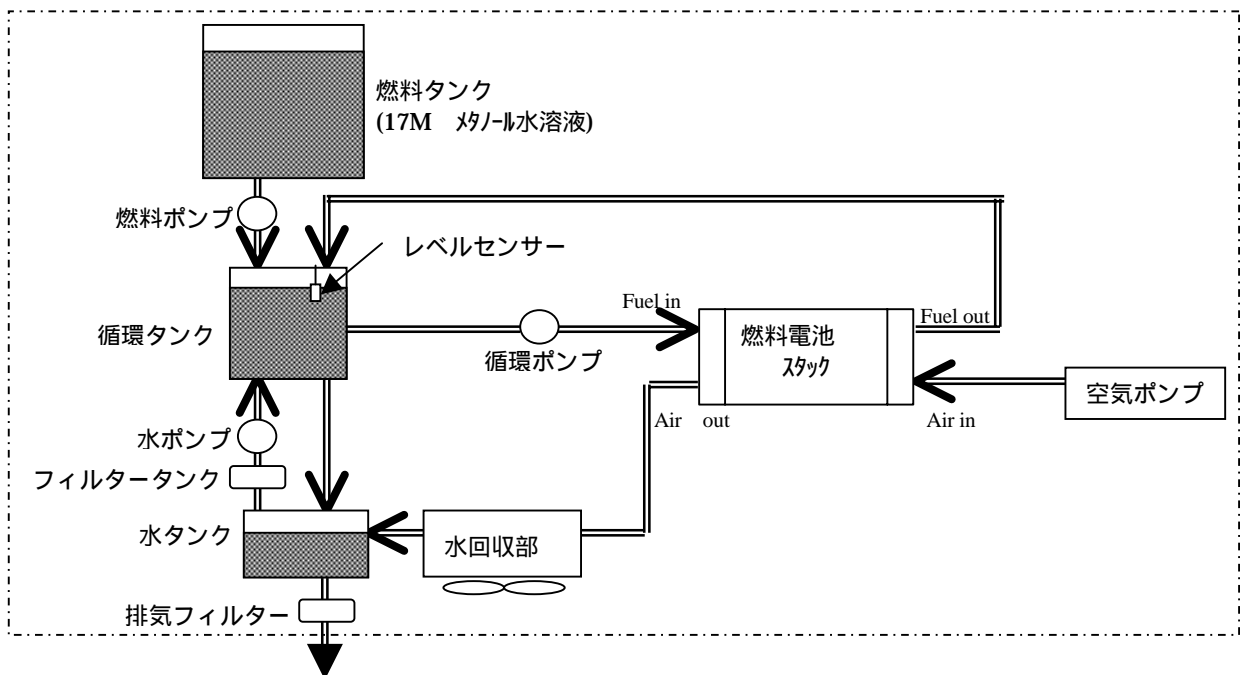


図6 直接メタノール燃料電池システムの構成

システムは、スタックに加えてポンプ類、タンク類、水回収部、配管類、制御基板等の部分から構成される。スタックへの燃料供給は、循環タンクから循環ポンプによって行い、濃度センサーを用いて、循環燃料のメタノール濃度を制御した。循環タンクに供給する燃料は、安全性、取り扱いやすさを考慮して 17M のメタノール水溶液とした。一方、空気は、空気ポンプを用いてスタックに供給し、排気は水回収部に通して排気中に含まれる水を回収するようにした。この水回収により、システムへの水補給は必要ないようにした。

(3) システムの特性評価

前節までに述べた検討結果に基づき 600W級システムを試作した。

このシステムの電流 - 電圧特性と、連続運転特性を確認した。起動約1時間後に、スタック温度70 の状態で測定したシステムの電流 - 電圧特性を、図7に示す。出力電流0Aのとき、燃料電池スタックは約100Wの出力を補機駆動のために使っている。システムからの出力電流を増やすに従い、出力電圧は緩やかに低下し、45Aで出力600Wに達することが分かった。これより、本システムは補機損失を除いて600Wの出力を取り出せることが確認できた。

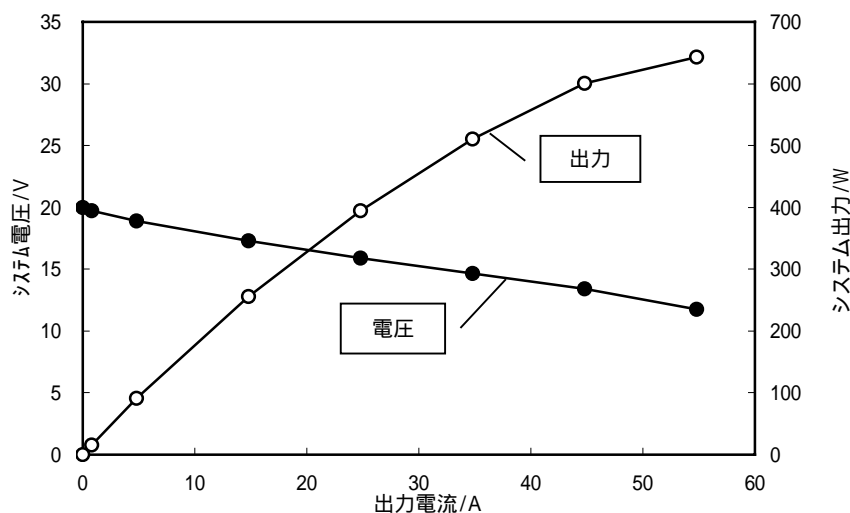


図7 実証機（600W級直接メタノール燃料電池システム）の電流 - 電圧特性

次に本システムの連続運転特性を図8に示す。起動30分後に600Wの定出力負荷を接続した。これより、システム温度は起動後30分程で約70 まで昇温し、その後ほぼ安定して推移したことが分かる。起動30分後から600Wの定出力負荷に接続したが、出力は安定しており、8時間後にシステムを停止した。出力電圧が数Vの範囲で変動しているのは、高濃度燃料を循環タンクに補給した直後は循環燃料の濃度が上がり、特性が一時低下することによるものである。以上のように、システムの起動から停止まで実証機の特性は安定しており、問題なく8時間の連続運転ができることを確認できた。

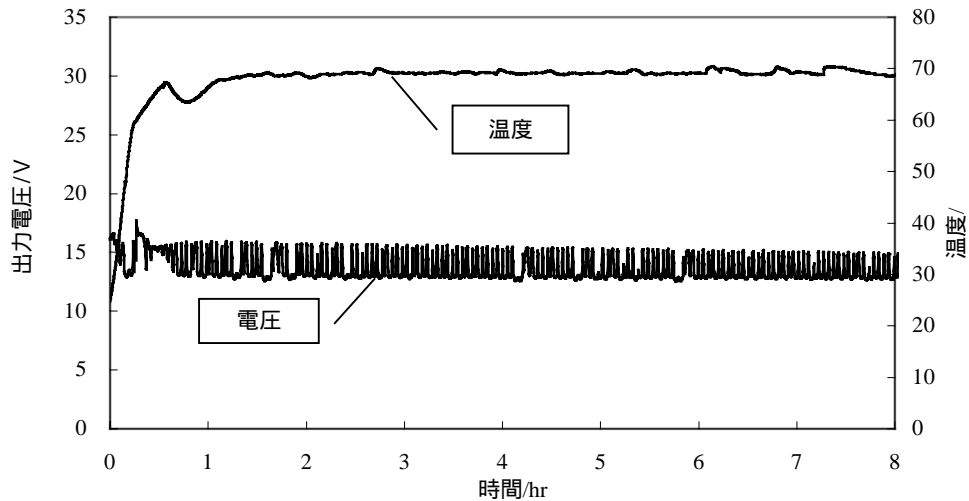


図8 実証機（600W級直接メタノール燃料電池システム）の連続運転特性

次に、連続運転時の燃料消費量から、本システムのエネルギー効率を求めた結果、18.5%となった。現在、市販されている同クラスのエンジン発電機のエネルギー効率は、最新のもので12%程度である。したがって、本システムの効率18.5%は、市販のエンジン発電機と比べると50%以上高い。加えて、メタノール水溶液燃料のメリットである扱いやすさ、高い安全性を活かし、非常用電源等の用途に活用できるものと考えられる。さらに、今後、補機損失のさらなる低減や新たな材料開発によるメタノールクロスオーバーの抑制によって、直接メタノール燃料電池システムのエネルギー効率はさらに向上できると考えられる。

3. 今後の予定

平成14年度から2年間にわたって実施した本技術開発により、600W級直接メタノール燃料電池システムの開発に成功した。今後は、さらなる信頼性の向上とコスト低減に取り組み、早期の企業化に向けて技術開発を進めていきたい。